978-979-8148-64-4

BUKU I

DEMOGRAFI FORMAL

OLEH
OMAS BULAN SAMOSIR
WILSON RAJAGUKGUK

BkkbN

BADAN KEPENDUDUKAN DAN
KELUARGA BERENCANA NASIONAL

NOVEMBER 2015

Dikomentari [Wr1]:

DEMOGRAFI FORMAL

Penulis:

Bulan Samosir
Wilson Rajagukguk

ISBN: 978-979-8148-64-4

Penerbit : UKI Press

Redaksi: Jl. Mayjen Sutoyo No.2 Cawang Jakarta 13630
Telp.(021)8092425
Cetakan I Jakarta: UKI Press, 2018

KATA PENGANTAR

Ilmu demografi terdiri dari demografi formal dan studi kependudukan. Dalam demografi formal dikembangkan teknik-teknik perhitungan ukuran-ukuran demografi, seperti penyesuaian data untuk perkiraan distribusi penduduk menurut umur, perkiraan fertilitas, mortalitas dan migrasi, dan proyeksi penduduk. Demografi formal menggunakan matematika dan statistika sebagai alat analisisnya. Sementara itu, analisis tentang hubungan antara kependudukan dan aspek-aspek pembangunan dipelajari dalam studi kependudukan. Studi kependudukan yang menggunakan data Indonesia telah banyak dilakukan. Akan tetapi, literatur demografi formal yang berdasarkan data Indonesia masih sangat terbatas.

Ketersediaan data kependudukan yang semakin baik mengakibatkan meningkatnya kebutuhan terhadap literatur demografi formal untuk perkiraan ukuran-ukuran kependudukan di Indonesia. Oleh karena itu, buku "Demografi Formal" ini disusun dengan tujuan untuk meningkatkan pemahaman ahli dan peminat demografi di Indonesia tentang demografi formal. Buku ini diharapkan dapat dipakai oleh mahasiswa demografi dan mahasiswa ilmu ekonomi/geografi dalam mempelajari demografi formal. Dalam buku diupayakan penggunaan data demografi konkret Indonesia.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada kedua penulis buku ini: Omas Bulan Samosir Ph.D., staf pengajar pada Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Indonesia dan Dr. Wilson Rajagukguk M.Si., staf pengajar pada Program Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia yang telah menyelesaikan penulisan buku ini dengan baik.

Jakarta, 31 November 2015

Dr. Wendy Hartanto M.A.
Deputi Bidang Pengendalian Penduduk

DAFTAR SINGKATAN

AKA	Angka kematian anak
AKB	Angka kematian bayi
ALH	Anak lahir hidup
AMH	Anak masih hidup
ASDR	*Age specific death rate* (angka kematian menurut umur)
ASFR	*Age specific fertility rate* (angka kelahiran menurut umur)
CBR	*Crude birth rate* (angka kematian kasar)
CDR	*Crude death rate* (angka kelahiran kasar)
CGR	*Crude growth rate* (angka pertumbuhan kasar)
GRR	*Gross reproduction rate* (angka reproduksi kotor)
IMR	*Infant mortality rate* (IMR)
NRR	*Net reproduction rate* (angka reproduksi neto)
PBB	Perserikatan Bangsa-Bangsa
REDATAM	*Retrieval of Data for Small Areas by Microcomputer*
RKM	Rasio kematian maternal
SAKERNAS	Survei Angkatan Kerja Nasional
SAKERTI	Survei Aspek Kehidupan Rumah Tangga Indonesia
SDKI	Survei Demografi dan Kesehatan Indonesia
SP	Sensus penduduk
SUPAS	Survei Penduduk Antar Sensus
SUSENAS	Survei Sosial Ekonomi Nasional
TFR	*Total fertility rate* (angka fertilitas total)

DAFTAR ISI

		Halaman
Kata Pengantar		i
Daftar Singkatan		ii
Daftar Isi		iv
Daftar Tabel		vii
Daftar Gambar		xiv
Bab 1	**Pendahuluan**	1
	1.1. Pendahuluan	1
	1.2. Sumber Statistik Demografi	3
	1.3. Istilah dan Notasi Demografi	11
	1.4. Angka Pertumbuhan	20
	1.5. Piramida Penduduk	28
	1.6. Sistematika Pembahasan	31
	Daftar Pustaka	32
Bab 2	**Penyesuaian Data Umum**	33
	2.1. Pendahuluan	33
	2.2. Interpolasi Data	35
	2.3. Penghalusan Data	45
	2.4. Interpolasi *Osculatory*	61
	Daftar Pustaka	77

Bab 3	**Tabel Kematian**	78
	3.1. Pendahuluan	78
	3.2. Notasi dan Fungsi-fungsi Tabel Kematian	82
	3.3. Tabel Kematian Model Perserikatan Bangsa-Bangsa	92
	3.4. Tabel Kematian Model Regional Coale dan Demeny	95
	3.5. Penggunaan Tabel Kematian	108
	Daftar Pustaka	125
Bab 4	**Perkiraan Tingkat Kematian Kematian Bayi dan Anak**	126
	4.1. Pendahuluan	126
	4.2. Metode Brass: Perkiraan Tingkat Kematian Bayi dan Anak	127
	4.3. Metode Sullivan: Perkiraan Tingkat Kematian Anak	161
	4.4. Metode Feeney: Perkiraan Angka Kematian Bayi	170
	4.5. Sistem Logit: Evaluasi Perkiraan Angka Kematian Bayi dan Perkiraan Angka Kematian Bayi berdasarkan Angka Kematian Anak	183
	4.6. Metode Trussell: Perkiraan Tingkat Kematian Bayi dan Anak	195
	Daftar Pustaka	209

Bab 5	**Penduduk Stabil**	211
	5.1. Pendahuluan	211
	5.2. Estimasi Paramater Penduduk Stabil	212
	5.3. Prosedur Perhitungan Parameter Penduduk Stabil	220
	5.4. Contoh Perhitungan Parameter Penduduk Stabil Indonesia	226
	Daftar Pustaka	240

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1.1.	Pertumbuhan menurut Waktu	24
Tabel 2.1	TFR Provinsi Jawa Barat 2010 dan 2015	37
Tabel 2.2	TFR dengan Interpolasi Linier: Provinsi Jawa Barat 2011-2014	38
Tabel 2.3	TFR dengan Interpolasi Eksponensial: Provinsi Jawa Barat 2011-2014	39
Tabel 2.4	Angka Kelahiran Menurut Umur dan Estimasi yang Diinterpolasi: Indonesia 2010	44
Tabel 2.5	Penduduk menurut Umur Satu Tahunan: Indonesia 2010	47
Tabel 2.6	Penduduk menurut Kelompok Umur Satu Tahunan yang Dihaluskan dengan Metode RBS-3: Indonesia 2010	52
Tabel 2.7	Penduduk menurut Umur Satu Tahunan yang Dihaluskan dengan Metode Grabill: Indonesia 2010	55
Tabel 2.8	Penduduk menurut Umur Satu Tahunan yang Dihaluskan dengan Metode LOWESS dengan bwidth 0,35: Indonesia 2010	60
Tabel 2.9	Koefisien Interpolasi Berdasarkan Rumus Sprague untuk Pembagian Kelompok Umur Lima Tahunan Menjadi Kelompok Umur Satu Tahunan	65

Tabel 2.10	Penduduk Perempuan menurut Kelompok Umur Lima Tahunan: Indonesia 2010	66
Tabel 2.11	Jumlah Penduduk Perempuan Umur Satu Tahunan atas Perhitungan dengan Menggunakan Koefisien Interpolasi Sprague: Indonesia 2010	72
Tabel 2.12	Koefisien Interpolasi Atas Dasar Rumus Beers Biasa untuk Pembagian Kelompok Umur Lima Tahunan Menjadi Satu Tahunan	74
Tabel 2.13	Penduduk Laki-laki menurut Kelompok Umur: Sumatera Utara 2010	75
Tabel 2.14	Penduduk Laki-laki menurut Kelompok Umur Satu Tahunan dengan Menggunakan Koefisien Interpolasi Beers Biasa: Sumatera Utara 2010	76
Tabel 3.1	Tabel Kematian Singkat Model Regional Coale dan Demeny yang Dipublikasikan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk Perempuan: Indonesia 1950-1955	90
Tabel 3.2	Tabel Kematian Singkat Model Regional Coale dan Demeny yang Dipublikasikan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk Perempuan: Indonesia 2010-2015	91
Tabel 3.3	Tabel Kematian Singkat Model Regional Coale dan Demeny yang Dipublikasikan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk Perempuan: Indonesia 2095-2100	91

Tabel 3.4	Tabel Kematian Model Regional Coale dan Demeny Model Barat untuk Perempuan Level 21	104
Tabel 3.5	Tabel Kematian Model Regional Coale dan Demeny Model Utara untuk Perempuan Level 21	105
Tabel 3.6	Tabel Kematian Model Regional Coale dan Demeny Model Timur untuk Perempuan Level 21	105
Tabel 3.7	Tabel Kematian Model Regional Coale dan Demeny Model Selatan untuk Perempuan Level 21	106
Tabel 3.8	Tabel Kematian Ketenagakerjaan untuk Perempuan: Indonesia Survei Angkatan Kerja Nasional 2010	116
Tabel 3.9	Tabel Kematian Singkat Model Regional Coale dan Demeny yang Dipublikasikan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk Laki-laki: Indonesia 2010-2015	121
Tabel 4.1	Jumlah Rata-rata Anak Lahir Hidup, Jumlah Rata-rata Anak Meninggal, dan Rasio antara Jumlah Rata-rata Anak Meninggal dan Jumlah Rata-rata Anak Lahir Hidup menurut Kelompok Umur Perempuan	129
Tabel 4.2	Nilai $T_{i,\overline{m}}$ untuk $\overline{m}$ yang Berbeda	133
Tabel 4.3	Pasangan Nilai Kelompok Umur Perempuan (*i*) dan Indeks Umur Anak (*a*)	134
Tabel 4.4	Faktor Pengali, *k*, untuk Perkiraan Proporsi Anak Lahir Hidup yang Meninggal pada Umur *a*,	

	$q(a)$, menurut Kelompok Umur Ibu	136
Tabel 4.5	Perhitungan Proporsi Anak Meninggal: Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005	156
Tabel 4.6	Faktor Pengali yang Bersesuaian untuk P_1/P_2 = 0,101 dan P_2/P_3 = 0,387 menurut Kelompok Umur Perempuan	158
Tabel 4.7	Perhitungan Perkiraan Angka Kematian Bayi dan Anak Berdasarkan Data Anak Lahir Hidup dan Anak Masih Hidup dengan Menggunakan Metode Brass: Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005	160
Tabel 4.8	Perhitungan Perkiraan Angka Kematian Bayi dan Anak Berdasarkan Data Anak Lahir Hidup dan Anak Masih Hidup dengan Menggunakan Metode Brass: Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005	163
Tabel 4.9	Koefisien Regresi (A_a dan B_a), Kesalahan Baku dan Koefisien Variasi (R^2) Persamaan Regresi antara P_2/P_3 dan $q(a)/D(i)$	165
Tabel 4.10	Perhitungan Perkiraan $q(2)$, $q(3)$ dan $q(5)$ dengan Menggunakan Metode Sullivan: Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005	169
Tabel 4.11	Perkiraan Umur Melahirkan Rata-rata dari Rasio Paritas Rata-rata untuk Kelompok Umur	

	Lima Tahunan yang Berurutan	173
Tabel 4.12	Perkiraan Angka Kematian Bayi dari Proporsi Anak Meninggal dari Anak yang Dilahirkan Perempuan menurut Kelompok Umur Lima Tahunan (Q_i) untuk Umur Melahirkan Rata-rata yang Diberikan (M)	173
Tabel 4.13	Konversi Tanggal Kalender Menjadi 10 Bagian (Persepuluh) dari Tahun 365 Hari	174
Tabel 4.14	Perhitungan Umur Melahirkan Rata-rata ($\bar{m}_x$)	180
Tabel 4.15	Perhitungan Perkiraan Angka Kematian Bayi dan Tahun Sebelum Survei dengan Menggunakan Metode Feeney: Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005	181
Tabel 4.16	Perkiraan Waktu Kejadian Angka Kematian Bayi dengan Menggunakan Metode Feeney: Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005	182
Tabel 4.17	Nilai l_x Standar Umum Brass untuk Umur Tepat sampai Umur 80	184
Tabel 4.18	Perhitungan Perkiraan Angka Kematian Bayi dari q_x Metode Brass dengan Menggunakan Sistem Logit: Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005	189

Tabel 4.19	Perhitungan Perkiraan Angka Kematian Bayi dari q_2, q_3 dan q_5 Metode Sullivan dengan Menggunakan Sistem Logit: Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005	194
Tabel 4.20	Ringkasan Perkiraan Angka Kematian Bayi dengan Metode Brass dan Metode Sullivan Model Barat dengan Menggunakan Sistem Logit serta dengan Metode Feeney: Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005 (kematian bayi per 1.000 kelahiran hidup)	195
Tabel 4.21	Koefisien untuk Estimasi Pengali Mortalitas Anak, Varian Trussell, ketika Data Dikelompokkan menurut Umur Ibu	198
Tabel 4.22	Koefisien untuk Perkiraan Periode Acuan, $t(x)$, untuk Nilai-nilai $q(x)$ yang Diestimasi dari Data yang Dikelompokkan menurut Umur Acuan	199
Tabel 4.23	Perhitungan Perkiraan Tingkat Kematian Bayi dan Anak ($q(x)$) dengan Menggunakan Metode Trussell: Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005	207
Tabel 4.24	Perhitungan Perkiraan Angka Kematian Bayi dari q_x Metode Trussell dengan Menggunakan Sistem Logit: Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005	208

Tabel 5.1	Perhitungan Angka Pertumbuhan Intrinsik: Indonesia 2010	230
Tabel 5.2	Perhitungan Angka Kelahiran, Angka Kematian, dan Distribusi Umur Penduduk Stabil: Indonesia 2010	239

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1.1	Piramida Penduduk Ekspansif, Konstriktif, dan Stasioner	30
Gambar 2.1	TFR dengan Interpolasi Linier: Jawa Barat 2010-2015	38
Gambar 2.2	TFR dengan Interpolasi Eksponensial: Provinsi Jawa Barat 2010-2015	40
Gambar 2.3	Penduduk menurut Kelompok Umur Satu Tahunan: Indonesia 2010	48
Gambar 2.4	Penduduk menurut Umur Satu Tahunan yang Dihaluskan dengan Metode Rata-rata Bergerak Sederhana-3: Indonesia 2010	53
Gambar 2.5	Penduduk menurut Umur Satu Tahunan yang Dihaluskan dengan Metode Grabill: Indonesia 2010	56
Gambar 2.6	Penduduk menurut Umur Satu Tahunan yang Dihaluskan dengan Metode LOWESS dengan bwidth 0,35: Indonesia 2010	61
Gambar 2.7	Penduduk Umur Satu Tahunan dengan menggunakan Metode Lowess dengan Bwidth 0,25: Indonesia 2010	65

Gambar 3.1	Probabilitas Meninggal antara Umur x sampai Umur $x + n$, ${}_nq_x$, menurut Umur pada Tabel Kematian Model Regional Coale dan Demeny yang Dipublikasikan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk Perempuan: Indonesia 1950-1955, 2010-2015 dan 2095-2100	94
Gambar 3.2	Probabilitas Meninggal antara Umur x sampai Umur $x + n$, ${}_nq_x$, menurut Umur pada Tabel Kematian Model Regional Coale dan Demeny, Model Barat, Utara, Timur dan Selatan untuk Perempuan Level 21	107
Gambar 4.1	Sumber Data Perempuan Kelompok Umur 15-54 Tahun menurut Kelompok Umur Lima Tahunan dalam Publikasi Survei Penduduk Antar Sensus 2005	142
Gambar 4.2	Sumber Data Jumlah Anak Lahir Hidup dalam Publikasi Survei Penduduk Antar Sensus 2005	143
Gambar 4.3	Sumber Data Jumlah Anak Masih Hidup dalam Publikasi Survei Penduduk Antar Sensus 2005	144
Gambar 4.4	A dan logit(l_x^s): Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005	190
Gambar 5.1	Piramida Penduduk Stabil Indonesia	238

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Pendahuluan

Secara modern ilmu demografi berasal dari catatan kematian Inggris ketika pada tahun 1662 John Graunt mempublikasikan tulisannya yang berjudul "*Natural and political observations mentioned in the following index, and made upon on the Bills of Mortality*" (Smith 1992). Tulisan tersebut, yang pertama kali disusun ketika terjadi wabah penyakit pada tahun 1592, mencatat jenis kelamin, perkiraan usia dan penyebab kematian untuk semua orang yang meninggal. Pengamatan John Graunt masih merupakan suatu pendahuluan yang berharga untuk evaluasi kualitas data dan untuk epidemiologi wabah penyakit. Graunt mampu membuat profil penduduk London dan England yang cukup komprehensif pada masanya dengan cara menggabungkan statistik kematian dengan informasi tentang pembaptisan yang terbatas. Perkembangan demografi selanjutnya, seperti tabel kematian pada tahun 1693, angka kelahiran menurut umur pada tahun 1800, dan proyeksi penduduk dengan metode komponen pada tahun 1895, didasarkan pada karya Graunt. Karya Graunt juga merupakan penggunaan secara formal yang paling mula-mula dari perkiraan kependudukan berdasarkan suatu survei sampel. Sistem statistik vital serta perkembangan sensus dengan cakupan dan keakurasian yang semakin tersedia dan berkualitas juga turut berkontribusi terhadap perkembangan ilmu demografi.

Ilmu demografi adalah studi ilmiah tentang penduduk manusia, termasuk ukuran, persebaran, komposisi, dan faktor-faktor yang menentukan perubahan-perubahan dalam jumlah, persebaran, dan komposisinya (Swanson dkk 2004). Jadi, ilmu demografi fokus kepada lima aspek penduduk manusia, yaitu (i) ukuran, (ii) persebaran, (iii) komposisi, (iv) dinamika kependudukan, serta (v) determinan sosial dan ekonomi dan konsekuensi perubahan kependudukan. Ukuran penduduk adalah jumlah orang di suatu wilayah pada waktu tertentu. Persebaran penduduk adalah jumlah penduduk menurut wilayah geografis. Komposisi penduduk adalah jumlah penduduk menurut karakteristik demografi, seperti umur dan jenis kelamin. Komponen perubahan penduduk adalah kelahiran, kematian dan migrasi.

Beberapa hal dasar yang perlu diketahui untuk mempelajari ilmu demografi adalah sumber statistik demografi, istilah dan notasi demografi, angka pertumbuhan, dan piramida penduduk. Statistik demografi yang sesuai diperlukan untuk memahami dan menganalisis topik-topik dan isu-isu ilmu demografi. Pemahaman istilah dan notasi demografi penting dalam proses perhitungan indikator demografi dan untuk interpretasi ukuran-ukuran demografi. Pemahaman angka pertumbuhan diperlukan untuk analisis jumlah dan pertumbuhan penduduk. Pemahaman piramida penduduk penting untuk analisis proses demografi dalam suatu populasi serta analisis konsekuensi struktur umur dan jenis kelamin penduduk terhadap aspek demografi lainnya, seperti kelahiran dan kematian. Ketiga topik ini dibahas dalam bab ini dengan contoh-contoh untuk Indonesia.

1.2. Sumber Statistik Demografi

Akses terhadap statistik yang sesuai penting untuk memahami dan menganalisis topik-topik dan isu-isu demografi. Ketersediaan statistik demografi telah meningkat secara nyata sejak tahun 1970-an, terutama karena teknik pengumpulan data yang semakin baik dan meningkat, peningkatan yang pesat dalam teknologi komputer, dan perkembangan teknologi dalam jaringan (*internet*).

Statistik demografi dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu primer dan sekunder (Bryan 2004). Statistik primer adalah statistik yang dihasilkan oleh pihak pengguna statistik (analis) dan merupakan tanggung jawab analis dan dihasilkan untuk keperluan yang sangat spesifik. Produksi statistik primer biasanya sangat mahal dan menyita waktu. Keunggulan data primer adalah baru dan dapat dikumpulkan untuk memenuhi kebutuhan data yang sangat spesifik. Sementara itu, statistik sekunder adalah statistik yang dihasilkan oleh pihak di luar pengguna statistik. Statistik sekunder dapat disebarluaskan (didiseminasi) melalui laporan publikasi, *internet*, lembar kerja (*worksheets*), dan tulisan profesional. Keunggulan statistik sekunder adalah menghemat waktu dan biaya dalam pengumpulannya. Keterbatasannya adalah data sekunder biasanya dikumpulkan untuk suatu tujuan yang khusus sehingga kadang-kadang dapat menimbulkan bias. Selain itu, data sekunder adalah data lama.

Statistik dapat digunakan untuk tujuan deskriptif dan inferensial. Statistik deskriptif adalah sekumpulan data yang digunakan untuk menggambarkan suatu populasi atau karakteristiknya. Sementara itu, statistik inferensial adalah sekumpulan data dimana kesimpulan (*inferences*) tentang suatu populasi atau karakteristiknya pada saat ini atau pada masa yang akan datang dapat dibuat.

Sebelum statistik digunakan, isu validitas, reliabilitas, kerahasiaan, dan penahanan data perlu diperhatikan. Validitas adalah apakah data secara akurat mewakili apa yang dinyatakan diukur. Reliabilitas adalah apakah data secara eksternal dan internal diukur secara konsisten. Kerahasiaan data terkait dengan apakah penggunaan statistik memenuhi etika atau melanggar kerahasiaan. Penahanan data terkait dengan resistensi akses terhadap basis data oleh pihak pemerintah dan pihak swasta. Keempat isu ini menjadi fokus seiring dengan perkembangan *internet*. Dalam arena elektronik *internet*, setiap orang dengan mudah mempublikasikan dan mengakses sejumlah besar statistik sosial. Tantangan yang dihadapi oleh seorang pengguna statistik berkaitan dengan ketersediaan statistik dari sumber resmi dan tidak resmi dalam *internet* adalah untuk berhati-hati dalam memilih statistik yang sesuai. Hal ini dapat dilakukan dengan memverifikasi sumber data, meninjau metode yang digunakan untuk menghasilkan data, menentukan tingkat validitas dan reliabilitas yang dapat diterima, dan memperhatikan etika dan kerahasiaan data. Para pengguna statistik sebaiknya menggunakan data dengan sumber yang resmi dan dapat diverifikasi.

Sumber statistik demografi dapat berbentuk laporan yang dipublikasi, lembar kerja yang tidak dipublikasi, dan himpunan data (*data sets*) yang dihasilkan oleh pihak pemerintah atau swasta melalui berbagai media. Sumber statistik demografi dapat berupa laporan statistik utama, atau dapat meliputi teks yang menjelaskan bagaimana statistik diorganisasikan, dan bagaimana statistik diperoleh, atau suatu analisis yang menggambarkan validitas dan realibilitas statistik yang dihasilkan. Sumber statistik demografi dapat juga merupakan informasi deskriptif atau inferensial. Jika laporan dicetak, deskripsi atau analisis dapat meliputi informasi grafis, seperti tabel-tabel, diagram, atau gambar. Jika statistik dipublikasikan secara elektronik atau tersedia dalam *internet*, maka pengguna statistik dapat menghasilkan grafik,tabel, atau diagram yang diinginkan.

Statistik demografi dapat direproduksi secara selektif atau disusun kembali dalam sumber sekunder, seperti kompendium, abstrak statistik, dan buku tahunan. Sumber sekunder lain yang menyajikan beberapa statistik demografi adalah jurnal, buku teks, dan laporan penelitian. Suatu buku teks atau laporan penelitian kadang-kadang dapat mencakup statistik demografi berdasarkan tabulasi yang tidak dipublikasikan oleh lembaga pemerintah.

Banyak statistik demografi yang penting dihasilkan dengan menggabungkan sensus dan statistik vital. Sebagai contoh adalah statistik vital (kelahiran dan kematian), tabel kematian, serta estimasi dan proyeksi penduduk. Data yang dikumpulkan dalam pendaftaran penduduk dan catatan administrasi lainnya, seperti statistik imigrasi dan emigrasi, pendaftaran sekolah, ijin bangunan tempat tinggal, dan pendaftaran pemilih, dapat juga menjadi dasar untuk estimasi penduduk dan analisis demografi lainnya.

Data demografi primer adalah yang paling umum dikumpulkan atau diagregasi pada tingkat nasional. Data demografi dapat dikumpulkan melalui sensus, survei, atau pendaftaran penduduk. Tujuan dari sensus atau survei adalah untuk menghasilkan statistik demografi. Sementara itu, pendaftaran kejadian vital dan pendaftaran penduduk ditujukan untuk penggunaan hukum (legal) dan administratif. Kompilasi dan publikasi statistik demografi berdasarkan pendaftaran penduduk minimal karena kegiatan ini cenderung mengganggu operasi harian pendaftaran. Meskipun statistik demografi berdasarkan sensus dapat dikompilasi dari suatu pendaftaran penduduk, negara-negara dengan pendaftaran penduduk tetap memandang perlu untuk melaksanakan sensus melalui metode yang biasa dengan mengenumerasi semua rumah tangga secara serentak. Pengumpulan data melalui sensus tetap dilakukan sebagai suatu sarana untuk memastikan bahwa pendaftaran penduduk sudah dilakukan dengan baik serta sarana untuk memasukkan pertanyaan tambahan yang tidak ditanyakan dalam pendaftaran penduduk. Akses publik terhadap sensus individu atau catatan pendaftaran penduduk dibatasi dalam rangka melindungi kerahasiaan dan kepentingan penduduk dan untuk mendorong pelaporan yang lengkap dan benar.

Tujuan utama dari suatu sensus penduduk adalah untuk penentuan jumlah penduduk melalui suatu perhitungan atau pencatatan lengkap seluruh penduduk. Menurut Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), sensus penduduk adalah keseluruhan proses pengumpulan (*collecting*), penyusunan (*compiling*), evaluasi (*evaluating*), analisis (*analyzing*), dan publikasi (*publishing*) atau penyebarluasan (*disseminating*) data demografi, ekonomi, dan sosial mengenai semua orang dalam suatu negara atau dalam suatu daerah dalam suatu negara pada suatu waktu (United Nations 1998). Selain itu, sebagian besar sensus penduduk dihubungkan dengan suatu sensus perumahan. Menurut PBB, sensus perumahan adalah keseluruhan proses pengumpulan, penyusunan, evaluasi, analisis, dan publikasi (*publishing*) atau penyebarluasan (*disseminating*) data statistik tentang semua tempat tinggal dan penghuni di suatu negara atau dalam suatu daerah dalam suatu negara pada suatu waktu (United Nations 1998). Sementara itu, survei adalah suatu pengumpulan informasi yang distandarisasi dari suatu penduduk spesifik, atau suatu sampel penduduk, biasanya dan tidak selalu, dengan menggunakan daftar pertanyaan (kuesioner) atau wawancara (*interview*). Tujuan utama suatu survei adalah untuk menghasilkan statistik tentang beberapa aspek atau karakteristik penduduk yang dipelajari.

Ruang lingkup suatu sensus atau survei demografi adalah jumlah (*size*), persebaran (*distribution*), dan karakteristik dari suatu populasi. Di negara-negara tanpa registrasi vital yang memadai, suatu sensus atau survei penduduk dapat mencakup pertanyaan-pertanyaan tentang kelahiran atau kematian anggota rumah tangga dalam periode sebelum sensus, biasanya dalam setahun sebelum sensus. Sebagai contoh, dalam Sensus Penduduk tahun 2010 di Indonesia yang dilaksanakan pada 1 – 31 Mei 2010 ditanyakan mengenai anggota rumah tangga yang meninggal sejak 1 Januari 2009. Selanjutnya, bahkan ketika statistik vital dengan kualitas yang baik ada, sensus atau survei dapat mencakup pertanyaan-pertanyaan mengenai fertilitas, seperti jumlah anak yang pernah dilahirkan hidup, jumlah anak masih hidup, dan tanggal lahir setiap anak, karena distribusi perempuan menurut jumlah anak lahir hidup dan menurut interval antara kelahiran berurutan tidak dapat diperoleh dari sertifikat kelahiran.

Survei sampel rumah tangga secara nasional dan secara periodik telah dilaksanakan di beberapa negara, seperti setiap tiga bulan, enam bulan, satu tahun, dua tahun, tiga tahun, atau empat tahun. Fokus dari survei-survei ini biasanya adalah tentang status ketenagakerjaan, karakteristik perumahan dan rumah tangga, pengeluaran konsumen yang berkaitan dengan karakteristik demografi tertentu, dan bukan informasi demografi. Di Indonesia, survei seperti ini meliputi Survei Angkatan Kerja Nasional (SAKERNAS) dan Survei Sosial Ekonomi yang saat ini masing-masing dilaksanakan setiap tiga bulan.

Baik sensus maupun survei cenderung berkembang dalam hal cakupan topik, kecanggihan prosedur, akurasi perhitungan, dan metode diseminasi. Sebagai contoh, informasi tentang kematian maternal juga dikumpulkan dalam SP 2010 Indonesia. Selain itu, pengolahan hasil SP 2010 Indonesia dapat dilakukan dengan lebih cepat dibandingkan dengan pengolahan data sensus-sensus sebelumnya dengan menggunakan *Retrieval of Data for Small Areas by Microcomputer* (REDATAM). REDATAM merupakan piranti lunak untuk tabulasi, analisis, dan diseminasi data sensus yang dapat diakses secara gratis dan dikembangkan oleh CELADE Population Division dari Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). Selanjutnya, hasil SP 2010 Indonesia juga dapat diakses secara elektronik pada laman sp2010.bps.go.id. Sementara itu, statistik demografi nasional, provinsi, dan kabupaten/kota untuk beberapa tahun dapat diakses di laman www.bps.go.id. Metode diseminasi secara eletronik memudahkan pengguna statistik untuk menghasilkan analisis lanjut statistik demografi, termasuk menghasilkan grafik yang sesuai.

Di Indonesia, lembaga pemerintah utama yang bertanggung jawab untuk menghasilkan statistik demografi adalah Badan Pusat Statistik (BPS). Indonesia sudah melaksanakan Sensus Penduduk (SP) sebanyak lima kali, yaitu pada tahun 1971, 1980, 1990, 2000, dan 2010. Indonesia juga melaksanakan Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS) untuk menghasilkan statistik demografi antarsensus, yaitu pada tahun 1976, 1985, 1995, 2005, dan 2015. SP, SUPAS, SAKERNAS, dan SUSENAS diselenggarakan oleh BPS. Survei-survei khusus lain, juga dilakukan untuk menghasilkan statistik sosial dan ekonomi yang berkaitan dengan demografi, seperti Riset Kesehatan Dasar untuk menghasilkan statistik kesehatan yang dilaksanakan oleh Kementerian Kesehatan. Bekerja sama dengan lembaga pemerintah lainnya serta lembaga internasional, BPS juga menyelenggarakan Survei Demografi dan Kesehatan Indonesia pada tahun 1987, 1991, 1994, 1997, 2002-2003, 2007, dan 2012.

Di Indonesia juga terdapat survei-survei yang diselenggarakan oleh lembaga penelitian nasional atau internasional untuk menghasilkan statistik yang terkait dengan statistik demografi. Salah satu survei penting berskala nasional adalah Survei Aspek Kehidupan Rumah Tangga Indonesia/SAKERTI (*Indonesia Family Life Survey*/IFLS). SAKERTI diselenggarakan oleh lembaga penelitian dari Amerika Serikat, RAND Corporation, bekerja sama dengan lembaga penelitian di Indonesia, Lembaga Demografi Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Indonesia pada tahun 1993-1994 (SAKERTI 1), 1997 (SAKERTI 2), dan 1998 (SAKERTI 2+), bekerja sama dengan Pusat Studi Kependudukan dan Kebijakan Universitas Gadjah Mada pada tahun 2000 (SAKERTI 3) dan 2007-2008 (SAKERTI 4), dan bersama dengan SurveyMeter pada tahun 2014-2015 (SAKERTI 5).

Suatu pendaftaran penduduk dalam bentuk lengkapnya adalah suatu sistem nasional dari perhitungan penduduk yang kontinu yang meliputi pencatatan kejadian vital dan migrasi yang terjadi pada komunitas lokal. Menurut PBB, suatu sistem statistik vital adalah pendaftaran (registrasi) yang sah (*legal*), pencatatan dan pelaporan statistik kejadian, serta pengumpulan, penyusunan, penyajian, penyebaran statistik mengenai kejadian-kejadian vital (United Nations 1985). Hasil akhir dari sistem statistik vital yang digunakan demografer adalah statistik vital dan bukan isu legal dokumen. Selanjutnya, kejadian-kejadian yang didaftarkan dalam sistem statistik vital dapat mencakup kelahiran hidup, kematian, kelahiran mati (*stillbirths*), perkawinan, perceraian, pembatalan perkawinan (*annulments*), adopsi, legitimasi, pengakuan (*recognitions*), dan perpisahan legal. Tidak semua negara dengan suatu sistem registrasi penduduk mendaftarkan semua kejadian ini atau mempublikasikan statistiknya.

Di Indonesia, sistem pendaftaran penduduk diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kementerian

Dalam Negeri Republik Indonesia. Sistem pendaftaran penduduk diatur dalam Undang-Undang No. 23 Tahun 2006 tentang Administrasi Kependudukan dan Undang-Undang No. 24 Tahun 2013 tentang Perubahan atas Undang-Undang No. 23 Tahun 2006 tentang Administrasi Kependudukan. Saat ini statistik jumlah penduduk menurut kabupaten/kota untuk tahun 2013, 2014, dan 2015 pada semester 1 dan semester 2 telah dipublikasikan secara elektronik dalam laman www.dukcapil.kemendagri.go.id.

1.3. Istilah dan Notasi Demografi

Demografi dimulai dengan penduduk, baik yang diperoleh dari sensus atau yang diikuti dari hari kelahiran (*anniversary*), seperti tanggal kelahiran. Kedua basis secara konseptual berbeda. Sensus dan survei penduduk antarsensus mengestimasi penduduk yang dihitung dalam interval umur. Sebagai contoh, penduduk sensus berusia 0, menyatakan seluruh bayi yang belum berumur 1 tahun. Perhuitungan mencakup baik bayi yang baru lahir maupun bayi yang mendekati ulang tahun pertama. Sebagai perbandingan, suatu perhitungan hari kelahiran menghitung orang-orang pada kejadian penting: pada usia 0 penduduk hari kelahiran adalah semua mereka yang lahir selama suatu periode yang spesifik, hanya beberapa dari mereka yang mungkin masih hidup atau masih di bawah usia 1 pada suatu sensus berikutnya.

Kedua basis dapat dibedakan seperti sebagai berikut.

$N(x)$ = jumlah orang yang bertahan hidup pada ulang tahun ke-x

${}_nN_x$ = jumlah pada usia atau interval x hingga $x+n$ pada saat pencacahan

Dalam teks lain kadang K dan P digunakan untuk menyatakan penduduk. Pemakaian subskrip juga tidak selalu seragam. Dalam studi-studi yang menggunakan pencacahan hari ulang tahun, penulisan N_x dapat diganti dengan $N(x)$. Analog dengan N_x, l_x (atau ℓ_x) digunakan untuk menyatakan penduduk yang berulang tahun dalam tablel kematian, dengan $l(x)$ umumnya dibatasi untuk pekerjaan yang menggunakan kalkulus. Tabel kematian juga mencakup suatu penduduk interval yang analog dengan ${}_nN_x$, yaitu penduduk tabel kematian ${}_nL_x$.

Dimana subkrip digunakan, subkrip kanan (biasanya a atau x) akan menyatakan awal usia atau panjangnya interval yang diperhatikan, dan subkrip kiri (biasanya n) akan menyatakan lebar interval, seperti dalam ${}_nN_x$. Kadang kala subskrip kiri tidak dituliskan, biasanya ketika lebar interval adalah 1 unit. Dalam beberapa tulisan N_x menggantikan ${}_1N_x$ untuk menyatakan penduduk dalam interval x ke $x+1$.

Jadi, $N(x)$ menyatakan penduduk yang tetap hidup pada ulang tahun yang ke-x dan ${}_nN_x$ menyatakan penduduk dalam interval x hingga $x+n$. Dalam penerapan pada penduduk nasional, diadopsi konvensi bahwa ${}_nN_x$ menyatakan penduduk interval pada pertengahan tahun. Tanggal/waktu lain dapat digunakan, tetapi penduduk pertengahan tahun biasanya merupakan suatu estimasi yang lebih baik dari jumlah rata-rata dalam interval selama suatu tahun dibandingkan dengan penduduk pada waktu awal atau akhir.

Kelahiran dapat dinotasikan dalam dua cara. Penduduk yang dihitung pada usia eksak 0 dapat dinyatakan sebagai $N(0)$, sementara sebagai kejadian yang terjadi pada laki-laki atau perempuan pada usia x hingga $x+n$, kelahiran dinotasikan sebagai ${}_nB_x$. Penduduk usia eksak 0 dan kelahiran dapat dihubungkan dengan kesamaan

$$N(0)=\sum_{x=0}^{\omega-n} {}_nB_x=\sum_x {}_nB_x \qquad (1.1)$$

dimana $\sum_x$ menyatakan jumlah kelahiran di antara semua orang tua berumur x (dari $x=0$ hingga $x=\omega-n$ dimana ω (omega) menyatakan usia tertua seseorang dapat hidup; $\omega-n$ menotasikan awal dari interval akhir), untuk orang tua dari satu atau jenis kelamin lainnya.

Berhubungan dengan kelahiran adalah angka kelahiran menurut umur (*age-specific fertility rates*/ASFR), yang menjelaskan rasio bayi yang lahir pada laki-laki atau perempuan berusia x hingga $x+n$ selama tahun t pada penduduk pertengahan tahun pada satu dari usia orang tua mereka, yang dinyatakan sebagai

$$_n f_{x,M} = {}_b B_{x,M}^{(t,t+1)} \,/\, {}_n N_{x,M}^{(t+1/2)} \qquad (1.2)$$

$$_n f_{x,F} = {}_b B_{x,F}^{(t,t+1)} \,/\, {}_n N_{x,F}^{(t+1/2)} \qquad (1.3)$$

dimana subskrip pada (1.2) dan (1.3) menyatakan bahwa penyebut adalah baik laki-laki atau perempuan dan superskrip mengindikasikan estimasi tahunan $(t,t+1)$ dan pertengahan tahun $(t+\frac{1}{2})$. Kelahiran dari kedua jenis kelamin dihitung dalam pembilang. ASFR biasanya dihitung menurut umur ibu sehingga subskrip orang tua diabaikan dari pembilang.

Kematian atau kejadian dinotasikan sebagai $_nD_x$, dimana interval x hingga $x+n$ adalah usia atau durasi keterpaparan terhadap kejadian. Dimensi waktu dimana kejadian diukur sering implisit. Dalam tabel kematian nasional, baik kelahiran maupun kematian dijumlahkan selama suatu tahun kalender. Akan tetapi, untuk kematian, jumlah $_nD_x$ dapat menyatakan kematian tahunan di antara orang yang berusia x hingga $x+n$

, atau kematian selama n tahun di antara orang yang tetap hidup pada umur x. Juga, ${}_nD_x$ dapat digunakan sebagai jumlah

$$ {}_1D_x + {}_1D_{x+1} + {}_1D_{x+2} + {}_1D_{x+3} + \ldots + {}_1D_{x+n+1} \qquad (1.4) $$

Memasukkan superskrip kanan pada (1.4) menyatakan waktu, untuk $n=5$ tahun, kedua kuantitas akan menjadi perhitungan periode untuk tahun t

$$ {}_1D_x^{(t,t+1)} + {}_1D_{x+1}^{(t,t+1)} + {}_1D_{x+2}^{(t,t+1)} + {}_1D_{x+3}^{(t,t+1)} + {}_1D_{x+4}^{(t,t+1)} \qquad (1.5) $$

dan perhitungan kohor untuk tahun t hingga $t+4$,

$$ {}_1D_x^{(t,t+1)} + {}_1D_{x+1}^{(t+1,t+2)} + {}_1D_{x+2}^{(t+2,t+3)} + {}_1D_{x+3}^{(t+3,t+4)} + {}_1D_{x+4}^{(t+4,t+5)} \qquad (1.6) $$

Jika ukuran kohor dan angka mortalitas relatif konstan, perhitungan kejadian ${}_1D_{x+a}^{(t,t+1)}$ dan ${}_1D_{x+a}^{(t+a,t+a+1)}$ akan menjadi sama.

Angka kematian menurut umur (*age-specific death rates*/ASDR) diestimasi dari kematian tahunan dan penduduk tengah tahun, menggunakan

$$ {}_1M_x = {}_nD_x^{(t,t+1)} / {}_nN_x^{(t+\frac{1}{2})} \qquad (1.7) $$

Perhitungan penduduk dan kejadian umumnya menurut jenis kelamin.

Angka migrasi menurut umur (*age-specific migration rate*/ASMR) diestimasi seperti angka kematian, menggunakan perhitungan imigran tahunan (${}_{n}I_{x}^{(t,t+1)}$) dan emigran (${}_{n}E_{x}^{(t,t+1)}$) dibagi dengan penduduk tengah tahun untuk interval usia yang sama (${}_{n}N_{x}^{(t+\frac{1}{2})}$).

Dengan menggeneralisasi dari angka menurut umur, sejumlah pengukuran ringkasan dengan menggunakan estimasi penduduk, kelahiran, dan kematian yang dikenal secara universal dihasilkan. Pengukuran yang paling luas digunakan adalah angka kelahiran kasar (*crude birth rate*/CBR), angka kematian kasar (*crude death rate*/CDR), angka migrasi kasar (*crude migration rate*/CMR), dan angka pertumbuhan atau penurunan penduduk kasar (*crude population growth or decrease*/CGR) sebagai berikut.

$CBR = {}_{\omega}B_{0}^{(t,t+1)} / {}_{\omega}N_{0}^{(t+\frac{1}{2})}$ = Kelahiran tahunan/Penduduk tengah tahun

$CDR = {}_{\omega}D_{0}^{(t,t+1)} / {}_{\omega}N_{0}^{(t+\frac{1}{2})}$ = Kematian tahunan/Penduduk tengah tahun

$CMR = \left({}_{\omega}I_{0}^{(t,t+1)} - {}_{\omega}E_{0}^{(t,t+1)} \right) / {}_{\omega}N_{0}^{(t+\frac{1}{2})}$

= (Imigran tahunan – Emigran tahunan)/Penduduk pertengahan tahun

$CGR = \left({}_{\omega}B_{0}^{(t,t+1)} - {}_{\omega}D_{0}^{(t,t+1)} + {}_{\omega}I_{0}^{(t,t+1)} - {}_{\omega}E_{0}^{(t,t+1)} \right) / {}_{\omega}N_{0}^{(t+\frac{1}{2})}$

= (Kelahiran tahunan – Kematian tahunan + Imigran tahunan –

Emigran tahunan)/Penduduk pertengahan tahun

Rumus-rumus di atas menggunakan lebar interval dengan $n=\omega$ untuk menghitung kelahiran, penduduk, dan kematian untuk semua umur. Simbol tak terhingga (∞) menyatakan pengertian yang sama sebagai suatu pengukuran dari panjang/lama hidup. Dalam kebanyakan aplikasi, keempat angka di atas dikalikan dengan 1.000 untuk mendapatkan nilai integer.

Perbedaan antara angka kelahiran kasar dan angka kematian kasar adalah pendekatan pengukuran dari pertumbuhan atau penurunan penduduk tahunan. Hal ini bukanlah merupakan suatu pengukuran yang eksak: penduduk tengah tahun pada tahun $t+1$ akan menjadi penduduk pertengahan tahun pada tahun t, ditambah dengan kelahiran dari pertengahan tahun ke pertengahan tahun dan dikurangi dengan kematian dari pertengahan tahun ke pertengahan tahun. Ini bukanlah penduduk pertengahan tahun yang disesuaikan dengan kejadian-kejadian tahunan. Ketika migrasi terjadi, pertimbangan yang sama berlaku.

Pengukuran yang eksak dari perubahan penduduk diberikan oleh persamaan keseimbangan (*balancing equation*)

$$ {}_{\omega}N_0^{(t+1)} = {}_{\omega}N_0^{(t)} + {}_{\omega}B_0^{(t,t+1)} - {}_{\omega}D_0^{(t,t+1)} + {}_{\omega}I_0^{(t,t+1)} - {}_{\omega}E_0^{(t,t+1)} \qquad (1.8) $$

dimana waktu diindeks pada titik eksak, $t, t+1$, dan selama interval $(t, t+1)$. Untuk angka pertumbuhan penduduk naik atau menurun, persamaan (1.8) akan dibagi dengan ${}_{\omega}N_0^{(t)}$.

Meskipun CGR tidak mengestimasi perubahan penduduk tahunan, bagian-bagiannya, kejadian tahunan terhadap penduduk pertengahan tahun, dapat diinterpretasi sebagai pengukuran dari intensitas rata-rata dari fertilitas, mortalitas, dan migrasi selama tahun t. Jika intensitas konstan menurut waktu, aproksimasi perubahan penduduk, mengabaikan migrasi, diperoleh dengan eksponensial

$$
{}_{\omega}N_{0,eksponen}^{\left(t+1\frac{1}{2}\right)} = {}_{\omega}N_0^{\left(t+\frac{1}{2}\right)} \exp\left[\left({}_{\omega}B_0^{(t,t+1)} - {}_{\omega}D_0^{(t,t+1)}\right) / \left({}_{\omega}N_0^{\left(1+\frac{1}{2}\right)}\right)\right] \qquad (1.9)
$$

$$
= {}_{\omega}N_0^{\left(t+\frac{1}{2}\right)} e^{CGR}
$$

Dua pengukuran, angka kematian bayi (*infant mortality rate*/IMR) dan harapan hidup, secara luas digunakan sebagai indikator dari status kesehatan dan tingkat perekonomian. IMR diperoleh sebagai jumlah kematian tahun kalender pada usia di bawah 1 tahun dibagi dengan kelahiran tahun kalender, atau

$$
IMR = {}_{1}D_0^{(t,t+1)} / N(0)^{(t,t+1)} \qquad (1.10)
$$

IMR juga dapat diestimasi dari semua kematian pada umur di bawah 1 tahun yang terjadi pada kohor kelahiran $N(0)$. Kohor IMR akan meliputi kematian bayi yang terjadi baik dalam tahun kelahiran kohor dan dalam tahun berikutnya.

Harapan hidup saat umur x, e_x atau e_x^o, adalah jumlah tahun hidup rata-rata yang tinggal pada individu pada ulang tahun yang ke-x. Angka ini merupakan akan hipotetis, dari penduduk dan kematian yang terjadi dalam suatu tahun tertentu. Dalam populasi manusia, masa hidup median, atau umur dimana separuh dari bayi-bayi yang lahir meninggal, sedikit lebih tua karena konsentrasi yang tinggi dari kematian dekat akhir kehidupan.

Suatu varian yang digunakan secara luas untuk ASDR adalah Indeks Pearl, yang diperkenalkan sebagai suatu estimasi fekundabilitas dan efektivitas kontrasepsi. Indeks Pearl membagi kejadian (kehamilan dalam populasi berisiko) selama suatu periode tertentu dengan waktu terpapar total selama periode yang sama. Jadi,

$$ {}_tM_{0,Pearl} = {}_tD_0 / {}_tN_0 \qquad (1.11) $$

dimana ${}_tD_0$ menyatakan kejadian dan ${}_tN_0$ adalah waktu terpapar dalam interval (0, t). Ukuran ini analog dengan ASDR pada umur 0 hingga t, dengan substitusi waktu terpapar dalam interval untuk penduduk pertengahan tahun konvensional. Dalam kasus terbatas, ketika $t \to \infty$, ukuran ini menjadi angka kematian kasar.

1.4. Angka Pertumbuhan

Perubahan penduduk dinyatakan dalam angka pertumbuhan. Misalkan dalam suatu negara jumlah penduduk pada awal tahun adalah 100.000 dan pada akhir tahun menjadi 105.000. Dalam hal ini angka pertumbuhan penduduk adalah $\frac{(105.000-100.000)}{100.000}=\frac{5000}{100.000}=0,05$ per tahun. Atau, lebih umum disebut bahwa penduduk tersebut bertumbuh pada angka 5% per tahun, atau 5 per seratus penduduk awal per tahun.

Ada dua jenis angka pertumbuhan yang dikenal. Analog dengan angka pertumbuhan matematika x' pada penduduk pada waktu t dan $t+1$, yaitu N_t dan N_{t+1} adalah $x' = N_{t+1} - N_t$ atau $N_{t+1} = N_t + x'$. Jadi,

$$x = \frac{N_{t+1} - N_t}{N_t}$$

$$N_{t+1} = N_t(1+x)$$

x' sama dengan angka kecepatan dalam ilmu fisika. Jadi, x sama dengan tingkat bunga pada suatu pinjaman (uang).

Bila dilakukan dalam waktu kontinu, dalam waktu yang sangat singkat, dan limit waktunya mendekati nol angka di atas menjadi turunan, yakni

$$x' = \frac{dN(t)}{dt} \text{ dan } x = \frac{1}{N(t)} \frac{dN(t)}{dt}.$$

Angka pertumbuhan x' dan x memberikan hasil yang sangat berbeda jika diterapkan ke dalam proyeksi. Suatu penduduk bertumbuh secara kontinu dengan 5.000 orang per tahun akan menjadi 10.000 orang pada akhir tahun kedua, dan akan menjadi 15.000 orang pada akhir tahun ketiga. Jika pertumbuhan pada suatu angka 0,05, maka penduduknya dikalikan dengan angka 1,05 pada akhir tahun pertama dan dikalikan dengan angka $1,05^2$ pada akhir tahun kedua dan seterusnya. Angka pertumbuhan terakhir dinamakan pertumbuhan geometrik, sementara yang pertama dinamakan angka pertumbuhan aritmetik.

Waktu penggandaan (doubling time) dan menjadi setengah (half-time)

Persamaan pertumbuhan geometrik untuk proyeksi pada waktu t adalah $N_t = N_0(1+x)^t$ dimana x adalah pertumbuhan per unit waktu. Unit waktu dapat dalam satu bulan, satu tahun, atau satu dekade. Setiap N_0, N_t, x, atau t dapat diketahui jika tiga yang lain diberikan. Jika kuantitas x bernilai negatif, penduduk akan berkurang. Jika t negatif, maka rumus proyeksi mundur dalam waktu (*backward in time*). Jika x adalah angka pertumbuhan per tahun sebagai angka desimal, maka $100x$ adalah angka pertumbuhan sebagai persentase, dan 1000 x merupakan angka pertumbuhan per seribu penduduk.

Jika pada akhir tahun pertama, jumlah penduduk sebesar $(1+x)$ kali banyak penduduk pada awal perhitungan, pada akhir tahun kedua menjadi $(1+x)^2$, ..., dan pada akhir tahun ke-n, jumlah penduduknya menjadi $(1+x)^n$ maka waktu penggandaan (*doubling time*) adalah nilai dari n yang memenuhi $(1+x)^n = 2$.

Untuk mendapatkan nilai n, logaritmakan dan bagi kedua sisi dengan $\log(1+n)$, sehingga didapat $n = \dfrac{\log 2}{\log(1+x)} = \dfrac{0,693}{\log(1+x)}$ [1].

Metode yang sama dapat dilakukan untuk mengukur waktu menjadi setengah (*half time*), jika terjadi angka pertumbuhan yang menurun, yakni $n = \dfrac{\log 1/2}{\log(1+x)}$.

---

[1] Kemudian n dengan mudah dapat dihitung dengan menggunakan program Excel. Rumus di atas dapat dipermudah dengan menggunakan pendekatan barisan Taylor untuk logaritma natural $\log(1+x) = x - \dfrac{x^2}{2} + \dfrac{x^3}{3} - \ldots$. Dengan memasukkan $\log(1+x)$ ke persamaan akan diperoleh rumus waktu penggandaan $n = \dfrac{0,693}{\log(1+x)} = \dfrac{0,693}{x - x^2/2 + x^3/3 - \ldots.}$. Dengan sedikit manipulasi aljabar kemudian persamaan ini dapat ditulis dalam bentuk $n = \dfrac{0,693}{x}$. Kemudian untuk nilai x antara 0 dan 0,04 (angka yang merupakan mayoritas dalam kependudukan), persamaan di atas dapat ditulis menjadi $n = \dfrac{70}{100x}$ karena angka 0,693 ditulis dalam bentuk persentase 70/100.

Dengan metode penurunan aljabar seperti di atas, *n* dapat diperoleh.

Contoh data Indonesia

Jika menurut Sensus Penduduk tahun 2010, penduduk Indonesia berjumlah 237.641.326 dengan angka/laju pertumbuhan sebesar 1,4%. Jika angka pertumbuhan penduduk ini konstan, maka *doubling time* penduduk Indonesia dengan menggunakan pendekatan rumus di atas sebesar 70/(100 x 0,014) = 50 tahun. Sementara itu, bila dihitung dari rumus $n = \frac{\log 2}{\log(1+x)} = \frac{0,693}{\log(1+x)}$ akan diperoleh angka 49,856, dan jika dibulatkan akan sama dengan 50. Artinya, pada tahun (2010 + 50) = 2060, penduduk Indonesia akan menjadi sebanyak (237.641.326) × 2 = 475.282.652 jiwa.

Jika akan dihitung jumlah penduduk Indonesia tahun 2060 dengan rumus pertumbuhan, akan didapat hasil $(237.641.326)(1,014)^{50}$ = 476.233.253. Perbedaan ini terjadi akibat pembulatan *doubling time* dari 49,856 menjadi 50.

Periode majemuk (the period of ompounding) (bunga berbunga)

Metode perhitungan di atas didasarkan pada definsi *x* yang merupakan rasio dari penduduk pada akhir tahun hingga awal tahun *x* + 1.

Perhitungan sejenis disebut *compounded* (bunga berbunga) tahunan. Perhitungan seperti ini dinamakan dibungakan (*to be compounded*) tahunan. Sebuah pendefinisian lain tentang angka pertumbuhan dengan menghilangkan bagian kanan dari penyebut barisan Taylor.

Misalkan x di*compounded* j kali dalam satu tahun, kemudian pada akhir 1 tahun, penduduk akan mempunyai rasio pertumbuhan sebesar $(1+x/j)^j$. Apakah ada sebuah nilai j yang lebih 'natural' dari 1? Ada, yakni nilai tak terhingga. Ketika angka x di*compounded* secara seketika (*instantaneously*), nilai ini disebut sebagai r. Jadi, $\lim_{j\to\infty}(1+r/j)^j = e^r$, dimana e adalah basis dari logaritma natural yang sama dengan 2,71828. Untuk mengetahui seberapa cepat nilai ini konvergen, dihitung $(1+r/100.000)^{100.000}$. Untuk r = 1 didapat 2,718268. Misalkan suatu penduduk bertumbuh pada angka r maka jumlah penduduk akan sama dengan e^r pada akhir dari 1 tahun dan e^{nr} pada akhir n tahun.

Misal suatu penduduk bertumbuh sebesar 1,4 per tahun, maka angka pertumbuhan penduduk akan menjadi sebagai berikut (Tabel 1.1).

Tabel 1.1

Pertumbuhan menurut Waktu

Waktu	$R = n\ln(1+r/n)$

Kuartalan	1,3976
Bulanan	1,3992
Mingguan	1,3998
Harian	0,1400
Kontinu	0,1400

Suatu pendefinisian lain tentang angka pertumbuhan menyederhanakan perhitungan dengan menghilangkan bagian kanan dari penyebut dari rumus Taylor.

Angka pertumbuhan berubah menurut waktu

Misalkan suatu populasi homogen mempunyai suatu angka pertumbuhan r yang tetap dan kemudian menjadi suatu populasi heterogen yang terdiri dari beberapa sub-populasi yang masing-masing mempunyai suatu angka pertumbuhan tetap. Pada bagian sebelumnya telah dibahas suatu populasi homogen dimana hanya terdapat satu r pada suatu waktu tertentu. Sekarang akan dibahas suatu keadaan dimana angka pertumbuhan merupakan variabel yang terikat waktu (*time dependent*), dan diberi simbol $r(t)$.

Tujuan dari bagian ini adalah mendapatkan jumlah penduduk setelah T tahun yang dihasilkan oleh variabel pertumbuhan $r(t)$.

Misalkan waktu dibagi ke dalam interval yang sangat pendek dt kemudian pada waktu singkat pertama $r(t)$ didapatkan suatu tetapan r_0. Jika pada masa awal, jumlah penduduk adalah N_0, maka jumlah penduduk setelah waktu dt menjadi $N_0 e^{r_0 dt}$. Dapat dilihat bahwa rasio pertumbuhan/peningkatan pada suatu waktu tertentu dan pada angka r dimajemukkan secara sesaat (*compounded momently*) sama dengan eksponensial dari angka waktu dikalikan waktu. Rumus ini dapat diaplikasikan pada setiap interval pendek dt.

Misalkan angka pertumbuhtan menjadi r_0 , r_1 , r_2 , …. pada setiap interval waktu singkat dt. Kemudian dapat dihitung jumlah penduduk pada waktu T menjadi hasil kali dari eksponensial $N(T) = N_0 e^{r_0 dt} e^{r_1 dt} e^{r_2 dt} \ldots$.

Persamaan ini dapat disingkat menjadi $N(T) = N_0 e^{r_0 dt + r_1 dt + r_2 dt + \ldots}$. Kemudian dengan teorema limit, dimana dt mendekati nol, bagian eksponen mendekati integral $r(t)$ sebagai berikut.

$$N(T) = N_0 \exp\left[\int_0^T r(t)dt\right]$$

Dengan menggunakan definisi angka pertumbuhan

$$r_t = \frac{1}{N(t)} \frac{dN(t)}{dt}$$

Definisi demografi dapat diperlakukan sebagai suatu persamaan diferensial.

Dengan cara mengalikan kedua sisi persamaan di atas dengan dt maka didapat

$$r_t dt = \frac{dN(t)}{N(t)}$$

Jadi,

$$\int_0^T r(t)dt = \log N(t)\Big|_0^T$$

Dengan mengeksponensialkan kedua sisi didapat

$$N(T) = N_0 \exp\left[\int_0^T r(t)dt\right]$$

Bila dilogaritmakan menjadi

$$\log N(T) = \log N_0 + \int_0^T r(t)dt$$

Kemudian, apabila didiferensial pada waktu *T*, akan diperoleh

$$\frac{1}{N(T)}\frac{dN(t)}{dT} = r(T)$$

Suatu cara yang mudah menuliskan persamaan di atas adalah apabila *r* dapat ditulis sebagai rata-rata aritmetik angka pertumbuhan dalam interval dari nol ke *T*, menjadi $N(T) = N_0 e^{rT}$, dimana $r = \frac{1}{T}\int_0^T r(t)dt$.

1.5. Piramida Penduduk

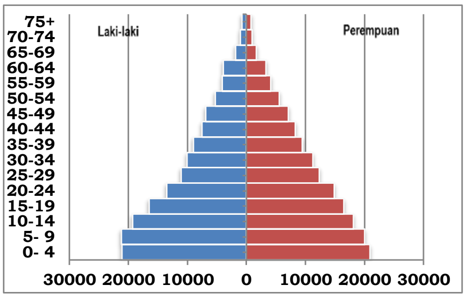
Salah satu analisis demografi yang penting adalah analisis struktur umur penduduk. Struktur umur penduduk dapat dikelompokkan menjadi muda, antara muda dan tua (*intermediate*), dan tua. Struktur umur penduduk suatu populasi dikatakan **muda** jika penduduk usia muda (0-14 tahun) lebih dari 40%, **tua** jika penduduk usia 65 tahun ke atas lebih dari 10%, dan **antara muda dan tua** jika penduduk usia muda sudah kurang dari 40% dan penduduk usia 65 tahun ke atas masih kurang dari 10%. Struktur umur penduduk dipengaruhi oleh tren tingkat kelahiran dan kematian. Struktur umur penduduk muda ketika tingkat kelahiran dan kematian tinggi, antara muda dan tua ketika tingkat kelahiran dan kematian turun, dan tua ketika tingkat kelahiran dan kematian rendah.

Secara grafis, struktur umur penduduk dapat digambarkan dalam bentuk piramida penduduk. Piramida penduduk adalah suatu diagram batang dengan sumbu vertikal (tegak) untuk umur dan sumbu horizontal (datar) untuk banyak penduduk (Samosir 2015). Kelompok umur dapat dibuat satu tahunan atau lima tahunan dan dimulai dari bawah sumbu vertikal untuk kelompok umur paling muda, seperti 0 tahun atau 0-4 tahun. Kelompok umur yang lebih tua berikutnya diletakkan di atas kelompok umur paling muda, misal 1 tahun, 2 tahun, dan seterusnya untuk piramida penduduk satu tahunan, atau 5-9 tahun, 10-14 tahun, dan seterusnya untuk piramida penduduk lima tahunan. Puncak piramida untuk umur paling tua dan biasanya dibuat dengan sistem umur terbuka (*open-ended interval*). Misalnya, untuk umur 75, 76, 77, 78 dan seterusnya ditulis 75+. Panjang batang piramida merupakan jumlah penduduk untuk kelompok umur yang bersesuaian, dimana batang piramida di sebelah kiri sumbu vertikal untuk jumlah penduduk laki-laki dan batang piramida di sebelah kanan sumbu vertikal untuk jumlah penduduk perempuan.

Secara umum ada tiga bentuk piramida penduduk: ekspansif, konstriktif, dan stasioner. Piramida penduduk ekspansif mencirikan penduduk dengan struktur umur muda yang disebabkan oleh tingkat kelahiran dan kematian yang tinggi, dimana dasar piramida lebar. Sebagai contoh, piramida penduduk Kabupaten Nias Selatan pada tahun 2015 berbentuk ekspansif (Gambar 1.a). Piramida penduduk konstriktif mencirikan penduduk dengan struktur umur antara muda dan tua dimana tingkat kelahiran dan kematian sudah turun. Sebagai contoh, piramida penduduk Kota Pontianak pada tahun 2015 berbentuk konstriktif (Gambar 1.b). Piramida penduduk stasioner mencirikan penduduk dengan struktur umur tua yang disebabkan oleh tingkat kelahiran dan kematian yang sudah rendah. Sebagai contoh, piramida penduduk Kabupaten Gunung Kidul pada tahun 2015 berbentuk ekspansif (Gambar 1.c).

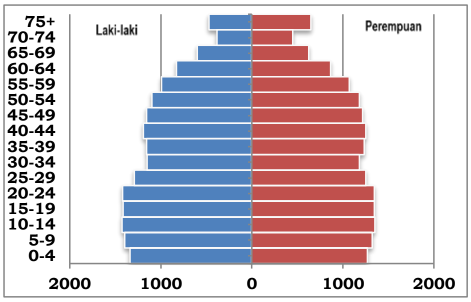
Gambar 1.1

Piramida Penduduk Ekspansif, Konstriktif, dan Stasioner



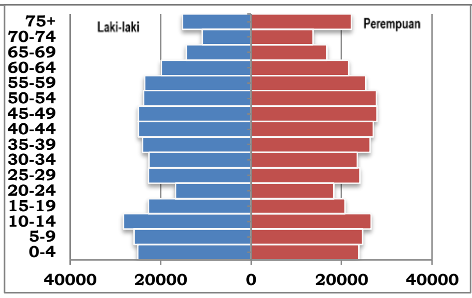
Kabupaten Nias Selatan 2015: Ekspansif

(a)



Kota Pontianak 2015: Konstriktif

(b)



Kabupaten Gunung Kidul 2015: Stasioner

(c)

1.6. Sistematika Pembahasan

Buku ini terdiri dari lima bab. Pada Bab 2 dibahas metode-metode penyesuaian data umum, yang meliputi (i) metode interpolasi data untuk perkiraan data yang tidak tersedia untuk karakteristik tertentu, seperti pada waktu tertentu, untuk tingkat kematian tertentu, atau umur tertentu, (ii) metode penghalusan data (*data smoothing*) untuk data yang tidak sesuai dengan pola yang diharapkan, seperti pola umur penduduk dan pola kematian menurut umur yang berfluktuasi dan menonjol pada umur-umur tertentu, dan (iii) metode pemecahan umur dari kelompok umur lima tahunan menjadi kelompok umur satu tahunan. Pada Bab 3 dibahas tentang tabel kematian, yang mencakup notasi dan fungsi-fungsi tabel kematian, tabel kematian model Perserikatan Bangsa-Bangsa, tabel kematian model regional Coale dan Demeny dan penggunaan tabel kematian untuk Indonesia. Perkiraan tingkat kematian kematian bayi dan anak dijelaskan dalam Bab 4, yang mencakup metode Brass, metode

Sullivan, metode Feeney, sistem logit untuk evaluasi perkiraan angka kematian bayi, serta perkiraan angka kematian bayi berdasarkan angka kematian anak dan metode Trussell. Buku ini ditutup dengan pembahasan tentang penduduk stabil dalam Bab 5, yang meliputi estimasi paramater penduduk stabil, prosedur perhitungan parameter penduduk stabil, dan contoh perhitungan parameter penduduk stabil untuk Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

Bryan, Thomas. 2004. Chapter 2: Basic Sources of Statistics. Dalam “The Methods and Materials of Demography.” Editor: Jacob S. Siegel dan David A. Swanson. Elsevier Academic Press. California, Amerika Serikat.

Samosir, O.B. 2015. Literasi Dinamika Kependudukan dan Hasil Proyeksi Penduduk Indonesia 2010-2035 serta Pemanfaatan untuk Perencanaan Pembangunan Daerah. Badan Perencanaan Pembangunan Nasional dan United Nations Population Fund.Jakarta: Indonesia

Smith, David P. 1992. Formal Demography. Plenum Press, New York.

Swanson, David A. dan Jacob S. Siegel. 2004. Chapter 1: Introduction. Dalam “The Methods and Materials of Demography.” Editor: Jacob S. Siegel dan David A. Swanson. Elsevier Academic Press. California, Amerika Serikat.

United Nations. 1985. “Handbook of Vital Statistics Systems and Methods.” Series F. No. 35. New York: United Nations.

United Nations. 1998. “Principles and Recommendations for National Population Censuses.” Series M, No. 67.

BAB 2

PENYESUAIAN DATA

2.1. Pendahuluan

Dalam banyak situasi, peneliti diperhadapkan dengan distribusi data yang menunjukkan ketidakteraturan (*irregularity*) yang substansial yang disebabkan karena ukuran sampel yang terlalu kecil atau jawaban (respon) yang terpusat pada nilai-nilai yang diinginkan. Atau, suatu himpunan data yang disajikan diberi kode menggunakan pengelompokan yang berbeda dari yang diinginkan peneliti. Dalam kasus-kasus tersebut data mungkin perlu dihaluskan (*smoothed* atau *graduated*) atau dikelompokkan ulang sebelum digunakan. Pengelompokan ulang juga diperlukan ketika himpunan data dengan kategori-kategori interval yang berbeda perlu digabung, dan ketika kategori-kategori perlu diperluas, seperti dari interval 5-tahunan menjadi interval 1-tahunan.

Sejumlah metode tersedia untuk mengatasi situasi-situasi ini. Semuanya mempunyai keterbatasan, yang dapat dikelompokkan dalam dua jenis. Pertama, metode-metode ini tidak mengoreksi penyimpangan (bias) yang terarah (*directional*) dalam sumber data. Jika orang-orang membulatkan usia mereka pada angka-angka yang lebih disukai, seperti usia yang berakhiran dengan 0, 2 atau 5, penghalusan data dapat menghilangkan banyak penyimpangan yang dihasilkan. Jika orang-orang melebihkan umur mereka, atau membulatkan dan melebihkan umur mereka, penghalusan data tidak akan membuat data menjadi benar.

Keterbatasan yang kedua dari metode-metode untuk penyesuaian data adalah semua metode bekerja melalui parameterisasi, atau melalui pencocokan kurva (*curve fitting*) menggunakan rumus-rumus matematika. Untuk suatu himpunan data yang sama, suatu kurva linier akan memberikan hasil yang berbeda dengan suatu kurva berderajat tiga atau lebih. Setiap metode mengambil contoh (sampel) suatu rentang yang berbeda dari sumber data dan menggunakan himpunan bobotnya masing-masing untuk data penyesuaian. Pencocokan pangkat tiga, misalnya, menggunakan informasi dari empat interval dan polinomial pangkat lima mengambil contoh dari enam interval. Jika informasi yang disediakan oleh interval yang jauh tidak relevan untuk penyesuaian interval yang diperhatikan, maka tidak ada yang diperoleh dari dimasukkannya interval yang jauh dalam persamaan pencocokan. Jadi, dalam suatu pencocokan yang menghaluskan mortalitas dalam interval umur 0-4 menjadi mortalitas umur satu tahunan, sedikit nilai yang direalisasikan oleh rumus yang mengambil contoh dari umur 10-14 atau 15-19. Bahkan interval 5-9 mungkin terbatas kegunaannya karena pengalaman mortalitas dalam tahun pertama kehidupan berbeda dengan pengalaman mortalitas pada umur yang lebih tua. Sebaliknya, setelah umur 25 atau 30, pola mortalitas menjadi cukup stabil sehingga pengambilan contoh beberapa interval umur lima tahunan dapat memperbaiki kualitas estimasi yang diinterpolasi atau dihaluskan. Hal yang sama juga berlaku untuk pencocokan distribusi fertilitas, yang lengkungan interval umur lima tahunannya terlalu tajam untuk interpolasi yang memuaskan dengan menggunakan rumus dua titik (linier).

2.2. Interpolasi Data

Interpolasi adalah perkiraan (estimasi) dari suatu nilai di tengah-tengah (*intermediate*) untuk suatu rangkaian titik $n_1, n_2, n_3, ...,$ dengan ordinat $g(n_1), g(n_2), g(n_3), ...$. Untuk estimator linier, ordinat $g(n_1 + \alpha)$ sama dengan

$$g(n_1 + \alpha)_{linier} = [(n_2 - n_1 - \alpha)/(n_2 - n_1)]g(n_1) + [\alpha/(n_2 - n_1)]g(n_2) \quad (2.1)$$

Jika $(n_1+\alpha)$ adalah titik tengah interval, persamaan (2.1) dapat disederhanakan menjadi

$$g(n_1+\alpha)=g[\tfrac{1}{2}(n_1+n_2)]=\tfrac{1}{2}[g(n_1)+g(n_2)] \text{ untuk } \alpha=\tfrac{1}{2}(n_2-n_1) \quad (2.2)$$

Rumus umum berlaku untuk semua nilai α, termasuk untuk $n_1+\alpha$, diluar rentang (n_1,n_2).

Contoh

Pada Tabel 2.1 disajikan angka fertilitas total (*total fertility rate*/TFR) Provinsi Jawa Barat pada tahun 2010 dan 2015. TFR pada tahun 2011, 2012, 2013, dan 2014 dapat diperoleh dengan melakukan interpolasi TFR tahun 2010 dan 2015. Pertama-tama, diberikan nilai *n* pada setiap tahun tersebut. Misalnya, angka 0 untuk tahun 2010 dan angka 5 untuk tahun 2015 sehingga angka 1 dapat diberikan pada tahun 2011 dan seterusnya hingga angka 4 untuk tahun 2014.

Tabel 2.1

TFR Provinsi Jawa Barat 2010 dan 2015

Tahun	2010	2015
TFR	2,47	2,34

Sumber: Bappenas, dkk (2013).

Misalkan diasumsikan bahwa TFR pada periode 2010-2015 bersifat linier. TFR tahun 2011 hingga tahun 2014 dapat dihitung dengan menggunakan rumus (2.1) untuk interpolasi linier di atas seperti sebagai berikut.

TFR_{2010+1} = [(2015-2010-1)/(2015-2010)] × TFR_{2010}) + (1/(2015-2010) × TFR_{2015}

TFR_{2011}= [4/5) × 2,47 + (1/5) × 2,34 = 2,444

Dengan metode yang sama diperoleh TFR untuk tahun 2012-2014 seperti sebagai berikut.

TFR_{2010+2} = [(2015-2010-2)/(2015-2010) × TFR_{2010}) + (2/(2015-2010) × TFR_{2015}

TFR_{2012} =[(3/5) × 2,47] + [(2/5) × 2,34] = 2,418

TFR_{2013} =[(2/5) × 2,47] + [(3/5) × 2,34] = 2,392

TFR_{2014} =[(1/5) × 2,47] + [(4/5) × 2,34] = 2,366

TFR pada tahun 2011, 2012, 2013, dan 2014 yang diperoleh dengan interpolasi linier disajikan dalam Tabel 2.2 dan Gambar 2.1 berikut.

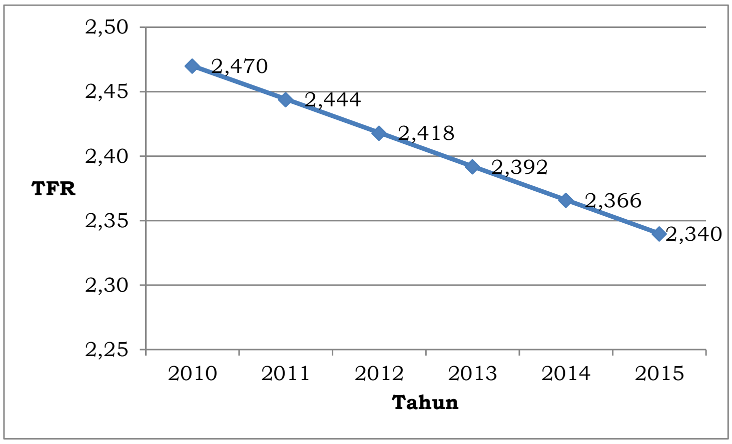
Tabel 2.2

TFR dengan Interpolasi Linier: Provinsi Jawa Barat 2011-2014

Tahun	2011	2012	2013	2014
TFR	2,444	2,418	2,392	2,366

Gambar 2.1

TFR dengan Interpolasi Linier: Jawa Barat 2010-2015



Untuk pencocokan dua titik, alternatif lain dari (2.1) adalah interpolasi eksponensial sebagai berikut.

$$g(n_1+\alpha)_{\exp} = g(n_1)^{(n_2-n_1-\alpha)/(n_2-n_1)}\, g(n_2)^{\alpha/(n_2-n_1)} \qquad (2.2)$$

Dengan rumus (2.2) TFR Provinsi Jawa Barat untuk tahun 2011 hingga 2014 dengan interpolasi eksponensial dapat dihitung seperti sebagai berikut.

$$TFR_{2011} = g(2010+1)_{\exp} = 2{,}47^{(2015-2010-1)/(2015-2010)} \times 2{,}34^{1/(2015-2010)} = 2{,}443$$

$$TFR_{2012} = g(2010+2)_{\exp} = 2{,}47^{(2015-2010-2)/(2015-2010)} \times 2{,}34^{2/(2015-2010)} = 2{,}417$$

$$TFR_{2013} = g(2010+3)_{\exp} = 2{,}47^{(2015-2010-3)/(2015-2010)} \times 2{,}34^{3/(2015-2010)} = 2{,}391$$

$$TFR_{2014} = g(2010+4)_{\exp} = 2{,}47^{(2015-2010-4)/(2015-2010)} \times 2{,}34^{4/(2015-2010)} = 2{,}365$$

Hasilnya disajikan dalam Tabel 2.3 dan Gambar 2.2.

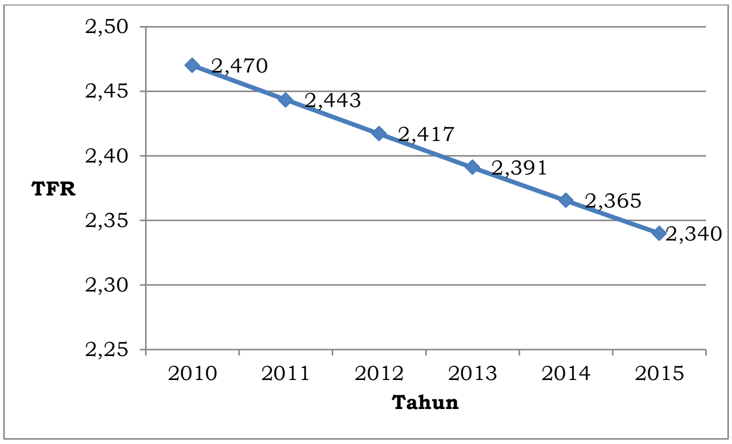
Tabel 2.3

TFR dengan Interpolasi Eksponensial: Provinsi Jawa Barat 2011-2014

Tahun	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**
TFR	2,443	2,417	2,391	2,365

Gambar 2.2

TFR dengan Interpolasi Eksponensial: Provinsi Jawa Barat 2010-2015



Jika $(n_1 + \alpha)$ adalah titik tengah interval, persamaan (2.2) disederhanakan menjadi

$g(n_1 + \alpha) = g[\frac{1}{2}(n_2 - n_1)] = [g(n_1)g(n_2)]^{\frac{1}{2}}$ untuk $\alpha = \frac{1}{2}(n_2 - n_1)$

(2.3)

Untuk menemukan titik antara untuk suatu rangkaian nilai $g(n_1), g(n_2), g(n_3), \ldots,$ pencocokan dengan distribusi *piecewise* (per periode) dilakukan, pertama-tama menggunakan $n_1, g(n_1)$ dan $n_2, g(n_2)$ untuk menemukan $g(n_1 + \alpha)$, kemudian menggunakan $n_2, g(n_2)$ dan $n_3, g(n_3)$ untuk memperoleh $g(n_2 + \alpha)$, dan seterusnya.

Secara formal persamaan (2.1) diperoleh dengan menyelesaikan persamaan-persamaan linier berikut.

$$g(n_1) = a_1 + a_2 n_1$$

$$g(n_2) = a_1 + a_2 n_2$$

Dengan menyusun kembali persamaan-persamaan di atas, diperoleh

$$a_1 = [n_2 g(n_1) - n_1 g(n_2)] / (n_2 - n_1)$$

$$a_2 = [g(n_2) - g(n_1)] / (n_2 - n_1)$$

Substitusi nilai-nilai ini ke dalam $g(n_1 + \alpha) = a_1 + a_2(n_1 + \alpha)$ akan menghasilkan persamaan (2.1). Kebenaran rumus (2.2) juga dapat dikonfirmasi dengan menyelesaikan persamaan $g(n) = a_1 a_2^n$ pada titik n_1, n_2 dan ordinat $g(n_1)$ dan $g(n_2)$ yang diketahui.

Di samping untuk interpolasi dari nilai-nilai antara dua titik, persamaan (2.1) dan (2.2) secara luas digunakan dalam proyeksi peduduk. Untuk kasus yang paling sederhana, dimana titik-titik dengan jarak waktu yang sama (*equidistant time points*), n_1 dan $n_2 = n_1 + t$ digunakan untuk memproyeksikan penduduk pada $n_1 + \alpha = n_1 + 2t$, persamaan-persamaan direduksi menjadi

$$g(n_1+\alpha)_{linier} = [(n_2-n_1-\alpha)/(n_2-n_1)]g(n_1)+[\alpha/(n_2-n_1)]g(n_2)$$

$$= 2g(n_2)-g(n_1)$$

$$g(n_1+\alpha)_{eksp} = g(n_1)^{(n_2-n_1-\alpha)/(n_2-n_1)}\, g(n_2)^{\alpha/(n_2-n_1)}$$

$$= g(n_2)^2/g(n_1)$$

Pencocokan polinomial yang lebih lebih tinggi tentu saja lebih kompleks dan lebih mudah dilakukan dengan pendekatan aljabar matriks.

Untuk interpolasi titik-titik tengah untuk pengamatan-pengamatan yang jaraknya sama, notasi umum $g(n_0), g(n_1), g(n_2), g(n_3),...$ diganti dengan notasi yang lebih sederhana $g_0, g_n, g_{2n}, g_{3n},...$. Untuk polinomial derajat 1 (linier), derajat 3 (kubik), derajat 5 dan eksponensial, pencocokan melalui titik-titik di kedua sisi titik tengah, $g_{(1/2)n}$, mempunyai bentuk sebagai berikut.

$$g_{(1/2)n,linier} = (1/2)(g_0+g_n)$$

(2.3a)

$$g_{(1/2)n,kubik} = (9/16)(g_0+g_n)-(1/16)(g_{-n}+g_{2n})$$

(2.3b)

$$g_{(1/2)n,derajat5} = (150/256)(g_0+g_n)-(25/256)(g_{-n}+g_{2n})+(3/256)(g_{-2n}+g_{3n})$$

(2.3c)

$$g_{(1/2)n,eks} = (g_0 + g_n)^{1/2}$$

(2.3d)

Sebagai contoh, dilakukan pencocokan (*fitting*) data angka kelahiran menurut umur Indonesia menurut hasil Sensus Penduduk 2010. Asumsi dibalik pencocokan adalah bahwa kelahiran pada kelompok umur 10-14 tahun termasuk dengan kelahiran pada kelompok umur 15-19 tahun dan kelahiran pada kelompok umur 50-54 tahun termasuk dengan kelahiran umur 45-49 tahun. Untuk pencocokan kurva kubik dan pangkat lima, usia residual di bawah 15 tahun dan di atas 49 tahun masing-masing dapat termasuk dalam kelompok 12,5 – 17,5 dan 47,5 – 52,5. Angka penyesuaian berkorespondensi pada estimator titik akhir. Rumus perhitungan yang digunakan untuk pencocokan adalah sebagai berikut.

$$g_{(\frac{1}{2})n,kubik,batas\ \ bawah} = (\tfrac{1}{2})g_n - (\tfrac{1}{16})g_{2n}$$

$$g_{(\frac{1}{2})n,kubik,batas\ \ \mathrm{atas}} = (\tfrac{1}{2})g_0 - (\tfrac{1}{16})g_{-n}$$

$$g_{(\frac{1}{2})n,derajat\ \ \mathrm{lima},batas\ \ bawah} = (\tfrac{128}{256})g_n - (\tfrac{22}{256})g_{2n} + (\tfrac{3}{256})g_{3n}$$

$$g_{(\frac{1}{2})n,derajat\ \ \mathrm{lima},batas\ \ bawah} = (\tfrac{128}{256})g_0 - (\tfrac{22}{256})g_{-n} + (\tfrac{3}{256})g_{-2n}$$

Hasilnya disajikan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4

Angka Kelahiran Menurut Umur dan Estimasi yang Diinterpolasi: Indonesia 2010

Kelompok umur (tahun)	Penduduk perempuan $_5N_x$	Kelahiran $_5B_x$	ASFR $_5f_x$	Estimasi interpolasi					Kelompok umur
				Estimasi linier	Kubik		Derajat lima		
					Estimasi	Penyesuaian	Estimasi	Penyesuaian	
0 – 4									
							0,4805		2,5 – 7,4
5 – 9									
					-2,5625		-2,6328		7,5 – 12,4
10 – 14									
				20,5000	15,7500	13,1875	14,1211	11,9688	12,5 – 17,4
15 – 19	10.266.428	420.924	41						
				79,0000	80,7500	80,7500	81,1133	81,1133	17,5 – 22,4
20 – 24	10.003.920	1.170.459	117						
				123,5000	129,8125	129,8125	131,1836	131,1836	22,5 – 27,4
25 – 29	10.679.132	1.388.287	130						
				121,0625	121,0625	121,0625	121,0508	121,0508	27,5 – 32,4
30 – 34	9.881.328	1.037.539	105						
				83,0000	83,8750	83,8750	83,8633	83,8633	32,5 – 37,4
35 – 39	9.167.614	559.224	61						
				41,5000	39,7500	39,7500	39,3164	39,3164	37,5 – 42,4
40 – 44	8.202.140	180.447	22						
				14,0000	11,9375	13,9375	11,6797	11,6797	4,5 – 47,4
45 – 49	7.008.242	42.049	6						
					2,0000		2,0820	1,8242	47,5 – 52,4
50 – 54									
							-0,3281		52,5 – 57,4
							0,0703		57,5 – 62,4

Seperti dapat dilihat pada Tabel 2.4, pencocokan menghasilkan estimasi angka kelahiran menurut umur (*age-specific fertility rate*/ASFR) hasil interpolasi untuk kelompok umur 12,5-17,4 tahun sebesar 20,5 kelahiran per 1.000 perempuan usia 12,5-17,4 tahun untuk pencocokan dengan persamaan linier, sebesar 15,75 untuk pencocokan dengan fungsi pangkat tiga (kubik), dan 14,12 dengan pencocokan fungsi pangkat lima. Selanjutnya, estimasi ASFR untuk kelompok umur 7,5-12,4 tahun dengan pencocokan fungsi kubik adalah -2,5625. Angka ini kemudian ditambahkan dengan estimasi ASFR untuk kelompok umur 12,5-17,4 tahun untuk menghasilkan estimasi ASFR yang disesuaikan (*adjusted*) untuk kelompok umur 12,5-17,4 tahun. Jadi, estimasi ASFR untuk kelompok umur 12,5-17,4 tahun yang disesuaikan adalah 15,7500 + -2,5625 = 13,1875. Dengan cara yang sama penyesuaian juga dilakukan untuk menghasilkan estimasi ASFR untuk kelompok umur 42,5-47,4 tahun untuk pencocokan dengan fungsi pangkat tiga dan untuk kelompok umur 12,5-17,4 tahun dan 47,5-52,4 tahun untuk pencocokan dengan fungsi pangkat lima.

2.3. Penghalusan Data

Pada bagian ini dibahas pengukuran dalam tahun dan preferensi angka (*digit preference*). Secara singkat data umur satu tahunan untuk penduduk dapat terkonsentrasi pada angka/tahun yang berakhir dengan angka 0 dan 5. Kasus seperti ini sering disebut dengan penumpukan umur (*age heaping*), yakni ketika dilakukan pengelompokan data, data cenderung mengelompok pada titik tengah dari setiap interval. Hal ini terjadi ketika tanggal kelahiran kurang diingat dengan baik. Penyesuaian tentu saja dilakukan dengan membuat grafik data, dengan tujuan supaya persebaran data teratur (regular). Banyak metode ditemukan untuk menghaluskan data seperti ini. Dengan adanya komputer sebagai alat penghitung, walau rumusnya sangat rumit, penghalusan dapat dilakukan dengan mudah. Pada bagian ini dibahas beberapa metode yang dapat digunakan untuk membuat distribusi umur menjadi teratur dengan menggunakan data penduduk Indonesia menurut kelompok umur satu tahunan menurut hasil Sensus Penduduk 2010 (Tabel 2.5 dan Gambar 2.3).

Jika Tabel 2.5 diperhatikan, terdapat lonjakan atau penumpukan angka pada umur tertentu. Misalnya, jumlah penduduk umur 25 tahun sebesar 4.397.405 jiwa, lebih banyak sekitar 300 ribu jiwa dibandingkan dengan jumlah penduduk umur 24 tahun (4.043.931 jiwa) dan jumlah penduduk 26 tahun (4.035.501 jiwa). Hal ini di terjadi karena responden mempunyai preferensi pada umur tertentu, yang disebabkan karena keterbatasan responden ketika menyatakan umurnya. Penumpukan umur semakin nyata pada kelompok umur tua. Terlihat jelas pada Gambar 2.3, terjadi penonjolan data pada umur tertentu. Umumnya penumpukan ini terjadi pada kelompok umur yang berakhiran angka 5 atau 10.

Tabel 2.5

Penduduk menurut Umur Satu Tahunan: Indonesia 2010

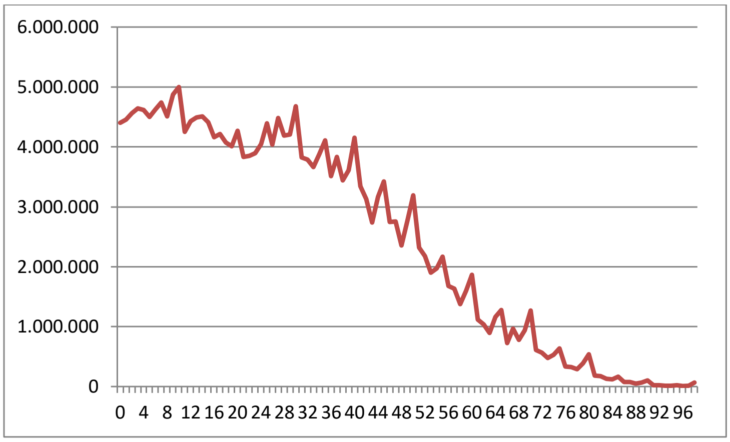
Umur	Jumlah penduduk	Umur	Jumlah penduduk	Umur	Jumlah penduduk
0	4.398.405	34	3.877.862	67	965.757
1	4.455.081	35	4.105.321	68	781.309

2	4.562.018	36	3.509.186	69	935.678
3	4.644.073	37	3.834.693	70	1.272.050
4	4.619.125	38	3.444.440	71	608.960
5	4.497.513	39	3.611.491	72	567.048
6	4.628.544	40	4.154.472	73	474.914
7	4.741.637	41	3.344.751	74	533.359
8	4.508.518	42	3.125.682	75	636.326
9	4.877.268	43	2.735.472	76	335.856
10	4.999.017	44	3.164.475	77	324.460
11	4.246.429	45	3.423.297	78	292.931
12	4.432.031	46	2.746.018	79	388.332
13	4.488.327	47	2.752.877	80	540.945
14	4.505.277	48	2.357.735	81	181.119
15	4.415.046	49	2.761.055	82	171.356
16	4.164.556	50	3.193.260	83	127.017
17	4.218.933	51	2.315.612	84	122.733
18	4.071.755	52	2.178.786	85	162.119
19	4.010.444	53	1.899.360	86	79.255
20	4.269.345	54	1.974.303	87	75.422
21	3.829.162	55	2.168.774	88	51.582
22	3.854.066	56	1.679.201	89	69.583
23	3.895.129	57	1.630.600	90	102.327
24	4.043.931	58	1.372.061	91	22.852
25	4.397.405	59	1.597.934	92	20.620
26	4.035.501	60	1.861.518	93	13.326
27	4.481.719	61	1.112.768	94	11.774
28	4.188.806	62	1.032.948	95	20.033
29	4.207.012	63	892.277	96	8.820
30	4.675.991	64	1.159.250	97	10.796
31	3.821.192	65	1.281.903	98	65.005
32	3.788.441	66	729.384		
33	3.667.199				

Sumber: Badan Pusat Statistik (2010).

Gambar 2.3

Penduduk menurut Kelompok Umur Satu Tahunan: Indonesia 2010



Sumber: Badan Pusat Statistik (2010).

Agar dapat digunakan untuk keperluan proyeksi penduduk, analisis dan penyusunan kebijakan, data penduduk menurut kelompok umur perlu dihaluskan agar jumlah penduduk tidak menumpuk pada umur-umur yang berakhiran angka dengan preferensi responden. Penghalusan bertujuan agar penumpukan umur didistribusikan pada umur-umur di sekitarnya.

2.3.1. Metode Rata-rata Bergerak (*Moving Average*) Sederhana

Metode penghalusan yang digunakan secara luas adalah metode rata-rata bergerak (*moving average*). Ide dibalik metode ini adalah bahwa setiap titik data, agar halus, perlu 'disebarkan' dari 'timbunan' data disekitarnya. Untuk suatu titik waktu, penghalusan dilakukan dengan pembobotan dari data sebelum dan sesudahnya.

Dengan metode ini diasumsikan bahwa data pada waktu *t* merupakan rata-rata *N* buah data terbaru yang dihitung pada saat *t*.

Persamaannya dituliskan sebagai berikut.

$$M(t) = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{t=T-N-1}^{t} x_t$$

dari sini nilai *t* bergerak dari *n*, *n* + 1, *n* + 2, dan seterusnya.

Pada setiap periode, penaksir $M(t)$ selalu diperbaharui dengan mengeluarkan data yang lama. Dengan alasan ini, statistik M_T dinamakan rata-rata bergerak sederhana dengan periode *N*, pada saat *T* (*N-period simple moving average*) disingkat RBS-*N*. Taksiran pada saat *T* diberikan oleh taksiran nilai *x* pada periode $(T+\tau)$ yang dibuat pada akhir periode *T*:

$\hat{x}_{T+\tau}[T] = M_T \quad ; \quad T = N, N+1, N+2, \ldots$

Pencarian $M(t)$ secara Iteratif

Setelah menetapkan untuk menggunakan metode RBS-*N*, nilai M_T untuk tiap nilai *T* dari $N, N+1, N+2,...$ dan seterusnya harus dihitung. Tuliskan

$$M_T = \frac{1}{N}\left(x_{T-N+1} + x_{T-N+2} + ... + x_{T-1} + x_T\right)$$

$$= \frac{1}{N}\left\{\left(x_{T-N} + x_{T-N+1} + x_{T-N+2} + ... + x_{T-1}\right) + \left(x_T + x_{T-N}\right)\right\}$$

$= M_{T-1} + \frac{1}{N}\left(x_T + x_{T-N}\right)$ utuk setiap $T = N + 1,\ N + 2,\ \ldots$

Jadi, pencarian nilai M_T dapat didlakukan secara iteratif sebagai berikut.

$$M_N = \frac{1}{N}\left(x_1 + x_2 + ... + x_N\right)$$
$$M_{N+1} = M_N + \frac{1}{N}\left(x_{N+1} - x_1\right)$$
$$M_{N+2} = M_{N+1} + \frac{1}{N}\left(x_{N+1} - x_2\right)$$
.
.
.
$$M_T = M_{T-1} + \frac{1}{N}\left(x_T - x_{T-N}\right)$$

Contoh

Dari data jumlah penduduk menurut kelompok umur satu tahunan Indonesia tahun 2010, digunakan perhitungan/penghalusan dengan metode rata-rata bergerak sederhana (RBS)-3. Teknik perhitungan dengan metode RBS-3 adalah sebagai berikut[2].

$$Penduduk_3 = \left(\frac{1}{3}\right)(4.398.405 + 4.455.081 + 4.562.018) = 4.471.835$$
$$Penduduk_4 = \left(\frac{1}{3}\right)(4.455.081 + 4.562.018 + 4.644.075) = 4.553.724$$

atau

$Penduduk_4 = M_3 + (1/3)(M_4 - M_1) = 4.471.835 + (1/3)(4.644.073 - 4.398.405)$

$= 4.553.724$

Jumlah penduduk menurut kelompok umur satu tahunan hasil penghalusan dengan metode RBS-3 disajikan pada Tabel 2.6. Dengan menggunakan metode RBS-3 untuk penghalusan, masih terlihat tonjolan pada distribusi umur penduduk pada umur tertentu, namun penumpukan data sudah terlihat lebih tersebar (Gambar 2.4).

[2] $Penduduk_3$ adalah penduduk pada periode ke-3. Dalam hal ini tahun kedua.

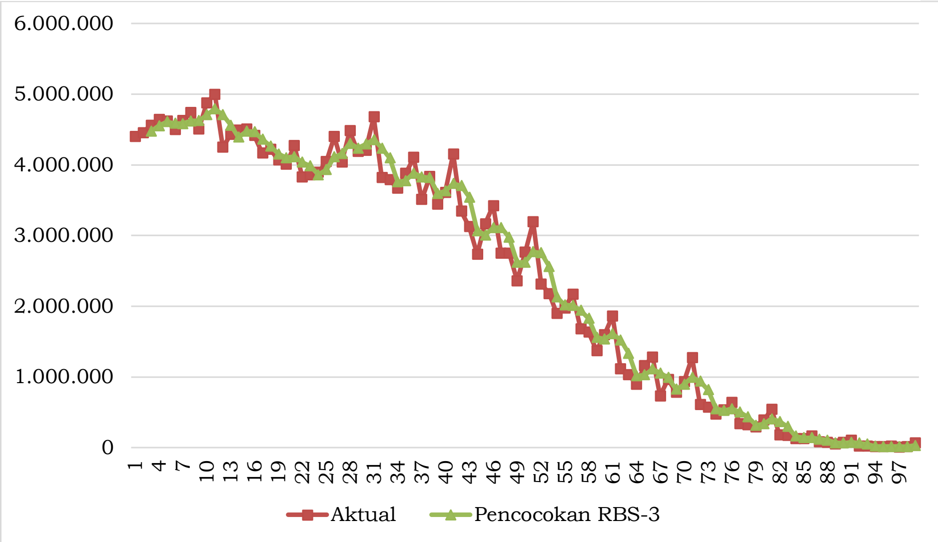
Tabel 2.6

Penduduk menurut Kelompok Umur Satu Tahunan yang Dihaluskan dengan Metode RBS-3: Indonesia 2010

Umur	Jumlah penduduk	Umur	Jumlah penduduk	Umur	Jumlah penduduk
0		34	3.777.834	67	992.348
1		35	3.883.461	68	825.483
2	4.471.835	36	3.830.790	69	894.248
3	4.553.724	37	3.816.400	70	996.346
4	4.608.405	38	3.596.106	71	938.896
5	4.586.904	39	3.630.208	72	816.019
6	4.581.727	40	3.736.801	73	550.307
7	4.622.565	41	3.703.571	74	525.107
8	4.626.233	42	3.541.635	75	548.200
9	4.709.141	43	3.068.635	76	501.847
10	4.794.934	44	3.008.543	77	432.214
11	4.707.571	45	3.107.748	78	317.749
12	4.559.159	46	3.111.263	79	335.241
13	4.388.929	47	2.974.064	80	407.403
14	4.475.212	48	2.618.877	81	370.132
15	4.469.550	49	2.623.889	82	297.807
16	4.361.626	50	2.770.683	83	159.831
17	4.266.178	51	2.756.642	84	140.369
18	4.151.748	52	2.562.553	85	137.290
19	4.100.377	53	2.131.253	86	121.369
20	4.117.181	54	2.017.483	87	105.599
21	4.036.317	55	2.014.146	88	68.753
22	3.984.191	56	1.940.759	89	65.529
23	3.859.452	57	1.826.192	90	74.497
24	3.931.042	58	1.560.621	91	64.921
25	4.112.155	59	1.533.532	92	48.600
26	4.158.946	60	1.610.504	93	18.933
27	4.304.875	61	1.524.073	94	15.240
28	4.235.342	62	1.335.745	95	15.044
29	4.292.512	63	1.012.664	96	13.542
30	4.357.270	64	1.028.158	97	13.216
31	4.234.732	65	1.111.143	98	28.207
32	4.095.208	66	1.056.846		
33	3.758.944				

Gambar 2.4

Penduduk menurut Umur Satu Tahunan yang Dihaluskan dengan Metode Rata-rata Bergerak Sederhana-3: Indonesia 2010



2.3.2. Metode Rata-rata Bergerak Terbobot Grabill dengan Koefisien Sprague (*Grabill's Weighted Moving Average of Sprague Coefficients*)

Penghalusan data yang lebih praktis dapat dilakukan dengan menggunakan metode rata-rata bergerak terbobot Grabill dari koefisien Sprague (*Grabill's weighted moving average of Sprague coefficients*) (Shryock dan Siegel 1971). Dengan menggunakan integral, Grabill menghasilkan koefisien yang tinggal pakai. Pada setiap titik pengamatan dapat dihitung besarannya dengan menggunakan persamaan berikut.

$$g_{0,Grabil} = 0{,}4390\,g_0 + 0{,}2641(g_{-n} + g_n) + 0{,}0164(g_{-2n} + g_{2n})$$

Jika jumlah penduduk menurut kelompok umur satu tahunan Indonesia pada tahun 2010 dihaluskan dengan metode ini, hasilnya disajikan pada Tabel 2.7 dan Gambar 2.5.

Penghalusan baik dengan metode linier maupun dengan metode Grabill menghasilkan data yang dihaluskan yang masih berfluktuasi dan belum halus secara keseluruhan. Tujuan utama adalah untuk menghaluskan data dengan baik pada seluruh kelompok umur. Pada bagian selanjutnya disajikan sebuah metode penghalusan yang dapat mengeliminasi fluktuasi lokal.

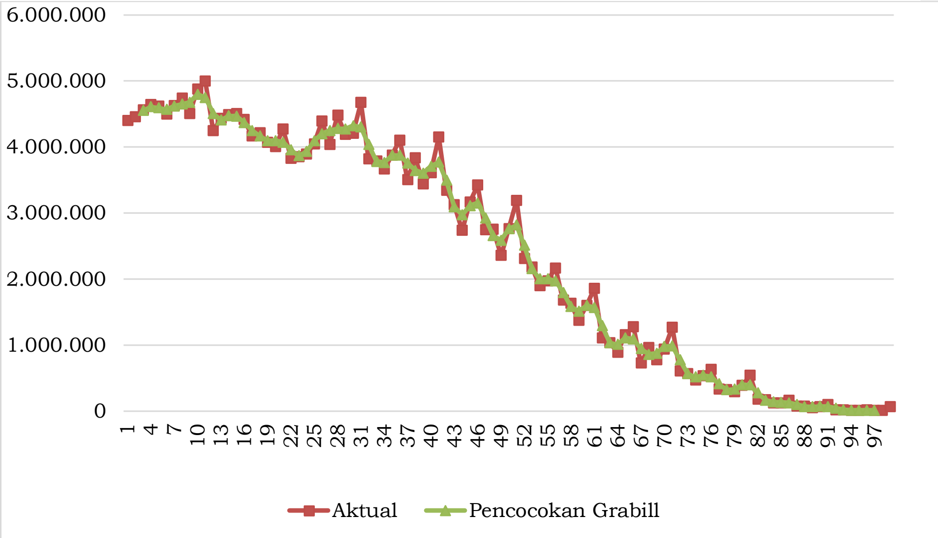
Tabel 2.7

Penduduk menurut Umur Satu Tahunan yang Dihaluskan dengan Metode Grabill: Indonesia 2010

Umur	Jumlah penduduk	Umur	Jumlah penduduk	Umur	Jumlah penduduk
0		34	3.874.785	67	859.310
1		35	3.876.186	68	877.987
2	4.553.700	36	3.757.576	69	978.880
3	4.610.310	37	3.646.439	70	988.482
4	4.592.814	38	3.604.330	71	776.173
5	4.570.643	39	3.710.060	72	564.794
6	4.621.684	40	3.768.707	73	519.527
7	4.648.423	41	3.495.125	74	542.431
8	4.677.484	42	3.097.992	75	522.017
9	4.799.465	43	2.973.099	76	414.736
.10	4.750.762	44	3.112.031	77	325.305
11	4.508.518	45	3.153.798	78	331.225
12	4.408.381	46	2.927.194	79	398.996
13	4.472.767	47	2.657.838	80	395.481
14	4.470.181	48	2.588.679	81	276.082
15	4.370.707	49	2.761.244	82	167.488
16	4.249.137	50	2.816.988	83	139.058
17	4.165.499	51	2.511.742	84	134.351
18	4.099.195	52	2.154.409	85	127.835
19	4.095.458	53	2.004.194	86	100.386
20	4.074.666	54	2.004.384	87	71.464
21	3.956.046	55	1.974.874	88	63.918
22	3.868.258	56	1.795.464	89	72.806
23	3.930.738	57	1.583.446	90	70.518
24	4.094.733	58	1.513.058	91	43.862
25	4.201.619	59	1.600.472	92	20.478
26	4.251.578	60	1.572.545	93	15.109
27	4.280.627	61	1.293.773	94	14.462
28	4.276.448	62	1.032.537	95	14.629
29	4.324.239	63	1.009.942	96	13.273
30	4.303.836	64	1.112.014	97	
31	4.042.097	65	1.092.015	98	
32	3.781.093	66	945.632		
33	3.764.566				

Gambar 2.5

Penduduk menurut Umur Satu Tahunan yang Dihaluskan dengan Metode Grabill: Indonesia 2010



2.3.4. Metode Penghalusan Diagram Pencar Terbobot secara Lokal (*Locally Weighted Scatterplot Smoothing*/LOWESS)[3]

Metode LOWESS menyediakan penghalusan pembobotan lokal (*locally weighted scatterplot smoothing*). Ide dasarnya adalah menciptakan sebuah variabel baru (*new variable* (newvar)), katakanlah $y\text{var}$, y_i , yang memuat nilai terhaluskan yang berhubungan. Nilai yang dihaluskan didapat dengan menjalankan sebuah regresi $y\text{var}$ pada x_{var} dengan hanya menggunakan data (x_i, y_i) dan sejumlah data yang dekat dengan titik ini. Dalam LOWESS, regresi dibobot sehingga titik sentral (x_i, y_i) mendapat bobot yang paling tinggi dan data yang lebih jauh (didasarkan atas jarak $|x_j - x_i|$) menerima bobot yang lebih kecil. Garis regresi terestimasi kemudian digunakan untuk memprediksi nilai $\hat{y}_i$ hanya untuk y_i . Prosedur ini diulang-ulang untuk mendapatkan nilai yang dihaluskan, yang berarti regresi terbobot terpisah dilakukan untuk setiap titik dalam data.

Hasil penghalusan dengan metode LOWESS lebih halus sesuai dengan keinginan karena proses penghalusan lokalnya cenderung mengikuti data. Jumlah penghalusan dipengaruhi oleh *bandwidth* (bwidth(#)). Jika bwidth

---

[3] William Swain Cleveland (1943--) belajar Matematika dan Statistika di Universitas Princeton dan Universitas Yale. Dia bekerja beberapa tahun di Laboratorium Bell di New Jersey. Dia memberi kontribusi dalam beberapa area Statistika, termasuk visualiasi grafik dan data, runtun waktu (*time series*), aplikasi lingkungan, dan analisis data lalu lintas internet. Dia mengembangkan metode LOWESS.

sebesar 0,8 berarti sebanyak 80% dari data digunakan dalam penghalusan tiap titik. Jika bwidth = 0,4, digunakan data sebanyak 40% dan hasil penghalusan lebih dekat dengan data asli. Metode Lowess dapat digunakan untuk lebih dari sekadar penghalusan. Metode Lowess dapat digunakan dalam kombinasi dari dua konsep penghalusan: penggunaaan nilai prediksi dari regresi sebagai *input* untuk mendapatkan nilai yang dihaluskan dan pemakaian fungsi penghalusan *tricube* (bukan sebuah fungsi penghalusan konstan). Penghalusan garis tanpa pembobotan (*no weight*) dapat digunakan.

Metode dan Rumus

Misalkan y_i dan x_i merupakan dua variabel. Diasumsikan bahwa data berurutan sehingga $x_i < x_{i+t}$ untuk $i = 1,\ldots,N-1$. Untuk setiap y_i , sebuah nilai yang dihaluskan y_i^s dihitung. Himpunan bagian dalam menghitung y_i^s diberi indeks $i\_ = \max(i, i-k)$ hingga $i_+ = \min(i+k, N)$, dimana $k = [(n \times bwidth - 0{,}5)/2]$. Bobot untuk setiap observasi antara $J = i\_,\ldots,i_+$ adalah berkisar antara 1 (tidak ada bobot) dan *tricube* (standar) seperti sebagai berikut.

$$w_j = \left\{1 - \left(\frac{|x_j - x_i|}{\Delta}\right)^3\right\}^3$$

dimana $\Delta = 1{,}0001 \max(x_{i+} - x_i, x_i - x_{i-})$. Nilai terhaluskan y_i^s kemudian dibobot rata-rata atau dibobot prediksi regresi pada x_i .

Hasil penghalusan jumlah penduduk Indonesia menurut kelompok umur satu tahunan dengan metode LOWESS disajikan pada Tabel 2.8 dan Gambar 2.6. Terlihat bahwa hasil penghalusan menggunakan metode LOWESS dengan bwidth sebesar 0.35 lebih 'cocok' dengan yang diinginkan. Artinya, fluktuasi lokal yang masih terjadi dengan metode linier maupun dengan metode Grabill telah dapat dieliminasi.

Tabel 2.8

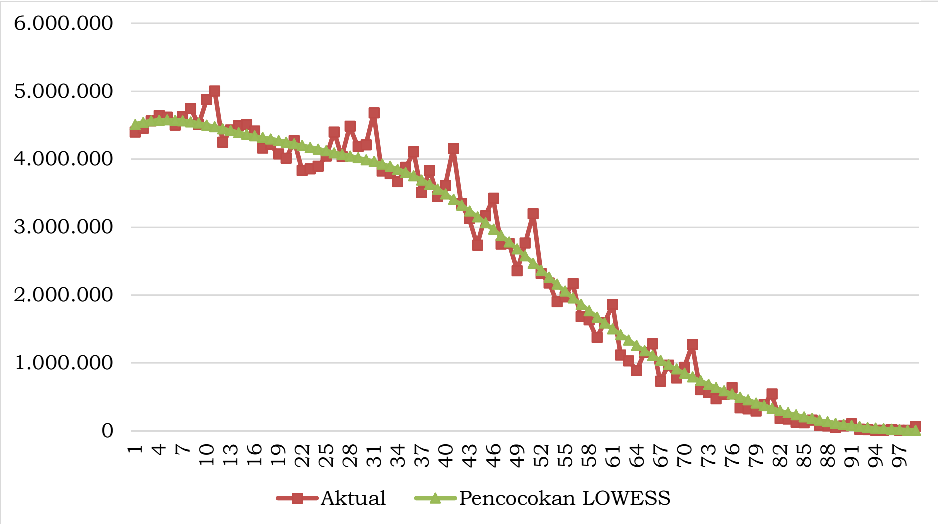
Penduduk menurut Umur Satu Tahunan yang Dihaluskan dengan Metode LOWESS dengan bwidth 0,35: Indonesia 2010

Umur	Jumlah penduduk	Umur	Jumlah penduduk	Umur	Jumlah penduduk
0	4.509.241	34	3.803.670	67	971.455
1	4.538.530	35	3.750.378	68	909.165
2	4.559.439	36	3.691.770	69	849.431
3	4.572.097	37	3.627.788	70	792.361
4	4.576.637	38	3.558.332	71	738.012
5	4.573.435	39	3.483.908	72	686.082
6	4.563.450	40	3.405.509	73	636.151
7	4.547.613	41	3.323.908	74	588.137
8	4.526.786	42	3.239.351	75	542.088
9	4.502.015	43	3.151.750	76	497.942
.10	4.474.757	44	3.061.397	77	455.286
11	4.446.422	45	2.968.758	78	413.749
12	4.418.263	46	2.873.940	79	373.604
13	4.391.147	47	2.776.552	80	335.367
14	4.365.526	48	2.676.170	81	299.450
15	4.341.593	49	2.573.439	82	265.936
16	4.318.730	50	2.469.596	83	234.859
17	4.296.012	51	2.365.570	84	206.337
18	4.272.809	52	2.261.858	85	180.325
19	4.248.843	53	2.158.828	86	156.650
20	4.224.145	54	2.057.313	87	134.852
21	4.198.675	55	1.958.265	88	114.464
22	4.172.599	56	1.862.142	89	95.541
23	4.146.133	57	1.768.590	90	78.304
24	4.119.675	58	1.676.884	91	62.938
25	4.093.956	59	1.587.037	92	49.568
26	4.069.175	60	1.499.633	93	38.423
27	4.044.536	61	1.415.127	94	29.667
28	4.018.838	62	1.333.345	95	23.027
29	3.991.495	63	1.254.061	96	17.743
30	3.962.115	64	1.177.731	97	13.215
31	3.929.813	65	1.105.094	98	9.917
32	3.893.329	66	1.036.501		
33	3.851.429				

Sumber: Diolah dengan menggunakan Software STATA13.

Gambar 2.6

Penduduk menurut Umur Satu Tahunan yang Dihaluskan dengan Metode LOWESS dengan bwidth 0,35: Indonesia 2010



2.4. Interpolasi *Osculatory*

Rumus interpolasi dapat ditunjukkan dalam bentuk kombinasi linier, yakni sejumlah koefisien atau pengali (*multiplier*) yang diaplikasikan pada data tertentu, seperti data penduduk menurut kelompok umur. Publikasi data penduduk menurut kelompok umur biasanya dalam kelompok umur lima tahunan (0-4 tahun, 5-9 tahun, 10-14 tahun, dan seterusnya) atau 10 tahunan (0-9 tahun, 10-19 tahun, 20-29 tahun, dan seterusnya). Sementara itu, sektor pembangunan tertentu memerlukan data penduduk menurut kelompok umur yang berbeda untuk perencanaan pembangunan dan pembuatan kebijakan. Misalnya, sektor pendidikan memerlukan data penduduk menurut kelompok umur untuk setiap jenjang pendidikan, penduduk umur 7-12 tahun untuk Sekolah Dasar, 13-15 tahun untuk Sekolah Menengah Pertama, 16-18 tahun untuk Sekolah Menengah Atas, dan 19-23 tahun untuk Perguruan Tinggi.

Oleh karena itu, data jumlah penduduk menurut kelompok umur lima tahunan atau 10 tahunan harus dipecahkan untuk menghasilkan data jumlah penduduk menurut kelompok umur satu tahunan. Hal ini umumnya dilakukan dengan menggunakan pengali (*multiplier*) dari Tabel Sprague (1881) dan Beers (1945)[4]. Angka dalam kedua tabel ini merupakan koefisien dari polinomial berderajat empat yang memenuhi kondisi turunan pertama dan kondisi turunan kedua (tangen dan radius kurva). Pada sebuah titik akhir interval x nilainya akan sama dengan pencocokan melalui $x-n$ dan $x+n$. Koefisien Sprague dan Beers juga mempunyai sifat bahwa interpolasi – tahun ditambahkan ke dalam total interval.

Pada Tabel 2.9 disajikan pengali interpolasi Sprague untuk pemecahan jumlah penduduk dari kelompok umur lima tahunan menjadi satu tahunan (Judson dan Popoff 2004). Interval usia lima tahun digunakan untuk semua kecuali pada akhir tahun pencocokan. Pada titik akhir distribusi

[4] Siegel dan Swanson (2004) mendaftarkan lima jenis pengali: rumus perbedaan ketiga (*third-difference formula*) Karup-King, rumus perbedaan kelima (*fifth-difference formula*) Sprague, rumus biasa enam-suku (*six-term ordinary formula*) Beers, rumus enam-suku yang dimodifikasi (*six-term modified formula*) Beers, dan rata-rata bergerak terbobot dari koefisien Sprague (*weighted moving average of Sprague coefficients*) Grabill. Prinsip pemakaian kelima jenis pengali ini pada prinsipnya tidak jauh berbeda.

dicocokkan untuk interval 4 karena datanya tidak cukup memungkinkan nilai-nilai dimasukkan dari luar rentang distribusi untuk digunakan dengan pengali panel sentral.

Koefisien interpolasi Beers disajikan dalam Tabel 2.12. Koefisien pengali Beers, seperti halnya koefisien Sprague, digunakan untuk mengestimasi interpolasi total lima tahunan. Koefisien ini menghasilkan sebuah distribusi yang lebih halus dengan meminimumkan sisa, tetapi tidak seperti koefisien Sprague, menghasilkan perbedaan yang tidak konsisten untuk interval lima dan sepuluh tahun.

Koefisien interpolasi Sprague dan Beers paling banyak digunakan untuk mengestimasi jumlah penduduk menurut kelompok umur satu tahunan atau kematian satu tahunan, dimana data tahunan tidak tersedia atau berkualitas rendah karena penumpukan (*heaping*) pada angka yang disukai.

Koefisien interpolasi Sprague (Tabel 2.9) digunakan untuk 'memecah' penduduk dengan kelompok umur lima tahunan agar mendapatkan jumlah penduduk menurut kelompok umur satu tahunan. Koefisien interpolasi Sprague terdiri atas lima kolom (G1, G2, G3, G4, dan G5) dan terdiri atas lima kelompok panel. Panel pertama untuk kelompok umur 0-4 tahun, panel dekat panel pertama untuk kelompok umur 5-9 tahun, panel tengah untuk kelompok umur 10-64 tahun, panel dekat panel terakhir untuk kelompok umur 65-69 tahun, dan panel terakhir untuk kelompok umur 70-74 tahun. Setiap panel masing-masing terdiri dari lima baris.

Filosofi dari pengali Sprague adalah membagi dengan porsi tertentu bilangan sebelum dan sesudah kelompok umur satu tahunan yang diinginkan. Sebuah jumlah penduduk menurut umur satu tahunan diperoleh dari interpolasi lima kelompok umur disekitarnya (untuk kelompok umur pertama dan terakhir, digunakan empat kelompok umur), sebagian diambil dari kelompok umur sebelumnya, sebagian dari kelompok umurnya, dan sebagian dari kelompok umur sesudahnya. Sebagai contoh, jumlah penduduk usia 0 tahun diperoleh berdasarkan jumlah penduduk kelompok umur 0-4 tahun, 5-9 tahun, 10-14 tahun, dan 15-19 tahun. Sementara itu, jumlah penduduk umur 10 tahun diperoleh berdasarkan jumlah penduduk umur 0-4 tahun, 5-9 tahun, 10-14 tahun, 15-19 tahun, dan 20-24 tahun. Dalam hal ini jumlah penduduk menurut kelompok umur lima tahunan sudah didapat dari sumber lain, misalnya hasil dari sensus penduduk yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik.

Tabel 2.9

Koefisien Interpolasi Berdasarkan Rumus Sprague untuk Pembagian Kelompok Umur Lima Tahunan Menjadi Kelompok Umur Satu Tahunan

	Koefisien interpolasi yang diaplikasikan pada sub-kelompok				
	G1	**G2**	**G3**	**G4**	**G5**
	Panel pertama				
Kelima pertama dari G1	0,3616	-0,2768	0,1488	-0,0336	
Kelima kedua dari G1	0,2640	-0,0960	0,0400	-0,0080	
Kelima ketiga dari G1	0,1840	0,0400	-0,0320	0,0080	
Kelima keempat dari G1	0,1200	0,1360	-0,0720	0,0160	
Kelima terakhir dari G1	0,0704	0,1968	-0,0848	0,0176	
	Panel dekat panel pertama				
Kelima pertama dari G2	0,0336	0,2272	-0,0752	0,0144	
Kelima kedua dari G2	0,0080	0,2320	-0,0480	0,0080	
Kelima ketiga dari G2	-0,0080	0,2160	-0,0080	0,0000	
Kelima keempat dari G2	-0,0160	0,1840	0,0400	-0,0080	
Kelima terakhir dari G2	-0,0176	0,1408	0,0912	-0,0144	
	Panel tengah				
Kelima pertama dari G3	-0,0128	0,0848	0,1504	-0,0240	0,0016
Kelima kedua dari G3	-0,0016	0,0144	0,2224	-0,0416	0,0064
Kelima ketiga dari G3	0,0064	-0,0336	0,2544	-0,0336	0,0064
Kelima keempat dari G3	0,0064	-0,0416	0,2224	0,0144	-0,0016
Kelima terakhir dari G3	0,0016	-0,0240	0,1504	0,0848	-0,0128
	Panel dekat panel terakhir				
Kelima pertama dari G4		-0,0144	0,0912	0,1408	-0,0176
Kelima kedua dari G4		-0,0080	0,0400	0,1840	-0,0160
Kelima ketiga dari G4		0,0000	-0,0080	0,2160	-0,0080
Kelima keempat dari G4		0,0080	-0,0480	0,2320	0,0080
Kelima terakhir dari G4		0,0144	-0,0750	0,2272	0,0336
	Panel terakhir				
Kelima pertama dari G5		-0,0144	0,0912	0,1408	-0,0176
Kelima kedua dari G5		-0,0080	0,0400	0,1840	-0,0160
Kelima ketiga dari G5		0,0000	-0,0080	0,2160	-0,0080
Kelima keempat dari G5		0,0080	-0,0480	0,2320	0,0080
Kelima terakhir dari G5		0,0144	-0,0750	0,2272	0,0336

Contoh perhitungan

Pada bagian ini disajikan contoh perhitungan penduduk umur satu tahunan menggunakan pengali Sprague untuk data penduduk perempuan Indonesia pada tahun 2010 dalam kelompok umur lima tahunan (Tabel 2.10).

Tabel 2.10

Penduduk Perempuan menurut Kelompok Umur Lima Tahunan:

Indonesia 2010

Kelompok umur (tahun)	Jumlah
0-4	11.405.700
5-9	10.975.800
10-14	10.832.000
15-19	10.657.600
20-24	10.404.500
25-29	10.340.100
30-34	9.998.200
35-39	9.196.000
40-44	8.242.300
45-49	7.067.600
50-54	5.646.600
55-59	4.167.600
60-64	3.127.500
65-69	2.462.400
70-74	1.856.200
75+	2.286.000
Jumlah	118.666.100

Langkah perhitungan

I. **Panel pertama**

a) Panel pertama digunakan sebagai pengali untuk mendapatkan jumlah penduduk umur 0, 1, 2, 3, dan 4 tahun.

b) Koefisien interpolasi Sprague untuk mendapatkan umur 0 adalah 0,3616, -0,2768, 0,1488, dan -0,0336.

c) Koefisien interpolasi pada bagian b) dikalikan dengan jumlah penduduk kelompok umur lima tahunan yang bersesuaian. Karena terdapat empat koefisien interpolasi, berarti diperlukan empat kelompok umur lima tahunan. Dalam hal ini, diperlukan jumlah penduduk umur 0-4 tahun, 5-9 tahun, 10-14 tahun, dan 15-19 tahun.

d) Kalikan pengali Sprague dengan jumlah penduduk kelompok umur lima tahunan yang bersesuaian.

e) Jadi, jumlah penduduk perempuan Indonesia berumur 0 tahun pada tahun 2010 = 0,3616 × 11.405.700 + (-0,2768) × 10.975.800 + 0,1488 × 10.832.000 + (-0,0336) × 10.657.600 = 2.339.906.

f) Untuk menghitung jumlah penduduk perempuan Indonesia berumur 1 tahun digunakan pengali Sprague pada baris kedua dari panel pertama (0,2640, -0,0960, 0,0400, dan 0,0080) dan masing-masing dikalikan dengan jumlah penduduk umur 0-4 tahun, 5-9 tahun, 10-14 tahun, dan 15-19 tahun.

g) Jadi, jumlah penduduk perempuan Indonesia berumur 1 pada tahun 2010 = 0,2640 × 11.405.700 + (-0,0960) × 10.975.800 + 0,0400 × 10.832.000 + (-0,0080) × 10.657.600 = 2.305.447.

h) Dengan cara yang sama, jumlah penduduk perempuan Indonesia berumur 2 tahun diperoleh sebesar 2.276.318, jumlah penduduk berumur 3 tahun sebesar 2.252.010, dan jumlah penduduk berumur 4 tahun sebesar 2.232.019.

II. **Panel dekat panel pertama**

a) Panel dekat panel pertama digunakan untuk menghitung jumlah penduduk umur 5, 6, 7, 8, dan 9 tahun.

b) Koefisien interpolasi Sprague untuk mendapatkan jumlah penduduk umur 5 tahun adalah 0,0336, 0,2272, -0,0752, dan 0,0144.

c) Koefisien interpolasi pada bagian b) dikalikan dengan jumlah penduduk kelompok umur lima tahunan yang bersesuaian. Karena terdapat empat koefisien interpolasi, berarti diperlukan empat kelompok umur lima tahunan. Dalam hal ini, diperlukan jumlah penduduk umur 0-4 tahun, 5-9 tahun, 10-14 tahun, dan 15-19 tahun.

d) Kalikan pengali Sprague dengan jumlah penduduk kelompok umur lima tahunan yang bersesuaian.

e) Jadi, jumlah penduduk perempuan Indonesia berumur 5 tahun pada tahun 2010 = 0,0336 × 11.405.700 + 0,2272 × 10.975.800 + (0,0752 × 10.832.000 + 0,0144 × 10.657.600 = 2.215.836.

f) Untuk menghitung jumlah penduduk perempuan Indonesia berumur 6 tahun digunakan pengali Sprague pada baris kedua dari panel dekat panel pertama.

g) Untuk mendapatkan jumlah penduduk perempuan Indonesia berumur 6, 7, 8, dan 9 tahun pada tahun 2010 digunakan koefisien interpolasi masing-masing pada baris kedua, ketiga, keempat, dan kelima dari panel dekat panel pertama. Koefisien-koefisien interpolasi ini kemudian masing-masing dikalikan dengan jumlah penduduk kelompok umur 0-4 tahun, 5-9 tahun, 10-14 tahun, dan 15-19 tahun.

h) Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jumlah penduduk perempuan Indonesia berumur 6, 7, 8, dan 9 tahun pada tahun 2010 masing-masing adalah 2.202.956 jiwa, 2.192.871 jiwa, 2.185.075 jiwa, dan 2.179.061 jiwa.

III. **Panel tengah**

a) Panel tengah digunakan untuk mendapatkan jumlah penduduk umur satu tahunan dari umur 10 tahun hingga umur 64 tahun. Koefisien interpolasi Sprague untuk memecahkan jumlah penduduk kelompok umur 10-64 tahun ada lima sehingga diperlukan lima kelompok umur untuk mendapatkan jumlah penduduk umur satu tahunan.

b) Sebagai contoh, untuk mendapatkan jumlah penduduk umur 10 tahun digunakan koefisien-koefisien -0,0128, 0,0848, 0,1504, -0,0240, dan 0,0016. Untuk mendapatkan jumlah penduduk umur 11 tahun digunakan koefisien-koefisien -0,0016, 0,0144, 0,2224, -0,0416, dan 0,0064. Demikian seterusnya digunakan koefisien-koefisien pada baris ketiga, keempat, dan kelima untuk mendapatkan masing-masing jumlah penduduk umur 12 tahun, 13 tahun, dan 14 tahun.

c) Jumlah penduduk kelompok umur lima tahunan yang diperlukan untuk memecah jumlah penduduk umur 10-14 tahun adalah jumlah penduduk kelompok umur 0-4 tahun, 5-9 tahun, 10-14 tahun, 15-19 tahun, dan 20-24 tahun.

d) Perhitungan jumlah penduduk umur satu tahunan pada kelompok umur selanjutnya, yang lebih tua sebesar lima tahun, menggunakan jumlah penduduk umur pada kelompok umur yang juga lebih tua lima tahun.

e) Misalnya, perhitungan jumlah penduduk umur 15 tahun, 16 tahun, 17 tahun, 18 tahun, dan 19 tahun menggunakan koefisien Sprague pada baris 1, baris 2, baris 3, baris 4, dan baris 5 pada panel tengah. Koefisien-koefisien ini kemudian masing-masing dikalikan dengan jumlah penduduk kelompok umur 5-9 tahun, 10-14 tahun, 15-19 tahun, 20-24 tahun, dan 25-29 tahun.

f) Sementara itu, perhitungan jumlah penduduk umur 20 tahun, 21 tahun, 22 tahun, 23 tahun, dan 24 tahun menggunakan koefisien Sprague pada baris 1, baris 2, baris 3, baris 4, dan baris 5 pada panel tengah. Koefisien-koefisien ini kemudian masing-masing dikalikan dengan jumlah penduduk kelompok umur 10-14 tahun, 15-19 tahun, 20-24 tahun, 25-29 tahun, dan 30-34 tahun.

g) Perhitungan jumlah penduduk umur 60 tahun, 61 tahun, 62 tahun, 63 tahun, dan 64 tahun menggunakan koefisien Sprague pada baris 1, baris 2, baris 3, baris 4, dan baris 5 pada panel tengah. Koefisien-koefisien ini kemudian masing-masing dikalikan dengan jumlah penduduk kelompok umur 50-54 tahun, 55-59 tahun, 60-64 tahun, 65-69 tahun, dan 70-74 tahun.

h) Sebagai contoh, jumlah penduduk umur 64 tahun = 0,0016 × 5.646.600 + (-0,0240) × 4.167.600 + 0,1504 × 3.127.500 + 0,0848 × 2.462.400 + (-0,0128) × 1.856.200 = 564.440.

IV. **Panel dekat panel terakhir dan panel terakhir**

a) Panel dekat panel terakhir dan panel terakhir digunakan untuk menghitung jumlah penduduk umur satu tahunan masing-masing pada kelompok umur 65-69 tahun dan 70-74 tahun.

b) Koefisien Sprague pada baris pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima pada panel dekat panel terakhir masing-masing digunakan untuk menghitung jumlah penduduk umur 65 tahun, 66 tahun, 67 tahun, 68 tahun, dan 69 tahun.

c) Koefisien Sprague pada baris pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima pada panel terakhir masing-masing digunakan untuk menghitung jumlah penduduk umur 70 tahun, 71 tahun, 72 tahun, 73 tahun, dan 74 tahun.

d) Jumlah penduduk yang digunakan adalah jumlah penduduk empat kelompok umur lima tahunan terakhir, yaitu kelompok umur 55-59 tahun, 60-64 tahun, 65-69 tahun, dan 70-74 tahun.

e) Sebagai contoh, jumlah penduduk umur 74 tahun = (-0,336) × 4.167.600 + 0,1488 × 3.127.500 + (-0,2768) × 2.462.400 + 0,3616 × 1.856.200 = 314.950.

V. **Penduduk berumur lebih dari 75 tahun (75+)**

Jumlah penduduk berumur 75+ tahun diperoleh dengan mengurangkan jumlah penduduk semua umur dengan jumlah penduduk berumur satu tahunan dari 0 hingga 74 tahun.

Hasil perhitungan jumlah penduduk umur satu tahunan untuk Indonesia pada tahun 2010 dengan menggunakan pengali Sprague disajikan pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11

Jumlah Penduduk Perempuan Umur Satu Tahunan atas Perhitungan dengan Menggunakan Koefisien Interpolasi Sprague: Indonesia 2010

Umur	Jumlah	Umur	Jumlah	Umur	Jumlah	Umur	Jumlah
0	2.339.906	19	2.110.445	38	1.802.823	57	826.420
1	2.305.447	20	2.097.786	39	1.768.148	58	778.304
2	2.276.318	21	2.083.021	40	1.730.898	59	736.290

3	2.252.010	22	2.074.695	41	1.689.387	60	695.384
4	2.232.019	23	2.072.830	42	1.650.511	61	646.764
5	2.215.836	24	2.075.249	43	1.607.261	62	620.886
6	2.202.956	25	2.075.792	44	1.561.991	63	590.811
7	2.192.871	26	2.074.143	45	1.515.355	64	564.440
8	2.185.075	27	2.072.054	46	1.464.048	65	539.251
9	2.179.061	28	2.064.280	47	1.416.857	66	515.142
10	2.174.752	29	2.052.634	48	1.362.452	67	492.009
11	2.172.072	30	2.039.876	49	1.305.352	68	469.347
12	2.168.364	31	2.024.445	50	1.248.061	69	447.277
13	2.162.262	32	2.006.469	51	1.185.972	70	423.415
14	2.154.550	33	1.979.275	52	1.131.759	71	399.132
15	2.147.803	34	1.946.533	53	1.069.552	72	373.298
16	2.141.331	35	1.912.065	54	1.006.194	73	345.406
17	2.134.169	36	1.873.268	55	944.053	74	314.950
18	2.123.165	37	1.837.991	56	875.592	75+	2.286.000

Koefisien interpolasi Beers, seperti halnya koefisien interpolasi Sprague, digunakan untuk ‘memecah’ penduduk kelompok umur lima tahunan agar mendapatkan jumlah penduduk umur satu tahunan. Pada dasarnya pemakaian metode koefisien interpolasi Beers tidak jauh berbeda dengan metode koefisien interpolasi Sprague. Perbedaan hanya terletak pada jumlah koefisien interpolasi yang digunakan. Pada metode Beers terdapat lima koefisien interpolasi Beers untuk semua kelompok umur.

Pada bagian berikut disajikan contoh perhitungan jumlah penduduk umur satu tahunan dengan menggunakan koefisien interpolasi Beers untuk penduduk Provinsi Sumatera Utara tahun 2010. Jumlah penduduk Sumatera Utara pada tahun 2010 menurut kelompok umur lima tahunan disajikan pada Tabel 2.13.

Dengan menggunakan koefisien interpolasi Beers biasa didapat jumlah penduduk laki-laki umur satu tahunan Sumatera Utara tahun 2010 (Tabel 2.14).

Tabel 2.12

Koefisien Interpolasi Atas Dasar Rumus Beers Biasa untuk Pembagian Kelompok Umur Lima Tahunan Menjadi Satu Tahunan

Panel pertama					
	G1	G2	G3	G4	G5
Kelima pertama dari G1	0,3333	- 0,1636	- 0,0210	0,0796	- 0,0283
Kelima kedua dari G1	0,2595	- 0,0780	0,0130	0,0100	- 0,0045
Kelima ketiga dari G1	0,1924	0,0064	0,0184	- 0,0256	0,0084
Kelima keempat dari G1	0,1329	0,0844	0,0054	- 0,0356	0,0129
Kelima terakhir dari G1	0,0819	0,1508	- 0,0158	- 0,0284	0,0115
Panel dekat panel pertama					
Kelima pertama dari G2	0,0404	0,2000	- 0,0344	- 0,0128	0,0168
Kelima kedua dari G2	0,0093	0,2268	- 0,0402	0,0028	0,0013
Kelima ketiga dari G2	- 0,0108	0,2272	- 0,0248	0,0112	- 0,0028
Kelima keempat dari G2	- 0,0198	0,1992	0,0172	0,0072	- 0,0038
Kelima terakhir dari G2	- 0,0191	0,1468	0,0822	- 0,0084	- 0,0015
Panel tengah					
Kelima pertama dari G3	- 0,0117	0,0804	0,1570	- 0,0284	0,0027
Kelima kedua dari G3	- 0,0020	0,0160	0,2200	- 0,0400	0,0060
Kelima ketiga dari G3	0,0050	- 0,0280	0,2460	- 0,0280	0,0050
Kelima keempat dari G3	0,0060	- 0,0400	0,2200	0,0160	- 0,0020
Kelima terakhir dari G3	0,0027	- 0,0284	0,1570	0,0804	- 0,0117
Panel dekat panel terakhir					
Kelima pertama dari G4	- 0,0015	- 0,0084	0,0822	0,1468	- 0,0191
Kelima kedua dari G4	- 0,0038	0,0072	0,0172	0,1992	- 0,0198
Kelima ketiga dari G4	- 0,0028	0,0112	- 0,0248	0,2272	- 0,0108
Kelima keempat dari G4	0,0013	0,0028	- 0,0402	0,2268	0,0093
Kelima terakhir dari G4	0,0068	- 0,0128	- 0,0344	0,2000	0,0404
Panel terakhir					
Kelima pertama dari G5	0,0115	- 0,0284	- 0,0158	- 0,1580	0,0819
Kelima kedua dari G5	0,0129	- 0,0356	- 0,0054	0,0844	0,1329
Kelima ketiga dari G5	0,0084	0,0256	0,0184	0,0064	0,1924
Kelima keempat dari G5	- 0,0045	0,0100	0,0130	- 0,0780	0,2595
Kelima terakhir dari G5	- 0,0283	0,0796	- 0,0210	- 0,1636	0,3333

Tabel 2.13

Penduduk Laki-laki menurut Kelompok Umur: Sumatera Utara 2010

Kelompok umur (tahun)	Jumlah
0-4	782.200
5-9	720.600
10-14	690.600
15-19	643.000
20-24	592.400
25-29	541.700
30-34	496.200
35-39	448.800
40-44	399.600
45-49	348.200
50-54	289.600
55-59	207.800
60-64	128.500
65-69	90.000
70-74	59.500
75+	55.900
Jumlah	6.494.600

Tabel 2.14

Penduduk Laki-laki menurut Kelompok Umur Satu Tahunan dengan Menggunakan Koefisien Interpolasi Beers Biasa: Sumatera Utara 2010

Umur	Jumlah	Umur	Jumlah	Umur	Jumlah	Umur	Jumlah
0	162.732	19	124.575	38	87.835	57	41.603
1	159.516	20	121.870	39	85.886	58	38.097
2	156.330	21	120.544	40	83.494	59	34.619
3	153.253	22	118.493	41	81.910	60	31.013
4	150.369	23	116.426	42	79.915	61	27.773
5	147.762	24	114.357	43	77.929	62	22.122
6	145.515	25	111.631	44	75.938	63	23.017
7	143.689	26	110.211	45	73.584	64	21.595
8	142.313	27	108.236	46	71.763	65	20.458
9	141.322	28	106.378	47	69.643	66	19.356
10	140.547	29	104.602	48	67.531	67	18.135
11	139.732	30	102.287	49	65.383	68	16.759
12	138.580	31	101.092	50	63.049	69	15.293
13	136.904	32	99.291	51	60.943	70	13.844
14	134.837	33	97.432	52	58.314	71	12.536
15	131.908	34	95.527	53	55.249	72	11.507
16	130.623	35	93.112	54	51.861	73	10.866
17	128.566	36	91.697	55	48.299	74	10.754
18	126.555	37	89.772	56	45.053	75+	55.900

DAFTAR PUSTAKA

Judson, D.H. dan Carole L. Popoff. 2004. Appendix C. Selected General Methods. Dalam Dalam "The Methods and Materials of Demography." Editor: Jacob S. Siegel dan David A. Swanson. Elsevier Academic Press. California, Amerika Serikat.

Shryock, H.S. dan J.S. Siegel. 1971. The Methods and Materials of Demography. U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, Washington, D.C.

Smith, David P. 1992. Formal Demography. Plenum Press, New York.

BAB 3

TABEL KEMATIAN

3.1. Pendahuluan

Tabel kematian (*life table*) adalah suatu tabel yang mendeskripsikan pola dan tingkat kematian penduduk (suatu kohor), sejak lahir sampai semua meninggal (UN 1983). Tabel kematian digunakan oleh banyak orang, seperti pekerja kesehatan masyarakat, demografer, petugas asuransi dan ekonom. Tabel kematian digunakan untuk studi tentang keadaan hidup panjang (*longevity*), fertilitas, migrasi, dan pertumbuhan penduduk. Tabel kematian juga digunakan untuk proyeksi penduduk dan studi tentang keadaan menjanda (*widowhood*), keadaan tanpa orang tua (*orpanhood*), lama menikah, lama kehidupan bekerja dan lama hidup tanpa disabilitas (*disability-free life*).

Dalam bentuk yang paling sederhana, suatu tabel kematian keseluruhan dihasilkan dari angka kematian menurut umur (*age-specific mortality rates*) dan nilai-nilai yang dihasilkan digunakan untuk mengukur mortalitas, kelangsungan hidup (*survivorship*) dan harapan hidup (*life expectancy*). Dalam penerapannya, angka mortalitas dalam tabel kematian digabung dengan data demografi lainnya menjadi suatu model yang lebih kompleks yang mengukur pengaruh gabungan mortalitas dan perubahan dalam satu atau lebih karakteristik ekonomi. Sebagai contoh, suatu tabel kematian ketenagakerjaan (*working life table*) menggabung angka mortalitas dan tingkat partisipasi angkatan kerja dan mengukur pengaruh gabungannya terhadap kehidupan bekerja.

Tabel kematian pada dasarnya adalah satu bentuk penggabungan angka mortalitas populasi menjadi suatu model statistika. Tabel kematian terutama digunakan untuk mengukur tingkat mortalitas suatu populasi. Salah satu keunggulan tabel kematian dibandingkan dengan metode pengukuran mortalitas lain adalah tabel kematian tidak menunjukkan pengaruh distribusi umur suatu populasi aktual dan tidak memerlukan pemakaian suatu populasi standar untuk perbandingan yang dapat diterima tentang tingkat mortalitas dalam populasi yang berbeda. Keunggulan lain dari tabel kematian adalah dimungkinkannya pengukuran mortalitas untuk kohor-kohor umur, tanpa harus menyusun statistik kematian untuk kohor-kohor umur dari stastistik kematian tahunan menurut umur, meskipun data ini tersedia.

Tabel kematian berbeda-beda dalam beberapa hal, termasuk tahun acuan dan rincian umur. Menurut tahun acuan tabel kematian dibagi menjadi dua, yaitu tabel kematian saat ini atau periode (*current or period life table*) dan tabel generasi atau kohor (*generation or cohort life table*). Tabel kematian periode didasarkan pada pengalaman pada suatu periode waktu yang pendek, seperti 1 tahun, 3 tahun atau periode antara dua sensus, dimana mortalitas secara substansial tetap sama. Secara umum, statistik kematian yang digunakan untuk tabel kematian periode berhubungan dengan periode 1 sampai 3 tahun, dan data kependudukan yang digunakan berhubungan dengan pertengahan periode tersebut yang biasanya dekat dengan suatu sensus. Tabel kematian periode menyatakan pengalaman mortalitas yang digabung menurut umur dari suatu populasi pada suatu periode pendek tertentu, dan tidak menyatakan pengalaman mortalitas kohor yang sebenarnya. Sebaliknya, tabel kematian periode mengasumsikan suatu kohor hipotetis yang terpapar pada angka kematian menurut umur tertentu pada suatu periode tertentu. Jadi, tabel kematian kohor dapat dipandang sebagai suatu potret mortalitas saat ini (*current mortality*).

Sementara itu, tabel kematian generasi didasarkan pada pengalaman suatu kohor kelahiran tertentu. Misalnya, semua orang yang lahir pada tahun 1900. Menurut tabel kematian generasi, pengalaman mortalitas dari orang-orang dalam kohor akan diamati mulai dari saat lahir sampai umur berikutnya dalam tahun kalender yang berurutan sampai semua orang meninggal dunia. Data untuk periode waktu yang panjang jelas diperlukan untuk melengkapi suatu tabel kematian generasi. Akan tetapi, adalah tidak mungkin untuk membuat tabel kematian generasi hanya berdasarkan pada data aktual untuk kohor yang lahir pada abad ke-20. Tabel kematian generasi berguna untuk proyeksi penduduk, studi mortalitas, dan untuk pengukuran fertilitas dan reproduktivitas.

Menurut rincian umur, tabel kematian digolongkan menjadi dua, yaitu lengkap (*complete or unabridged life table*) dan singkat (*abridged life table*). Tabel kematian lengkap berisi data untuk setiap kelompok umur dari saat lahir sampai umur terakhir yang ada. Suatu tabel kematian yang singkat berisi data untuk interval 5 atau 10 tahunan untuk sebagian besar rentang umur. Demografer biasanya menyiapkan tabel kematian singkat dengan interval 5 atau 10 tahun karena cukup rinci untuk berbagai keperluan, persiapan penyusunannya lebih sederhana, dan lebih cocok untuk digunakan.

Tabel kematian lain adalah tabel pengurangan berganda (*multiple decrement table*). Tabel ini menggambarkan pengaruh terpisah dan digabung dari lebih dari satu faktor. Mortalitas selalu dilibatkan. *Multiple decrement table* ada beberapa bentuk. Faktor mortalitas mungkin digunakan dalam bentuk angka kematian komponen, seperti penyebab kematian, atau dapat digabung dengan perubahan dalam satu atau lebih karakteristik sosial dan ekonomi dari populasi. *Multiple decrement life table* menggambarkan pengurangan kohor awal melalui faktor-faktor ini. Misalnya, pengurangan penduduk belum menikah (*single*) karena kematian atau perkawinan. Penjabaran *multiple decrement table*, yang menghasilkan *increment-decrement tables* dan *multistate tables*, menggambarkan pengaruh pencapaian (*accession*) ke atau penarikan (*withdrawal*) dari kohor awal pada berbagai tahap dalam sejarah kehidupannya. Sebagi contoh adalah suatu tabel kematian ketenagakerjaan, yang menggabungkan angka mortalitas dan tingkat partisipasi angkatan kerja, dan suatu tabel nuptialitas, yang menggabungkan angka mortalitas dan data tentang prevalensi atau insidens perkawinan atau perceraian.

Berbagai tabel kematian model, yang didasarkan pada data empiris, telah dikembangkan. Dalam buku ini dibahas tentang tabel kematian model Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) dan tabel kematian model regional Coale dan Demeny, serta pemanfaatannya dengan menggunakan tabel kematian untuk Indonesia.

3.2. Notasi dan Fungsi-fungsi Tabel Kematian

Sebelum tabel kematian model PBB dan tabel kematian model regional Coale dan Demeny dijelaskan, pada bagian ini dijelaskan tentang notasi dan fungsi-fungsi dalam tabel kematian. Dalam pembahasan ini digunakan contoh tabel kematian model regional Coale dan Demeny untuk Indonesia untuk periode 2010-2015 yang dipublikasikan oleh PBB (Tabel 3.2).

Notasi yang pertama adalah x. x adalah umur tepat. Dalam tabel kematian model regional Coale-Demeny nilai x bervariasi antara 0 sampai 95 untuk level mortalitas yang rendah dan antara 0 sampai 100 untuk level mortalitas yang tinggi (Coale dkk 1983). Sementara itu, dalam tabel kematian model regional Coale dan Demeny yang dipublikasikan oleh PBB nilai x berkisar mulai dari 0 sampai 85. Untuk tabel kematian singkat, interval umur (n) untuk $x = 0$ adalah 1 tahun, untuk $x = 1$ adalah 4 dan untuk $x \geq 5$ adalah 5. Khusus untuk $x = 85$ pada tabel kematian model regional Coale dan Demeny yang dipublikasikan oleh PBB, $n = 15$. Jadi, diasumsikan bahwa 100.000 orang dalam kohor yang lahir sama-sama akan sudah meninggal semua sesudah 100 tahun kemudian. Sementara itu, pada tabel kematian model regional Coale-Demeny, diasumsikan bahwa 100.000 orang dalam kohor yang lahir sama-sama akan sudah meninggal semua sesudah lebih dari 100 tahun kemudian.

Notasi berikutnya adalah $q(x)$ atau ${}_nq_x$. $q(x)$ adalah probabilitas penduduk umur tepat x meninggal sebelum mencapai umur tepat $x + n$. Untuk $x = 0$ dan $n = 1$ maka ${}_0q_1$ adalah probabilitas meninggal dari saat lahir sampai sebelum mencapai usia satu tahun. Dalam tabel kematian model regional Coale dan Demeny yang dipublikasikan oleh PBB nilai ${}_nq_x$ belum dikalikan dengan 1.000, sementara pada tabel kematian model regional Coale dan Demeny nilai ini sudah dikalikan dengan 1.000. ${}_0q_1$ merupakan angka kematian bayi dalam tabel kematian. Sebagai contoh, pada tabel kematian model regional Coale dan Demeny yang dipublikasikan oleh PBB, untuk Indonesia pada periode 2010-2035, nilai ${}_0q_1$ untuk perempuan adalah 0,02187. Hal ini berarti bahwa probabilitas meninggal bayi perempuan Indonesia dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur 1 tahun pada periode 2010-2015 adalah 0,02187 atau 22 kematian bayi per 1.000 kelahiran hidup. Sementara itu, ${}_5q_{40}$ = 0,01649 yang berarti bahwa pada periode 2010-2015 probabilitas meninggal perempuan Indonesia dari umur tepat 40 tahun sampai sebelum mencapai umur 45 tahun adalah 0,0165 atau sekitar 1,65%.

Notasi berikutnya adalah $p(x)$ atau ${}_np_x$. $p(x)$ adalah probabilitas penduduk umur tepat x akan tetap hidup sampai umur tepat $x + n$. Pada tabel kematian model regional Coale dan Demeny angka ini tidak ditampilkan dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus $p(x) = 1 – q(x)$. Jadi, $p(x) + q(x) = 1$. Sebagai contoh, jika ${}_5q_{50}$ = 0,03379 maka pada periode 2010-2015 probabilitas perempuan Indonesia umur tepat 50 tahun akan tetap hidup sampai umur tepat 55 tahun adalah ${}_5p_{50} = 1 – {}_5q_{50}$ = 1 – 0,03379 = 0,96621 atau 96,6%.

Notasi berikutnya adalah $d(x)$ atau ${}_nd_x$. $d(x)$ adalah jumlah orang yang meninggal antara umur tepat x dan umur tepat $x + n$. Sebagai contoh, ${}_1d_0$ = 2.187 berarti bahwa pada periode 2010-2015 dari 100.000 perempuan Indonesia yang lahir sama-sama, 2.187 orang akan meninggal sebelum mencapai umur 1 tahun. ${}_5d_{10}$ = 264 berarti bahwa pada periode 2010-2015 dari 100.000 bayi perempuan Indonesia yang lahir sama-sama, 264 orang akan meninggal antara umur 10 tahun dan 15 tahun. ${}_{15}d_{85}$ = 17.444 berarti bahwa pada periode 2010-2015 dari 100.000 orang bayi perempuan yang lahir sama-sama, 17.444 orang berhasil mencapai umur 85 tahun dan semua akan meninggal sebelum mencapai umur 100 tahun.

Notasi berikutnya adalah $m(x)$ atau ${}_nm_x$. $m(x)$ adalah angka kematian antara umur tepat x dan umur tepat $x + n$ dalam penduduk tabel kematian, yaitu jumlah kematian per tahun orang hidup (*person years lived* (PYL)). Dalam tabel kematian model regional Coale dan Demeny yang dipublikasikan oleh PBB, nilai ${}_nm_x$ belum dikalikan dengan 1.000, sementara pada tabel kematian model regional Coale dan Demeny nilai ini sudah dikalikan dengan 1.000. Rumus untuk menghitung ${}_nm_x$ adalah ${}_nm_x = \frac{{}_nd_x}{{}_nL_x}$, dimana ${}_nd_x$ adalah jumlah kematian dan ${}_nL_x$ adalah tahun orang hidup (akan dijelaskan pada bagian berikutnya). Sebagai contoh, nilai ${}_5m_{10}$ adalah 0,00054. Hal ini berarti bahwa pada periode 2010-2015 angka kematian tabel kematian Indonesia untuk perempuan umur 10-14 tahun adalah 0,00054 × 1.000 = 0,544 kematian umur 10-14 tahun per 1.000 tahun perempuan hidup umur 10-14 tahun.

Notasi berikutnya adalah $l(x)$ atau l_x. l_x adalah jumlah orang yang bertahan hidup sampai umur x. Untuk $x = 0$, l_0 ditetapkan sebesar 100.000, yang disebut radiks, untuk memudahkan perhitungan dalam tabel kematian. Sebagai contoh, l_{10} = 97.025 berarti bahwa pada periode 2010-2015 dari 100.000 bayi perempuan Indonesia yang lahir sama-sama, 97.025 orang bertahan hidup sampai mencapai umur 10 tahun. l_{85} = 17.444 berarti bahwa pada periode 2010-2015 dari 100.000 bayi perempuan Indonesia yang lahir sama-sama, 17.444 orang bertahan hidup sampai mencapai umur 85 tahun.

Berdasarkan nilai l_x., nilai ${}_nq_x$ dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$${}_nq_x = \frac{l_x - l_{x+n}}{l_x}$$

Sebagai contoh, ${}_5q_{75} = \frac{l_{75} - l_{80}}{l_{75}} = \frac{51.568 - 34.372}{51.568} = 0,33346$

Berdasarkan nilai l_x., nilai ${}_nd_x$ dapat dihitung dengan menggunakan rumus ${}_nd_x = l_x - l_{x+n}$. Sebagai contoh, ${}_5d_{60} = l_{60} - l_{65} = 82.019 - 75.203 = 6.817$.

Hubungan antara l_x dan ${}_np_x$ dinyatakan sebagai ${}_nl_x = {}_nl_{x-n} \times {}_np_{x-n}$. Sebagai contoh, ${}_5l_{20} = {}_5l_{20-5} \times {}_5p_{20-5} = {}_5l_{15} \times {}_5p_{15} = 96.761 \times 0,99509 = 96.286$.

Hubungan antara ${}_nd_x$, l_x dan ${}_nq_x$ dinyatakan sebagai ${}_nd_x = {}_nl_x \times {}_nq_x$. Sebagai contoh, ${}_5d_{35} = {}_5l_{35} \times {}_5q_{35} = 94.109 \times 0,01211 = 1.140$.

Hubungan antara ${}_np_x$ dan l_x dinyatakan sebagai ${}_np_x = \frac{{}_nl_{x+n}}{{}_nl_x}$. Sebagai contoh, ${}_5p_{15} = \frac{{}_5l_{20}}{{}_5l_{15}} = \frac{96.286}{96.761} = 0,99509$.

Notasi berikutnya adalah $L(x)$ atau ${}_nL_x$. $L(x)$ adalah tahun orang hidup (*person years lived*) yang dijalani seseorang antara umur tepat x dan umur tepat $x + n$. Rumus untuk menghitung adalah sebagai berikut.

$$ {}_nL_x = {}_na_x \times l_x + (n - {}_na_x) \times l_{x+n} $$

dimana ${}_na_x$ adalah jumlah tahun rata-rata yang dihidupi antara umur x dan $x + n$ yang sempat dijalani oleh mereka yang meninggal selama kurun waktu tersebut. Nilai disajikan dalam kolom terakhir tabel kematian model regional Coale dan Demeny yang dipublikasikan oleh PBB. Coale dan

Demeny menggunakan notasi k_x untuk ${}_n a_x$. Sebagai contoh, ${}_1a_0$ = 0,12 berarti bahwa pada periode 2010-2015 jumlah tahun rata-rata yang dihidupi oleh bayi perempuan Indonesia antara umur 0 tahun dan 1 tahun yang sempat dijalani oleh mereka yang meninggal selama kurun waktu tersebut adalah 0,12 tahun hidup, sehingga rumus untuk menghitung ${}_1L_0$ adalah sebagai berikut.

$${}_1L_0 = {}_1a_0 \times l_0 + (1 - {}_1a_0) \times l_1 = 0{,}12 \times 100.000 + (1 - 0{,}12) \times 97.813 = 98.066\,.$$

Sementara itu, ${}_4a_1$ = 1,49 berarti bahwa pada periode 2010-2015 jumlah tahun rata-rata yang dihidupi anak perempuan Indonesia antara umur 1 tahun dan 5 tahun yang sempat dijalani oleh mereka yang meninggal selama kurun waktu tersebut adalah 1,49 tahun hidup, sehingga rumus untuk menghitung ${}_4L_1$ adalah sebagai berikut.

$${}_4L_1 = {}_4a_1 \times l_1 + (4 - {}_4a_1) \times l_5 = 1{,}49 \times 97.813 + (4 - 1{,}49) \times 97.329 = 390.037\,.$$

Selanjutnya, ${}_5a_{25}$ = 2,58 berarti bahwa pada periode 2010-2015 jumlah tahun rata-rata yang dihidupi oleh perempuan Indonesia antara umur 25 tahun dan 30 tahun yang sempat dijalani oleh mereka yang meninggal selama kurun waktu tersebut adalah 2,58 tahun hidup, sehingga rumus untuk menghitung ${}_5L_{25}$ adalah sebagai berikut.

$${}_5L_{25} = {}_5a_{25} \times l_{25} + (5 - {}_5a_{25}) \times l_{30} = 2{,}58 \times 95.683 + (5 - 2{,}58) \times 94.975 = 476.697$$

Artinya, pada periode 2010-2015 dari kohor 100.000 perempuan Indonesia yang lahir pada waktu yang sama, 95.683 berhasil mencapai umur 25 tahun. Jika semua hidup hingga berusia 30 tahun maka tahun orang hidup yang dihasilkan adalah 5 tahun × 95.683 orang hidup = 478.414 tahun perempuan hidup. Akan tetapi, karena ada yang meninggal antara umur 25 tahun dan 30 tahun maka tahun orang hidup yang dihasilkan adalah 476.697.

Notasi berikutnya adalah $S(x)$ atau ${}_nS_x$. Dalam tabel kematian model regional Coale dan Demeny digunakan notasi $P(x)$. ${}_nS_x$ adalah rasio kelangsungan hidup (*survival ratio*) antara umur tepat x dan umur tepat x + n dan merupakan rasio penduduk umur tepat x yang akan tetap hidup n tahun kemudian. Rumus untuk menghitung ${}_nS_x$ adalah sebagai berikut.

$$ {}_nS_x = \frac{{}_nL_{x+n}}{{}_nL_x} $$

Untuk x = 0 maka S_0 adalah rasio kelangsungan hidup saat lahir, yang dihitung dengan menggunakan rumus $S_0 = \frac{{}_5L_0}{5 \times l_0} = \frac{{}_1L_0 + {}_4L_1}{5 \times l_0}$. Sementara itu, untuk x = 1 maka S_1 adalah rasio kelangsungan hidup antara saat lahir dan umur 4 tahun, yang dihitung dengan menggunakan rumus $S_{0-4} = \frac{{}_5L_5}{{}_5L_0} = \frac{{}_5L_5}{{}_1L_0 + {}_4L_1}$. Selanjutnya, untuk x = 95 maka S_{95} adalah rasio kelangsungan hidup antara umur tepat 95 tahun dan umur tepat 100 tahun, yang dihitung dengan menggunakan rumus ${}_{5}S_{95} = \dfrac{T_{100}}{T_{95}}$. Sebagai contoh, nilai ${}_{5}S_{95}$ = 0,83305, yang berarti bahwa pada periode 2010-2015 rasio kelangsungan hidup perempuan Indonesia umur 65 tahun adalah 0,83305 atau 83,3%.

Notasi berikutnya adalah $T(x)$ atau T_x. T_x adalah jumlah tahun orang hidup (TOH) setelah umur tepat x, sampai semua anggota kohor meninggal. T_x merupakan kumulasi kolom ${}_{n}L_x$ dari bawah. Rumus perhitungan ${}_{n}L_x$ adalah sebagai berikut.

$$T_x = \sum_{x}^{95} L_y + T_{100} = T_{x+n} +_{n} L_x$$

Sebagai contoh, untuk x = 75 maka $T_{75} = \sum_{75}^{80} L_y + T_{85} = T_{80} +_{5} L_{75} = 200.518 + 215.705 = 416.224$. Sementara itu, T_5 adalah 6.581.574 TOH. Angka ini menunjukkan bahwa pada periode 2010-2015 kohor perempuan Indonesia dengan radiks 100.000 orang, dari saat ulang tahunnya yang ke-5 sampai semua anggota kohor meninggal mengalami 6.581.574 TOH. Fungsi T_x digunakan untuk perhitungan harapan hidup pada umur x.

Notasi yang terakhir adalah $e(x)$ atau e_x^o. e_x^o adalah harapan hidup (*expectation of life*) pada umur x, yaitu jumlah tahun rata-rata yang akan dihidupi oleh mereka yang berhasil mencapai umur x. Karena jumlah tahun yang harus dijalani oleh orang sebanyak l_x adalah T_x maka $e_x^o = \frac{T_x}{l_x}$. Sebagai contoh, untuk x = 0 maka $e_0^o = \frac{T_0}{l_0} = \frac{7.069.676}{100.000} = 70,70$. Artinya, pada periode 2010-2015 jumlah tahun rata-rata yang akan dihidupi oleh bayi perempuan Indonesia adalah 70,70 tahun. Sementara itu, e_{70}^o = 10,87, yang berarti bahwa pada periode 2010-2015 jumlah tahun rata-rata yang akan dihidupi oleh perempuan Indonesia berumur 70 tahun adalah 10,87 tahun. Atau, secara rata-rata perempuan Indonesia yang berhasil mencapai umur 70 tahun pada periode 2010-2015 diharapkan akan hidup sampai umur (70 + 10,87) = 80,87 tahun.

Tabel 3.1

Tabel Kematian Singkat Model Regional Coale dan Demeny yang Dipublikasikan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk Perempuan: Indonesia 1950-1955

Umur	n	${}_nm_x$	${}_nq_x$	${}_np_x$	l_x	${}_nd_x$	${}_nL_x$	${}_nS_x$	T_x	e_x^o	${}_na_x$
0	1	0,19726	0,17484	0,82516	100.000	17.484	88.635	0,78230	4.503.785	45,04	0,35
1	4	0,03451	0,12652	0,87348	82.516	10.440	302.514	0,90948	4.415.149	53,51	1,36
5	5	0,00522	0,02575	0,97425	72.076	1.856	355.743	0,98012	4.112.635	57,06	2,50
10	5	0,00279	0,01385	0,98615	70.221	973	348.672	0,98529	3.756.892	53,50	2,50
15	5	0,00323	0,01600	0,98400	69.248	1.108	343.543	0,98228	3.408.220	49,22	2,57
20	5	0,00395	0,01957	0,98043	68.140	1.334	337.456	0,97872	3.064.678	44,98	2,57
25	5	0,00467	0,02307	0,97693	66.806	1.541	330.275	0,97472	2.727.222	40,82	2,56
30	5	0,00562	0,02770	0,97230	65.265	1.808	321.925	0,96958	2.396.946	36,73	2,57
35	5	0,00678	0,03336	0,96664	63.457	2.117	312.131	0,96327	2.075.021	32,70	2,57
40	5	0,00821	0,04025	0,95975	61.340	2.469	300.668	0,95662	1.762.889	28,74	2,56
45	5	0,00966	0,04720	0,95280	58.871	2.779	287.624	0,94543	1.462.221	24,84	2,58
50	5	0,01310	0,06350	0,93650	56.093	3.562	271.928	0,92653	1.174.597	20,94	2,60
55	5	0,01812	0,08692	0,91308	52.531	4.566	251.950	0,88297	902.670	17,18	2,66
60	5	0,03319	0,15394	0,84606	47.965	7.384	222.465	0,81114	650.720	13,57	2,65
65	5	0,05167	0,22977	0,77023	40.581	9.324	180.450	0,71312	428.254	10,55	2,59
70	5	0,08646	0,35596	0,64404	31.257	11.126	128.683	0,57905	247.804	7,93	2,52
75	5	0,13459	0,49818	0,50182	20.131	10.029	74.514	0,43728	119.121	5,92	2,39
80	5	0,19918	0,64244	0,35756	10.102	6.490	32.583	0,26955	44.607	4,42	2,24
85	5	0,30041	...	...	3.612	3.612	12.024	...	12.024	3,33	3,33

Sumber: UN (2015).

Tabel 3.2

Tabel Kematian Singkat Model Regional Coale dan Demeny yang Dipublikasikan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk Perempuan: Indonesia 2010-2015

Umur	n	${}_{n}m_{x}$	${}_{n}q_{x}$	${}_{n}p_{x}$	l_{x}	${}_{n}d_{x}$	${}_{n}L_{x}$	${}_{n}S_{x}$	T_{x}	e_{x}^{o}	${}_{n}a_{x}$
0	1	0,02230	0,02187	0,97813	100.000	2.187	98.066	0,97620	7.069.676	70,70	0,12
1	4	0,00124	0,00494	0,99506	97.813	484	390.037	0,99546	6.971.610	71,28	1,49
5	5	0,00063	0,00313	0,99687	97.329	305	485.884	0,99708	6.581.574	67,62	2,50
10	5	0,00054	0,00272	0,99728	97.025	264	484.464	0,99636	6.095.689	62,83	2,50
15	5	0,00098	0,00491	0,99509	96.761	475	482.699	0,99435	5.611.226	57,99	2,67
20	5	0,00126	0,00626	0,99374	96.286	603	479.972	0,99318	5.128.527	53,26	2,58
25	5	0,00149	0,00740	0,99260	95.683	708	476.697	0,99181	4.648.555	48,58	2,58
30	5	0,00183	0,00912	0,99088	94.975	866	472.794	0,98950	4.171.859	43,93	2,60
35	5	0,00244	0,01211	0,98789	94.109	1.140	467.830	0,98586	3.699.064	39,31	2,62
40	5	0,00332	0,01649	0,98351	92.969	1.533	461.215	0,98024	3.231.235	34,76	2,63
45	5	0,00476	0,02355	0,97645	91.436	2.153	452.099	0,97168	2.770.020	30,29	2,64
50	5	0,00687	0,03379	0,96621	89.282	3.017	439.297	0,95935	2.317.920	25,96	2,64
55	5	0,01008	0,04922	0,95078	86.265	4.246	421.439	0,93551	1.878.623	21,78	2,67
60	5	0,01729	0,08311	0,91689	82.019	6.817	394.261	0,89484	1.457.184	17,77	2,68
65	5	0,02799	0,13131	0,86869	75.203	9.875	352.800	0,83305	1.062.923	14,13	2,65
70	5	0,04682	0,21063	0,78937	65.328	13.760	293.899	0,73394	710.123	10,87	2,62
75	5	0,07972	0,33346	0,66654	51.568	17.196	215.705	0,59496	416.224	8,07	2,55
80	5	0,13191	0,49251	0,50749	34.372	16.928	128.336	0,35998	200.518	5,83	2,43
85	15	0,24166	...	...	17.444	17.444	72.183	...	...	4,14	4,14

Sumber: UN (2015).

Tabel 3.3

Tabel Kematian Singkat Model Regional Coale dan Demeny yang Dipublikasikan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk Perempuan: Indonesia 2095-2100

Umur	n	${}_{n}m_{x}$	${}_{n}q_{x}$	${}_{n}p_{x}$	l_{x}	${}_{n}d_{x}$	${}_{n}L_{x}$	${}_{n}S_{x}$	T_{x}	e_{x}^{o}	${}_{n}a_{x}$
0	1	0,00220	0,00220	0,99780	100.000	220	99 793	0,99773	8.268.233	82,68	0,06
1	4	0,00005	0,00020	0,99980	99.780	20	399 071	0,99976	8.168.440	81,86	1,52
5	5	0,00005	0,00024	0,99976	99.760	24	498 742	0,99977	7.769.369	77,88	2,50
10	5	0,00004	0,00022	0,99978	99.737	22	498 627	0,99966	7.270.628	72,90	2,50
15	5	0,00010	0,00050	0,99950	99.714	50	498 458	0,99941	6.772.000	67,91	2,73
20	5	0,00013	0,00066	0,99934	99.664	66	498 163	0,99929	6.273.542	62,95	2,59
25	5	0,00015	0,00077	0,99923	99.598	76	497 807	0,99915	5.775.380	57,99	2,58
30	5	0,00019	0,00096	0,99904	99.522	96	497 383	0,99883	5.277.573	53,03	2,63
35	5	0,00029	0,00143	0,99857	99.426	143	496 801	0,99815	4.780.190	48,08	2,69
40	5	0,00048	0,00238	0,99762	99.283	236	495 883	0,99666	4.283.390	43,14	2,74
45	5	0,00091	0,00452	0,99548	99.047	448	494 225	0,99404	3.787.507	38,24	2,74
50	5	0,00154	0,00767	0,99233	98.599	756	491 279	0,98967	3.293.282	33,40	2,73
55	5	0,00275	0,01365	0,98635	97.843	1.336	486 205	0,98109	2.802.003	28,64	2,75
60	5	0,00516	0,02548	0,97452	96.507	2.459	477 013	0,96457	2.315.798	24,00	2,75
65	5	0,00978	0,04784	0,95216	94.048	4.499	460 112	0,93337	1.838.786	19,55	2,75
70	5	0,01878	0,09005	0,90995	89.549	8.063	429 452	0,87628	1.378.674	15,40	2,73
75	5	0,03587	0,16566	0,83434	81.485	13.499	376 321	0,77625	949.222	11,65	2,70
80	5	0,06879	0,29557	0,70443	67.986	20.095	292 119	0,49010	572.901	8,43	2,62
85	15	0,17056	...	...	47.891	47.891	280 781	...	280.781	5,86	5,86

Sumber: UN (2015).

3.3. Tabel Kematian Model Perserikatan Bangsa-Bangsa

Sekumpulan tabel kematian model pertama kali dikembangkan oleh Divisi Kependudukan Perserikatan Bangsa-bangsa/PBB pada tahun 1950an (UN 1957). Kumpulan tabel kematian ini didasarkan pada sekumpulan dari 158 tabel kematian yang diamati (empiris) untuk setiap jenis kelamin. Tabel-tabel model dikonstruksi dengan mengasumsikan bahwa nilai setiap ${}_5q_x$, probabilitas meninggal antara x umur dan x + 5 dalam suatu tabel kematian, adalah suatu fungsi kuadratik dari nilai q sebelumnya, ${}_5q_{x-5}$, kecuali untuk dua kelompok umur pertama, ${}_1q_0$ dan ${}_4q_1$. Interval umur untuk kelompok umur lainnya adalah lima tahun. Asumsi ini berarti bahwa pengetahuan tentang hanya satu parameter mortalitas (${}_1q_0$ atau suatu “tingkat” yang setara yang mengindikasikan nilai ${}_1q_0$ digunakan) akan menentukan suatu keseluruhan tabel kematian. Jadi, tabel kematian model PBB merupakan suatu sistem satu-parameter (UN 1983).

Karena koefisien-koefisien persamaan-persamaan kuadratik yang menghubungkan setiap nilai ${}_5q_x$ dengan nilai ${}_5q_{x-5}$ nya tidak diketahui sebelumnya, koefisien-koefisien ini harus diperkirakan berdasarkan data yang diamati (empiris). Regresi digunakan untuk memperkirakan koefisien-koefisien ini dari 150 skedul (pola umur) mortalitas yang tersedia untuk setiap jenis kelamin. Setelah koefisien-koefisien ini diperoleh, tabel kematian model aktual dapat dikonstruksi dengan memilih suatu nilai ${}_1q_0$ secara sembarang. Berdasarkan nilai ${}_1q_0$, nilai ${}_4q_1$ dapat dihitung berdasarkan persamaan regresi yang menghubungkan ${}_1q_0$ dan ${}_4q_1$. Berdasarkan nilai ${}_4q_1$ kemudian nilai ${}_5q_5$ dapat diperkirakan berdasarkan persamaan yang menghubungkan ${}_4q_1$ dan ${}_5q_5$, dan begitu seterusnya.

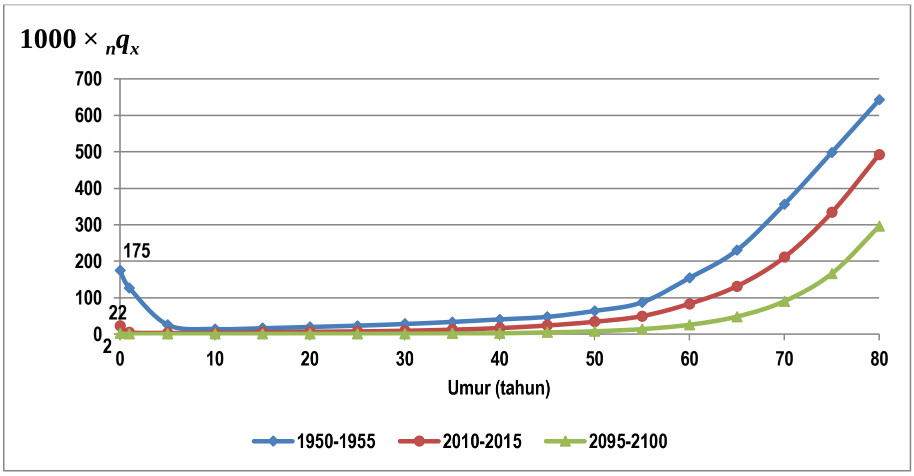
Data yang lebih berkualitas yang semakin tersedia untuk negara-negara kurang berkembang menunjukkan bahwa pola umur kematian mortalitas populasi negara-negara kurang berkembang sering berbeda dari pola umur mortalitas negara-negara maju pada periode 1850-1960 dan berbeda dengan pola umur mortalitas dalam tabel-tabel kematian model yang tersedia, seperti tabel kematian model regional Coale dan Demeny. Oleh karena itu, Divisi Kependudukan Departemen Urusan Ekonomi dan Sosial Internasional (*International Economic and Social Affairs*) Sekretariat PBB (1982) kemudian mengkonstruksi sekumpulan tabel kematian berdasarkan data dari negara-negara berkembang.

Pada Gambar 3.1 disajikan grafik probabilitas meninggal antara umur x sampai umur $x + n$, ${}_nq_x$, menurut umur pada tabel kematian model regional Coale dan Demeny untuk perempuan Indonesia pada 1950-1955, 2010-2015 dan 2095-2100 yang diterbitkan oleh PBB. Terlihat bahwa probabilitas meninggal tinggi pada saat-saat pertama tahun kehidupan, kemudian menurun sesuai dengan bertambahnya umur, dan mencapai titik terendah pada kelompok umur 10-14 tahun, dan kemudian meningkat lagi mulai umur 15 tahun. Probabilitas meninggal pada masa bayi sangat tinggi pada periode 1950-1955, diperkirakan sekitar 175 kematian bayi per 1.000

kelahiran hidup, yang menghasilkan harapan hidup saat lahir hanya 45,04 tahun (Tabel 3.1). Perkiraan angka kematian bayi perempuan tabel kematian model regional Coale dan Demeny yang dipublikasikan oleh PBB pada periode 2095-2100 akan menjadi sekitar 2 kematian bayi perempuan per 1.000 kelahiran hidup perempuan (angka kematian bayi Singapura pada saat ini), sekitar 79 kali lebih rendah daripada angka ini pada periode 1950-1955 (Tabel 3.3). Sementara itu, probabilitas meninggal perempuan pada umur 80 tahun akan menjadi 2,2 kali lebih rendah pada periode 2095-2100 dibandingkan dengan pada periode 1950-1955. Fenomena ini dapat disebabkan karena terjadinya penurunan tingkat kelahiran dan tingkat kematian.

Gambar 3.1

Probabilitas Meninggal antara Umur x sampai Umur $x + n$, ${}_nq_x$, menurut Umur pada Tabel Kematian Model Regional Coale dan Demeny yang Dipublikasikan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk Perempuan: Indonesia 1950-1955, 2010-2015 dan 2095-2100



3.4. Tabel Kematian Model Regional Coale dan Demeny

3.4.1. Gambaran Umum Tabel Kematian Model Regional Coale dan Demeny

Tabel kematian model regional Coale dan Demeny pertama kali dipublikasikan pada tahun 1966 (Coale dan Demeny 1966). Edisi kedua dari tabel kematian ini kemudian dipublikasikan pada tahun 1983 (Coale dkk 1983). Tabel kematian model regional Coale dan Demeny berasal dari 192 tabel kematian menurut jenis kelamin yang dicatat untuk populasi aktual (UN 1983). Kumpulan tabel kematian tersebut mencakup tabel kematian dari beberapa periode waktu: 39 tabel kematian periode sebelum tahun 1900 dan 69 tabel kematian periode setelah Perang Dunia ke-2. Sebagian besar dari tabel kematian tersebut didasarkan pada pengalaman negara-negara Barat. Eropa, Amerika Utara, Australia dan Selandia Baru menyumbang 176 tabel kematian, Israel menyumbang 3 tabel kematian, Jepang menyumbang 6 tabel kematian, Provinsi Taiwan menyumbang 3 tabel kematian dan penduduk kulit putih di Afrika Selatan menyumbang 4 tabel kematian.

192 tabel kematian tersebut dipilih dari sekumpulan awal dari 326 tabel kematian. Tabel kematian dengan pola umur yang menunjukkan penyimpangan yang besar dari standar dikeluarkan. 192 tabel kematian yang dipilih semuanya berasal dari data registrasi dan dari enumerasi lengkap penduduk di setiap wilayah. Sebagian besar tabel mencakup

seluruh negara, tetapi sekelompok kecil yang mewakili pengalaman mortalitas sub-wilayah juga dimasukkan, khususnya ketika pengalaman mortalitas sub-wilayah tersebut menunjukkan ciri yang secara khusus berbeda dan bertahan selama beberapa waktu.

Berdasarkan 192 tabel kematian tersebut terdapat empat pola mortalitas yang berbeda. Keempat pola kematian tersebut diberi label “Utara”, “Selatan”, “Timur” dan “Barat” karena dominasi negara-negara Eropa yang ada dalam berbagai wilayah (region) dalam setiap kategori. Oleh karena itu, kata sifat “regional” digunakan dalam semua kumpulan tabel kematian.

Tabel kematian model Timur terutama berasal dari Austria, Jerman (sebelum tahun 1900), Republik Federal Jerman (setelah Perang Dunia ke-2), bagian utara dan tengah Italia dan beberapa wilayah di Ceko dan Polandia. Ketika pola mortalitas dari tabel-tabel kematian model Timur dibandingkan dengan pola mortalitas “standar” (yang ditunjukkan oleh sebagian besar tabel), deviasi mereka dari standar mengikuti suatu bentuk huruf U, yang menunjukkan angka mortalitas yang relatif tinggi pada masa bayi dan usia lebih tua (lebih dari 50 tahun). Harapan hidup dalam tabel-tabel ini berkisar antara yang rendah, 36,6 tahun, di Bavaria pada tahun 1878 dan yang tinggi, 72,3 tahun, di Ceko pada tahun 1958.

Tabel kematian empiris model Timur berasal dari Eslandia (1941-1950), Norwegia (1856-1880 dan 1946-1955) dan Swedia (1851-1890). Sembilan tabel digunakan untuk memperoleh pola mortalitas model Timur, yang dicirikan oleh mortalitas bayi yang relatif rendah dan mortalitas anak yang relatif tinggi dan angka mortalitas umur 50 tahun ke atas yang lebih rendah daripada standar. Populasi dengan pola mortalitas model Timur kemungkinan terpapar pada endemi tuberkulosis (deviasi positif dari pola standar pada kelompok umur tengah, 10-40 tahun, mengindikasikan hal ini). Oleh karena itu, model ini direkomendasikan sebagai suatu representasi mortalitas yang cukup dalam populasi dimana insiden tuberkulosis tinggi. Harapan hidup model Timur bervariasi antara 44,4 tahun di Swedia pada periode 1851-1860 dan 74,7 tahun di Norwegia pada periode 1951-1955.

Tabel kematian model Selatan didasarkan pada tabel kematian Spanyol, Portugal, Italia dan selatan Italia dan wilayah Sicily dan mencakup periode dari 1876 sampai 1957. Harapan hidup bervariasi dari 35,7 tahun di Spanyol pada tahun 1900 dan 68,8 tahun di selatan Italia pada periode 1954-1957. Sebanyak 22 tabel kematian digunakan untuk menghasilkan tabel kematian model Selatan. Pola mortalitas model Selatan dicirikan oleh mortalitas bawah lima tahun yang tinggi, mortalitas yang rendah pada umur 40 sampai 60 tahun, dan mortalitas yang tinggi pada umur 65 tahun ke atas, jika dibandingkan dengan mortalitas standar.

Tabel kematian model Barat didasarkan pada tabel kematian lainnya, yang belum tercakup dalam model Timur, Utara dan Selatan. Pola mortalitas model Barat tidak menyimpang secara sistematis dari pola mortalitas standar (pola mortalitas berdasarkan semua tabel kematian yang tersedia) dan lebih dekat dengan pola mortalitas standar dibandingkan dengan pola mortalitas model Timur, Utara dan Selatan. Selanjutnya, karena model Barat ini didasarkan pada sebagian besar tabel kematian dengan kasus yang paling bervariasi, maka model ini dipercaya mewakili pola mortalitas yang paling umum. Untuk alasan ini maka model Barat sering direkomendasikan sebagai suatu pilihan pertama untuk merepresentasikan mortalitas di negara-negara yang tidak mempunyai cukup bukti (pola mortalitas) untuk memilih suatu model kematian. Hal yang menarik dari model Barat adalah pola umur mortalitas model ini sangat mirip dengan tabel kematian PBB. Harapan hidup bervariasi antara 38,6 tahun di Provinsi Taiwan pada tahun 1921 dan 75,2 tahun di Swedia pada tahun 1959.

Tabel Kematian Model Regional Coale dan Demeny terdiri dari 25 level. Urutan level mulai dari yang harapan hidup pada waktu lahirnya (e_o^o) rendah ke yang e_o^onya tinggi.

3.4.2. Langkah-langkah Konstruksi Tabel Kematian Model Regional Coale dan Demeny

Konstruksi tabel kematian model regional Coale dan Demeny untuk keempat pola mortalitas dilakukan dalam delapan (8) langkah.

Langkah 1: Menghitung koefisien korelasi antara $_nq_x$ dan $\log_{10}(_nq_x)$

Setelah mengidentifikasi empat pola mortalitas berdasarkan tabel kematian empiris dari 192 wilayah, matriks interkorelasi antara $_nq_x$ dan $\log_{10}(_nq_x)$ dihitung untuk keempat model.

Langkah 2: Mengestimasi koefisien-koefisien regresi untuk mengestimasi $_nq_x$

Koefisien-koefisien persamaan regresi linier yang menghubungkan (1) $_nq_x$ sebagai variabel tidak bebas dengan e_{10} (harapan hidup saat umur 10 tahun) sebagai variabel bebas, serta koefisien-koefisien persamaan regresi linier yang menghubungkan (ii) $\log_{10}(_nq_x)$ sebagai variabel tidak bebas dengan e_{10} sebagai variabel bebas diestimasi dengan menggunakan metode kuadrat terkecil.

Langkah 3: Mengestimasi $_nq_x$

Nilai-nilai $_nq_x$ yang diestimasi dari regresi logaritma $\log_{10}(_nq_x)$ selalu lebih besar dari nilai-nilai $_nq_x$ yang diestimasi dari regresi yang tidak ditransformasi $_nq_x$ pada harapan hidup pengamatan yang ekstrim rendah dan tinggi. Sementara itu, nilai-nilai $_nq_x$ yang diestimasi dari regresi logaritma $\log_{10}(_nq_x)$ selalu lebih kecil dari nilai-nilai $_nq_x$ yang diestimasi dari regresi yang tidak ditransformasi $_nq_x$ pada harapan hidup pengamatan yang di tengah-tengah. Dengan perkataan lain, kedua garis regresi selalu berpotongan dua kali dalam rentang pengamatan. Dalam mengkonstruksi tabel kematian, ${}_nq_x$ diambil dari regresi sederhana pada semua titik-titik di sebelelah kiri (yaitu titik-titik yang lebih rendah daripada harapan hidup) dari perpotongan pertama dari garis regresi. Untuk yang di sebelah kanan perpotongan yang kedua, nilai-nilai ${}_nq_x$ diambil dari regresi logaritma. Untuk titik-titik di antara kedua perpotongan, digunakan rata-rata dari kedua persamaan regresi.

Langkah 4: Menghitung l_x, jumlah orang yang bertahan hidup sampai umur x dengan l_0 = 100.000 orang.

Dari berbagai nilai e_{10} dihitung ${}_nq_x$ untuk umur 0, 1, 5, 10, ..., 75. Dari setiap himpunan nilai ${}_nq_x$ ini, dihitung l_1, l_5, l_{10}, ..., l_{80}, dengan l_0 = 100.000 orang. Untuk umur di atas 80, l_x, dihitung dengan menggunakan rumus Gompertz

$$l_x = l_{80} \exp[-(\mu(80)/k)(e^{k(x-80)} - 1]$$

dimana $k = \log(\mu(105) - \mu(77,5)))/27,5$ dan $\mu(105) = 0,551 + 1,75({}_5q_{75})$ untuk laki-laki, $\mu(105) = 0,613 + 1,75({}_5q_{75})$ untuk perempuan, dan $\mu(77,5) = (l_{75} - l_{80})/{}_5L_{75}$.

Langkah 5: Mengestimasi $_nL_x$ dan e_x^o dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$_1L_0 = k_0 l_0 + (1 - k_0) l_1$

$_4L_1 = k_1 l_1 + (4 - k_1) l_5$

$_5L_x = k_x l_x + (5 - k_x) l_{x+5}$, x = 5, 10, 15, ..., 75

$_nL_x$ untuk x = 80, 85, 90 dan 95 dihitung dengan aproksimasi numerik integral $\int_x^{x+5} l(y)dy$, menggunakan rumus Gompertz untuk $l(y)$ pada interval-interval seperlima dari suatu tahun. T_{100} dihitung sebagai $\int_{100}^{\infty} l(x)dx$ dan $T_x = \sum_x^{95} {}_5L_y + T_{100}$.

Rumus untuk menghitung e_x^o adalah sebagai berikut.

$$e_x^o = \frac{T_x}{l_x}$$

Nilai-nilai k_0 ketika $_1q_0 \geq 0{,}100$ adalah sebagai berikut.

Model	**Laki-laki**	**Perempuan**
Barat, Utara dan Selatan	0,35	0,33
Timur	0,31	0,29

Nilai-nilai k_0 ketika $_1q_0 < 0{,}100$ adalah sebagai berikut.

Model	**Laki-laki**	**Perempuan**
Barat, Utara dan Selatan	$k_0 = 0{,}050 + 3{,}00\,{}_1q_0$	$k_0 = 0{,}0425 + 2{,}875\,{}_1q_0$
Timur	$k_0 = 0{,}010 + 3{,}00\,{}_1q_0$	$k_0 = 0{,}0025 + 2{,}875\,{}_1q_0$

Nilai-nilai k_1 ketika ${}_1q_0 \geq 0,100$ adalah sebagai berikut.

Jenis kelamin	Model Barat	Model Utara	Model Timur	Model Selatan
Laki-laki	1,361	1,570	1,324	1,239
Perempuan	1,352	1,558	1,313	1,240

Nilai-nilai k_1 ketika ${}_1q_0 < 0,100$ adalah sebagai berikut.

Model	Laki-laki	Perempuan
Barat	$k_1 = 1,524 - 1,625\,{}_1q_0$	$k_1 = 1,653 - 3,013\,{}_1q_0$
Utara	$k_1 = 1,733 - 1,627\,{}_1q_0$	$k_1 = 1,859 - 3,013\,{}_1q_0$
Timur	$k_1 = 1,402 - 1,627\,{}_1q_0$	$k_1 = 1,541 - 3,013\,{}_1q_0$
Selatan	$k_1 = 1,487 - 1,627\,{}_1q_0$	$k_1 = 1,614 - 3,013\,{}_1q_0$

Langkah 6: Menghitung angka kematian menurut umur (${}_nm_x$)

${}_nm_x$ dihitung dengan menggunakan rumus ${}_nm_x = \frac{{}_nd_x}{{}_nL_x}$, dimana ${}_nd_x = l_x - l_{x+n}$.

Langkah 7: Menghitung angka kelangsungan hidup untuk proyeksi kelompok umur lima tahunan, ${}_nP_x$.

${}_nP_x$ dihitung dengan menggunakan rumus ${}_5P_x = \frac{{}_5L_{x+5}}{{}_5L_x}$, x = 0, 5, 10, ..., 95.

Angka kelangsungan hidup yang pertama, P_0, adalah proporsi yang bertahan hidup hingga akhir dari suatu interval waktu lima tahunan dari bayi yang lahir selama interval tersebut. P_0 dengan menggunakan rumus $P_0 = \frac{{}_5L_0}{5 \times l_0}$ dimana ${}_5L_0 = {}_1L_0 + {}_4L_1$ dan l_0 adalah radiks (100.000).

Angka kelangsungan hidup yang terakhir, P_{95}, adalah orang-orang yang berumur lebih dari 95 tahun pada awal suatu interval dan berusia lebih dari 100 tahun pada akhir suatu interval, dihitung dengan rumus $P_{95} = \frac{T_{100}}{T_{95}}$.

Langkah 8: Pemilihan nilai e_{10}^{o}

Baik tabel kematian perempuan maupun tabel kematian laki-laki dihitung dari regresi antara ${}_nq_x$ dan e_{10}^{o} . Nilai-nilai e_{10}^{o} yang digunakan sebagai variabel bebas dalam mengkonstruksi tabel kematian perempuan dipilih melalui suatu proses iterasi sehingga menghasilkan nilai e_{0}^{o} dengan interval 2,5 tahun dari 20 tahun sampai 80 tahun. Nilai-nilai e_{10}^{o} untuk laki-laki dipilih sedemikian rupa sehingga bersesuaian dengan e_{10}^{o} perempuan yang mempertahankan hubungan khusus e_{10}^{o} untuk laki-laki dan perempuan pada setiap tingkat mortalitas dalam setiap keluarga tabel kematian. Hubungan yang diajukan adalah sebagai berikut.

$$(e_{10}^{o})_m - (\overline{e_{10}^{o}})_m = \frac{\sigma_m}{\sigma_f}[(e_{10}^{o})_f - (\overline{e_{10}^{o}})_f]$$

dimana σ_m dan σ_f masing-masing adalah deviasi standar dari harapan hidup saat umur 10 tahun untuk laki-laki dan perempuan. Ekspresi ini adalah persamaan untuk garis lurus dengan suatu kemiringan (*slope*) antara (*intermediate*) antara regresi $(e_{10}^{o})_m$ pada $(e_{10}^{o})_f$ dan invers dari regresi $(e_{10}^{o})_f$ pada $(e_{10}^{o})_m$. Koefisien korelasi antara $(e_{10}^{o})_m$ dan $(e_{10}^{o})_m$ adalah lebih dari 0,99 dalam semua kasus sehingga kedua garis regresi hampir identik.

Contoh tabel kematian model regional Coale dan Demeny untuk model Barat, Utara, Timur dan Selatan untuk perempuan pada level 21 disajikan masing-masing pada Tabel 3.4, Tabel 3.5, Tabel 3.6 dan Tabel 3.7. Terlihat bahwa probabilitas meninggal saat bayi paling rendah untuk model Barat dan paling tinggi untuk model Selatan (Gambar 3.2). Probabilitas meninggal pada umur 5-40 tahun paling rendah untuk model Selatan dan paling tinggi untuk model Utara. Probabilitas meninggal pada umur 45-50 tahun paling rendah juga untuk model Selatan dan paling tinggi untuk model Barat. Probabilitas meninggal pada umur 55-70 tahun paling rendah untuk model Selatan dan paling tinggi untuk model Barat. Probabilitas meninggal pada umur 75 tahun ke atas paling rendah untuk model Barat dan paling tinggi untuk model Selatan.

Tabel 3.4

Tabel Kematian Model Regional Coale dan Demeny Model Barat untuk Perempuan Level 21

Umur (x)	**1000 $q(x)$**	$d(x)$	**1000 $m(x)$**	$l(x)$	$L(x)$	$P(x)$	$T(x)$	$e(x)$	**Umur (x)**
0	31,16	3.116	32,02	100.000	97.331	0,96591	7.000.000	70,000	0
1	7,81	757	1,96	96.884	385.622	0,99333	6.902.669	71,247	1
5	3,42	329	0,68	96.127	479.731	0,99714	6.517.047	67,796	5
10	2,75	263	0,55	95.798	478.360	0,99645	6.037.316	63,021	10
15	4,42	423	0,89	95.535	476.661	0,99466	5.558.956	58,188	15
20	6,34	603	1,27	95.112	474.115	0,99302	5.082.294	53,435	20
25	7,69	726	1,54	94.510	470.805	0,99160	4.608.179	48,759	25
30	9,18	861	1,84	93.783	466.850	0,98962	4.137.374	44,116	30
35	11,70	1.087	2,35	92.922	462.004	0,98631	3.670.524	39,501	35
40	15,88	1.458	3,20	91.836	455.679	0,98070	3.208.520	34,938	40
45	23,07	2.085	4,66	90.377	446.884	0,97173	2.752.841	30,459	45
50	34,04	3.006	6,92	88.293	434.250	0,95815	2.305.957	26,117	50
55	50,61	4.316	10,37	85.287	416.077	0,93609	1.871.707	21,946	55
60	79,10	6.404	16,44	80.971	389.485	0,89855	1.455.629	17,977	60
65	127,75	9.526	27,22	74.567	349.971	0,83656	1.066.144	14,298	65
70	207,77	13.513	46,16	65.041	292.772	0,73635	716.173	11,011	70
75	326,47	16.822	78,03	51.527	215.582	0,60864	423.401	8,217	75
80	476,02	16.520	125,91	34.705	131.212	0,44588	207.820	5,988	80
85	653,47	11.883	203,11	18.185	58.505	0,27332	76.608	4,213	85
90	824,09	5.193	324,76	6.302	15.991	0,12712	18.102	2,873	90
95	942,13	1.044	513,80	1.109	2.033	0,03751	2.112	1,905	95
100	1000,00	64	809,80	64	79	0,0	79	1,235	100

Tabel 3.5

Tabel Kematian Model Regional Coale dan Demeny model Utara untuk Perempuan Level 21

Umur (x)	1000 $q(x)$	$d(x)$	1000 $m(x)$	$l(x)$	$L(x)$	$P(x)$	$T(x)$	$e(x)$	Umur (x)
0	32,64	3.264	33,58	100.000	97.219	0,96213	7.000.000	70,000	0
1	13,80	1.335	3,48	96.736	383.846	0,98824	6.902.781	71,357	1
5	6,10	582	1,22	95.401	475.407	0,99513	6.518.935	68,332	5
10	4,43	420	0,89	94.820	473.091	0,99470	6.043.528	63,737	10
15	6,25	590	1,25	94.400	470.583	0,99266	5.570.437	59,009	15
20	8,51	799	1,71	93.810	467.131	0,99085	5.099.855	54,364	20
25	9,85	916	1,98	93.011	462.856	0,98964	4.632.724	49,808	25
30	10,93	1.006	2,20	92.095	458.059	0,98822	4.169.868	45,278	30
35	12,72	1.158	2,56	91.088	452.662	0,98510	3.711.809	40,750	35
40	17,29	1.555	3,49	89.930	445.920	0,98076	3.259.147	36,241	40
45	21,40	1.891	4,32	88.376	437.339	0,97377	2.813.227	31,833	45
50	31,59	2.732	6,42	86.485	425.866	0,96327	2.375.887	27,472	50
55	42,47	3.557	8,67	83.753	410.225	0,94596	1.950.022	23,283	55
60	67,12	5.382	13,87	80.195	388.058	0,91318	1.539.797	19,201	60
65	109,70	8.207	23,16	74.813	354.367	0,85921	1.151.739	15,395	65
70	178,61	11.896	39,07	66.606	304.477	0,77134	797.372	11,972	70
75	282,88	15.476	65,90	54.709	234.856	0,65583	492.895	9,009	75
80	426,78	16.744	108,71	39.233	154.025	0,49422	258.039	6,577	80
85	605,31	13.613	178,83	22.489	76.122	0,31536	104.014	4,625	85
90	788,41	6.998	291,52	8.876	24.006	0,15413	27.892	3,142	90
95	925,32	1.738	469,71	1.878	3.700	0,04790	3.886	2,069	95
100	1000,00	140	753,49	140	186	0,0	186	1,327	100

Tabel 3.6

Tabel Kematian Model Regional Coale dan Demeny Model Timur untuk Perempuan Level 21

Umur (x)	1000 $q(x)$	$d(x)$	1000 $m(x)$	$l(x)$	$L(x)$	$P(x)$	$T(x)$	$e(x)$	Umur (x)
0	40,96	4.096	42,47	100.000	96.448	0,95635	7.000.000	70,000	0
1	7,64	733	1,92	95.904	381.725	0,99356	6.903.552	71,984	1
5	2,91	277	0,58	95.171	475.095	0,99760	6.521.827	68,257	5
10	2,27	215	0,45	94.895	473.956	0,99712	6.046.731	63,721	10
15	3,55	336	0,71	94.679	472.590	0,99577	5.572.775	58,860	15
20	4,96	468	1,00	94.343	470.593	0,99457	5.100.185	54,060	20
25	5,93	556	1,19	93.875	468.040	0,99340	4.629.593	49,317	25
30	7,34	685	1,47	93.319	464.950	0,99151	4.161.553	44,595	30
35	9,74	902	1,96	92.634	461.004	0,98854	3.696.603	39,906	35
40	13,34	1.224	2,69	91.732	455.721	0,98360	3.235.599	35,272	40
45	19,75	1.788	3,99	90.508	448.248	0,97554	2.779.878	30,714	45
50	29,66	2.632	6,02	88.720	437.283	0,96316	2.331.630	26,281	50
55	44,85	3.861	9,17	86.088	421.174	0,94193	1.894.347	22,005	55
60	73,07	6.009	15,15	82.227	396.714	0,90349	1.473.173	17,916	60
65	123,91	9.444	26,35	76.218	358.426	0,83668	1.076.459	14,123	65
70	212,05	14.160	47,22	66.774	299.887	0,72687	718.034	10,753	70
75	342,82	18.037	82,75	52.614	217.979	0,59118	418.146	7,947	75
80	493,82	17.075	132,50	34.577	128.865	0,42871	200.167	5,789	80
85	670,25	11.731	212,34	17.502	55.246	0,25892	71.301	4,074	85
90	835,97	4.825	337,29	5.771	14.304	0,11823	16.055	2,782	90
95	947,42	897	530,34	947	1.691	0,03421	1.751	1,850	95
100	1000,00	50	830,99	50	60	0,0	60	1,203	100

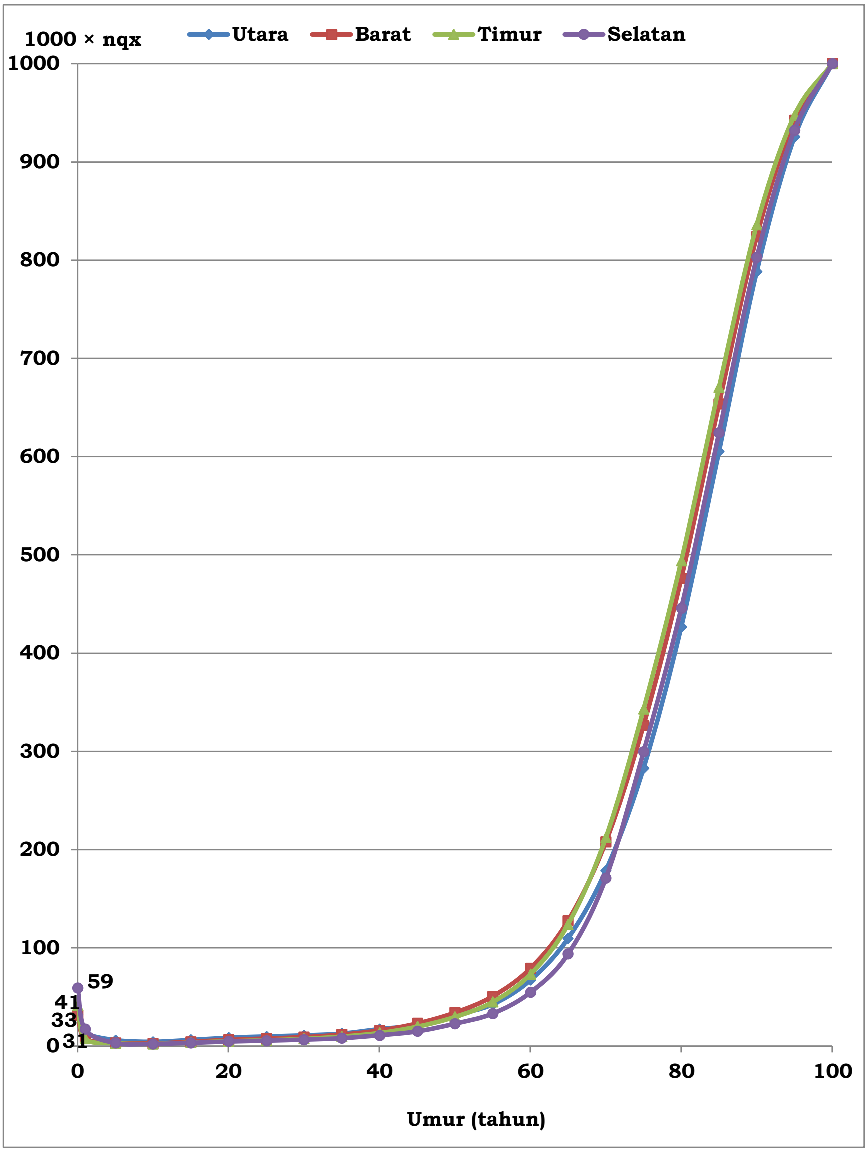
Tabel 3.7

Tabel Kematian Model Regional Coale dan Demeny Model Selatan untuk Perempuan Level 21

Umur (x)	1000 $q(x)$	$d(x)$	1000 $m(x)$	$l(x)$	$L(x)$	$P(x)$	$T(x)$	$e(x)$	Umur (x)
0	59,11	5.911	61,94	100.000	95.433	0,93488	7.000.000	70,000	0
1	17,16	1.614	4,34	94.089	372.007	0,98748	6.904.567	73,383	1
5	3,10	287	0,62	92.475	461.585	0,99752	6.532.560	70,642	5
10	2,26	208	0,45	92.188	460.439	0,99725	6.070.975	65,854	10
15	3,29	303	0,66	91.980	459.172	0,99605	5.610.536	60,998	15
20	4,66	427	0,93	91.677	457.360	0,99491	5.151.364	56,190	20
25	5,56	508	1,12	91.250	455.031	0,99394	4.694.004	51,441	25
30	6,61	600	1,33	90.742	452.271	0,99271	4.238.973	46,715	30
35	8,03	723	1,61	90.142	448.976	0,99053	3.786.702	42,008	35
40	11,04	988	2,22	89.419	444.725	0,98709	3.337.726	37,327	40
45	14,96	1.323	3,01	88.431	438.982	0,98131	2.893.001	32,715	45
50	22,80	1.986	4,61	87.108	430.776	0,97233	2.454.020	28,172	50
55	33,07	2.815	6,72	85.123	418.857	0,95679	2.023.244	23,769	55
60	54,57	4.491	11,21	82.308	400.758	0,92717	1.604.387	19,493	60
65	93,76	7.296	19,64	77.816	371.569	0,87114	1.203.629	15,468	65
70	170,81	12.046	37,21	70.520	323.689	0,76799	832.059	11,799	70
75	299,48	17.512	70,44	58.474	248.591	0,63774	508.370	8,694	75
80	445,84	18.263	115,20	40.962	158.537	0,47535	259.779	6,342	80
85	624,26	14.170	188,03	22.699	75.361	0,29868	101.242	4,460	85
90	802,73	6.846	304,16	8.529	22.509	0,14323	25.880	3,034	90
95	932,23	1.568	486,51	1.683	3.224	0,04365	3.371	2,004	95
100	1000,00	114	774,91	114	147	0,0	147	1,290	100

Gambar 3.2

Probabilitas Meninggal antara Umur x sampai Umur $x + n$, ${}_nq_x$, menurut Umur pada Tabel Kematian Model Regional Coale dan Demeny, Model Barat, Utara, Timur dan Selatan untuk Perempuan Level 21



3.5. Penggunaan Tabel Kematian

3.5.1. Tabel Kematian Ketenagakerjaan

Pada bagian ini dibahas tentang penggunaan tabel kematian (kolom *L(x)*) untuk mengkonstruksi tabel kematian ketenagakerjaan (*working life table*). Konstruksi tabel kematian ketenagakerjaan untuk perempuan Indonesia dengan menggunakan hasil Survei Angkatan Kerja Nasional (Sakernas) tahun 2010 dan tabel kematian model regional Coale dan Demeny yang diterbitkan oleh PPB untuk periode 2010-2015 disajikan pada Tabel 3.8 dengan penjelasan sebagai berikut. Perhitungan didasarkan pada asumsi bahwa TPAK perempuan menurut kelompok umur pada periode 2010-2015 sama dengan TPAK perempuan menurut kelompok umur menurut hasil Sakernas 2010.

Kolom 1. Umur (x) dengan interval lima tahun, dimulai dengan 10-14 tahun sampai 60+, karena dalam laporan Sakernas 2010 tingkat partisipasi angkatan kerja (TPAK) tersedia untuk kelompok umur 15-19, 20-24, ..., 55-59 dan 60+. x dimulai dengan 10-14 karena $L_{10\text{-}14}$, tahun orang hidup antara umur 10 dan 14 tahun, diperlukan untuk konstruksi tabel kematian ketenagakerjaan.

Kolom 2. W_x = TPAK pada kelompok umur x, yang diperoleh dari hasil Sakernas 2010. Sebagai contoh, TPAK perempuan Indonesia umur 25-29 tahun adalah 0,5488 pada tahun 2010. Artinya, dari 100 perempuan usia

15 tahun ke atas, 54,9% adalah angkatan kerja (bekerja, mencari pekerjaan atau bersedia bekerja apabila ada yang menyediakan).

Kolom 3. L_x = Tahun orang hidup pada kelompok umur *x*, yang diperoleh dari tabel kematian model regional Coale dan Demeny yang diterbitkan oleh PPB untuk periode 2010-2015.

Kolom 4. LW_x = Tahun orang hidup yang diharapkan digunakan untuk terjun ke dalam pasar kerja untuk kelompok umur *x*. LW_x adalah hasil perkalian antara W_x dan L_x, atau $LW_x = W_x \times L_x$. Sebagai contoh, untuk kelompok umur 50-54 tahun maka $LW_{50\text{-}54} = W_{50\text{-}54} \times L_{50\text{-}54} = W_{50\text{-}54} \times L_{50\text{-}54}$ = 0,6419 × 439.297 = 282.001. Artinya, pada periode 2010-2015 tahun orang hidup perempuan Indonesia yang digunakan untuk berpartisipasi dalam pasar kerja untuk kelompok umur 50-54 tahun adalah 282.001 tahun orang hidup.

Kolom 5. LW^*_x = Tahun orang hidup yang diharapkan digunakan untuk berpartisipasi dalam pasar kerja dengan membuang pengaruh kenaikan TPAK terhadap masuknya perempuan ke dalam pasar kerja. Dengan kata lain, TPAK dianggap konstan untuk kelompok umur yang lebih muda daripada kelompok umur dengan TPAK tertinggi (x^*). Artinya, TPAK untuk kelompok umur yang lebih muda diasumsikan sama dengan TPAK untuk kelompok umur dengan TPAK tertinggi (W_{x^*}). Jadi, $LW^*_x = W_{x^*} \times L_x$. Karena TPAK tertinggi pada kelompok umur 45-49 tahun maka untuk umur 15-49: $LW^*_x = W_{x^*} \times L_x = W_{45\text{-}49} \times L_x$. Sebagai contoh, untuk kelompok umur 15-19 tahun maka $LW^*_{15\text{-}19} = W_x^* \times L_{15\text{-}19} = W_{45\text{-}49} \times L_{15\text{-}19}$ = 0,6736 × 482.699 = 325.168.

Kolom 6. lW_x = banyak perempuan yang diharapkan akan tetap berpartisipasi dalam pasar kerja sampai kelompok umur x untuk kelompok umur yang lebih tua daripada kelompok umur dimana TPAK paling tinggi. Rumus untuk lW_x adalah sebagai berikut.

$$lW_x = \frac{LW_{x-5} + LW_x}{10}$$

Sebagai contoh, untuk kelompok umur 50-54 tahun maka

$$lW_{50-54} = \frac{LW_{45-49} + LW_{50-54}}{10} = \frac{304.555 + 282.000}{10} = 58.656\,.$$

Kolom 7. lW^*_x = banyak perempuan yang diharapkan akan tetap berpartisipasi dalam pasar kerja sampai kelompok umur x untuk kelompok umur yang lebih muda daripada kelompok umur dimana TPAK paling tinggi. Rumus untuk lW^*_x adalah sebagai berikut.

$$lW_x^* = \frac{LW_{x-5}^* + LW_x^*}{10}$$

Sebagai contoh, untuk kelompok umur 20-24 tahun maka

$$lW^{*}_{20-24} = \frac{LW^{*}_{15-19} + LW^{*}_{20-24}}{10} = \frac{323.331 + 321.125}{10} = 64.446 .$$

Kolom 8. TW^{*}_{x} = jumlah tahun orang hidup yang diharapkan digunakan untuk berpartisipasi dalam pasar kerja sampai semua keluar dari pasar kerja. Rumus untuk menghitung TW^{*}_{x} adalah sebagai berikut.

$TW^{*}_{x} = \sum_{x}^{x^{*}} LW^{*}_{y} + \sum_{x^{*}+5}^{\infty} LW_{y}$ untuk kelompok umur yang lebih muda daripada kelompok umur dengan TPAK tertinggi, x^{*}.

$TW_{x} = \sum_{x^{*}}^{\infty} LW_{y}$ untuk kelompok umur yang lebih tua daripada kelompok umur dengan TPAK tertinggi, x^{*}.

Sebagai contoh, TW^{*}_{40-44} adalah sebagai berikut.

$$TW^{*}_{40-44} = \sum_{40-44}^{45-49} LW^{*}_{y} + \sum_{50-54}^{60+} LW_{y} = 310.696 + 304.555 + 282.001 + 250.831 + 141.988 = 1.290.071$$

Sementara itu, TW^{*}_{50-54} adalah sebagai berikut.

$$TW^{*}_{50-54} = \sum_{50-54}^{60+} LW_{y} = 282.001 + 250.831 + 141.988 = 674.820$$

Artinya, pada periode 2010-2015 jumlah tahun orang hidup yang diharapkan digunakan untuk berpartisipasi dalam pasar kerja sampai semua keluar dari pasar kerja untuk perempuan Indonesia setelah umur 50-54 tahun adalah 674.820.

Kolom 9. eW^*_x = harapan berpartisipasi dalam pasar kerja pada umur *x*, yaitu jumlah tahun rata-rata yang akan digunakan untuk berpartisipasi dalam pasar kerja oleh mereka yang berhasil mencapai umur *x* sampai semua keluar dari pasar kerja. Karena jumlah tahun orang hidup yang dijalani untuk berpartisipasi dalam pasar kerja oleh sebanyak lW^*_x adalah TW^*_x maka $eW_x^* = \frac{TW_x^*}{lW_x^*}$ untuk kelompok umur yang lebih muda daripada kelompok umur dimana TPAK paling tinggi. Karena jumlah tahun orang hidup yang dijalani untuk berpartisipasi dalam pasar kerja oleh sebanyak lW_x adalah TW^*_x maka $eW_x^* = \frac{TW_x^*}{lW_x}$ untuk kelompok umur yang lebih tua daripada kelompok umur dimana TPAK paling tinggi.

Sebagai contoh, untuk x = 15-19 maka $eW_{15-19}^* = \frac{TW_{15-19}^*}{lW_{15-19}^*} = \frac{2.893.343}{65.153} = 44,409$.

Artinya, pada periode 2010-2015 jumlah tahun rata-rata yang akan dihidupi untuk berpartisipasi dalam pasar kerja oleh perempuan Indonesia berumur 15-19 tahun adalah 44,409 tahun. Sementara itu, eW^*_{50-54} = 11,505, yang berarti bahwa pada periode 2010-2015 jumlah tahun rata-rata yang akan dihidupi oleh perempuan Indonesia berumur 50-54 tahun untuk berpartisipasi dalam pasar kerja adalah 11,505 tahun. Atau, secara rata-rata perempuan Indonesia yang berhasil mencapai umur 50 tahun pada periode 2010-2015 diharapkan akan berpartisipasi dalam pasar kerja sampai umur (50 + 11,505) = 61,505 tahun.

Kolom 10. Q_x = angka kematian antara umur x dan x + n. Q_x digunakan untuk menghitung probabilitas keluar dari angkatan kerja karena kematian dan pensiun. Rumus untuk menghitung Q_x adalah sebagai berikut.

$$Q_x = \frac{L_x + L_{x+5}}{L_x}$$

Diasumsikan bahwa semua angkatan kerja dari umur paling muda sampai umur dimana TPAK tertinggi, x^*, dalam hal ini kelompok umur 15-49 tahun, keluar dari angkatan kerja karena kematian, sementara angkatan kerja umur 50+ diasumsikan keluar dari angkatan kerja karena kematian atau karena pensiun.

Sebagai contoh, untuk x = 15-19 maka

$$Q_{15-19} = \frac{L_{15-19} + L_{20-24}}{L_{15-19}} = \frac{482.699 + 479.972}{482.699} = 0,0056$$

Artinya, pada tahun 2010 di Indonesia angka kematian untuk angkatan kerja perempuan umur 15-19 tahun adalah 0,0056 atau 56 kematian angkatan kerja perempuan umur 15-19 tahun per 10.000 angkatan kerja perempuan umur 15-19 tahun.

Kolom 11. A_x = angka masuk angkatan kerja neto antara umur x dan $x + n$. A_x sudah memperhitungkan adanya kematian. Rumus untuk menghitung A_x adalah $A_x = \frac{LW_{x+5} - LW_x + Q_x \times LW_x}{L_x}$.

Sebagai contoh, untuk untuk x = 15-19 maka

$$A_{15-19} = \frac{LW_{20-24} - LW_{15-19} + Q_{15-19} \times LW_{15-19}}{L_{15-19}} = \frac{253.561 - 127.375 + 0,0056 \times 127.375}{482.699} = 0,2629$$

Artinya, pada tahun 2010 di Indonesia angka masuk angkatan kerja neto untuk angkatan kerja perempuan umur 15-19 tahun adalah 0,2629 atau terdapat lebih banyak 26 angkatan kerja perempuan umur 15-19 tahun yang masuk ke dalam angkatan kerja daripada yang keluar angkatan kerja per 1.000 angkatan kerja perempuan umur 15-19 tahun.

Sementara itu, angka masuk angkatan kerja neto untuk angkatan kerja perempuan umur 60+ adalah -0,3223. Artinya, pada tahun 2010 di Indonesia terdapat lebih banyak 32 angkatan kerja perempuan umur 60+ yang keluar dari angkatan kerja daripada yang masuk ke dalam angkatan kerja per 1.000 angkatan kerja perempuan umur 60+.

Kolom 12. $Q^s{}_x$ = angka keluar dari angkatan kerja (*separation rate*) karena semua sebab (kematian dan pensiun) antara umur x dan $x + n$. $Q^s{}_x$ sama dengan Q_x untuk kelompok umur 15-49 tahun. Rumus untuk menghitung $Q^s{}_x$ untuk kelompok umur 60+ adalah $Q_x^s = \frac{LW_x - LW_{x+5}}{LW_x}$.

Sebagai contoh, untuk untuk x = 50-54 maka

$$Q_{50-54}^s = \frac{LW_{50-54} - LW_{55+59}}{LW_{50-54}} = \frac{282.001 - 250.831}{282.001} = 0,1105$$

Artinya, pada tahun 2010 di Indonesia angka keluar dari angkatan kerja untuk angkatan kerja perempuan umur 50-54 tahun adalah 0,1105 atau terdapat 110 angkatan kerja perempuan umur 50-54 tahun yang keluar dari angkatan kerja per 1.000 angkatan kerja perempuan umur 50-54 tahun.

Kolom 13. $Q^d{}_x$ = angka keluar dari angkatan kerja (*separation rate*) karena kematian antara umur x dan $x + n$. Rumus untuk menghitung $Q^d{}_x$ adalah $Q_x^d = \frac{Q_x \times (2 - Q_x^s)}{2 - Q_x}$.

Sebagai contoh, untuk untuk x = 50-54 maka

$$Q_{50-54}^d = \frac{Q_{50-54} \times (2 - Q_{50-54}^s)}{2 - Q_{50-54}} = \frac{0,0407 \times (2 - 0,1105)}{2 - 0,0407} = 0,0392$$

Artinya, pada tahun 2010 di Indonesia angka keluar dari angkatan kerja karena kematian untuk angkatan kerja perempuan umur 50-54 tahun adalah 0,0392 atau terdapat 39 angkatan kerja perempuan umur 50-54 tahun yang keluar dari angkatan kerja karena kematian per 1.000 angkatan kerja perempuan umur 50-54 tahun yang keluar dari angkatan kerja.

Kolom 14. $Q^r{}_x$ = angka keluar dari angkatan kerja (*separation rate*) karena pensiun antara umur x dan $x + n$. $Q^r{}_x$ adalah selisih antara angka keluar dari angkatan kerja (*separation rate*) karena semua sebab dengan angka keluar dari angkatan kerja (*separation rate*) karena pensiun. Rumus untuk menghitung $Q^d{}_x$ adalah $Q_x^r = Q_x^s - Q_x^d$.

Sebagai contoh, untuk x = 50-54 maka $Q_{50-54}^r = Q_{50-54}^s - Q_{50-54}^d = 0{,}1105 - 0{,}0392 = 0{,}0713$. Artinya, pada tahun 2010 di Indonesia angka keluar dari angkatan kerja karena pensiun untuk angkatan kerja perempuan umur 50-54 tahun adalah 0,0713 atau terdapat 71 angkatan kerja perempuan umur 50-54 tahun yang keluar dari angkatan kerja karena pensiun per 1.000 angkatan kerja perempuan umur 50-54 tahun yang keluar dari angkatan kerja.

Tabel 3.8

Tabel Kematian Ketenagakerjaan untuk Perempuan: Indonesia Survei Angkatan Kerja Nasional 2010

Umur (x)	**W_x (TPAK$_x$)**	**L_x**	**LW_x**	**LW^*_x**	**lW_x**	**lW^*_x**	**TW^*_x**	**eW^*_x**	**Q_x**	**A_x**	**Q^s_x**	**Q^d_x**	**Q^r_x**
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
10-14		484.464		326.357									
15-19	0,2639	482.699	127.375	325.168		65.153	2.893.343	44,409	0,0056	0,2629	0,0056	0,0056	0,0000
20-24	0,5283	479.972	253.561	323.331		64.850	2.568.174	39,602	0,0068	0,0204	0,0068	0,0068	0,0000
25-29	0,5488	476.697	261.617	321.125		64.446	2.244.843	34,833	0,0082	0,0279	0,0082	0,0082	0,0000
30-34	0,5770	472.794	272.798	318.496		63.962	1.923.719	30,076	0,0105	0,0390	0,0105	0,0105	0,0000
35-39	0,6164	467.830	288.381	315.152		63.365	1.605.222	25,333	0,0141	0,0285	0,0141	0,0141	0,0000
40-44	0,6453	461.215	297.628	310.696		62.585	1.290.071	20,613	0,0198	0,0278	0,0198	0,0198	0,0000
45-49	0,6736	452.099	304.555	304.555		61.525	979.375	15,918	0,0283	-0,0308	0,0283	0,0283	0,0000
50-54	0,6419	439.297	282.001		58.656		674.820	11,505	0,0407	-0,0449	0,1105	0,0392	0,0713
55-59	0,5952	421.439	250.831		53.283		392.819	7,372	0,0645	-0,2199	0,4339	0,0522	0,3817
60+	0,3601	394.261	141.988		39.282		141.988	3,615	0,1052	-0,3223	1,0000	0,0555	0,9445
		352.800											

3.5.2. Penggunaan Kolom $l(x)$ dan $d(x)$

Pada bagian ini disajikan pembahasan tentang penggunaan tabel kematian, dalam hal ini kolom $l(x)$ dan $d(x)$, untuk beberapa kasus berikut ini. Pembahasan untuk Kasus 1 – Kasus 6 didasarkan pada tabel kematian model regional Coale dan Demeny yang dipublikasikan oleh PBB untuk Indonesia untuk periode 2010-2015 untuk laki-laki (Tabel 3.9) dan perempuan (Tabel 3.2).

Kasus 1. Perhitungan proporsi laki-laki Indonesia berusia 25 tahun yang akan tetap hidup sampai berumur 45 tahun pada tahun 2010.

Jawab: Diketahui bahwa dari 100.000 bayi laki-laki Indonesia yang lahir sama-sama, jumlah yang bertahan hidup sampai usia 25 tahun adalah l_{25} = 94.445 dan sampai usia 45 tahun adalah l_{45} = 89.256. Jadi, proporsi laki-laki berusia 25 tahun yang akan tetap hidup sampai berumur 45 tahun = $\frac{l_{45}}{l_{25}} = \frac{89.256}{94.445} = 0,9451$.

Kasus 2. Perhitungan jumlah laki-laki yang akan tetap hidup sampai berumur 45 tahun dari 2000 orang laki-laki berumur 25 tahun.

Jawab: Berdasarkan Kasus 1, jumlah laki-laki Indonesia yang akan tetap hidup sampai berumur 45 tahun dari 2000 orang laki-laki Indonesia berumur 25 tahun = 2000 × 0,9451 = 1.890.

Kasus 3. Perhitungan proporsi laki-laki yang sekarang berumur 15 tahun akan meninggal sesudah hari ulang tahun terakhir ke-35!

Jawab: Diketahui bahwa dari 100.000 bayi laki-laki Indonesia yang lahir sama-sama, jumlah yang bertahan hidup sampai usia 15 tahun adalah l_{15} = 96.007 dan jumlah yang meninggal setelah ulang tahun yang ke-35 adalah d_{35} = 1.348. Jadi, proporsi laki-laki yang sekarang berumur 15 tahun akan meninggal sesudah hari ulang tahun terakhir ke-35 = $\frac{d_{35}}{l_{15}} = \frac{1.348}{96.007} = 0,0140$.

Kasus 4. Perhitungan jumlah rata-rata laki-laki yang diharapkan meninggal antara umur 20 dan 35 tahun yang tercakup dalam 3000 orang laki-laki yang sekarang berumur 15 tahun.

Jawab: Diketahui bahwa dari 100.000 bayi laki-laki Indonesia yang lahir sama-sama, jumlah yang bertahan hidup sampai umur 15 tahun adalah l_{15} = 96.007, sampai umur 20 tahun adalah l_{20} = 95.353 dan sampai umur 35 tahun adalah l_{35} = 92.482. Jadi, jumlah rata-rata laki-laki yang diharapkan meninggal antara umur 20 dan 35 tahun yang tercakup dalam 3000 orang laki-laki yang sekarang berumur 15 tahun = $3000 \times \frac{l_{20} - l_{35}}{l_{15}} = 3000 \times \frac{95.353 - 92.482}{96.007} = 90$.

Kasus 5. Perhitungan kemungkinan seorang perempuan berumur 20 tahun dan seorang laki-laki berumur 30 tahun yang diharapkan akan meninggal dalam jangka waktu 20 tahun mendatang.

Jawab: Diketahui bahwa dari 100.000 bayi perempuan Indonesia yang lahir sama-sama, jumlah yang bertahan hidup sampai umur 20 tahun adalah l_{20}^{f} = 96.286 dan sampai umur 40 tahun adalah l_{40}^{f} = 92.969. Sementara itu, diketahui bahwa dari 100.000 bayi laki-laki Indonesia yang lahir sama-sama, jumlah yang bertahan hidup sampai umur 30 tahun adalah l_{30}^{m} = 93.525 dan sampai umur 50 tahun adalah l_{50}^{m} = 86.434. Jadi, kemungkinan seorang perempuan berumur 20 tahun dan seorang laki-laki berumur 30 tahun yang diharapkan akan meninggal dalam jangka waktu 20 tahun mendatang adalah

$\frac{l_{20}^{f}-l_{40}^{f}}{l_{20}^{f}}\times\frac{l_{30}^{m}-l_{50}^{m}}{l_{30}^{m}}=\frac{96.286-92.969}{96.286}\times\frac{93.525-86.434}{93.525}=0,0344\times 0,0758=0,0026$ atau 1 berbanding 383.

Kasus 6. Perhitungan kemungkinan seorang bayi laki-laki yang baru dilahirkan oleh seorang ibu berumur 20 tahun dan seorang ayah berumur 30 tahun akan hidup dalam jangka waktu 20 tahun mendatang dan kemudian bayi itu menjadi anak yatim piatu!

Jawab: Berdasarkan Kasus 6 diketahui bahwa probabilitas kedua orang tua anak laki-laki tersebut meninggal dalam jangka waktu 20 tahun mendatang adalah 0,0026. Sementara itu, diketahui bahwa dari 100.000 bayi laki-laki Indonesia yang lahir sama-sama, jumlah yang bertahan hidup sampai umur 20 tahun adalah l_{20}^{m} = 95.353. Jadi, kemungkinan seorang bayi laki-laki yang baru dilahirkan oleh seorang ibu berumur 20 tahun dan seorang ayah berumur 30 tahun akan hidup dalam jangka waktu 20 tahun mendatang dan kemudian bayi itu menjadi anak yatim piatu adalah atau $\frac{l_{20}^{f}-l_{40}^{f}}{l_{20}^{f}} \times \frac{l_{30}^{m}-l_{50}^{m}}{l_{30}^{m}} \times \frac{l_{20}^{m}}{l_{0}^{m}} = \frac{96.286-92.969}{96.286} \times \frac{93.525-86.434}{93.525} \times \frac{95.353}{100.000} = 0,0025$ atau 1 berbanding 402.

Tabel 3.9

Tabel Kematian Singkat Model Regional Coale dan Demeny yang Dipublikasikan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk Laki-laki: Indonesia 2010-2015

Umur	n	${}_nm_x$	${}_nq_x$	${}_np_x$	l_x	${}_nd_x$	${}_nL_x$	${}_nS_x$	T_x	e_x^o	${}_na_x$
0	1	0,02860	0,02790	0,97210	100.000	2.790	97.552	0,97000	6.661.311	66,61	0,12
1	4	0,00148	0,00590	0,99410	97.210	573	387.446	0,99452	6.563.759	67,52	1,57
5	5	0,00070	0,00348	0,99652	96.637	336	482.342	0,99674	6.176.313	63,91	2,50
10	5	0,00061	0,00304	0,99696	96.300	293	480.768	0,99539	5.693.971	59,13	2,50
15	5	0,00137	0,00682	0,99318	96.007	654	478.554	0,99165	5.213.202	54,30	2,74
20	5	0,00191	0,00952	0,99048	95.353	908	474.558	0,99029	4.734.649	49,65	2,57
25	5	0,00196	0,00974	0,99026	94.445	920	469.952	0,98968	4.260.091	45,11	2,53
30	5	0,00224	0,01115	0,98885	93.525	1.043	465.102	0,98733	3.790.139	40,53	2,58
35	5	0,00294	0,01457	0,98543	92.482	1.348	459.208	0,98271	3.325.037	35,95	2,62
40	5	0,00416	0,02061	0,97939	91.135	1.878	451.267	0,97439	2.865.829	31,45	2,65
45	5	0,00642	0,03162	0,96838	89.256	2.822	439.708	0,96026	2.414.563	27,05	2,67
50	5	0,01009	0,04930	0,95070	86.434	4.261	422.234	0,93826	1.974.854	22,85	2,67
55	5	0,01594	0,07687	0,92313	82.173	6.317	396.167	0,89973	1.552.620	18,89	2,67
60	5	0,02722	0,12792	0,87208	75.856	9.703	356.445	0,84219	1.156.453	15,25	2,65
65	5	0,04234	0,19212	0,80788	66.153	12.709	300.195	0,76691	800.008	12,09	2,59
70	5	0,06554	0,28233	0,71767	53.443	15.089	230.224	0,66104	499.812	9,35	2,55
75	5	0,10281	0,40796	0,59204	38.355	15.647	152.188	0,52494	269.588	7,03	2,47
80	5	0,15876	0,55856	0,44144	22.707	12.684	79.890	0,31951	117.400	5,17	2,35
85	15	0,26723	...	...	10.024	10.024	37.511	...	37.511	3,74	3,74

Sumber: UN (2015).

Kasus 7. Suatu perusahaan membuat suatu perjanjian dengan 2000 pekerja perempuan berusia 46 tahun untuk membayar keluarga dekat kepada setiap orang yang meninggal sebelum mencapai usia 50 tahun sebesar Rp.1.750.000 setiap tahun atau sebagian dari suatu tahun dimana mereka hidup pada masa yang akan datang. Berdasarkan informasi pada tabel berikut ini, berapa perusahaan diharapkan akan membayar?

Umur	l_x	d_x
46	91.005	421
47		425
48		432
49		435
50		441

Jawab:

Diketahui l_{46} = 91.005 atau dari 100.000 bayi perempuan yang lahir sama-sama sebanyak 91.005 bertahan hidup sampai umur 46 tahun. Banyak pekerja perempuan yang meninggal antara umur 46 dan 47 tahun adalah 421 orang sehingga perusahaan harus membayar anggota keluarga pekerja perempuan yang meninggal sebesar 421 × Rp.1.750.000 = Rp.736.750.000. Banyak pekerja perempuan yang meninggal antara umur 47 dan 48 tahun adalah 425 orang sehingga perusahaan harus membayar anggota keluarga pekerja perempuan yang meninggal sebesar 425 × Rp.3.500.000 = Rp.1.487.500.000. Banyak pekerja perempuan yang meninggal antara umur 48 dan 49 tahun adalah 432 orang sehingga perusahaan harus membayar anggota keluarga pekerja perempuan yang meninggal sebesar 432 × Rp.5.250.000 = Rp.2.268.000.000. Banyak pekerja perempuan yang meninggal antara umur 49 dan 50 tahun adalah 435 orang sehingga perusahaan harus membayar anggota keluarga pekerja perempuan yang meninggal sebesar 435 × Rp.7.000.000 = Rp. 3.045.000.000. Jadi, jumlah yang harus dibayarkan perusahaan untuk anggota keluarga dari pekerja perempuan yang meninggal antara usia 46 dan 50 tahun dari 91.005 pekerja perempuan berumur 46 tahun adalah Rp.736.750.000 + Rp.1.487.500.000 + Rp.2.268.000.000 + Rp. 3.045.000.000 = Rp.7.537.250.000. perusahaan harus membayar sebesar Rp.7.537.250.000. Karena perusahaan membuat perjanjian dengan 2.000 pekerja perempuan berusia 46 tahun maka perusahaan harus membayar sebesar

$$\frac{2.000}{91.005} \times \text{Rp.}7.537.250.000 = \text{Rp.}165.644.745$$

Kasus 8. Penyusunan kolom l_x, q_x, d_x dan p_x suatu tabel kematian untuk umur 20 tahun sampai 50 tahun berdasarkan informasi probabilitas kelahiran hidup sampai umur 20 tahun = 0,93, l_0 = 100.000, q_{20} = 0,009, q_{25} = 0,011, q_{30} = 0,013, q_{35} = 0,015, q_{40} = 0,021 dan q_{45} = 0,032.

Kolom 1: Umur 20, 25, 30, 35, 40 dan 45.

Kolom 2: Diketahui probabilitas kelahiran hidup sampai umur 20 tahun = 0,93 dan l_0 = 100.000 maka jumlah penduduk yang bertahan hidup sampai umur 20 tahun adalah l_{20} = 0,93 × 100.000 = 93.000. Sementara itu, jumlah penduduk yang bertahan hidup sampai umur 25 tahun adalah $l_{25} = l_{20} - d_{20}$ = 93.000 – 1.023 = 91.977.

Kolom 3: d_x diperoleh dengan mengalikan l_x dengan q_x. Jadi, $d_{20} = l_{20} \times q_{20} = 93.000 \times 0{,}009 = 1.023$.

Kolom 4: p_x diperoleh dengan mengurangi 1 dengan q_x. Jadi, $p_{20} = 1{,}000 - q_{20} = 1{,}000 - 0{,}009 = 0{,}991$.

Hasilnya disajikan pada tabel berikut.

Umur	l_x	d_x	p_x	q_x
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
20	= 0,93 × 100.000 = 93.000	= 0,09 × 93.000 = 1.023	= 1,000 – 0,009 = 0,991	0,009
25	= 93.000 – 1.023 = 91.977	= 0,011 × 91.977 = 1.196	= 1,000 – 0,011 = 0,989	0,011
30	= 91.977 – 1.196 = 90.781	= 0,013 × 90.781 = 1.362	= 1,000 – 0,013 = 0,987	0,013
35	= 90.781 – 1.362 = 89.420	= 0,015 × 89.420 = 1.878	= 1,000 – 0,015 = 0,985	0,015
40	= 89.420 – 1.878 = 87.542	= 0,021 × 87.542 = 2.189	= 1,000 – 0,021 = 0,979	0,021
45	= 87.542 – 2.189 = 85.353	= 0,032 × 85.353 = 2.731	= 1,000 – 0,032 = 0,968	0,032

DAFTAR PUSTAKA

Coale, A.J. dan Paul Demeny. 1966. *Regional Model Life Tables and Stable Populations*. Princeton, New Jersey, Princeton University Press.

Coale, A.J., P. Demeny dan B. Vaughan. 1983. *Regional Model Life Tables and Stable Populations*. Second Edition. New York, Academic Press.

Kintner, H.J. .2004. The Life Table. Dalam: The Methods and Materials of Demography. Editor: Siegel, J. S. dan D. A. Swanson. Second Edition. California, Elsevier Academic Press.

United Nations (UN). 1957. Age *and Sex Patterns of Mortality: Model Life Tables for Under-Developed Countries*. United Nations publication, Sales No. 55 XIII.9.

United Nations (UN). 1982. *Model Life Tables for Developing Countries*. United Nations publication, Sales No. E.81.XIII.7.

United Nations 1983. *Manual X: Indirect Techniques for Demographic Estimation*. United Nations publication, Sales No. E.83.XIII.2.

United Nations. 2015. World Population Prospects: The 2015 Revision. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, DVD Edition.

BAB 4

PERKIRAAN TINGKAT KEMATIAN BAYI DAN ANAK

4.1. Pendahuluan

Idealnya, tingkat kematian bayi dan anak diperkirakan secara langsung dari statistik registrasi vital yang lengkap dan dapat dipercaya. Tingkat kematian bayi dan anak antara lain meliputi angka kematian bayi dan angka kematian anak usia bawah lima tahun. Jika jumlah kematian bayi usia 0-11 bulan ($M_{0-11\text{ bulan}}$) pada suatu periode dan jumlah kelahiran hidup (LH) pada periode yang sama tersedia dari statistik registrasi vital yang lengkap dan dapat dipercaya maka perhitungan angka kematian bayi (AKB) secara langsung dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$AKB = \frac{M_{0-11\text{ bulan}}}{LH} \times 1.000$$

Sementara itu, jika jumlah kematian anak usia bawah lima tahun (M_{0-5}) pada suatu periode dan jumlah anak usia bawah lima tahun (P_{0-5}) pada periode yang sama tersedia dari statistik registrasi vital yang lengkap dan dapat dipercaya maka angka kematian anak usia bawah lima tahun secara langsung dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$AKABA = \frac{M_{0-5}}{P_{0-5}} \times 1.000$$

Akan tetapi, statistik registrasi vital relatif tidak lengkap di negara-negara berkembang, termasuk Indonesia. Oleh karena itu, teknik-teknik perkiraan tingkat kematian tidak langsung digunakan untuk menghitung mortalitas berdasarkan sensus dan survei. Secara khusus, perkiraan tingkat kematian bayi dan anak berdasarkan sensus dan survei memanfaatkan informasi tentang jumlah anak lahir hidup dan jumlah anak yang sudah meninggal yang dikumpulkan dalam sensus dan survei. Akan tetapi, berkaitan dengan informasi kematian, sensus dan survei juga memiliki keterbatasan, seperti kurang pelaporan anak lahir hidup dan kesalahan pelaporan umur.

Beberapa metode tidak langsung untuk perkiraan tingkat kematian bayi dan anak telah dikembangkan. Untuk menghindari keterbatasan yang berkaitan dengan data anak lahir hidup dan anak masih hidup dari sensus dan survei, dibuat asumsi-asumsi. Pada bab ini dibahas perkiraan tingkat kematian bayi dan anak dengan menggunakan metode tidak langsung yang diajukan oleh Brass, Sullivan, Feeney dan Trussell serta evaluasi perkiraan angka kematian bayi dengan menggunakan sistem logit.

4.2. Metode Brass: Perkiraan Tingkat Kematian Bayi dan Anak

4.2.1. Dasar Pemikiran

Metode Brass (Brass 1975) dikembangkan untuk perkiraan mortalitas dalam kondisi catatan statistik yang tidak lengkap. Dalam banyak kasus, registrasi kematian kurang lengkap dibandingkan dengan registrasi kelahiran sehingga ditemukan permasalahan yang lebih banyak dalam mengembangkan metode perkiraan mortalitas dibandingkan dengan perkiraan fertilitas. Prosedur perkiraan mortalitas dapat didasarkan atas (i) data yang dikumpulkan melalui pertanyaan-pertanyaan retrospektif dalam sebuah sensus atau survei, dan (ii) data yang dikumpulkan dalam sensus berurutan.

Metode yang paling sederhana dan jelas dalam menemukan mortalitas masa lalu adalah dengan bertanya pada perempuan berapa banyak anak yang mereka punyai dan berapa banyak diantaranya yang meninggal. Pertanyaan-pertanyaan seperti ini sudah ditanyakan dalam berbagai sensus untuk jangka waktu yang lama, tetapi data yang dihasilkan jarang digunakan kecuali untuk menunjukkan bahwa sebuah proporsi besar dari kematian bayi mengindikasikan mortalitas tinggi.

Seperti dapat dilihat pada Tabel 4.1, rasio antara jumlah rata-rata anak meninggal dan jumlah rata-rata anak lahir hidup (kolom 4) tidak tergantung pada jumlah perempuan. Jika diasumsikan data ini akurat, bagaimana data ini digunakan untuk menghasilkan ukuran-ukuran mortalitas dalam suatu bentuk yang sesuai untuk analisis?

Tabel 4.1

Jumlah Rata-rata Anak Lahir Hidup, Jumlah Rata-rata Anak Meninggal dan, Rasio antara Jumlah Rata-rata Anak Meninggal dan Jumlah Rata-rata Anak Lahir Hidup menurut Kelompok Umur Perempuan

Kelompok umur perempuan (tahun)	**Jumlah rata-rata anak lahir hidup**	**Jumlah rata-rata anak meninggal**	**Rasio**
(1)	(2)	(3)	(4)
15-19	0,18	0,03	0,167
20-24	1,50	0,24	0,160
25-29	2,99	0,57	0,191
30-34	4,16	0,93	0,224
35-39	5,38	1,37	0,255
40-44	5,63	1,68	0,298

Sumber: Brass (1975, hal. 50).

Untuk mengembangkan teori dari sudut pandang matematika, x didefinisikan sebagai umur eksak seorang perempuan pada waktu survei, $f(y)$ sebagai angka fertilitas tahunan untuk umur y dan $q(z)$ sebagai probabilitas seorang anak meninggal dalam interval antara kelahiran sampai umur z. Proporsi anak meninggal untuk perempuan umur x, D_x, adalah

$$D_x = \frac{\int_0^x f(y)q(x-y)dy}{\int_0^x f(y)dy}$$

Pada penyebut, integral antara 0 dan x dari angka fertilitas spesifik menghasilkan angka fertilitas kumulatif untuk seorang perempuan yang bertahan hidup hingga tepat berumur x. Pada pembilang, perkalian antara angka kelahiran menurut umur dan probabilitas meninggal dalam periode antara saat lahir dan umur z (dimana $z = x - y$) adalah jumlah kematian relatif di antara anak-anak yang lahir dari perempuan berumur y. Batas bawah integral pada D_x dapat diganti dengan α , dimana α adalah umur pada awal periode reproduksi. Jadi,

$$D_x = \frac{\int_\alpha^x f(y)q(x-y)dy}{\int_\alpha^x f(y)dy}$$

Selanjutnya, misalkan diberikan suatu umur $x > \beta$, dimana β adalah batas atas dari periode reproduksi, maka deret nilai-nilai dari probabilitas kematian sebelum umur $(x-y)$ dapat dihitung. Dua suku pertama dari deret ini adalah $q(x-y) = q(x-\overline{m}) + (y-\overline{m})q'(x-\overline{m}) + \ldots$, dimana $\overline{m}$ adalah nilai rata-rata dari fungsi $f(y)$. Karena $\overline{m}$ adalah nilai rata-rata, suku kedua menjadi bernilai 0 dan jika suku-suku yang lebih tinggi dari suku pertama diabaikan maka $D_x \cong q(x-\overline{m})$.

Persamaan ini cukup presisi, karena fungsi fertilitas agak simetris, dan di sisi lain, probabilitas meninggal teratur dan linier, kecuali dari saat umur-umur paling muda. Ketika umur lebih besar dari β, kedua sifat-sifat fungsi-fungsi ini berinteraksi, yang membuat rumus perkiraan agak pasti. Proporsi anak meninggal pada kelompok umur 45-49 tahun akan menjadi probabilitas meninggal antara umur 0 dan $47{,}5-\overline{m}$, atau $q(47{,}5-\overline{m})$. Untuk kelompok umur selanjutnya, 50-54, probabilitas ini adalah $q(52{,}5-\overline{m})$. Karena nilai $\overline{m}$ biasanya antara 27 atau 28 tahun, kelompok umur 45-49 tahun menghasilkan perkiraan probabilitas meninggal antara 0 dan 20,

$q(20)$, dan kelompok umur 50-54 tahun akan menghasilkan perkiraan kematian antara umur 0 hingga 25 tahun, $q(25)$.

Dalam banyak kasus, data pada perempuan yang lebih tua kurang menarik dibandingkan dengan data pada perempuan yang lebih muda (dimana $x < \beta$). Untuk perempuan yang lebih muda, hanya satu segmen dari kurva fertilitas yang dapat digunakan, dan segmen ini umumnya tidak simetris. Pada sisi mortalitas, menjadi perlu untuk mempertimbangkan pengaruh perubahan yang sangat nyata dalam mortalitas pada umur-umur yang paling muda. Oleh karena itu, hasil yang tepat dari perkiraan mortalitas untuk kelompok umur yang lebih tua tidak berlaku di sini; hubungannya lebih kompleks. Jadi, ketika umur yang lebih muda dari β digunakan, proporsi anak meninggal pada umur tertentu berkaitan dengan probabilitas meninggal dalam suatu interval dari saat lahir hingga T , dimana T tidak lagi sama dengan $(x - m)$, tetapi sudah merupakan fungsi lain dari x (umur tepat dari ibu) dan $\overline{m}$ (umur rata-rata fertilitas pada seluruh periode reproduksi). Hubungan ini tidak tergantung terlalu banyak pada tingkat seperti pada bentuk kurva, karena jika semua probabilitas meninggal dikalikan dengan suatu konstanta c , hasilnya juga dikalikan dengan c , sehingga hubungan $D_x = q(T_{x,\overline{m}})$ tetap berlaku. Jika suatu perkiraan nilai T dipilih, keragaman pola mortalitas yang mungkin akan mempengaruhi hubungan sangat kecil.

Sebelum mengembangkan suatu metode untuk perkiraan nilai T, adalah berguna untuk menggeneralisasi rumus untuk umur tepat x hingga kelompok lima tahun dengan mengintegralkan dari x hingga $x+5$ baik pada pembilang maupun penyebut. Jadi, untuk suatu umur antara x dan $x+5$, proporsi

$$D_i = \frac{\int_x^{x+5}\int_\alpha^x f(y).q(x-y)dydx}{\int_x^{x+5}\int_\alpha^x f(y)dydx} = q\left(T_{x,\bar{m}}\right)$$

dapat diperoleh. Jika hubungan ini dapat diterima, nilai T dapat dihitung dengan memilih suatu model fertilitas dengan nilai T yang berbeda dan suatu pola mortalitas standar. Untuk fertilitas, model $f(y) = c(y-s)(s+33-y)^2$ dipilih.

Pola mortalitas standar adalah suatu pengalaman mortalitas rata-rata yang dipilih sehingga perbedaan antara 'nilai-nilai sebenarnya' untuk penduduk yang diperhatikan dan standar sekecil mungkin. Pola ini didasarkan pada rata-rata sekelompok besar tabel kematian yang disusun oleh PBB pada tahun 1955. Beberapa modifikasi dilakukan untuk membuat data lebih dekat dengan pengalaman mortalitas rata-rata. Dengan mengasumsikan nilai $\bar{m}$ yang berbeda, nilai T yang bersesuaian dengan kelompok umur yang diperhatikan dapat dituliskan sebagai $T_{i,\bar{m}}$ dimana subskrip i merujuk pada perempuan dalam kelompok umur ke-i. Untuk lokasi jarak yang sama dari kurva fertilitas persamaan menghasilkan nilai-nilai $T_{i,\bar{m}}$ berikut (Tabel 4.2).

Tabel 4.2

Nilai $T_{i,\bar{m}}$ untuk $\bar{m}$ yang Berbeda

$\bar{m}$	26,7	27,7	28,7
$T_{1,\bar{m}}$	1,21	1,06	0,90
$T_{2,\bar{m}}$	2,13	1,93	1,75

Hasil ini mengidikasikan bahwa nilai $T_{1,\bar{m}}$ mengelompok di sekitar 1 dan nilai $T_{2,\bar{m}}$ mengelompok di sekitar 2. Jika nilai dari $T_{3,\bar{m}}$ dihitung, $T_{3,\bar{m}}$ akan cenderung mengelompok di sekitar 3, untuk $T_{4,\bar{m}}$ akan cenderung mengelompok di sekitar 5, untuk $T_{5,\bar{m}}$ akan cenderung mengelompok di sekitar 10 dan akan meningkat sebesar 5 sesudahnya. Konsitensi umum dari hasil ini mendorong modifikasi selanjutnya, yaitu mengembangkan sehimpunan faktor yang akan mentransformasi faktor $T_{i,\bar{m}}$ menjadi nilai T_z yang menyatakan batas atas dari interval dari 0 hingga x dimana z merupakan bilangan bulat, seperti 1, 2, 3, 5, dan 10. Faktor-faktor ini, k, adalah ekuivalen dengan $q(T_z)/q(T_{i,\bar{m}})$ yang tergantung pada $\bar{m}$ sehingga $q(T_z) = k_{\bar{m}}.D_i$, dimana D_i menyatakan proprosi anak meninggal untuk perempuan dalam kelompok umur lima tahunan ke-i . Hasilnya adalah pasangan nilai kelompok umur perempuan, *i*, dan indeks umur anak, *a* (Tabel 4.3).

Tabel 4.3

Pasangan Nilai Kelompok Umur Perempuan (*i*) dan

Indeks Umur Anak (*a*)

Umur (*i*)	**Nilai *a***
15 – 19	1
20 - 24	2
25 – 29	3
30 – 34	5
35 – 39	10
40 - 44	15
45 – 49	20
50 - 54	25
55 – 59	30
60 - 64	35

Untuk perkiraan mortalitas, dua parameter digunakan untuk memilih nilai yang cocok dari faktor pengali, k. Pada usia melahirkan yang lebih muda adalah lebih penting untuk memperhitungkan perubahan dari kemiringan (*slope*) kurva fertilitas pada awal masa reproduksi dibandingkan umur rata-rata dari distribusi fertilitas, yang dipengaruhi oleh periode reproduksi total. Misalkan, P_1 adalah paritas (jumlah anak lahir hidup) rata-rata per perempuan pada kelompok umur pertama, P_2 adalah paritas per perempuan pada kelompok umur kedua, digunakan untuk memilih faktor pengali untuk kelompok umur pertama. Rasio $\frac{f_1}{f_2}$ juga dapat digunakan, tetapi keuntungan menggunakan P_1 / P_2 adalah P_1 / P_2 pasti diketahui, sementara angka kelahiran menurut umur mungkin tidak diketahui. P_2 / P_3 merupakan parameter yang lebih memuaskan karena P_1 sensitif baik terhadap kesalahan pelaporan umur pada saat awal melahirkan maupun terhadap fluktuasi *sampling* yang disebabkan karena kecilnya jumlah kelahiran. P_2/P_3 secara khusus lebih memuaskan untuk perkiraan $q(2)$, $q(3)$, dan $q(5)$ yang paling dapat dipercaya (*reliable*) dengan menggunakan metode Brass.

Jadi, Brass (1975) menemukan bahwa hubungan antara proporsi anak lahir hidup yang meninggal yang dilaporkan oleh perempuan pada kelompok umur i (i = 1 untuk perempuan kelompok umur 15-19 tahun, i = 2 untuk perempuan kelompok umur 20-24, dan seterusnya), Q_i, dan suatu ukuran kematian tabel kematian, $q(x)$, terutama dipengaruhi oleh pola fertilitas menurut umur, karena pola ini yang menentukan distribusi anak dari sekelompok perempuan melalui lama keterpaparan terhadap risiko meninggal. Brass (1975) mengembangkan sehimpunan faktor pengali untuk mengkonversi nilai-nilai observasi Q_i menjadi perkiraan $q(x)$. Brass mengestimasi faktor pengali $k(i)$ dengan menggunakan suatu fungsi polinomial pangkat tiga dari pola fertilitas yang tetap, tetapi lokasi umur yang berubah untuk mewakili fertilitas untuk mendapatkan distribusi waktu anak lahir hidup, sistem logit dengan standar umum untuk elemen mortalitas (tabel kematian standar Afrika) dan pertumbuhan dua persen per tahun untuk menghasilkan suatu distribusi umur perempuan yang stabil.

Pada Tabel 4.4 disajikan faktor pengali untuk menghitung $q(a)$ untuk setiap kelompok umur. Pada bagian bawah Tabel 4.4 disajikan rasio P_1/P_2 dan P_2/P_3 dan $\overline{m}$, umur melahirkan rata-rata, yang digunakan untuk memilih faktor pengali yang bersesuaian dengan umur untuk perempuan yang lebih tua. Pada baris terakhir adalah median umur saat melahirkan, $\tilde{m}$, yang digunakan ketika rata-rata umur melahirkan tidak tersedia. Nilai empiris P_1/P_2, P_2/P_3 atau $\overline{m}$ (untuk kelompok umur yang lebih tua) menentukan kolom yang cocok untuk faktor-faktor pengali. Ketika proprosi anak meninggal dikalikan dengan faktor-faktor pengali ini, hasilnya berhubungan dengan perkiraan $q(\alpha)$, probabilitas bahwa seorang anak akan meninggal sebelum umur α.

Tabel 4.4

Faktor Pengali, *k*, untuk Perkiraan Proporsi Anak Lahir Hidup yang Meninggal pada Umur *a*, *q*(*a*), menurut Kelompok Umur Ibu

Kelompok umur perempuan	Ukuran mortalitas yang diperkirakan	Faktor Pengali, *k*							
15-19	$q(1)$	0,859	0,890	0,928	0,977	1,041	1,129	1,254	1,425
20-24	$q(2)$	0,938	0,959	0,983	1,010	1,043	1,082	1,129	1,188
25-29	$q(3)$	0,948	0,962	0,978	0,994	1,012	1,033	1,055	1,081
30-34	$q(5)$	0,961	0,975	0,988	1,002	1,016	1,031	1,046	1,063
35-39	$q(10)$	0,966	0,982	0,996	1,011	1,026	1,040	1,054	1,069
40-44	$q(15)$	0,938	0,955	0,971	0,988	1,004	1,021	1,037	1,052
45-49	$q(20)$	0,937	0,953	0,969	0,986	1,003	1,021	1,039	1,057
50-54	$q(25)$	0,949	0,966	0,983	1,001	1,019	1,036	1,054	1,072
55-59	$q(30)$	0,951	0,968	0,985	1,002	1,020	1,039	1,058	1,076
60-64	$q(35)$	0,949	0,965	0,982	0,999	1,016	1,034	1,052	1,070
Parameter untuk memilih pengali									
P_1/P_2		0,387	0,330	0,268	0,205	0,143	0,090	0,045	0,014
P_2/P_3		0,616	0,577	0,535	0,490	0,441	0,421	0,344	0,271
	$\overline{m}$	24,7	25,7	26,7	27,7	28,7	29,7	30,7	31,7
	$\tilde{m}$	24,2	25,2	26,2	27,2	28,2	29,2	30,2	31,2

Sumber: Brass dan Coale (1968, hal. 108).

Suatu asumsi yang penting dari metode Brass adalah bahwa risiko meninggal seorang anak adalah suatu fungsi dari umur anak saja dan bukan faktor lain, seperti umur ibu atau urutan kelahiran anak. Dalam prakteknya, anak-anak yang lahir dari ibu yang muda memiliki risiko meninggal yang lebih tinggi di atas rata-rata. Untuk alasan ini, perkiraan angka kematian bayi q_1 (probabilitas meninggal sebelum usia satu tahun) berdasarkan laporan perempuan umur 15-19 tahun biasanya mengindikasikan mortalitas anak yang lebih tinggi dibandingkan perkiraan berdasarkan laporan perempuan yang lebih tua. Oleh karena itu, perkiraan mortalitas berdasarkan laporan perempuan umur 15-19 tahun secara umum diabaikan karena alasan ini dan karena jumlah anak lahir hidup dan meninggal biasanya kecil.

Jika data akurat sempurna, metode Brass cukup kuat (*robust*). Variasi dalam bentuk kurva fertilitas mempunyai efek yang sangat kecil kecuali mungkin pada kelompok ibu yang paling muda, ketika anggotanya sangat sedikit dan data mungkin tidak akurat. Akan tetapi, kelompok umur pertama relatif tidak penting. Variasi kecil dalam kurva mortalitas juga mempunyai pengaruh yang kecil pada perkiraan. Selanjutnya, pengaruh-pengaruh ini lebih kecil dibandingkan pengaruh kesalahan yang melekat dalam perkiraan jenis ini. Persoalan sesungguhnya bukan terletak pada teknik yang digunakan untuk perkiraan, tetapi dalam data yang akan dimanfaatkan.

Ada beberapa permasalahan khusus berkaitan dengan data anak lahir hidup dan anak masih hidup dari sensus dan survei. Pertama adalah persoalan seleksi. Ibu-ibu yang hidup yang memberikan informasi mungkin merupakan segmen penduduk yang bias. Dalam kondisi mortalitas yang tinggi adalah mungkin bahwa anak-anak yang ibunya meninggal mempunyai risiko meninggal yang lebih tinggi dibandingkan dengan anak-anak lainnya. Ibu-ibu yang meninggal dan tidak termasuk dalam data ini kemungkinan mempunyai anak yang terpapar terhadap risiko mortalitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan anak-anak yang ibunya hidup. Hal ini dapat mengakibatkan perkiraan tingkat kematian bayi dan anak akan lebih rendah dari yang sebenarnya (*underestimate*).

Kedua adalah permasalahan kelupaan (*omission*) anak yang telah meninggal. Jika anak yang hidup dari perempuan yang disensus/survei terlupakan (terdapat bukti bahwa hal ini terjadi), adalah sangat mungkin bahwa kelupaan yang lebih besar terjadi dalam pelaporan anak yang meninggal yang juga dapat mengakibatkan perkiraan tingkat kematian bayi dan anak rendah. Hal ini cenderung terjadi pada perempuan yang lebih tua. Dalam beberapa survei ditemukan bahwa data dari perempuan yang berumur lebih dari 40-an memberikan hasil yang tidak memuaskan. Hingga pada titik tertentu, proporsi bayi yang meninggal meningkat ketika umur ibu meningkat, setelah itu menurun atau berakhir konstan. Kegagalan untuk meningkatkan dapat dipandang sebagai bukti kelupaan yang serius pada kelompok yang lebih tua. Suatu persoalan yang sejenis adalah kelupaan anak yang meninggal segera setelah lahir. Akan tetapi, pengabaian bayi yang meninggal pada masa bayi nampaknya tidak mengakibatkan penyimpangan yang serius dalam pola kematian karena secara umum kecenderungan yang sangat wajar teramati.

Ketiga adalah persoalan kelahiran mati (*stillbirths*). Dalam beberapa budaya, kelahiran mati dilaporkan sebagai kelahiran hidup dan kemudian meninggal. Pelaporan tersebut tergantung pada bagaimana cara menanyakannya, pada organisasi survei dan, di atas semua, pada pola budaya. Jika kelahiran mati dilaporkan sebagai anak meninggal, hasilnya tentu saja mengakibatkan perkiraan mortalitas lebih tinggi (*overestimation*).

Keempat adalah persoalan yang berhubungan dengan perubahan dalam mortalitas. Hal ini dapat mempengaruhi perkiraan dalam dua cara. Pertama, jika pengalaman perempuan pada usia yang relatif tua, misalkan umur 35-39, digunakan sebagai dasar perhitungan, perkiraan akan merefleksikan mortalitas pada masa lalu, karena diantara antara anak yang meninggal, mereka yang meninggal pada tahun pertama atau kedua yang berlaku. Perempuan yang sekarang berumur 35-39 tahun sebagian besar mempunyai anak mereka 10 tahun yang lalu. Karena kematian paling tinggi pada tahun-tahun pertama kehidupan, perkiraan yang dihasilkan lebih merupakan fungsi dari mortalitas terdahulu dibandingkan mortalitas baru-baru ini. Untuk menghindari masalah ini, perkiraan sebaiknya didasarkan pada tiga atau empat kelompok umur termuda, khususnya kedua, ketiga dan keempat. Kedua, jika faktor pengali yang diajukan digunakan untuk mengkonversi proporsi anak meninggal ke probabilitas meninggal tabel kematian, pola mortalitas yang dihasilkan akan menjadi menyimpang (bias) jika mortalitas berubah.

Jadi, dengan metode Brass diasumsikan bahwa tingkat kematian sebelum saat sensus/survei tetap, tabel kematian standar diketahui, distribusi waktu anak lahir hidup diketahui, tidak ada perbedaan tingkat kematian antar anak dari berbagai kelompok umur ibu dan tidak ada perbedaan tingkat kematian antara anak yang ibunya masih hidup dan anak yang ibunya sudah meninggal. Jika $q(a)$ adalah probabilitas kematian dari saat lahir sampai umur tepat a, Q_i adalah proporsi anak yang meninggal yang pernah dilahirkan oleh ibu-ibu dalam kelompok umur i, k_i adalah faktor pengali yang bersesuaian dengan ibu-ibu dalam kelompok umur i , yang diperoleh dari tabel berdasarkan informasi rasio paritas atau umur rata-rata melahirkan anak maka $q(a) = Q_i \times k_i$.

Keunggulan dari metode Brass adalah mudah dihitung dan diaplikasikan serta tidak tidak membutuhkan waktu acuan. Keterbatasan metode Brass adalah tingkat mortalitas diasumsikan konstan sebelum saat sensus/survei karena perbaikan tingkat kesehatan telah mengakibatkan penurunan tingkat kematian secara nyata.

4.2.2. Data yang dibutuhkan

Untuk perhitungan perkiraan tingkat kematian bayi dan anak dengan menggunakan metode Brass dibutuhkan data jumlah anak lahir hidup (ALH) dan jumlah anak masih hidup (AMH) dari perempuan usia 15 tahun ke atas serta jumlah perempuan usia 15 tahun ke atas menurut kelompok umur lima tahunan. Data ini tersedia dalam publikasi hasil sensus penduduk atau survei penduduk antar sensus. Sebagai contoh, dalam publikasi hasil Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS 2005) data perempuan usia 15-54 tahun terdapat pada Tabel 2 yang berjudul "Penduduk menurut Golongan Umur, Daerah Perkotaan/Perdesaan, dan Jenis Kelamin" (Gambar 4.1). Data perempuan usia 15-54 tahun menurut kelompok umur lima tahunan yang digunakan disajikan pada kolom 2 Tabel 4.4.

Sementara itu, dalam publikasi hasil SUPAS 2005 data tentang anak lahir hidup dari perempuan kawin usia 10-54 tahun disajikan dalam Tabel 21.3 yang berjudul "Wanita Berumur 10-54 Tahun yang Pernah Kawin menurut Golongan Umur dan Jumlah Anak yang Dilahirkan Hidup" (Gambar 4.2). Dengan menggunakan tabel ini dapat dihitung jumlah anak lahir hidup dari perempuan kawin usia 15-54 tahun menurut kelompok umur lima tahunan. Selanjutnya, data tentang anak masih hidup dari perempuan kawin usia 10-54 tahun disajikan dalam Tabel 22.3 yang berjudul "Wanita Berumur 10-54 Tahun yang Pernah Kawin menurut Golongan Umur dan Jumlah Anak yang Masih Hidup" (Gambar 4.3). Dengan menggunakan tabel ini dapat dihitung anak masih hidup dari perempuan kawin usia 15-54 tahun menurut kelompok umur lima tahunan.

Gambar 4.1

Sumber Data Perempuan Kelompok Umur 15-54 Tahun menurut Kelompok Umur Lima Tahunan dalam Publikasi Survei Penduduk Antar Sensus 2005

Tabel / *Table* 02 — Penduduk menurut Golongan Umur, Daerah Perkotaan/Perdesaan, dan Jenis Kelamin / *Population by Age Group, Urban/Rural and Sex*

Golongan Umur *Age Group*	Daerah Perkotaan/*Urban*			Daerah Perdesaan/*Rural*			Daerah Perkotaan+Perdesaan/*Urban+Rural*		
	Laki-laki *Male*	Perempuan *Female*	Jumlah *Total*	Laki-laki *Male*	Perempuan *Female*	Jumlah *Total*	Laki-laki *Male*	Perempuan *Female*	Jumlah *Total*
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
0 - 4	4.129.250	3.988.416	8.117.666	5.603.328	5.374.157	10.977.485	9.732.578	9.362.573	19.095.151
5 - 9	4.417.551	4.155.714	8.573.265	6.671.927	6.318.753	12.990.680	11.089.478	10.474.467	21.563.945
10 - 14	4.343.105	4.129.534	8.472.639	6.613.543	6.219.914	12.833.457	10.956.648	10.349.448	21.306.096
15 - 19	4.254.987	4.330.117	8.585.104	5.848.791	5.363.026	11.211.817	10.103.778	9.693.143	19.796.921
20 - 24	4.647.995	4.946.054	9.594.049	4.885.965	4.965.165	9.851.130	9.533.960	9.911.219	19.445.179
25 - 29	4.392.942	4.562.097	8.955.039	4.685.382	5.039.672	9.725.054	9.078.324	9.601.769	18.680.093
30 - 34	3.905.345	4.040.074	7.945.419	4.638.275	4.836.335	9.474.610	8.543.620	8.876.409	17.420.029
35 - 39	3.642.139	3.624.962	7.267.101	4.543.921	4.643.078	9.186.999	8.186.060	8.268.040	16.454.100
40 - 44	3.162.768	3.148.916	6.311.684	4.110.785	4.067.433	8.178.218	7.273.553	7.216.349	14.489.902
45 - 49	2.706.752	2.587.877	5.294.629	3.596.917	3.491.272	7.088.189	6.303.669	6.079.149	12.382.818
50 - 54	2.167.922	1.986.331	4.154.253	3.007.874	2.778.937	5.786.811	5.175.796	4.765.268	9.941.064
55 -59	1.440.270	1.390.325	2.830.595	2.315.262	2.116.322	4.431.584	3.755.532	3.506.647	7.262.179
60 - 64	1.079.057	1.114.046	2.193.103	1.669.226	1.749.498	3.418.724	2.748.283	2.863.544	5.611.827
65 - 69	750.321	815.201	1.565.522	1.206.716	1.339.927	2.546.643	1.957.037	2.155.128	4.112.165
70 - 74	519.815	581.857	1.101.672	928.209	960.046	1.888.255	1.448.024	1.541.903	2.989.927
75 +	495.774	547.555	1.043.329	892.414	888.148	1.780.562	1.388.188	1.435.703	2.823.891
Jumlah/*Total*	46.055.993	45.949.076	92.005.069	61.218.535	60.151.683	121.370.218	107.274.528	106.100.759	213.375.287

Gambar 4.2

Sumber Data Jumlah Anak Lahir Hidup dalam Publikasi Survei Penduduk Antar Sensus 2005

Tabel / *Table* 21.3

Wanita Berumur 10-54 Tahun yang Pernah Kawin menurut Golongan Umur dan Jumlah Anak yang Dilahirkan Hidup

Ever Married Women 10-54 Years of Age by Age Group and Number of Children Ever Born

Perkotaan+Perdesaan/*Urban+Rural*

Golongan Umur / *Age Group*	Jumlah Anak yang Dilahirkan Hidup/*Number of Children Ever Born*												Jumlah / *Total*
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+	Non Respon / *Non Response*	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
10 - 14	4.138	1.171	128	-	-	-	-	-	-	-	-	1.069	6.506
15 -19	463.583	396.204	30.658	-	-	-	-	-	-	-	-	1.111	891.556
20 - 24	1.073.213	2.948.656	680.877	95.688	10.411	-	-	-	-	-	-	5.933	4.814.778
25 - 29	781.995	3.414.069	2.568.200	714.952	174.922	38.771	5.075	-	-	-	-	8.448	7.706.432
30 - 34	478.315	1.836.150	3.383.425	1.642.637	556.503	185.360	51.258	15.014	5.297	-	-	3.118	8.157.077
35 - 39	337.670	993.699	2.573.655	2.131.147	1.067.182	500.669	180.792	72.233	35.298	11.948	5.227	2.358	7.911.878
40 - 44	278.622	694.934	1.756.288	1.841.015	1.168.913	663.943	324.321	170.329	77.182	31.884	22.040	2.676	7.032.147
45 - 49	253.602	531.213	1.199.808	1.409.282	1.050.618	665.674	393.613	212.161	128.221	60.031	52.756	2.457	5.959.436
50 - 54	250.216	408.335	733.521	887.473	819.927	613.803	398.399	259.994	143.175	81.387	78.252	2.610	4.677.092
Jumlah/*Total*	3.921.354	11.224.431	12.926.560	8.722.194	4.848.476	2.668.220	1.353.458	729.731	389.173	185.250	158.275	29.780	47.156.902

Gambar 4.3

Sumber Data Jumlah Anak Masih Hidup dalam Publikasi Survei Penduduk Antar Sensus 2005

Tabel / *Table* 22.3

Wanita Berumur 10-54 Tahun yang Pernah Kawin menurut Golongan Umur dan Jumlah Anak yang Masih Hidup

Ever Married Women 10-54 Years of Age by Age Group and Number of Children Still Living

Perkotaan+Perdesaan/*Urban+Rural*

Golongan Umur / *Age Group*	Jumlah Anak yang Masih Hidup/*Number of Children Still Living*												Jumlah / *Total*
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+	Non Respon / *Non Response*	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
10 - 14	4.138	1.171	128	-	-	-	-	-	-	-	-	1.069	6.506
15 -19	474.910	389.918	25.617	-	-	-	-	-	-	-	-	1.111	891.556
20 - 24	1.122.749	2.966.677	640.857	72.494	6.068	-	-	-	-	-	-	5.933	4.814.778
25 - 29	823.820	3.508.655	2.555.963	637.555	144.077	25.417	2.497	-	-	-	-	8.448	7.706.432
30 - 34	509.138	1.922.758	3.467.590	1.576.245	497.574	139.526	31.554	7.846	1.728	-	-	3.118	8.157.077
35 - 39	357.298	1.074.259	2.700.931	2.150.333	1.008.148	411.126	137.624	49.001	15.037	4.458	1.305	2.358	7.911.878
40 - 44	302.337	769.784	1.865.319	1.907.023	1.140.311	594.543	264.394	117.011	47.393	14.598	6.758	2.676	7.032.147
45 - 49	281.621	587.717	1.306.149	1.488.249	1.067.159	626.068	316.409	162.089	82.867	25.849	12.802	2.457	5.959.436
50 - 54	274.229	461.696	809.255	981.887	864.945	590.028	354.722	180.594	94.617	35.215	27.294	2.610	4.677.092
Jumlah/*Total*	4.150.240	11.682.635	13.371.809	8.813.786	4.728.282	2.386.708	1.107.200	516.541	241.642	80.120	48.159	29.780	47.156.902

4.2.3. Prosedur perhitungan

Prosedur perhitungan perkiraan tingkat kematian bayi dan anak dengan menggunakan metode tidak langsung Brass dilakukan dalam empat tahap. Pada tahap 1 dilakukan perhitungan proporsi anak meninggal. Pada tahap 2 dilakukan perhitungan rasio antara paritas rata-rata perempuan kelompok umur 15-19 dan paritas rata-rata perempuan kelompok umur 20-24 (P_1/P_2) dan rasio antara paritas rata-rata perempuan kelompok umur 20-24 dan paritas rata-rata perempuan kelompok umur 25-29 (P_2/P_3). Pada tahap 3 dilakukan perhitungan faktor pengali yang bersesuaian. Pada Tahap 4 dilakukan perhitungan perkiraan tingkat kematian bayi dan anak.

Tahap 1: Perhitungan proporsi anak meninggal

Proporsi anak meninggal pada perempuan kelompok umur *i* (Q_i) merupakan jumlah anak lahir hidup pada perempuan kelompok umur *i* (ALH_i) dikurangi dengan jumlah anak masih hidup pada perempuan kelompok umur *i* (AMH_i) dibagi dengan jumlah anak lahir hidup pada perempuan kelompok umur *i*. Jadi,

$$Q_i = \frac{ALH_i - AMH_i}{ALH_i}$$

Jumlah anak lahir hidup pada perempuan kelompok umur *i* (ALH_i) dihitung dengan mengalikan jumlah anak lahir hidup tertentu *j* dengan banyak perempuan pernah kawin kelompok umur *i* yang mempunyai anak lahir hidup sebanyak *j* ($P^f_{i,PK,ALHj}$). Jadi, jumlah anak lahir hidup pada perempuan pernah kawin kelompok umur *i* adalah

$$ALH_i = \sum_{j=0}^{\infty} j \times P^f_{i,PK,ALHj} = 0 \times P^f_{i,PK,ALH0} + 1 \times P^f_{i,PK,ALH1} + 2 \times P^f_{i,PK,ALH2} + \ldots$$

Sebagai contoh, jika jumlah perempuan pernah kawin umur 15-19 tahun yang tidak mempunyai anak lahir hidup (*j* = 0) adalah 463.583 ($P^f_{15-19,PK,ALH0}$), yang mempunyai seorang anak lahir hidup (*j* = 1) adalah 396.204 ($P^f_{15-19,PK,ALH1}$) dan yang mempunyai dua orang anak lahir hidup (*j* = 2) adalah

30.258 ($P^{f}_{15-19,PK,ALH2}$) maka jumlah anak lahir hidup pada perempuan kelompok umur 15-19 tahun adalah

$$ALH_{15-19} = 0 \times P^{f}_{15-19,PK,ALH0} + 1 \times P^{f}_{15-19,PK,ALH1} + 2 \times P^{f}_{15-19,PK,ALH2} = 0 \times 463.583 + 1 \times 396.204 + 2 \times 30.658 = 457.250$$

Artinya, terdapat 457.250 anak lahir hidup dari 890.445 perempuan pernah kawin umur 15-19 tahun.

Jumlah anak masih hidup pada perempuan kelompok umur *i* (AMH_i) dihitung dengan mengalikan jumlah anak masih hidup tertentu *j* dengan banyak perempuan pernah kawin kelompok umur *i* yang mempunyai anak masih hidup sebanyak *j* ($P^{f}_{i,PK,AMHj}$). Jadi, jumlah anak masih hidup pada perempuan pernah kawin kelompok umur *i* adalah

$$AMH_i = \sum_{j=0}^{\infty} j \times P^{f}_{i,PK,AMHj} = 0 \times P^{f}_{i,PK,AMH0} + 1 \times P^{f}_{i,PK,AMH1} + 2 \times P^{f}_{i,PK,AMH2} + ...$$

Sebagai contoh, jika jumlah perempuan pernah kawin umur 15-19 tahun yang tidak mempunyai anak masih hidup (*j* = 0) adalah 474.910 ($P^{f}_{15-19,PK,AMH0}$), yang mempunyai seorang anak masih hidup (*j* = 1) adalah 389.918 ($P^{f}_{15-19,PK,AMH1}$) dan yang mempunyai dua orang anak masih hidup (*j* = 2) adalah 24.617 ($P^{f}_{15-19,PK,AMH2}$) maka jumlah anak masih hidup pada perempuan kelompok umur 15-19 tahun adalah

$$AMH_{15-19} = 0 \times P^{f}_{15-19,PK,AMH0} + 1 \times P^{f}_{15-19,PK,AMH1} + 2 \times P^{f}_{15-19,PK,AMH2} = 0 \times 474.910 + 1 \times 389.918 + 2 \times 25.617 = 441.152$$

Artinya, terdapat 441.152 anak masih hidup dari 890.445 perempuan pernah kawin umur 15-19 tahun.

Jadi, proporsi anak meninggal dari perempuan kelompok umur 15-19 adalah

$$Q_{15-19} = \frac{ALH_{15-19} - AMH_{15-19}}{ALH_{15-19}} = \frac{457.520 - 441.152}{457.520} = 0,0358$$

Tahap 2: Perhitungan P_1/P_2 dan P_2/P_3

Rasio antara paritas rata-rata perempuan kelompok umur 15-19 tahun dan paritas rata-rata perempuan kelompok umur 20-24 tahun (P_1/P_2) diperoleh dengan membagi paritas rata-rata perempuan kelompok umur 15-19 tahun (P_1 = $P_{15\text{-}19}$) dengan paritas rata-rata perempuan kelompok umur 20-24 tahun (P_2 = $P_{20\text{-}24}$). Sementara itu, rasio antara paritas rata-rata perempuan kelompok umur 20-24 tahun dan paritas rata-rata perempuan kelompok umur 25-29 tahun (P_2/P_3) diperoleh dengan membagi paritas rata-rata perempuan kelompok umur 20-24 tahun (P_2) dengan paritas rata-rata perempuan kelompok umur 25-29 tahun (P_3 = $P_{25\text{-}29}$).

Paritas perempuan kelompok umur i (P_i) adalah banyak anak lahir hidup perempuan kelompok umur i, dimana i = 1 untuk perempuan kelompok umur 15-19 tahun, i = 2 untuk perempuan kelompok umur 20-24 tahun, i = 3 untuk perempuan kelompok umur 25-29 tahun, i = 4 untuk perempuan kelompok umur 30-34 tahun, i = 5 untuk perempuan kelompok umur 35-39 tahun, i = 6 untuk perempuan kelompok umur 40-44 tahun, i = 7 untuk perempuan kelompok umur 45-49 tahun dan i = 8 untuk perempuan kelompok umur 50-54 tahun. Jadi, perhitungan paritas rata-rata memerlukan data tentang jumlah perempuan menurut kelompok umur lima tahunan (P_i^f). Rumus perhitungan paritas rata-rata perempuan kelompok umur i adalah sebagai berikut.

$$P_i = \frac{ALH_i}{P_i^f}$$

Sebagai contoh, jika jumlah anak lahir hidup pada perempuan kawin kelompok umur 15-19 tahun adalah 457.250 (ALH_{15-19}) dan jumlah perempuan umur 15-19 tahun adalah 9.693.143 (P_{15-19}^f) maka paritas rata-rata perempuan kelompok umur 15-19 tahun (P_1) adalah

$$P_1 = \frac{ALH_1}{P_1^f} = \frac{ALH_{15-19}}{P_{15-19}^f} = \frac{457.250}{9.693.143} = 0,0472$$

Artinya, banyak anak lahir hidup rata-rata perempuan kelompok umur 15-19 tahun adalah 0,0472 orang.

Jika jumlah anak lahir hidup pada perempuan kawin kelompok umur 20-24 tahun adalah 4.639.118 (ALH_{20-24}) dan jumlah perempuan umur 20-24 tahun adalah 9.911.219 (P^f_{20-24}) maka paritas rata-rata perempuan kelompok umur 20-24 tahun (P_2) adalah

$$P_2 = \frac{ALH_2}{P_2^f} = \frac{ALH_{20-24}}{P^f_{20-24}} = \frac{4.639.118}{9.911.219} = 0,4681$$

Artinya, banyak anak lahir hidup rata-rata perempuan kelompok umur 20-24 tahun adalah 0,4681 orang.

Jika jumlah anak lahir hidup pada perempuan kawin kelompok umur 25-29 tahun adalah 11.619.318 (ALH_{25-29}) dan jumlah perempuan umur 25-29 tahun adalah 9.601.769 (P^f_{25-29}) maka paritas rata-rata perempuan kelompok umur 25-29 tahun (P_3) adalah

$$P_3 = \frac{ALH_3}{P_3^f} = \frac{ALH_{25-29}}{P^f_{25-29}} = \frac{11.619.318}{9.601.769} = 1,2101$$

Artinya, banyak anak lahir hidup rata-rata perempuan kelompok umur 25-29 tahun adalah 1,2101 orang.

Berdasarkan perhitungan di atas maka rasio antara paritas rata-rata perempuan kelompok umur 15-19 tahun dan paritas rata-rata perempuan kelompok umur 20-24 tahun adalah

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{0,0472}{0,4681} = 0,101$$

Rasio antara paritas rata-rata perempuan kelompok umur 20-24 tahun dan paritas rata-rata perempuan kelompok umur 25-29 tahun adalah

$$\frac{P_2}{P_3} = \frac{0,4681}{1,2101} = 0,387$$

Nilai P_1/P_2 dan P_2/P_3 digunakan untuk menentukan faktor pengali k_i untuk perkiraan tingkat kematian bayi dan anak.

Tahap 3: Perhitungan faktor pengali (k_i) yang bersesuaian

Pada Tabel 4.4 disajikan faktor pengali k_i untuk perkiraan tingkat kematian bayi dan anak. Faktor pengali k_i dipilih berdasarkan dua parameter, yaitu rasio paritas rata-rata atau umur melahirkan. Parameter umur melahirkan terdiri dari rata-rata ($\bar{m}$) dan median ($\tilde{m}$). Parameter rasio paritas rata-rata terdiri dari P_1/P_2 dan P_2/P_3. Artinya, pemilihan faktor pengali k_i dapat didasarkan pada besaran $\bar{m}$, $\tilde{m}$, P_1/P_2 atau P_2/P_3. Misalkan, jika nilai P_1/P_2 adalah 0,143 maka faktor pengali k_i yang digunakan untuk perkiraan angka kematian bayi dan anak adalah nilai-nilai faktor pengali k_i yang terletak di atas nilai P_1/P_2 = 0,143 pada kolom yang sama pada Tabel 4.4, yaitu $k_{15\text{-}19}$ = 1,041, $k_{20\text{-}24}$ = 1,043, $k_{25\text{-}29}$ = 1,012 dan seterusnya.

Akan tetapi, jika nilai P_1/P_2 dan P_2/P_3 terletak di antara nilai-nilai yang ada dalam Tabel 4.4 maka interpolasi perlu dilakukan untuk mendapatkan faktor pengali k_i yang bersesuaian. Misalnya, nilai P_1/P_2 = 0,101 terletak antara nilai P_1/P_2 = 0,143 dan nilai P_1/P_2 = 0,090. Rumus interpolasi untuk mendapatkan faktor pengali k_i yang bersesuaian untuk P_1/P_2 = 0,101 adalah sebagai berikut.

$$k_{i,P1/P2=0{,}101} = k_{i,P1/P2=0{,}143} + \frac{0{,}143-0{,}101}{0{,}143-0{,}090}(k_{i,P1/P2=0{,}090} - k_{i,P1/P2=0{,}143})$$

Sebagai contoh, faktor pengali $k_{15\text{-}19}$ yang bersesuaian untuk P_1/P_2 = 0,101 adalah sebagai berikut.

$$k_{15-19,P1/P2=0{,}101} = k_{15-19,P1/P2=0{,}143} + \frac{0{,}143-0{,}101}{0{,}143-0{,}090}(k_{15-19,P1/P2=0{,}090} - k_{15-19,P1/P2=0{,}143}) = 1{,}041 + \frac{0{,}143-0{,}101}{0{,}143-0{,}090}(1{,}129-1{,}041) = 1{,}111$$

Prosedur yang sama digunakan untuk menghitung faktor pengali k_i yang bersesuaian untuk P_1/P_2 = 0,101 untuk kelompok umur perempuan lainnya.

Tahap 4: Perhitungan perkiraan tingkat kematian bayi dan anak

Setelah faktor pengali k_i yang bersesuaian diperoleh, tingkat kematian bayi dan anak dihitung dengan mengalikan proporsi anak meninggal pada perempuan kelompok umur i dengan faktor pengali k_i yang bersesuaian.

Misalnya, $k_{15\text{-}19}$ = 1,111 dan $Q_{15\text{-}19}$ = 0,0358 maka dengan menggunakan rumus $q(a) = Q_i \times k_i$ maka $q(1) = k_1 \times Q_1 = 1{,}111 \times 0{,}0358 = 0{,}0397$. Artinya, probabilitas meninggal dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur satu tahun adalah 0,0397 atau terdapat 39,7 ≈ 40 kematian bayi per 1.000 kelahiran hidup.

4.2.4. Contoh

Pada bagian ini disajikan perkiraan tingkat kematian bayi dan anak Indonesia dengan menggunakan metode Brass berdasarkan Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS) 2005.

<u>Tahap 1: Perhitungan proporsi anak meninggal</u>

Perhitungan jumlah anak lahir hidup pada perempuan kawin kelompok umur i (ALH_i)

Dalam publikasi hasil SUPAS 2005 disajikan data tentang jumlah perempuan pernah kawin umur 10-54 tahun yang mempunyai anak lahir hidup sebanyak *j* untuk *j* = 0, 1, 2, ..., 9 dan 10+ (Gambar 4.2). Jadi, rumus untuk menghitung ALH_i adalah sebagai berikut.

$$ALH_i = \sum_{j=0}^{10} j \times P^f_{i,PK,ALHj} = 0 \times P^f_{i,PK,ALH0} + 1 \times P^f_{i,PK,ALH1} + 2 \times P^f_{i,PK,ALH2} + \ldots + 9 \times P^f_{i,PK,ALH9} + 10 \times P^f_{i,PK,ALH10+}$$

Contoh

Berdasarkan Gambar 4.2 maka jumlah anak lahir hidup pada perempuan kawin umur 15-19 tahun adalah

$$ALH_{15-19} = 0 \times P^{f}_{15-19,PK,ALH0} + 1 \times P^{f}_{15-19,PK,ALH1} + 2 \times P^{f}_{15-19,PK,ALH2} + ... + 9 \times P^{f}_{15-19,PK,ALH9} + 10 \times P^{f}_{15-19,PK,ALH10+}$$

$$ALH_{15-19} = 0 \times 463.583 + 1 \times 396.204 + 2 \times 30.658 + ... + 9 \times 0 + 10 \times 0 = 457.250$$

Artinya, terdapat 457.250 anak lahir hidup dari 890.445 perempuan pernah kawin umur 15-19 tahun.

Jumlah anak lahir hidup pada perempuan kawin umur 50-54 tahun adalah

$$ALH_{50-54} = 0 \times P^{f}_{50-54,PK,ALH0} + 1 \times P^{f}_{50-54,PK,ALH1} + 2 \times P^{f}_{50-54,PK,ALH2} + ... + 9 \times P^{f}_{50-54,PK,ALH9} + 10 \times P^{f}_{50-54,PK,ALH10+}$$

$$ALH_{50-54} = 0 \times 250.216 + 1 \times 408.335 + 2 \times 733.521 + 3 \times 887.473 + 4 \times 819.927 + 5 \times 613.803 + 6 \times 398.399 + 7 \times 259.994 + 8 \times 143.175 + 9 \times 81.337 + 10 \times 78.252 = 17.757.254$$

Artinya, terdapat 17.757.254 anak lahir hidup dari 4.674.482 perempuan pernah kawin umur 50-54 tahun.

Hasil perhitungan jumlah anak lahir hidup untuk perempuan kawin umur 15-54 tahun menurut kelompok umur lima tahunan disajikan pada kolom 3 Tabel 4.5.

Perhitungan jumlah anak masih hidup pada perempuan kawin kelompok umur i (AMH_i)

Dalam publikasi hasil SUPAS 2005 disajikan data tentang jumlah perempuan pernah kawin umur 10-54 tahun yang mempunyai anak masih hidup sebanyak *j* untuk *j* = 0, 1, 2, ..., 9 dan 10+ (Gambar 4.3). Jadi, rumus untuk menghitung AMH_i adalah sebagai berikut.

$$AMH_i = \sum_{j=0}^{10} j \times P^f_{i,PK,AMHj} = 0 \times P^f_{i,PK,AMH0} + 1 \times P^f_{i,PK,1} + 2 \times P^f_{i,PK,AMH2} + \ldots + 9 \times P^f_{i,PK,AMH9} + 10 \times P^f_{i,PK,AMH10+}$$

Contoh

Berdasarkan Gambar 4.2 maka jumlah anak masih hidup pada perempuan kawin umur 15-19 tahun adalah

$$AMH_{15-19} = 0 \times P^f_{15-19,PK,AMH0} + 1 \times P^f_{15-19,PK,AMH1} + 2 \times P^f_{15-19,PK,AMH2} + \ldots + 9 \times P^f_{15-19,PK,AMH9} + 10 \times P^f_{15-19,PK,AMH10+}$$

$$AMH_{15-19} = 0 \times 474.910 + 1 \times 389.918 + 2 \times 25.617 + \ldots + 9 \times 0 + 10 \times 0 = 441.152$$

Artinya, terdapat 441.152 anak masih hidup dari 890.445 perempuan pernah kawin umur 15-19 tahun.

Jumlah anak masih hidup pada perempuan kawin umur 50-54 tahun adalah

$$AMH_{50-54} = 0\times P^{f}_{50-54,PK,AMH0} + 1\times P^{f}_{50-54,PK,AMH1} + 2\times P^{f}_{50-54,PK,AMH2} + ... + 9\times P^{f}_{50-54,PK,AMH9} + 10\times P^{f}_{50-54,PK,AMH10+}$$

$$AMH_{50-54} = 0\times 274.229 + 1\times 461.696 + 2\times 809.255 + 3\times 981.887 + 4\times 864.945 + 5\times 590.028 + 6\times 354.722 + 7\times 180.594 + 8\times 94.617 + 9\times 35.215 + 10\times 27.294 = 16.175.088$$

Artinya, terdapat 11.174.088 anak masih hidup dari 4.674.482 perempuan pernah kawin umur 50-54 tahun.

Hasil perhitungan jumlah anak masih hidup untuk perempuan kawin umur 15-54 tahun menurut kelompok umur lima tahunan disajikan pada kolom 4 Tabel 4.5.

Perhitungan proporsi anak meninggal

Berdasarkan hasil perhitungan anak lahir hidup dan anak masih hidup untuk perempuan kawin umur 15-54 tahun menurut kelompok umur lima tahunan dihitung proporsi anak meninggal menurut kelompok umur perempuan dengan cara mengurangi jumlah anak lahir hidup dengan jumlah anak masih hidup kemudian dibagi dengan jumlah anak lahir hidup. Hasilnya disajikan pada kolom 6 Tabel 4.5.

Tabel 4.5

Perhitungan Proporsi Anak Meninggal: Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005

Umur (tahun)	P_i^f	ALH$_i$	AMH$_i$	ALH$_i$ rata-rata (Paritas)	Proporsi anak meninggal
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(3)/(2)	(6)=((3)-(4))/(3)
15-19	9.693.143	457.520	441.152	0,0472	0,0358
20-24	9.911.219	4.639.118	4.490.145	0,4681	0,0321
25-29	9.601.769	11.619.318	11.251.621	1,2101	0,0316
30-34	8.876.409	17.138.745	16.532.669	1,9308	0,0354
35-39	8.268.040	21.339.092	20.357.561	2,5809	0,0460
40-44	7.216.349	21.988.963	20.738.997	3,0471	0,0568
45-49	6.079.149	20.629.929	19.120.412	3,3936	0,0732
50-54	4.764.268	17.757.274	16.174.088	3,7264	0,0891

Tahap 2: Perhitungan P_1/P_2 dan P_2/P_3

Paritas rata-rata dihitung untuk kelompok umur 15-19 tahun, 20-24 tahun dan 25-29 tahun seperti sebagai berikut.

P_1 = Paritas rata-rata perempuan usia 15-19 tahun = $\frac{ALH_{15-19}}{P^f_{15-19}} = \frac{457.520}{9.693.143} = 0,0472$

P_2 = Paritas rata-rata perempuan usia 20-24 tahun = $\frac{ALH_{20-24}}{P^f_{20-24}} = \frac{4.639.118}{9.911.219} = 0,4681$

P_3 = Paritas rata-rata perempuan usia 25-29 tahun = $\frac{ALH_{25-29}}{P^f_{25-29}} = \frac{11.619.318}{9.601.769} = 1,2101$

Jadi,

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{0,0472}{0,4681} = 0,101 \text{ dan } \frac{P_2}{P_3} = \frac{0,4681}{1,2101} = 0,387$$

Tahap 3: Perhitungan faktor pengali (k_i) yang bersesuaian

Faktor pengali k_i yang bersesuaian harus dihitung dengan menggunakan interpolasi karena nilai P_1/P_2 = 0,101 terletak antara P_1/P_2 = 0,143 dan P_1/P_2 = 0,090 dan nilai P_2/P_3 = 0,387 terletak antara P_2/P_3 = 0,421 dan P_2/P_3 = 0,344 dalam tabel faktor pengali k_i (Tabel 4.4). Faktor pengali k_i untuk P_1/P_2 = 0,143 disajikan pada kolom 2 Tabel 4.6 dan faktor pengali k_i untuk P_1/P_2 = 0,090 disajikan pada kolom 3. Sementara itu, faktor pengali k_i untuk P_2/P_3 = 0,421 disajikan pada kolom 5 Tabel 4.6 dan faktor pengali k_i untuk dan P_2/P_3 = 0,344 disajikan pada kolom 6 Tabel 4.6.

Rumus interpolasi untuk menghitung faktor pengali k_i yang bersesuaian untuk P_1/P_2 = 0,101 untuk setiap kelompok umur perempuan adalah sebagai berikut.

$$k_{i,P1/P2=0,101} = k_{i,P1/P2=0,143} + \frac{0,143-0,101}{0,143-0,090}(k_{i,P1/P2=0,090} - k_{i,P1/P2=0,143})$$

Sebagai contoh,

$$k_{15-19,P1/P2=0,101} = k_{15-19,P1/P2=0,143} + \frac{0,143-0,101}{0,143-0,090}(k_{15-19,P1/P2=0,090} - k_{15-19,P1/P2=0,143}) = 1,041 + \frac{0,143-0,101}{0,143-0,090}(1,129-1,041) = 1,111$$

Hasil perhitungan faktor pengali k_i yang bersesuaian untuk P_1/P_2 = 0,101 untuk setiap kelompok umur perempuan disajikan pada kolom 4 Tabel 4.6.

Rumus interpolasi untuk menghitung faktor pengali k_i yang bersesuaian untuk P_2/P_3 = 0,387 untuk setiap kelompok umur perempuan adalah sebagai berikut.

$$k_{i,P2/P3=0{,}387} = k_{i,P2/P3=0{,}387} + \frac{0{,}421-0{,}387}{0{,}421-0{,}344}(k_{i,P2/P3=0{,}344} - k_{i,P2/P3=0{,}421})$$

$$k_{15-19,P2/P3=0{,}387} = k_{15-19,P2/P3=0{,}387} + \frac{0{,}421-0{,}387}{0{,}421-0{,}344}(k_{15-19,P2/P3=0{,}344} - k_{15-19,P2/P3=0{,}421}) = 1{,}254 + \frac{0{,}421-0{,}387}{0{,}421-0{,}344}(1{,}254-1{,}129) = 1{,}185$$

Hasil perhitungan faktor pengali k_i yang bersesuaian untuk P_2/P_3 = 0,387 untuk setiap kelompok umur perempuan disajikan pada kolom 7 Tabel 4.6.

Tabel 4.6

Faktor Pengali yang Bersesuaian untuk P_1/P_2 = 0,101 dan P_2/P_3 = 0,387 menurut Kelompok Umur Perempuan

Umur (tahun)	Faktor pengali k_i			Faktor pengali k_i		
	P_1/P_2 = 0,090	P_1/P_2 = 0,143	P_1/P_2 = 0,101	P_2/P_3 = 0,344	P_2/P_3 = 0,421	P_2/P_3 = 0,387
(1)	(2)	(3)	(4)*	(5)	(6)	(7)*
15-19	1,129	1,041	1,111	1,254	1,129	1,185
20-24	1,082	1,043	1,074	1,129	1,082	1,103
25-29	1,033	1,012	1,029	1,055	1,033	1,043
30-34	1,031	1,016	1,028	1,046	1,031	1,038
35-39	1,040	1,026	1,037	1,054	1,040	1,046
40-44	1,021	1,004	1,018	1,037	1,021	1,028
45-49	1,021	1,003	1,017	1,039	1,021	1,029
50-54	1,036	1,019	1,033	1,054	1,036	1,044

Catatan: * Hasil interpolasi.

Tahap 4: Perhitungan perkiraan tingkat kematian bayi dan anak

Perkiraan tingkat kematian bayi dan anak diperoleh dengan mengalikan proporsi anak meninggal pada perempuan kelompok umur tertentu (kolom 2 Tabel 4.7) dengan faktor pengali k_i yang bersesuaian pada kelompok umur yang sama (pada kolom 3 untuk P_1/P_2 = 0,101 dan pada kolom 4 untuk P_2/P_3 = 0,387 pada Tabel 4.7). Hasil perhitungan perkiraan tingkat kematian bayi dan anak berdasarkan P_1/P_2 = 0,101 disajikan pada kolom 6 Tabel 4.7 dan berdasarkan P_2/P_3 = 0,387 disajikan pada kolom 7 Tabel 4.7.

Pada kolom 5 Tabel 4.7 disajikan umur anak, a, untuk setiap kelompok umur perempuan, i. Sebagai contoh, untuk perempuan kelompok umur 15-19 (i = 1) maka a = 1 sehingga $q(a)$ = $q(1)$ yang merupakan probabilitas meninggal dari saat lahir sampai usia sebelum satu tahun. $q(1)$ merupakan perkiraan angka kematian bayi dengan menggunakan metode Brass. Sementara itu, dari perempuan kelompok umur 30-34 (i = 4) maka a = 5 sehingga $q(a)$ = $q(5)$ yang merupakan probabilitas meninggal dari saat lahir sampai usia sebelum lima tahun. $q(5)$ merupakan perkiraan angka kematian anak usia bawah lima tahun dengan menggunakan metode Brass.

Jadi, perkiraan angka kematian bayi dengan menggunakan P_1/P_2 = 0,101 adalah sebagai berikut.

$$q(1) = Q_{15-19} \times k_{15-19, P1/P2=0,101} = 0,0358 \times 1,111 = 0,0397$$

Sementara itu, perkiraan angka kematian bayi dengan menggunakan P_2/P_3 = 0,387 adalah sebagai berikut.

$$q(1) = Q_{15-19} \times k_{15-19,P2/P3=0,387} = 0,0358 \times 1,185 = 0,0424$$

Tabel 4.7

Perhitungan Perkiraan Angka Kematian Bayi dan Anak Berdasarkan Data Anak Lahir Hidup dan Anak Masih Hidup dengan Menggunakan Metode Brass: Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005

Kelompok umur i (tahun)	Proporsi anak meninggal Q_i	Faktor pengali k_i		a	$q(a)$	
		P_1/P_2 = 0,101	P_2/P_3 = 0,387		P_1/P_2 = 0,101	P_2/P_3 = 0,387
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
15-19	0,0358	1,111	1,185	1	0,0397	0,0424
20-24	0,0321	1,074	1,103	2	0,0345	0,0354
25-29	0,0316	1,029	1,043	3	0,0326	0,0330
30-34	0,0354	1,028	1,038	5	0,0364	0,0367
35-39	0,0460	1,037	1,046	10	0,0477	0,0481
40-44	0,0568	1,018	1,028	15	0,0578	0,0584
45-49	0,0732	1,017	1,029	20	0,0744	0,0753
50-54	0,0891	1,033	1,044	25	0,0920	0,0930

Selanjutnya, perkiraan angka kematian anak usia bawah lima tahun dengan menggunakan P_1/P_2 = 0,101 adalah sebagai berikut.

$$q(5) = Q_{30-34} \times k_{30-34,P1/P2=0,101} = 0,0354 \times 1,028 = 0,0364$$

Sementara itu, perkiraan angka kematian anak usia bawah lima tahun dengan menggunakan P_2/P_3 = 0,387 adalah sebagai berikut.

$$q(5) = Q_{30-34} \times k_{30-34,P2/P3=0,387} = 0,0354 \times 1,038 = 0,0367$$

Perhitungan perkiraan angka kematian anak untuk a = 2, 3, 10, 15, 20 dan 25 dilakukan dengan cara yang sama.

4.3. Metode Sullivan: Perkiraan Tingkat Kematian Anak

4.3.1. Dasar pemikiran

Sullivan (1972) telah menguji masalah perkiraan dengan suatu cara yang berbeda dengan mempelajari hubungan antara D_i dan $q(\alpha)$ dengan menggunakan analisis regresi. Dalam analisisnya, distribusi fertilitas yang diamati (bukan dari suatu model) digabung dengan model tabel kematian sistem Coale-Demeny (bukan suatu skedul mortalitas yang tetap). Dari perhitungannya, Sullivan (1972) menyimpulkan bahwa faktor pengali yang ditunjukkan dalama Tabel 4.4 memberikan perkiraan yang memuaskan, tetapi persamaan regresi menyediakan suatu prosedur yang lebih sederhana untuk mendapatkan perkiraan tingkat kematian anak.

Ada dua (2) variabel bebas persamaan regresi yang dikembangkan oleh Sullivan (1972). Variabel bebas pertama adalah rasio antara paritas rata-rata perempuan pada kelompok umur 15-19 tahun dan paritas rata-rata perempuan pada kelompok umur 20-24 tahun (P_1 / P_2). Variabel bebas kedua adalah rasio antara paritas rata-rata perempuan pada kelompok umur 20-24 tahun dan paritas rata-rata perempuan pada kelompok umur 25-29 tahun (P_2 / P_3). Ada tiga variabel tidak bebas yang digunakan, yaitu (i) rasio antara probabilitas kematian dari saat lahir sampai sebelum umur dua (2) tahun dengan proporsi anak meninggal dari perempuan pada kelompok umur 20-24 tahun ($q(2)/D_2$), (ii) rasio antara probabilitas kematian dari saat lahir sampai sebelum umur tiga (3) tahun dengan proporsi anak meninggal dari perempuan pada kelompok umur 25-29 tahun ($q(3)/D_3$) dan (iii) rasio antara probabilitas kematian dari saat lahir sampai sebelum umur lima (5) tahun dengan proporsi anak meninggal dari perempuan pada kelompok umur 30-34 tahun ($q(5)/D_4$). Untuk masing-masing pasangan variabel bebas dan variabel tidak bebas dikembangkan persamaan regresi untuk keempat pola mortalitas (model) tabel kematian Coale-Demeny, yaitu Barat, Utara, Timur dan Selatan. Jadi, terdapat 24 persamaan regresi yang dikembangkan oleh Sullivan (1972).

Hasil evaluasi koefisien korelasi antara variabel-variabel tidak bebas dan variabel bebas persamaan regresi terhadap 650 observasi menunjukkan bahwa secara umum koefisien korelasi antara variabel-variabel tidak bebas dengan P_2/P_3 lebih besar daripada koefisien korelasi antara variabel-variabel tidak bebas dengan P_1/P_2 (Tabel 4.8) Jadi, Sullivan (1972) memilih persamaan-persamaan regresi antara (i) $q(2)/D_2$ dan P_2/P_3 , (ii) $q(3)/D_3$ dan P_2/P_3 dan (iii) $q(5)/D_4$ dan P_2/P_3 , untuk keempat model tabel kematian Coale-Demeny.

Persamaan-persamaan regresi yang diajukan oleh Sullivan (1972) adalah sebagai berikut.

$$q(2)/D_2 = A_2 + B_2\ (P_2/P_3)$$

$$q(3)/D_3 = A_3 + \mathrm{B}_3\ (P_2/P_3)$$

$$q(5)/D_4 = A_5 + B_5(P_2/P_3)$$

Koefisien-koefisien regresi, A_a dan B_a, kesalahan baku dan koefisien variasi (R^2) untuk keempat model tabel kematian Coale-Demeny disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.8

Koefisien Korelasi Persamaan Regresi antara Rasio Paritas Rata-rata (P_1/P_2 dan P_2/P_3) dan Rasio Probabilitas Meninggal dan Proporsi Anak Meninggal ($q(a)/D(i)$)

$q(a)/D(i)$	**Pola mortalitas**	**Koefisien korelasi**	
		P_1/P_2	P_2/P_3
$q(2)/D(2)$	Barat	-0,970	-0,970
	Utara	-0,973	-0,967
	Timur	-0,970	-0,971
	Selatan	-0,966	-0,968
$q(3)/D(3)$	Barat	-0,868	-0,988
	Utara	-0,869	-0,990
	Timur	-0,859	-0,988
	Selatan	-0,852	-0,985
$q(5)/D(4)$	Barat	-0,747	-0,920
	Utara	-0,749	-0,922
	Timur	-0,659	-0,897
	Selatan	-0,737	-0,919

Berdasarkan persamaan-persamaan regresi pada Tabel 4.9 dapat dihitung probabilitas anak meninggal dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur dua (2) tahun ($q(2)$), probabilitas anak meninggal dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur tiga (3) tahun ($q(3)$) dan probabilitas anak meninggal dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur lima (5) tahun ($q(5)$). Sebagai contoh, rumus perhitungan q_2, q_3 dan q_5 untuk model Barat adalah sebagai berikut.

$$q(2) = \{1,30 - 0,54\ (P_2 / P_3)\} \times D_2$$

$$q(3) = \{1,17 - 0,40\ (P_2 / P_3)\} \times D_3$$

$$q(5) = \{1,13 - 0,33\ (P_2 / P_3)\} \times D_4$$

Angka kematian bayi ($q(1)$) dapat diperkirakan berdasarkan $q(2)$, $q(3)$ dan $q(5)$ dengan menggunakan sistem logit (dibahas dalam Sub-Bab 4.5).

Tabel 4.9

Koefisien Regresi (A_a dan B_a), Kesalahan Baku dan Koefisien Variasi (R^2) Persamaan Regresi antara P_2/P_3 dan $q(a)/D(i)$

Persamaan regresi	Pola mortalitas	Koefisien regresi		Kesalahan baku	Koefisien variasi (R^2)
		A_a	B_a		
$q(2)/D_2 = A_2 + B_2\ (P_2/P_3)$	Barat	1,30	-0,54	0,008	0,942
	Utara	1,30	-0,63	0,010	0,936
	Timur	1,26	-0,44	0,007	0,943
	Selatan	1,33	-0,61	0,009	0,938
$q(3)/D_3 = A_3 + \mathrm{B}_3\ (P_2/P_3)$	Barat	1,17	-0,40	0,004	0,977
	Utara	1,17	-0,50	0,004	0,980
	Timur	1,14	-0,33	0,003	0,977
	Selatan	1,20	-0,44	0,005	0,970
$q(5)/D_4 = A_5 + B_5(P_2/P_3)$	Barat	1,13	-0,33	0,009	0,846
	Utara	1,15	-0,42	0,011	0,851
	Timur	1,11	-0,26	0,007	0,839
	Selatan	1,14	-0,32	0,009	0,845

4.3.2. Data yang dibutuhkan

Untuk perhitungan perkiraan tingkat kematian anak dengan menggunakan metode Sullivan dibutuhkan data jumlah anak lahir hidup (ALH) dan jumlah anak masih hidup (AMH) dari perempuan usia 15 tahun ke atas serta jumlah perempuan usia 15 tahun ke atas menurut kelompok umur lima tahunan. Data ini tersedia dalam publikasi hasil sensus penduduk atau survei penduduk antar sensus. Sebagai contoh, dalam publikasi hasil Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS 2005) data perempuan usia 15-54 tahun terdapat pada Tabel 2 yang berjudul "Penduduk menurut Golongan Umur, Daerah Perkotaan/Perdesaan, dan Jenis Kelamin" (Gambar 4.1).

Data perempuan usia 15-54 tahun menurut kelompok umur lima tahunan yang digunakan disajikan pada kolom 2 Tabel 4.5.

4.3.3. Prosedur perhitungan

Prosedur perhitungan perkiraan tingkat kematian anak dengan menggunakan metode tidak langsung Sullivan dilakukan dalam tiga tahap. Pada tahap 1 dilakukan perhitungan proporsi anak meninggal. Pada tahap 2 dilakukan perhitungan rasio antara paritas rata-rata perempuan kelompok umur 20-24 dan paritas rata-rata perempuan kelompok umur 25-29 (P_2 / P_3). Pada tahap 3 dilakukan perhitungan perkiraan tingkat kematian anak.

Tahap 1: Perhitungan proporsi anak meninggal

Prosedur perhitungan proporsi anak meninggal dari perempuan kelompok umur 20-24 tahun (D_2), dari perempuan kelompok umur 25-29 tahun (D_3) dan dari perempuan kelompok umur 30-34 tahun (D_4) sudah dijelaskan dalam Sub-Bab 4.3.

Tahap 2: Perhitungan P_2 / P_3

Prosedur perhitungan paritas rata-rata perempuan kelompok umur 20-24 tahun (P_2), paritas rata-rata perempuan kelompok umur 20-24 tahun (P_3) dan P_2 / P_3 sudah dijelaskan dalam Sub-Bab 4.3.

Tahap 3: Perhitungan perkiraan tingkat kematian anak

Perhitungan probabilitas anak meninggal dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur dua (2) tahun ($q(2)$), probabilitas anak meninggal dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur tiga (3) tahun ($q(3)$) dan probabilitas anak meninggal dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur lima (5) tahun ($q(5)$) dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan regresi pada Tabel 4.9.

4.3.4. Contoh

Pada bagian ini disajikan perkiraan tingkat kematian anak Indonesia dengan menggunakan metode Sullivan berdasarkan Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS) 2005.

Tahap 1: Perhitungan D_2, D_3 dan D_4

Berdasarkan perhitungan pada Sub-Bab 4.3 diperoleh D_2 = 0,0321, D_3 = 0,0316 dan D_4 = 0,0354.

Tahap 2: Perhitungan P_2 / P_3

Berdasarkan perhitungan pada Sub-Bab 4.3 diperoleh P_2 = 0,4681 dan P_3 = 1,2101 dan P_2 / P_3 = 0,387.

Tahap 3: Perhitungan $q(2)$, $q(3)$ dan $q(5)$

Perhitungan $q(2)$, $q(3)$ dan $q(5)$ untuk keempat model tabel kematian Coale-Demeny disajikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10

Perhitungan Perkiraan $q(2)$, $q(3)$ dan $q(5)$ dengan Menggunakan Metode Sullivan: Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005

Pola kematian	$q(a)$
Barat	$q(2)=\{(1,30-0,54\times(P_2/P_3)\}\times D_2=(1,30-0,54\times 0,387)\times 0,0321=0,03504$
Utara	$q(2)=\{(1,30-0,63\times(P_2/P_3)\}\times D_2=(1,30-0,63\times 0,387)\times 0,0321=0,03392$
Timur	$q(2)=\{(1,26-0,44\times(P_2/P_3)\}\times D_2=(1,26-0,44\times 0,387)\times 0,0321=0,03500$
Selatan	$q(2)=\{(1,33-0,61\times(P_2/P_3)\}\times D_2=(1,33-0,61\times 0,387)\times 0,0321=0,03513$
Barat	$q(3)=\{(1,17-0,40\times(P_2/P_3)\}\times D_3=(1,17-0,40\times 0,387)\times 0,0316=0,03213$
Utara	$q(3)=\{(1,17-0,50\times(P_2/P_3)\}\times D_3=(1,17-0,50\times 0,387)\times 0,0316=0,03090$
Timur	$q(3)=\{(1,14-0,33\times(P_2/P_3)\}\times D_3=(1,14-0,33\times 0,387)\times 0,0316=0,03204$
Selatan	$q(3)=\{(1,20-0,44\times(P_2/P_3)\}\times D_3=(1,20-0,44\times 0,387)\times 0,0316=0,03259$
Barat	$q(5)=\{(1,13-0,33\times(P_2/P_3)\}\times D_4=(1,13-0,33\times 0,387)\times 0,0354=0,03545$
Utara	$q(5)=\{(1,15-0,42\times(P_2/P_3)\}\times D_4=(1,15-0,42\times 0,387)\times 0,0354=0,03492$
Timur	$q(5)=\{(1,11-0,26\times(P_2/P_3)\}\times D_4=(1,11-0,26\times 0,387)\times 0,0354=0,03570$
Selatan	$q(5)=\{(1,14-0,32\times(P_2/P_3)\}\times D_4=(1,14-0,32\times 0,387)\times 0,0354=0,03594$

Hasil perhitungan dengan menggunakan metode Sullivan menunjukkan bahwa menurut hasil SUPAS 2005 perkiraan probabilitas anak meninggal dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur dua tahun ($q(2)$) 0,03504 untuk model Barat, 0,03392 untuk model Utara, 0,03500 untuk model Timur dan 0,03513 untuk model Selatan. Sementara itu, probabilitas anak meninggal dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur tiga tahun ($q(3)$) 0,03213 untuk model Barat, 0,03090 untuk model Utara, 0,03204 untuk model Timur dan 0,03259 untuk model Selatan. Selanjutnya, probabilitas anak meninggal dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur lima tahun

($q(5)$) 0,03545 untuk model Barat, 0,03492 untuk model Utara, 0,03570 untuk model Timur dan 0,03594 untuk model Selatan.

4.4. Metode Feeney: Perkiraan Angka Kematian Bayi

4.4.1. Dasar pemikiran

Feeney (1976 dan 1980) adalah orang pertama yang mengevaluasi pengaruh mortalitas yang berubah terhadap hasil prosedur perkiraan mortalitas anak. Dengan menggunakan angka kematian bayi sebagai suatu indeks tingkat kematian dalam suatu sistem tabel kematian logit satu variabel, dia menghitung proporsi anak meninggal yang akan diamati jika angka kematian bayi berubah secara linier menurut waktu. Berdasarkan kasus simulasi ini, Feeney menunjukkan bahwa untuk angka perubahan yang masuk akal dalam angka kematian bayi, nilai-nilai $q(1)$ yang diestimasi dari data anak lahir hidup dan masih hidup untuk kelompok umur ibu yang berbeda dapat dipasangkan dengan nilai-nilai $q(1)$ yang cocok sehimpunan tahun sebelum survei, dan sehimpunan tahun ini tidak berubah (*invariant*) terhadap laju perubahan mortalitas. Dengan menggunakan temuan empiris, Feeney mengembangkan suatu prosedur perkiraan untuk menetapkan sehimpunan tahun dimana angka kematian bayi yang diperkirakan (waktu kejadian angka kematian bayi) dari data anak lahir hidup anak dan masih hidup.

Metode Feeney didasarkan atas persamaan

$$Q = 1 - \sum_j c_j p_j(\omega, r)$$

dimana Q adalah proporsi anak meninggal pada perempuan kelompok umur tertentu, c_j menyatakan proporsi dari anak-anak dalam kelompok ini yang lahir pada tahun ke- j sebelum sensus, $p_j(\omega, r)$ menyatakan proporsi dari anak yang lahir selama tahun ke- j sebelum sensus yang akan bertahan hidup hingga waktu sensus dengan tiga asumsi.

Asumsi pertama adalah angka kematian bayi sebesar ω pada waktu sensus dan telah menurun dengan angka konstan r dalam tahun-tahun sebelum sensus. Asumsi kedua adalah tidak terdapat perbedaan kematian menurut umur ibu. Asumsi ketiga adalah tabel kematian yang mepresentasikan pengalaman mortalitas setiap tahun sebelum sensus dimasukkan dalam suatu keluarga tabel kematian model satu parameter. Nilai c_j dapat diestimasi dari umur melahirkan rata-rata sehingga persamaan di atas dapat dituliskan sebagai

$$Q = 1 - \sum_j c_j(M) p_j(\omega, r)$$

Untuk nilai Q dan M tertentu, kombinasi nilai ω dan r yang memenuhi pesamaan ini dapat ditentukan, dan setiap pasangan nilai tersebut menentukan suatu tren linier tertentu dari mortalitas yang konsisten dengan proporsi anak yang meninggal, Q. Secara empiris tren mortalitas linier yang konstan ini berpotongan pada suatu perkiraan yang sangat dekat, pada suatu titik. Koordinat dari titik ini memberikan perkiraan angka kematian bayi dan tahun sebelum sensus/survei. Rumus-rumus dalam *Display* 2 diperoleh dengan pertama-tama mentabulasikan koordinat yang bersesuaian dengan suatu rentang nilai Q dan M dan kemudian mencocokkannya dengan nilai tabulasi dengan menggunakan rumus matematika sederhana. Jadi, dengan metode Feeney diasumsikan bahwa tingkat kematian berubah secara linier.

Dengan metode Feeney hanya angka kematian bayi yang dihitung untuk waktu-waktu sebelum sensus/survei. Untuk perhitungan Feeney (1980) menyediakan tiga tabel: *Display* 1 (disajikan dalam Tabel 4.11), *Display* 2 (disajikan dalam Tabel 4.12) dan *Display* 3 (disajikan dalam Tabel 4.13). *Display* 1 digunakan untuk untuk memperkirakan umur melahirkan rata-rata, *Display* 2 untuk memperkirakan angka kematian bayi dan tahun sebelum sensus/survei (TSS) dan *Display* 3 untuk memperkirakan tanggal kalender kejadian angka kematian bayi.

Tabel 4.11 (*Display* 1)

Perkiraan Umur Melahirkan Rata-rata dari Rasio Paritas Rata-rata untuk Kelompok Umur Lima Tahunan yang Berurutan

$1000 \times \dfrac{\text{Paritas rata-rata perempuan umur } x-5 \text{ sampai umur } x}{\text{Paritas rata-rata perempuan umur } x \text{ sampai } x+5}$	**Pergeseran umur melahirkan rata-rata (*displacement of mean age at childbearing*) dari *x***
63 – 110	+10
111 – 167	+9
168 – 230	+8
231 – 293	+7
294 – 353	+6
354 – 409	+5
410 – 461	+4
462 – 508	+3
509 – 552	+2
553 – 593	+1
594 – 630	0
631 – 665	-1
666 – 697	-2
698 – 728	-3

Tabel 4.12 (*Display* 2)

Perkiraan Angka Kematian Bayi dari Proporsi Anak Meninggal dari Anak yang Dilahirkan Perempuan menurut Kelompok Umur Lima Tahunan (Q_i) untuk Umur Melahirkan Rata-rata yang Diberikan (M)

Kelompok umur	Angka Kematian Bayi	Tahun Sebelum Sensus
20-24	$(-44{,}7 + 30{,}5M)\ Q_{20\text{-}24} - 2{,}6$	$11{,}8 - 0{,}325M - 0{,}17Q_{20\text{-}24}$
25-29	$(294 + 14{,}9M)\ Q_{25\text{-}29} - 2{,}9$	$16{,}5 - 0{,}424M + 0{,}16Q_{25\text{-}29}$
30-34	$(357 + 10{,}4M)\ Q_{30\text{-}34} - 2{,}8$	$20{,}6 - 0{,}494M + 0{,}77Q_{30\text{-}34}$
35-39	$(362 + 9{,}77M)\ Q_{35\text{-}39} - 7{,}8$	$24{,}9 - 0{,}556M + 0{,}80Q_{35\text{-}39}$
40-44	$(282 + 11{,}0M)\ Q_{40\text{-}44} - 8{,}5$	$30{,}1 - 0{,}633M + 0{,}87Q_{40\text{-}44}$
45-49	$(216 + 11{,}1M)\ Q_{45\text{-}49} - 7{,}5$	$33{,}4 - 0{,}641M + 1{,}58Q_{45\text{-}49}$

Tabel 4.13 (*Display* 3)

Konversi Tanggal Kalender Menjadi 10 Bagian (Persepuluh) dari Tahun 365 Hari

Tanggal kalender	Persepuluh dari tahun
1 Januari – 18 Januari	0,0
19 Januari – 24 Februari	0,1
25 Februari – 1 April	0,2
2 April – 8 Mei	0,3
9 Mei – 13 Juni	0,4
14 Juni – 20 Juli	0,5
21 Juli – 25 Agustus	0,6
26 Agustus – 1 Oktober	0,7
2 Oktober – 6 November	0,8
7 November – 13 Desember	0,9
14 Desember – 31 Desember	1,0

4.4.2. Data yang dibutuhkan

Untuk perhitungan perkiraan angka kematian bayi dengan menggunakan metode Feeney dibutuhkan data jumlah anak lahir hidup (ALH) dan jumlah anak masih hidup (AMH) dari perempuan usia 15 tahun ke atas serta jumlah perempuan usia 15 tahun ke atas menurut kelompok umur lima tahunan. Data ini tersedia dalam publikasi hasil sensus penduduk atau survei penduduk antar sensus. Sebagai contoh, dalam publikasi hasil Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS 2005) data perempuan usia 15-54 tahun terdapat pada Tabel 2 yang berjudul "Penduduk menurut Golongan Umur, Daerah Perkotaan/Perdesaan, dan Jenis Kelamin" (Gambar 4.1). Data perempuan usia 15-54 tahun menurut kelompok umur lima tahunan yang digunakan disajikan pada kolom 2 Tabel 4.4.

4.4.3. Prosedur perhitungan

Prosedur perhitungan perkiraan angka kematian bayi dengan menggunakan metode tidak langsung Feeney dilakukan dalam lima tahap. Pada tahap 1 dilakukan perhitungan proporsi anak meninggal dari perempuan umur 20-49 tahun menurut kelompok umur lima tahunan. Pada tahap 2 dilakukan perhitungan rasio antara paritas rata-rata perempuan kelompok umur 15-19 dan paritas rata-rata perempuan kelompok umur 20-24 (P_1 / P_2), rasio antara paritas rata-rata perempuan kelompok umur 20-24 dan paritas rata-rata perempuan kelompok umur 25-29 (P_2 / P_3) dan rasio antara paritas rata-rata perempuan kelompok umur 25-29 dan paritas rata-rata perempuan kelompok umur 30-34 (P_3 / P_4). Pada tahap 3 dilakukan perhitungan umur melahirkan rata-rata. Pada tahap 4 dilakukan perhitungan angka kematian bayi dan tahun sebelum sensus/survei. Pada tahap 5 dilakukan perhitungan waktu kejadian angka kematian bayi.

<u>Tahap 1: Perhitungan proporsi anak meninggal</u>

Prosedur perhitungan proporsi anak meninggal dari perempuan kelompok umur 20-24 tahun (Q_{20-24}), dari perempuan kelompok umur 25-29 tahun (Q_{25-29}), dari perempuan kelompok umur 30-34 tahun (Q_{30-34}), dari perempuan kelompok umur 35-39 tahun (Q_{35-39}), dari perempuan kelompok umur 40-44 tahun (Q_{40-44}) dan dari perempuan kelompok umur 45-49 tahun (Q_{45-49}) sudah dijelaskan dalam Sub-Bab 4.3.

Tahap 2: Perhitungan P_1/P_2, P_2/P_3, dan P_3/P_4

Prosedur perhitungan paritas rata-rata perempuan kelompok umur 15-19 tahun (P_1), kelompok umur 20-24 tahun (P_2), kelompok umur 25-29 tahun (P_3) dan kelompok umur 25-29 tahun (P_4) serta P_1/P_2, P_2/P_3 dan P_3/P_4 sudah dijelaskan dalam Sub-Bab 4.3.

Tahap 3: Perhitungan umur melahirkan rata-rata

Berdasarkan nilai P_1/P_2, P_2/P_3 dan P_3/P_4 dihitung umur melahirkan rata-rata untuk masing-masing rasio paritas ini. Hal ini dilakukan dengan mengalikan P_1/P_2, P_2/P_3 dan P_3/P_4 masing-masing dengan 1.000 . Pemilihan nilai pergeseran umur melahirkan rata-rata dari *x* (Tabel 4.11) didasarkan pada hasil perkalian ini. Karena P_1/P_2 merupakan rasio paritas rata-rata antara perempuan umur 15-19 tahun dan 20-24 tahun maka *x* adalah 20. Karena P_2/P_3 merupakan rasio paritas rata-rata antara perempuan umur 20-24 tahun dan 25-29 tahun maka *x* adalah 24. Karena P_3/P_4 merupakan rasio paritas rata-rata antara perempuan umur 25-29 tahun dan 30-34 tahun maka *x* adalah 30. Umur melahirkan rata-rata ($\bar{m}_x$) untuk masing-masing rasio paritas adalah *x* ditambah dengan pergeseran umur melahirkan rata-rata dari *x*, dimana *x* = 20, 25 dan 30.

Sebagai contoh, nilai 1000 × P_1/P_2 = 101 terletak dalam interval 63-110 dalam Tabel 4.11 (*Display* 1) sehingga pergeseran umur melahirkan rata-rata dari x = 20 adalah +10 dan $\bar{m}_{20} = x + 10 = 20 + 10 = 30$. Jadi, umur melahirkan rata-rata berdasarkan P_1/P_2 adalah 30. Nilai 1000 × P_2/P_3= 387 terletak dalam interval 354-409 sehingga pergeseran umur melahirkan rata-rata dari x = 25 adalah +5 dan $\bar{m}_{25} = x + 5 = 25 + 10 = 30$. Jadi, umur melahirkan rata-rata berdasarkan P_2/P_3 adalah 30. Nilai 1000 × P_3/P_4= 627 terletak dalam interval 594-630 sehingga pergeseran umur melahirkan rata-rata dari x = 30 adalah +0 dan $\bar{m}_{30} = x + 0 = 30 + 0 = 30$. Jadi, umur melahirkan rata-rata berdasarkan P_3/P_4 adalah 30. Berdasarkan nilai $\bar{m}_{20}$, $\bar{m}_{25}$ dan $\bar{m}_{30}$ dihitung rata-rata, $M = \frac{1}{3}(m_{20} + m_{25} + m_{30}) = \frac{1}{3}(30 + 30 + 30) = 30$. Nilai M ini digunakan untuk perhitungan angka kematian bayi dan tahun sebelum sensus/survei dengan menggunakan *Display* 2 (Tabel 4.12).

Tahap 4: Perhitungan perkiraan angka kematian bayi (AKB) dan tahun sebelum sensus/survei (TSS)

Perhitungan perkiraan angka kematian bayi dan tahun sebelum sensus/survei dilakukan dengan menggunakan rumus yang ada dalam Tabel 4.12 (*Display* 2). Sebagai contoh, jika M = 30 dan $Q_{20\text{-}24}$ = 0,0321 maka

$$AKB = (-44,7 + 30,5M) \times Q_{20-24} - 2,6 = (-44,7 + 30,5 \times 30) \times 0,0321 - 2,6 = 25$$

$$TSS = 11,8 - 0,325 \times M - 0,17 \times Q_{20-24} = 11,8 - 0,325 \times 30 - 0,17 \times 0,0321 = 2,0$$

Jadi, angka kematian bayi berdasarkan informasi dari perempuan kelompok umur 20-24 tahun adalah 25 dengan tahun sebelum sensus/survei sebesar dua (2,0).

<u>Tahap 5: Perkiraan tanggal kalender kejadian angka kematian bayi</u>

Perkiraan tanggal kalender angka kematian bayi dihitung dengan mengurangi nilai tahun pelaksanaan sensus/survei dengan nilai tahun sebelum sensus/survei. Nilai tahun pelaksanaan sensus/survei adalah tahun pelaksanaan sensus/survei ditambah dengan persepuluh tanggal kalender bulan pelaksanaan sensus/survei (Tabel 4.13). Sebagai contoh, jika perkiraan didasarkan pada SUPAS 2005 yang dilaksanakan pada bulan Oktober maka tanggal kalender bulan pelaksanaan SUPAS 2005 ada di persepuluh kesembilan dengan nilai persepuluh dari tahun sebesar 0,8 (*Display* 3) sehingga nilai tahun pelaksanaan SUPAS 2005 adalah 2005 + 0,8 = 2005,8. Jadi, tanggal kalender kejadian angka kematian bayi berdasarkan informasi dari perempuan kelompok umur 20-24 tahun adalah 2005,8 – 2,0 = 2003,8 atau pada 2 Oktober – 6 November 2003.

4.4.4. Contoh

Pada bagian ini disajikan perkiraan angka kematian bayi, tahun sebelum sensus/survei dan waktu kejadian angka kematian bayi Indonesia dengan menggunakan metode Feeney berdasarkan Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS) 2004.

Tahap 1: Perhitungan Q_{20-24}, Q_{25-29}, Q_{30-34}, Q_{35-39}, Q_{40-44} dan Q_{45-49}

Berdasarkan perhitungan pada Sub-Bab 4.3 diperoleh Q_{20-24} = 0,0321, Q_{25-29} = 0,0316, Q_{30-34} = 0,0354, Q_{35-39} = 0,0460, Q_{40-44} = 0,0568 dan Q_{45-49} = 0,732.

Tahap 2: Perhitungan P_1/P_2, P_2/P_3 dan P_3/P_4

Berdasarkan perhitungan pada Sub-Bab 4.3 diperoleh P_1 = 0,0472, P_2 = 0,4681, P_3 = 1,2101 dan P_4 = 1,9308 sehingga P_1/P_2 = 0,101, P_2/P_3 = 0,387 dan P_3/P_4 = 0,627.

Tahap 3: Perhitungan umur melahirkan rata-rata

Perhitungan umur melahirkan rata-rata berdasarkan nilai P_1/P_2, P_2/P_3 dan P_3/P_4 disajikan pada Tabel 4.14. Berdasarkan perhitungan pada Tabel 4.14 maka $M = \frac{1}{3}(m_{20} + m_{25} + m_{30}) = \frac{1}{3}(30+30+30) = 30$. Artinya, pada tahun 2005 umur melahirkan rata-rata di Indonesia berdasarkan P_1/P_2**,** P_2/P_3 **dan** P_3/P_4 adalah 30 tahun.

Tabel 4.14

Perhitungan Umur Melahirkan Rata-rata ($\bar{m}_x$)

Rasio paritas rata-rata	*x*	1000 × Rasio paritas rata-rata	Interval	Pergeseran dari umur melahirkan rata-rata	Umur melahirkan rata-rata ($\bar{m}_x$)
P_1 / P_2 = 0,101	20	1000 × P_1 / P_2 = 1000 × 0,101 = 101	63 – 110	+10	$\bar{m}_{20} = x + 10 = 20 + 10 = 30$
P_2 / P_3 = 0,387	25	1000 × P_2 / P_3 = 1000 × 0,387 = 387	354 – 409	+5	$\bar{m}_{25} = x + 5 = 25 + 10 = 30$
P_3 / P_4 = 0,627	30	1000 × P_3 / P_4 = 1000 × 0,627 = 627	594 – 630	0	$\bar{m}_{30} = x + 0 = 30 + 0 = 30$

Tahap 4: Perhitungan perkiraan angka kematian bayi (AKB) dan tahun sebelum sensus/survei (TSS)

Perhitungan perkiraan angka kematian bayi dan tahun sebelum sensus/survei disajikan pada Tabel 4.15. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perkiraan angka kematian bayi berdasarkan informasi dari perempuan kelompok umur 25-29 tahun adalah 21 dengan tahun sebelum survei sebesar 3,8.

Tabel 4.15

Perhitungan Perkiraan Angka Kematian Bayi dan Tahun Sebelum Survei dengan Menggunakan Metode Feeney: Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005

Kelompok umur (tahun)	**Proporsi anak meninggal, D_i**	**Angka kematian bayi**	**Tahun sebelum survei**
20-24	0,321	$(-44{,}7 + 30{,}5M)\ Q_{20\text{-}24} - 2{,}6 = (-44{,}7 + 30{,}5 \times 30) \times 0{,}321 - 2{,}6 = 25$	$11{,}8 - 0{,}325M - 0{,}17\ Q_{20\text{-}24} = 11{,}8 - 0{,}325 \times 30 - 0{,}17 \times 0{,}321 = 2{,}0$
25-29	0,316	$(294 + 14{,}9M)\ Q_{25\text{-}29} - 2{,}9 = (294 + 14{,}9 \times 30) \times 0{,}316 - 2{,}9 = 21$	$16{,}5 - 0{,}424M + 0{,}16\ Q_{25\text{-}29} = 16{,}5 - 0{,}424 \times 30 + 0{,}16 \times 0{,}316 = 3{,}8$
30-34	0,354	$(357 + 10{,}4M)\ Q_{30\text{-}34} - 2{,}8 = (357 + 10{,}4 \times 30) \times 0{,}354 - 2{,}8 = 21$	$20{,}6 - 0{,}494M + 0{,}77\ Q_{30\text{-}34} = 20{,}6 - 0{,}494 \times 30 + 0{,}77 \times 0{,}354 = 5{,}8$
35-39	0,460	$(362 + 9{,}77M)\ Q_{35\text{-}39} - 7{,}8 = (362 + 9{,}77 \times 30) \times 0{,}460 - 7{,}8 = 22$	$24{,}9 - 0{,}556M + 0{,}80\ Q_{35\text{-}39} = 24{,}9 - 0{,}556 \times 30 + 0{,}80 \times 0{,}460 = 8{,}3$
40-44	0,568	$(282 + 11{,}0M)\ Q_{40\text{-}44} - 8{,}5 = (282 + 11{,}0 \times 30) \times 0{,}568 - 8{,}5 = 26$	$30{,}1 - 0{,}633M + 0{,}87\ Q_{40\text{-}44} = 30{,}1 - 0{,}633 \times 30 + 0{,}87 \times 0{,}568 = 11{,}2$
45-49	0,732	$(216 + 11{,}1M)\ Q_{45\text{-}49} - 7{,}5 = (216 + 11{,}1 \times 30) \times 0{,}732 - 7{,}5 = 33$	$33{,}4 - 0{,}641M + 1{,}58\ Q_{45\text{-}49} = 33{,}4 - 0{,}641 \times 30 + 1{,}58 \times 0{,}732 = 14{,}3$

Tahap 5: Perkiraan tanggal kalender kejadian angka kematian bayi

SUPAS 2005 dilaksanakan pada Oktober 2005 dan bulan Oktober ada pada persepuluh yang kesembilan dengan nilai persepuluh dari tahun sebesar 0,8 (*Display* 3) sehingga nilai tanggal kalender pelaksanaan SUPAS 2005 adalah 2005,8. Jadi, perkiraan tanggal kalender kejadian angka kematian bayi menurut kelompok umur perempuan adalah 2005,8 dikurangi dengan tahun sebelum survei. Perhitungan perkiraan waktu kejadian angka kematian bayi untuk setiap kelompok umur perempuan disajikan pada

Tabel 4.16. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tanggal kalender kejadian angka kematian bayi dari perempuan kelompok umur 25-29 tahun adalah 1 – 18 Januari 2002.

Tabel 4.16

Perkiraan Waktu Kejadian Angka Kematian Bayi dengan Menggunakan Metode Feeney:

Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005

Kelompok umur (tahun)	Angka kematian bayi	Tahun sebelum survei	Tanggal kalender kejadian angka kematian bayi
20-24	25	2,0	2005,8 – 2,0 = 2003,8 atau 2 Oktober – 6 November 2003
25-29	21	3,8	2005,8 – 3,8 = 2002,0 atau 1 – 18 Januari 2002
30-34	21	5,8	2005,8 – 5,8 = 2000,0 atau 1 – 18 Januari 2000
35-39	22	8,3	2005,8 – 8,3 = 1997,5 atau 14 Juni – 20 Juli 1997
40-44	26	11,2	2005,8 – 11,2 = 1994,6 atau 21 Juli – 25 Agustus 1994
45-49	33	14,3	2005,8 – 14,3 = 1991,5 atau 14 Juni – 20 Juli 1991

4.5. Sistem Sistem Logit: Evaluasi Perkiraan Angka Kematian Bayi dan Perkiraan Angka Kematian Bayi berdasarkan Angka Kematian Anak

4.5.1. Dasar pemikiran

Perkiraan angka kematian bayi dapat dievaluasi dengan menggunakan sistem logit dengan cara mentransformasi fungsi probabilitas meninggal dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur x, q_x, ke logit. Logit didefinsikan sebagai

$$\text{logit}(l_x) = \frac{1}{2}\ln\frac{1-l_x}{l_x}$$

dimana l_x adalah probabilitas hidup dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur tepat x. Jika q_x berkisar antara 0 dan 1 maka nilai logit(l_x) berkisar antara $-\infty$ dan $+\infty$.

Untuk mengevaluasi perkiraan angka kematian bayi diperlukan tabel kematian standar. Brass (dalam Feeney 1980) sudah membuat nilai probabilitas hidup dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur tepat x standar l_x^s tahunan sampai umur 80 tahun (Tabel 4.17). Sebagai contoh, untuk x = 1 nilai l_1^s adalah $\frac{8499}{10.000}$ = 0,8499 dan untuk x = 5 nilai l_5^s adalah $\frac{7691}{10.000}$ = 0,7691. Selanjutnya, evaluasi dilakukan dengan membuat grafik antara logit(l_x) dan logit (l_x^s). Jika perkiraan angka kematian bayi untuk tiap kelompok umur ibu akurat maka grafik akan merupakan titik-titik yang apabila dihubungkan akan menjadi suatu garis lurus. Grafik antara *A* dan logit(l_x^s) juga dapat dibuat dimana A = logit(l_x) – logit(l_x^s). Selain itu, perkiraan angka kematian bayi dengan metode Sullivan juga dapat dilakukan dengan menggunakan sistem logit.

Tabel 4.17

Nilai l_x Standar Umum Brass untuk Umur Tepat sampai Umur 80

Umur (*x*)	**Nilai l_x standar untuk umur tertentu**				
	x	***x* + 1**	***x* + 2**	***x* + 3**	***x* + 4**
0	10.000	8.499	8.070	7.876	7.762
5	7.691	7.634	7.590	7.554	7.526
10	7.502	7.475	7.448	7.422	7.394
15	7.363	7.323	7.280	7.233	7.183
20	7.130	7.073	7.013	6.951	6.889
25	6.826	6.766	6.705	6.645	6.585
30	6.525	6.465	6.406	6.345	6.285
35	6.223	6.160	6.097	6.032	4.966
40	4.898	4.829	4.759	4.687	4.612
45	4.535	4.455	4.373	4.287	4.198
50	4.106	4.009	4.909	4.805	4.697
55	4.585	4.470	4.351	4.227	4.099
60	3.965	3.823	3.676	3.524	3.369
65	3.210	3.049	2.886	2.719	2.551
70	2.380	2.202	2.023	2.846	1.671
75	1.500	1.335	1.177	1.027	888
80	760				

Sumber: Feeney (1979, hal. 8).

4.5.2. Data yang dibutuhkan

Untuk mengevaluasi perkiraan angka kematian bayi dan perkiraan angka kematian bayi dengan menggunakan sistem logit diperlukan data probabilitas meninggal dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur *x*, q_x.

Data ini diperoleh dari hasil perhitungan tingkat kematian bayi dan anak dengan menggunakan metode Brass dan Sullivan.

4.5.3. Prosedur perhitungan

Evaluasi perkiraan angka kematian bayi dan perkiraan angka kematian bayi dengan sistem logit dilakukan dalam lima (5) tahap seperti sebagai berikut.

Tahap 1: Perhitungan $l_x = 1 - q_x$ untuk setiap x berdasarkan nilai q_x .

Tahap 2: Perhitungan logit(l_x) dan logit(l_x^s) untuk setiap x.

Tahap 3: Perhitungan A = logit(l_x) – logit(l_x^s) untuk setiap x.

Tahap 4: Perhitungan l_1 berdasarkan A untuk setiap x.

Tahap 5: Perhitungan $q_1 = 1 - l_1$ untuk setiap x.

Tahap 6: Penggambaran grafik antara A = logit(l_x) – logit(l_x^s) dengan logit(l_x^s) untuk memeriksa apakah grafik akan merupakan titik-titik yang apabila dihubungkan akan menjadi suatu garis lurus, yang mengindikasikan perkiraan angka kematian bayi untuk tiap kelompok umur ibu akurat.

4.5.4. Contoh

Pada bagian ini disajikan (i) evaluasi perkiraan angka kematian bayi Indonesia dengan menggunakan metode Brass dan (ii) perkiraan angka kematian bayi dengan menggunakan metode Sullivan dengan menggunakan sistem logit berdasarkan Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS) 2005.

Evaluasi perkiraan angka kematian bayi Indonesia dengan menggunakan metode Brass dengan menggunakan sistem logit

Tahap 1: Perhitungan $l_x = 1 - q_x$ untuk setiap x berdasarkan nilai q_x .

Sajikan probabilitas kematian dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur x, q_x, berdasarkan P_2/P_3 dari kolom 7 Tabel 4.17 ke dalam kolom 2 Tabel 4.18. Kemudian, hitung $l_x = 1 - q_x$. Hasilnya taruh di kolom 3 Tabel 4.18. Sebagai contoh, untuk $x = 3$ maka $q_3 = 0{,}0330$ dan $l_3 = 1 - q_3 = 1 - 0{,}0330 = 0{,}9670$.

Tahap 2: Perhitungan logit(l_x) dan logit(l_x^s) untuk setiap x.

Sajikan nilai l_x^s dari Tabel 4.17 ke dalam kolom 4 Tabel 4.18 untuk x = 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20 dan 24. Kemudian hitung $\text{logit}(l_x) = \frac{1}{2}\ln\frac{1-l_x}{l_x}$ dan sajikan hasilnya dalam kolom 5 Tabel 4.18 serta hitung $\text{logit}(l_x^s) = \frac{1}{2}\ln\frac{1-l_x^s}{l_x^s}$ dan sajikan hasilnya dalam kolom 6 Tabel 4.18. Sebagai contoh, untuk $x = 3$ maka

$$\text{logit}(l_3) = \frac{1}{2}\ln\frac{1-l_3}{l_3} = \frac{1}{2}\ln\frac{1-0{,}9670}{0{,}9670} = -1{,}6889$$

dan

$$\text{logit}(l_3^s) = \frac{1}{2}\ln\frac{1-l_3^s}{l_3^s} = \frac{1}{2}\ln\frac{1-0,7876}{0,7876} = -0,6553 .$$

Tahap 3: Perhitungan *A* = logit(l_x) – logit(l_x^s) untuk setiap *x*.

Hitung nilai A = logit(l_x) – logit(l_x^s) untuk setiap x dan sajikan hasilnya dalam kolom 7 Tabel 4.18. Sebagai contoh, untuk x = 3 maka A = logit(l_3) – logit(l_3^s) = -1,6889 – (-0,6553) = -1,0336.

Tahap 4: Perhitungan l_1 berdasarkan *A* untuk setiap *x*.

Perhitungan l_1 berdasarkan A dilakukan dengan cara sebagai berikut. Jika A = logit(l_x) – logit(l_x^s) maka

$$\text{logit}(l_1) = A + \text{logit}(l_1^s)$$

Misalkan $y = A + \text{logit}(l_x^s) = \text{logit}(l_x)$, maka

$$\text{logit}^{-1}(y) = l_x = \text{logit}^{-1}(A + \text{logit}(l_s^x))$$

dan

$$y = \frac{1}{2}\ln\frac{1-l_x}{l_x} \text{ dan } l_x = \frac{1}{1+e^{2y}} = \text{logit}^{-1}(y)$$

Sebagai contoh, berdasarkan A = -1,0336 untuk x = 3 maka

$$\text{logit}(l_1) = A + \text{logit}(l_1^s) = -1{,}0336 + (-0{,}8699) = -1{,}9005$$

Karena $\text{logit}(l_1) = -1{,}9005$ = y maka

$$l_1 = \frac{1}{1+e^{2\times -1{,}9005}} = 0{,}9781$$

Sajikan y = logit(l_1) untuk setiap x dalam kolom 8 Tabel 4.18.

<u>Tahap 5: Perhitungan $q_1 = 1 - l_1$ untuk setiap x.</u>

Perhitungan $q_1 = 1 - l_1$. Sebagai contoh, untuk x =3 maka

$$q_1 = 1 - l_1 = 1 - 0{,}9781 = 0{,}0219 \approx 22 \text{ kematian bayi per 1.000 kelahiran hidup}$$

Jadi, dengan menggunakan sistem logit, perkiraan angka kematian bayi (q_1) berdasarkan q_3 dari metode Brass adalah 22 kematian bayi per 1.000 kelahiran hidup.

Hasil perhitungan l_1 dan q_1 untuk setiap x masing-masing disajikan dalam kolom 9 dan kolom 10 Tabel 4.18.

Perkiraan angka kematian bayi dengan sistem logit berdasarkan q_x yang lain dari metode Brass dilakukan dengan cara yang sama.

Tabel 4.18

Perhitungan Perkiraan Angka Kematian Bayi dari q_x Metode Brass

dengan Menggunakan Sistem Logit:

Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005

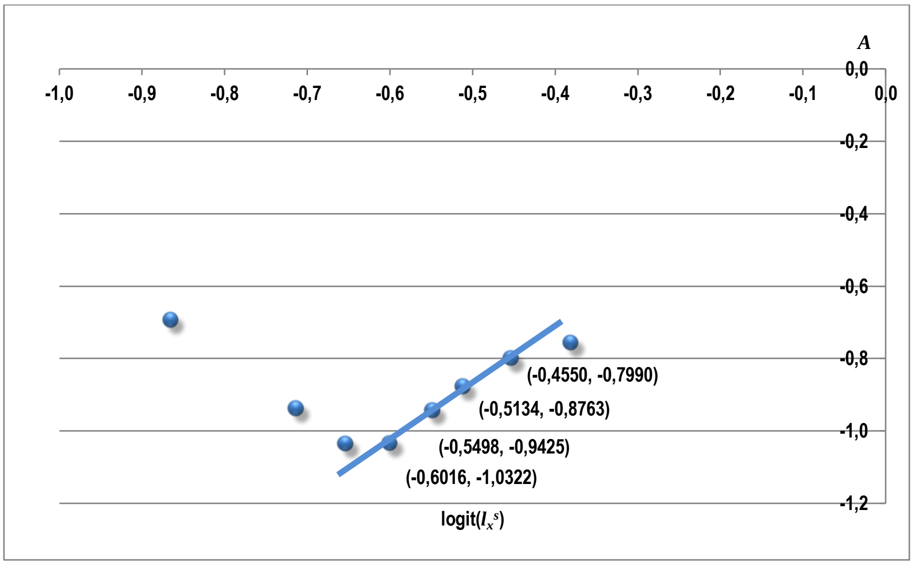
x	q_x	l_x	l_x^s	logit(l_x)	logit(l_x^s)	A	y = logit(l_1)	l_1	q_1
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	0,0424	0,9576	0,8499	-1,5589	-0,8669	-0,6920	-1,5589	0,9576	0,0424
2	0,0354	0,9646	0,8070	-1,6523	-0,7153	-0,9369	-1,8039	0,9736	0,0264
3	0,0330	0,9670	0,7876	-1,6889	-0,6553	-1,0336	-1,9005	0,9781	0,0219
5	0,0367	0,9633	0,7691	-1,6339	-0,6016	-1,0322	-1,8992	0,9781	0,0219
10	0,0481	0,9519	0,7502	-1,4923	-0,5498	-0,9425	-1,8094	0,9739	0,0261
15	0,0584	0,9416	0,7363	-1,3897	-0,5134	-0,8763	-1,7432	0,9703	0,0297
20	0,0753	0,9247	0,7130	-1,2540	-0,4550	-0,7990	-1,6660	0,9655	0,0345
25	0,0930	0,9070	0,6826	-1,1386	-0,3829	-0,7558	-1,6227	0,9625	0,0375

Tahap 6: Penggambaran grafik antara A = logit(l_x) – logit(l_x^s)dengan logit(l_x^s).

Penggambaran grafik dilakukan dengan menaruh A = logit(l_x) – logit(l_x^s) pada sumbu tegak dan logit(l_x^s) pada sumbu datar (Gambar 4.4). Terlihat bahwa ada empat titik pasangan nilai (logit(l_x^s), A) yang jika dihubungkan membentuk garis lurus, yaitu (-0,4550, -0,7990) untuk x = 20, (-0,5134, -0,8763) untuk x = 15, (-0,5498, -0,9425) untuk x = 10 dan (-0,6016, -1,0322) untuk x = 4. Jadi, perkiraan angka kematian bayi (q_1) yang akurat adalah 0,0219 atau 22 kematian bayi per 1.000 kelahiran hidup, 0,0261 atau 26 kematian bayi per 1.000 kelahiran hidup, 0297 atau 30 kematian bayi per 1.000 kelahiran hidup dan 0,0345 atau atau 35 kematian bayi per 1.000 kelahiran hidup. Jadi, perkiraan angka kematian bayi Indonesia berdasarkan hasil SUPAS 2005 dengan menggunakan sistem logit adalah antara 22 dan 35 kematian bayi per 1.000 kelahiran hidup.

Gambar 4.4

***A* dan logit(l_x^s): Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005**



Perkiraan angka kematian bayi dengan menggunakan metode Sullivan dengan menggunakan sistem logit

Perhitungan perkiraan angka kematian bayi dengan menggunakan metode Sullivan dengan menggunakan sistem logit dilakukan dengan cara yang sama seperti perhitungan perkiraan angka kematian bayi dengan menggunakan metode Brass dengan menggunakan sistem logit. Akan tetapi, untuk metode Sullivan hanya ada x = 2, 3 dan 5. Hasilnya disajikan dalam

Tabel 4.19. Pada bagian ini diberikan contoh perkiraan angka kematian bayi untuk keempat model tabel kematian Coale dan Demeny.

Tahap 1: Perhitungan $l_x = 1 - q_x$ untuk x = 2, 3 dan 5 berdasarkan nilai q_x .

Sajikan probabilitas kematian dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur x, q_x, dari Tabel 4.10 ke dalam kolom 2 Tabel 4.19. Kemudian hitung $l_x = 1 - q_x$. Hasilnya taruh di kolom 3 Tabel 4.19. Sebagai contoh, untuk x = 3 model Barat maka q_3 = 0,03213 sehingga $l_3 = 1 - q_3 = 1 - 0{,}03213 = 0{,}96787$.

Tahap 2: Perhitungan logit(l_x) dan logit(l_x^s) untuk x = 2, 3 dan 5.

Sajikan nilai l_x^s dari Tabel 4.17 ke dalam kolom 4 Tabel 4.19 untuk x = 2, 3, 5. Kemudian hitung $\text{logit}(l_x) = \frac{1}{2}\ln\frac{1-l_x}{l_x}$ dan dan sajikan hasilnya dalam kolom 5 Tabel 4.19 serta hitung $\text{logit}(l_x^s) = \frac{1}{2}\ln\frac{1-l_x^s}{l_x^s}$ dan sajikan hasilnya dalam kolom 6 Tabel 4.19. Sebagai contoh, untuk x = 3 model Barat maka

$$\text{logit}(l_x) = \text{logit}(l_3) = \text{logit}(0{,}96787) = = \frac{1}{2}\ln\frac{1-l_3}{l_3} = \frac{1}{2}\ln\frac{1-0{,}96787}{0{,}96787} = -1{,}7027$$

dan

logit(l_x^s) = logit(l_3^s) = logit(0,7876) = $\text{logit}(l_3^s) = \frac{1}{2}\ln\frac{1-l_3^s}{l_3^s} = \frac{1}{2}\ln\frac{1-0,7876}{0,7876} = -0,6553$.

Tahap 3: Perhitungan *A* = logit(l_x) – logit(l_x^s) untuk *x* = 2, 3 dan 5.

Hitung nilai *A* = logit(l_x) – logit(l_x^s) untuk setiap *x*. Sajikan hasilnya dalam kolom 7 Tabel 4.19. Sebagai contoh, untuk *x* = 3 model Barat maka *A* = logit(l_3) – logit(l_3^s) = -1,7027 – (-0,6553) = -1,0474.

Tahap 4: Perhitungan l_1 berdasarkan *A* untuk *x* = 2, 3 dan 5.

Berdasarkan penjelasan pada bagian sebelumnya maka logit(l_1) = *A* + logit(l_1^s) sehingga

$$y = \frac{1}{2}\ln\frac{1-l_x}{l_x} \text{ dan } l_x = \frac{1}{1+e^{2y}} = \text{logit}^{-1}(y)$$

Sebagai contoh, berdasarkan *A* untuk *x* = 3 model Barat maka

$$\text{logit}(l_1) = A + \text{logit}(l_1^s) = -1,0474 + (-0,8699) = -1,9143$$

Sajikan *y* = logit(l_1) untuk setiap *x* dalam kolom 8 Tabel 4.19.

Karena $\text{logit}(l_1) = -1{,}9143$ maka

$$l_1 = \frac{1}{1+e^{2\times -1{,}9143}} = 0{,}9787$$

Hasil perhitungan l_1 untuk setiap x disajikan dalam kolom 9 Tabel 4.19.

Tahap 5: Perhitungan q_1 = 1 – l_1 untuk x = 2, 3 dan 5.

Sebagai contoh, untuk x = 3 model Barat maka

$q_1 = 1 - l_1 = 1 - 0{,}9787 = 0{,}0213 \approx 21$ kematian bayi per 1.000 kelahiran hidup

Jadi, dengan menggunakan sistem logit, perkiraan angka kematian bayi (q_1) berdasarkan q_3 dari metode Sullivan adalah 21 kematian bayi per 1.000 kelahiran hidup.

Hasil perhitungan q_1 untuk setiap x disajikan dalam kolom 10 Tabel 4.19.

Perkiraan angka kematian bayi dengan sistem logit berdasarkan q_x dan untuk model kematian yang lain dari metode Sullivan dilakukan dengan cara yang sama.

Hasil perhitungan perkiraan angka kematian bayi dengan sistem logit berdasarkan tingkat kematian anak (q_2, q_3 dan q_5) dengan menggunakan metode Sullivan menunjukkan bahwa perkiraan angka kematian bayi

Indonesia berdasarkan SUPAS 2005 secara konsisten cenderung lebih tinggi jika didasarkan pada q_2 (antara 25 dan 26) dibandingkan jika didasarkan pada q_3 dan q_5 yang cenderung lebih dekat satu dengan yang lain (antara 21 dan 22). Perkiraan angka kematian bayi yang sama juga diperoleh berdasarkan perhitungan dengan metode Feeney dan metode Brass yang telah dievaluasi dengan sistem logit (Tabel 4.20). Hal ini dapat mengindikasikan lebih baiknya pelaporan anak lahir hidup dan anak masih hidup pada perempuan usia 25-29 dan 30-34 tahun, seperti yang dinyatakan oleh Brass (1975). Akan tetapi, hasil perhitungan perkiraan angka kematian bayi Indonesia berdasarkan SUPAS 2005 dengan menggunakan metode Brass, Sullivan dan Feeney menunjukkan adanya penurunan tingkat kematian bayi dan anak di Indonesia.

Tabel 4.19

Perhitungan Perkiraan Angka Kematian Bayi dari q_2, q_3 dan q_5 Metode Sullivan dengan Menggunakan Sistem Logit: Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005

x	q_x	l_x	l_x^s	logit(l_x)	logit(l_x^s)	A	y = logit(l_1)	l_1	q_1
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Model Barat									
2	0,03504	0,96496	0,8070	-1,6578	-0,7153	-0,9425	-1,8094	0,9739	0,0261
3	0,03213	0,96787	0,7876	-1,7027	-0,6553	-1,0474	-1,9143	0,9787	0,0213
5	0,03545	0,96455	0,7691	-1,6518	-0,6016	-1,0502	-1,9171	0,9788	0,0212
Model Utara									
2	0,033921	0,96608	0,8070	-1,6746	-0,7153	-0,9593	-1,8262	0,9747	0,0253
3	0,030905	0,96910	0,7876	-1,7227	-0,6553	-1,0675	-1,9344	0,9795	0,0205
5	0,034923	0,96508	0,7691	-1,6595	-0,6016	-1,0579	-1,9248	0,9792	0,0208
Model Timur									
2	0,034996	0,96500	0,8070	-1,6584	-0,7153	-0,9431	-1,8100	0,9739	0,0261
3	0,032036	0,96796	0,7876	-1,7042	-0,6553	-1,0489	-1,9158	0,9788	0,0212
5	0,035697	0,96430	0,7691	-1,6482	-0,6016	-1,0466	-1,9135	0,9787	0,0213
Model Selatan									
2	0,035133	0,96487	0,8070	-1,6564	-0,7153	-0,9411	-1,8080	0,9738	0,0262
3	0,032589	0,96741	0,7876	-1,6953	-0,6553	-1,0401	-1,9070	0,9784	0,0216
5	0,035937	0,96406	0,7691	-1,6447	-0,6016	-1,0431	-1,9100	0,9785	0,0215

Tabel 4.20

Ringkasan Perkiraan Angka Kematian Bayi dengan Metode Brass dan Metode Sullivan Model Barat dengan Menggunakan Sistem Logit serta dengan Metode Feeney: Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005 (kematian bayi per 1.000 kelahiran hidup)

Kelompok umur (tahun)	Perkiraan angka kematian bayi		
	Metode Brass setelah dievaluasi dengan sistem logit	Metode Sullivan model barat setelah dievaluasi dengan sistem logit	Metode Feeney
15-19	42		
20-24	26	26	25
25-29	22	21	21
30-34	22	21	21
35-39	26		22
40-44	30		26
45-49	35		33
50-54	38		

4.6. Metode Trussell: Perkiraan Tingkat Kematian Bayi dan Anak

4.6.1. Dasar pemikiran

Trussell (1975) mengestimasi sekumpulan faktor pengali yang ketiga, dengan menggunakan cara yang sama, seperti yang dilakukan Brass dan Sullivan, tetapi dengan menggunakan data yang dihasilkan dari skedul model fertilitas yang dikembangkan oleh Coale dan Trussell (1974). Teori umum yang menjadi dasar metode ini pada dasarnya sama, tetapi mereka menghasilkan pengali yang berbeda karena basis data yang digunakan untuk setiap kasus berbeda.

Metode perkiraan Trussell didasarkan pada asumsi bahwa fertilitas dan mortalitas anak tetap konstan dalam beberapa waktu sebelum sensus/survei. Jika, sebagi contoh, fertilitas berubah, rasio paritas rata-rata yang diperoleh dari survei *cross-sectional* tidak akan mereplikasi secara akurat pengalaman setiap kohor perempuan dan tidak akan menghasilkan suatu indeks distribusi dalam waktu kelahiran bagi perempuan dari setiap kelompok umur.

Berdasarkan data empiris, Trussell menghasilkan koefisien-koefisien untuk perkiraan faktor pengali kematian anak untuk keempat pola kematian dalam tabel kematian Coale-Demeny (Tabel 4.21). Persamaan regresi yang diajukan Trussell menghubungkan rasio antara mortalitas $q(x)$, untuk x = 1, 2, 3, 5, 10, 15 dan 20, dan $D(i)$, untuk i = 1, 2, 3, 4, 5, 6 dan 7, $q(x)/D(i)$, sebagai variabel tidak bebas dengan dua variabel bebas, yaitu rasio antara paritas rata-rata perempuan kelompok umur 15-19 tahun dan paritas rata-rata perempuan kelompok umur 20-24 tahun ($P(1)/P(2)$) dan rasio antara paritas rata-rata perempuan kelompok umur 20-24 tahun dan paritas rata-rata perempuan kelompok umur 25-29 tahun ($P(2)/P(3)$). Persamaan perkiraan faktor pengali $k(i)$ kematian anak adalah sebagai berikut.

$$k(i) = \frac{q(x)}{D(i)} = a(i) + b(i)\frac{P(1)}{P(2)} + c(i)\frac{P(2)}{P(3)}$$

Jadi, $q(x) = k(i) \times D(i)$.

Seperti halnya Feeney, Coale dan Trussell (1977) juga memperkirakan lokasi waktu kejadian kematian dengan menghitung koefisien-koefisien untuk perkiraan waktu kejadian (Tabel 4.22). Mereka mengasumsikan bahwa perubahan mortalitas periode dapat dimodelkan sebagai suatu pergerakan melalui tingkat yang lebih tinggi (atau lebih rendah) dari sehimpunan model tabel kematian, sedemikian rupa sehingga kohor tabel kematian dapat diperoleh dengan merangkai bersama tingkat mortalitas yang dialami oleh kohor yang sebenarnya yang hidup pada periode berbeda. Dalam hal ini, dapat juga ditunjukkan secara empiris bahwa perkiraan tingkat kematian dan bayi dengan metode Brass yang diperoleh dari perempuan dalam kelompok umur *i*, sebagai contoh, adalah sama dengan nilai yang bersesuaian pada periode $t(x)$ tertentu sebelum survei, dan periode ini, tidak dipengaruhi oleh laju perubahan mortalitas, sepanjang laju perubahan kurang lebih konstan menurut waktu.

Berdasarkan data empiris, Trussell menghasilkan koefisien untuk perkiraan waktu kejadian mortalitas anak, $t(x)$, untuk keempat pola kematian dalam tabel kematian Coale-Demeny (Tabel 4.22). Persamaan regresi yang diajukan Trussell menghubungkan mortalitas $t(x)$, untuk x = 1, 2, 3, 5, 10, 15 dan 20, sebagai variabel tidak bebas dengan dua variabel bebas, yaitu $P(1)/P(2)$ dan $P(2)/P(3)$. Persamaan perkiraan waktu kejadian mortalitas, $t(x)$, adalah sebagai berikut.

$$t(x) = a(i) + b(i)\frac{P(1)}{P(2)} + c(i)\frac{P(2)}{P(3)}$$

Tabel 4.21

Koefisien untuk Estimasi Pengali Mortalitas Anak, Varian Trussell,

ketika Data Dikelompokkan menurut Umur Ibu

Model mortalitas	**Kelompok umur**	**Indeks i**	**Rasio mortalitas $q(x)/D(i)$**	**Pengali**		
				$a(i)$	**$b(i)$**	**$c(i)$**
North	15-19	1	$q(1)/D(1)$	1,1119	-2,9287	0,8507
	20-24	2	$q(2)/D(2)$	1,2390	-0,6865	-0,2745
	25-29	3	$q(3)/D(3)$	1,1884	0,0421	-0,5156
	30-34	4	$q(5)/D(4)$	1,2046	0,3037	-0,5656
	35-39	5	$q(10)/D(5)$	1,2586	0,4236	-0,5898
	40-44	6	$q(15)/D(6)$	1,2240	0,4222	-0,5456
	45-49	7	$q(20)/D(7)$	1,1772	0,3486	-0,4624
South	15-19	1	$q(1)/D(1)$	1,0819	-3,0005	0,8689
	20-24	2	$q(2)/D(2)$	1,2846	-0,6181	-0,3024
	25-29	3	$q(3)/D(3)$	1,2223	0,0851	-0,4704
	30-34	4	$q(5)/D(4)$	1,1905	0,2631	-0,4487
	35-39	5	$q(10)/D(5)$	1,1911	0,3152	-0,4291
	40-44	6	$q(15)/D(6)$	1,1564	0,3017	-0,3958
	45-49	7	$q(20)/D(7)$	1,1307	0,2596	-0,3538
East	15-19	1	$q(1)/D(1)$	1,1461	-2,2536	0,6259
	20-24	2	$q(2)/D(2)$	1,2231	-0,4301	-0,2245
	25-29	3	$q(3)/D(3)$	1,1593	0,0581	-0,3479
	30-34	4	$q(5)/D(4)$	1,1404	0,1991	-0,3487
	35-39	5	$q(10)/D(5)$	1,1540	0,2511	-0,3506
	40-44	6	$q(15)/D(6)$	1,1336	0,2556	-0,3428
	45-49	7	$q(20)/D(7)$	1,1201	0,2362	-0,3268
West	15-19	1	$q(1)/D(1)$	1,1415	-2,7070	0,7663
	20-24	2	$q(2)/D(2)$	1,2563	-0,5381	-0,2637
	25-29	3	$q(3)/D(3)$	1,1851	0,0633	-0,4177
	30-34	4	$q(5)/D(4)$	1,1720	0,2341	-0,4272
	35-39	5	$q(10)/D(5)$	1,1865	0,3080	-0,4452
	40-44	6	$q(15)/D(6)$	1,1746	0,3314	-0,4537
	45-49	7	$q(20)/D(7)$	1,1639	0,3190	-0,4435

Tabel 4.22

Koefisien untuk Perkiraan Periode Acuan, $t(x)$, untuk Nilai-nilai $q(x)$ yang Diestimasi dari Data yang Dikelompokkan menurut Umur Acuan

Model mortalitas	Kelompok umur	Indeks i	Umur x	Estimasi parameter	Koefisien		
					$a(i)$	$b(i)$	$c(i)$
North	15-19	1	1	$q(1)$	1,0921	5,4732	-1,9672
	20-24	2	2	$q(2)$	1,3207	5,3751	0,2133
	25-29	3	3	$q(3)$	1,5996	2,6268	4,3701
	30-34	4	5	$q(5)$	2,0779	-1,7908	9,4126
	35-39	5	10	$q(10)$	2,7705	-7,3403	14,9352
	40-44	6	15	$q(15)$	4,1520	-12,2448	19,2349
	45-49	7	20	$q(20)$	6,9650	-13,9160	19,9542
South	15-19	1	1	$q(1)$	1,0900	5,4443	-1,9721
	20-24	2	2	$q(2)$	1,3079	5,5568	0,2021
	25-29	3	3	$q(3)$	1,5173	2,6755	4,7471
	30-34	4	5	$q(5)$	1,9399	-2,2739	10,3876
	35-39	5	10	$q(10)$	2,6157	-8,4819	16,5153
	40-44	6	15	$q(15)$	4,0794	-13,8308	21,1866
	45-49	7	20	$q(20)$	7,1796	-15,3880	21,7892
East	15-19	1	1	$q(1)$	1,0959	5,5864	-1,9949
	20-24	2	2	$q(2)$	1,2921	5,5897	0,3631
	25-29	3	3	$q(3)$	1,5021	2,4692	5,0927
	30-34	4	5	$q(5)$	1,9347	-2,6419	10,8533
	35-39	5	10	$q(10)$	2,6197	-8,9693	17,0981
	40-44	6	15	$q(15)$	4,1317	-14,3550	21,8247
	45-49	7	20	$q(20)$	7,3657	-15,8083	22,3005
West	15-19	1	1	$q(1)$	1,0970	5,5628	-1,9956
	20-24	2	2	$q(2)$	1,3062	5,5677	0,2962
	25-29	3	3	$q(3)$	1,5305	2,5528	4,8962
	30-34	4	5	$q(5)$	1,9991	-2,4261	10,4282
	35-39	5	10	$q(10)$	2,7632	-8,4065	16,1787
	40-44	6	15	$q(15)$	4,3468	-13,2436	20,1990
	45-49	7	20	$q(20)$	7,5242	-14,2013	20,0162

4.6.2. Data yang dibutuhkan

Untuk perhitungan perkiraan tingkat kematian anak dengan menggunakan metode Feeney dibutuhkan data jumlah anak lahir hidup (ALH) dan jumlah anak masih hidup (AMH) dari perempuan usia 15 tahun ke atas serta jumlah perempuan usia 15 tahun ke atas menurut kelompok umur lima tahunan. Data ini tersedia dalam publikasi hasil sensus penduduk atau survei penduduk antar sensus. Sebagai contoh, dalam publikasi hasil Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS 2005) data perempuan usia 15-54 tahun terdapat pada Tabel 2 yang berjudul "Penduduk menurut Golongan Umur, Daerah Perkotaan/Perdesaan, dan Jenis Kelamin" (Gambar 4.1). Data perempuan usia 15-54 tahun menurut kelompok umur lima tahunan yang digunakan disajikan pada kolom 2 Tabel 4.5.

4.6.3. Prosedur perhitungan

Prosedur perhitungan perkiraan tingkat kematian bayi dan anak dengan menggunakan metode tidak langsung Trussell dilakukan dalam lima tahap. Pada tahap 1 dilakukan perhitungan paritas rata-rata perempuan umur 15-49 tahun menurut kelompok umur lima tahunan, $P(i)$. Pada tahap 2 dilakukan perhitungan proporsi anak meninggal pada perempuan umur 15-49 tahun menurut kelompok umur lima tahunan, $D(i)$. Pada tahap 3 dilakukan perhitungan pengali mortalitas anak untuk perempuan umur 15-49 tahun menurut kelompok umur lima tahunan, $k(i)$. Pada tahap 3 dilakukan perhitungan probabilitas meninggal antara saat lahir sampai sebelum mencapai umur *x*, q (x). Pada tahap 5 dilakukan perhitungan periode acuan (waktu kejadian), $t(x)$.

Tahap 1: Perhitungan $P(1)$, $P(2)$, $P(3)$, $P(4)$, $P(5)$, $P(6)$ dan $P(7)$

Perhitungan paritas rata-rata perempuan kelompok umur 15-19 tahun ($P(1)$), kelompok umur 20-24 tahun ($P(2)$), kelompok umur 25-29 tahun

(P(3)), kelompok umur 30-34 tahun (P(4)), kelompok umur 35-39 tahun (P(5)), kelompok umur 40-44 tahun (P(6)), dan kelompok umur 45-49 (P(7)) tahun sudah dijelaskan dalam Sub-Bab 4.3.

Tahap 2: Perhitungan D(1), D(2), D(3), D(4), D(5), D(6) dan D(7)

Prosedur perhitungan proporsi anak meninggal dari perempuan kelompok umur 15-19 tahun (D(1)), kelompok umur 20-24 tahun (D(2)), kelompok umur 25-29 tahun (D(3)), kelompok umur 30-34 tahun (D(4)), kelompok umur 35-39 tahun (D(5)), kelompok umur 40-44 tahun (D(6)) dan kelompok umur 45-49 tahun (D(7)) sudah dijelaskan dalam Sub-Bab 4.3.

Tahap 3: Perhitungan pengali mortalitas anak $k(i)$

Perhitungan pengali mortalitas anak, $k(i)$, i = 1, 2, 3, 4, 5, 6 dan 7, dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$k(i) = a(i) + b(i)(P(1)/P(2)) + c(i)(P(2)/P(3))$$

$a(i)$, $b(i)$ dan $c(i)$ adalah koefisien-koefisien untuk perkiraan pengali mortalitas anak $k(i)$.

<u>Tahap 4. Perhitungan probabilitas meninggal antara saat lahir sampai sebelum mencapai umur *x*, *q* (*x*).</u>

Probabilitas meninggal antara saat lahir sampai sebelum mencapai umur *x*, *q* (*x*), dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$q(x) = k(i)D(i)$$

Tahap 5: Perhitungan periode acuan (waktu kejadian), *t*(*x*).

Periode acuan (waktu kejadian), *t*(*x*), dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$t(x) = a(i) + b(i)(P(1)/P(2)) + c(i)(P(2)/P(3))$$

Perkiraan waktu kejadian tingkat kematian bayi dan anak dihitung dengan cara yang sama seperti pada metode Feeney (Sub-Bab 4.4) dengan mengurangi nilai tahun pelaksanaan sensus/survei dengan *t*(*x*) dan kemudian mengkonversi hasilnya ke tanggal kalender berdasarkan nilai persepuluh dari tahun 365 hari (Tabel 4.13).

4.6.4. Contoh

Pada bagian ini disajikan perkiraan tingkat kematian bayi dan anak, tahun sebelum sensus/survei dan waktu kejadian tingkat kematian bayi dan anak

Indonesia dengan menggunakan metode Trussell berdasarkan Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS) 2005.

Tahap 1: Perhitungan *P*(1), *P*(2), *P*(3), *P*(4), *P*(5), *P*(6) dan *P*(7)

Perhitungan $P(1)$, $P(2)$, $P(3)$, $P(4)$, $P(5)$, $P(6)$ dan $P(7)$ sudah dijelaskan dalam Sub-Bab 4.3. Hasilnya disajikan dalam kolom 2 Tabel 4.23.

Tahap 2: Perhitungan *D*(1), *D*(2), *D*(3), *D*(4), *D*(5), *D*(6) dan *D*(7)

Perhitungan $D(1)$, $D(2)$, $D(3)$, $D(4)$, $D(5)$, $D(6)$ dan $D(7)$ sudah dijelaskan dalam Sub-Bab 4.3. Hasilnya disajikan dalam kolom 3 Tabel 4.23.

Tahap 3: Perhitungan pengali mortalitas anak *k*(*i*)

Sebelum pengali mortalitas anak, $k(i)$, dihitung, dihitung dulu $P(1)/P(2)$ dan $P(2)/P(3)$, yang sudah dijelaskan dalam Sub-Bab 4.3. Hasilnya adalah $P(1)/P(2)$ = 0,101 dan $P(2)/P(3)$ = 0,387. Selanjutnya, pengali mortalitas anak, $k(i)$, dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$k(i) = a(i) + b(i)(P(1)/P(2)) + c(i)(P(2)/P(3))$$

$a(i)$, $b(i)$ dan $c(i)$ adalah koefisien-koefisien untuk perkiraan pengali mortalitas anak $k(i)$.

Sebagai contoh, untuk i = 1 model Barat maka

$$k(1) = a(1) + b(1)(P(1)/P(2)) + c(1)(P(2)/P(3)) = 1,415 + (-2,7070)(0,0472/0,4681) + 0,7663(0,4681/1,1201) = 1,165$$

Hasil perhitungan $k(i)$ untuk semua i dan semua model kematian disajikan dalam kolom 5 Tabel 4.23.

Tahap 4. Perhitungan probabilitas meninggal antara saat lahir sampai sebelum mencapai umur *x*, *q* (*x*).

Probabilitas meninggal antara saat lahir sampai sebelum mencapai umur x, $q(x)$, dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$q(x) = k(i)D(i)$$

Sebagai contoh, untuk x = 1 model Barat maka

$$q(1) = k(1)D(1) = 1,165 \times 0,0358 = 0,042$$

Jadi, probabilitas meninggal antara saat lahir sampai sebelum mencapai umur 1, q (1), adalah 0,042 atau 42 kematian bayi per 1.000 kelahiran hidup.

Untuk x = 5 model Barat maka

$$q(5) = k(4)D(4) = 1,030 \times 0,0316 = 0,033$$

Jadi, probabilitas meninggal antara saat lahir sampai sebelum mencapai umur 5, $q(5)$, adalah 0,033 atau 33 kematian anak usia bawah lima tahun per 1.000 anak usia bawah lima tahun.

Hasil perhitungan $q(x)$ untuk semua i dan semua model kematian disajikan dalam kolom 6 Tabel 4.23.

Tahap 5: Perhitungan periode acuan (waktu kejadian), *t*(*x*).

Periode acuan (waktu kejadian), $t(x)$, dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$t(x) = a(i) + b(i)(P(1)/P(2)) + c(i)(P(2)/P(3))$$

Sebagai contoh, untuk x = 1 model Barat maka

$$t(1) = a(1) + b(1)(P(1)/P(2)) + c(1)(P(2)/P(3)) = 1,0970 + (5,5628)(0,0472/0,4681) + (-1,9956)(0,4781/1,2101) = 0,9$$

Hasil perhitungan $t(x)$ untuk semua i dan semua model kematian disajikan dalam kolom 7 Tabel 4.23.

Selanjutnya, waktu kejadian tingkat kematian bayi dan anak dihitung dengan mengurangi nilai waktu pelaksanaan SUPAS 2005 dengan $t(x)$. SUPAS 2005 dilaksanakan pada Oktober 2005 dan bulan Oktober ada pada persepuluh yang kesembilan dengan nilai persepuluh dari tahun sebesar 0,8 (*Display* 3) sehingga nilai waktu pelaksanaan SUPAS 2005 adalah 2005,8. Jadi, perkiraan waktu kejadian angka kematian bayi menurut kelompok umur perempuan adalah 2005,8 dikurangi dengan $t(x)$.

Sebagai contoh, untuk x = 1 model Barat maka tanggal kalender kejadian angka kematian bayi = 2005,8 – $t(1)$ 2005,8 – 0,9 = 2004,9. Tanggal kalender untuk persepuluh 0,9 adalah 7 November – 31 Desember. Jadi, tanggal kalender untuk $q(1)$ = 0,042 adalah 7 November – 31 Desember 2004.

Perhitungan perkiraan tanggal kalender kejadian tingkat kematian bayi dan anak untuk semua x dan model kematian disajikan dalam kolom 8 Tabel 4.23.

Perkiraan angka kematian bayi dengan menggunakan sistem logit berdasarkan probabilitas meninggal dari saat lahir sampai sebelum mencapai umur x, $q(x)$, dengan menggunakan metode Trussell juga dapat dihitung. Hasilnya disajikan dalam Tabel 4.24 dengan prosedur perhitungan yang sama dengan yang dijelaskan pada Sub-Bab 4.4.

Tabel 4.23

Perhitungan Perkiraan Tingkat Kematian Bayi dan Anak (*q*(*x*)) dengan

Menggunakan Metode Trussell:

Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005

Kelompok umur (tahun)	***P*(*i*)**	***D*(*i*)**	***x***	***k*(*i*)**	***q*(*x*)**	***t*(*x*)**	**Waktu kejadian**
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Model Utara							
15-19	0,0472	0,0358	1	1,146	0,041	0,9	2004,9
20-24	0,4681	0,0321	2	1,064	0,034	1,9	2003,9
25-29	1,2101	0,0316	3	0,993	0,031	3,6	2002,2
30-34	1,9308	0,0354	5	1,016	0,036	5,5	2000,3
35-39	2,5809	0,0460	10	1,073	0,049	7,8	1998,0
40-44	3,0471	0,0568	15	1,056	0,060	10,4	1995,4
45-49	3,3936	0,0732	20	1,033	0,076	13,3	1992,5
Model Selatan							
15-19	0,0472	0,0358	1	1,115	0,040	0,9	2004,9
20-24	0,4681	0,0321	2	1,105	0,035	1,9	2003,9
25-29	1,2101	0,0316	3	1,049	0,033	3,6	2002,2
30-34	1,9308	0,0354	5	1,043	0,037	5,7	2000,1
35-39	2,5809	0,0460	10	1,057	0,049	8,1	1997,7
40-44	3,0471	0,0568	15	1,034	0,059	10,9	1994,9
45-49	3,3936	0,0732	20	1,020	0,075	14,1	1991,7
Model Timur							
15-19	0,0472	0,0358	1	1,161	0,042	0,9	2004,9
20-24	0,4681	0,0321	2	1,093	0,035	2,0	2003,8
25-29	1,2101	0,0316	3	1,031	0,033	3,7	2002,1
30-34	1,9308	0,0354	5	1,026	0,036	5,9	1999,9
35-39	2,5809	0,0460	10	1,044	0,048	8,3	1997,5
40-44	3,0471	0,0568	15	1,027	0,058	11,1	1994,7
45-49	3,3936	0,0732	20	1,018	0,074	14,4	1991,4
Model Barat							
15-19	0,0472	0,0358	1	1,165	0,042	0,9	2004,9
20-24	0,4681	0,0321	2	1,100	0,035	2,0	2003,8
25-29	1,2101	0,0316	3	1,030	0,033	3,7	2002,1
30-34	1,9308	0,0354	5	1,030	0,036	5,8	2000,0
35-39	2,5809	0,0460	10	1,045	0,048	8,2	1997,6
40-44	3,0471	0,0568	15	1,033	0,059	10,8	1995,0
45-49	3,3936	0,0732	20	1,025	0,075	13,8	1992,0

Tabel 4.24

Perhitungan Perkiraan Angka Kematian Bayi dari q_x Metode Trussell

dengan Menggunakan Sistem Logit:

Indonesia Survei Penduduk Antar Sensus 2005

x	q_x	l_x	l_x^s	logit(l_x)	logit(l_x^s)	A	y = logit(l_1)	l_1	q_1
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Model Utara									
1	0,0410	0,9590	0,8499	-1,5764	-0,8669	-0,7094	-1,5764	0,9590	0,0410
2	0,0342	0,9658	0,8070	-1,6711	-0,7153	-0,9557	-1,8226	0,9746	0,0254
3	0,0314	0,9686	0,7876	-1,7140	-0,6553	-1,0588	-1,9257	0,9792	0,0208
5	0,0359	0,9641	0,7691	-1,6446	-0,6016	-1,0430	-1,9099	0,9785	0,0215
10	0,0494	0,9506	0,7502	-1,4790	-0,5498	-0,9291	-1,7960	0,9732	0,0268
15	0,0600	0,9400	0,7363	-1,3757	-0,5134	-0,8623	-1,7292	0,9695	0,0305
20	0,0756	0,9244	0,7130	-1,2517	-0,4550	-0,7967	-1,6636	0,9653	0,0347
Model Selatan									
1	0,0399	0,9601	0,8499	-1,5903	-0,8669	-0,7234	-1,5903	0,9601	0,0399
2	0,0355	0,9645	0,8070	-1,6511	-0,7153	-0,9358	-1,8027	0,9735	0,0265
3	0,0332	0,9668	0,7876	-1,6858	-0,6553	-1,0306	-1,8975	0,9780	0,0220
5	0,0369	0,9631	0,7691	-1,6310	-0,6016	-1,0293	-1,8963	0,9780	0,0220
10	0,0486	0,9514	0,7502	-1,4870	-0,5498	-0,9372	-1,8041	0,9736	0,0264
15	0,0588	0,9412	0,7363	-1,3868	-0,5134	-0,8734	-1,7403	0,9701	0,0299
20	0,0746	0,9254	0,7130	-1,2588	-0,4550	-0,8038	-1,6707	0,9658	0,0342
Model Timur									
1	0,0415	0,9585	0,8499	-1,5694	-0,8669	-0,7025	-1,5694	0,9585	0,0415
2	0,0351	0,9649	0,8070	-1,6570	-0,7153	-0,9417	-1,8086	0,9738	0,0262
3	0,0326	0,9674	0,7876	-1,6949	-0,6553	-1,0397	-1,9066	0,9784	0,0216
5	0,0363	0,9637	0,7691	-1,6399	-0,6016	-1,0383	-1,9052	0,9783	0,0217
10	0,0480	0,9520	0,7502	-1,4936	-0,5498	-0,9438	-1,8107	0,9739	0,0261
15	0,0584	0,9416	0,7363	-1,3904	-0,5134	-0,8770	-1,7439	0,9703	0,0297
20	0,0745	0,9255	0,7130	-1,2601	-0,4550	-0,8051	-1,6720	0,9659	0,0341
Model Barat									
1	0,0417	0,9583	0,8499	-1,5676	-0,8669	-0,7007	-1,5676	0,9583	0,0417
2	0,0353	0,9647	0,8070	-1,6536	-0,7153	-0,9383	-1,8052	0,9737	0,0263
3	0,0326	0,9674	0,7876	-1,6953	-0,6553	-1,0400	-1,9069	0,9784	0,0216
5	0,0364	0,9636	0,7691	-1,6375	-0,6016	-1,0359	-1,9028	0,9782	0,0218
10	0,0481	0,9519	0,7502	-1,4928	-0,5498	-0,9429	-1,8098	0,9739	0,0261
15	0,0587	0,9413	0,7363	-1,3875	-0,5134	-0,8740	-1,7410	0,9702	0,0298
20	0,0750	0,9250	0,7130	-1,2564	-0,4550	-0,8014	-1,6683	0,9657	0,0343

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik. 2004. Hasil Survei Penduduk Antar Sensus 2004. Jakarta, Indonesia.

Brass, W. 1975. Methods for Estimating Fertility and Mortality from Limited and Defective Data.

Brass, W. dan Ansley J. Coale. 1968. Methods of Analysis and Estimation. Dalam: The Demography of Tropical Africa. Editor: William Brass, hal. 88-150. Princeton: Princeton University Press.

Coale, A.J. dan T. J. Trussell. 1974. Model Fertility Schedules: Variations in the Age Structure of Childbearing in Human Populations. Population Index. Vol. 40, No. 2, hal. 185-258.

Coale, A.J. dan T. J. Trussell. 1977. Estimating the Time to which Brass Estimates Apply. Annex to Samuel H. Preston and Albert Palloni. Fine-tuning Brass-type Mortality Estimates with Data on Ages of Surviving Children. Population Bulletin of the United Nations, No. 10, hal. 87-89.

Feeney, G.M. 1976. Estimating Infant Mortality Trends from Child Survivorship Data by Age of Mother. Asian and Pacific Census Newsletter. Vol. 2, No. 2, hal. 12-16.

Feeney, G.M. 1980. Estimating Infant Mortality Trends from Child Survivorship Data. Population Studies. Vol. XXXIV. No. 1, hal. 109-128.

Sullivan, J. 1972. Models for the Estimation of the Probability of Dying between Birth and Exact Ages of Childhood. Population Studies. Vol. XXVI, No. 1, hal. 79-97.

Trussell, T.J. 1974. A Re-estimation of the Multiplying Factors for the Brass Technique for Determining Childhood Survivorship Rates. Population Studies. Vol. XXIX, No. 1, hal. 97-108.

Utomo, B. dan Munir, R. 1980. Perkiraan Angka Kematian Bayi dan Anak Menjelang Tahun 1971 untuk Propinsi Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur. LD-FEUI.

Rabai, D. 1979. Perkiraan Infant Mortality Rate DKI Jakarta atas dasar Sensus Penduduk 1971. LD-FEUI.

United Nations. 1983. Manual X. Indirect Techniques for Demographic Estimation. Population Studies, No. 81. Department of International Economic and Social Affairs. New York, Amerika Serikat.

BAB 5

PENDUDUK STABIL

5.1. Pendahuluan

Konsep suatu penduduk stabil pertama kali dirumuskan oleh Lotka (Lotka dan Sharpe 1911). Lotka (1907) membuktikan secara matematik bahwa populasi yang mengalami pola umur fertilitas dan mortalitas yang konstan dalam suatu periode waktu yang tidak terbatas dan tidak terdapat migrasi, pada akhirnya akan mengalami distribusi umur yang tidak berubah, yang merupakan karakteristik utama dari fertilitas dan mortalitas dan yang tidak tergantung pada distribusi umur awal. Lotka menyebut hasil akhir dari fertilitas dan mortalitas yang konstan suatu penduduk stabil. Selanjutnya, Coale (1968) menyelidiki waktu yang diperlukan oleh suatu populasi dengan suatu struktur umur tetap dan pola umur fertilitas dan mortalitas yang konstan untuk mencapai bentuk stabilnya.

Pada tahun 1925, Lotka membuktikan bahwa suatu populasi tertutup (tanpa immigrasi) dengan pola umur fertilitas dan mortalitas yang konstan akan mempunyai suatu angka pertumbuhan alamiah yang konstan (Dublin dan Lotka 1925). Lotka menamai angka ini sebagai angka pertumbuhan alamiah yang sebenarnya (*the true rate of natural increase*) atau angka pertumbuhan alamiah intrinsik. Penduduk stasioner tabel kematian dapat dipandang sebagai suatu penduduk stabil dengan suatu angka pertumbuhan alamiah sebesar nol.

5.2. Estimasi Parameter Penduduk Stabil

Parameter penduduk stabil terdiri dari angka kelahiran intrinsik, angka pertumbuhan alamiah intrinsik, panjang rata-rata generasi, angka kematian intrinsik, dan distribusi umur penduduk stabil. Estimasi parameter-parameter penduduk stabil ini dibahas pada bagian berikut ini.

Angka kelahiran intrinsik, b

Angka kelahiran intrinsik (yang sebenarnya) adalah angka kelahiran yang pada akhirnya akan dicapai jika suatu populasi mengalami pola umur fertilitas dan mortalitas yang tetap. Jadi, angka kelahiran intrinsik adalah angka kelahiran dari penduduk stabil.

Misalkan $c(x)$ adalah persentase penduduk umur x, P adalah jumlah penduduk secara keseluruhan dan $P(x)$ adalah jumlah penduduk umur x. Persentase penduduk umur x adalah $c(x) = \frac{P(x)}{P}$.

Misalkan $c(x,t)$ adalah persentase penduduk umur x pada waktu t, $P(t)$ adalah jumlah penduduk secara keseluruhan pada waktu t, dan $P(x,t)$ adalah jumlah penduduk umur x pada waktu t, maka $c(x,t) = \frac{P(x,t)}{P(t)}$ dan $\int_0^\infty c(x,t)dx = 1$.

Jumlah penduduk antara umur x dan $x + dx$ = $P(t) \times c(x, t)dx$ = orang-rang yang bertahan hidup (*survivors*) dari kelahiran $(t - x)$ tahun yang lalu.

Jika $B(t)$ = jumlah kelahiran pada waktu t, $p(x, t)$ = probabilitas tetap hidup (*survival*) sampai dengan umur x pada waktu t maka jumlah penduduk umur x pada waktu $t = B(t) \times p(x, t)dx$ dimana $0 \le x \le t$. Jadi,

$$P(t) \times c(x, t)dx = B(t - x) \times p(x, t)dx \tag{5.1}$$

Misalkan $f(x, t)$ = probabilitas seorang perempuan berumur x melahirkan seorang anak perempuan pada waktu t. Jadi, jumlah kelahiran bayi perempuan dari perempuan berumur antara x dan $x + dx$ pada waktu t adalah

$$P(t) \times f(x, t) \times c(x, t)dx = B(t - x) \times f(x, t) \times p(x, t)dx \tag{5.2}$$

Jumlah kelahiran dari seluruh perempuan dalam kelompok umur antara a dan b adalah

$$B(t) = \int_a^b P(t) \times f(x,t) \times c(x,t)dx = \int_0^\infty B(t-x) \times f(x,t) \times p(x,t)dx \tag{5.3}$$

Diketahui bahwa $B(t) = B(t - x) \times exp(r_o x)$, dimana r_o adalah pertumbuhan penduduk rata-rata, $B(t)$ adalah jumlah kelahiran pada waktu t, dan $B(t - x)$ adalah jumlah kelahiran pada waktu $t - x$. Jadi,

$$B(t - x) = B(t) \times exp(-r_o x) \tag{5.4}$$

Substitusi (5.4) ke (5.3) menghasilkan persamaan sebagai berikut.

$$B(t) = \int_0^\infty B(t) \times exp(-r_o x) \times f(x,t) \times p(x,t)dx \tag{5.5}$$

Substitusi (5.4) ke (5.1) menghasilkan

$$P(t) \times c(x, t)dx = B(t) \times \exp(-r_o x) \times p(x, t)dx \tag{5.6}$$

Jadi,

$$P(t) = B(t) \times \int_0^\infty \exp(-r_o x) \times p(x,t)dx$$

dan angka kelahiran intrinsik, b, adalah

$$b = \frac{B(t)}{P(t)} = \frac{1}{\int_0^\infty \exp(-r_0 x) \times p(x,t)dx} \tag{5.7}$$

Dari persamaan (5.6), persentase penduduk umur x sampai umur $x + dx$ pada waktu t adalah

$$c(x,t)dx = \frac{\exp(-r_o x) \times p(x,t)dx}{\int_0^\infty \exp(-r_o x) \times p(x,t)dx} = b\exp(-r_o x) \times p(x,t)dx \qquad (5.8)$$

dimana $p(x, t)dx$ = probabilitas tetap hidup (*survival*) sampai dengan umur x sampai dengan umur $x + dx$ pada waktu t.

Fungsi maternitas (maternity function)

Dari persamaan (5.3) maka

$$B(t) = \int_0^\infty B(t-x) \times f(x,t) \times p(x,t)dx = \int_0^\infty B(t) \times \exp(-r_n x) \times f(x,t) \times p(x,t)dx \qquad (5.9)$$

Lotka (1907) membuktikan bahwa

$$B(t) = \sum_0^\infty Q_n \times exp(-r_n t) \qquad (5.10)$$

dimana Q_n adalah koefisien-koefisien.

Jadi,

$$\sum_{0}^{\infty} Q_n \times exp(-r_n t) = \int_{0}^{\infty} \sum_{0}^{\infty} Q_n \times exp(-r_n t) \times \exp(-r_n x) \times f(x,t) \times p(x,t)\, dx$$

sehingga

$$\sum_{0}^{\infty} Q_n \times exp(-r_n t) = \sum_{0}^{\infty} Q_n \times exp(-r_n t) \int_{0}^{\infty} \exp(-r_n x) \times f(x,t) \times p(x,t)\, dx$$

dan

$$\int_{0}^{\infty} \exp(-r_n x) \times f(x,t) \times p(x,t)\, dx = 1 \qquad (5.11)$$

Selanjutnya, $m(x,t) = f(x,t) \times p(x,t)$ disebut sebagai fungsi maternitas.

Angka pertumbuhan alamiah penduduk stabil, r

Dari persamaan (5.11) maka

$$\int_{0}^{\infty} \exp(-r_n x) \times m(x,t)\, dx = 1 \qquad (5.12)$$

Angka reproduksi neto adalah $\int_{0}^{\infty} m(x,t)\, dx = R_0$. Jika R_0 = 1 berarti r = 0, R_0 > 1 berarti r > 0 (positif) dan R_0 < 1 berarti r < 0 (negatif).

Dalam prakteknya, suatu pendekatan yang sangat dekat (*approximate solution*) dengan akar sesungguhnya dari persamaan (5.12) diperoleh melalui persamaan kuadrat

$$\frac{1}{2}\beta r^2 + \alpha r - \ln R_0 = 0 \qquad (5.13)$$

dimana $\alpha = \frac{R_1}{R_0}$ dan $\beta = \alpha^2 - \frac{R_2}{R_0} = \left(\frac{R_1}{R_0}\right)^2 - \frac{R_2}{R_0}$ dan ln adalah logaritma dengan basis bilangan natural *e*.

Persamaan umum untuk momen R_n adalah

$$R_n = \int_0^\infty x^n m(x,t)\,dx$$

Jadi,

$R_0 = \int_0^\infty x^0 m(x,t)\,dx = \int_0^\infty m(x,t)\,dx$,

$R_1 = \int_0^\infty x^1 \times m(x,t)\,dx = \int_0^\infty x \times m(x,t)\,dx$, dan

$R_2 = \int_0^\infty x^2 \times m(x,t)\,dx$.

R_0, R_1, dan R_2 masing-masing adalah momen nol, pertama dan kedua dari kurva yang menyatakan pola umur reproduktivitas neto.

Jika persamaan (5.13) diselesaikan untuk mendapatkan akar *r* maka diperoleh $r = \dfrac{-\alpha + \sqrt{\alpha^2 + 2\beta \ln R_0}}{\beta}$.

Dengan mensubsitusikan $\alpha = \dfrac{R_1}{R_0}$ dan $\beta = \alpha^2 - \dfrac{R_2}{R_0} = \left(\dfrac{R_1}{R_0}\right)^2 - \dfrac{R_2}{R_0}$ ke dalam persamaan *r* di atas diperoleh angka pertumbuhan alamiah intrinsik, *r*, sebagai berikut.

$$r = \frac{\dfrac{R_1}{R_0} - \sqrt{\left(\dfrac{R_1}{R_0}\right)^2 - 2\left[\dfrac{R_2}{R_0} - \left(\dfrac{R_1}{R_0}\right)^2\right]\ln R_0}}{\dfrac{R_2}{R_0} - \left(\dfrac{R_1}{R_0}\right)^2}$$

Panjang rata-rata generasi, T

Panjang rata-rata generasi (*mean length of generation*) didefinisikan sebagai umur rata-rata ibu pada kelahiran anak perempuan mereka. Karena pada penduduk stabil angka pertumbuhan alamiah tahunan *r* konstan dan angka reproduksi neto R_0 adalah pertumbuhan satu generasi (*T* tahun) maka R_0 = exp(rT) sehingga T = (lnR_0)/r. Dari persamaan (5.13) maka $\ln R_0 = \frac{1}{2}\beta r^2 + \alpha r$ sehingga $T = \alpha + \frac{1}{2}\beta r$.

Angka kematian intrinsic, d

Angka kematian intrinsik, *d*, adalah angka kematian yang akan dicapai dalam suatu penduduk yang mengalami pola umur fertiltas dan mortalitas yang tetap dalam jangka panjang. Jadi, angka kematian intrinsik adalah angka kematian penduduk stabil. Karena $r = b - d$ maka $d = b - r$.

Distribusi umur penduduk stabil,c(x)

Berdasarkan persamaan (5.8) maka persentase perempuan dalam interval umur x hingga $x + dx$ dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$c(x) = b \exp(-rx) \times p(x)$$

Jadi, $c(x)$ dapat dihitung jika b dan r telah diperoleh.

Perhitungan yang telah dilakukan hanya untuk perempuan. Angka kelahiran dan kematian intrinsik juga perlu dihitung untuk laki-laki serta untuk total (laki-laki dan perempuan). Perhitungan ini memerlukan rasio jenis kelamin saat lahir, yang hampir konstan dari tahun ke tahun. Menurut Lotka, rasio jenis kelamin dari penduduk stabil untuk semua umur adalah

$$\frac{N_M}{N_F} = \frac{B_M}{B_F} \times \frac{\bar{L}_M + rL'_M}{\bar{L}_F + rL'_F}$$

dimana $\frac{B_M}{B_F}$ adalah rasio jenis kelamin pada saat lahir, $\bar{L}$ adalah panjang rata-rata hidup dalam tabel kematian, $L^{'}$ adalah momen pertama dari fungsi L, dan subskrip menyatakan jenis kelamin, M untuk laki-laki dan F untuk perempuan. Jadi, rumus angka kelahiran total adalah sebagai berikut.

$$b_{M+F} = \frac{b_F \cdot \left(1 + \frac{B_M}{B_F}\right)}{\frac{N_M + N_F}{N_F}}$$

Lotka menyatakan bahwa angka pertumbuhan natural, r, harus sama untuk laki-laki maupun untuk perempuan. Akan tetapi, R_0 tidak sama untuk laki-laki dan perempuan dalam populasi aktual, karena T lebih besar untuk lalki-laki dibandingkan dengan untuk perempuan karena laki-laki cenderung menikah pada umur yang lebih tua daripada perempuan dan mempunyai periode fekundabilitas yang lebih panjang.

5.3. Prosedur Perhitungan Parameter Penduduk Stabil

Perhitungan penduduk stabil dilakukan dengan dua tahap. Pada tahap pertama dihitung momen nol, R_0, momen pertama, R_1, momen kedua, R_2, angka pertumbuhan intrinsik, r, dan panjang rata-rata generasi, T. Angka kelahiran intrinsik, b, angka kematian intrinsik, d, dan distribusi umur penduduk stabil dihitung pada tahap kedua.

Tahap 1: Perhitungan momen nol, R_0, momen pertama, R_1, momen kedua, R_2, angka pertumbuhan intrinsik, r, dan panjang rata-rata generasi, T.

Langkah 1. Hitung $f(x)$ yang merupakan angka kelahiran menurut umur (*age-specific fertility rate*/ASFR) untuk anak perempuan, $ASFR_x^f$. Jika data ini tidak tersedia maka $ASFR_x^f$ dapat dihitung dengan menggunakan rasio jenis kelamin pada saat lahir. Jadi, $f(x) = ASFR_x^F = \frac{100}{RJK_0} \times ASFR_x$.

Langkah 2. Hitung titik tengah (*pivotal*) untuk tiap kelompok umur ibu (umur x sampai umur x + 4). Karena interval kelompok umur adalah lima tahun maka titik tengah dihitung dengan menjumlahkan batas bawah kelompok umur, x, dengan 2,5. Jadi, titik tengah adalah x + 2,5.

Langkah 3. Hitung $p^F(x) = p_x^F = \frac{{}_5L_x^F}{l_0^F}$ dalam penduduk stasioner untuk setiap kelompok umur dari tabel kematian yang sesuai. Perhatikan bahwa p_x^F adalah L_x tabel kematian dibagi dengan l_0.

Langkah 4. Hitung angka kelahiran anak perempuan yang diharapkan (*expected female births*) pada penduduk perempuan stasioner, $m(x) = f(x) \times p^F(x) = ASFR_x^F \times \frac{L_x^F}{l_0^F}$.

Langkah 5. Hitung $x \times m(x) = x \times ASFR_x^F \times \frac{L_x^F}{l_0^F}$.

Langkah 6. Hitung $x^2 \times m(x) = x^2 \times ASFR_x^F \times \frac{L_x^F}{l_0^F}$.

Langkah 7. Hitung momen nol (angka reproduksi neto, (R_0), momen pertama (R_1), dan momen kedua (R_2) dengan rumus sebagai berikut.

$$R_0 = \sum_{x=15}^{x=45} m(x) = \sum_{x=15}^{x=45} ASFR_x^F \times \frac{L_x^F}{l_0^F} = ASFR_{15}^F \times \frac{L_{15}^F}{l_0^F} + ASFR_{20}^F \times \frac{L_{20}^F}{l_0^F} + \ldots + ASFR_{45}^F \times \frac{L_{45}^F}{l_0^F}$$

$$R_1 = \sum_{x=15}^{x=45} x \times m(x) = \sum_{x=15}^{45} x \times ASFR_x^F \times \frac{L_x^F}{l_0^F} = 17,5 \times ASFR_{15}^F \times \frac{L_{15}^F}{l_0^F} + 22,5 \times ASFR_{20}^F \times \frac{L_{20}^F}{l_0^F} + \ldots + 47,5 \times ASFR_{45}^F \times \frac{L_{45}^F}{l_0^F}$$

$$R_2 = \sum_{x=15}^{x=45} x^2 m(x) = \sum_{x=15}^{45} x^2 \times ASFR_x^F \times \frac{L_x^F}{l_0^F} = 17,5^2 \times ASFR_{15}^F \times \frac{L_{15}^F}{l_0^F} + 22,5^2 \times ASFR_{20}^F \times \frac{L_{20}^F}{l_0^F} + \ldots + 47,5^2 \times ASFR_{45}^F \times \frac{L_{45}^F}{l_0^F}$$

Langkah 8. Hitung α dan β dengan menggunakan rumus $\alpha = \frac{R_1}{R_0}$ dan $\beta = \alpha^2 - \frac{R_2}{R_0}$.

Langkah 9. Hitung r dengan menggunakan rumus

$$r = \frac{\frac{R_1}{R_0} - \sqrt{\left(\frac{R_1}{R_0}\right)^2 - 2\left[\frac{R_2}{R_0} - \left(\frac{R_1}{R_0}\right)^2\right] \ln R_0}}{\frac{R_2}{R_0} - \left(\frac{R_1}{R_0}\right)^2}.$$

Langkah 10. Hitung panjang rata-rata generasi dengan menggunakan rumus $T = \alpha + \frac{1}{2}\beta r$.

Tahap 2: Perhitungan angka kelahiran intrinsik, *b*, angka kematian intrinsik, *d*, dan distribusi umur penduduk stabil.

Langkah 1. Hitung titik tengah untuk setiap kelompok umur (umur x sampai umur x + 4), yaitu x + 2,5. Untuk kelompok umur 85 tahun ke atas, titik tengah adalah 90.

Langkah 2. Kalikan setiap titik tengah dari kolom 1 dengan nilai r.

Langkah 3. Hitung nilai dari $\frac{1}{e^{r(x+2,5)}}$.

Langkah 4. Dari tabel kematian yang sesuai, hitung $p^F(x)$, tahun rata-rata yang yang akan dihidupi seorang perempuan selama setiap kelompok umur. Angka ini diperoleh dengan membagi ${}_5L_x^F$ untuk kelompok umur yang bersesuaian pada penduduk stasioner perempuan dengan 100.000, atau ${}_5L_x^F / 100.000$. Jadi, $p^F(x) = \frac{{}_5L_x^F}{l_0^F}$.

Langkah 5. Hitung derivatif penduduk stabil perempuan untuk setiap kelompok umur, $e^{-rx} p^F(x)$, dengan menggunakan rumus $e^{-r\times(x+2,5)} \times \frac{{}_5L_x^F}{l_x^F}$.

Langkah 6. Dari tabel kematian yang sesuai, hitung tahun rata-rata yang yang akan dihidupi seorang laki-laki selama setiap kelompok umur. Angka ini diperoleh dengan membagi ${}_5L_x^M$ untuk kelompok umur yang bersesuaian pada penduduk stasioner laki-laki dengan 100.000, atau ${}_5L_x^M\ /100.000$. Kemudian kalikan hasilnya dengan rasio jenis kelamin pada saat lahir (105 bayi laki-laki per 100 bayi perempuan atau RJK_0 = 1,05). Jadi,

$$p^M(x) = RJK_0 \times \frac{{}_5L_x^M}{l_0^M}.$$

Langkah 7. Hitung derivatif penduduk stabil laki-laki untuk setiap kelompok umur, $RJK_0 \times e^{-rx} p^M(x)$, dengan menggunakan rumus

$$\mathrm{RJK}_0 \times \frac{{}_5L_x^M}{l_x^M} \times e^{-r\times(x+2,5)}.$$

Langkah 8. Hitung angka kelahiran dan angka kematian intrinsik. Jumlah total tahun orang perempuan (*female-person years*) adalah jumlah kolom 6. Terdapat 1 kelahiran bayi perempuan. Radiks dari tabel kematian perempuan adalah 100.000, tetapi radiks telah diubah menjadi 1 dalam perhitungan penduduk stabil. Oleh karena itu, untuk memperoleh angka kelahiran perempuan per orang (b_F) digunakan pecahan 1 dibagi dengan jumlah derivatif penduduk stabil perempuan.

Jadi, angka kelahiran intrinsik untuk perempuan, b_F, adalah sebagai berikut.

$$b_F = \frac{1}{\sum_{x=0}^{x=85+} e^{-r(x+2,5)} \frac{{}_5L_x^F}{l_0^F}}$$

Angka kelahiran intrinsik total (laki-laki dan perempuan) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$b_T = \frac{1+\mathrm{RJK}_0}{\sum_{x=0}^{x=85+} e^{-r(x+2,5)} \frac{{}_5L_x^F}{l_0^F} + \sum_{x=0}^{x=85+} e^{-r(x+2,5)} \frac{{}_5L_x^M}{l_0^M}}$$

Angka kelahiran intrinsik untuk laki-laki, b_M, dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$b_M = \frac{\mathrm{RJK}_0}{\sum_{x=0}^{x=85+} e^{-r(x+2,5)} \frac{{}_5L_x^M}{l_0^M}}$$

Angka kematian intrinsik adalah angka kelahiran intrinsik dikurangi dengan angka pertumbuhan penduduk intrinsik. Sementara itu, angka kematian intrinsik perempuan adalah angka kelahiran intrinsik perempuan dikurangi dengan angka pertumbuhan penduduk intrinsik. Selanjutnya, angka kematian intrinsik laki-laki adalah angka kelahiran intrinsik laki-laki dikurangi dengan angka pertumbuhan penduduk intrinsik.

Langkah 9. Hitung distribusi penduduk stabil menurut umur dan jenis kelamin untuk jumlah penduduk total 100.000 orang dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$P_x^M = e^{-r(x+2,5)} \frac{{}_5L_x^M}{l_0^M} \times \frac{100.00}{\sum_{x=0}^{x=85+} e^{-r(x+2,5)} \frac{{}_5L_x^F}{l_0^F} + \sum_{x=0}^{x=85+} e^{-r(x+2,5)} \frac{{}_5L_x^M}{l_0^M}}$$

untuk laki-laki, dan

$$P_x^F = e^{-r(x+2,5)} \frac{{}_5L_x^F}{l_0^F} \times \frac{100.00}{\sum_{x=0}^{x=85+} e^{-r(x+2,5)} \frac{{}_5L_x^F}{l_0^F} + \sum_{x=0}^{x=85+} e^{-r(x+2,5)} \frac{{}_5L_x^M}{l_0^M}}$$

untuk perempuan.

5.4. Contoh Perhitungan Parameter Penduduk Stabil Indonesia

Pada bagian ini disajikan contoh perhitungan penduduk stabil untuk Indonesia berdasarkan Sensus Penduduk 2010. Pertama-tama berdasarkan informasi angka kelahiran menurut umur dan tahun orang hidup pada perempuan umur 15-49 tahun dihitung R_0, R_1, R_2, angka pertumbuhan intrinsik, *r*, dan panjang rata-rata generasi, *T*. Angka kelahiran intrinsik, *b*, angka kematian intrinsik, *d*, dan distribusi umur penduduk kemudian dihitung berdasarkan angka pertumbuhan intrinsik, rasio jenis kelamin saat lahir dan tahun orang hidup untuk semua kelompok umur.

Perhitungan R_0, R_1, R_2, angka pertumbuhan intrinsik, r, dan panjang rata-rata generasi, T.

Perhitungan momen nol, R_0, momen pertama, R_1, momen kedua, R_2, angka pertumbuhan intrinsik, r, dan panjang rata-rata generasi, T, disajikan pada Tabel 5.1. Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut.

Langkah 1. Hitung angka kelahiran menurut umur (*age-specific fertility rate*/ASFR) untuk anak perempuan, $ASFR_x^F$. Jika data ini tidak tersedia maka $ASFR_x^F$ dapat dihitung dengan menggunakan rasio jenis kelamin pada saat lahir. Misalkan rasio jenis kelamin saat lahir adalah 105 maka $ASFR_x^F = \frac{100}{205} \times ASFR_x$. Sebagai contoh, $ASFR_{15-19}$ = 41 per 1.000 perempuan umur 15-19 tahun atau 0,041 per perempuan umur 15-19 tahun (kolom 2 Tabel 5.1) maka $ASFR_{15-19}^F = \frac{100}{205} \times 0{,}041 = 0{,}0200$. $ASFR_x^F$ untuk setiap kelompok umur disajikan pada kolom 3 Tabel 5.1.

Langkah 2. Hitung titik tengah (*pivotal*) untuk tiap kelompok umur ibu (umur x sampai umur x + 4). Karena interval kelompok umur adalah lima tahun maka titik tengah dihitung dengan menjumlahkan batas bawah kelompok umur, x, dengan 2,5. Jadi, titik tengah adalah x + 2,5. Sebagai contoh, titik tengah kelompok umur 15-19 tahun adalah 15 + 2,5 = 17,5. Hal yang sama dilakukan untuk semua kelompok umur. Titik tengah kelompok umur untuk setiap kelompok umur disajikan pada kolom 4 Tabel 5.1.

Langkah 3. Hitung $p^F(x) = \frac{{}_5L_x^F}{l_0^F}$ dalam penduduk stasioner untuk setiap kelompok umur dari tabel kematian yang sesuai. Sebagai contoh, diketahui ${}_5L_{15}^F$ = 482.699 untuk kelompok umur 15-19 tahun dan l_0^F = 100.000 maka $p^F(15) = \frac{{}_5L_{15}^F}{l_0^F} = \frac{482.699}{100.000} = 0,482699$. Hal yang sama dilakukan untuk semua kelompok umur. $p^F(x) = \frac{{}_5L_x^F}{l_0^F}$ untuk setiap kelompok umur disajikan pada kolom 5 Tabel 5.1.

Langkah 4. Kalikan isi kolom 3 dengan isi kolom 5 yang bersesuaian: $m(x) = f(x) \times p(x) = ASFR_x^F \times \frac{L_x^F}{l_0^F}$. Hasilnya menunjukkan angka kelahiran anak perempuan yang diharapkan (*expected female births*) pada penduduk perempuan stasioner. Sebagai contoh, untuk kelompok umur 15-19 tahun maka $m(15) = f(15) \times p^F(15) = ASFR_{15}^F \times \frac{{}_5L_{15}^F}{l_0^F} = 0,0200 \times 4,82699 = 0,097$. Hasilnya disajikan pada kolom 6 Tabel 5.1.

Langkah 5. Kalikan isi kolom 6 dengan isi kolom 4 yang bersesuaian: $x \times m(x) = x \times f(x) \times p(x) = x \times ASFR_x^F \times \frac{L_x^F}{l_0^F}$. Sebagai contoh, untuk kelompok umur

15-19 tahun maka $17,5\times f(15)\times p^F(15)=17,5\times ASFR^F_{15-19}\times \frac{L^F_{15}}{l^F_0}=17,5\times 0,097=1,689$. Hasilnya disajikan pada kolom 7 Tabel 5.1.

Langkah 6. Kalikan isi kolom 7 dengan isi kolom 4 yang bersesuaian: $x^2\times m(x)=x^2\times f(x)\times p(x)=x^2\times ASFR^F_x\times \frac{L^F_x}{l^F_0}$. Sebagai contoh, untuk kelompok umur 15-19 tahun maka $17,5^2\times m(15)\times p^F(15)=17,5^2\times ASFR^F_{15-19}\times \frac{L^F_{15}}{l^F_0}=17,5\times 1,689=29,565$. Hasilnya disajikan pada kolom 8 Tabel 5.1.

Langkah 7. Hitung momen nol (angka reproduksi neto, R_0) sebagai penjumlahan kolom 6, momen pertama (R_1), sebagai penjumlahan kolom 7, dan momen kedua (R_2) sebagai penjumlahan kolom 8. Rumusnya adalah sebagai berikut.

$$R_0=\sum_{x=15}^{x=45} m(x)=\sum_{x=15}^{x=45} ASFR^F_x\times \frac{L^F_x}{l^F_0}=ASFR^F_{15}\times \frac{L^F_{15}}{l^F_0}+ASFR^F_{20}\times \frac{L^F_{20}}{l^F_0}+\ldots+ASFR^F_{45}\times \frac{L^F_{45}}{l^F_0}$$

$$R_1=\sum_{x=15}^{x=45} x\times m(x)=\sum_{x=15}^{45} x\times ASFR^F_x\times \frac{L^F_x}{l^F_0}=17,5\times ASFR^F_{15}\times \frac{L^F_{15}}{l^F_0}+22,5\times ASFR^F_{20}\times \frac{L^F_{20}}{l^F_0}+\ldots+47,5\times ASFR^F_{45}\times \frac{L^F_{45}}{l^F_0}$$

$$R_2=\sum_{x=15}^{x=45} x^2 m(x)=\sum_{x=15}^{45} x^2\times ASFR^F_x\times \frac{L^F_x}{l^F_0}=17,5^2\times ASFR^F_{15}\times \frac{L^F_{15}}{l^F_0}+22,5^2\times ASFR^F_{20}\times \frac{L^F_{20}}{l^F_0}+\ldots+47,5^2\times ASFR^F_{45}\times \frac{L^F_{45}}{l^F_0}$$

Untuk contoh Indonesia pada tahun 2010 adalah sebagai berikut.

$$R_0 = 0,0200 \times 4,82699 + 0,0571 \times 4,79972 + ... + 0,0029 \times 4,52099 = 0,097 + 0,274 + ... + 0,013 = 1,117$$

$$R_1 = 17,5 \times 0,0200 \times 4,82699 + 22,5 \times 0,0571 \times 4,79972 + ... + 47,5 \times 0,0029 \times 4,52099 = 31,989$$

$$R_2 = 17,5^2 \times 0,0200 \times 4,82699 + 22,5^2 \times 0,0571 \times 4,79972 + ... + 47,5^2 \times 0,0029 \times 4,52099 = 967,659$$

Tabel 5.1

Perhitungan Angka Pertumbuhan Intrinsik: Indonesia 2010

Umur ibu *x* ke *x* + 4 (tahun)	**ASFR*x***	$ASFR_x^F = \frac{100}{105} \times ASFR_x$	**Umur tengah (*x* + 2,5)**	$\frac{{}_5L_x^F}{l_0^F}$	**Momen nol *R*0**	**Momen pertama *R*1**	**Momen kedua *R*2**
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)= (3) × (5)	(7) = (6) × (4)	(8) = (7) × (4)
15-19	0,0410	0,0200	17,5	4,82699	0,097	1,689	29,565
20-24	0,1170	0,0571	22,5	4,79972	0,274	6,164	138,680
25-29	0,1300	0,0634	27,5	4,76697	0,302	8,313	228,611
30-34	0,1050	0,0512	32,5	4,72794	0,242	7,870	255,785
35-39	0,0610	0,0298	37,5	4,67830	0,139	5,220	195,761
40-44	0,0220	0,0107	42,5	4,61215	0,049	2,104	89,403
45-49	0,0060	0,0029	47,5	4,52099	0,013	0,629	29,855
Jumlah		1,1756			1,117	31,989	967,659

Perhatikan bahwa angka reproduksi kotor (*gross reproduction rate*/GRR) adalah sama dengan penjumlahan isi kolom 3 dikalikan dengan 5. Jadi, GRR = 5 × (0,0200 + 0,0571 + ... + 0,029) = 1,1756.

Langkah 8. Hitung α dan β dari persamaan $\alpha = \frac{R_1}{R_0}$ dan $\beta = \alpha^2 - \frac{R_2}{R_0}$

Untuk contoh Indonesia pada tahun 2010 maka $\alpha = \frac{R_1}{R_0} = \frac{31,989}{1,117} = 28,642$ dan

$\beta = \alpha^2 - \frac{R_2}{R_0} = 28,642^2 - \frac{967,659}{1,117} = -46,068$.

Langkah 9. Hitung r dari persamaan $r = \dfrac{\frac{R_1}{R_0} - \sqrt{\left(\frac{R_1}{R_0}\right)^2 - 2\left[\frac{R_2}{R_0} - \left(\frac{R_1}{R_0}\right)^2\right]\ln R_0}}{\frac{R_2}{R_0} - \left(\frac{R_1}{R_0}\right)^2}$

Untuk contoh Indonesia pada tahun 2010 maka

$$r = \frac{\frac{31,989}{1,117} - \sqrt{\left(\frac{31,989}{1,117}\right)^2 - 2\left[\frac{967,659}{1,117} - \left(\frac{31,989}{1,117}\right)^2\right]\ln(1,117)}}{\frac{31,989}{1,117} - \left(\frac{31,989}{1,117}\right)^2} = 0,0039 .$$

Jadi, jika pola umur kelahiran dan pola umur kematian di Indonesia konstan dalam jangka waktu yang panjang maka angka pertumbuhan penduduk intrinsik atau angka pertumbuhan penduduk stabil Indonesia adalah 0,39% per tahun.

Langkah 10. Hitung panjang rata-rata generasi $T = \alpha + \frac{1}{2}\beta r = 28,642 + \frac{1}{2}(-46,068)(0,0039) = 28,6$. Jadi, umur rata-rata melahirkan anak perempuan Indonesia adalah 28,6 tahun.

<u>Perhitungan angka kelahiran intrinsik, *b*, angka kematian intrinsik, *d*, dan distribusi umur penduduk stabil</u>

Perhitungan angka kelahiran intrinsik, *b*, angka kematian intrinsik, *d*, dan distribusi umur penduduk stabil disajikan pada Tabel 5.2. Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut.

Langkah 1. Hitung titik tengah untuk setiap kelompok umur (umur x sampai umur x + 4), yaitu x + 2,5. Sajikan hasilnya di kolom 2 Tabel 5.2. Sebagai contoh, untuk kelompok umur 0-4 tahun maka x = 0 dan titik tengah = 0 + 2,5 = 2,5. Untuk kelompok umur yang terakhir, 85+, digunakan interval umur 10 tahun sehingga titik tengahnya adalah 90.

Langkah 2. Kalikan setiap titik tengah dari kolom 1 dengan nilai r = 0,0039 yang diperoleh pada bagian sebelumnya. Taruh hasilnya di kolom 3 Tabel 5.2. Sebagai contoh, untuk kelompok umur 0-4 tahun maka $r(x + 2,5)$ = 0,0039 × (0 + 2,5) = 0,00968.

Langkah 3. Hitung nilai dari $\frac{1}{e^{r(x+2,5)}}$ dan sajikan hasilnya di kolom 4 Tabel 5.2. Karena r positif maka semua bernilai antara 0 dan 1. Sebagai contoh, untuk kelompok umur 0-4 tahun maka $\frac{1}{e^{r(x+2,5)}} = \frac{1}{e^{0039(0+2,5)}} = \frac{1}{e^{0,00968}} = 0,99037$.

Langkah 4. Dari tabel kematian model regional Coale dan Demeny yang dipublikasikan oleh PBB untuk Indonesia pada periode 2010-2015 untuk perempuan (Tabel 3.2), hitung , $p^F(x)$, tahun rata-rata yang yang akan dihidupi seorang perempuan selama setiap kelompok umur. Angka ini diperoleh dengan membagi ${}_5L_x^F$ untuk kelompok umur yang bersesuaian pada penduduk stasioner perempuan dengan radiks, l_0^F = 100.000, atau $p^F(x) = \frac{{}_5L_x^F}{100.000}$. Sajikan hasilnya di kolom 5 Tabel 5.2. Sebagai contoh, untuk kelompok umur 0-4 tahun maka ${}_5L_0^F$ = ${}_1L_0^F$ + ${}_4L_1^F$ = 98.066 + 390.037 = 488.102 sehingga ${}_5L_0^F$ / 100.000 = 488.102/ 100.000 = 4,881.

Langkah 5. Kalikan isi kolom 5 dengan isi kolom 4 yang bersesuaian dan sajikan hasilnya di kolom 6 Tabel 5.2. Jumlahkan hasilnya dan taruh hasil penjumlahannya pada bagian bawah kolom 6. Sebagai contoh, untuk kelompok umur 0-4 tahun maka $e^{-0,0039\times(0+2,5)} \times \frac{{}_5L_0^F}{l_0^F} = 0,99037 \times 4,881 = 4,83401$.

Langkah 6. Dari tabel kematian model regional Coale dan Demeny yang dipublikasikan oleh PBB untuk Indonesia pada periode 2010-2015 untuk laki-laki (Tabel 3.9), hitung tahun rata-rata yang yang akan dihidupi seorang laki-laki selama setiap kelompok umur. Angka ini diperoleh dengan membagi ${}_5L_x^M$ untuk kelompok umur yang bersesuaian pada penduduk stasioner laki-laki dengan 100.000, atau ${}_5L_x^M$ / 100.000. Kemudian kalikan hasilnya dengan rasio jenis kelamin pada saat lahir (105 bayi laki-laki per

100 bayi perempuan atau RJK_0 = 1,05). Sajikan hasilnya di kolom 7 Tabel 5.2. Sebagai contoh, untuk kelompok umur 0-4 tahun maka ${}_5L_0^M = {}_1L_0^M + {}_4L_1^M$ = 96.552 + 386.446 = 484.998 sehingga 1,05 × ${}_5L_0^F$ /100.000 = 1,05 × 484.998/100.000 = 5,881.

Langkah 7. Kalikan isi kolom 7 dengan isi kolom 4 yang bersesuaian dan sajikan hasilnya di kolom 8 Tabel 5.2. Jumlahkan hasilnya dan taruh hasil penjumlahannya pada bagian bawah kolom 8. Sebagai contoh, untuk kelompok umur 0-4 tahun maka $1,05\times e^{-0,0039\times(0+2,5)}\times\frac{{}_5L_0^M}{l_0^M}=1,05\times 0,99037\times 5,092=5,04344$.

Langkah 8. Hitung angka kelahiran dan angka kematian intrinsik. Jumlah total tahun orang perempuan (*female-person years*) adalah jumlah kolom 6, atau 61,285. Terdapat 1 kelahiran bayi perempuan. Radiks dari tabel kematian perempuan adalah 100.000, tetapi radiks telah diubah menjadi 1 dalam perhitungan pada Tabel 5.2. Oleh karena itu, angka kelahiran perempuan per orang (b_F) adalah sebagai berikut.

$$b_F=\frac{1}{\sum_{x=0}^{x=85+} e^{-r(x+2,5)}\frac{{}_5L_x^F}{l_0^F}}=\frac{1}{61,285}=0,01632$$

Jadi, angka kelahiran intrinsik bayi perempuan adalah 16,32 per 1.000 penduduk perempuan.

Angka kelahiran untuk penduduk stabil keseluruhan (laki-laki dan perempuan) adalah

$$b_T = \frac{1+\mathrm{RJK}_0}{\sum_{x=0}^{x=85+} e^{-r(x+2,5)} \frac{{}_5L_x^F}{l_0^F} + \sum_{x=0}^{x=85+} e^{-r(x+2,5)} \frac{{}_5L_x^M}{l_0^M}} = \frac{1+1,05}{61,285+61,020} = 0,01676$$

Jadi, angka kelahiran intrinsik total adalah 16,76 kelahiran per 1.000 penduduk.

Angka kelahiran intrinsik untuk laki-laki dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$b_M = \frac{RJK_0}{\sum_{x=0}^{x=85+} e^{-r(x+2,5)} \frac{{}_5L_x^M}{l_0^M}} = \frac{1,05}{61,020} = 0,01721$$

Jadi, angka kelahiran intrinsik bayi laki-laki adalah 17,21 per 1.000 penduduk laki-laki.

Angka kematian intrinsik adalah angka kelahiran intrinsik dikurangi dengan angka pertumbuhan penduduk intrinsik. Jadi, $d_T = b_T - r$ = 0,01676 – 0,0039 = 0,01289. Sementara itu, angka kematian intrinsik perempuan adalah angka kelahiran intrinsik perempuan dikurangi dengan angka pertumbuhan penduduk intrinsik. Jadi, $d_F = b_F - r$ = 0,01632 – 0,0039 = 0,01244. Selanjutnya, angka kematian intrinsik laki-laki adalah angka kelahiran intrinsik laki-laki dikurangi dengan angka pertumbuhan penduduk intrinsik. Jadi, $d_M = b_M - r$ = 0,01721 – 0,0039 = 0,01334.

Langkah 9. Untuk menghitung distribusi dari penduduk stabil menurut umur dan jenis kelamin, isi kolom 6 dan isi kolom 8 dijumlahkan, yang hasilnya adalah ∑kolom (6) + ∑kolom (8) = 61,285 + 61,020 = 122,304. Untuk menyatakan distribusi penduduk per 100.000 penduduk total, bagi 100.00 dengan ∑kolom (6) + ∑kolom (8) (100.000/122,312 = 817,6) dan kalikan setiap nilai dalam kolom 6 dan 8 dengan faktor konstan ini. Sajikan hasilnya dalam Tabel 5.2 masing-masing di kolom 9 untuk laki-laki, kolom 10 untuk perempuan dan kolom 1 untuk laki-laki dan perempuan. Sebagai contoh, untuk kelompok umur 0-4 tahun maka penduduk stabil laki-laki umur 0-4 tahun adalah

$$P_{0-4}^{M} = 0,99037 \times 5,092 \times \frac{100.00}{61,285 + 61,020} = 4.124 .$$

Sementara itu, penduduk stabil perempuan umur 0-4 tahun adalah

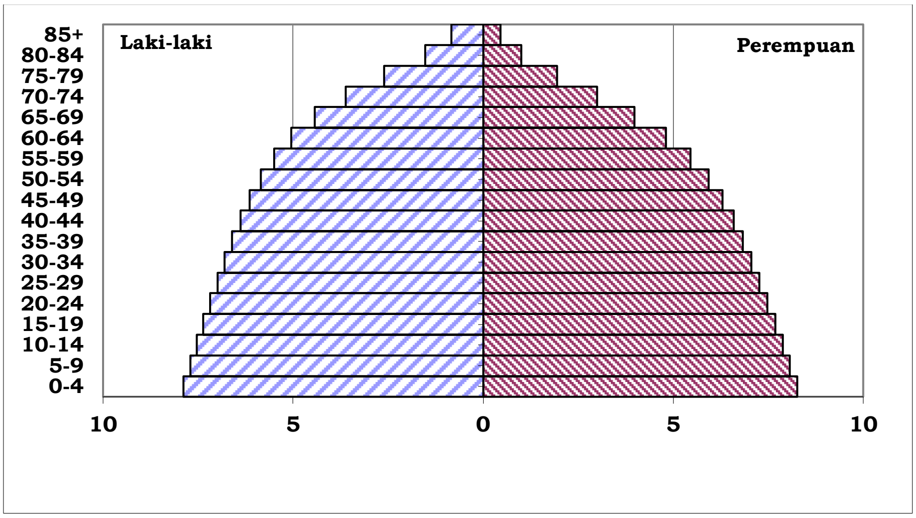
$$P_{0-4}^{F} = 0,99037 \times 4,881 \times \frac{100.00}{61,285 + 61,020} = 3.952 .$$

Persentase penduduk menurut kelompok umur dan jenis kelamin dengan jumlah penduduk stabil 100.000 orang dihitung dengan membagi jumlah penduduk menurut kelompok umur dan jenis kelamin dengan jumlah penduduk total menurut jenis kelamin. Hasilnya disajikan dalam Tabel 5.2 di kolom 12 untuk laki-laki, kolom 13 untuk perempuan dan kolom 14 untuk laki-laki dan perempuan. Sebagai contoh, untuk untuk kelompok umur 0-4 tahun maka persentase penduduk stabil umur 0-4 tahun = 100 × ($P_{0\text{-}4}^{M}$ + $P_{0\text{-}4}^{F}$) : 100.000 = 100 × (4.124 + 3.952) : 100.000 = 100 × 8.076 : 100.000 = 8,1%.

Piramida penduduk stabil Indonesia disajikan pada Gambar 5.1. Jadi, jika pola umur kelahiran dan pola umur kematian di Indonesia konstan dalam jangka waktu yang panjang seperti pada tahun 2010 maka distribusi umur penduduk Indonesia akan mencapai stabil, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.1. Artinya, penduduk usia 0-4 tahun akan stabil di angka 8,1%, penduduk usia 5-9 tahun akan stabil di angka 7,9%, dan seterusnya.

Gambar 5.1

Piramida Penduduk Stabil Indonesia



Tabel 5.2

Perhitungan Angka Kelahiran, Angka Kematian, dan Distribusi Umur Penduduk Stabil: Indonesia 2010

Kelompok umur x ke x + 4 (tahun)	**Titik tengah (x + 2,5)**	**r(x + 2,5) atau 0,0039(x + 2,5)**	$e^{-r(x+2,5)}$ **atau** $\frac{1}{e^{r(x+2,5)}}$	$\frac{{}_5L_x^F}{l_0^F}$	**Derivatif penduduk stabil perempuan**	$\frac{{}_5L_x^M}{l_0^M} \times \text{RJK}_0$	**Derivatif penduduk stabil laki-laki**	**Penduduk stabil**			**Persentase**		
								Laki-laki	**Perempuan**	**Laki-laki dan perempuan**	**Laki-laki**	**Perempuan**	**Laki-laki dan perempuan**
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (4) × (5)	(7)	(8) = (4) × (7)	(9) = (8) × 100 : [∑(6) + ∑(8)]	(10) = (6) × 100 : [∑(6) + ∑(8)]	(11) = (9) + (10)	(12) = 100 × (9) : ∑(9)	(13) = 100 × (10) : ∑(10)	(14) = 100 × (11) : ∑(11)
0-4	2,5	0,00968	0,99037	4,881	4,83401	5,092	5,04344	3.952	4.124	8.076	7,9	8,3	8,1
5-9	7,5	0,02903	0,97138	4,859	4,71980	5,065	4,91966	3.859	4.022	6.882	7,7	8,1	7,9
10-14	12,5	0,04839	0,95276	4,845	4,61579	5,048	4,80961	3.774	3.932	6.707	7,5	7,9	7,7
15-19	17,5	0,06774	0,93450	4,827	4,51082	5,025	4,69568	3.688	3.839	6.528	7,4	7,7	7,5
20-24	22,5	0,08710	0,91659	4,800	4,39935	4,983	4,56722	3.597	3.734	6.331	7,2	7,5	7,3
25-29	27,5	0,10646	0,89901	4,767	4,28557	4,934	4,43618	3.504	3.627	6.131	7,0	7,3	7,1
30-34	32,5	0,12581	0,88178	4,728	4,16901	4,884	4,30624	3.409	3.521	6.930	6,8	7,1	6,9
35-39	37,5	0,14517	0,86488	4,678	4,04616	4,822	4,17017	3.308	3.410	6.718	6,6	6,8	6,7
40-44	42,5	0,16452	0,84830	4,612	3,91248	4,738	4,01949	3.199	3.286	6.485	6,4	6,6	6,5
45-49	47,5	0,18388	0,83204	4,521	3,76163	4,617	3,84146	3.076	3.141	6.217	6,1	6,3	6,2
50-54	52,5	0,20323	0,81609	4,393	3,58505	4,433	3,61809	2.931	2.958	5.890	5,8	5,9	5,9
55-59	57,5	0,22259	0,80044	4,214	3,37338	4,160	3,32965	2.758	2.722	5.481	5,5	5,5	5,5
60-64	62,5	0,24195	0,78510	3,943	3,09534	3,743	2,93837	2.531	2.403	4.933	5,1	4,8	4,9
65-69	67,5	0,26130	0,77005	3,528	2,71674	3,152	2,42724	2.221	1.985	4.206	4,4	4,0	4,2
70-74	72,5	0,28066	0,75529	2,939	2,21978	2,417	1,82580	1.815	1.493	3.308	3,6	3,0	3,3
75-79	77,5	0,30001	0,74081	2,157	1,59797	1,598	1,18379	1.307	968	2.274	2,6	1,9	2,3
80-84	82,5	0,31937	0,72661	1,283	0,93250	0,839	0,60951	762	498	1.261	1,5	1,0	1,3
85+	90,0	0,34840	0,70582	0,722	0,50948	0,394	0,27799	417	227	644	0,8	0,5	0,6
Jumlah	(X)	(X)	(X)	(X)	61.285	(X)	61.020	50.108	49.892	100.000	100,0	100,0	100,0

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik. 2012. Estimasi Parameter Demografi: Tren Fertilitas, Mortalitas dan Migrasi. Hasil Sensus Penduduk 2010.

Coale, A.J. 1968. Convergence of a Human Population to Stable Form. Journal of the American Statistical Association 63, hal. 395-435.

Dharmalingam, A. 2004, Chapter 17: Reproductivity. Dalam “The Methods and Materials of Demography. Editor: Jacob S. Siegel dan David A. Swanson. Elsevier Academic Press, California, Amerika Serikat.

Dublin, L.I. dan Alfred J. Lotka. 1925. “On the True Rate of Natural Increase.” Journal of the American Statistical Association. 20, hal. 305-339.

Lotka, Alfred J. 1907. “Relation between Birth Rates and Death Rates.” Science (New Series) 26 (653), hal. 21-22.

Lotka, Alfred J. dan F.R. Sharpe. 1911. A Problem in Age Distribution. Philosophical Magazine. Vol. 21. No. 124. hal. 435-458. Jakarta, Indonesia.

United Nations. 2015. World Population Prospects: The 2015 Revision. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, DVD Edition.

UKI Press
Jl. Mayjen Sutoyo No. 2 Jakarta 13630
tlp. 021 8092425, ext 488

ISBN : 978-979-3148-44-4
Demografi Formal