Layanan Turnitin

Game Theory Analisis Konflik (Unesco) v2

Dosen November

DOSEN 2025

Universitas Kristen Indonesia

Document Details

Submission ID

trn:oid:::1:3425983446

Submission Date

Nov 27, 2025, 1:26 PM GMT+7

Download Date

Nov 27, 2025, 1:32 PM GMT+7

File Name

Game_Theory_Analisis_Konflik_Unesco_v2.pdf

File Size

15.0 MB

214 Pages

37,293 Words

230,163 Characters

5% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

Top Sources

5% Internet sources
1% Publications
2% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

5% Internet sources
1% Publications
2% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	
	gptserangcilegon.blogspot.com	<1%
2	Internet	
	tessarishak.blogspot.com	<1%
3	Internet	
	docslib.org	<1%
4	Internet	
	repository.uki.ac.id	<1%
5	Internet	
	www.rizaldi.web.id	<1%
6	Internet	
	archive.org	<1%
7	Internet	
	etd.repository.ugm.ac.id	<1%
8	Internet	
	www.coursehero.com	<1%
9	Internet	
	repository.its.ac.id	<1%
10	Internet	
	insis.vse.cz	<1%
11	Internet	
	e-journal.uajy.ac.id	<1%

12 Internet
vdoc.pub <1%

13 Internet
buletininside.wordpress.com <1%

14 Internet
123dok.com <1%

15 Internet
repository.usd.ac.id <1%

16 Internet
docobook.com <1%

17 Internet
www.scribd.com <1%

18 Publication
Wilson Rajagukguk, Omas Bulan Samosir, Josia Rajagukguk, Hasiana Emanuela R... <1%

19 Student papers
Pennsylvania State System of Higher Education <1%

20 Student papers
Universitas Sebelas Maret <1%

21 Internet
hdl.handle.net <1%

22 Internet
yayanakhyar.wordpress.com <1%

23 Internet
pelangi-kasihnya.blogspot.com <1%

24 Internet
edmodo.co.id <1%

25 Internet
repository.ub.ac.id <1%

26 Internet

dosen.perbanas.id <1%

27 Internet

etzr.com <1%

28 Internet

ms.cenlamontessori.org <1%

29 Internet

repo.bunghatta.ac.id <1%

30 Internet

id.scribd.com <1%

31 Internet

adoc.pub <1%

32 Internet

docplayer.info <1%

33 Internet

es.scribd.com <1%

34 Internet

id.123dok.com <1%

35 Internet

setiawatikesatuan.blogspot.com <1%

36 Internet

www.econ.kuleuven.be <1%

37 Internet

www.csie.cyut.edu.tw <1%

38 Student papers

Middle East Technical University <1%

39 Internet

www.mnctrijaya.com <1%

40 Student papers

UPN Veteran Yogyakarta <1%

41 Internet

grahacmc.org <1%

42 Internet

www.gptkk.org <1%

43 Student papers

Dumlupinar University <1%

44 Student papers

University of Durham <1%

45 Internet

qdoc.tips <1%

46 Internet

www.hestanto.web.id <1%

47 Internet

www.kompasiana.com <1%

48 Internet

www.apec.umn.edu <1%

49 Internet

www.maktab-sms.ir <1%

50 Internet

bappeda.pekalongankota.go.id <1%

51 Internet

batam.tribunnews.com <1%

52 Internet

bogorkab.go.id <1%

53 Internet

jujubandung.wordpress.com <1%

54 Internet
www.perpustakaan.sttarrabona.ac.id <1%

55 Internet
zulfikar.blog.uma.ac.id <1%

56 Publication
Krishnendu G. Dastidar. "Endogenous price leadership in a duopoly: Equal produc... <1%

57 Internet
faculty.econ.ucdavis.edu <1%

58 Internet
perpus.org <1%

59 Internet
putri-nurhasanah.blogspot.com <1%

60 Internet
repository.hneu.edu.ua <1%

61 Internet
salinancatatanku.blogspot.com <1%

62 Internet
vdocuments.site <1%

63 Publication
Ahmad Wahyudi, Rina Widya Sari, Silvia Harleni. "Implementasi Game Theory Dal... <1%

64 Internet
acikbilim.yok.gov.tr <1%

65 Internet
agentaruhan.asia <1%

66 Internet
edoc.pub <1%

67 Internet
eprints.kwikkiangie.ac.id <1%

68 Internet

forum.kompas.com <1%

69 Internet

fourier.or.id <1%

70 Internet

h3rrywijaya.blogspot.com <1%

71 Internet

khairunnisanur.wordpress.com <1%

72 Internet

library.binus.ac.id <1%

73 Internet

mengenalsecretsocieties.blogspot.com <1%

74 Internet

pantunirwanprayitno.com <1%

75 Internet

repository.radenintan.ac.id <1%

76 Internet

repository.unbari.ac.id <1%

77 Internet

repository.upnjatim.ac.id <1%

78 Internet

satrys.blogspot.com <1%

79 Internet

taspena.wordpress.com <1%

80 Internet

www.docstoc.com <1%

81 Internet

www.ius.edu.ba <1%

82 Internet

www.medcom.id <1%

83 Internet

www.truereligion-jean.us.com <1%

84 Publication

"Theory of Multivariate Statistics", Springer Nature, 1999 <1%

85 Publication

Dao-Zhi Zeng. "<![CDATA[Policy Equilibrium and Generalized Metarationalities for... <1%

86 Publication

Makoto Yano. "On Yano's Price Leadership Game", International Trade and Econo... <1%

87 Internet

journal.uinjkt.ac.id <1%

88 Internet

nesia.wordpress.com <1%

89 Publication

Glenn Barnich, Friedemann Brandt, Marc Henneaux. "Local BRST cohomology in g... <1%

90 Publication

Ting Xue. "On unipotent and nilpotent pieces for classical groups", Journal of Alg... <1%

91 Internet

doku.pub <1%

92 Internet

viagraoverthecounter.us.com <1%

turnitin Page 10 of 223 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3425983446

GAME THEORY ANALISIS KONFLIK

PENDEKATAN MATEMATIKA UNTUK PENGAMBILAN KEPUTUSAN, TEOLOGIA, EKONOMI, SAINS, DAN RISIKO

WILSON RAJAGUKGUK | OMAS BULAN SAMOSIR | PERAK SAMOSIR
JOSIA RAJAGUKGUK | HASIANA EMANUELA RAJAGUKGUK
RUTH NATASHA NAPITUPULU

turnitin Page 10 of 223 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3425983446

turnitin Page 11 of 223 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3425983446

GAME THEORY ANALISIS KONFLIK

PENDEKATAN MATEMATIKA UNTUK PENGAMBILAN KEPUTUSAN, TEOLOGIA, EKONOMI, SAINS, DAN RISIKO

Penulis:

18 **Wilson Rajagukguk**

Omas Bulan Samosir

Perak Samosir

Josia Rajagukguk

Hasiana Emanuela Rajagukguk

Ruth Natasha Napitupulu

4 **UKI PRESS**
Pusat Penerbitan dan Pencetakan
Buku Perguruan Tinggi
Universitas Kristen Indonesia
Jakarta
2025

turnitin Page 11 of 223 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3425983446

GAME THEORY ANALISIS KONFLIK

PENDEKATAN MATEMATIKA UNTUK PENGAMBILAN KEPUTUSAN, TEOLOGIA, EKONOMI, SAINS, DAN RISIKO

Penulis:
Wilson Rajagukguk
Omas Bulan Samosir
Perak Samosir
Josia Rajagukguk
Hasiana Emanuela Rajagukguk
Ruth Natasha Napitupulu

Editor:
Dr. Indri Jatmoko, S.Si., M.M.

ISBN: 978-623-8737-89-5

Penerbit: UKI Press
Anggota APPTI
Anggota IKAPI

Redaksi: Jl. Mayjen Sutoyo No.2 Cawang Jakarta - 13630
Telp. (021) 8092425

Cetakan I Jakarta: UKI Press, 2025
Hak cipta dilindungi undang-undang.
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

23 ”Aku memuji TUHAN, yang telah memberi nasihat kepadaku, ya, pada waktu malam hati nuraniku mengajari aku.”

Mazmur 16:7

Kepada Tuhan semesta alam, kami menyampaikan puji dan syukur atas karunia, khususnya ketika kami menulis buku ini. Buku ini berjudul ”*Game Theory* Analisis konflik, Pendekatan Matematika untuk Pengambilan Keputusan, Teologia, Ekonomi, Sains, dan Risiko” dan ditujukan untuk umum, parapihak yang tertarik dengan pengambilan kebijakan, dan teologia. Sangat jarang analisis dan pendekatan teologia dilakukan dengan pendekatan sains. Buku ini mencoba melakukannya dan hasilnya sangat baik. Menumbuhkan iman dan percaya kepada TUHAN.

Dengan terbitnya buku ini, para penulis berdoa dan berharap dapat memperkaya pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya melalui Universitas Kristen Indonesia (UKI) Jakarta. Kami berdoa dan berharap agar melalui buku ini kemanusiaan dan peradaban semakin bertumbuh dan dikuatkan melalui seara umum UKI, dan secara khusus Program Doktor Pendidikan Agama Kristen, Program Magister Manajemen, dan Fakultas Ekonomi dan Bisnis UKI Jakarta.

4 Terima kasih kami sampaikan kepada seluruh civitas akademika UKI Jakarta atas atmosfir yang mendukung dalam menghasilkan karya ilmiah. Terima kasih kami sampaikan kepada
39 Rektor UKI Jakarta, Prof. Dr. Dhaniswara K. Harjono, S.H., M.H., M.B.A., dan seluruh jajaran Rektorat UKI Jakarta atas dukungan
4 dalam penulisan buku ini. Terima kasih kami sampaikan kepada Kaprodi Program Pendidikan Agama Kristen UKI, Dr. Dr. Demsy

Jura, S.Th., M.Th., dan keluarga besar Fakultas Ekonomi dan Bisnis UKI Jakarta atas segala dukungan moral.

Terkhusus kepada UKI Press yang dipimpin oleh Pdt. Dr. Indri Jatmoko, S.Si.Teol., M.M., yang telah mengedit dan mengupayakan pengurusan ISBN serta menerbitkan buku ini.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh mahasiswa yang pernah mengikuti kelas kami. Tanpa diberi tahu, inspirasi dan ide dalam penulisan buku ini sangat banyak ditemukan ketika diskusi dengan para mahasiswa. Sesungguhnya merekalah penulis sejati dalam penerbitan ini.

Persembahan kami kepada Tuhan Yesus atas kemampuan menulis. Kami haturkan terima kasih kepada orang tua kami yang memberi kami semangat hidup dan inspirasi dalam menjalani dan memaknai hidup: Ompu Josia Doli (St. Jaumar) Rajagukguk, Ompu Lambok Doli (St. Sumihar) Samosir, Ompu Josia Boru (Rebeka) Simanullang, dan Ompu Lambok Boru (Sinta) Sihite.

Untuk generasi mendatang dalam keluarga dan kehidupan kami.

Depok, November 2025

Penulis

29

DAFTAR ISI

turnitin Page 19 of 223 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3425983446

turnitin Page 19 of 223 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3425983446

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

11

BAB I
PENDAHULUAN

8

Knowing the other and knowing oneself,
In one hundred battles no danger,
Not knowing the other and knowing oneself,
One victory for one loss,
Not knowing the other and not knowing oneself,
In every battle certain defeat
— Sun Tzu

Kita hidup di dunia yang sangat terhubung. Seorang individu terhubung dengan banyak agen dan saling berinteraksi. Interaksi ini menghasilkan banyak sekali peluang terjadinya konflik dan atau kerja sama ketika ingin menetapkan sebuah keputusan. Teori permainan (*game theory*) bertujuan memodelkan pemahaman ini.
31 Teori ini sudah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, seperti ekonomi, bisnis, ilmu politik, biologi, psikologi, sosiologi, ilmu komputer, dan teknik. Selanjutnya, ide dari ilmu-ilmu sosial (misalnya, keadilan), biologi (stabilitas evolusioner), statistik (pembelajaran adaptif), dan dari ilmu komputer (kompleksitas untuk mendapatkan keseimbangan) dikembangkan dan diperkaya dengan ilmu *game theory*. Buku ini ditujukan sebagai pengatar dalam bidang ini. Disajikan bagaimana penerapan dari berbagai disiplin ilmu dan dengan masukan ilmu matematika menjadikan disiplin ilmu *game theory* menjadi sangat berguna dan menarik.

Teori permainan (*game theory*) mempunyai cakupan yang sangat luas dan umum, meliputi pertanyaan dalam seluruh ilmu sosial. Teori permainan menyajikan wawasan ke dalam ilmu ekonomi, politik, atau situasi yang melibatkan individual yang mempunyai tujuan atau preferensi yang berbeda. Walau demikian, terdapat sebuah kesatuan fundamental dan metode dan memiliki makna kepaduan atau keserasian.

Teori permainan memerlukan pendekatan sains. Prasyarat matematika, seperti kalkulus elementer, aljabar linier, dan probabilitas diusahakan sederhana. Diakui bahwa pendekatan matematika, seperti ide dasar dan notasi himpunan, vektor, fungsi, dan limit digunakan untuk mempermudah pemahaman dalam pemodelan. Diasumsikan bahwa individu cukup ‘kecil’ dalam hal mereka tidak dapat mengubah lingkungan ekonomi dari keputusan individu ke dalam keseimbangan kompetitif.

Teori permainan (*game theory*) terkenal dan populer melalui karya John Nash (1928-2015) pada tahun 1940-1950 an, dan kemudian terintegrasi ke dalam sejumlah ilmu sosial (*social sciences*) pada dekade berikutnya. Sesungguhnya dasar-dasar teori ini dapat dirujuk melalui karya Zermelo (1913), Borel (1921), von Newmann (1928), serta von Newmann dan Morgenstern (1928). Utamanya, teori ini dikembangkan pada era Perang Dunia II di Universitas Princeton (USA). Umumnya dasar *game theory* diturunkan dengan menggunakan dasar matematika (sains) dan dipraktekkan menganalisis permasalahan ilmu sosial.

Sejumlah besar perkembangan fundamental dan teoretikal dari ilmu fisika dikembangkan menggunakan teori permainan, seperti mengatasi persamalahan dilema penggunaan senjata nuklir yang mengancam keberlangsungan kehidupan peradaban umat manusia. Bangsa-bangsa belajar bagaimana merekayasa sistem fisikal dalam mengeksploitasi materi radioaktif dalam hubungannya dengan penciptaan sistem sosial untuk menjembatani perilaku manusia dalam konflik. Dengan demikian, adalah baik jika harapan kita bahwa perkembangan teori paling mendasar dari ilmu sosial dapat menyediakan pemahaman bahwa umat manusia dapat perlu menyelaraskan ilmu sosial ke dalam sains (ilmu fisika). Pengharapan ini merupakan dasar kebijaksanaan bahwa ilmuwan sains dan matematika serta ilmuwan sosial dapat bekerja sama. Salah satu kekuatan dari *game theory* adalah penerapannya dalam kehidupan, khususnya ilmu ekonomi.

Teori permainan mencoba memahami konflik dan kooperatif dengan menerapkan model kuantitatif serta contoh-contoh hipotetis. Tujuan teori permainan adalah menolong kita memahami situasi dimana pengambil keputusan berinteraksi.

Sejarah

Beberapa gagasan teori permainan dapat ditelusuri hingga abad ke-18, namun perkembangan besar dari teori ini dimulai pada tahun 1920an dengan karya ahli matematika Emile Borel (1871-1956) dan polimatik John von Neumann (1903-1957). Sebuah penentu peristiwa dalam perkembangan teori ini adalah diterbitkannya pada tahun 1944 buku teori permainan dan perilaku ekonomi oleh von Neumann dan Oskar Morgenstern. Pada tahun 1950-an model teori permainan mulai digunakan dalam teori ekonomi dan ilmu politik, dan psikolog mulai mempelajari bagaimana subjek manusia berperilaku dalam permainan eksperimental. Pada tahun 1970-an, teori permainan pertama kali digunakan sebagai alat dalam biologi evolusi. Selanjutnya, metode teori permainan mendominasi teori mikroekonomi dan digunakan juga pada banyak bidang ekonomi lainnya dan berbagai ilmu sosial dan perilaku lainnya. Hadiah Nobel tahun 1994 bidang ekonomi diberikan kepada ahli teori permainan

38 John C. Harsanyi (1920-2000), John F. Nash (1928-2015), dan Reinhard Selten (1930-2016).

Teori permainan membuka pintu menggabungkan pemikiran strategis ke dalam model ekonomi, pemodelan ekonomi masih mengikuti jalur kerangka pikir ekonomi pasar kompetitif. Pertama; model didefinisikan. Kedua, kita menganalisis bagaimana individual '*do the best they can'* dalam konteks model. Selanjutnya, kita menyelidiki bagaimana sebuah 'ekuilibrium' muncul. Ekuilibrium dalam konteks ekonomi adalah kondisi ketika kita menemukan lingkungan yang muncul ketika semua orang melakukan yang terbaik dari yang dapat dilakukan atas apa yang terbaik yang dilakukan orang lain. Satu perbedaan dengan model kompetisi adalah bahwa dalam model teori permainan terdapat insentif bagi individu atas strategi mereka dan mempengaruhi keseimbangan.

Aplikasi dari teori permainan telah dilakukan dalam sejumlah bidang ilmu sosial, seperti ilmu ekonomi, ekonomi manajerial, bisnis, manajemen proyek, pengambilan keputusan, logika, ilmu tentang sistem, ilmu komputer, strategi militer dan ilmu pertahanan, ilmu
55 politik, biologi, filsafat, epidemiologi, kecerdasan buatan (*artificial intelligence*/AI), dan pembelajaran mesin (*machine learning*).

Teori permainan, dalam bentuk yang dikenal oleh para ekonom, ilmuwan sosial, dan ahli biologi, pertama kali diformulasikan secara umum oleh John von Neumann dan Oskar Morgenstern (1944). Pada awalnya, karena keterbatasan dalam membangun kerangka formal pada teori ini, kemudian hanya berlaku dalam kondisi khusus dan terbatas. Selanjutnya, situasi ini berubah secara dramatis, seiring berjalannya waktu, dengan pendalaman dan generalisasi kerangka kerja pada disiplin ilmu tersebut. Penyempurnaan masih terus dilakukan, dan kita akan mendiskusikan beberapa permasalahan yang masih ada di sepanjang perkembangan ini.

Setidaknya sejak akhir 1970-an, kita dapat dengan yakin mengatakan bahwa teori permainan adalah alat yang paling penting dan berguna dalam perangkat analis setiap kali ia menghadapi situasi dimana tindakan terbaik seorang agen (baginya) bergantung pada ekspektasi tentang apa yang akan dilakukan oleh satu atau lebih agen lain, dan tindakan terbaik mereka (bagi mereka) juga bergantung pada ekspektasi tentang dirinya.

Meskipun teori permainan baru disistematisasi secara matematis dan logis sejak tahun 1944, wawasan teori permainan dapat ditemukan di antara para komentator sejak zaman kuno. Misalnya, dalam dua teks Plato, Laches dan Symposium, Socrates mengenang sebuah episode dari Pertempuran Delium yang ditafsirkan oleh beberapa komentator (mungkin secara anakronistis) dengan situasi berikut.

Bayangkan seorang prajurit di garis depan sebuah medan perang, menunggu bersama rekan-rekannya untuk menangkis serangan musuh. Mungkin terlintas dalam benaknya bahwa jika pertahanan kemungkinan besar akan berhasil, maka kontribusi pribadinya sendiri tidak akan terlalu penting. Jika ia tetap bertahan, ia mempunyai risiko terbunuh atau terluka. Di sisi lain, jika musuh akan memenangkan pertempuran, maka peluangnya untuk mati atau terluka lebih besar lagi. Berdasarkan penalaran ini, tampaknya prajurit itu lebih baik melarikan diri terlepas dari siapa yang akan memenangkan pertempuran.

Akan tetapi, jika semua prajurit bernalar seperti ini, karena mereka semua berada dalam situasi yang identik, maka hal ini pasti akan berujung pada kekalahan dalam pertempuran. Tentu saja, dalam situasi ini, kerangka pikir kita sebagai analis, juga dapat terpikirkan oleh para prajurit. Apakah ini memberi mereka alasan untuk tetap bertahan di pos mereka? Justru sebaliknya: semakin besar ketakutan para prajurit bahwa pertempuran akan kalah, semakin besar pula dorongan mereka untuk menyelamatkan diri dari bahaya. Dan semakin besar keyakinan para prajurit bahwa pertempuran akan dimenangkan, tanpa perlu kontribusi individu tertentu, semakin sedikit alasan mereka untuk tetap bertahan dan bertempur. Jika setiap prajurit mengantisipasi penalaran semacam ini dari pihak yang lain, semua akan segera panik, dan komandan mereka yang ketakutan akan mengalami kekalahan telak bahkan sebelum musuh sempat terlibat.

Jauh sebelum teori permainan muncul untuk menunjukkan kepada para analis cara memikirkan masalah semacam ini secara sistematis, situasi dan hal ini telah terpikirkan oleh beberapa pemimpin militer sejati dan memengaruhi strategi mereka. Penakluk Spanyol, Cortez, ketika mendarat di Meksiko dengan pasukan kecil memiliki alasan kuat untuk khawatir akan kemampuan mereka menangkis serangan dari suku Aztec yang jauh lebih banyak jumlahnya. Demi menghilangkan risiko pasukannya akan kalah bahkah terbunuh,-mungkin strategi yang dipilih adalah mencoba mundur dengan membakar kapal-kapal tempat mereka mendarat. Karena mundur secara fisik mustahil dilakukan, tentara Spanyol tidak punya pilihan lain selain bertahan dan bertempur, dan bertempur dengan tekad sekuat tenaga. Dari sudut pandang Cortez, tindakannya justru melemahkan motivasi suku Aztec. Ia sengaja membakar kapal-kapalnya, agar suku Aztec melihat apa yang telah ia lakukan, dan bagi pasukannya pilihan satu-satunya adalah bertempur sekuat tenaga dan semangat. Taruhannya adalah mati.

Dalam kedua situasi ini, di Delium dan yang dimanipulasi oleh Cortez, memiliki logika dasar yang sama dan menarik. Perhatikan bahwa para prajurit tidak termotivasi untuk mundur hanya, atau bahkan terutama, oleh penilaian rasional mereka terhadap bahaya pertempuran dan oleh kepentingan pribadi mereka. Sebaliknya, mereka menemukan alasan yang kuat untuk melarikan diri dengan menyadari bahwa apa yang masuk akal bagi mereka untuk dilakukan bergantung pada apa yang masuk akal bagi orang lain untuk dilakukan, dan bahwa semua orang lain juga dapat memperhatikan hal ini. Bahkan seorang prajurit yang cukup berani mungkin lebih suka melarikan diri daripada secara heroik, tetapi sia-sia, mati dalam upaya tersebut.

Dengan demikian, kita dapat membayangkan, tanpa kontradiksi, sebuah situasi dimana sebuah pasukan, yang semua anggotanya pemberani, melarikan diri dengan kecepatan tinggi sebelum musuh bergerak. Jika para prajurit benar-benar pemberani, maka ini tentu bukan hasil yang diinginkan siapa pun; masing-masing lebih suka jika semua berdiri dan bertempur. Jadi, yang kita miliki di sini adalah sebuah kasus dimana interaksi dari banyak proses pengambilan keputusan yang rasional secara individual—satu proses per prajurit—menghasilkan hasil yang tidak diinginkan oleh siapa pun.

Banyak pasukan mencoba menghindari masalah seperti yang dilakukan Cortez. Karena mereka biasanya tidak dapat membuat mundur secara fisik, mereka menjadikannya irasional secara ekonomi. Hampir sepanjang sejarah, mengeksekusi desertir merupakan praktik militer standar (kerugian ekonomis). Dalam konteks itu, berdiri dan bertempur adalah tindakan rasional masing-masing prajurit, karena biaya yang diperkirakan untuk melarikan diri setidaknya sama tingginya dengan biaya untuk bertahan.

Sumber klasik lain yang dapat dijadikan sebagai latar belakang dalam rangkaian penalaran ini ditemukan dalam Henry V karya Shakespeare. Selama Pertempuran Agincourt, Henry memutuskan untuk membantai tawanan Prancisnya, di hadapan musuh dan mengejutkan bawahannya. Tindakan ini digambarkan sebagai tindakan yang tidak bermoral. Alasan yang diberikan Henry menyinggung pertimbangan non-strategis: ia takut para tawanan akan membebaskan diri dan mengancam posisinya. Akan tetapi, seorang ahli teori permainan mungkin telah memberinya justifikasi strategis tambahan (dan juga bijaksana, meskipun mungkin tidak bermoral). Pasukannya sendiri mengamati bahwa para tawanan telah terbunuh, dan mengamati bahwa musuh telah mengamati hal ini. Oleh karena itu, mereka tahu nasib apa yang akan menanti mereka di tangan musuh jika mereka tidak menang. Secara metaforis, tetapi sangat efektif, kapal mereka telah dibakar. Pembantaian para tawanan secara masuk akal mengirimkan sinyal kepada para prajurit kedua belah pihak, sehingga mengubah insentif mereka dengan cara yang menguntungkan prospek kemenangan Inggris.

Contoh-contoh ini mungkin tampak hanya relevan bagi mereka yang berada dalam situasi persaingan yang sangat ketat. Mungkin seseorang berpikir, hal ini penting bagi para jenderal, politisi, mafia, pelatih olahraga, dan orang lain yang pekerjaannya melibatkan manipulasi strategis orang lain. Filsuf kemungkinan hanya menyesalkan sisi amoralitasnya.

Studi tentang logika yang mengatur hubungan timbal balik antara insentif, interaksi strategis, dan hasil telah menjadi fundamental dalam filsafat politik modern. Para filsuf bekerja sama dengan ilmuwan sosial, matematika, dan ekonomi mencari kebutuhan untuk merepresentasikan dan memodelkan secara sistematis, apa

79 seharusnya dilakukan orang secara normatif, dan apa yang akan mereka lakukan dalam situasi interaktif.

Leviathan karya Hobbes (1651) sering dianggap sebagai karya fondasi filsafat politik modern. Teks yang memulai rangkaian analisis berkelanjutan tentang fungsi dan justifikasi negara serta pembatasannya terhadap kebebasan individu. Inti penalaran Hobbes dapat dijabarkan secara lugas sebagai berikut. Situasi terbaik bagi semua orang adalah situasi dimana setiap orang bebas berbuat sesuka hatinya. (Orang mungkin setuju atau tidak setuju dengan hal ini sebagai masalah psikologi atau ideologi, tetapi ini adalah asumsi Hobbes.)

Seringkali, orang-orang bebas seperti itu ingin bekerja sama satu sama lain untuk melaksanakan proyek-proyek yang mustahil dilakukan oleh seorang individu dengan bertindak sendiri. Akan tetapi, jika ada agen-agen yang tidak bermoral atau amoral di sekitar, mereka akan menyadari bahwa kepentingan mereka setidaknya terkadang dapat dilayani dengan baik dengan mendapatkan manfaat dari kerja sama, khususnya oleh orang lain dan mereka tidak terlibat dalam kerja sama ini serta tidak mau membayar.

Misalnya, Anda setuju untuk membantu saya membangun rumah saya dengan janji imbalan bahwa saya membantu Anda membangun rumah Anda. Setelah rumah saya selesai, saya mengingkari janji. Akan tetapi, saya kemudian menyadari bahwa jika ini membuat Anda tidak punya rumah, Anda akan terdorong untuk mengambil rumah saya. Hal ini akan membuat saya terus-menerus takut kepada
83 Anda, dan memaksa saya menghabiskan waktu dan sumber daya yang berharga untuk melindungi diri dari Anda. Saya dapat meminimalkan kerugian ini dengan menyerang lebih dulu dan membunuh Anda. Tentu saja, Anda dapat mengantisipasi semua

alasan saya ini, sehingga memiliki alasan yang kuat untuk mencoba mengalahkan saya. Karena saya dapat mengantisipasi alasan Anda ini, ketakutan awal saya terhadap Anda bukanlah paranoid; begitu pula ketakutan Anda terhadap saya. Faktanya, kita berdua tidak perlu bersikap tidak bermoral untuk memulai rangkaian penalaran bersama ini; kita hanya perlu berpikir bahwa ada kemungkinan pihak lain mungkin mencoba menipu dalam tawar-menawar. Begitu secuil keraguan memasuki pikiran seseorang, dorongan yang ditimbulkan oleh rasa takut akan konsekuensi didahului—diserang sebelum menyerang lebih dulu—dengan cepat menjadi sangat kuat bagi kedua belah pihak. Jika salah satu dari kita memiliki sumber daya sendiri yang mungkin diinginkan oleh yang lain, logika pembunuh ini dapat terjadi jauh sebelum membayangkan bahwa kita benar-benar dapat membuat kesepakatan untuk saling membantu membangun rumah.

Penalaran para prajurit Athena, Cortez, dan agen-agen politik Hobbes memiliki logika yang sama, yang diturunkan dari situasi mereka. Dalam setiap kasus, aspek lingkungan yang paling penting bagi pencapaian hasil yang diinginkan para agen adalah serangkaian ekspektasi dan kemungkinan reaksi terhadap strategi mereka oleh agen-agen lain. Perbedaan antara bertindak secara parametrik pada dunia pasif dan bertindak secara non-parametrik pada dunia yang mencoba bertindak untuk mengantisipasi tindakan-tindakan ini sangatlah mendasar. Jika Anda ingin menendang batu menuruni bukit, Anda hanya perlu memperhatikan massa batu relatif terhadap gaya hantam Anda, sejauh mana batu tersebut terikat dengan permukaan penyangganya, kemiringan tanah pada sisi lain batu, dan dampak tumbukan dari kaki Anda.

Nilai dari semua variabel ini tidak bergantung pada rencana dan niat Anda, karena batu itu tidak memiliki kepentingannya sendiri dan tidak mengambil tindakan apa pun untuk mencoba membantu atau menggagalkan Anda. Sebaliknya, jika Anda ingin menendang seseorang menuruni bukit, kecuali orang tersebut tidak sadarkan diri, terikat, atau tidak berdaya, kemungkinan besar Anda tidak akan berhasil kecuali Anda dapat menyamarkan rencana Anda hingga terlambat baginya untuk mengambil tindakan mengelak atau mencegah.

Lebih lanjut, kemungkinan responsnya seharusnya akan berdampak pada Anda, yang sebaiknya Anda pertimbangkan. Kemungkinan relatif dari responsnya akan bergantung pada ekspektasinya tentang kemungkinan respons Anda terhadap responsnya. (Pertimbangkan perbedaan yang akan terjadi pada penalaran Anda berdua jika salah satu atau Anda berdua bersenjata, atau salah satu dari Anda lebih besar dari yang lain, atau salah satu dari Anda adalah bos yang lain.)

Isu-isu logis yang terkait dengan situasi jenis kedua (menendang orang tersebut, bukan batu) biasanya jauh lebih rumit, seperti yang akan diilustrasikan oleh contoh hipotetis sederhana.

Misalkan pertama-tama Anda ingin menyeberangi sungai yang dihubungkan dengan bentangan tiga jembatan. (Asumsikan bahwa berenang, mengarungi air, atau berperahu menyeberanginya tidak dapat dilakukan. Penyeberangan hanya melalui jembatan.) Jembatan pertama diketahui aman dan bebas rintangan; jika Anda mencoba menyeberanginya, Anda akan berhasil. Jembatan kedua terletak di bawah tebing tempat batu-batu besar terkadang jatuh. Jembatan ketiga dihuni oleh ular kobra yang mematikan. Sekarang, misalkan Anda ingin mengurutkan ketiga jembatan tersebut berdasarkan preferensi mereka sebagai titik penyeberangan. Kecuali Anda mendapatkan kenikmatan positif dari mempertaruhkan nyawa

Anda—yang, tanpa melanggar konsepsi rasionalitas ekonom mana pun. Masalah dalam hal ini terletak pada keputusan Anda. Masalah Anda dapat dibuat menjadi sederhana. Jembatan pertama jelas yang terbaik, karena paling aman. Untuk mengurutkan kedua jembatan lainnya, Anda memerlukan informasi tentang tingkat bahaya relatifnya. Jika Anda dapat mempelajari frekuensi jatuhnya batu dan pergerakan ular kobra untuk sementara waktu, Anda mungkin dapat menghitung bahwa probabilitas Anda tertimpa batu di jembatan kedua adalah 10% dan terpatuk ular kobra di jembatan ketiga adalah 20%. Alasan Anda di sini sepenuhnya parametrik karena baik batu maupun ular kobra tidak mencoba memengaruhi tindakan Anda, misalnya dengan menyembunyikan pola perilaku khas mereka karena mereka tahu Anda sedang mempelajarinya.

Jelas apa yang harus Anda lakukan di sini: menyeberang di jembatan yang aman. Sekarang mari kita sedikit membuat lebih rumit situasi. Misalkan jembatan dengan batu berada tepat di depan Anda, sementara jembatan yang aman adalah dengan pendakian yang sulit terletak jauh di hulu dan Anda memerlukan satu hari perjalanan untuk menempuhnya. Situasi pengambilan keputusan Anda di sini sedikit lebih rumit, tetapi masih sepenuhnya parametrik. Anda harus memutuskan apakah biaya pendakian yang panjang sepadan dengan penalti 10% kemungkinan tertabrak batu. Akan tetapi, hanya ini yang harus Anda putuskan, dan probabilitas keberhasilan penyeberangan sepenuhnya terserah Anda; lingkungan tidak tertarik dengan rencana Anda.

Akan tetapi, jika kita sekarang membuat lebih rumit situasi dengan menambahkan elemen non-parametrik, situasinya akan menjadi lebih menantang. Misalkan Anda seorang buronan, dan pengejar Anda sedang menunggu di seberang sungai dengan senjata api. Dia akan menangkap dan menembak Anda, anggap saja, hanya jika dia menunggu di jembatan yang Anda coba seberangi; jika tidak, Anda akan lolos. Saat Anda mempertimbangkan pilihan jembatan Anda, terpikir oleh Anda bahwa dia ada di sana mencoba mengantisipasi alasan Anda. Tentu saja, memilih jembatan yang aman langsung akan tampak sebagai kesalahan, karena di sanalah dia akan menunggu Anda, dan peluang kematian Anda semakin besar. Jadi mungkin Anda harus mengambil risiko terbentur batu, karena peluangnya jauh lebih baik. Akan tetapi, tunggu dulu, jika Anda bisa mencapai kesimpulan ini, pengejar Anda, yang sama berpengetahuannya dengan Anda, dapat mengantisipasi bahwa Anda akan mencapainya, dan akan menunggu Anda jika Anda menghindari batu. Jadi mungkin Anda harus mengambil risiko dengan ular kobra; itulah yang paling tidak boleh dia duga.

Dilema ini, Anda sadari dengan cemas, bersifat umum: Anda harus melakukan apa yang paling tidak diharapkan oleh pengejar Anda; tetapi apa pun yang paling Anda harapkan darinya secara otomatis adalah apa yang paling diharapkannya. Anda tampak terjebak dalam keragu-raguan. Akan tetapi, yang seharusnya sedikit menghibur Anda di sini adalah, di seberang sungai, pengejar Anda terjebak dalam dilema yang persis sama, tidak dapat memutuskan jembatan mana yang harus ditunggu karena begitu dia membayangkan berkomitmen pada salah satunya, dia akan menyadari bahwa jika dia dapat menemukan alasan terbaik untuk memilih jembatan, Anda dapat mengantisipasi alasan yang sama dan kemudian menghindarinya.

Kita tahu dari pengalaman bahwa, dalam situasi seperti ini, orang biasanya tidak berdiri dan ragu-ragu selamanya. Seperti yang akan kita lihat nanti, ada solusi terbaik yang unik yang tersedia untuk setiap pemain.

Hingga tahun 1940-an,- baik filsuf maupun ekonom tidak tahu bagaimana menemukan solusi pengmbilan keputusan secara matematis. Akibatnya, para ekonom terpaksa memperlakukan pengaruh non-parametrik seolah-olah merupakan komplikasi dari pengaruh parametrik. Hal ini mungkin terasa aneh, karena, seperti yang ingin ditunjukkan oleh contoh masalah penyeberangan jembatan kita, fitur-fitur non-parametrik seringkali merupakan fitur fundamental dari masalah pengambilan keputusan.

Sebagian penjelasan mengapa teori permainan relatif terlambat masuk ke sains terletak pada masalah-masalah yang secara historis
24 menjadi perhatian para ekonom. Ekonom klasik, seperti Adam Smith dan David Ricardo, tertarik pada pertanyaan tentang bagaimana para pelaku di pasar yang sangat besar dapat berinteraksi sehingga menghasilkan kekayaan moneter maksimum bagi diri mereka sendiri.

Adam Smith, yang berkata bahwa efisiensi paling baik dimaksimalkan oleh para pelaku yang pertama-tama mendiferensiasikan kontribusi potensial mereka dan kemudian secara bebas mencari kesepakatan yang saling menguntungkan. Wawasan ini telah diverifikasi secara matematis pada abad ke-20. Akan tetapi, demonstrasi fakta ini hanya berlaku dalam kondisi pasar 'persaingan sempurna', yaitu ketika individu atau perusahaan tidak menghadapi biaya masuk atau keluar pasar, ketika tidak ada skala ekonomi, dan ketika tidak ada tindakan agen yang memiliki efek samping yang tidak diinginkan terhadap kesejahteraan agen lainnya.

Para ekonom selalu menyadari bahwa serangkaian asumsi ini murni idealisasi untuk tujuan analisis, bukan keadaan yang mungkin dapat dicoba (atau seharusnya ingin dicoba) oleh siapa pun untuk ditetapkan secara kelembagaan. Akan tetapi, hingga matematika teori permainan matang menjelang akhir tahun 1970-an, para ekonom berharap bahwa semakin dekat pasar mendekati persaingan sempurna, semakin efisien pasar tersebut.

Penting memahami asal-usul dan ruang lingkup teori permainan untuk mengetahui bahwa pasar persaingan sempurna memiliki fitur bawaan yang membuatnya rentan terhadap analisis parametrik. Karena agen tidak menghadapi biaya masuk ke pasar, mereka akan membuka usaha di pasar mana pun hingga persaingan mendorong semua keuntungan menjadi nol. Hal ini menyiratkan bahwa jika biaya produksi tetap dan permintaan bersifat eksogen, maka agen tidak memiliki pilihan tentang berapa banyak yang harus diproduksi jika mereka mencoba memaksimalkan perbedaan antara biaya dan pendapatan mereka. Tingkat produksi ini dapat ditentukan secara terpisah untuk setiap agen, sehingga tidak ada yang perlu memperhatikan apa yang dilakukan agen lain; setiap agen memperlakukan rekan-rekannya sebagai fitur pasif dari lingkungan. Jenis situasi lain yang dapat diterapkan analisis ekonomi klasik tanpa menggunakan teori permainan adalah monopoli yang menghadapi banyak pelanggan.

Selama tidak ada pelanggan yang memiliki pangsa permintaan yang cukup besar untuk menggunakan manfaat (*leverage*) strategis, pertimbangan non-parametrik hilang dan tugas perusahaan hanyalah mengidentifikasi kombinasi harga dan kuantitas produksi.

Buku ini menekankan pentingnya untuk memahami asal-usul dan cakupan teori permainan, yaitu bahwa pasar persaingan sempurna memiliki karakteristik bawaan yang membuatnya rentan terhadap analisis parametrik. Karena agen tidak menghadapi biaya masuk ke pasar, mereka akan membuka usaha di pasar mana pun hingga persaingan mendorong semua keuntungan menjadi nol. Ini menyiratkan bahwa jika biaya produksi tetap dan permintaan bersifat eksogen, maka agen tidak memiliki pilihan tentang berapa banyak yang harus diproduksi jika mereka mencoba memaksimalkan selisih antara biaya dan pendapatan mereka.

Para filsuf memiliki minat profesional yang sama dengan para ekonom dalam hal kondisi dan teknik untuk memaksimalkan kesejahteraan. Selain itu, para filsuf memiliki perhatian khusus terhadap justifikasi logis atas tindakan, dan seringkali tindakan tersebut dibenarkan dengan mengacu pada hasil yang diharapkan. (Salah satu tradisi dalam filsafat moral, utilitarianisme, didasarkan pada gagasan bahwa semua tindakan yang signifikan secara moral paling baik dibenarkan dengan cara ini.) Tanpa teori permainan, kedua masalah ini menolak analisis dimana pun aspek non-parametrik relevan. Kami akan segera menunjukkan hal ini dengan merujuk pada permainan yang paling terkenal (meskipun bukan yang paling umum), yang disebut Dilema Tahanan, dan permainan lain yang lebih umum. Dalam hal ini, kita perlu memperkenalkan, mendefinisikan, dan mengilustrasikan elemen dan teknik dasar teori permainan.

Teori permainan adalah cabang matematika terapan yang sangat penting dengan banyak kegunaan dalam ilmu sosial, ilmu biologi, dan filsafat. Teori permainan mencoba menjelaskan perilaku secara ekonomis dalam situasi dimana hasil individu bergantung pada

tindakan orang lain. Hasil terpenting dalam teori permainan, Teorema Minimax, dinyatakan pada tahun 1928 oleh matematikawan Johnvon Neumann dalam makalahnya Zur Theorie Der Gesellschaftsspiele, dan membentuk dasar untuk semua temuan
9 selanjutnya dalam subjek tersebut.

[Halaman Ini Sengaja Dikosongkan]

BAB II
DASAR-DASAR PENGAMBILAN KEPUTUSAN

41 "Banyaklah rancangan di hati manusia,
tetapi keputusan Tuhanlah yang terlaksana."

Amsal 19:21

13 "Atau, raja manakah yang kalau mau pergi berperang melawan raja lain tidak duduk dahulu untuk mempertimbangkan, apakah dengan sepuluh ribu orang ia sanggup menghadapi lawan yang mendatanginya dengan dua puluh ribu orang?"

Lukas 14:31

Mari kita mengambil sebuah contoh dalam kehidupan sehari-hari. Bayangkan diri Anda pada suatu pagi dengan kondisi sudah berdandan dan bersiap untuk sarapan. Katakanlah Anda seorang yang beruntung dalam kehidupan ini, tinggal di apartemen yang bagus dengan akses sebuah kafe yang bagus. Anda diberkati dan memiliki daya untuk memilih berbagai macam makanan. Atau, Anda mungkin seorang mahasiswa pascasarjana yang kurang beruntung yang tinggal di sebuah kamar kontrakan yang sempit dan hanya mampu membeli makanan di sebuah warung berharga murah di pinggir jalan. Dalam hal ini Anda mempunyai satu permasalahan yang sama. Apa yang Anda akan makan?

Situasi sederhana ini adalah contoh masalah pengambilan keputusan. Pengambilan keputusan adalah hal yang kita hadapi sehari-hari, baik sebagai individu maupun kelompok (seperti perusahaan, organisasi, bahkan negara). Contoh lain, manajer sumber daya manusia (SDM) sebuah perusahaan harus memilih merekrut seorang kandidat pegawai atau tidak. Seorang anggota dewan perwakilan rakyat (DPR) harus memilih untuk menerima sebuah Rancangan Undang-Undang atau menolak. Seorang pemain bola yang mendapat hadiah sebuah tendangan penalti,- apakah mengarahkan bola ke kiri atau kanan? Ketika ilmu ekonomi disebut sebagai ilmu pilih memilih. Pilihan mana yang terbaik? Pengambilan keputusan adalah hakekat dari teori permainan (*game theory*).

Setiap kali orang berinteraksi satu sama lain, - menanggapi pilihan orang lain atau apa yang mereka pikirkan tentang pilihan tersebut. Dalam hal ini mereka sedang bermain, dan itulah inti dari teori permainan. Apa dan bagaimana cara terbaik untuk memainkan permainan yang sedang kita jalani?

Teori permainan dapat didefinisikan sebagai studi dari model matematika dari konflik dan kooperatif antara pengambil keputusan rasional cerdas. Teori permainan menyediakan dan menggunakan teknik matematika untuk menganalisis situasi dimana dua atau lebih individu mengambil keputusan yang selanjutnya mempengaruhi kesejahteraan satu sama lain. Terminologi teori permainan lebih cencerung disebutkan sebagai analisis konflik atau teori pengambilan keputusan interaktif.

Konsep Dasar dan Terminologi

Akar logikal dari teori permainan adalah teori pengambilan keputusan Bayesian. Teori permainan dapat dipandang sebagai perluasan dari teori pengambilan keputusan. Untuk memahami ide sebuah permainan, seseorang perlu mendalami teori pengambilan keputusan. Analisis sebuah permainan atau situasi konflik harus dimulai dengan spesifikasi sebuah model yang menjelaskan sebuah permainan (*game*). Dengan demikian bentuk umum atau struktural model untuk menjelaskan sebuah *game* harus dengan hati-hati dan jelas dipahami.

Sebuah permainan mempunyai hal-hal sebagai berikut.

- Sejumlah pembuat keputusan, dinamakan pemain.
- Kemungkinan status informasi setiap pemain pada setiap waktu pengambilan keputusan.
- Kumpulan kemungkinan gerakan (seperti keputusan, tindakan, dan permainan) yang dapat dipilih oleh setiap pemain dalam setiap informasi yang mungkin dimilikinya.
- Suatu prosedur untuk menentukan bagaimana pilihan langkah seluruh pemain secara kolektif menentukan kemungkinan hasil permainan.
- Preferensi masing-masing pelaku terhadap hasil yang mungkin terjadi, biasanya diukur dengan fungsi utilitas.

Penjelasan di atas dapat dipersingkat dengan menjelaskan bahwa setiap permainan mempunyai tiga elemen paling mendasar, yaitu agen, strategi, dan imbalan. Sebuah permainan dapat berbentuk kooperatif, dimana setiap pemain dapat melakukan kesepakatan, atau non-kooperatif dimana kesepakan tidak mungkin dilakukan.

Teori pilihan rasional (*rational choice*) merupakan komponen dari sejumlah model dalam teori permainan. Secara singkat, teori ini menyatakan bahwa pengambil keputusan memilih tindakan terbaik menurutnya preferensinya, di antara semua tindakan yang tersedia baginya. Tidak ada batasan kualitatif ditempatkan pada preferensi pengambil keputusan; "rasionalitasnya" terletak pada konsistensi keputusannya ketika dihadapkan dengan serangkaian tindakan yang berbeda, bukan pada sifat suka dan tidak sukanya.

Permainan Strategis (*Strategic Game*)

Sebuah permainan strategis merupakan sebuah model dari interaksi antarpembuat keputusan. Ketika mendiskusikan interakrasi terdapat sejumlah komponen, yakni pemain (*players*) yang membuat tindakan setiap pemain dipengaruhi oleh aksi dari seluruh pemain, tidak saja tindakannya sendiri. Setiap pemain mempunyai preferensi tentang pprofil tindakan. Profil tindakan kemudian dapat dipandang sebagai sebuah daftar seluruh tindakan dari seluruh pemain. Sebuah permainan strategis (dengan preferensi yang bersifat ordinal) berisi pemain, untuk setiap pemain terdapat satu himpunan tindakan, dan untuk setiap pemain preferensi terdapat satu himpunan profil tindakan.

Pemain (*Players*)

Setiap pembuat keputusan dalam sebuah permainan dinamakan pemain (*player*). Pemain dapat berupa individual (seperti dalam permainan poker), atau sebuah negara secara keseluruhan (seperti kasus konflik militer). Seluruh pemain mempunyai kemampuan untuk memilih dari satu himpunan tindakan yang mungkin (*possible action*). Umumnya, banyaknya pemain merupakan angka tetap sepanjang permainan. Sebuah *game* ditandai dengan banyaknya pemain (permainan dengan dua pemain, permainan dengan tiga pemain, atau permainan dengan n-pemain).

Pada awal pembelajaran ini akan kita mulai sebuah permainan dengan dua pemain. Perlu diperhatikan bahwa dalam pembelajaran ini, identitas spesifik pemain tidak relevan dan menjadi bahan studi.

Studi ini tidak mengenal ‘orang baik’ dan ‘orang jahat.’ Setiap pemain hanya diidentifikasi sebagai pihak yang dapat memilih tindakan untuk mendapatkan luaran (*outcome*) yang paling menguntungkan, setelah melalukan tindakan atas aksi lawan. Sering kali pemain diberi sebutan sebagai ‘agen’ atau ‘aktor.’

Strategi

Seluruh tindakan yang terbuka untuk pemain dalam sebuah *game* disebut strategi. Strategi dapat berupa tindakan yang sangat sederhana, misal menarik sebuah kartu dari satu dek permainan poker atau sebuah tindakan yang sangat kompleks, misal membangun pertahanan antimisil berbasis laser. Sebuah strategi diasumsikan didefinisikan dengan baik, dalam sebuah tindakan spesifik. Untuk mempermudah pemodelan, biasanya kuantitas strategi yang dapat dipilih pemain diberi angka kecil. Banyak teori permainan membuat strategi yang tersedia sebanyak dua. Dalam permainan non-kooperatif, pemain tidak dalam mencapai kesepakatan dengan pemain lain tentang strategi yang akan dipilih. Setiap pemain tidak pasti (*uncertain*) tetang pilihan yang dilakukan pihak lawan.

Lebih dalam dijelaskan bahwa teori permainan didasarkan pada model dengan dua komponen. Komponen pertama adalah himpunan A yang terdiri dari semua tindakan yang, dalam keadaan tertentu, tersedia bagi pengambil keputusan (pemain). Komponen kedua adalah spesifikasi preferensi pengambil keputusan. Dalam situasi apa pun pengambil keputusan dihadapkan pada himpunan bagian 1 dari A, yang mana ia harus memilih sebuah elemen tunggal. Himpunan A, misalnya, dapat berupa bundel barang yang dapat dikonsumsi seorang pemain/pengambil keputusan. Akan tetapi, pilihan yang dapat dilakukan seseorang dari himpunan A dibatasi oleh daya/kemampuan membeli. Tidak semua anggota himpunan *A* dapat dikonsumsi. Hanya yang dapat dibeli sesuai dengan kemampuan keuangannya. Jadi himpunan A berisi himpunan bagian, yakni yang mampu dibeli oleh seorang individu.

Imbalan (*Payoffs*)

Pengembalian terakhir kepada seorang pemain dalam sebuah permainan dinamakan 'imbalan.' Umumnya imbalan diukur dengan tingkat utilitas yang diperoleh para pemain. Walau dalam kasus tertentu dapat dalam bentuk lain, seperti imbalan moneter sebuah perusahaan dapat berupa keuntungan (*profit*). Secara umum, diasumsikan bahwa pemain dapat meranking imbalan dari sebuah permainan secara ordinal, dari yang paling disukai hingga yang paling kurang disukai. Imbalan mencakup seluruh aspek yang berasosiasi dengan luaran sebuah permainan.

Ketika seseorang bertinteraksi, kita dapat sering menyebut 'hanya sebuah permainan.' Sesuatu yang tidak serius. Selanjutnya, teori permainan menjadi sesuatu yang sangat bermakna dalam ilmu ekonomi, khususnya dalam pengambilan keputusan. Teori permainan dimulai pada awal tahun 1928 dan secara sungguh-sungguh diaplikasikan dalam ekonomi, politik, bisnis, dan berbagai area yang lain. Bahkan situasi peperangan dapat dianalisis dengan matematika teori permainan.

Preferensi dan Fungsi Imbalan (*Preferences and Payoff Functions*)

Kita mengasumsikan bahwa pembuat keputusan, ketika diperhadapkan dengan sebuah pasangan tindakan, mengetahui pasangan pilihan yang mana yang lebih dia sukai. Seorang pemain mengetahui bagaimana citarasa dia atas sepasang kemungkinan pilihan tindakan. Kita asumsikan bahwa preferensi ini konsisten. Misalkan jika seorang pembuat keputusan dapat menetapkan bahwa dia lebih menyukai tindakan a dibandingkan dengan tindakan b, dan tindakan b terhadap tindakan c, kemudian dapat dipastikan bahwa dia lebih menyukai tindakan a dibandingkan dengan tindakan c.

Bagaimana kita menjelaskan preferensi? Satu cara menjelaskan prerefensi adalah dengan membangun fungsi imbalan (*payoff function*). Misalkan fungsi imbalan u yang menyatakan preferensi pembuat keputusan. Untuk sebuah tindakan a dalam A, dan b dalam A, $u(a) > u(b)$ jika dan hanya jika pembuat keputusan lebih menyukai a dibandingkan b.

Contoh 1

Seorang diperhadapkan dengan pilihan dari tiga paket liburan, ke Bali, Danau Toba, dan Labuan Bajo. Dia lebih menyukai paket ke Danau Toba dibandingkan dengan dua lainnya. Preferensi dia pada tiga paket disajikan melalui fungsi imbalan. Preferensi pada ketiga paket wisata tersebut kita gambarkan melalui sebuah fungsi imbalan yang nilainya sama dengan ke Labuan Bajo dan Bali dan dengan sebuah bilangan yang lebih besar jika berwisata ke Danau Toba. Misalkan kita tetapkan $u(\text{Labuan Bajo}) = u(\text{Bali}) = 0$ dan $u(Danau\ Toba) = 1$. Atau, dapat juga dituliskan $u(Danau\ Toba) = 10$ dan $u(\text{Labuan Bajo}) = u(\text{Bali}) = 1$ atau $u(Danau\ Toba) = 0$ dan $u(\text{Labuan Bajo}) = u(\text{Bali}) = -2$.

Contoh 2

Preferensi seorang pembuat keputusan, disajikan hanya dalam bentuk informasi ordinal. Preferensi menyatakan apakah seorang pembuat keputusan lebih menyukai tindakan a daripada tindakan b dan daripada tindakan c. Pernyataan ini tidak menunjukkan seberapa besar dia lebih menyukai a terhadap b. Atau apakah dia lebih menyukai a terhadap b dibandingkan dengan dia menyukai b terhadap c. Konsekuensinya, dalam hal memodelkan preferensi kita dapat menyajikannya hanya dengan informasi ordinal.

Aturan (*Rule*)

Matematika sebuah teori permainan mempunyai aturan yang ketat untuk menjelaskan apa yang diijinkan dan apa yang tidak. Melalui permainan dari dunia nyata, teori pemainan memungkinkan untuk menemukan gerakan atau cara baru untuk bertindak. Permainan yang dapat dianalisis secara matematis memiliki serangkaian kemungkinan gerakan yang kaku.

Luaran dan Imbalan (*Outcome and Payoff*)

Anak-anak melakukan permainan seiring dengan pertumbuhan mereka untuk bersenang-senang. Matematika permainan dapat mempunyai serangkaian luaran (*outcome*). Setiap *outcome* menghasilkan imbalan (*payoff*) bagi setiap pemain. Imbalan dapat berupa uang atau sebuah bentuk kepuasan, yang mendorong keinginan untuk menang.

Ketidakpastian Hasil (*Uncertainty Outcome*)

Sebuah permainan matematika "mendebarkan" karena hasilnya tidak dapat diprediksi di awal. Karena peraturannya tetap, hal ini menyiratkan bahwa permainan harus mengandung beberapa elemen acak atau memiliki lebih dari satu pemain.

Pengambilan Keputusan (*Decision Making*)

Permainan tanpa keputusan mungkin membosankan, setidaknya bagi pikiran. Perlombaan lari jarak 100 meter mungkin tidak membutuhkan kemampuan matematika, hanya kaki yang cepat dan lincah. Akan tetapi, sebagian besar permainan olahraga juga melibatkan keputusan sehingga setidaknya sebagian dapat dianalisis dengan teori permainan.

Tidak Ada Kecurangan (*No Cheating*)

Permainan dalam kehidupan nyata memungkinkan terjadinya kecurangan. Menyontek dalam sebuah ujian mengandung arti tidak bermain sesuai aturan. Dalam permainan catur, seserong dapat melakukan kecurangan dengan mengganggu konsentrasi lawan. Dalam permainan poker seseorang dalam melakukan kecurangan dengan menukar kartu 8 di tangan dengan kartu As di lengan.

Teori permainan tidak mengakui adanya kecurangan. Seseorang harus menang tanpa melakukan kecurangan. Seperangkat aturan lengkap menggambarkan sebuah permainan. Dalam sebuah situasi, seorang pemain dapat mengambil dan melakukan keputusan, yang selanjutnya disebut gerakan atau tindakan. Strategi adalah rencana yang memberi tahu pemain langkah yang harus dipilih dari sejumlah langkah yang memungkinkan.

Rasional

Semua pemain diasumsikan berperilaku rasional. Seorang permain berperilaku rasional adalah pemain yang mempunyai preferensi. Tujuan semua pemain adalah mencoba mengoptimalkan hasil individu mereka. Setiap pemain menyadari bahwa pemain lain juga berperilaku sama, yakni mengoptimalkan preferensi mereka.

Klasifikasi Sebuah Permainan

Sebuah permainan dapat dikategorikan menurut sejumah kriteria.

- Berapa pemain? Umumnya buku teori permainan membahas permainan dengan lebih dari satu pemain, walau terdapat sebuah permainan yang dalat dilakukan sendiri.
- Dimainkan secara simultan atau sekuensial? Dalam sebuah permainan simultan, setiap pemain hanya dapat melakukan satu kali pergerakan. Dalam sebuah permainan sekuensial, tidak terdapat dua pemain melakukan tindakan secara bersama-sama, dan para pemain dapat melakukan pergerakan beberapa kali. Terdapat juga permainan tidak simultan dan juga tidak sekuensial.
- Apakah permaian mempunyai pergerakan acak (*random*)? Sebuah permainan dapat mempunyai kejadian random yang mempengaruhi *outcome*nya. Dinamakan pergerakan *random* (*random moves*).
- Apakah pemain mempunyai informasi yang sempurna (*perfect information*)? Sebuah permainan sekuensial, jika setiap pemain, ketika akan bergerak, mengetahui seluruh pergerakan sebelumnya.
- Apakah pemain mempunyai informasi yang sempurna (*complete information*)? Seluruh pemain mengetahui struktur permaian, urutan yang akan dilakukan seorang pemain, seluruh kemungkinan pergerakan dalam seluruh posisi, dan imbalan dari seluruh *outcome*. Permainan dunia nyata umumnya tidak mempunyai informasi yang sempurna. Dalam permainan diasumsikan informasi yang sempurna dalam seluruh kasus. Dalam hal ini perlu dicatat bahwa sebuah *game* dengan informasi yang tidak sempurna lebih sulit dianalisis.

- Apakah permainan bersifat *zero-sum*? *Zero-sum game* mempunyai properti bahwa jumlah seluruh imbalan dari seluruh pemain sama dengan nol. Seorang pemain mempunyai imbalan positif hanya jika pemain lain mempunyai imbalan negatif. Permainan poker dan catur merupakan contoh dari *zero-sum game*. Dalam dunia nyata jarang terjadi sebuah permainan bersifat *zero-sum game*.
- Apakah komunikasi diijinkan? Kadang kala komunikasi antarpemain diijinkan sebelum permainan dimulai dan antarpergerakan. Kadang tidak diijinkan.
- Apakah permainan bersifat kooperatif atau non-kooperatif?

Mari kita perhatikan dua perbedaan mendasar untuk menjelaskan jenis-jenis permainan. Perbedaan ini menghasilkan empat jenis permainan. Satu asumsi dari seluruh teori ekonomi adalah bahwa seluruh agen mempunyai informasi yang lengkap (*complete information*). Dengan informasi yang lengkap kita asumsikan bahwa seluruh pemain mengetahui keuntungan ekonomi yang akan dinikmati oleh seluruh pemain. Dalam situasi lain agen tidak mengetahui seluruh informasi secara lengkap. Permainan seprti ini mempunyai karakteristik dan disebut sebagi informasi tidak lengkap (*infomplete information*). Sebagai contoh. Dalam sebuah lelang, Anda dan saya memberi penawaran pada sebuah tagihan sebesar Rp. 100.000. Anda dan saya mengetahui penawaan masing-masing. Dalam menawar sebuah lukisan, Anda dan saya tidak saling mengetahui berapa memberi nilai pada lukisan tersebut, sampai satu sama lain saling mengetahui dengan baik.

Kita tahu dari pengalaman bahwa, dalam situasi seperti ini, orang biasanya tidak berdiri dan ragu-ragu dalam lingkaran selamanya.

Seperti yang akan kita lihat nanti, ada solusi terbaik yang unik yang tersedia untuk setiap pemain.

Hingga tahun 1940-an, baik filsuf maupun ekonom belum menemukan cara memodelkan dan menemukan solusinya secara matematis. Akibatnya, para ekonom terpaksa memperlakukan pengaruh nonparametrik seolah-olah pengaruh tersebut merupakan komplikasi pada pengaruh parametrik. Hal ini mungkin akan membuat pembaca merasa aneh, karena, seperti yang ingin ditunjukkan oleh contoh masalah penyeberangan jembatan, fitur nonparametrik sering kali merupakan fitur mendasar dari masalah pengambilan keputusan. Sebagian dari penjelasan mengenai masuknya teori permainan secara relatif terlambat ke dalam bidang ini terletak pada masalah-masalah yang selama ini menjadi perhatian para ekonom. Ekonom klasik, seperti Adam Smith dan David Ricardo, terutama tertarik pada pertanyaan tentang bagaimana agen di pasar yang sangat besar—seluruh negara—dapat berinteraksi sehingga menghasilkan kekayaan moneter maksimum bagi diri mereka sendiri. Wawasan dasar Smith, bahwa efisiensi paling baik dimaksimalkan oleh agen yang pertama-tama membedakan kontribusi potensial mereka dan kemudian secara bebas mencari tawar-menawar yang saling menguntungkan, telah diverifikasi secara matematis pada abad kedua puluh. Akan tetapi, demonstrasi fakta ini hanya berlaku dalam kondisi 'persaingan sempurna.' Berharap ada pembaca yang dapat mengembangkan model ke dalam kondisi semua jenis pasar.

Teori permainan kini sudah banyak dan secara luas digunakan dalam berbagai disiplin ilmu. Misalnya, pondasi ilmu ekonomi semakin didasarkan pada teori permainan. Teori permainan semakin banyak digunakan dalam ilmu politik untuk mempelajari strategi dalam berbagai bidang, seperti kampanye dan pemilihan umum, kebijakan pertahanan, dan hubungan internasional. Dalam biologi, bisnis, ilmu manajemen, ilmu komputer, dan hukum, teori permainan telah digunakan untuk memodelkan berbagai situasi strategis. Teori permainan bahkan telah merambah bidang filsafat (misalnya, untuk mempelajari sifat keseimbangan aturan etika), agama (misalnya, untuk menafsirkan kisah-kisah Alkitab), dan matematika murni (misalnya, untuk menganalisis cara membagi kue secara adil di antara n orang). Secara keseluruhan, teori permainan memberikan harapan besar tidak hanya untuk memajukan pemahaman tentang interaksi strategis dalam berbagai situasi yang sangat berbeda, tetapi juga untuk menawarkan resep untuk desain sistem lelang, tawar-menawar, pemungutan suara, dan informasi yang lebih baik yang melibatkan pilihan strategis.

Teori permainan diterapkan dalam bidang ekonomi. Dalam pasar oligopoli, ketika hanya sedikit perusahaan yang dominan, teori permainan menjadi alat penting untuk memahami dinamika persaingan. Model Cournot dan Bertrand adalah contoh klasik tentang bagaimana teori permainan diterapkan untuk menganalisis perilaku perusahaan di pasar tersebut. Dalam model Cournot, perusahaan bersaing dalam hal kuantitas, dan keseimbangan Nash (Nash *equilibrium*) tercapai ketika tingkat *output* setiap perusahaan memaksimalkan keuntungannya, dengan mempertimbangkan tingkat *output* pesaingnya. Model Bertrand, sebaliknya, berfokus pada persaingan harga, dimana perusahaan menetapkan harga dan keseimbangan terjadi ketika tidak ada perusahaan yang memperoleh keuntungan dengan mengubah harganya secara sepihak.

Teori lelang, salah satu cabang teori permainan, menyelidiki strategi yang terlibat dalam berbagai format lelang. Dari lelang di Inggris hingga lelang dengan penawaran tertutup, teori permainan membantu dalam memprediksi perilaku penawar dan merancang lelang untuk memaksimalkan pendapatan penjual atau mencapai tujuan lainnya. Lelang Vickrey, sejenis lelang penawaran tertutup dimana penawar tertinggi menang, namun membayar tawaran tertinggi kedua, merupakan contoh strategi berlawanan dengan intuisi yang muncul dari analisis teori permainan.

Teori kontrak, yang erat kaitannya dengan teori permainan, mengkaji bagaimana pelaku ekonomi membangun pengaturan kontrak, dengan mempertimbangkan informasi asimetrik dan perilaku strategis pihak-pihak yang terlibat. Bidang ini mempunyai implikasi besar pada bidang-bidang, seperti pasar asuransi, hubungan pengusaha-karyawan, dan tata kelola perusahaan. Perancangan mekanisme, yang sering disebut dengan 'teori permainan terbalik,' melibatkan perancangan aturan atau mekanisme untuk mencapai hasil yang diinginkan, dengan mempertimbangkan perilaku strategis para partisipan. Konsep ini dapat diterapkan dalam ilmu politik, regulasi, dan desain pasar.

Teori permainan perilaku mengintegrasikan wawasan dari psikologi dengan teori permainan tradisional, mengeksplorasi bagaimana orang-orang nyata berperilaku dalam situasi strategis, seringkali menyimpang dari prediksi teori permainan klasik. Bidang ini telah melahirkan ilmu ekonomi eksperimental, dimana teori-teori ekonomi diuji dalam eksperimen terkontrol, sering kali mengungkapkan bahwa perilaku manusia lebih kompleks dan kurang rasional dibandingkan model ekonomi tradisional.

Teori jaringan di bidang ekonomi, dipengaruhi oleh teori permainan, mempelajari bagaimana struktur jaringan mempengaruhi hasil perekonomian. Pendekatan ini sangat relevan dalam memahami sistem keuangan, jaringan sosial, dan pola perdagangan. Model teori permainan membantu menganalisis bagaimana perubahan pada satu bagian jaringan dapat menimbulkan efek riak pada seluruh sistem.

Dalam bidang politik praktis, teori permainan harus diterapkan khususnya dalam pengambilan keputusan oleh politisi. Strategi adalah inti dari politik; seorang politisi yang tidak strategis tidak dapat mencapai tujuannya. Ilmuwan politik yang tidak mempunyai waktu, pelatihan, maupun kecenderungan untuk berpikir strategis tidak akan mempunyai bekal yang memadai untuk memahami liku-liku strategis dalam politik. Kandidat bersaing untuk memenangkan jabatan dalam pemilihan umum (pemilu). Setelah kampanye pemilu di negara demokrasi multipartai, partai politik berusaha untuk membentuk pemerintahan. Para pembuat undang-undang berlomba-lomba untuk memajukan undang-undang mereka sendiri dan memblokir rancangan undang-undang yang mereka tolak. Badan legislatif mengawasi lembaga eksekutif untuk memverifikasi bahwa birokrat melaksanakan maksud undang-undang yang mereka keluarkan. Para pemimpin nasional bersaing untuk menang pada negosiasi tingkat internasional. Teori permainan mengkaji pengambilan keputusan dalam situasi dimana keputusan beberapa aktor dalam hal ini partai dalam politik menghasilkan hasil akhir. Oleh karena itu, keputusan masing-masing aktor bergantung pada keputusan aktor lainnya. Ada persamaan yang sangat kuat antara teori permainan dan teori utilitas. Keputusan aktor-aktor lain dalam teori permainan berhubungan dengan keadaan dunia dalam teori keputusan. Para aktor berusaha menentukan kemungkinan tindakan aktor-aktor lain dan menggunakan respons terbaik yang mereka miliki.

Analis risiko sering kali menganalisis risiko permusuhan dari teroris atau penyerang cerdas lainnya tanpa menyebutkan teori permainan. Mengapa? Salah satu alasannya adalah banyaknya situasi permusuhan - situasi yang dapat direpresentasikan sebagai permainan penyerang-pembela, di mana pembela pertama-tama memilih alokasi sumber daya pertahanan untuk melindungi target potensial, dan penyerang, mengetahui apa yang telah dilakukan pembela, kemudian memutuskan target mana yang akan diserang. Situasi ini dapat dianalisis dengan teori permainan. Perlu diperhatikan bahwa analisis risiko dan teori permainan sesungguhnya saling melengkapi. Analisis teori permainan tentang konflik memerlukan pemodelan konsekuensi yang mungkin terjadi dari setiap pilihan strategi oleh para pemain dan menilai manfaat yang diharapkan dari konsekuensi yang mungkin terjadi. Metode pengambilan keputusan dan analisis risiko sangat cocok untuk menyelesaikan kasus seperti ini. Formulasi teori permainan mengenai konflik serangan-pertahanan (dan risiko permusuhan lainnya) dapat memperbaiki beberapa analisis risiko yang ada saat ini yang mencoba memodelkan keputusan penyerang sebagai variabel acak atau atribut target yang tidak pasti (misalnya, ancaman) dan yang berupaya untuk memperoleh dampaknya. Model teori permainan yang memperjelas sifat interaksi keputusan yang dibuat oleh penyerang dan pembela dan yang membedakan dengan jelas antara pilihan strategis (simpul keputusan dalam pohon permainan) dan variabel acak (simpul peluang, tidak dikendalikan oleh penyerang atau pembela) dapat menghasilkan model yang lebih masuk akal dan rekomendasi manajemen risiko yang efektif untuk mengalokasikan sumber daya defensif dibandingkan model penilaian risiko saat ini. Oleh karena itu, analisis risiko dan teori permainan dapat dikembangkan dan saling memperkuat.

Penerapan teori permainan dalam bidang kesehatan. Misalkan kebijakan vaksinasi sukarela untuk penyakit anak-anak memberikan tantangan kepada orang tua: jika cukup banyak penduduk yang sudah kebal, baik secara alami atau melalui vaksinasi, maka risiko sekecil apa pun yang terkait dengan vaksinasi akan lebih besar daripada risiko infeksi. Akibatnya, kepentingan individu mungkin menghalangi pemberantasan penyakit yang sebenarnya dapat dicegah dengan vaksin. Teori permainan dapat menjelaskan pengambilan keputusan manusia sehubungan dengan vaksinasi. Peningkatan persepsi risiko terhadap vaksin akan cenderung menyebabkan penurunan yang lebih besar dalam penyerapan vaksin terhadap patogen yang menyebabkan lebih banyak infeksi sekunder (seperti campak dan pertusis).

Perbedaan kedua dari sebuah permainan adalah bahwa semua pemain dalam sebuah permainan harus memutuskan tindakan yang kan diambil pada waktu yang sama atau apakah beberapa pemain mengambil keputusan tindakan setelah pemain lain. Sebuah permainan dimana semua pemain melakukan tindakan secara bersama-sama dinamakan permainan gerak simultan (*simultaneous move game*). Sebuah permainan dimana sejumlah pemain mengambil tindakan setelah pihak lain bertindak disebut permainan gerak sekuensial (*sequential move game*). Contoh permainan simultan adalah permainan “batu, kertas, dan gunting” oleh anak-anak. Contoh permainan simultan adalah permainan catur.

Mengkombinasikan kedua perbedaan ini, kita mempunyai empat permainan dasar.

1) Infomasi lengkap, permainan gerak simultan (*complete information, simultaneous move game*).

2) Infomasi lengkap, permainan gerak sekuensial (*complete information, sequential move game*).
3) Informasi tidak lengkap, permainan gerak simultan (*incomplete information, simultaneous move game*).
4) Informasi tidak lengkap, permainan gerak sekuensial (*incomplete information, sequential move game*).

Teori permainan dengan infomasi lengkap (*game theory under complete information*) mengandung arti bahwa setiap pemain, tindakan yang tersedia untuk setiap pemain, dan imbalan yang dapat mereka terima diketahui dan tergantung bagaimana permainan dilakukan.

Kita diskusikan struktur dasar dari permainan dengan infomasi lengkap. Struktur tersebut dengan mengkhususkan dan menetapkan siapa para pemain, tindakan apa yang dapat mereka lakukan, dalam sekuens apa mereka bergerak, dan bagaimana imbalan mereka tergantung dari kombinasi pergerakan yang dilakukan pemain yang berbeda.

Contoh

Sebuah permainan sederhana dimana dua individu dalam sebuah kota yang dapat mengendarai mobil. Mereka mungkin memilih melintas di lajur kiri jalan atau lajur kanan. Dalam kasus ini setiap pemain mempunyai himpunan tindakan yang sama.

Contoh lain: kita mempunyai sebuah permainan yang melibatkan seorang konsumen dan seorang produsen. Sang produsen dapat memilih sebuah harga tinggi atau sebuah harga rendah untuk produknya. Konsumen dapat memilih untuk membeli atau tidak.

Dalam kasus ini himpunan tindakan untuk produsen dapat kita tulis dan himpunan pilihan tindakan bagi konsumen.

Seorang majikan dapat menawarkan sebuah upah tinggi atau sebuah upah rendah pada seorang karyawan dan karyawan mempunyai pilihan menerima atau menolak tawaran pekerjaan.

Permainan langkah simultan dengan informasi lengkap (*complete information, simultaneous move game*) merupakan konsep fundamental dalam teori permainan, dimana semua pemain membuat keputusan secara bersamaan tanpa mengetahui pilihan pemain lain, tetapi dengan pengetahuan penuh tentang struktur dan hasil permainan. Permainan ini dicirikan oleh adanya keseimbangan Nash, dimana strategi setiap pemain optimal jika dibandingkan dengan strategi pemain lain. Analisis permainan ini memberikan wawasan tentang interaksi strategis dalam berbagai bidang, seperti ekonomi dan ilmu politik. Permainan langkah simultan dapat diterapkan dalam berbagai skenario dunia nyata, seperti pasar kompetitif dimana perusahaan memutuskan strategi penetapan harga secara bersamaan, atau dalam kampanye politik dimana kandidat memilih platform mereka tanpa mengetahui pilihan lawan mereka.

Permainan langkah berurutan dengan informasi lengkap merupakan jenis permainan strategis dimana pemain membuat keputusan satu demi satu, dengan setiap pemain memiliki pengetahuan penuh tentang tindakan sebelumnya dan struktur permainan. Permainan ini biasanya dianalisis menggunakan induksi mundur untuk menentukan ekuilibria Nash sempurna subgame (*subgame perfect* Nash *equilibria*/SPNE), yang memastikan strategi pemain optimal pada setiap tahap permainan. Pendekatan ini krusial dalam memahami interaksi strategis dimana urutan langkah secara signifikan memengaruhi hasilnya. Permainan langkah berurutan dengan informasi sempurna dicirikan oleh pemain yang memiliki pengetahuan lengkap tentang semua langkah sebelumnya, yang menyederhanakan analisis dan identifikasi keseimbangan dibandingkan dengan permainan dengan informasi yang tidak lengkap.

Permainan langkah simultan dengan informasi yang tidak lengkap (*incomplete information, simultaneous move game*) merupakan bidang studi yang menarik dalam teori permainan, dimana pemain membuat keputusan tanpa pengetahuan penuh tentang elemen-elemen permainan tertentu, seperti pembayaran atau strategi pemain lain. Skenario ini umum terjadi dalam situasi dunia nyata, seperti persaingan pasar atau operasi militer strategis, dimana pemain harus membuat keputusan berdasarkan informasi yang terbatas. Konsep Bayesian Nash *equilibrium* (BNE) merupakan inti dari permainan ini, karena memungkinkan pemain untuk membentuk strategi berdasarkan keyakinan mereka tentang elemen-elemen yang tidak diketahui.

Dalam permainan dengan informasi yang tidak lengkap, pemain dicirikan oleh berbagai tipe, yang merangkum semua informasi relevan tentang tindakan dan hasil mereka. Setiap pemain mengetahui tipe mereka sendiri dan memiliki keyakinan tentang tipe pemain lain, yang sering kali dimodelkan sebagai distribusi probabilitas yang diturunkan dari distribusi sebelumnya yang umum.

Permainan langkah berurutan dengan informasi yang tidak lengkap (*incomplete information, sequential move game*) menghadirkan lingkungan strategis yang kompleks dimana pemain membuat keputusan secara berurutan, seringkali tanpa sepenuhnya memahami kondisi permainan atau tindakan pemain lain. Hal ini berbeda dengan permainan langkah simultan, dimana pemain bertindak secara bersamaan tanpa memperhatikan langkah pemain lain. Dalam permainan berurutan, urutan langkah dan informasi yang tersedia pada setiap tahap secara signifikan memengaruhi strategi dan hasil. Kehadiran informasi yang tidak lengkap menambah kompleksitas, karena pemain harus membentuk keyakinan tentang elemen yang tidak diketahui, seperti tipe atau imbalan pemain lain, dan memperbarui keyakinan ini seiring berjalannya permainan.

Selanjutnya, dapat dikatakan bahwa teori permainan (*game theory*)
46 adalah studi tentang pengambilan keputusan dalam persaingan. Teori
46 permainan adalah studi tentang pengambilan keputusan optimal dalam persaingan ketika keputusan seseorang memengaruhi hasil suatu situasi bagi semua individu lain yang terlibat. Anda tentu pernah menjumpai fenomena ini dalam kehidupan sehari-hari: ketika Anda bermain catur, atau mengejar adik bayi Anda dalam upaya untuk bergulat dengannya agar ia mengenakan piyama, atau bahkan menegosiasikan harga mobil.

Keputusan Anda dan keputusan orang-orang di sekitar Anda akan memengaruhi kualitas hasil akhir bagi semua orang. Teori permainan adalah disiplin ilmu yang luas dalam Matematika Terapan yang memengaruhi dan dipengaruhi oleh Riset Operasi, Ekonomi, Teori Kontrol, Ilmu Komputer, Psikologi, Biologi, dan Sosiologi (untuk menyebutkan beberapa disiplin ilmu).

Teori Permainan secara umum dapat diklasifikasikan menjadi empat subkategori utama studi sebagai berikut (Gambar 2.1).

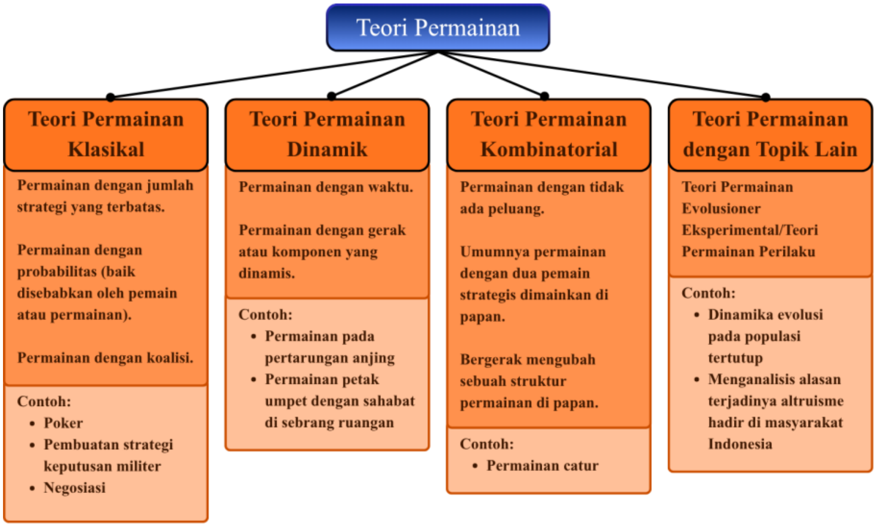
1. Teori permainan klasik: Berfokus pada permainan optimal dalam situasi dimana satu orang atau lebih harus membuat keputusan dan dampak dari keputusan tersebut serta

keputusan pihak-pihak yang terlibat diketahui. Keputusan dapat dibuat dengan menggunakan alat pengacak (seperti melempar koin). Teori permainan klasik telah membantu orang memahami sejumlah hal, mulai dari komandan dalam pertempuran militer hingga perilaku penjual mobil selama negosiasi.

2. Teori permainan dinamis: Berfokus pada analisis permainan dimana pemain harus membuat keputusan seiring waktu dan dimana keputusan tersebut akan memengaruhi hasil pada saat berikutnya. Teori permainan dinamis sering kali mengandalkan persamaan diferensial untuk memodelkan perilaku pemain seiring waktu. Teori permainan dinamis dapat membantu mengoptimalkan perilaku kendaraan tanpa awak atau dapat membantu Anda menangkap adik perempuan Anda yang kabur dari tempat bermainnya.
3. Teori permainan kombinatorial: Berfokus pada permainan optimal dalam permainan dua pemain dimana setiap pemain bergiliran berganti dengan cara yang telah ditentukan sebelumnya. Teori permainan kombinatorial tidak mempertimbangkan permainan dengan peluang (tanpa keacakan). Teori permainan kombinatorial digunakan untuk menyelidiki permainan seperti catur. Teori permainan kombinatorial adalah yang paling tidak berhubungan langsung dengan skenario kehidupan nyata.
4. Teori permainan dengan topik lain: Teori permainan, sebagaimana telah disebutkan, bersifat luas. Kategori ini mencakup topik-topik yang merupakan turunan dari tiga cabang lainnya. Contohnya antara lain, tetapi tidak terbatas pada:
   i. Teori permainan evolusioner, yang mencoba memodelkan evolusi sebagai kompetisi antarspesies;

ii. Permainan ganda dimana pemain dapat memilih dari sejumlah strategi yang tak terbatas, tetapi waktu bukanlah faktor penentu;

iii. Teori permainan eksperimental, dimana manusia dipelajari untuk menentukan seberapa akurat model teori permainan klasik menjelaskan perilaku mereka.



Gambar 2.1. Empat Subkategori Utama Teori Permainan

Sejumlah hadiah Nobel dimenangkan dengan mengunakan teori permainan. Berikut ini nama sejumlah pemenang hadiah Nobel dalam bidang ekonomi yang menggunakan pendekatan teori
10 permainan: Paul A. Samuelson (1970), Kenneth J. Arrow (1972), Reinhard Selten (1994), John F. Nash Jr. (1994), John C. Harsanyi (1994), Robert E. Lucas Jr. (1995), William Vickrey (1996), Thomas C. Schelling (2005), Robert J. Aumann (2005), Eric S. Maskin (2007), Leonid Hurwicz (2007), Roger B. Myerson (2007),
19 Lin Ostrom (2009), Al Roth (2013), Lloyd Shapley (2012), Jean

Tirole (2014), Oliver Hart (2016), Bengt Holmström (2016), Richard Thaler (2017), Paul R. Milgrom (2020), dan Robert B. Wilson (2020).

BAB III
MEMODELKAN TEORI PERMAINAN

Nama "teori permainan" mungkin kurang tepat. Nama yang lebih deskriptif adalah "pengambilan keputusan interaksi strategis." Teori permainan terdengar seperti permainan anak-anak, padahal sesungguhnya merupakan disiplin ilmu yang sangat baik.

(Scott P. Stevens)

Model Dasar

Untuk menjelaskan dan menggambarkan sebuah permainan, ekonomi mikro mengenal dua pendekatan sebagai berikut.

1. Dalam bentuk pohon (*extensive form*), dan
2. Dalam bentuk matriks (*normal form*)

Ilustrasi Permainan Iklan

72 Dua perusahaan A dan B harus memutuskan berapa banyak dana yang akan dikeluarkan untuk iklan. Tiap perusahaan mungkin menggunakan anggaran tinggi (H) atau anggaran rendah (L). Kita berharap dapat meneliti kemungkinan pilihan keseimbangan dalam situasi ini. Perlu ditekankan sejak awal bahwa permainan ini tidak realistis - hanya digunakan untuk tujuan pengajaran saja.

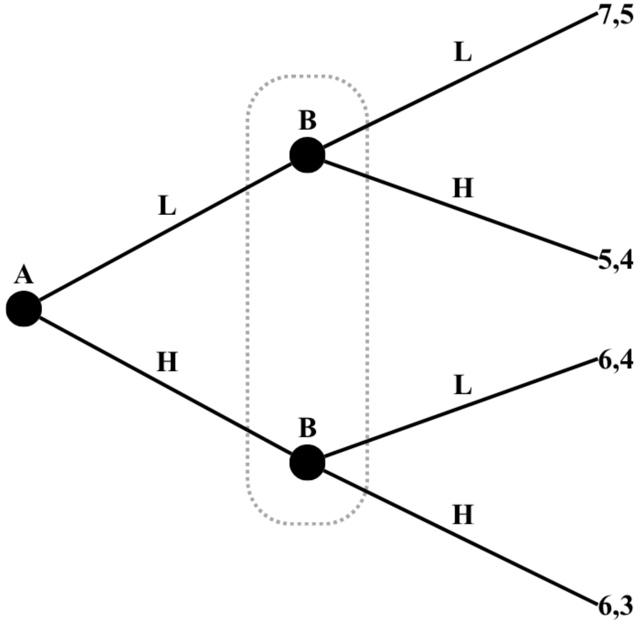
Kasus ilustrasi ini kita sajikan dalam

(1) Bentuk pohon (*extensive form*), dan

(2) Bentuk matriks (*normal form*).

Permainan Dalam Bentuk Pohon

Permainan dalam bentuk pohon disajikan sebagi berikut.



Gambar 3.1. Bentuk Pohon (*Extensive Form*)

Tindakan bergerak dari kiri ke kanan (Gambar 3.1)

Setiap noktah menggambarkan keputusan yang dibuat perusahaan. Gerakan pertama menjadi milik perusahaan A: perusahaan A harus memilih tingkat pengeluaran iklan H atau L. Kemudian B melakukan pilihan yang serupa. Bentuk oval yang menggelilingi noktah perusahaan B menunjukkan bahwa mereka mempunyai informasi yang sama (kurangnya) – perusahaan B tidak mengetahui strategi yang dipilih perusahaan A. Hasil yang diperoleh ditulis di sebelah kanan. Perusahaan B tidak mempunyai informasi tentang keputusan A. B harus memilih tanpa mengetahui apa yang telah dilakukan oleh A. Gambar 3.1 menunjukkan bahwa perusahaan B mengambil keputusan setelah perusahaan A . Keputusan perusahaan B ditulis disebelah kanan perusahaan A. Jumlah pada akhir dari masing-masing cabang menunjukkan imbalan (*payoff*) yang akan mengukur keuntungan dalam ribuan/jutaan dolar.

Contoh:

Jika A memilih H dan B memilih L, keuntungan bagi perusahaan A adalah 6 dan keuntungan bagi perusahaan B adalah 4.

14

Permainan Dalam Bentuk Normal (*Normal Form*)

Permainan dalam bentuk normal (*normal form*) disajikan dalam bentuk matriks sebagai berikut.

		Pemain B	
		L	H
Pemain A	L	7 , 5	5 , 4
	H	6 , 4	6 , 3

Gambar 3.2. Bentuk Matriks (*Normal Form*)[1]

[1] Skala urutan peringkat digunakan dalam *game theory* untuk hasil keputusan pemain. Dalam permainan 2 pemain, preferensi setiap pemain ditunjukkan dalam urutan yang dimaksudkan. Misalnya, preferensi peringkat pemain X dan Y akan dinotasikan sebagai (x, y) di mana x, y dapat mengambil skor numerik yang menunjukkan preferensi peringkat masing-masing. Jadi (4,3) lebih disukai daripada (3,4) untuk X, tetapi lebih rendah untuk Y. Beberapa permainan bersifat berurutan, yaitu keputusan selanjutnya terjadi dari pilihan pemain sebelumnya. Ini disebut pilihan kontingen. Jadi jika pengecer yang bersaingan (x, y) sama-sama mempertimbangkan untuk mengurangi harga (R) sebagai reaksi terhadap langkah pertama yang lain, kita dapat memiliki $R/R = X$ mengurangi harga terlepas dari

Bentuk normal dimaksud adalah jika permainan disajikan dalam bentuk matriks (Gambar3.2). Dimulai dari Pemain A pada baris dan Pemain B pada kolom. Strategi pemain A adalah memilih memasang iklan dengan biaya rendah (L) dan biaya tinggi (H). Strategi pemain B adalah memilih memasang iklan dengan biaya rendah (L) dan biaya tinggi (H). Kemudian imbalan (*payoff*) kita isikan pada sel perpotongan antarstrategi. Imbalan untuk A adalah angka pertama, imbalan untuk B angka kedua.

Untuk lebih memahami model dasar dari teori permainan, diberikan
26 kasus berikut. Misalkan terdapat dua orang pemain; pemain-1 dan pemain-2. Setiap orang menaruh satu lembar uang besaran sepuluh ribu rupiah dalam sebuah kotak. Selanjutnya pemain-1 mencabut satu kartu dari satu dek kartu remi yang berisi setengah berwarna merah (hati dan berlian) dan setengah lagi berwarna hitam (sekop dan keriting).

Pemain-1 melihat kartunya secara pribadi/tertutup dan memutuskan apakah melakukan *raise* atau *fold*.[2]. Jika pemain-1 memilih *fold* kemudian menunjukkan kartunya kepada pemain-2, maka permainan berakhir, pemain-1 mengambil uang dari kotak jika kartunya berwarna merah. Akan tetapi, pemain-2 yang mengambil uang jika kartunya berwarna hitam. Jika pemain-1 melakukan tindakan *raise* kemudian dia menambah lembaran sepuluh ribu rupiah lagi ke dalam kotak dan pemain-2 harus memutuskan apakah

---

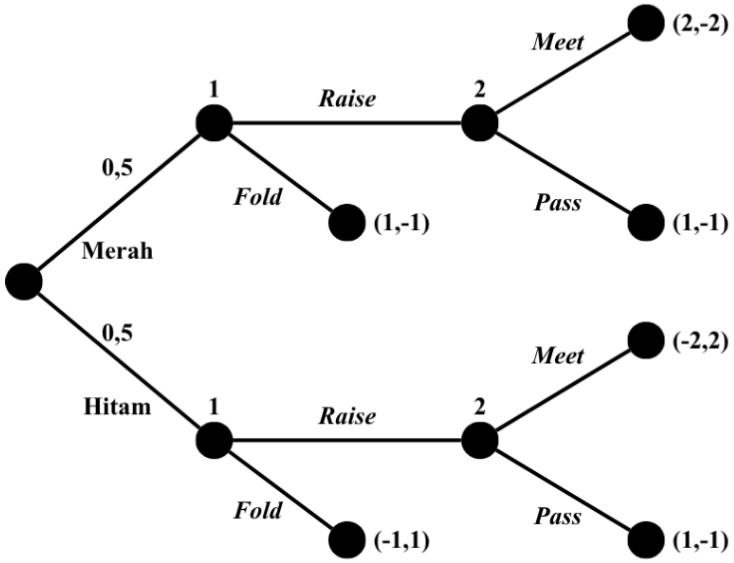
keputusan Y; $(\bar{R}/\bar{R}) = X$ tidak mengurangi harga terlepas dari keputusan Y; $(R/\bar{R}) = X$ mengurangi harga jika Y melakukannya dan tidak mengurangi harga jika Y tidak (Tit-for-Tat); dan $(\bar{R}/R) = X$ tidak menurunkan harga jika Y menurunkan harga dan menurunkan harga jika Y tidak (Tat-for-tit).

22 [2] "*Raise*" berarti seseorang akan ikut bermain, menaruh taruhannya yang lebih besar (lebih tinggi dari nilai taruhan sebelumnya). "*Fold*" berarti berhenti dalam permainan putaran itu dan menutup kartunya.

melakukan *meet* atau *pass*. Jika pemain-2 memilih tindakan *pass*, maka permainan berakhir. Selanjutnya, pemain-1 mengambil uang dari kotak jika kartunya berwarna merah dan pemain-2 mengambil uang dari kotak jika kartunya berwarna hitam.

Gambar 3.3. adalah diagram pohon yang meyajikan kemungkinan peristiwa yang dapat terjadi dari permainan ini. Diagram pohon tersebut berisi sebuah himpunan cabang (atau segmen garis), yang menghubungkan dua titik, kita namakan simpul (*node*). Simpul paling kiri kita sebut akar permainan yang menyatakan awal permainan tersebut.

Terdapat enam simpul yang tidak berlanjut ke kanan (permainan lanjutan). Simpul ini kita sebut simpul terminal (*terminal node*) yang menyatakan bahwa permainan dapat berakhir.



Gambar 3.3. Permainan Lanjutan

Setiap urutan peristiwa yang mungkin dan dapat terjadi digambarkan dengan sebuah jalur cabang dari akar pada satu titik terminal. Jika permainan ini benar-benar dimainkan, jalur menyatakan urutan sebenarnya yang akan terjadi selanjutnya kita sebut jalur permainan.

Tujuan pembelajaran ini adalah mencoba memprediksi jalur permainan. Pada setiap simpul terminal disajikan sebuah pasangan bilangan. Pasangan bilangan ini menyatakan imbalan pemain-1 dan pemain-2 jika permainan berakhir. Contoh, katakanlah dalam sebuah tahap permainan, pemain-1 mendapat kartu merah, pemain-2 melakukan strategi *raise*, dan pemain-2 mungkin memilih *meet*. Imbalan untuk pemain-1 adalah +2 dan imbalan pemain-2 sebesar -2. Dalam gambar situasi ini dituliskan (2,-2).

Contoh lain, pemain-1 mendapat kartu berwarna hitam dan kemudian memilih tindakan *fold*. Situasi ini disajikan bergerak dari
15 kiri pada titik simpul bawah. Imbalan sebesar +1 untuk pemain-1 dan -1 untuk pemain-2. Pada setiap simpul yang dilanjutkan oleh lebih dari satu cabang, cabang ini menyatakan alternatif peristiwa yang mungkin terjadi. Penentuan kejadian mana yang akan terjadi dikendalikan oleh seorang pemain atau oleh secara kebetulan. Jika sebuah peristiwa terjadi secara kebetulan, pada simpulnya kita beri nilai “0” dan diberi nama simpul kebetulan. Cabang lanjutan dari sebuah simpul kebetulan terjadi oleh sebuah mekanisme *random*, tergantung pada probabilitas yang ditunjukkan pada cabang yang mengikuti simpul tersebut. Dalam Gambar 3.3. akar yang demikian diberi label “0” karena warna kartu yang ditarik pemain-1 ditentukan oleh sebuah unsur kebetulan. Setiap dua cabang yang mengikuti akar mempunyai probabilitas sebesar 0,5 karena setengah kartu berwarna merah dan setengahnya lagi berwarna hitam. Sebuah titik yang bukan simpul terminal dengan label tidak nol kita namakan simpul

keputusan, dimana cabang selanjutnya akan ditentukan oleh pemain dalam label.

Setelah melihat kartunya, pemain-1 memutuskan apakkah *raise* atau *fold*, sehingga kedua simpul yang segera mengikuti akan dikendalikan oleh pemain 1 dan kita beri label “1.”

Gambar 3.3 belum cukup menyajikan seluruh hal dalam permainan sederhana ini. Melalui Gambar 3.3 kita menarik pemahaman bahwa pemain-1 mengetahui warna kartu dan pemain-2 tidak mengetahui warna tersebut. Logisnya pemain-2 akan *pass* jika pemain-1 memilih *raise* dengan sebuah kartu merah (karena dia lebih memilih mendapat imbalan -1 daripada -2). Akan tetapi, pemain-2 akan memilih *meet* jika pemain-1 mengangkat kartu yang berwarna hitam (karena dia lebih menyukai imbalan 2 daripada -1). Akan tetapi, perilaku yang diharapkan dari pemain-2 seharusnya sama dengan kedua simpul ini, karena dia tidak tahu warna kartu pemain-1 ketika memilih *meet* atau *pass*. Dengan kata lain, pemain-1 dapat memilih *raise* dengan sebuah kartu merah dan memilih *fold* dengan sebuah kartu hitam karena dia dapat membedakan kedua simpul yang dapa dia kendalikan.

Dalam Gambar 3.4 ditunjukkan bahwa pada setiap simpul terdapat dua label, yang dipisahkan oleh tanda koma (,). Label ini kita sebut label pemain,yang menyatakan pemain yang mengendalikan permainan. Angka di sebelah kanan tanda (,) merupakan label informasi, yang menyatakan keadaan informasi (*information state*) ketika seorang pemain bergerak ke arah simpul ini. Misalkan kita berikan label (1,a). Label ini mengandung arti ketika pemain-a bergerak ke arah *information state* “a.” Label (2,0) mengandung arti pemain-2 bergerak ke arah *information state* “0.” Dalam Gambar 3.4

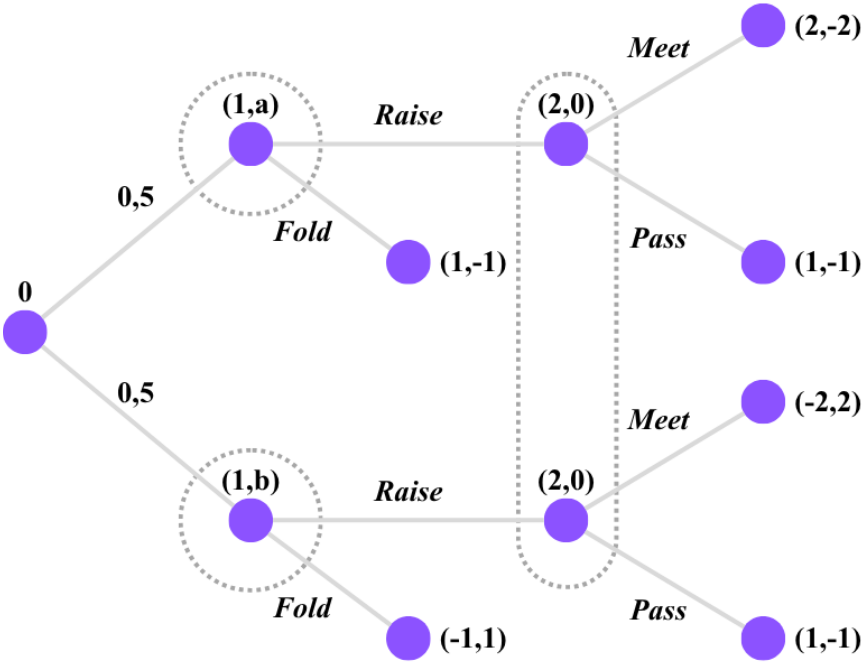
misalkan *information state* “a” jika mempunyai kartu berwarna merah, dan *information state* “b” jika mempunyai kartu berwarna hitam. *Information state* pemain-2 “0” adalah *state* jika mengetahui bahwa pemain-1 memilih *raise*. Perlu diperhatikan bahwa label informasi (*information label*) mengindikasikan himpunan simpul dan tidak dapat membedakan pemain yang mengendalikannya. Karena simpul pemain-1 mempunyai *information label*, tetapi simpul pemain-2 mempunyai *information label* yang sama. Kita dapat mengetahui bahwa pemain-1 dapat membedakan kedua *information label*, tetapi pemain-2 tidak dapat membedakannya. Diberi tanda dengan kotak-kotak tambahan (tulis tangan).

Gambar 3.4 merupakan sebuah penjelasan lengkap dari permainan kartu sederhana dalam bentuk ekstensif (*extensive form*). Perhatikan bahwa label ‘merah’ dan ‘hitam’ diikuti simpul kesempatan (*chance node*) dalam Gambar 3.3 diabaikan dalam Gambar 3.4, tetapi label untuk cabang lain dipertahankan. Adalah mudah untuk melihat bahwa warna sebenarnya dari kartu yang membuat pemain-1 dalam sebuah posisi menang seharusnya tidak masalah dalam analisis permainan ini. Jadi, kita tidak memerlukan label pada cabang yang menyatakan sebuah peristiwa. Akan tetapi, *move label* pada cabang yang menyatakan keputusan oleh pemain merupakan bagian penting penjelasan permainan.

Seseorang tidak dapat membuat sebuah pilihan yang berarti tanpa mengetahui pilihan-pilihan yang dapat dia pilih. Ketika pemain-2 membuat sebuah keputusan tanpa mengetahui pada simpul mana dia bertindak, dia tidak dapat memilih sebuah cabang tertentu. Yang dapat dilakukan adalah bergerak (*move*), ‘*meet*’ atau ‘*pass*,” dan cabang selanjutnya dalam jalur permainan akan menjadi cabang pada simpul saat ini. Untuk menjamin bahwa seorang pemain selalu mengetahui pilihan yang tersedia baginya pada setiap langkah permainan, himpunan label pergerakan yang mengikuti dua simpul harus pada pernyataan informasi yang sama.

Contoh: himpunan label pergerakan pada cabang kedua bagian atas harus sama dengan himpunan label pergerakan pada cabang kedua bagian bawah.

Karena pergerakan merupakan objek pilihan aktual bagi seorang pemain yang mempunyai satu atau dua *node* dengan label informasi yang sama, cara bagaimana label pergerakan yang diterapkan pada pada cabang menjadi sangat penting.

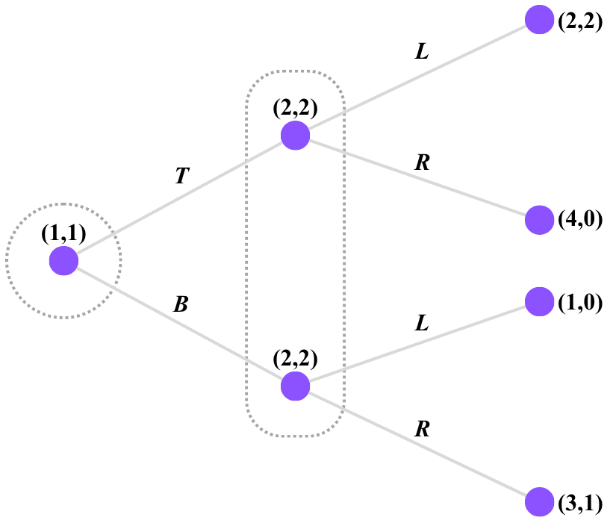


Gambar 3.4. Permainan Kartu Sederhana dalam Bentuk Ekstensif

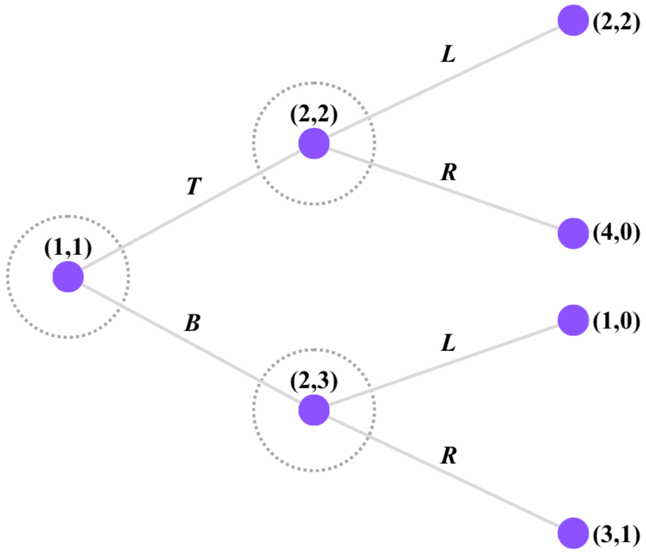
Perhatikan bahwa label ‘merah’ dan ‘hitam’ pada cabang simpul kesempatan diabaikan dalam Gambar 3.4, tetapi label pada cabang lain dipertahankan. Mudah melihat warna kartu yang diambil pemain-1 dalam sebuah posisi menang tidak menjadi masalah dalam analisis permainan, sehingga kita tidak perlu menulis label pada cabang yang mewakili sebuah peristiwa. Akan tetapi, label pergerakan (*move label*) pada cabang yang mewakili keputusan oleh pemain merupakan bagian penting dalam menjelaskan sebuah permainan.

17 Perhatikan Gambar 3.4 dan Gambar 3.5. Pada Gambar 3.4 diperlihatkan sebuah permainan dimana pemain-2 harus memilih antara L dan R tanpa mengobservasi pergerakan pemain-1. Terhadap dua piilihan yang tersedia bagi pemain-2, (L dan R, pemain-1 akan *better-off* memilih T, sehingga pemain-1 memilih T dalam Gambar 3.5 ketika pemain-1 memilih T, pemain-2 dapat memperoleh imbalan 2 dari memilih L).

Perbedaan Gambar 3.5 dari Gambar 3.6. hanya dalam hal bahwa dua simpul pemain-2 mempunyai label informasi yang berbeda. Dalam hal ini pemain-2 mengobservasi pilihan aktual pemain-1 sebelum memilih antara L dan R. dalam hal ini pemain-1 mempunyai kesempatan mempengaruhi pilihan pemain-2. Akan lebih baik bagi pemain-2 memilih L jika dia mengamati bahwa pemain-1 bertindak T (karena 2 > 0), dan lebih baik memilih R jika dia mengamat B (karena 1 > 0).



Gambar 3.5. Permainan Kartu Sederhana dalam Bentuk Ekstensif – Lanjutan 1



Gambar 3.6. Permainan Kartu Sederhana dalam Bentuk Ekstensif – Lanjutan 2

Notasi

Sering kali sebuah permainan dituliskan dalam bentuk persamaan. Deskripsi harfiah tentang situasi sebuah permainan.

5 Sebuah permainan G antara dua pemain (A dan B) dinotasikan sebagai berikut.

$$G[S_A, S_B, U_A(a, b), U_B(a, b)]$$

S_A dan S_B menyatakan himpunan strategi yang tersedia untuk
5 pemain A dan Pemain B. U_A dan U_B menyatakan utilitas yang diperoleh oleh pemain ketika A dan B memilih strategi tertentu (a $\subset$ S_{A} , $b \subset S_B$)

Setiap pemain dari sejumlah *N* pemain yang berbeda dalam sebuah permainan sering diberi kesempatan memilih satu dari *M* tindakan yang tersedia. Kita beri notasi pada himpunan tindakan yang mungkin untuk pemain n dalam bentuk himpunan $S^n = \{a_1^n, a_2^n, \ldots, a_M^n\}$. Sering kali untuk pemain yang berbeda mempunyai tindakan yang sama. Untuk menyederhanakan persamaan, kita tuliskan tindakan yang mungkin untuk seluruh pemain dalam bentuk himpunan $S = \{a_1 , a_2 , \ldots, a_M\}$. Himpunan tindakan yang mungkin dapat berupa bilangan kontinu. Sebagai contoh, seorang pemain n dapat memilih sebuah bilangan dari antara interval [0,1] sebagai sebuah tindakan. Kita dapat menuliskan himpunan tindakan yang mungkin dalam kasus ini untuk pemain n sebagai $S^n = [0,1]$.

Contoh, sebuah permainan sederhana dimana dua individu dalam sebuah kota kecil, hanya satu orang yang boleh berkendara. Mereka

76 dapat memilih melintas pada sisi sebelah kanan jalan atau sisi sebelah kiri jalan. Kedua pemain mempunyai himpunan tindakan yang sama, yakni $S = \{Kiri, Kanan\}$.

Contoh lain adalah kita dapat melibatkan seorang produsen tunggal dan konsumen tunggal. Tindakan yang dapat diambil oleh produsen adalah menjual dengan harga tinggi dan harga rendah, atau
33 konsumen memutuskan untuk membeli produk atau tidak membeli. Dalam kasus ini himpunan tindakan yang tersedia bagi produsen adalah $S^p = \{Tinggi, Rendah\}$. Sementara itu, himpunan tindakan yang tersedia bagi konsumen adalah $S^c = \{Beli, Tidak\ membeli\}$. Bagaimana kita memberi notasi pada seorang pekerja? Seorang pekerja dapat mempunyai tawaran gaji tinggi dan gaji rendah dan pekerja dapat mempunyai pilihan menerima dan menolak tawaran upah. Situasi ini dapat kita tuliskan dalam notasi sebagai berikut.

$$S^e = \{Gaji\ Tinggi, Gaji\ Rendah\}$$

dan

$$S^w = \{Menerima, Menolak\}$$

Paradigma Pilihan Rasional

Sekarang, mari kita perkenalkan terminologi homo economicus atau "manusia ekonomi." Homo economicus bersifat "rasional" karena ia memilih tindakan yang memaksimalkan kesejahteraannya dan didefinisikan oleh fungsi imbalannya atas hasil yang dihasilkan.

Asumsi bahwa pelakunya rasional merupakan fondasi dari apa yang dikenal sebagai paradigma pilihan rasional. Teori pilihan rasional menegaskan bahwa ketika seorang pengambil keputusan memilih di antara tindakan potensial, ia akan dipandu oleh rasionalitas untuk memilih tindakan terbaiknya. Hal ini dapat diasumsikan berlaku untuk perilaku individu manusia, serta untuk perilaku entitas lain, seperti korporasi, komite, atau negara-bangsa.

Akan tetapi, penting untuk dicatat bahwa dengan mengadopsi paradigma teori pilihan rasional, kita mengembangkan beberapa asumsi implisit, yang sekarang kita buat menjadi fungsi eksplisit.

Asumsi Pilihan Rasional

Sekarang kita asumsikan bahwa pemain sepenuhnya memahami masalah pengambilan keputusan dengan mengetahui hal-hal sebagai berikut.

1. Semua tindakan yang mungkin, A.
2. Semua hasil yang mungkin, X.
3. Bagaimana tepatnya setiap tindakan memengaruhi hasil yang akan terwujud.
4. Preferensi rasionalnya (imbalan) atas hasil.

Jika (1) tidak diketahui, maka pemain mungkin tidak menyadari tindakan terbaiknya. Jika (2) atau (3) tidak diketahui, maka ia mungkin tidak dapat memperkirakan dengan tepat konsekuensi sebenarnya dari tindakannya. Terakhir, jika (4) tidak diketahui, maka ia mungkin salah memahami dampak dari konsekuensi pilihannya terhadap kesejahteraannya.

Untuk mengoperasionalkan paradigma rasionalitas ini, kita harus memilih di antara tindakan-tindakan, namun kita telah mendefinisikan preferensi—dan imbalan—atas hasil, bukan tindakan. Oleh karena itu, akan bermanfaat jika kita dapat

mendefinisikan preferensi—dan imbalan—atas tindakan, alih-alih hasil. Dalam contoh sederhana memilih sereal atau berapa banyak air yang akan diminum, tindakan dan hasil adalah sinonim, namun hal ini tidak selalu harus terjadi. Pertimbangkan situasi membiarkan teman Anda mengemudi dalam keadaan mabuk, dimana tindakan dan hasilnya tidak sama. Akan tetapi, setiap tindakan hanya menghasilkan satu hasil: membiarkannya mengemudi menyebabkan kecelakaan, dan memanggilkannya taksi menyebabkannya tiba dengan selamat. Oleh karena itu, meskipun preferensi dan imbalan didefinisikan di atas hasil, korespondensi satu-satu, atau fungsi, antara tindakan dan hasil ini berarti bahwa kita dapat menganggap preferensi dan imbalan di atas tindakan, dan kita dapat menggunakan korespondensi antara tindakan dan hasil ini untuk mendefinisikan imbalan di atas tindakan sebagai berikut: jika $x(a)$ adalah hasil yang dihasilkan dari tindakan a, maka imbalan dari tindakan a diberikan
28 oleh $v(a) = u\big(x(a)\big)$ imbalan dari $x(a)$. Oleh karena itu, kita akan menggunakan notasi $v(a)$) untuk merepresentasikan imbalan dari tindakan a.

Sekarang kita dapat secara tepat mendefinisikan pemain rasional sebagai berikut.

Seorang pemain yang menghadapi masalah keputusan dengan fungsi pembayaran $v(.)$ atas tindakannya adalah rasional jika ia memilih tindakan $a \in A$, yang memaksimalkan imbalannya. Artinya, $a^* \in A$
9 dipilih jika dan hanya jika $v(a^*) \geq v(a)$ untuk semua $a \in A$.

Sekarang kita dapat mempertajam dan memformalkan defenisi homo economicus: seorang pemain yang memiliki preferensi rasional dan rasional karena ia memahami semua aspek masalah pengambilan keputusannya dan selalu memilih opsi yang menghasilkan hasil tertinggi dari rangkaian tindakan yang mungkin.

Sebuah contoh dengan ruang tindakan kontinu, yang memerlukan sedikit kalkulus. Bayangkan Anda berada di sebuah pesta dan sedang mempertimbangkan untuk minum-minum bersama. Mengingat fisik Anda, Anda lebih suka *wine* (anggur), baik karena rasa maupun karena perasaan rileks yang diberikannya, tetapi minum anggur terlalu banyak akan membuat Anda sakit.

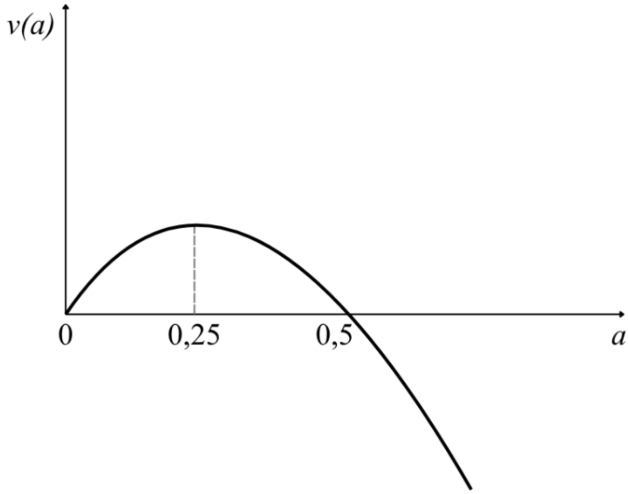
Terdapat sebotol anggur berisi satu liter. Jadi, himpunan tindakan Anda kita notasikan A = [0, 1], di mana a ∈ A adalah seberapa banyak Anda memilih untuk minum. Preferensi Anda diwakili oleh fungsi hasil atas tindakan berikut: $v(a) = 2a - 4a^2$, yang digambarkan pada Gambar 3.7. Gambar tersebut menyajikan bahwa minum sedikit anggur lebih baik daripada tidak minum sama sekali (0,1) liter memberikan Anda sedikit imbalan positif, sementara tidak minum sama sekali tidak memberi Anda manfaat sama sekali), tetapi minum sebotol penuh akan lebih buruk daripada tidak minum sama sekali ($v(1) = -2$)).

Berapa banyak yang harus Anda minum?

Masalah maksimisasi Anda adalah sebagai berikut.

$$\max_{a \in [0,1]} 2a - 4a^2$$

Menggunakan teori optimasi dengan memaksa turunan pertama fungsi dan menyamakannya dengan nol untuk menemukan solusinya, kita memperoleh bahwa $2 - 8a = 0$, atau $a = 0{,}25$.



Gambar 3.7. *Payoff* Dari Meminum *Wine*

Dengan demikian dalam kerangka mempertimbangkan berapa banyak anggur yang harus diminum sebagai masalah pengambilan keputusan, Anda dapat menemukan tindakan optimal Anda, yakni meminum 0,25 liter.

Teori Permainan Di Bawah Informasi Yang Lengkap

Kita mulai dengan mendefinsikan struktur dasar dari permainan informasi lengkap. Struktur ini dapat ditentukan siapa pemainnya, tindakan apa yang dapat diambil, dalam sekuensial yang bagaimana mereka bergerak, dan apa imbalan mereka tergantung pada kombinasi dari pergerakan yang dibuat oleh pemain yang berbeda.

Pemain Dan Tindakan

Setiap N pemain yang berbeda dalam sebuah *game* tertentu dapat mengambil satu dari M tindakan yang mungkin. Kita notasikan himpunan yang mingkin untuk pemain-n sebagai sebuah himpunan

$A^n = \{a_1^n, a_2^n, ..., a_M^n\}$. Sering kali, tindakan yang dapat diambil oleh pemain yang berbeda sama untuk semua pemain. Dalam kasus ini, kita dapat menuliskan himpunan di atas menjadi himpunan $A = \{a_1, a_2, ..., a_M\}$. Himpunan tindakan yang mungkin dapat berupa bilangan kontinu. Misalkan seorang pemain n dapat memilih sebuah bilangan pada interval [0,1] sebagai sebuah tindakan. Dalam kasus seperti ini, tindakan yang mungkin untuk pemain n kita tulis sebagai $A^n = [0,1]$.

Sebagai contoh, misalkan sebuah *game* sederhana. Dalam sebuah kota kecil terdapat hanya dua yang dapat mengendarai sebuah mobil. Mereka dapat memilih melintas pada lajur kiri atau lajur kanan jalan. Dalam kasus ini, kedua pemain mempunyai himpuan umum tindakan $A = \{Kiri, Kanan\}$. Contoh lain, kita dapat mempunyai sebuah *game* yang terdiri atas seorang konsumen dan seorang produsen. Sang produsen dapat menetapkan dua pilihan harga untuk produknya. Harga tinggi atau harga rendah. Dalam kasus ini, himpunan tindakan yang tersedia bagi pemain tersebut adalah $A^p = \{Tinggi, Rendah\}$. Tindakan yang tersedia bagi konsumen adalah $A^c = \{Beli, Tidak\ Beli\}$. Dalam sebuah pasar tenaga kerja, majikan (*employer*) dapat menawarkan gaji tinggi atau gaji rendah pada seorang karyawan (*worker*), dan karyawan mempunyai pilihan menerima atau meniolak tawaran tersebut. Kita dapat menuliskan himpuan tindakan bagi pemberi kerja; $A^e = \{Gaji\ Tinggi, Gaji\ Rendah\}$ dan $A^w = \{Terima, Tolak\}$.

Urutan Tindakan (*Action Sequence*)

Dalam sebuah permainan dapat terjadi tindakan berurutan atau pergerakan dari pemain yang berbeda. Dalam kasus ekonomi, dapat terjadi sebuah situasi ekonomi dimana seluruh pemain harus memutuskan tindakan yang dilakukan secara simultan. Pada kasus lain dapat terjadi sebuah situasi dimana sejumlah pemain akan melakukan pergerakan berurutan (*sequential moves*). Dalam kasus *sequential moves*, seorang pemain melakukan tindakan yang bergerak lebih awal dan dapat diamati oleh pemain yang memutuskan tindakan yang akan dilakukan selanjutnya.

Urutan tindakan adalah sebuah tindakan yang dilakukan seorang pemain setelah pemain mengamati tindakan yang dilakukan pemain lain terlebih dahulu. Dalam beberapa kasus, kita dapat memodelkan situasi ekonomi sebuah situasi dimana semua pemain harus memutuskan tindakan apa yang akan diambil secara bersamaan (simultan), sementara dalam kasus lain kita dapat memodelkan situasi dimana beberapa pemain akan melakukan langkah berurutan (sekuensial), dengan tindakan pemain yang bergerak lebih awal dapat diamati oleh pemain yang memutuskan tindakan mereka nanti.

Sebagai contoh, dua pedagang bakmi mempunyai toko yang berseberangan pada sebuah jalan raya. Keduanya dapat menghadapi sebuah pilihan simultan (*simultaneous choice*) yang dilakukan ketika pasar mulai ramai. Atau satu pemilik restoran dapat membukan restorannya setengah jam kemudian setelah pemilik restoran pesaingnya membuka restorannya. Dalam kasus ini, pemilik restoran kedua dalam melakukan observasi harga yang ditetapkan pemilik restoran pertama (*sequential choice*). Dalam hal ini ia mungkin dapat mengamati apa yang telah diposting oleh pesaingnya sebelum memutuskan apa yang akan ia posting. Oleh karena itu, pemain dalam permainan ini tidak hanya ditentukan oleh serangkaian tindakan yang dapat mereka pilih, tetapi juga oleh apakah mereka dapat mengamati gerakan pemain lain sebelum menentukan gerakan mereka sendiri.

Matriks Imbalan Untuk Permainan Gerakan Serentak

Setelah kita menentukan rangkaian tindakan yang mungkin dan urutan langkah untuk pemain yang relevan dalam suatu permainan, kita harus menetapkan konsekuensi atau imbalan dari berbagai kombinasi tindakan bagi setiap pemain. 'Konsekuensi/imbalan" bagi pemain dapat bergantung pada tindakannya sendiri maupun tindakan yang dilakukan oleh orang lain.

Pembayaran untuk permainan dua pemain dengan langkah simultan, dimana kedua pemain memiliki sejumlah kemungkinan tindakan yang dapat mereka ambil, biasanya direpresentasikan dalam *matriks imbalan* seperti yang digambarkan pada Tabel 3.1.

Dalam permainan yang digambarkan dalam tabel itu, setiap pemain memiliki dua kemungkinan tindakan, dengan tindakan untuk pemain 1 muncul di sebelah kiri sebagai a_1^1 dan a_2^1 dan tindakan untuk pemain 2 muncul di atas sebagai a_1^2 dan a_2^2. Imbalan untuk pemain 1 kemudian muncul sebagai nilai utilitas atau rupiah dalam matriks, dengan $u^1(a_1^1, a_1^2)$ menotasikan imbalan dalam bentuk utilitas (atau rupiah) yang diterima pemain 1 ketika ia dan pemain 2 sama-sama mengambil tindakan a_1. Selanjutnya, $u^1(a_1^1, a_2^2)$ menotasikan pembayarannya ketika ia memainkan tindakan a_1 tetapi lawannya memainkan tindakan a_2, dan seterusnya.

Hal yang sama, imbalan pemain 2 ditulis sebagai $u^2(a_1^1, a_1^2)$ ketika kedua pemain mengambil tindakan a_1, dan $u^2(a_2^1, a_1^2)$ ketika pemain 1 mengambil tindakan a_2 dan ketika ia bermain a_1, dan seterusnya.

Tabel 3.1. *Payoffs in a Two-Player Simultaneous Move Game*

		Pemain 2	
		a_1^2	a_2^2
Pemain 1	a_1^1	$u^1(a_1^1, a_1^2), u^2(a_1^1, a_1^2)$	$u^1(a_1^1, a_2^2), u^2(a_1^1, a_2^2)$
	a_2^1	$u^1(a_2^1, a_1^2), u^2(a_2^1, a_1^2)$	$u^1(a_2^1, a_2^2), u^2(a_2^1, a_2^2)$

Contoh lain. Kita mendiskusikan permainan sederhana dimana dua individu di sebuah kota kecil harus memutuskan di sisi jalan mana mereka harus berkendara. Pada akhirnya, tidak ada individu yang terlalu peduli dengan sisi jalan mana yang akhirnya dipilih, asalkan mobil-mobil tidak saling bertabrakan ketika kedua individu memilih tindakan yang berbeda. Hasil dari permainan ini kemudian dapat direpresentasikan dalam matriks hasil seperti yang digambarkan pada Tabel 3.2 dimana kedua individu menerima hasil 10 ketika mereka memilih tindakan yang sama, tetapi hasil 0 ketika mereka memilih tindakan yang berbeda.

Tabel 3.2. Imbalan dalam Permainan Gerakan Bersamaan (Simultan) Dua Pemain

		Pemain 2	
		Kiri	**Kanan**
Pemain 1	Kiri	10, 10	0, 0
	kanan	0, 0	10, 10

Metode penulisan seperti ini seterusnya digunakan dalam menuliskan, imbalan (*payoff*) dalam permainan dimana pemain memiliki serangkaian kemungkinan tindakan yang berkelanjutan, seperti A = [0,1], direpresentasikan dalam fungsi imbalan yang menunjukkan imbalan pemain untuk setiap kombinasi tindakan yang dilakukan oleh semua pemain. Dalam permainan dua pemain, kita kemudian akan menemukan imbalan pemain *n* sebagai fungsi $u^n(a^1, a^2)$ dimana u^n adalah fungsi yang menetapkan nilai imbalan untuk setiap kombinasi tindakan pemain 1 dan pemain 2, yang keduanya diambil dari interval [0,1] (ketika A[0,1] untuk kedua pemain).

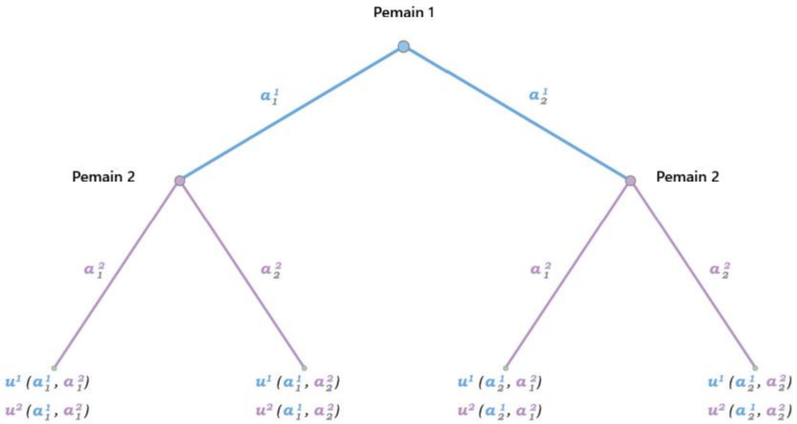
Pohon Permainan untuk Permainan Langkah Berurutan (*Sequential Move Games*)

Permainan langkah berurutan sering kali direpresentasikan dalam pohon permainan yang secara jelas menentukan urutan langkah sebelum menunjukkan hasil yang diterima setiap pemain saat berbagai tindakan dilakukan. Gambar 3.8 dan Gambar 3.9 menyajikan contoh pohon permainan semacam itu untuk kasus di mana dua pemain masing-masing memiliki dua kemungkinan tindakan untuk dipilih, dengan pemain 1 bergerak sebelum pemain 2. Untuk pemain 2, dua kemungkinan "simpul informasi" muncul tergantung pada tindakan yang telah dilakukan pemain 1.

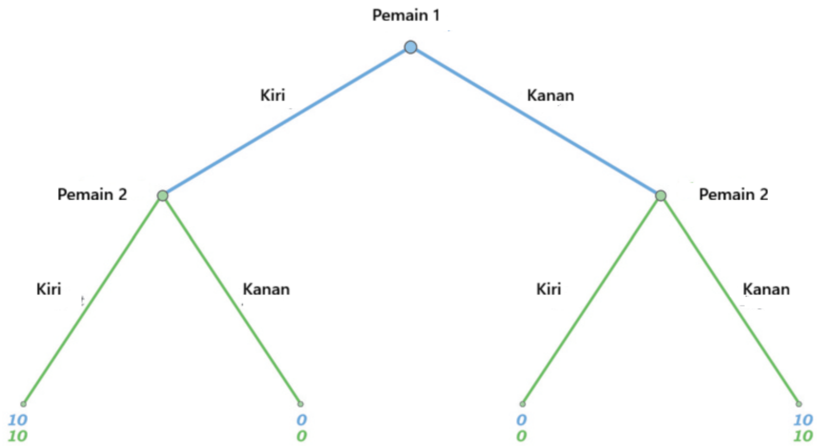
Jika pemain 1 memilih tindakan a_1, pemain 2 memiliki informasi yang cukup untuk mengetahui bahwa ia membuat keputusan di simpul kiri, sedangkan jika pemain 1 memilih tindakan a_2 , pemain 2 tahu bahwa ia membuat keputusan di simpul kanan di pohon permainan. Di akhir pohon permainan, hasil yang dihasilkan dari setiap kemungkinan urutan tindakan ditunjukkan sebagai nilai utilitas untuk setiap pemain.

Gambar 3.8 merupakan bentuk diagram pohon dari permainan berurutan dua pemain. Pada ujung setiap garis dituliskan imbalan dari pergerakan kedua pemain.

Pada Gambar 3.9 disajikan contoh diagram pohon dari dua pemain dengan gerakan berurutan (bentuk matriks peristiwa ini disajikan dalam Tabel 3.2).



Gambar 3.8. Contoh Permainan Gerakan Berurutan Dua Pemain



Gambar 3.9. Mengemudi di Sisi Kiri atau Kanan Jalan dengan Gerakan Berurutan

BAB IV
KESEIMBANGAN

Janji Pernikahan

Hai laki-laki,

apakah engkau menerima perempuan ini menjadi satu-satunya isterimu, dalam duka-suka, dalam sakit dan sehat, dalam kaya dan miskin, dalam susah dan senang, sampai maut memisahkan kamu? Apakah kamu berjanji akan memberikan yang terbaik dari seluruh hidupmu untuk perempuan pilihanmu ini?

Pengantin laki-laki: Ya, saya berjanji.

Hai perempuan, apakah engkau menerima laki-laki ini menjadi satu-satunya suamimu, dalam duka-suka, dalam sakit dan sehat, dalam kaya dan miskin, dalam susah dan senang, sampai maut memisahkan kamu?
Apakah kamu berjanji akan memberikan yang terbaik dari seluruh hidupmu untuk laki-laki pilihanmu ini?

Pengantin perempuan: Ya, saya berjanji.

Janji dan kesepakatan kedua pihak dalam peristiwa pernikahan di atas dapat disebut sebagai keseimbangan (*equilibrium*). Dalam teori pasar kita mempelajari dan mengembangkan **konsep keseimbangan** dimana produsen maupun konsumen merasa puas dengan hasil di pasar. Variabel yang digunakan biasanya adalah pada harga dan kuantitas keseimbangan. Konsep keseimbangan adalah pada harga dan kuantitas tersebut dan tidak ada partisipan (produsen dan konsumen) yang mendapat insentif untuk mengubah perilakunya. Bagaimana keseimbangan dalam teori permainan (*game theory*)?

Keseimbangan dalam teori permainan terletak pada pemilihan strategi. Apakah pemilihan strategi, sekali diambil tidak akan memberikan insentif bagi pemain untuk mengubah perilakunya lebih jauh? Bagaimana keseimbangan ini kemudian menawarkan penjelasan tentang hasil pasar yang dapat dipercaya?

Pendekatan yang paling sering dilakukan diusulkan oleh Cournot pada abad ke-19. Kemudian pada tahun 1950-an, John Nash berhasil menggeneralisasi dan mengembangkan teori ini. Temuan Nash sering disebut sebagai *missing link* ilmu matematika selama 150 tahun.

Keseimbangan dalam *game theory*: Nash *equilibrium*

Nash *equilibrium* (NE): Sepasang strategi (a^*, b^*) didefinisikan sebagai Nash *equilibrium* jika a^* mencerminkan pergerakan terbaik dari pemain A ketika pemain B memainkan b^*. Selanjutnya, jika b^*mencerminkan pergerakan terbaik dari pemain B ketika pemain A memainkan a^*.

Bahkan meskipun salah seorang menampilkan strategi (keseimbangan) yang akan digunakan, pemain lain tidak dapat mengambil keuntungan dengan mengetahui strategi tersebut.

1. Sebuah permainan (*game*) mungkin saja mempunyai lebih dari satu keseimbangan Nash.
2. Tidak setiap permainan mempunyai keseimbangan Nash (NE).

Karakteristik dari Keseimbangan Nash

Kasus pertama

Diberikan bentuk normal dari permainan Batu-Gunting-Kertas. Dua orang anak (A dan B) melakukan permainan dengan tangan. Pilihan setiap anak setiap kali bermain adalah mengepal tangan (kita sebut Batu), membuka telapak tangan dengan semua jari terbuka (kita sebut Kertas), dan mengepal tangan dengan meluruskan jari telunjuk dan tengah, menggambarkan gunting (kita sebut Gunting). Setiap permainan kedua anak tersebut menunjukkan di hadapan lawannya pilihannya secara acak.

Kita deskripsikan permainan sebagai berikut.

Pemain : Anak A dan anak B

Strategi : Memilih Batu, Gunting, atau Kertas

47 **Prasyarat** : Batu menang terhadap Gunting, Gunting menang terhadap Kertas, Kertas menang terhadap Batu.

Imbalan : Setiap yang menang mendapat bayaran Rp. 1 dari yang kalah. Jika seimbang (pilihan sama) tidak ada imbalan.

Kita sajikan permainan ini dalam bentuk *normal game* (Gambar 4.1), dan kemudian dapatkan keseimbangan Nash. Gambar 4.1 menunjukkan permainan anak-anak Batu-Gunting-Kertas. Imbalan sebesar 0 (diagonal) menunjukkan bahwa jika pemain mengadopsi strategi yang sama, tidak ada imbalan yang terjadi. Imbalan menunjukkan pembayaran sebesar Rp. 1 dari yang kalah kepada
73 yang menang berdasarkan aturan hirarki. Batu mematahkan gunting, gunting memotong kertas, dan kertas membungkus batu.

5

		Strategi B		
		Batu	Gunting	Kertas
Strategi A	Batu	0, 0	1, -1	-1,1
	Gunting	-1, 1	0, 0	1, -1
	Kertas	1, -1	-1, 1	0, 0

Gambar 4.1. Permainan Batu-Gunting-Kertas

Kita ambil asumsi bahwa setiap orang yang pernah memainkan permainan ini mengetahui, maka tidak ada keseimbangan. Setiap pasang strategi bersifat tidak stabil karena strategi ini memberikan paling tidak kepada salah satu pemain suatu dorongan untuk menggunakan strategi lainnya.

- Strategi (A: Gunting, B: Gunting) akan memberi dorongan kepada A dan B untuk memilih Batu.
- Strategi (A: Kertas, B: Batu) jelas sekali bahwa B terdorong untuk memilih Gunting.

Perilaku berputar ini menunjukkan **tidak adanya** keseimbangan Nash.

Kasus kedua

Pertarungan jenis kelamin (*batle of the sexes*).

Sepasang suami (A) dan istri (B) merencanakan liburan. A lebih suka gunung. B lebih suka pantai. Kedua pemain memutuskan menghabiskan liburan bersama daripada sendiri-sendiri. Imbalan menunjukkan preferensi. Imbalan bagi A jika liburan ke gunung sebesar 2, dan imbalan bagi B jika ke pantai juga sebesar 2. Imbalan bagi mereka akibat bersama-sama dengan pasangannya sebesar 1, dan tidak ada imbalan jika berpisah, serta liburan sendiri bukan merupakan pilihan.

5

Kita deskripsikan permainan sebagai berikut.

Pemain : Suami A dan istri B

Strategi : Liburan ke gunung atau ke pantai

Prasyarat : Memilih bersama pasangan

Imbalan : Imbalan sebesar 2 jika liburan ke tempat kesenangan, dan sebesar 1 jika bersama dengan pasangan. Tidak ada imbalan jika sendirian dan tidak sesuai dengan pilihan.

Kita sajikan permainan ini dalam bentuk *normal game* (Gambar 4.2), dan kemudian dapatkan keseimbangan Nash. Keseimbangan Nash didapat jika A dan B liburan bersama, sama baiknya jika keduanya
5 ke gunung atau ke pantai. Dalam kasus ini Strategi (A:gunung, B: gunung) tidak ada pemain yang memperoleh keuntungan lagi dengan mengetahui strategi pemain lain. Demikian juga Strategi (A: pantai, B: pantai). Permainan ini adalah permainan dengan dua keseimbangan Nash.

		Strategi B	
		Gunung	Pantai
Strategi A	Gunung	2, 1	0, 0
	Pantai	0, 0	1, 2

Gambar 4.2. Pertarungan Jenis Kelamin

Kasus ketiga

26 Dilema tahanan (*prisoner's dilemma*)

Prisoner's dilemma mungkin merupakan contoh yang paling terkenal dalam teori permainan. Oleh karena itu, dilema ini sering digunakan dalam sejumlah aplikasi yang berbeda dalam **ilmu**

ekonomi dan **ilmu politik**, termasuk ilmu pengambilan kebijakan dan ekonomi manajerial. Contoh ini merupakan sebuah permainan statik dengan imformasi yang lengkap tentang sebuah situasi yang terdiri dari dua individu (pemain) yang menjadi tertuduh dalam sebuah kejahatan, katakanlah perampokan bersenjata. Dalam contoh ini diperlukan pengakuan dari salah seorang tersangka. Dilema ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1950-an oleh Albert Tucker (1905-1995) seorang ahli matematika dan pembimbing disertasi John Nash muda di Universitas Standford.

Polisi lokal mempunyai sedikit bukti dan berminat untuk mendapatkan pengakuan paling tidak dari salah seorang tersangka.

- ⇨ Polisi memisahkan kedua tersangka dan memberi masing-masing pilihan.
- ⇨ Jika Anda mengaku (M) dan teman Anda tidak mengaku (TM) maka Anda akan mendapat keringanan hukuman menjadi 1 tahun.
- ⇨ Sementara itu, atas dasar pengakuan Anda, teman Anda akan mendapat hukuman 5 tahun.
- ⇨ Jika kalian berdua mengaku, maka kalian berdua akan mendapat hukuman masing-masing 4 tahun.
- ⇨ Jika tidak satupun dari kalian mengaku maka hukuman yang diterima masing-masing 2 tahun.

Trik dari polisi ini nampaknya berhasil. Kesepakatan dari kedua tersangka untuk tidak mengaku akan mengurangi hukuman dari 4 tahun menjadi 2 tahun. Solusi rasional ini tidak stabil, dan **masing-masing tersangka mempunyai insentif untuk mengadukan temannya.**

Hal ini menjadi dilema: hasil yang nampaknya optimal dari sudut pandang tersangka ternyata tidak stabil, dan kecurangan biasanya akan terjadi.

Ada sedikit pengurangan hukuman 5 tahun karena masing-masing akan menyalahkan **satu sama lain karena menjadi dalang perampokan itu**. Adalah masuk akal berasumsi bahwa semakin lama dipenjara semakin buruk, kita tuliskan masa tahanan satu tahun penjara dengan nilai -1. *Game* ini direpresentasikan dalam bentuk normal dan deskripsi sebagai berikut.

Pemain : $N = \{1,2\}$

Himpunan atrategi : $S_i = \{M, TM\}$ untuk $i \in \{1,2\}$

Imbalan : Kita beri simbol $v_i(S_1, S_2)$ untuk para pemain i jika pemain 1 memilih S_1 dan pemain pemain 2 memilih S_2.

Selanjutnya dapat kita tuliskan imbalan sebagai berikut.

$$v_1(TM, TM) = v_2(TM, TM) = -2$$
$$v_1(M, M) = v_2(M, M) = -4$$
$$v_1(TM, M) = v_2(M, TM) = -5$$
$$v_1(M, TM) = v_2(TM, M) = -1$$

Matriks imbalan yang menggambarkan Dilema Tahanan “altruistik” diberikan dalam Gambar 4.3 berikut. Dari Gambar 4.3 kita dapat melihat bahwa mengaku merupakan strategi dominan untuk setiap pemain dengan imbalan masing-masing 4 tahun di penjara. Setiap tersangka mempunyai imbalan yang lebih disukai sebesar 2 tahun di penjara, tentu saja jika keduanya tidak mengaku walaupun bukan merupakan respons yang paling baik. Di atas semua pilihan lebih baik keduanya mengaku.

		Pemain 2	
		Mengaku	Tidak mengaku
Pemain 1	Mengaku	-4, -4	-1, -5
	Tidak mengaku	-5, -1	-2, - 2

Gambar 4.3. Dilema tahanan (*prisoner dilemma*) (banyak tahun di penjara)

Dari sisi terdakwa, permainan dari polisi penuntut ini menciptakan insentif yang berdampak pada luaran yang tidak efisien.

1. Akan memancing mereka mengaku walau tidak melakukan kejahatan.
2. Dan juga memancing mereka tidak mengaku walau melakukan kejahatan dan membiarkan pihak lain menderita.
3. Istilah psikologi, Shadenfreude, bersenang-senang dengan kesusahan dan penderitaan orang lain.

Mungkin intuisi mengarahkan kita ke kesimpulan yang berbeda. Misalkan kita berasumsi bahwa mereka berteman, telah mencuri bersama selama beberapa waktu, dan karena itu mereka peduli satu sama lain. Dalam kasus ini salah satu asumsi kita salah: hasil dalam matriks mungkin tidak mewakili hasil sebenarnya, dan jika dipertimbangkan, altruisme akan membuat kedua pemain memilih ***Tidak mengaku*** bukan ***Mengaku***. Misalnya, untuk menangkap gagasan altruisme dan kepedulian bersama, kita dapat berasumsi bahwa satu tahun penjara untuk setiap pemain bernilai -1 untuk dirinya sendiri dan membebankan −½ pada hasil pemain lain. (Anda peduli dengan teman Anda, tetapi tidak sebanyak Anda peduli pada diri sendiri). Dalam kasus ini, jika pemain 1 memilih mengaku (M) dan pemain 2 memilih tidak mengaku (TM) maka pemain 1 mendapat −3½ (−½ untuk setiap 5 tahun pemain 2 di penjara, dan −1 untuk pemain 1 di penjara) dan pemain 2 mendapat hukuman −5½ (didapat dari −½ untuk setiap 5 tahun pemain 2 masuk penjara, dan −1 tahun untuk pemain 1 di penjara) dan pemain 2 mendapat −5 ½ (−1/2 untuk tahun pemain 1 di penjara dan −5 untuk 5 tahun yang dihabiskannya di penjara)

Matriks yang mewakili dilema tahanan "altruistik" diberikan sebagai berikut (Gambar 4.4).

		Pemain 2	
		Mengaku	Tidak mengaku
Pemain 1	Mengaku	-3, -3	$-5\frac{1}{2}, -3\frac{1}{2}$
	Tidak mengaku	$-3\frac{1}{2}, -5\frac{1}{2}$	-6, -6

Gambar 4.4. Dilema tahanan (*prisoner dilemma*) akibat sikap altruis (banyak tahun di penjara)

Aplikasi

Banyak hal yang senada *prisoner dilemma* terjadi dalam kehidupan ekonomi masyarakat. Kita mungkin berharap bahwa semua orang akan memberi senyum dan berlaku sopan satu sama lain. Akan tetapi, memberi senyum dan berperilaku sopan membutuhkan daya dan usaha, terlepas dari apakah orang lain tersenyum atau sopan.

Berperilaku seperti orang bodoh atau apatis mungkin merupakan strategi yang dominan.

Kita semua ingin mempunyai kehidupan dalam sebuah dunia dimana ketika melihat tetangga dan menyediakan mereka pertolongan ketika memerlukan. Akan tetapi, menolong seseorang memerlukan usaha dan mungkin saja tindakan tidak memperdulikan dan berharap ada orang lain yang menolong akan menjadi strategi dominan.

Kita ingin hidup dalam sebuah dunia dimana kita saling mengasihi dan bekerja saling menolong dalam membangun barang publik. Akan tetapi, sering kali kita tertarik untuk tidak bekerja sama dalam masyarakat dan berharap ada orang lain yang melakukan.

Secara tidak sengaja bisa saja seorang individu bersifat kooperatif dalam sebuah pasar kompetitif dan memaksimumkan surplus sosial secara keseluruhan. Hal ini bukan berarti mereka bekerja sama secara khusus dan disengaja ketika menemukan diri berada dalam sebuah situasi dimana terdapat ruang untuk mendapatkan insentif karena berperilaku bersifat menolong yang memang disengaja.

Sekali kita memahami insentif dalam kasus permainan *Prisoner's Dilemma*, menemukan kurang dan rendahnya tabiat bekerja sama dalam masyarakat bukan lagi sesuatu yang mengherankan.

Yang menjadi berkat dan yang menjadi mengherankan adalah ketika kita menemukan tetangga saling menolong, individu yang membuka pintu bagi orang asing, para relawan yang mengumpulkan dana untuk menolong korban bencana dan kelaparan, serta mengumpulkan dana untuk penelitian melawan sebuah penyakit.

Dalam dunia ini kita berterima kasih pada para serdadu yang merelakan nyawanya untuk menyelamatkan orang sekarat.

Keseimbangan Nash (Nash *Equilibrium*)

Definisi: Sebuah profil strategi S^* disebut Nash *Equilibrium* jika
27 untuk setiap pemain i

$$U_i(S_i^*, S_{-i}^*) \geq U_i(S_i^*, S_{-1}^*)\ \forall S_i \in S_i$$

Nash *Equilibrium* didefinisikan dalam terminolog strategi, bukan imbalan (*payoff*). Setiap pemain memberikan respons terbaik secara simultan (setiap orang melakukan optimasi).

Hal inilah generalisasi natural dari solusi optimisasi orang-tunggal. Kita berpegang pada ide bahwa setiap orang melakukan optimisasi, tetapi mengijinkan untuk kebebasan strategis (*strategic interdependence*).

Memahami Dugaan (*Conjectures*)

Dua pemain, setiap pemain membuat sejumlah dugaan (*conjecture*) tentang apa yang dilakukan orang lain dan melakukan optimasi.

s_2^c adalah apa yang dipikirkan pemain (1) dan (2) sedang dilakukan.

Untuk s_2^c , (1) memilih s_1 secara optimal, s_1 merupakan *best response*$_1$ (BR$_1$) pada s_2^c

$$S_1^c = S_1$$

Sebuah profil strategi s^* adalah keseimbangan Nash jika $\forall i \in N$

27

$$U_i(S_i^*, S_{-i}^*) \geq U_i(S_i^*, S_{-1}^*)\ \forall S_i \in S_i$$

Dalam keseimbangan: Setiap pemain merupakan *best responding* pada yang lain. Dugaan (*conjectures*) tentang pergerakan pemain lain adalah benar.

Contoh:

Dua orang pengendara berhadapan satu sama lain. Matriks *payoff* diberikan sebagai berikut (Gambar 4.5).

		Pengendara 2	
		Belok	Tidak Belok
Pengendara 1	Belok	0, 0	0, 4
	Tidak Belok	4, 0	-4, -4

Gambar 4.5. Dua Orang Pengendara

- Jika tidak ada satupun yang berbelok, mereka akan bertabrakan dan terbakar.
- Jika seorang berbelok, yang lain menang.
- Jika keduanya berbelok, tidak ada yang menang.

Dalam hal ini terdapat dua keseimbangan: seorang berbelok, dan satu orang lagi tidak. Kita dapat mengenal keseimbangan walaupun tidak unik.

Jadi, NE_1: (tidak, berbelok) dan NE_2: (berbelok, tidak).

Kita dapat berkata bahwa satu pemain akan berbelok, tetapi kita tidak tahu pemain yang mana.

Yang menentukan siapa yang bermain tergantung pada pemberian isyarat sebelum permainan (*signalling pre-play*) seseorang (*one pre-play signalling*), komunikasi, reputasi, dan perangkat komitmen.

Dalam rangka membandingkan (*comparative statics*) adalah baik mempunyai sebuah keseimbangan tunggal (*a unique equlibirium*).

Kompetisi *Cournot*

Dua perusahaan, dengan produk identik, setiap perusahaan memutuskan bagaimana memproduksi. Teori ini dengan membandingkan Permainan Cournot dengan Permainan Bertrand menunjukkan bagaimana perilaku berdampak (*behavior matters*) dalam industri.

Dengan hal yang sama berlaku dalam pasar indentik.

- Jika perusahaan berkompetisi dengan memilih kunatitas kemudian harga (*price*, *P*) lebih besar dari biaya marginal (*marginal cost*/MC): P > MC.
- Jika perusahaan berkompetisi dengan memilih harga maka P = MC.

Contoh: Duopoly Cournot

Sebuah contoh lain yang menarik pertama kali diajukan oleh Augustin Cournot (1838). Dua perusahaan indentik, pemain 1 dan pemain 2, memproduksi barang yang sama. Kita asumsikan tidak terdapat biaya tetap produksi, dan misalkan bahwa biaya varibel dari setiap perusahaan i untuk memproduksi sebuah kuantitas $q_i \geq 0$ dituliskan dalam biaya produksi $c_i(q_i) = q_i^2$ untuk $i \in \{1,2\}$. Persamaan permintaan pasar kita tuliskan dalam bentuk fungsi $q = 100 - p$ di mana $q = q_1 + q_2$. Pertama-tama Cournot memulai asumsi bahwa kedua perusahaan beroperasi dalam sebuah lingkungan kooperatif dimana setiap perusahaan menetapkan harga sebesar p dan percaya bahwa perilaku ini tidak dapat mempengaruhi harga pasar. Di bawah asumsi ini, sebagaimana halnya ekonom ketahui bahwa pasar akan terjadi dalam keseimbangan pasar kompetitif, dimana setiap perusahaan memproduksi pada sebuah titik dimana harga sama dengan biaya marginal. Dengan demikian bahwa keuntungan pada unit produksi marginal sama dengan nol. Dalam kasus ini setiap perusahaan akan memproduksi $q_i = 25$ dan dengan harga sebesar $p = 50$, serta setiap perusahaan akan mendapat keuntungan sebesar 625.

Kemudian Cournot berargumen bahwa pasar kompetitif ini terlalu sederhana dan naif karena perusahaan rasional akan dapat memahami bahwa harga tidak *given*, tetapi ditentukan oleh tindakan mereka. Sebagai contoh, jika perusahaan 1 menyadari dampaknya pada harga pasar dan memproduksi sebanyak 24 (bukan 25), maka harga akan naik menjadi $p(49) = 51$ karena penawaran turun dari 50 menjadi 49. Keuntungan perusahaan 1 akan menjadi $v_1 = 51 \times 24 - 24^2 = 648 > 625$. Kemudian jika perusahaan 1 menyadari bahwa hal itu merupakan sebuah dampak dari harga, maka mereka tidak sekadar menetapkan $q_1 = 24$, tetapi akan mencari pilihan terbaik yang dapat dilakukan. Tindakan dan pilihan terbaik ini tergantung juga pada besar produksi yang dilakukan perusahaan 2.
65 Kita perhatikan bahwa perusahaan 2 juga tidak akan tinggal diam,

dan akan mencari solusi tindakan dan perlawanannya terhadap tindakan perusahaan 1 yang rasional dan canggih ini.

Kita tuliskan bentuk permainan normal (*normal game*) dari permainan Cournot. Tindakan adalah pilihan kuantitas, dan imbalan adalah keuntungan. Berikut bentuk normalnya.

Pemain : $N = \{1,2\}$

Himpunan Strategi : $S_i = [0, \infty]\ untuk\ i \in \{1,2\}$ dan perusahaan memilih kuantitas $s_i \in S_i$

Imbalan : Untuk $i, j \in \{1,2\}, i \neq j$,

$$v_i(S_i, S_j) = \begin{cases} (100 - s_i - s_j)s_i - s_i^2 \text{ jika } s_i + s_j < 100 \\ -s_i^2 \text{ jika } s_i + s_j \geq 100 \end{cases}$$

Perhatikan bahwa fungsi imbalan sedikit menjebak karena juga mengandung sepasang strategi (kuantitas) pilihan pemain lain. Kita sumsikan bahwa harga tidak akan jatuh di bawah angka nol, sehingga jika kedua perusahaan bersama-sama memproduksi dalam sebuah kuantitas yang lebih besar dari 100, harga akan menjadi nol karena $p = 100 - s_1 - s_2$ dan imbalan kedua perusahaan adalah biayanya.

Kita tuliskan Permainan Cournot dalam bentuk yang lebih luas sebagai berikut.

Dua perusahaan, strategi $q_i \geq 0$ (asumsikan bahwa harga mempengaruhi penawaran dan permintaan)

$$P = a - Q; Q = q_1 + q_2 \text{ asumsikan konstan } MC = AC = c$$

Perusahaan i membuat *conjecture* tentang q_j dan membuat keuntungannya

$$Maks\ \pi_i(q_i, q_j) = Pq_i - cq_i = (1-(q_i + q_j^c))q_i - cq_i$$

$$= (a - q_i - q_j^c - c)q_i$$

FOC: $a - 2q_i - q_j^c - c = 0$ $q_i = \dfrac{a - c - q_j^c}{2}$ dengan cara yang sama

$$q_j = \frac{a - c - q_i^c}{2}$$

Fungsi respon terbaik (*best response function*) untuk

$$q_j : q_i = \frac{a - c - q_j^c}{2}.$$

Sebuah pilihan lain akan q_i akan berdampak pada keuntungan yang lebih rendah.

Nash Equilibrium

$q_2^c = q_2$; $q_1^c = q_1$ dan respon terbaik setiap pemain pada yang lain

$$q_1 = \frac{a - c - q_2}{2};\quad q_2 = \frac{a - c - q_1}{2}$$

Dua persamaan linier, dua bilangan yang tidak diketahui, dan penyelesaian

$$q_1{*} = q_2{*} = \frac{a - c}{3}$$

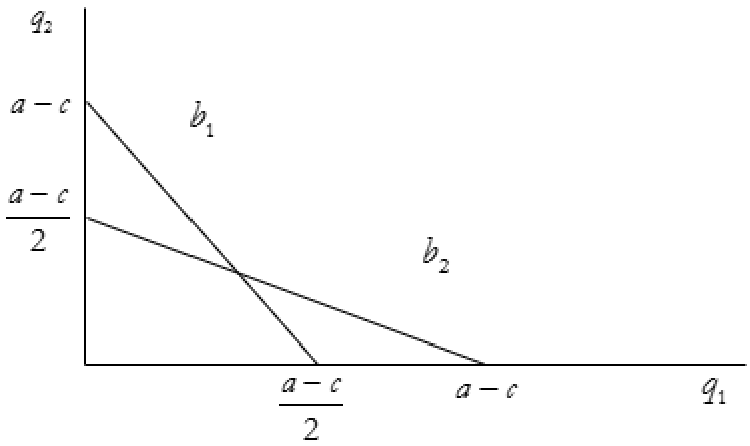
$$Q{*} = q_1{*} + q_2{*} = \frac{2(a - c)}{3}$$

$$P{*} = a - \frac{2(a - c)}{3}$$

$$\pi^* = P^*.cq_1^* = \frac{(a-c)^2}{9}$$

Titik tetap (*fixed point*) untuk solusi respon terbaik (Gambar 4.6):

$$q_1^* = q_2^* = \frac{a-c}{3}$$



Gambar 4.6. Nash *Equilibrium* dari duopoly Cournot

Review **Solusi Cournot**

Fungsi respon terbaik Cournot mempunyai persamaan kuantitas pemain lain.

81

$$q_1 = \frac{a-c-q_2}{2} ; \quad q_2 = \frac{a-c-q_1}{2}$$

Dalam keseimbangan, strategi merupakan fungsi dari parameter

$$NE: \left\{ \frac{a-c}{3}, \frac{a-c}{3} \right\}$$

Sekali kita dapat strategi sebagai fungsi dari parameter kemudian kita dapat melakukan *comparatic static*

$$Q^* = \frac{2(a-c)}{3} \quad \text{dan} \quad \pi_i^* = \frac{(a-c)^2}{9}$$

Jika a naik, maka Q naik dan π naik. Atau, jika c turun, maka Q naik dan π naik.

Model Cournot untuk *N* perusahaan

Misalkan terdapat sebanyak n perusahaan dimana $P = a - (q_1 + ... + q_n)$

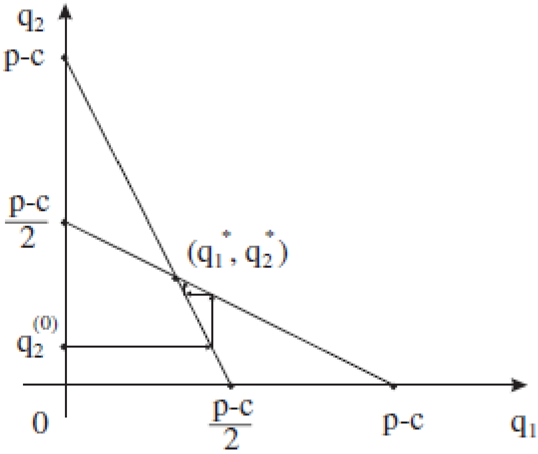
$$Maks\ \pi(q_1 + ... + q_n) = (a - (q_1 + ... + q_n))q_i - cq_i$$

$FOC : q_i = \dfrac{a - c - \sum_{j \neq i} q_j}{2}$, semua perusahaan identik sehingga $q_1 = q_2 = ...q_n = q$

Substutisikan dan kita dapatkan

49 $$q^* = \frac{a-c}{n+1}; \quad P^* = a - \frac{n(a-c)}{n+!}; \quad Q^* = nq^* = \frac{n(a-c)}{n+1}$$

89 $$\pi_i^* = (P^* - c)q^* = \frac{(a-c)^2}{(n+1)^2}$$ keuntungan industri n: $$n\pi_i^* = \frac{n(a-c)^2}{(n+1)^2}$$



Gambar 4.7. *Duopoli Cournot*

Kompetisi Bertrand

Asumsi tentang strategi sama seperti di atas, dapat mengubah prediksi.

Misalkan kasus tepat seperti di atas, tetapi kita asumsikan bahwa perushaan mempunyai variabel pilihan yang berbeda.

Dua perusahaan , produk indentik, MC yang konstan, tetapi secara simultan perusahaan memilih harga, bukan kuantitas.

36 $$Maks\ \pi_i(p_i, p_j) = (p_i - c)D_i(p_i, p_j)$$

$D_i(p_i, p_j) = D(p_i)$ jika $p_i < p_j$ kemudian (1) mendapat semua permintaan pasar.

56 $D_i(p_i, p_j) = \dfrac{D(p_i)}{2}$ jika $p_i = p_j$ kemudian (1) mendapat setengah permintaan pasar.

86 $D_i(p_i, p_j) = 0$ jika $p_i > p_j$ kemudian (1) mendapat nol permintaan pasar.

Dalam keseimbangan, setiap harga lain dugaan yang benar (*correctly conjectures other price*) – setiap perusahaan dalam keseimbangan menetapkan $p_i = c$.
Bukti: Setiap NE yang unik adalah setiap perusahaan menentukan harga sama dengan biaya marginal.

Misalkan dua perusahaan, I dan II memproduksi produk A dan B. Dalam duopoli Bertrand pemain memilih harga produk sebagai strategi mereka. Asumsikan bahwa perusahaan I memutuskan harga per unit c_1 dan perusahaan II memutuskan harga per unit sebagai c_2 .

Sebagai hasilnya, permintaan untuk tiap produk di pasar menjadi

12 $Q_1(c_1, c_2) = q - c_1 + kc_2$ dan $Q_2(c_1, c_2) = q - c_2 + kc_1$

q merupakan permintaan awal (*initial demand*) dan koefisien k merefleksikan kemampuan saling bertukar antara produk A dan produk B.

Dengan menggunakan analogi model Cournot, harga satuan akan dinyatakan dalam c. Konsekuensinya imbalan pemain menjadi

12 $H_1(c_1, c_2) = (q - c_1 + kc_2)(c_1 - c)$

$$H_1(c_1,c_2)=(q-c_2+kc_1)(c_2-c)$$

Permainan selengkapnya didefinisikan oleh

12 $$\Gamma=\langle I,II,Q_1=[0,\infty),Q_2=[0,\infty),H_1,H_2\rangle$$

Strategi tetap dari pemain I adalah c_1 kemudian respons terbaik dari pemain II memuat strategi c_2 yang menjamin imbalan maksimal $\max_{c_2} H_2(c_1,c_2)$. Karena bentuk $H_2(c_1,c_2)$ merupakan parabola konkaf dengan vertexnya pada titik

14 $$c_2=\frac{1}{2}(q+kc_1+c) \quad \text{.......................... (1)}$$

Dengan cara yang sama, jika strategi c_2 dari pemain II tetap, respon terbaik dari pemain I menjadi strategi c_1 yang menjami imbalan $\max_{c_1} H_1(c_1,c_2)$

Dengan mudah kita menemukan bahwa

$$c_1=\frac{1}{2}(q+kc_2+c) \quad \text{................ (2)}$$

8 Terdapat sebuah solusi unik dari sistem dari persamaan (1) dan persamaan (2) di atas, yaitu

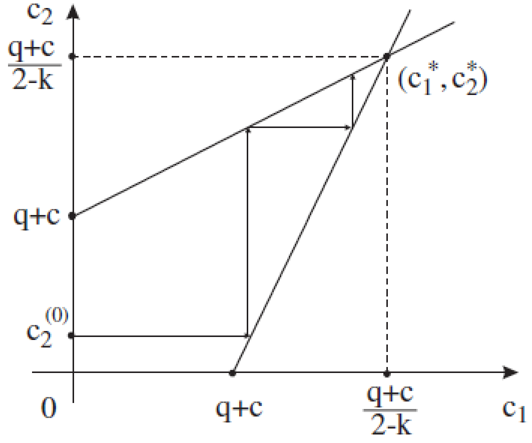
$$c_1^* = c_2^* = \frac{q+c}{2-k}$$

Untuk mendapatkan solusi positif, kita tentukan bahwa $k < 2$. Hasil ini menyatakan sebuah keseimbangan Nash. Dengan demikian, respon terbaik dari pemain II pada strategi c_1^* terletak pada strategi c_2^* atau sebaliknya, respon terbaik dari pemain I pada strategi c_2^* membuat strategi c_1^*.

Imbalan optimal dari para pemain dalam keseimbangan menjadi

$$H_1^* = H_2^* = \left[\frac{q - c(1-k)}{2-k}\right]^2$$

Jika digambar menjadi



Gambar 4.8. Kompetisi *Bertrand*

BAB V
KONSEP STRATEGI DOMINAN

Strategi Dominan

Strategi Dominan Imbalan dimana satu pemain memiliki taktik yang lebih unggul tanpa mempedulikan pemain lain. Strategi Dominan adalah strategi terbaik (balasan terbaik/ memberi imbalan bayaran tertinggi) dalam setiap kasus, tidak peduli apa yang dilakukan pemain lain. Jika semua faktor tetap sama, pemain tersebut memiliki keunggulan dalam permainan atas lawan. Artinya, terlepas dari strategi yang digunakan lawan, pemain yang dominan akan selalu menentukan imbalan.

Dalam teori permainan, pemain menggunakan berbagai strategi independen untuk mengoptimalkan pengambilan keputusan mereka dengan tujuan mengalahkan lawan. Pemain di pasar oligopoli, militer, manajer, konsumen, atau permainan seperti kejar-kejaran, sering menggunakan teori permainan sebagai alat strategis. Dalam teori permainan, imbalan yang diperoleh para pelaku berbeda-beda, tergantung pada tindakan mereka. Beberapa pemain menikmati keunggulan, sementara yang lain kurang beruntung. Strategi dominan menggambarkan keadaan dimana salah satu pemain memiliki taktik yang lebih unggul yang selalu mengimbalankan imbalan kemenangan, terlepas dari pilihan strategi yang digunakan lawan.

Imbalan Strategi Dominan dalam teori permainan, berikut adalah imbalan yang dapat diharapkan oleh para pemain.

1. Imbalan Dominan yang Ketat (*Strictly Dominant Outcome*)

Dalam beberapa situasi, satu pemain menikmati keuntungan ketat atas lawannya. Artinya, tidak peduli seberapa bagus taktik pihak yang kalah, strategi dominan akan selalu menang. Di sini, tidak ada strategi lain yang dapat digunakan lawan untuk mengubah peluang mereka.

2. Imbalan Dominan yang Lemah (*Weakly Dominant Outcome*)

   Dalam imbalan dominan yang lemah, pemain yang dominan mendominasi permainan tetapi terhadap beberapa strategi, hanya mendominasi secara lemah.

3. Imbalan yang Setara (*Equivalent Outcome*)

   Dalam imbalan yang setara, tidak ada aktor yang diuntungkan atau kalah satu sama lain. Mereka masing-masing memilih satu imbalan optimal yang adil bagi kedua pemain. Jika salah satu pemain memilih alternatif, itu berarti keuntungan atau kerugian yang luar biasa.

4. Imbalan yang Tidak Transitif (*Intransitive Outcome*)

   Dalam imbalan yang tidak transitif, tidak ada dari tiga imbalan di atas yang dialami – tidak ada imbalan dominan yang setara, ketat, atau lemah. Imbalan yang tersedia terjadi secara kebetulan. Kedua pemain bisa menang, sementara
78 yang lain kalah tergantung pada strategi yang digunakan. Oleh karena itu, dalam imbalan ini, tidak ada pendekatan yang jelas untuk menunjukkan strategi dominasi.

Dalam permainan bentuk normal $G = \{S_1,..., S_n; H_1,...,u_n\}$, misalkan s_i' dan s_i'' adalah strategi yang layak (*feasible*) untuk pemain i (dimana s_i' dan s_i'' merupakan anggota dari S_j). Strategi s_i' didominasi secara ketat (***strictly dominated***) oleh strategi s''_i jika untuk setiap kombinasi strategi yang layak pemain lain, imbalan i

dari memainkan s'_j secara ketat lebih kecil daripada imbalan ke-*i* dari memainkan s''_i:

$$u_i(S_1, \dots, S_i - 1, S_i', S_{i+1}, \dots, S_n) < u_i\left(S_1, \dots, S_i - 1, S_i'', S_{i+1}, \dots, S_n\right)$$

Untuk setiap $\left(S_1, \dots, S_i - 1, S_i'', S_{i+1}, \dots, S_n\right)$ yang dapat dibangun dari ruang strategi pemain lain $S_1, \dots, S_{i-1}, S_{i+1}, \dots, S_n$.

Pemain yang rasional tidak memainkan strategi yang didominasi secara ketat (*strictly dominated strategies*), karena tidak terdapat keyakinan bahwa seorang pemain dapat memegang (tentang strategi yang akan dipilih pemain lain) sehingga akan optimal untuk memainkan strategi seperti itu.

Jadi, dalam Dilema Tahanan (*prisoner dilemma*), pemain yang rasional akan memilih Mengaku, sehingga (Mengaku, Mengaku) akan menjadi hasil yang dicapai oleh dua pemain yang rasional, meskipun (Mengaku, Mengaku) menghasilkan hasil yang lebih buruk bagi kedua pemain daripada (Tidak mengaku, Tidak mengaku).

Pertimbangkan permainan berikut dan pikirkan apa yang akan Anda lakukan sebagai Pemain 1 (Tabel 5.1).

Tabel 5.1. Strategi Dominan Pertama

		Pemain 2		
		V	W	X
Pemain 1	A	0,9	0,7	0,6
	B	7,8	5,2	3,9

Pilihannya seharusnya cukup mudah. Dengan memainkan A, Anda selalu memperoleh 0, tetapi dengan memainkan B Anda paling sedikit memperoleh 3. Kita tentu mengharapkan Pemain 1 memainkan B. Mungkin pilihannya menjadi sedikit lebih sulit bagi Pemain 1 dalam permainan ini seperti pada Tabel 5.2.

66

Tabel 5.2. Strategi Dominan Kedua

		Pemain 2		
		V	W	X
Pemain 1	A	6,9	4,7	2,6
	B	7,8	5,2	3,9

Sekarang, strategi A dapat menghasilkan imbalan tertinggi 6 dan strategi B dapat mendapat imbalan sedikitnya 3. Akan tetapi, strategi B menghasilkan imbalan yang lebih tinggi untuk Pemain 1 daripada strategi A untuk setiap kemungkinan keputusan Pemain 2.

Secara khusus,

1. Jika kita berpikir bahwa Pemain 2 akan memilih V, Pemain 1 memperoleh lebih banyak dari B (imbalan 7) daripada dari A (imbalan 6).
2. Jika kita berpikir bahwa Pemain 2 akan memilih W, Pemain 1 memperoleh lebih banyak dari B (imbalan 5) daripada dari A (imbalan 4).
3. Jika kita berpikir bahwa Pemain 2 akan memilih X, Pemain 1 memperoleh lebih banyak dari B (imbalan 3) daripada dari A (imbalan 2).

Jadi, apa pun yang kita harapkan dari Pemain 2, strategi optimal Pemain 1 (respons terbaik) adalah sama. Inilah yang kita sebut Strategi Dominan. Kita akan mengatakan bahwa Pemain 1 memiliki strategi dominan, strategi B.

14 Bayangkan kita mengubah sedikit permainan di atas, menaikkan imbalan Pemain 1 di imbalan kanan atas seperti pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Strategi Dominan Ketiga

		Pemain 2		
		V	W	X
Pemain 1	A	6,9	4,7	5,6
	B	7,8	5,2	3,9

Sekarang Pemain 1 tidak memiliki strategi yang selalu terbaik.

Secara spesifik,

1. Jika kita berpikir bahwa Pemain 2 akan memilih V, Pemain 1 memperoleh lebih banyak dari B (imbalan 7) daripada dari A (imbalan 6).
2. Jika kita berpikir bahwa Pemain 2 akan memilih W, Pemain 1 memperoleh lebih banyak dari B (imbalan 5) daripada dari A (imbalan 4).
3. Jika kita berpikir bahwa Pemain 2 akan memilih X, Pemain 1 memperoleh lebih banyak dari A (imbalan 5) daripada dari B (imbalan 3).

Respons terbaik Pemain 1 tidak lagi sama terlepas dari apa yang dilakukan Pemain 2. Dalam beberapa kasus, Pemain 1 lebih suka menggunakan B, tetapi tidak dalam setiap kasus. Oleh karena itu, strateginya tidak lagi dominan.

Apakah Pemain 2 memiliki strategi yang dominan? Kita menggunakan metodologi yang sama untuk memeriksa apakah Pemain 2 memiliki strategi yang selalu terbaik, untuk setiap kemungkinan pilihan Pemain 1.

2 1. Jika kita berpikir bahwa Pemain 1 akan memilih A, Pemain 2 memperoleh lebih banyak dari V (imbalan 9) daripada dari W (imbalan 7) atau X (imbalan 6).
2 2. Jika Kita berpikir bahwa Pemain 1 akan memilih B, Pemain 2 memperoleh lebih banyak dari X (imbalan 9) daripada dari V (imbalan 2) atau W (imbalan 2).

Karena Pemain 2 tidak memiliki satu strategi yang selalu terbaik (terkadang Pemain 2 lebih menyukai V dan terkadang Pemain 2 lebih menyukai X), Pemain 2 tidak memiliki strategi yang dominan.

Strategi yang didominasi adalah strategi yang selalu lebih buruk daripada strategi lain, apa pun yang dilakukan pemain lain.

Meskipun Pemain 2 tidak memiliki strategi dominan dalam permainan di atas (tidak ada satu strategi yang selalu terbaik), Pemain 2 memiliki strategi yang tampaknya tidak terlalu berguna. Pertimbangkan strategi W. Perhatikan bahwa W selalu lebih buruk daripada V. Apa pun yang dilakukan Pemain 1 (memainkan A atau B), strategi W Pemain 2 selalu mengimbalankan lebih sedikit daripada strategi V Pemain 2 (7 lebih buruk daripada 9 dan 2 lebih buruk daripada 8). Kita katakan bahwa strategi W didominasi oleh V atau, lebih sederhananya, bahwa strategi W didominasi.

Untuk didominasi (*dominated strategy*), suatu strategi tidak harus menjadi yang terburuk dalam setiap kasus, atau lebih buruk daripada setiap strategi lainnya. Strategi tersebut hanya harus didominasi oleh satu strategi lainnya. Untuk Pemain 2 di atas, W terkadang lebih baik daripada X dan X terkadang lebih baik daripada W. Akan tetapi, fakta bahwa W didominasi oleh V sudah cukup untuk menyatakan bahwa W didominasi. Perhatikan bahwa ketika seorang pemain memiliki strategi dominan, semua strategi pemain lainnya harus didominasi (oleh strategi dominan tersebut). Akan tetapi, seorang pemain dapat memiliki strategi yang didominasi tanpa memiliki strategi dominan (seperti Pemain 2 dalam contoh di atas).

Dominan atau Didominasi Secara Ketat dan Lemah (*Strictly and Weakly Dominant or Dominated*)

Kita biasanya berbicara tentang strategi tidak hanya sebagai dominan atau didominasi tetapi juga sebagai dominan/didominasi secara ketat atau dominan/didominasi secara lemah. Untuk memahami perbedaan ini, pertimbangkan fakta matematika berikut.

1. $8 > 6$ (angka 8 lebih besar dari 6, terkadang dinyatakan sebagai 8 secara ketat lebih besar dari 6).
2. $8 \geq 6$ (angka 8 lebih besar dari atau sama dengan 6, terkadang dinyatakan sebagai 8 secara lemah lebih besar dari 6) .
3. $8 \geq 8$ (angka 8 lebih besar dari atau sama dengan 8, maka 8 secara lemah lebih besar dari 8).
4. Tetapi tidak benar bahwa $8 > 8$ (angka 8 tidak secara ketat lebih besar dari 8).

Jika kita dapat mengatakan bahwa strategi pemain mendapat imbalan lebih banyak (secara ketat lebih banyak, yaitu >) daripada setiap strategi lain untuk pemain itu, maka itu adalah dominan secara ketat. Jika kita dapat mengatakan bahwa strategi pemain menghasilkan setidaknya sebanyak (lebih lemah, yaitu, ≥) daripada setiap strategi lain untuk pemain itu, maka itu adalah dominan lemah.

Perhatikan kembali contoh dari atas pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Strategi Dominan Keempat

		Pemain 2		
		V	W	X
Pemain 1	A	6,9	4,7	5,6
	B	7,8	5,2	3,9

Dalam menunjukkan bahwa strategi B dominan bagi Pemain 1, kita menunjukkan sebagai berikut.

1. Jika kita berpikir bahwa Pemain 2 akan memilih V, Pemain 1 memperoleh lebih banyak dengan memilih B daripada dari A (7>6).
2. Jika kita berpikir bahwa Pemain 2 akan memilih W, Pemain 1 memperoleh lebih banyak dari memilih B daripada dari A (5>4).
3. Jika kita berpikir bahwa Pemain 2 akan memilih X, Pemain 1 memperoleh lebih banyak dari B daripada dari A (3>2).

Karena kita dapat menggunakan tanda '>', kita dapat mengatakan bahwa B benar-benar dominan. Di sisi lain, jika kita sedikit mengubah contoh (mengubah imbalan di kanan atas untuk Pemain 1 menjadi 3) seperti pada Tabel 5.5.

31

Tabel 5.5. Strategi Dominan Kelima

		Pemain 2		
		V	W	X
Pemain 1	A	6,9	4,7	3,6
	B	7,8	5,2	3,9

Sekarang kita tidak dapat lagi menyimpulkan bahwa B dominan secara ketat (*strictly dominant*) terhadap A karena, dalam kasus di mana Pemain 2 memainkan X, tidak benar bahwa 3>3.

Akan tetapi, kita masih dapat menyimpulkan sebagaiberikut.

1. Jika kita berpikir bahwa Pemain 2 akan memilih V, Pemain 1 memperoleh (sedikit) lebih banyak dari B daripada dari A (7 ≥ 6).
2. Jika kita berpikir bahwa Pemain 2 akan memilih W, Pemain 1 memperoleh (sedikit) lebih banyak dari B daripada dari A (5 ≥ 4).
3. Jika kita berpikir bahwa Pemain 2 akan memilih X, Pemain 1 memperoleh (sedikit) lebih banyak dari B daripada dari A (3 ≥ 3).

Karena B selalu setidaknya sama baiknya dengan A (dominan menggunakan '≥'), kita dapat menyimpulkan bahwa strategi B dominan secara lemah (dan strategi A didominasi secara lemah). Untuk semua kebingungan yang disebabkan oleh perbedaan antara lemah dan ketat, perbedaan tersebut hanya penting dalam kasus yang sangat spesifik. Satu-satunya waktu kita peduli jika kita menggunakan '>' atau '≥' untuk membandingkan angka adalah ketika angkanya sama. Dengan cara yang sama, satu-satunya waktu dimana ada perbedaan antara strategi yang lemah atau sangat dominan (atau lemah atau sangat didominasi) adalah ketika ada seri untuk respons terbaik.

Menyelesaikan Permainan Yang Didominasi

Metode Iterasi

Di atas dijelaskan bahwa rasional tidak memainkan strategi yang didominasi secara ketat dapat mengarah pada penyelesaian permainan lainnya. Berikut ini disajikan hasil sebuah permainan abstrak (Tabel 5.6). Pemain 1 mempunyai dua strategi $S_1 = (Atas, Bawah)$ dan Pemain 2 mempunyai tiiga strategi $S_2 = (Kiri, Tengah, Kanan)$. Untuk Pemain 1, tidak terdapat Atas maupun Bawah yang *strictly dominated*.

Tabel 5.6. Strategi Dominan Metode Iterasi

		Pemain 2		
		Kiri	Tengah	Kanan
Pemain 1	Atas	1,0	1,2	0,1
	Bawah	0,3	0,1	2,0

Atas lebih baik dari Bawah, jika pemain 2 memainkan Kiri (Karena 1>0). Akan tetapi, Bawah lebih baik dari Atas jika Pemain 2 memainkan **Kanan** (2 > 0).

Akan tetapi, untuk Pemain 2, Kanan *strictly dominant* oleh Tengah (karena 2 > 1 dan 1 > 0). Jadi, seorang Pemain 2 yang rasional tidak **akan memainkan Kanan**.

2 Jadi, jika Pemain 1 tahu bahwa Pemain 2 rasional maka Pemain 1 dapat menghilangkan (mengeliminasi) Kanan dari ruang
2 strategi Pemain 2. Artinya, jika Pemain 1 tahu bahwa Pemain 2 rasional maka Pemain 1 dapat memainkan permainan pada Tabel 5.7 seolah-olah itu adalah permainan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.7. Stategi Dominan Iterasi kedua

		Pemain 2	
		Kiri	Tengah
Pemain 1	Atas	1,0	1,2
	Bawah	0,3	0,1

Pada Tabel 5.8, **Bawah** sekarang didominasi secara ketat oleh Atas
2 untuk Pemain 1. Jadi, jika Pemain 1 rasional (dan Pemain 1 tahu bahwa Pemain 2 rasional, sehingga permainan pada Tabel 5.8 berlaku) maka Pemain 1 tidak akan bermain Bawah.

2 Kemudian, jika Pemain 2 tahu bahwa Pemain 1 bersifat rasional, dan
2 Pemain 2 tahu bahwa Pemain 1 mengetahui bahwa Pemain 2 rasional, berlaku table 5.8. Selanjutnya, Pemain 2 dapat menghilangkan/mengeliminasi Bawah dari ruang strategi pemain l. Hasilnya Tabel 5.8.

Hasilnya: Sekarang kita melihat bahwa **Kiri** *strictly dominated* oleh Tengah untuk Pemain 2. Tersisa (**Atas, Tengah**) merupakan luaran dari *game* ini.

Tabel 5.8. Kiri *strictly dominated* oleh Tengah

		Pemain 2	
		Kiri	Tengah
Pemain 1	Atas	1,0	1,2

2 Proses ini disebut eliminasi berulang dari strategi yang didominasi secara ketat. Meskipun didasarkan pada gagasan menarik bahwa pemain rasional tidak memainkan strategi yang didominasi secara ketat, proses ini memiliki dua kelemahan. Pertama, setiap langkah memerlukan asumsi lebih lanjut tentang apa yang diketahui para pemain tentang rasionalitas satu sama lain. Jika kita ingin dapat menerapkan proses tersebut untuk sejumlah langkah yang tidak terbatas, kita perlu berasumsi bahwa sudah menjadi pengetahuan umum bahwa para pemain itu rasional. Artinya, kita perlu berasumsi tidak hanya bahwa semua pemain itu rasional, tetapi juga bahwa semua pemain tahu bahwa semua pemain itu rasional, dan bahwa semua pemain tahu bahwa semua pemain tahu bahwa semua pemain itu rasional, dan seterusnya, tanpa batas.

Kita perhatikan Tabel 5.9 untuk Baris dan Kolom, tidak ada di antara T, M, dan B atau di antara L, C, dan R yang *strictly dominant*. Karena semua strategi dalam permainan ini bertahan dari eliminasi berulang dari strategi yang didominasi secara ketat, proses ini tidak menghasilkan prediksi apa pun tentang jalannya permainan.

Tabel 5.9. Sebuah Contoh tidak terdapat strategi dominan

		Kolom		
		L	C	R
Baris	T	0,4	4,0	5,3
	M	4,0	0,4	5,3
	B	3,5	3,5	6,6

Strategi Dominan dan Nash *Equilibrium*

Sebuah strategi yang mungkin untuk seorang pemain dalam sebuah permainan dengan *N* pemain disebut sebuah strategi dominan untuk pemain ini jika respon terbaik pemain ini untuk sebuah pilihan strategi yang mungkin (*feasible*) untuk pemain lain.[3]

Contoh, misalkan S_1^* merupakan sebuah strategi dominan untuk Pemain 1 dalam sebuah permainan dengan *N* pemain. Artinya, tidak masalah apapun kombinasi yang *feasible* dari pemain 2, $(S_2, \ldots S_N)$ melalui *N* dapat dipilih, Pemain 1 mendapatkan imbalan tertinggi yang mungkin yang diharapkan jika dia memainkan strategi S_1^*.

Kita lihat dari Gambar 3.2, memperjelas penggunaan anggaran iklan yang rendah adalah strategi dominan (*dominant strategy*) bagi B. Strategi apapun yang dilakukan perusahaan A. Strategi L memberikan keuntungan yang lebih besar bagi B dibandingkan dengan H. Tentu saja karena struktur permainan diasumsikan diketahui oleh kedua pemain . Perusahaan A akan mengetahui bahwa

[3] Strategi yang dapat dijalankan (*feasible*) oleh seorang pemain dalam permainan yang diikuti oleh *N* pemain dikatakan sebagai strategi dominan bagi pemain tersebut jika strategi tersebut merupakan respons terbaik bagi pemain tersebut terhadap setiap pilihan strategi yang dapat dijalankan oleh pemain lain.

perusahaan B mempunyai strategi dominan dan akan memilih strategi terbaik untuk melawannya sehingga A memilih L.

Pilihan strategi (A:L, B:L) akan dibuat dan memberikan imbalan 7 untuk A dan 5 untuk B.

Pilihan strategi ini mengikuti kriteria Nash untuk keseimbangan.
5 Jika A atau bahwa B akan memainkan L, pilihan terbaiknya adalah L (karena L adalah strategi dominan bagi B, ini merupakan pilihan terbaik tidak peduli apa yang dilakukan A). Pilihan (A:L, B:L) memenuhi kriteria simetri yang disyaratkan oleh Nash.

Mengapa pasangan strategi lain tidak memenuhi kriteria Nash? Jika (A:H, B:L) akan memberi peluang bagi A untuk memperbaiki posisinya – jika A mengetahui B memilih L, maka A dapat memperoleh keuntungan lebih besar dengan memilih L. Jadi, pilihan (A:H, B:L) bukan keseimbangan Nash.

Aplikasi *Game Theory*

Mengkaji empat isu penting dalam teori permainan—**kerja sama**, **persaingan**, **koeksistensi**, dan **komitmen**—dan melihat bagaimana semuanya bekerja dalam berbagai interaksi strategis.

Kita mengembangkan sebuah alat analisis penting: **kurva respons terbaik**, yang dapat digunakan untuk memecahkan keseimbangan dalam permainan.

Kurva Respons Terbaik

Pertimbangkan permainan dua orang, dan tempatkan diri Anda pada posisi salah satu pemain. Untuk pilihan apa pun yang dapat dibuat pemain lain, respons terbaik Anda adalah pilihan yang memaksimalkan hasil Anda. Jika ada beberapa pilihan yang memaksimalkan hasil Anda, maka respons terbaik Anda adalah kumpulan semua pilihan tersebut.

Misalnya, pertimbangkan permainan yang digambarkan dalam Tabel 5.10, yang kita gunakan untuk mengilustrasikan konsep keseimbangan Nash. Jika pemain Kolom memilih Kiri, respons terbaik Baris adalah memilih Atas; jika Kolom memilih Kanan, maka respon terbaik untuk Baris adalah memilih Bawah. Demikian pula, respons terbaik untuk Kolom adalah bermain ke Kiri sebagai respons sterhadap bagian Atas dan bermain ke Kanan sebagai respons terhadap bagian Bawah.

Tabel 5.10. Permainan Sederhana

		Kolom	
		Kiri	Kanan
Baris	Atas	2,1	0,0
	Bawah	0,0	1,2

32 Kita dapat menuliskannya dalam Tabel 5.11 sebagai berikut.

Tabel 5.11. Ringkasan Kurva Respon Terbaik

Pilihan Kolom	Kiri	Kanan
Pilihan terbaik Baris	**Atas**	Bawah
Pilihan Baris	atas	Bawah
Pilihan terbaik Kolom	Kiri	Kanan

Perhatikan bahwa jika Kolom berpikir bahwa Baris akan bermain di Atas, maka Kolom akan ingin bermain di Kiri, dan jika Baris berpikir bahwa Kolom akan bermain di Kiri, Baris akan ingin bermain di Atas. Jadi, pasangan pilihan (Atas, Kiri) saling konsisten dalam arti bahwa setiap pemain membuat respons optimal terhadap pilihan pemain lain.

Pertimbangkan permainan dua orang umum di mana Baris memiliki pilihan $r_1, ..., r_R$ dan Kolom memiliki pilihan $c_1, \ldots, c_C$. Untuk setiap pilihan r yang dibuat oleh Baris, misalkan $b_c(r)$ menjadi respons terbaik untuk Kolom, dan untuk setiap pilihan c yang dibuat Kolom, misalkan $b_r(c)$ menjadi respons terbaik untuk Baris. Jadi, keseimbangan Nash adalah sepasang strategi $(r*, c*)$ sedemikian rupa sehingga:

$$c *= b_c(r *)$$
$$r *= b_r(c *)$$

Konsep keseimbangan Nash memformalkan gagasan tentang "**konsistensi bersama.**" Jika Baris mengharapkan Kolom bermain ke Kiri, maka Baris akan memilih bermain ke Atas, dan jika Kolom mengharapkan Baris bermain ke Atas, maka Kolom akan ingin bermain ke Kiri. Jadi, keyakinan dan tindakan para pemainlah yang saling konsisten dalam keseimbangan Nash.

Perhatikan bahwa dalam beberapa kasus salah satu pemain mungkin tidak memandang penting di antara beberapa respons terbaik. Inilah sebabnya kami hanya mensyaratkan bahwa c^* menjadi salah satu respons terbaik Kolom, dan r^* menjadi salah satu respons terbaik Baris. Jika ada respons terbaik yang unik untuk setiap pilihan, maka kurva respons terbaik dapat direpresentasikan sebagai fungsi respons terbaik.

Cara pandang terhadap konsep keseimbangan Nash ini memperjelas bahwa hal tersebut hanyalah generalisasi dari keseimbangan Cournot yang dijelaskan dalam Bab IV. Dalam kasus Cournot, variabel pilihan adalah jumlah *output* yang diproduksi, yang merupakan variabel kontinu. Keseimbangan Cournot memiliki sifat bahwa setiap perusahaan memilih *output* yang memaksimalkan laba, mengingat pilihan perusahaan lain.

Keseimbangan Bertrand, merupakan keseimbangan Nash dalam strategi penetapan harga. Setiap perusahaan memilih harga yang memaksimalkan keuntungannya, dengan mempertimbangkan pilihan yang menurutnya akan diambil oleh perusahaan lain. Contoh-contoh ini menunjukkan bagaimana kurva respons terbaik menggeneralisasi model-model sebelumnya, dan memungkinkan cara yang relatif sederhana untuk memecahkan keseimbangan Nash. Sifat-sifat ini menjadikan kurva respons terbaik sebagai alat yang sangat membantu untuk memecahkan keseimbangan permainan.

33

Strategi Campuran

Mari kita gunakan fungsi respons terbaik untuk menganalisis permainan yang ditunjukkan pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12. Penyelesaian Keseimbangan Nash

		Nyonya Kolom	
		Kiri	Kanan
Tuan Baris	Atas	2,1	0,0
	Bawah	0,0	1,2

Kita tertarik untuk mencari keseimbangan strategi campuran serta keseimbangan strategi murni. Jadi, kita misalkan r adalah probabilitas Baris bermain di Atas, dan $(1-r)$ probabilitas ia bermain di Bawah. Demikian pula, misalkan c adalah probabilitas Kolom bermain di Kiri, dan $(1-c)$ probabilitas ia bermain di Kanan.

Strategi murni terjadi ketika r dan c sama dengan 0 atau 1.

Mari kita hitung perkiraan hasil Baris jika ia memilih probabilitas r untuk bermain di Atas dan Kolom memilih probabilitas c untuk bermain di Kiri (Tabel 5.13).

Tabel 5.13. Keseimbangan Nash dengan Probabilitas

Kombinasi	Probabilitas	Imbalan Baris
Atas, Kiri	rc	2
Bawah, Kiri	$(1-r)c$	0

Atas, Kanan	$r(1-c)$	0
Bawah, Kanan	$(1-r)(1-c)$	1

Untuk menghitung hasil yang diharapkan pada Baris, kita mempertimbangkan hasil Baris di kolom ketiga berdasarkan probabilitas terjadinya hasil tersebut, yang diberikan di kolom kedua, dan menjumlahkannya. Jawabannya adalah

84

$$\begin{aligned} Imbalan\ Baris &= 2rc + 1.(1-r)(1-c) \\ &= 2rc + 1 - r - c + rc \end{aligned}$$

Sekarang anggaplah pada Baris terjadi peningkatan r sebesar Δr. Bagaimana hasilnya akan berubah?

90

$$\begin{aligned} \Delta\ imbalan\ pada\ baris &= 2c\Delta r - \Delta r + c\Delta r \\ &= (3c-1)\Delta r \end{aligned}$$

75 Persamaan ini akan bernilai positif jika $3c > 1$ dan bernilai negatif jika $3c < 1$.

Oleh karena itu, baris akan ingin meningkatkan r jika $c > 1/3$, menurunkan r jika $c < 1/3$, dan rentang nilai tersebur adalah $0 \leq r \leq 1$ jika $c = 1/3$.

Dengan cara yang sama, hasil bagi Kolom kita tuliskan

$$Imbalan\ kolom = cr + 2(1-c)(1-r)$$

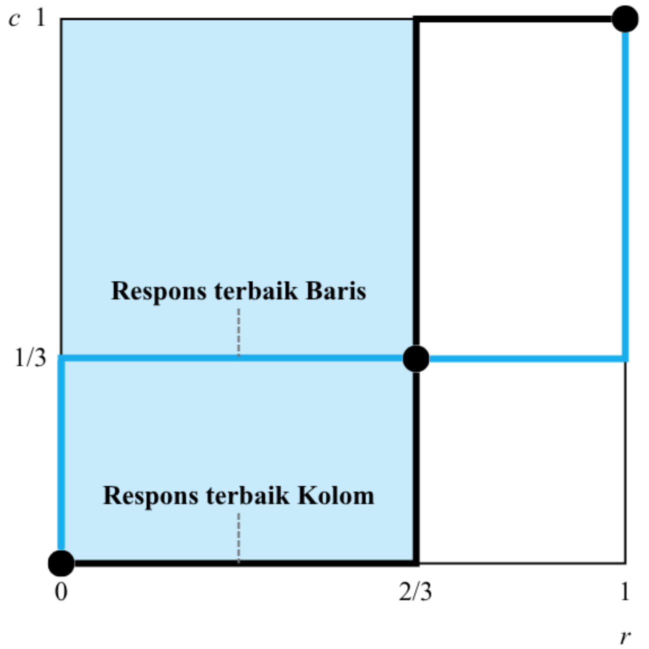
Imbalan Kolom akan berubah jika c berubah sebesar Δc sebagai berikut

$$\Delta\, imbalan\ pada\ kolom = r\Delta c + 2r\Delta c - 2\Delta c$$
$$= (3r - 2)\Delta c$$

Oleh karena itu, Kolom akan meningkatkan c setiap kali $r > 2/3$, menurunkan c ketika $r < 2/3$, dan pada rentang nilai $0 \leq c \leq 1$ ketika $r = 2/3$.

Kita dapat menggunakan informasi ini untuk menggambar kurva respons terbaik. Mulailah dengan Baris. Jika Kolom memilih $c = 0$, baris akan ingin membuat r sekecil mungkin. Jadi, $r = 0$ adalah respons terbaik untuk $c = 0$. Pilihan ini akan terus menjadi respons terbaik hingga $c = 1/3$, di mana nilai r antara 0 dan 1 adalah respons terbaik. Untuk semua $c > 1/3$, respons terbaik yang dapat dibuat Baris adalah $r = 1$. Kurva ini digambarkan dalam Gambar 5.1. Mudah untuk melihat bahwa mereka berpotongan di tiga tempat: (0, 0), (2/3, 1/3), dan (1, 1), yang sesuai dengan tiga keseimbangan Nash dari permainan ini. Dua dari strategi ini adalah strategi murni, dan satu adalah strategi campuran.

Kedua kurva menggambarkan respons terbaik dari Baris dan Kolom terhadap pilihan masing-masing. Perpotongan kurva tersebut adalah ekuilibrium Nash. Dalam kasus ini terdapat tiga ekuilibrium, dua dengan strategi murni dan satu dengan strategi campuran.



Gambar 5.1. Kurva Respons Terbaik

Contoh dan Penyelesaian Manajerial

I. Permainan Koordinasi

Selanjutnya kita akan mendiskusikan permainan koordinasi.

Jenis permainan ini adalah permainan yang memberikan hasil tertinggi bagi pemain ketika mereka **dapat mengoordinasikan** strategi mereka. Masalahnya, dalam praktiknya, kita memikirkan bagaimana mengembangkan mekanisme yang memungkinkan koordinasi ini.

Pertarungan jenis kelamin (*battle of the sexes*) merupakan contoh klasik permainan koordinasi. Dalam permainan ini, seorang laki-laki dan seorang perempuan ingin bertemu di bioskop tetapi belum sempat mengatur film mana yang akan ditonton. Sayangnya, mereka lupa membawa ponsel. Jadi, mereka tidak punya cara untuk mengoordinasikan pertemuan mereka dan harus menebak film mana yang ingin ditonton oleh yang lain. Si laki-laki ingin menonton film laga terbaru, sementara si perempuan lebih suka menonton film seni. Akan tetapi, mereka berdua lebih suka menonton film yang sama daripada tidak bertemu sama sekali. Hasil yang konsisten dengan preferensi ini ditunjukkan dalam Tabel 5.14.

Tabel 5.14. Pertarungan Jenis Kelamin

		Perempuan	
		Laga	Seni
Laki-laki	Laga	2,1	0,0
	Seni	0,0	1,2

Perhatikan ciri khas permainan koordinasi: hasil yang diperoleh lebih tinggi saat pemain mengoordinasikan tindakan mereka daripada saat mereka tidak melakukannya. Apa keseimbangan Nash dari permainan ini? Untungnya, ini hanyalah permainan yang kita gunakan di bagian terakhir untuk mengilustrasikan kurva respons terbaik. Kita melihat bahwa ada tiga keseimbangan: keduanya memilih tindakan, keduanya memilih seni, atau masing-masing memilih pilihan yang disukainya dengan probabilitas 2/3. Karena semua ini adalah keseimbangan yang mungkin, sulit untuk mengatakan apa yang akan terjadi hanya dari deskripsi ini. Secara umum, kita akan mencari pertimbangan di luar deskripsi formal permainan untuk menyelesaikan masalah.

Misalnya, anggaplah bahwa film seni adalah tujuan yang lebih dekat bagi salah satu dari dua pemain. Maka kedua pemain mungkin secara wajar menganggap bahwa itu akan menjadi pilihan keseimbangan. Ketika pemain memiliki alasan yang kuat untuk percaya bahwa salah satu keseimbangan lebih "alami" daripada yang lain, itu disebut titik fokus permainan.

I.1. Dilema Tahanan

Dilema tahanan, yang telah kita bahas secara mendalam pada Bab IV, juga merupakan permainan koordinasi. Ingat kembali ceritanya: dua tahanan dapat mengaku, sehingga melibatkan yang lain, atau menyangkal melakukan kejahatan. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 5.15.

Ciri nyata dari dilema tahanan adalah bahwa mengaku merupakan strategi yang dominan, meskipun koordinasi (keduanya memilih menyangkal) jauh lebih unggul dalam hal total hasil. Koordinasi akan memungkinkan para tahanan memilih hasil terbaik, tetapi masalahnya adalah tidak ada cara mudah untuk mewujudkannya dalam permainan kehidupan. Salah satu jalan keluar dari dilema tahanan adalah memperluas permainan dengan menambahkan pilihan baru. Kita lihat di bab terakhir bahwa permainan dilema tahanan yang diulang tanpa batas dapat mencapai hasil kooperatif, di mana pemain menghargai kerja sama dan menghukum kurangnya kerja sama melalui tindakan mereka di masa mendatang.

Perhatikan kasus strategis tambahan (Tabel 5.15).

Tabel 5.15. Dilema Tahanan

		Pemain B	
		Mengaku	Diam
Pemain A	Mengaku	-3,-3	0,-6
	Diam	-6,0	-1,-1

Kita perhatikan bahwa menolak untuk bekerja sama hari ini dapat mengakibatkan hukuman yang lebih lama di kemudian hari. Cara lain untuk "menyelesaikan" dilema tahanan adalah dengan menambahkan kemungkinan kontrak.

Misalnya, kedua pemain dapat menandatangani kontrak yang menyatakan bahwa mereka akan tetap berpegang pada strategi kerja sama. Jika salah satu dari mereka mengingkari kontrak, ia harus membayar denda atau dihukum dengan cara tertentu. Kontrak sangat membantu dalam mencapai segala macam hasil, tetapi mereka bergantung pada keberadaan sistem hukum yang akan menegakkan kontrak tersebut. Ini masuk akal untuk negosiasi bisnis, tetapi bukan asumsi yang tepat dalam konteks lain, seperti permainan militer atau negosiasi internasional.

I.2. Permainan Jaminan

Pertimbangkan perlombaan senjata AS-Uni Soviet pada tahun 1950-an, dimana masing-masing negara dapat membangun rudal nuklir atau menahan diri untuk tidak membangunnya.

Hasil dari strategi ini disajikan dalam Tabel 5.16. Hasil terbaik bagi kedua belah pihak adalah menahan diri untuk tidak membangun rudal, yang menghasilkan hasil (4, 4). Akan tetapi, jika salah satu pihak menahan diri sementara pihak lain membangun, hasil akan menjadi 3 untuk pembuat rudal dan 1 untuk yang menahan diri.

Hasil jika mereka berdua membangun lokasi rudal adalah (2, 2). Tidak sulit untuk melihat bahwa ada dua keseimbangan Nash strategi murni, (menahan diri, menahan diri) dan (membangun, membangun). Akan tetapi, (menahan diri, menahan diri) lebih baik bagi kedua belah pihak. Masalahnya, tidak ada pihak yang tahu pilihan mana yang akan diambil pihak lain. Sebelum berkomitmen untuk menahan diri, masing-masing pihak menginginkan jaminan bahwa pihak lain akan menahan diri.

16 Salah satu cara untuk mencapai kepastian ini adalah dengan meminta salah satu pemain bergerak terlebih dahulu, misalnya dengan membuka diri untuk diperiksa. Perhatikan bahwa ini bisa dilakukan secara sepihak, setidaknya selama seseorang percaya pada hasil yang akan diperoleh dalam permainan. Jika salah satu pemain mengumumkan bahwa ia tidak akan mengerahkan rudal nuklir dan memberikan bukti yang cukup kepada pemain lain tentang pilihannya, ia dapat yakin bahwa pemain lain juga akan tidak akan melakukannya.

Tabel 5.16. Perlombaan rudal

		Rusia	
		Menahan diri	Membangun
Amerika Serikat	Menahan diri	4,4	1,3
	Membangun	3,1	2,2

I.3. Ayam

Dua remaja mengendarai mobil mulai dari ujung sebuah jalan yang berlawanan dan berkendara dalam garis lurus menuju satu sama lain. Orang pertama yang berbelok kehilangan muka; jika tidak ada yang berbelok, mereka berdua saling bertabrakan. Beberapa kemungkinan hasil ditunjukkan dalam Tabel 5.17.

Terdapat dua keseimbangan Nash strategi murni, (Baris berbelok, Kolom tidak) dan (Kolom berbelok, Baris tidak). Kolom lebih menyukai keseimbangan pertama dan Baris lebih menyukai keseimbangan kedua, tetapi masing-masing keseimbangan lebih baik daripada tabrakan. Perhatikan perbedaan antara ini dan permainan jaminan; dalam permainan jaminan, kedua pemain lebih baik melakukan hal yang sama (membangun atau menahan diri) daripada melakukan hal yang berbeda. Di sini, kedua pemain lebih buruk jika melakukan hal yang sama (mengemudi lurus atau berbelok) daripada jika mereka melakukan hal yang berbeda. Setiap pemain tahu bahwa jika dia dapat berkomitmen untuk mengemudi lurus, yang lain akan mundur. Akan tetapi, tentu saja, setiap pemain juga tahu bahwa akan menjadi gila jika saling bertabrakan. Jadi, bagaimana salah satu pemain dapat menegakkan keseimbangan yang diinginkannya? Salah satu strategi penting adalah komitmen. Misalkan, si pemain dengan mencolok mengencangkan kunci roda kemudi pada mobilnya sebelum memulai. Si pemain, yang menyadari bahwa si pemain sekarang tidak punya pilihan selain melaju lurus, akan memilih untuk berbelok.

Tentu saja jika kedua pemain pada jalan yang sama dengan lawannya, hasilnya akan menjadi bencana!

Tabel 5.17. Ayam

		Kolom	
		Berbelok	Lurus
Baris	Berbelok	0,0	-1,1
	Lurus	1,-1	-2,-2

Cara Berkoordinasi

Jika Anda adalah pemain dalam permainan koordinasi, Anda mungkin ingin membuat pemain lain bekerja sama pada keseimbangan yang Anda berdua sukai (permainan jaminan), bekerja sama pada keseimbangan yang disukai salah satu dari Anda (pertarungan jenis kelamin), memainkan sesuatu selain strategi keseimbangan (dilema tahanan), atau membuat pilihan yang mengarah pada hasil yang Anda inginkan (ayam).

Dalam permainan jaminan, pertarungan jenis kelamin, dan ayam, ini dapat dicapai dengan satu pemain bergerak terlebih dahulu, dan berkomitmen pada pilihan tertentu. Pemain lain kemudian dapat mengamati pilihan tersebut dan menanggapinya dengan tepat. Dalam dilema tahanan, strategi ini tidak berhasil: jika satu pemain memilih untuk tidak mengaku, maka demi kepentingan pemain lain untuk melakukannya. Alih-alih langkah berurutan, pengulangan dan kontraksi adalah cara utama untuk "menyelesaikan" dilema tahanan.

II. Permainan Kompetisi

Jenis yang berlawanan dari permainan dengan **kerja sama** adalah **persaingan**. Kasus ini adalah kasus terkenal dari permainan *zero-sum*, yang disebut demikian karena hasil yang diperoleh satu pemain sama dengan kekalahan pemain lain.

Sebagian besar olahraga pada dasarnya adalah permainan *zero-sum*: poin yang diberikan kepada satu tim setara dengan poin yang dikurangi dari tim lain. Persaingan sangat ketat dalam permainan semacam itu karena kepentingan para pemain saling bertentangan.

Mari kita ilustrasikan permainan *zero-sum* dengan melihat sepak bola.

Baris menendang tendangan penalti dan Kolom bertahan. Baris dapat menendang ke kiri atau menendang ke kanan; dalam kolom kita tulis strategi kiper, bergerak ke kiri ke kanan untuk menangkis tendangan.

Kita tunjukkan hasil dari strategi ini dalam bentuk poin yang diharapkan. Jelas Baris akan lebih berhasil jika Kolom melompat ke arah yang salah. Di sisi lain, permainan mungkin tidak sepenuhnya simetris karena Baris mungkin lebih baik dalam menendang ke satu arah daripada yang lain dan Kolom mungkin lebih baik dalam bertahan ke satu arah atau yang lain.

Mari kita asumsikan bahwa Baris akan mencetak skor 80 persen gol jika ia menendang ke kiri dan Kolom melompat ke kanan tetapi hanya mencetak skor 50 persen gol jika Kolom melompat ke kiri. Jika Baris menendang ke kanan, kita akan berasumsi bahwa ia berhasil 90 persen gol jika Kolom melompat ke kiri tetapi 20 persen dari tembakan jika Kolom melompat ke kanan.

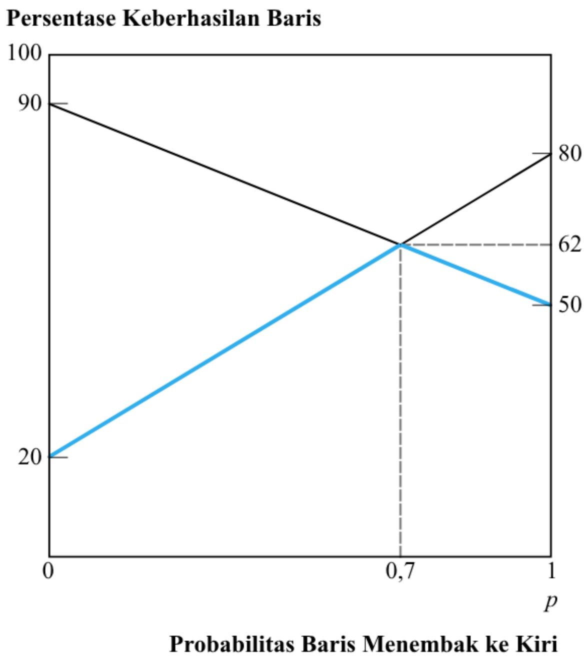
Perhatikan bahwa hasil di setiap entri berjumlah nol, yang menunjukkan bahwa para pemain memiliki tujuan yang sangat bertolak belakang, yaitu ingin memaksimalkan hasil yang diharapkan, dan Kolom ingin memaksimalkan hasil yang diharapkan—yang berarti ia ingin meminimalkan hasil Baris. Jelas, jika Kolom tahu ke arah mana Baris akan menendang, ia akan memiliki keuntungan yang luar biasa. Baris, yang menyadari hal ini, akan mencoba membuat Kolom menembak. Secara khusus, ia terkadang akan menendang ke sisi kuatnya dan terkadang ke sisi lemahnya. Artinya, ia akan mengejar strategi campuran. Jika Baris menendang ke kiri dengan probabilitas p, ia akan mendapatkan hasil yang diharapkan sebesar $50p + 90(1 - p)$ saat Kolom melompat ke kiri dan $80p + 20(1 - p)$ saat Kolom melompat ke kanan. Baris ingin membuat hasil yang diharapkan ini sebesar mungkin, dan Kolom ingin membuatnya sekecil mungkin. Misalnya, anggaplah Baris memilih untuk menendang ke kiri separuh waktu. Jika Kolom melompat ke kiri, baris akan memiliki hasil yang diharapkan sebesar $50 \times 1/2 + 90 \times 1/2 = 70$, dan jika Kolom melompat ke kanan, Baris akan memiliki hasil yang diharapkan sebesar $80 \times 1/2 + 20 \times 1/2 = 50$. Hasil ini diilustrasikan dalam Tabel 5.18 sebagai berikut.

Tabel 5.18. Penalti Sepak Bola

		Kolom	
		Menahan ke kiri	Menahan ke kanan
Baris	Tembak ke kiri	50, -50	80, -80
	Tembak ke kanan	90, -90	20, -20

Tentu saja, Kolom dapat menjalankan penalaran yang sama ini. Jika kolom percaya bahwa Baris akan bergerak ke kiri separuh waktu, maka Kolom akan ingin melompat ke kanan, karena ini adalah pilihan yang meminimalkan hasil yang diharapkan Baris (dengan demikian memaksimalkan hasil yang diharapkan Kolom). Gambar 5.2 menunjukkan hasil yang diharapkan baris untuk berbagai pilihan p. Ini hanya melibatkan pembuatan grafik dari dua fungsi $50p + 90(1-p)$ dan $80p + 20(1-p)$.

Karena kedua ekspresi ini adalah fungsi linier dari p, grafiknya adalah garis lurus. Baris menyadari bahwa Kolom akan selalu mencoba meminimalkan hasil yang diharapkannya. Jadi, untuk setiap p, hasil terbaik yang dapat diharapkannya adalah hasil minimum yang diberikan oleh kedua strategi. Kita ilustrasikan kasus ini dengan garis berwarna pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2. Strategi Baris

Kedua kurva menunjukkan hasil yang diharapkan dari Baris sebagai fungsi dari p, probabilitas bahwa ia menendang ke kiri. Apa pun p yang dipilihnya, Kolom akan mencoba meminimalkan hasil baris.

Di mana hasil maksimum dari hasil minimum ini terjadi? Jelas, hal itu terjadi di puncak garis berwarna, atau, setara dengan itu, ketika kedua garis berpotongan. Kita dapat menghitung nilai ini secara aljabar dengan menyelesaikan

$$50p + 90(1 - p) = 80p + 20(1 - p) \text{ untuk } p$$

Anda mendapat bahwa solusinya adalah $p = 0{,}7$. Oleh karena itu, jika Baris bergeser ke kiri 70 persen dari waktu dan kolom merespons secara optimal, Baris akan memiliki hasil yang diharapkan sebesar $50 \times 0{,}7 + 90 \times 0{,}3 = 62$.

Bagaimana dengan Kolom? Kita dapat melakukan analisis serupa untuk pilihannya. Misalkan Kolom memutuskan untuk melompat ke kiri dengan probabilitas q dan melompat ke kanan dengan probabilitas $(1 - q)$. Maka hasil yang diharapkan dari Baris akan menjadi $50q + 80(1 - q)$ jika Kolom melompat ke kiri dan $90q + 20(1 - q)$ jika Kolom melompat ke kanan.

Untuk setiap q, Kolom akan ingin meminimalkan hasil Baris. Tetapi Kolom menyadari bahwa baris ingin memaksimalkan hasil yang sama ini. Oleh karena itu, jika Kolom memilih untuk melompat ke kiri dengan probabilitas $1/2$, dia mengakui bahwa Baris akan mendapatkan hasil yang diharapkan sebesar $50 \times 1/2 + 80 \times 1/2 = 65$ jika Baris menembak ke kiri dan $90 \times 1/2 + 20 \times 1/2 = 55$ jika Baris menembak ke kanan.

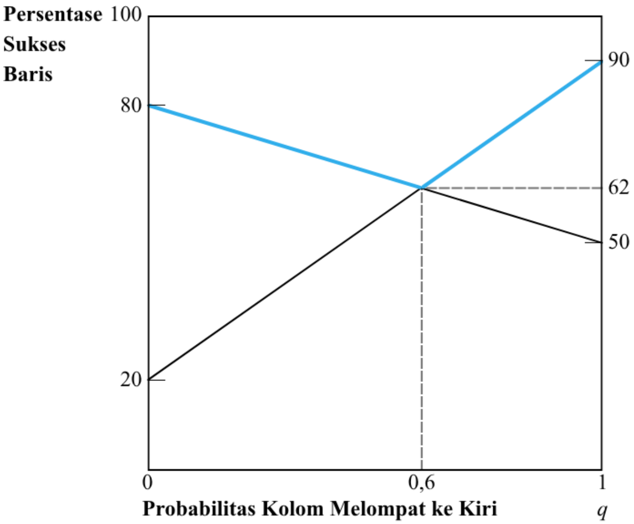
Dalam kasus ini, baris tentu saja akan memilih untuk bergerak ke kiri. Kita dapat menggambar dua hasil pada Gambar 5.3, yang analog dengan diagram sebelumnya. Dari sudut pandang Kolom, yang relevan adalah nilai maksimum dari dua garis, karena ini mencerminkan pilihan optimal baris untuk setiap pilihan dari q.

Oleh karena itu, diagram menggambarkan garis-garis ini dalam warna. Sama seperti sebelumnya, kita dapat menemukan q terbaik untuk Kolom—titik di mana hasil maksimum Baris diminimalkan.

Ini terjadi ketika

$$50q + 80(1 - q) = 90q + 20(1 - q)$$

Dengan implikasi $q = 0{,}6$.



Gambar 5.3. Strategi Kolom

Kedua garis menunjukkan hasil yang diharapkan dari Baris sebagai fungsi dari q, probabilitas Kolom melompat ke kiri. Apa pun q yang dipilih Kolom, Baris akan mencoba memaksimalkan hasilnya sendiri.

Kita telah menghitung strategi ekuilibrium untuk masing-masing dari dua pemain. Baris harus menendang ke kiri dengan probabilitas 0,7 dan Kolom harus melompat ke kiri dengan probabilitas 0,6. Nilai-nilai ini dipilih agar hasil Baris dan Kolom akan sama, apa pun yang dilakukan pemain lain, karena kita mendapatkan nilai-nilai tersebut dengan menyamakan hasil dari dua strategi yang dapat dipilih pemain lawan.

Jadi, ketika Baris memilih 0,7, Kolom tidak peduli antara melompat ke kiri dan melompat ke kanan, atau, dalam hal ini melompat ke kiri dengan probabilitas q. Secara khusus, Kolom sangat senang melompat ke kiri dengan probabilitas 0,6. Demikian pula, jika Kolom melompat ke kiri dengan probabilitas 0,6, maka Baris tidak peduli antara menendang ke kiri dan menendang ke kanan, atau campuran keduanya. Secara khusus, ia senang menendang ke kiri dengan probabilitas 0,7. Oleh karena itu, pilihan-pilihan ini merupakan ekuilibrium Nash: setiap pemain mengoptimalkan, mengingat pilihan-pilihan pemain lain. Dalam ekuilibrium, Baris mencetak skor 62 persen dari waktu dan gagal mencetak skor 38 persen dari waktu. Ini adalah yang terbaik yang dapat ia lakukan, jika pemain lain merespons secara optimal.

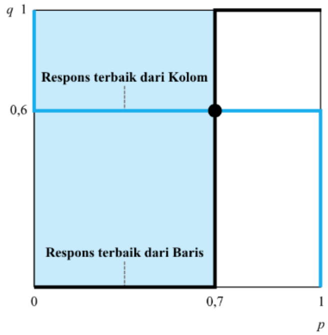
Bagaimana jika Kolom merespons secara tidak optimal? Dapatkah Baris melakukannya dengan lebih baik? Untuk menjawab pertanyaan ini, kita dapat menggunakan kurva respons terbaik.

Kita telah melihat bahwa ketika p kurang dari 0,7, Kolom akan ingin melompat ke kiri, dan ketika p lebih besar dari 0,7, Kolom akan ingin melompat ke kanan. Demikian pula ketika q kurang dari 0,6, Baris akan ingin menendang ke kiri, dan ketika q lebih besar dari 0,6, Baris akan ingin menendang ke kanan.

Gambar 5.4 menggambarkan kurva respons terbaik ini. Perhatikan bahwa kurva-kurva tersebut berpotongan pada titik di mana $p = 0{,}7$ dan $q = 0{,}6$.

Hal yang bagus tentang kurva respons terbaik adalah kurva tersebut memberi tahu setiap pemain apa yang harus dilakukan untuk setiap pilihan yang dibuat pemain lain, baik yang optimal maupun tidak. Satu-satunya pilihan yang merupakan respons optimal terhadap pilihan optimal adalah titik perpotongan kedua kurva—keseimbangan Nash.

Diberikan kurva respons terbaik untuk Baris dan Kolom, sebagai fungsi p, probabilitas bahwa Baris berpindah ke kiri, dan q, probabilitas bahwa Kolom melompat ke kiri (Gambar 5.4).



Gambar 5.4. Kurva Respons Terbaik

III. Permainan Koeksistensi

Kita telah mendiskusikan strategi campuran sebagai pengacakan oleh para pemain. Dalam permainan tendangan penalti, jika strategi Baris adalah bermain ke kiri dengan probabilitas 0,7 dan ke kanan dengan probabilitas 0,3, maka kita akan berpikir Baris akan "mencampurnya" dan bermain ke kiri 70 persen dari waktu dan ke kanan 30 persen dari waktu. Akan tetapi, ada interpretasi lain. Misalkan penendang dan penjaga gawang dipasangkan secara acak dan 70 persen penendang selalu menendang ke kiri dan 30 persen selalu menendang ke kanan. Kemudian, dari sudut pandang penjaga gawang, itu seperti menghadapi satu pemain yang mengacak dengan probabilitas tersebut. Ini tidak begitu menarik sebagai cerita untuk pertandingan sepak bola, tetapi ini adalah cerita yang masuk akal untuk perilaku hewan. Idenya adalah bahwa berbagai jenis perilaku diprogram secara genetik dan bahwa evolusi memilih campuran populasi yang stabil sehubungan dengan kekuatan evolusi. Dalam beberapa tahun terakhir, ahli biologi telah menganggap teori permainan sebagai alat yang sangat diperlukan untuk mempelajari perilaku hewan. Permainan interaksi hewan yang paling terkenal adalah permainan elang-merpati. Ini tidak merujuk pada permainan antara elang dan merpati (yang hasilnya cukup dapat diprediksi) tetapi lebih pada permainan yang melibatkan satu spesies yang menunjukkan dua jenis perilaku.

Kasus Anjing Liar

Misalkan dua anjing liar menemukan sepotong makanan. Mereka harus memutuskan apakah akan berkelahi atau berbagi. Kita beri nama strategi ini. Berkelahi, kita namai strategi Elang: satu akan menang dan satu akan kalah. Berbagi kita namai strategi Merpati: strategi ini berhasil jika pemain lain juga bersikap Merpati, tetapi jika pemain lain bersikap Merpati, tawaran untuk berbagi ditolak dan

17
pemain Merpati tidak akan mendapatkan apa pun. Seperangkat kemungkinan hasil yang didapat diberikan dalam Tabel 5.19.

Tabel 5.19. Anjing Liar

		Kolom	
		Elang	Merpati
Baris	Elang	-2,-2	4,0
	Merpati	0,4	2,2

Jika kedua anjing liar bermain Merpati, mereka akan mendapatkan (2, 2). Jika yang satu bermain Elang dan yang lain bermain Merpati, pemain Elang memenangkan semuanya. Akan tetapi, jika keduanya bermain Elang, masing-masing anjing akan terluka parah.

Jelas tidak mungkin terjadi keseimbangan jika semua anjing bermain Elang, karena jika beberapa anjing bermain Merpati, hasilnya akan menjadi 0, bukan −2. Dan jika semua anjing bermain Merpati, satu pihak akan diuntungkan karena menyimpang dan bermain Elang. Jadi, harus ada campuran tipe Elang dan tipe Merpati yang seimbang. Campuran seperti apa yang seharusnya kita harapkan? Misalkan pecahan (*fraction*) yang bermain Elang adalah p. Jadi, Elang akan bertemu Elang lain dengan probabilitas p dan bertemu Merpati dengan probabilitas $1 - p$. Hasil yang diharapkan untuk tipe Elang adalah

$$E = -2p + 4(1 - p)$$

Imbalan yang diharapkan untuk strategi tipe Merpati akan menjadi

$$M = 2(1 - p)$$

Misalkan jenis yang memiliki hasil yang lebih tinggi bereproduksi lebih cepat, mewariskan kecenderungannya untuk bermain Elang atau Merpati kepada keturunannya. Jadi, jika $E > M$, kita akan melihat fraksi (*fraction*) jenis Elang dalam populasi meningkat, dan jika $E < M$, kita akan melihat jumlah jenis Merpati meningkat. Satu-satunya cara populasi dapat berada dalam keseimbangan adalah jika hasil untuk setiap jenis sama.

Hal ini memerlukan

$$H = -2p + 4(1-p) = 2(1-p) = M$$

Kita dapat untuk $p = 1/2$. Kita dapat bahwa campuran 50-50 antara Merpati dan Elang merupakan keseimbangan. Apakah stabil, dalam beberapa hal? Kami memetakan keuntungan bagi Elang dan Merpati sebagai fungsi dari p, fraksi populasi yang berperan sebagai Elang pada Gambar 5.5.

Perhatikan bahwa ketika $p > 1/2$, keuntungan bagi peran Elang lebih kecil daripada peran Merpati. Jadi, kami berharap melihat Merpati bereproduksi lebih cepat, yang membawa kita kembali ke rasio keseimbangan 50-50.

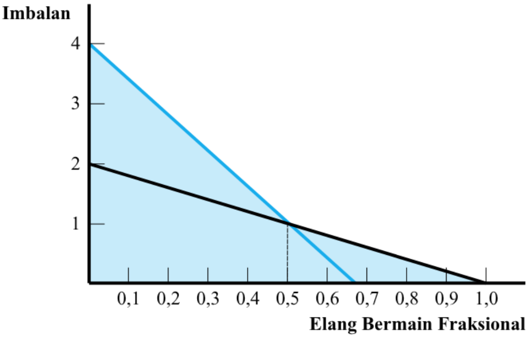
Demikian pula, ketika $p < 1/2$, keuntungan bagi Elang lebih besar daripada keuntungan bagi Merpati, yang menyebabkan Elang bereproduksi lebih cepat.

Argumen ini menunjukkan bahwa $p = 1/2$ bukan hanya merupakan keseimbangan, tetapi juga stabil di bawah kekuatan evolusi. Pertimbangan semacam ini mengarah pada konsep yang dikenal sebagai strategi yang stabil secara evolusi atau (*evolutionarily stable strategy*/ESS).

Perhatikan ESS ternyata merupakan keseimbangan Nash, meskipun berasal dari pertimbangan yang sangat berbeda.

Konsep keseimbangan Nash dirancang untuk menangani individu yang penuh perhitungan dan rasional, yang masing-masing mencoba merancang strategi yang sesuai untuk strategi terbaik yang mungkin dipilih pemain lain. *ESS* dirancang untuk memodelkan perilaku hewan di bawah kekuatan evolusi, dimana strategi yang memiliki hasil kebugaran yang lebih besar akan berkembang biak lebih cepat. Akan tetapi, keseimbangan ESS juga merupakan keseimbangan Nash, yang memberikan argumen lain mengapa konsep khusus ini dalam teori permainan begitu menarik.

Imbalan untuk Elang digambarkan dalam warna biru; Imbalan untuk Merpati berwarna hitam. Ketika $p > 1/2$, pembayaran untuk Elang lebih kecil daripada pembayaran untuk Merpati dan sebaliknya, yang menunjukkan bahwa keseimbangan stabil.



Gambar 5.5. Imbalan dalam permainan Elang-Merpati

IV. Permainan Komitmen

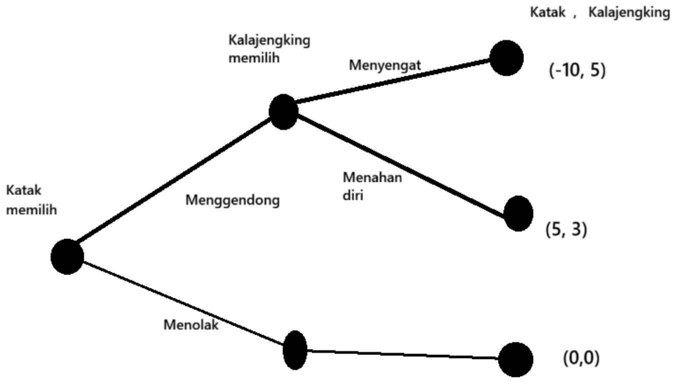
Contoh-contoh sebelumnya yang melibatkan permainan kerja sama dan kompetisi telah berkaitan dengan permainan dengan gerakan simultan. Setiap pemain harus membuat pilihannya sendiri tanpa mengetahui apa yang dipilih (atau telah dipilih) oleh pemain lain. Memang, permainan koordinasi atau kompetisi bisa jadi cukup sepele jika satu pemain mengetahui pilihan pemain lain. Di bagian ini kita mengalihkan perhatian kita ke permainan dengan gerakan berurutan. Isu strategis penting yang muncul dalam permainan semacam itu adalah komitmen. Untuk melihat cara kerjanya, lihat kembali permainan ayam yang dijelaskan sebelumnya dalam bab ini. Kita melihat di sana bahwa jika satu pemain dapat memaksa dirinya untuk memilih lurus, pemain lain akan memilih untuk berbelok. Dalam permainan kepastian, hasilnya akan lebih baik bagi kedua pemain jika salah satu dari mereka bergerak lebih dulu. Perhatikan bahwa pilihan yang berkomitmen ini harus tidak dapat diubah dan dapat diamati oleh pemain lain. Ketidakdapatan diubah adalah bagian dari apa artinya berkomitmen, sementara pengamatan sangat penting jika pemain lain akan dibujuk untuk mengubah perilakunya.

4.1. Katak dan Kalajengking

Kita mulai dengan kisah katak dan kalajengking. Mereka berdiri di tepi sungai, mencoba mencari jalan untuk menyeberang. “Aku tahu,” kata Kalajengking “Aku akan naik ke punggungmu dan kau bisa berenang menyeberangi sungai.” Katak berkata, “Tapi bagaimana kalau kau menyengatku dengan sengatmu?” Kalajengking berkata, “Kenapa aku harus melakukan itu? Kita berdua akan mati.” Katak merasa yakin, jadi kalajengking naik ke punggungnya dan mereka mulai menyeberangi sungai.

Di tengah perjalanan, di titik terdalam, kalajengking menyengat katak. Sambil menggeliat kesakitan, katak berteriak, “Kenapa kau melakukan itu? Sekarang kita berdua akan celaka!” “Aduh,” kata kalajengking, saat ia tenggelam ke dalam sungai, “itu sifatku.” Mari kita lihat katak dan kalajengking dari sudut pandang teori permainan.

Gambar 5.6 menggambarkan permainan berurutan dengan hasil yang konsisten dengan cerita. Mulailah dari bagian bawah **pohon permainan**. Jika katak menolak kalajengking, keduanya tidak mendapatkan apa pun. Dengan melihat satu baris, kita melihat bahwa jika katak menggendong kalajengking, ia menerima manfaat 5, karena melakukan perbuatan baik, dan kalajengking menerima imbalan 3, karena berhasil menyeberangi sungai. Pada baris dimana katak tersengat, ia menerima imbalan -10, dan kalajengking mendapat imbalan 5, yang menggambarkan kepuasan karena memenuhi naluri alaminya. Jika katak memilih untuk menggendong kalajengking, kalajengking akan memilih untuk menyengatnya dan keduanya akan mati.

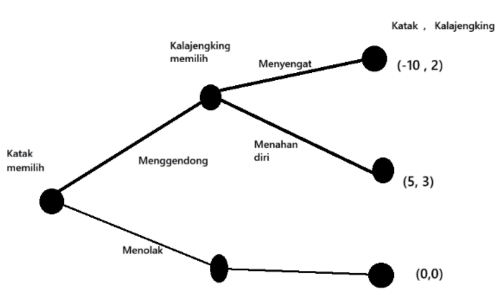


Gambar 5.6. Katak dan Kalajengking

Cara terbaik untuk memulai permainan adalah dengan langkah terakhir: pilihan kalajengking untuk menyengat atau menahan diri. Sengatan memiliki hasil yang lebih tinggi bagi kalajengking karena "merupakan sifatnya" untuk menyengat. Oleh karena itu, katak harus secara rasional memilih untuk menolak membawa kalajengking. Sayangnya, katak tidak mengerti hasil kalajengking; tampaknya, ia berpikir bahwa hasil kalajengking tampak seperti yang ada pada Gambar 5.7. Sayangnya, kesalahan ini berakibat fatal bagi katak.

Katak yang cerdas akan menemukan cara untuk membuat kalajengking berkomitmen untuk tidak menyengat. Misalnya, ia dapat mengikat ekornya. Atau ia dapat menyewa katak pembunuh, yang akan membalas dendam terhadap keluarga kalajengking. Apa pun strateginya, hal terpenting yang harus dilakukan katak adalah mengubah imbalan bagi kalajengking dengan membuat sengatan lebih merugikan atau menahan diri lebih menguntungkan.

Dengan keuntungan ini, jika katak memilih untuk menggendong kalajengking, kalajengking tidak akan memilih untuk menyengatnya, dan keduanya akan menyeberangi sungai dengan selamat.

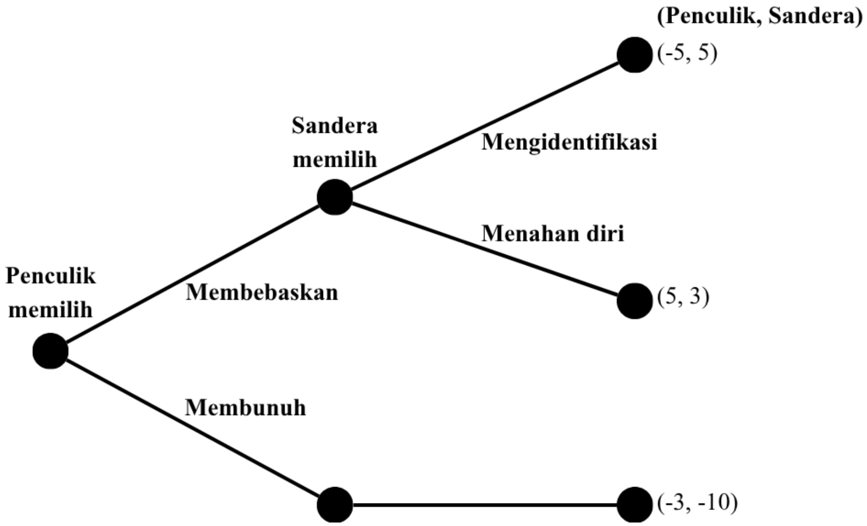


Gambar 5.7. Katak Dan Kalajengking Tidak Menyengat

4.2. Penculik yang Baik Hati

Penculikan untuk tebusan merupakan bisnis besar di beberapa belahan dunia. Di Kolombia, diperkirakan ada lebih dari 2.000 penculikan untuk tebusan per tahun. Di bekas Uni Soviet, penculikan meningkat dari 5 pada tahun 1992 menjadi 105 pada tahun 1999. Banyak korbannya adalah pengusaha Barat. Beberapa negara, seperti Italia, memiliki undang-undang yang melarang pembayaran tebusan. Alasannya adalah jika keluarga atau majikan korban dapat berkomitmen untuk tidak membayar tebusan, maka para penculik tidak akan memiliki motif untuk menculik korban sejak awal. Masalahnya, tentu saja, setelah penculikan terjadi, keluarga korban akan lebih memilih untuk membayar para penculik, meskipun hal itu ilegal. Oleh karena itu, hukuman untuk membayar tebusan mungkin tidak efektif sebagai alat komitmen.

Misalkan beberapa penculik menculik seorang sandera dan kemudian menemukan bahwa mereka tidak bisa dibayar. Haruskah mereka membebaskan sandera tersebut? Tentu saja, sandera tersebut berjanji untuk tidak mengungkapkan identitas para penculik. Akan tetapi, apakah ia akan menepati janji tersebut? Setelah dibebaskan, ia tidak memiliki dorongan untuk melakukannya—dan tidak memiliki dorongan untuk mencoba menghukum para penculik. Bahkan jika para penculik ingin melepaskan sandera, mereka tidak dapat melakukannya karena takut identitasnya diketahui. Gambar 5.8 menggambarkan beberapa kemungkinan imbalan. Penculik akan merasa bersalah karena membunuh sandera, dan menerima imbalan sebesar -3. Tentu saja, sandera akan merasa lebih buruk lagi, dan menerima imbalan sebesar -10. Jika sandera dibebaskan, dan tidak mengidentifikasi penculik, sandera mendapat imbalan 3 dan penculik mendapat imbalan 5. Akan tetapi, jika sandera berhasil mengidentifikasi penculik, ia mendapat imbalan 5, sehingga penculik mendapat imbalan -5.



Gambar 5.8. Permainan Penculikan

Penculik ingin membebaskan sandera, tetapi jika dia melakukannya, sandera akan mengidentifikasinya.

Sekarang sandera yang memiliki masalah komitmen: bagaimana ia dapat meyakinkan para penculik bahwa ia tidak akan mengingkari janjinya dan mengungkapkan identitas mereka? Sandera perlu mencari cara untuk mengubah hasil permainan. Secara khusus, ia perlu menemukan cara untuk mengenakan biaya pada dirinya sendiri jika ia mengidentifikasi para penculik. Thomas Schelling, seorang ekonom di Universitas Maryland yang telah bekerja secara ekstensif pada analisis strategis dalam permainan dinamis, menyarankan bahwa sandera mungkin meminta para penculik memotretnya dalam suatu tindakan yang memalukan dan meninggalkan mereka dengan foto-foto tersebut. Hal ini secara efektif mengubah hasil permainan. Dari pengungkapan identitas para penculiknya, karena mereka kemudian memiliki pilihan untuk mengungkapkan foto yang memalukan itu. Strategi semacam ini dikenal sebagai "pertukaran sandera."

Pada abad pertengahan, ketika dua raja ingin memastikan kontrak tidak akan dilanggar, mereka akan bertukar sandera seperti anggota keluarga. Jika salah satu raja melanggar perjanjian, para sandera akan dikorbankan. Tidak ada yang ingin mengorbankan anggota keluarga mereka, jadi setiap raja akan memiliki insentif untuk menghormati ketentuan kontrak mereka. Dalam kasus penculikan, foto yang memalukan akan membebani sandera jika dirilis, dengan demikian memastikan bahwa ia akan mematuhi perjanjiannya untuk tidak mengungkapkan identitas para penculik.

4.3. Ketika Kekuatan Menjadi Kelemahan

Contoh berikutnya datang dari dunia psikologi hewan. Ternyata babi dengan cepat membangun hubungan dominasi-subordinat, dimana babi yang dominan cenderung memerintah babi yang subordinat. Beberapa psikolog menempatkan dua babi, satu dominan, satu subordinat, dalam kandang panjang.

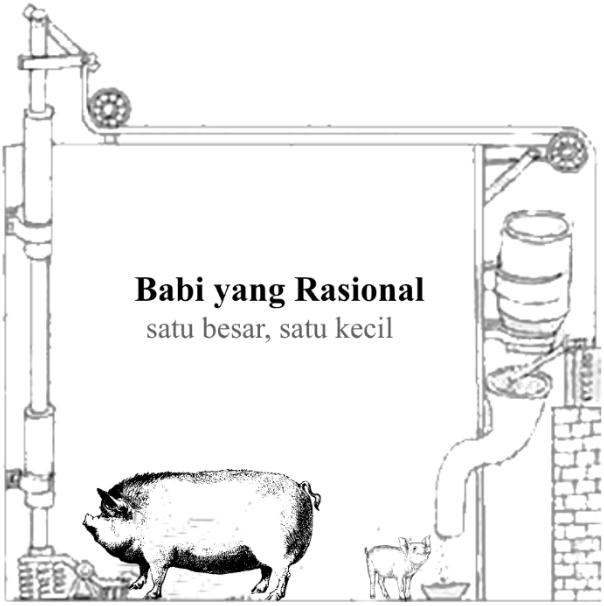
Pada salah satu ujung kandang terdapat tuas yang akan melepaskan sebagian makanan ke palung yang terletak di ujung kandang lainnya. Pertanyaan yang menarik adalah: babi mana yang akan mendorong tuas dan mana yang akan memakan makanan? Hasil percobaan yang agak mengejutkan adalah babi yang dominan menekan tuas, sementara babi subordinat menunggu makanan. Babi subordinat kemudian memakan sebagian besar makanan, sementara babi yang dominan bergegas secepat mungkin ke ujung palung kandang, berakhir dengan hanya sedikit sisa makanan. Tabel 5.20 menggambarkan permainan yang mengilustrasikan masalah tersebut.

Tabel 5.20. Permainan Babi

		Babi dominan	
		Tidak menekan tuas	Menekan tuas
Babi subordinat	Tidak menekan tuas	(0, 0)	(4, 1)
	Menekan Tuas	(0, 5)	(2, 3)

Babi subordinat membandingkan hasil (0, 4) dengan (0, 2) dan menyimpulkan, dengan cukup masuk akal, bahwa menekan tuas didominasi oleh tidak menekannya. Mengingat babi bawahan tidak menekan tuas, babi dominan tidak punya pilihan selain melakukannya. Jika babi dominan dapat menahan diri untuk tidak memakan semua makanan dan memberi hadiah kepada babi bawahan karena menekan tuas, ia dapat memperoleh hasil yang lebih baik. Masalahnya adalah babi tidak memiliki kontrak, dan babi dominan tidak dapat menolak untuk menjadi babi! Seperti dalam kasus penculik yang baik hati, babi dominan memiliki masalah komitmen. Jika ia hanya dapat berkomitmen untuk tidak memakan semua makanan, ia akan menjadi jauh lebih baik.

Kita belajar tidak hanya untuk memainkan strategi dominan saat kita memilikinya, tetapi juga untuk mengenali saat pemain lain memiliki strategi dominan. Dalam sebuah eksperimen terkenal, psikolog Baldwin dan Meese tidak memberi makan babi selama 48 jam dan kemudian menempatkan sepasang babi—satu besar dan satu kecil—bersama-sama ke dalam kandang (Gambar 5.9). Kandang tersebut dilengkapi dengan tuas di satu ujung dan palung di ujung lainnya. Saat seekor babi menekan tuas, makanan akan dibagikan ke dalam palung.



Gambar 5.9. Permainan Babi

Para psikolog mengamati bahwa babi besar hampir selalu mendorong tuas, sementara babi kecil hanya menunggu di dekat palung. Ada kepekaan terhadap hasil ini. Jika babi kecil menekan tuas, ia tidak akan mampu mendorong babi besar agar bisa mengakses makanan. Dengan menunggu di dekat palung, babi kecil mampu mengakses sebagian makanan sebelum babi besar mendorongnya. Babi kecil memiliki strategi dominan.

Untuk melihat ini, anggap palung berisi 10 unit makanan.

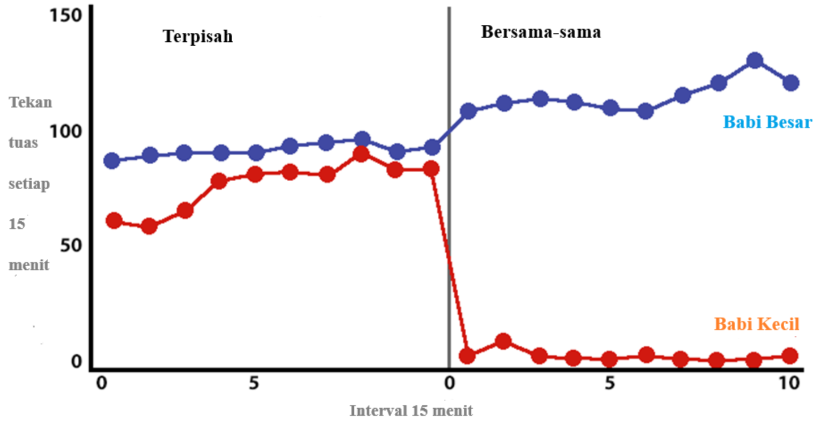
1. Jika babi besar berada di makanan terlebih dahulu, ia memakan semua 10 unit makanan.
2. Jika babi kecil berada di makanan terlebih dahulu, ia memakan 6 unit makanan sebelum disingkirkan.
3. Jika babi-babi tiba di palung pada saat yang sama, babi besar mendapat 7 unit makanan, dan babi kecil mendapat 3 unit.
4. Terakhir, menekan tuas "membuat" babi kehilangan 2 unit makanan (dalam percobaan babi tunggal, babi tidak perlu menekan tuas hanya untuk mendapatkan satu unit makanan). Ini menghasilkan permainan berikut (Tabel 5.21)

Tabel 5.21. Babi Besar dan Babi Kecil

		Babi Besar	
		Tekan tuas	Tunggu
Babi Kecil	Tekan tuas	1,5	-2,10
	Tunggu	6,2	0,0

Babi-babi tersebut pertama kali diperkenalkan ke kandang secara terpisah untuk memungkinkan mereka mempelajari hubungan antara menekan tuas dan menerima makanan di bak. Kemudian, pasangan babi tersebut ditempatkan bersama-sama. Berikut adalah hasil dari makalah asli (Gambar 5.10).

Babi besar tidak memiliki strategi yang dominan. Jika ia mengharapkan babi kecil untuk Menunggu, ia harus Menekan dan jika ia mengharapkan babi kecil untuk Menekan, ia harus Menunggu. Akan tetapi, babi besar dengan cepat belajar untuk langsung menuju tuas setiap saat. Rupanya, babi besar menyadari bahwa babi kecil memiliki strategi dominan untuk Menunggu yang membuat babi besar tidak punya banyak pilihan selain Menekan tuas.



Gambar 5.10. Permainan Babi dengan Waktu

4.4. Tabungan dan Jaminan Sosial

Masalah komitmen tidak terbatas pada dunia hewan. Masalah tersebut juga muncul dalam kebijakan ekonomi. Menabung untuk masa pensiun adalah contoh yang menarik dan tepat waktu. Semua orang hanya berbasa-basi tentang fakta bahwa menabung adalah ide yang bagus.

Sayangnya, hanya sedikit orang yang benar-benar melakukannya. Salah satu alasan keengganan menabung adalah karena individu menyadari bahwa masyarakat tidak akan membiarkan mereka kelaparan. Jadi, ada kemungkinan besar mereka akan diselamatkan di kemudian hari.

34

Untuk merumuskan hal ini dalam permainan antargenerasi, mari kita pertimbangkan dua strategi untuk generasi yang lebih tua: **menabung** atau **menghambur-hamburkan**. Generasi yang lebih muda juga memiliki dua strategi: **mendukung orang yang lebih tua** atau **menabung untuk masa pensiun mereka sendiri.** Matriks permainan yang mungkin ditunjukkan pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22. Konflik Antargenerasi mengenai Tabungan

		Generasi Muda	
		Mendukung	Menabung/menahan
Generasi tua	Menabung	2 , -1	1, 0
	Menghambur-hamburkan	3, -1	-2, -2

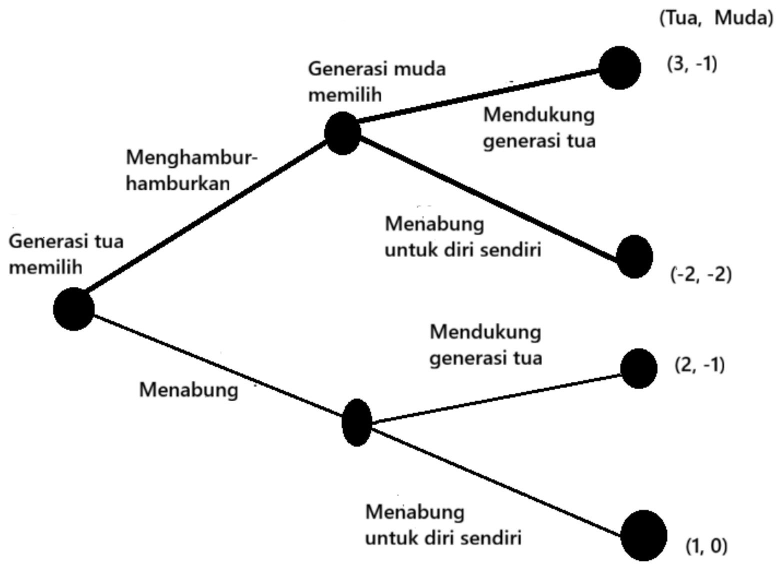
Keseimbangan Nash: (menghamburkan, mendukung) dan (menabung, menabung)

Jika generasi tua menabung dan generasi muda juga mendukung mereka, orang tua akan memiliki tingkat utilitas 2 dan orang muda akan memiliki -1. Jika generasi tua menghambur-hamburkan dan generasi muda akan mendukung mereka, orang tua akan memiliki utilitas 3 dan orang muda akan memiliki -1.

Jika generasi muda menahan diri untuk tidak memberikan dukungan kepada orang tua mereka dan generasi tua menabung, orang tua mendapat 1 dan orang muda mendapat 0. Terakhir, jika orang tua menghambur-hamburkan dan orang muda mengabaikan mereka, masing-masing berakhir dengan utilitas -2, orang tua terhindar dari kelaparan dan orang muda terhindar dari keharusan untuk berjaga-jaga.

Tidak sulit untuk melihat bahwa ada dua keseimbangan Nash dalam permainan ini. Jika orang tua memilih untuk menabung, maka orang muda akan memilih untuk mengabaikan mereka secara optimal. Akan tetapi, jika orang tua memilih untuk menghambur-hamburkan, maka generasi mudalah yang optimal untuk mendukung mereka. Dan tentu saja, mengingat generasi muda akan mendukung orang tua mereka, maka generasi tua pun optimal untuk menghambur-hamburkan! Akan tetapi, analisis ini mengabaikan struktur waktu permainan: salah satu (sedikit) keuntungan menjadi tua adalah Anda bisa bergerak lebih dulu. Jika kita menggambar pohon permainan, maka hasil yang didapat akan sama dengan yang ada pada Gambar 5.11.

Mengetahui bahwa generasi muda akan mendukung mereka, generasi tua memilih untuk menghambur-hamburkan. Keseimbangan sempurna subpermainan adalah (mendukung, menghambur-hamburkan).



Gambar 5.11. Permainan menabung dalam bentuk yang diperluas

Jika orang tua menabung, anak-anak muda akan memilih untuk mengabaikan mereka, sehingga orang tua akan mendapatkan hasil 1. Jika orang tua menghambur-hamburkan, mereka tahu bahwa anak-anak tidak akan sanggup melihat mereka kelaparan, sehingga orang tua akan mendapatkan hasil 3. Oleh karena itu, hal yang bijaksana bagi orang tua adalah menghambur-hamburkan, karena mereka tahu bahwa mereka akan diselamatkan di kemudian hari.

Tentu saja, sebagian besar negara maju kini memiliki program seperti program Jaminan Sosial Amerika Serikat (AS) yang memaksa setiap generasi menabung untuk masa pensiun.

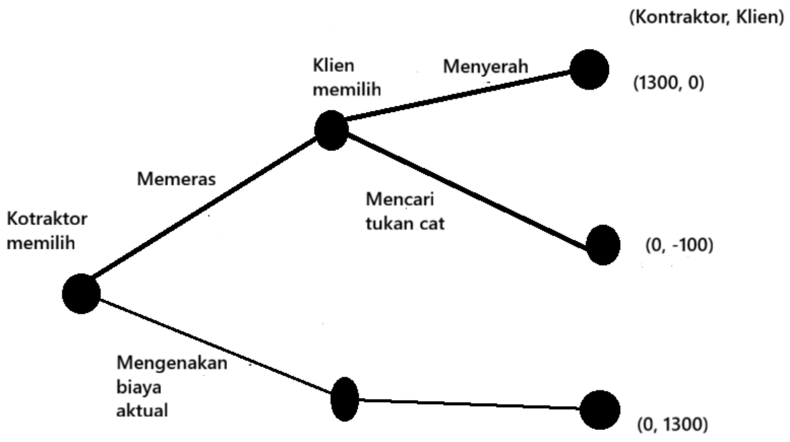
4.5. Tahan/Tunda

Diskusikan interaksi strategis berikut. Anda menyewa kontraktor untuk membangun gudang. Setelah rencana disetujui dan konstruksi hampir selesai, Anda menyadari bahwa warnanya buruk. Jadi, Anda meminta kontraktor untuk mengganti cat, yang melibatkan biaya yang tidak seberapa. Kontraktor kembali dan berkata: "Perintah perubahan itu akan menjadi $1500, tolong." Anda menyadari bahwa Anda akan mengeluarkan biaya setidaknya sebesar itu untuk menunda penyelesaian sampai Anda dapat menemukan tukang cat, dan Anda benar-benar menginginkan warna baru. Jadi, sambil bergumam pelan, Anda membayar biayanya.

Selamat, Anda telah dihambat! Tentu saja, kontraktor bukanlah satu-satunya pihak yang bersalah dalam permainan semacam ini.

Klien juga dapat "menahan" pembayaran mereka, yang menyebabkan banyak masalah bagi kontraktor. Pohon permainan untuk masalah penundaan (penangguhan) digambarkan pada Gambar 5.12. Kami berasumsi bahwa nilai yang diberikan pemilik untuk memiliki cat baru adalah $1500 dan biaya pengecatan sebenarnya adalah $200. Dimulai dari bagian atas daun pohon, jika kontraktor mengenakan biaya $1500, ia akan memperoleh laba sebesar $1300, dan klien memperoleh utilitas bersih sebesar $0. Jika klien mencari tukang cat lain, ia akan mengeluarkan biaya sebesar $200 untuk membayar tukang cat dan, katakanlah, $1400 dalam bentuk waktu yang hilang. Ia memperoleh warna yang diinginkannya yang bernilai $1500, tetapi harus membayar biaya langsung dan biaya keterlambatan sebesar $1600, sehingga ia memperoleh kerugian bersih sebesar $100. Jika kontraktor mengenakan biaya aktual sebesar $200 kepada klien, ia mencapai titik impas dan klien memperoleh nilai $1500 untuk $200, sehingga ia memperoleh hasil bersih sebesar $1300. Seperti yang dapat dilihat, pilihan terbaik bagi kontraktor adalah memeras pembayaran, dan pilihan terbaik bagi klien adalah mengalah. Akan tetapi, klien yang bijaksana akan menyadari bahwa perintah perubahan akan terjadi dalam proyek apa pun. Oleh karena itu, klien akan enggan untuk mempekerjakan kontraktor yang memiliki reputasi melakukan pemerasan, yang tentu saja berdampak buruk bagi kontraktor tersebut.

Kontraktor mengenakan harga tinggi untuk perubahan tersebut karena klien tidak memiliki alternatif lain.



Gambar 5.12. Masalah Penundaan (*Hold Problem*)

Ekonomi Manajerial (*Manajerial Economics*)

Bagaimana perusahaan mengatasi masalah penundaan? Jawaban dasarnya adalah kontrak. Biasanya, kontraktor menegosiasikan kontrak yang menentukan jenis perintah perubahan yang sesuai dan bagaimana biayanya akan ditentukan. Terkadang bahkan ada arbitrase atau prosedur penyelesaian sengketa lainnya yang tercantum dalam kontrak. Banyak waktu, tenaga, dan uang dihabiskan untuk menulis kontrak hanya untuk memastikan penundaan tidak terjadi. Akan tetapi, kontrak bukanlah satu-satunya solusi. Cara lain untuk mengatasi masalah adalah melalui komitmen. Misalnya, kontraktor dapat memberikan jaminan menjamin penyelesaian proyek tepat waktu. Sekali lagi, biasanya akan ada beberapa ketentuan yang ditetapkan secara objektif tentang apa yang dimaksud dengan penyelesaian. Faktor penting lainnya adalah reputasi. Jelas, seorang kontraktor yang terus-menerus mencoba memeras pelanggannya akan mendapatkan reputasi yang buruk. Dia tidak akan dipekerjakan lagi oleh pelanggan ini, dan dia pasti tidak akan mendapatkan rekomendasi yang baik. Efek reputasi ini dapat diperiksa dalam konteks permainan berulang di mana penundaan hari ini akan merugikan kontraktor di masa mendatang.

Tawar-menawar

Masalah tawar-menawar klasik adalah membagi Rupiah. Dua pemain memiliki Rupiah yang ingin mereka bagi di antara mereka. Bagaimana mereka melakukannya? Masalah tersebut, seperti yang dinyatakan, tidak memiliki jawaban karena terlalu sedikit informasi untuk membangun model yang wajar. Tantangan dalam memodelkan tawar-menawar adalah menemukan beberapa dimensi lain yang dapat dinegosiasikan oleh para pemain.

Salah satu solusinya, model tawar-menawar Nash, menggunakan pendekatan aksiomatik dengan menentukan properti tertentu yang seharusnya dimiliki solusi tawar-menawar yang wajar dan kemudian membuktikan bahwa hanya ada satu hasil yang memenuhi aksioma ini.

Hasilnya tergantung pada seberapa besar pemain menghindari risiko
70 dan apa yang akan terjadi jika tidak ada tawar-menawar. Sayangnya, pembahasan lengkap model ini berada di luar cakupan buku ini.

Pendekatan alternatif, model tawar-menawar **Rubinstein**, melihat serangkaian pilihan dan kemudian memecahkan keseimbangan sempurna subpermainan. Untungnya, wawasan dasar model ini mudah diilustrasikan dalam kasus-kasus sederhana. Dua pemain, Amang dan Boru, memiliki Rp.1 untuk dibagi di antara mereka. Mereka sepakat untuk menghabiskan paling lama tiga hari untuk bernegosiasi mengenai pembagian tersebut. Hari pertama, **Amang** akan mengajukan penawaran, **Boru** menerima atau kembali dengan penawaran balik pada hari berikutnya, dan pada hari ketiga Amang akan mengajukan satu penawaran terakhir. Jika mereka tidak dapat mencapai kesepakatan dalam tiga hari, kedua pemain mendapat nol.

Kita asumsikan Amang dan Boru berbeda dalam tingkat ketidaksabaran mereka: Amang mendiskon pembayaran pada masa mendatang dengan tarif α per hari, dan Boru mendiskon pembayaran dengan tarif β per hari. Terakhir, kita berasumsi bahwa jika seorang pemain acuh tak acuh terhadap dua penawaran, ia akan menerima penawaran yang paling disukai oleh lawannya.

Gagasan ini adalah bahwa lawan dapat menawarkan sejumlah kecil yang sewenang-wenang yang akan membuat pemain tersebut secara ketat lebih menyukai satu pilihan dan asumsi ini memungkinkan kita untuk memperkirakan "jumlah kecil yang sewenang-wenang" tersebut dengan nol. Ternyata ada keseimbangan sempurna subpermainan yang unik dari permainan tawar-menawar ini. Kami memulai analisis kami pada akhir permainan, tepat sebelum hari terakhir. Pada titik ini Amang dapat mengajukan tawaran terima-atau-tinggalkan kepada Boru. Jelas, hal optimal yang dapat dilakukan Amang pada titik ini adalah menawarkan Boru jumlah terkecil yang dapat diterimanya, yang, menurut asumsi, adalah nol.

Jadi, jika permainan sebenarnya berlangsung selama tiga hari, Amang akan mendapatkan Rp.1 dan Boru akan mendapatkan Rp.0 (yaitu jumlah yang sangat kecil).

Sekarang kembali ke langkah sebelumnya, saat Boru mengajukan pembagian. Pada titik ini Boru harus menyadari bahwa Amang dapat menjamin dirinya sendiri Rp.1 pada langkah berikutnya hanya dengan menolak tawarannya. Satu rupiah pada periode berikutnya bernilai α bagi Amang pada periode ini, jadi tawaran apa pun yang kurang dari α pasti akan ditolak.

Boru tentu lebih memilih $1-\alpha$ sekarang daripada nol pada periode berikutnya. Jadi, Boru harus secara rasional menawarkan α kepada Amang, yang kemudian akan diterima Amang. Jadi, jika permainan berakhir pada langkah kedua, Amang mendapatkan α dan Boru mendapatkan $1-\alpha$.

Sekarang beralih ke hari pertama. Pada titik ini Amang mengajukan tawaran dan ia menyadari bahwa Boru dapat memperoleh $1-\alpha$ jika ia menunggu hingga hari kedua. Oleh karena itu, Amang harus menawarkan hasil yang setidaknya memiliki nilai sekarang ini kepada Boru untuk menghindari penundaan. Jadi, ia menawarkan $\beta(1-\alpha)$ kepada Boru.

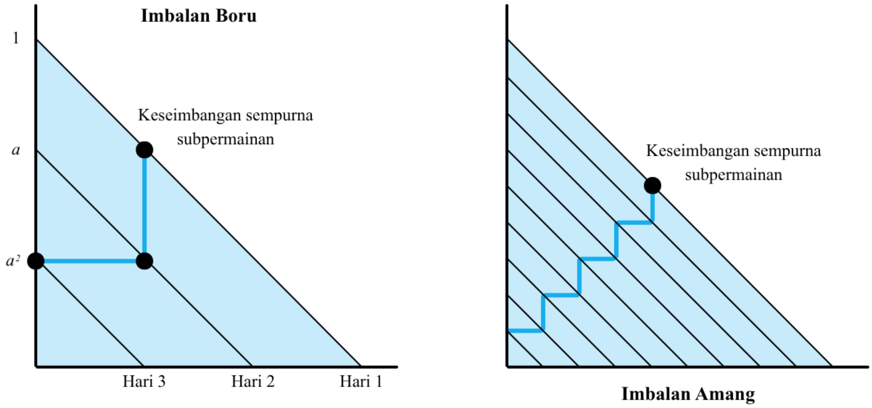
Boru merasa ini (cukup) dapat diterima dan permainan berakhir. Hasil akhirnya adalah permainan berakhir pada langkah pertama dengan Amang menerima $1 - \beta(1 - \alpha)$ dan Boru menerima $\beta(1 - \alpha)$. Panel pertama pada Gambar 5.13 mengilustrasikan proses ini untuk kasus di mana $\alpha = \beta < 1$. Garis diagonal terluar menunjukkan kemungkinan pola pembayaran pada hari pertama, yaitu, semua pembayaran dalam bentuk $x_A + x_B = 1$.

Garis diagonal berikutnya yang bergerak ke arah titik asal menunjukkan nilai sekarang dari pembayaran jika permainan berakhir pada periode kedua: α Garis diagonal yang paling dekat dengan titik asal menunjukkan nilai sekarang dari pembayaran jika permainan berakhir pada periode ketiga; persamaan untuk garis ini adalah $x_A + x_B = \alpha$.

Jalur siku-siku menggambarkan pembagian minimum yang dapat diterima pada setiap periode, yang mengarah ke keseimbangan sempurna subpermainan akhir. Panel kedua pada Gambar 5.13 menunjukkan bagaimana proses yang sama mungkin terlihat dengan lebih banyak tahapan dalam negosiasi. Wajar untuk membiarkan cakrawala menuju tak terhingga dan bertanya apa yang terjadi dalam permainan tak terhingga. Ternyata pembagian keseimbangan sempurna subpermainan adalah sebagai berikut.

$$Imbalan\ Amang = \frac{1 - \beta}{1 - \alpha\beta}$$

$$Imbalan\ Boru = \frac{\beta(1 - \alpha)}{(1 - \alpha\beta)}$$



Gambar 5.13. Permainan tawar-menawar

Garis tebal menghubungkan hasil keseimbangan dalam subpermainan. Titik pada garis yang paling jauh adalah keseimbangan sempurna subpermainan.

Permainan Ultimatum

Model tawar-menawar Rubinstein begitu elegan sehingga para ekonom bergegas mengujinya di laboratorium. Sayangnya, mereka menemukan bahwa keanggunan tidak menyiratkan keakuratan. Subjek yang naif (yaitu mereka yang tidak mengambil jurusan ekonomi) tidak begitu pandai melihat ke depan lebih dari satu atau dua langkah, jika itu yang mereka lakukan. Selain itu, ada faktor-faktor lain yang menyebabkan masalah. Untuk melihatnya, mari kita periksa versi satu langkah dari model tawar-menawar yang dijelaskan di atas.

Amang dan Boru masih memiliki Rp.1 untuk dibagi di antara mereka. Amang mengusulkan pembagian, dan, jika Boru setuju, permainan berakhir. Pertanyaannya adalah, apa yang harus dikatakan Amang? Menurut teori tersebut, ia harus mengusulkan sesuatu seperti 99 sen untuk Amang, 1 sen untuk Boru. Boru, yang menganggap bahwa 1 sen lebih baik daripada tidak sama sekali, menerimanya, dan Amang pulang dengan gembira karena ia belajar ekonomi. Sayangnya, hal itu tidak terjadi. Hasil yang lebih mungkin terjadi adalah Boru, yang merasa jijik dengan 1 sen yang remeh itu, berkata, "Tidak mungkin," dan Amang akhirnya tidak mendapatkan apa pun. Amang, yang menyadari kemungkinan ini, akan cenderung mempermanis tawaran tersebut.

Contoh

1. Diberikan martriks imbalan (*payoff*) dari dilema tahanan (*prisoner dilemma*) sebagai berikut (Tabel 5.23).

Tabel 5.23. Imbalan (Payoff) Dilema Tahanan

		Tahanan 2	
		Tidak mengaku	Mengaku
Tahanan 1	Tidak mengaku	-1, -1	-9, 0
	Mengaku	0, -9	-6, -6

Imbalan dari Tahanan 1 adalah angka pertama dan angka kedua adalah imbalan Tahanan 2.

Tabel 5.23. dapat disebut sebagai representasi bentuk normal dari permainan. Dalam representasi bentuk normal dari permainan, setiap pemain secara simultan memilih sebuah strategi, dan kombinasi dari strategi yang dipilih oleh pemain menghasilkan sebuah imbalan bagi setiap pemain.

Dalam kasus dilema tahanan, dua tertuduh ditangkap dan didakwa atas sebuah kejahatan. Polisi tidak mempunyai bukti yang cukup untuk mendakwa tertuduh, hingga seseorang mengaku. Polisi menahan kedua tertuduh dan memisahkan mereka dan mengurungnya dalam sebuah sel dan menjelaskan konsekuensi yang harus diterima atas tindakan yang dibuat. Jika tidak ada yang mengaku, maka keduanya akan dipenjara selama masing-masing 6 bulan. Jika keduanya tidak mengaku maka masing-masing akan dipenjara selama 1 bulan. Jika seorang mengaku dan orang lain tidak mengaku, maka yang mengaku akan dibebaskan, sedangkan yang tidak mengaku akan dipenjara selama 9 bulan. Imbalan dari kisah ini disajikan dalam Tabel 5.23 di atas.

Jika Tahanan 1 mengaku dan Tahanan 2 tidak mengaku, maka Tahanan 1 akan dibebaskan, dan Tahanan 2 akan dipenjara selama 9 bulan. Jadi, untuk Tahanan i, memainkan ***tidak mengaku*** didominasi oleh **mengaku,** untuk setiap strategi yang dapat dipilih oleh Tahanan j. Imbalan untuk Tahanan i dari memainkan **tidak mengaku** lebih kecil daripada imbalan Tahanan i dari memainkan **mengaku.**

Hal yang sama berlaku untuk matriks dimana *payoff*: 0, -1, -6, dan -9. Misalkan kita sebut T, R, P, dan S. Menghasilkan T > R > P > S untuk menangkap imbalan (*payoff*) *temptation* (godaan), *reward* (ganjaran), *punishment* (hukuman), dan *sucker* (yang tidak mengenakkan).

Dengan demikian dalam permainan ”dilema tahanaan” seorang pemain rasional akan memilih mengaku. Jadi, pilihan (mengaku, mengaku) akan merupakan hasil (*outcome*) dari dua pemain rasional, meskipun pilihan (mengaku, mengaku) menghasilkan imbalan yang lebih buruk jika kedua pemain memainkan (tidak mengaku, tidak mengaku).

Eliminasi Berulang dari Strategi yang Didominasi Secara Ketat (*Iterated Elimination of Strictly Dominated Strategies*)

Kita mulai dengan dilema tahanan. Jika seorang tahanan akan memainkan mengaku, maka tahanan lain akan lebih senang memainkan mengaku, sehingga akan dipenjara selama 6 bulan. Jika seorang tahanan memilih tidak mengaku, kemudian tahanan lain lebih senang memilih mengaku, sehingga dibebaskan, dibandingkan dengan memilih tidak mengaku.

Contoh

Dalam permainan yang digambarkan dalam matriks pada Tabel 5.24, Pemain 1 mempunyai dua strategi, yaitu Atas dan Bawah, dan Pemain 2 mempunyai tiga strategi, yaitu Kiri, Tengah, dan Kanan. Untuk Pemain 1, tidak ada Atas atau Bawah yang merupakan *strictly dominated*. Atas lebih baik dari Bawah jika Pemain 2 memilih Kiri (karena 1 > 0). Akan tetapi, Bawah lebih baik dari Atas, jika Pemain 2 memilih Kanan (karena 2 > 0).

Akan tetapi, untuk Pemain 2, Kanan merupakan *strictly dominated* oleh Tengah (karena 2 > 1 dan 1 > 0), sehingga seorang Pemain 2 rasional tidak akan memainkan Kanan.

Kemudian, seorang Pemain 2 yang rasional tidak akan memainkan Kanan. Eliminasi kanan dari ruang strategi Pemain 2.

Tabel 5.24. Imbalan Pemain 1 dan Pemain 2

		Pemain 2		
		Kiri	Tengah	Kanan
Pemain 1	Atas	1,0	1,2	0,1
	Bawah	0,3	0,1	2,0

9 Jika Pemain 1 mengetahui bahwa Pemain 2 rasional, kemudian Pemain 1 dapat memainkan permainan berikut (Tabel 5.25).

Tabel 5.25. Imbalan Hasil Eliminasi Kanan dari Ruang Permainan Pemain 2

		Pemain 2	
		Kiri	Tengah
Pemain 1	Atas	1,0	1,2
	Bawah	0,3	0,1

Sekarang, perhatikan bahwa Bawah *strictly dominated* oleh Atas untuk Pemain 1. Jadi, jika Pemain 1 rasional (dan Pemain 1 mengetahui bahwa Pemain 2 rasional, sehingga Tabel 5.26 digunakan) kemudian Pemain 1 tidak akan memainkan bawah.

Jika Pemain 2 mengetahui bahwa Pemain 1 rasional dan Pemain 1 mengetahui bahwa Pemain 2 rasional, maka Pemain 2 dapat mengeliminasi Bawah dari dari ruang permainan Pemain 1. Hasilnya
9 disajikan dalam Tabel 5.26.

Tabel 5.26. Imbalan Hasil Eliminasi Bawah dari Ruang Permainan Pemain 1

		Pemain 2	
		Kiri	Tengah
Pemain 1	Atas	1, 0	1, 2

Akan tetapi, sekarang hal ini menyisakan bahwa Kiri *strictly dominated* oleh Tengah untuk Pemain 2 dan menyisakan (Atas, Tengah) sebagai hasil (*outcome*) dari permainan tersebut.

Proses ini dinamakan tiga strategi eliminasi terintegrasi yang didominasi secara ketat (*three integrated elimination of strictly dominated strategies*).

Contoh

Dalam kasus ini, tidak ada strategi yang didominasi secara ketat (*strictly dominated strategies*) yang dapat dieliminasi (Tabel 5.27).

Tabel 5.27. Imbalan Tidak Ada Strategi yang Didominasi secara Ketat

		Pemain 2		
		Kiri	Tengah	Kanan
Pemain 1	Atas	0,4	4,0	5,3
	Tengah	4,0	0,4	5,3
	Bawah	3,5	3,5	6,6

Sepasang strategi memenuhi kondisi keseimbangan Nash, jika respons setiap strategi pemain merupakan respons terbaik kepada yang lain, demikian sehingga, jika imbalan kedua pemain digarisbawahi dalam sel bimatriks. Jadi, Bawah dan Kanan merupakan pasangan strategi yang memenuhi keseimbangan Nash.

2. Pertarungan jenis kelamin (*battle of sexes*). Dua orang suami isteri (Suami dan Istri) ingin pergi menonton. Suami lebih senang

menonton film tinju dan Istri lebih senang menonton opera. Matriks imbalan diberikan dalam Tabel 5.28 berikut. Keseimbangan Nash adalah (opera, opera) dan (tinju, tinju).

Tabel 5.28. Imbalan

		Istri	
		Opera	Tinju
Suami	Opera	2,1	0,0
	Tinju	0,0	1,2

BAB VI
PERMAINAN SIMULTAN

Ephraim Kishon dalam cerita "Jewish Poker" menggambarkan bagaimana seorang pria bernama Ervinke menawarkan narator bermain sebuah permainan dengannya. "Anda memikirkan sebuah angka, saya juga memikirkan sebuah angka," Ervinke menjelaskan. "Siapa pun yang memikirkan angka yang lebih tinggi menang. Kedengarannya mudah, tetapi terdapat ratusan jebakan." Kemudian mereka bermain. Narator membutuhkan waktu beberapa lama hingga ia menyadari bahwa lebih baik membiarkan Ervinke menyebutkan angkanya terlebih dahulu. Jelas ini adalah permainan yang tidak adil kecuali kedua pemain bermain secara bersamaan.

Pada bab ini kita akan memulai diskusi melalui teori permainan dengan mempertimbangkan permainan dimana setiap pemain hanya bergerak satu kali, dan gerakan dilakukan secara bersamaan. Permainan dapat dijelaskan dalam sebuah tabel (disebut bentuk normal permainan). Kemudian dibahas pendekatan yang memungkinkan pemain untuk memutuskan langkah mana yang akan mereka pilih, yang berpuncak pada keseimbangan Nash yang terkenal.

Bentuk Normal (Deskripsi Bimatriks)

Pada bagian awal diskusi ditunjukkan permainan yang berlangsung secara bersamaan. Diketahui bahwa setiap pemain hanya memiliki satu langkah, dan dilakukan secara bersamaan. Kita menetapkan jumlah pemain dalam permainan, dan kemudian mencantumkan semua kemungkinan langkah untuk setiap pemain. Pemain yang berbeda mungkin memiliki peran yang berbeda dan mungkin memiliki pilihan langkah yang berbeda. Diasumsikan bahwa setiap pemain hanya memiliki jumlah pilihan yang terbatas. Pemain secara bersamaan melakukan langkah mereka, menentukan hasil permainan, dan menerima imbalan mereka. Kita perlu menetapkan **imbalan** untuk setiap hasil.

Berapa banyak hasil yang mungkin? Setiap kombinasi langkah pemain menghasilkan hasil yang berbeda. Jika terdapat n pemain, dan pemain 1 memiliki k_1 kemungkinan langkah, pemain 2 memiliki k_2 kemungkinan langkah, dan seterusnya, maka terdapat sebanyak $k_1 . k_2 . k_n$ hasil yang mungkin. Untuk masing-masing, n angka akan menggambarkan pembayaran untuk pemain 1, pemain 2, dan seterusnya. Dalam permainan dimana setiap pemain memiliki banyak pilihan tak terhingga, kita dapat menggunakan metode kalkulus untuk fungsi dengan dua variabel, tetapi permainan semacam itu tidak dibahas dalam buku ini.

Dua Pemain

Berikut sebuah contoh dari sebuah permainan simulatan dengan dua pemain.

Contoh 1: Permainan Iklan

Dua perusahaan berbagi pasar, dimana mereka saat ini menghasilkan masing-masing Rp.5.000.000. Keduanya perlu menentukan apakah mereka harus melakukan iklan. Untuk setiap perusahaan, dengan mengeluarkan biaya iklan sebesar Rp.2.000.000 akan meraup Rp. 3.000.000 dari pesaing jika pesaing tidak beriklan. Apa yang harus dilakukan perusahaan?

Diskusi

Misalkan kita menamai kedua perusahaan itu A dan B. Jika keduanya tidak beriklan, mereka masing-masing mendapat Rp.5.000.000. Jika keduanya beriklan, keduanya menurunkan keuntungan mereka menjadi Rp.3.000.000. Jika A beriklan, tetapi B tidak, A mendapat Rp.6.000.000 dan B hanya mendapat Rp. 2.000.000, dan sebaliknya jika B beriklan dan A tidak. Pola pembayaran ditunjukkan dalam Tabel 6.1 (bentuk permainan normal). Angka-angka dalam Tabel 6.1 dalam jutaan rupiah. Baris-baris tersebut sesuai dengan pilihan pemain A, dan kolom-kolomnya sesuai dengan pilihan pemain B. Entri-entri tersebut adalah pembayaran untuk A dan pembayaran untuk B asalkan pilihan yang sesuai dipilih, dipisahkan dengan koma.

Tabel 6.1. Permainan Iklan

	B beriklan	B tidak beriklan
A beriklan	3,3	6,2
A tidak beriklan	2,6	5,5

Dua Pemain, Jumlah Nol (*Zero-Sum*)

Suatu permainan disebut *zero-sum* jika jumlah pembayarannya sama dengan nol untuk setiap hasil. Itu berarti bahwa ‘kemenangan’ 25 pemain yang menang dibayar dengan ‘kerugian’ pemain yang kalah. Untuk permainan dua pemain *zero-sum*, representasi bimatriks dari 25 permainan tersebut dapat disederhanakan: pembayaran pemain kedua tidak perlu ditampilkan, karena merupakan kebalikan dari pembayaran pemain pertama.

Contoh 2: Permainan *Zero-Sum*: Gunting-Kertas-Batu (Suit)

Misalkan kita bermain Suit untuk imbalan satu dokar, maka matriks imbalan dapat kita tuliskan sebagai berikut (Tabel 6.2). Sel pertama bertuliskan “0”, yang berarti “0,0”, yaitu pembayaran 0 untuk kedua pemain. Entri sel kedua “1” harus dibaca sebagai “1,- 1”, yaitu pembayaran 1 untuk A yang harus dibayar oleh B, oleh karena itu pembayaran -1 untuk B.

Tabel 6.2. Permainan Suit *Zero-Sum*

	Batu	Gunting	Kertas
Batu	0	1	-1
Gunting	-1	0	1
Kertas	1	-1	0

Tiga Pemain atau Lebih

Jika kita memiliki lebih dari dua pemain, kita memerlukan cara sistematis lain untuk mendapatkan sebanyak $k_1 . k_2 \ldots . k_n$ sel yang dibutuhkan untuk hasil yang berbeda, yang di dalamnya kita tulis *n* imbalan untuk *n* pemain. Berikut ini kita berikan beberapa contoh

Contoh 3: Permainan Suara Anggota Parlemen

Tiga anggota parlemen memberikan suara untuk menentukan apakah mereka akan menaikkan gaji mereka sebesar Rp.2.000.000 per bulan. Karena pemilih mengamati pemungutan suara ini, terdapat sedikit keengganan bagi mereka atas usulan dan memberikan suara untuk kenaikan gaji. Mari kita asumsikan bahwa anggota parlemen memperkirakan bahwa kehilangan muka tersebut bernilai Rp.1.000.000 per tahun. Apa yang terjadi jika ketiganya memberikan suara pada saat yang sama?

Contoh ini adalah permainan tiga pemain yang dapat dimainkan secara bersamaan. Permainan ini dapat divisualisasikan dengan dua matriks. Pemain A memilih matriks, B memilih baris, dan C memilih kolom. Pembayaran (dalam juta rupiah) disajikan pada Tabel 6.3 sebagai berikut

52

Tabel 6.3. Permainan Suara Anggota Parlemen

	A memilih gaji naik	
	C memilih gaji naik	C menentang
B memilih gaji naik	1,1,1	1,1,2
B menentang	1,2,1	-1,0,0
	A menentang	
	C memilih gaji naik	C menentang
B memilih gaji naik	2,1,1	0,-1,0
B menentang	0,0,1	0,0,0

Permainan Simetris (*Symmetric Games*)

Semua contoh di atas sejauh ini merupakan permainan simetris, dimana semua pemain memiliki pilihan (opsi) yang sama, dan jika kedua pemain saling bertukar langkah, hasil akhirnya juga akan saling bertukar.

Untuk permainan 2 pemain, misalkan $m_1;m_2$ adalah langkah dan misalkan $a(m_1, m_2)$ adalah imbalan untuk A jika memainkan m_1 dan $b(m_1, m_2)$ adalah imbalan untuk B, jika memainkan m_2. Jadi, $a(m_1, m_2) = b(m_2, m_1)$ dan $b(m_1, m_2) = a(m_2, m_1)$ untuk permainan simetris.

43

Artinya, entri pada baris *j* dan kolom *i* diperoleh dari entri pada baris *i* dan kolom *j* dengan saling menukar hasilnya. Untuk permainan simetris 3 pemain, $a(m_1, m_2, m_3) = b(m_2, m_1, m_3) = b(m_3, m_1, m_2) = c(m_2, m_3, m_1) = c(m_3, m_2, m_1)$ dan seterusnya. Permainan simetris dirancang baik, memberikan peluang yang sama kepada setiap pemain.

Pergerakan Maksimin dan Tingkat Keamanan

Sejumlah orang mungkin selalu mengharapkan yang terburuk. Apa pun yang dimainkannya, seorang pemain (sebut saja A) mungkin berasumsi bahwa pemain lain akan selalu merespons dengan langkah yang meminimalkan hasil A. Hal ini dapat dibenarkan dalam permainan *zero-sum* dua pemain jika A sangat mudah ditebak sehingga pemain lain selalu mengantisipasi langkahnya.

Dalam kasus lain, keyakinan tersebut berbatasan dengan paranoia, karena pemain lain tidak akan tertarik untuk mencederai A, tetapi ingin memaksimalkan hasil mereka. Akan tetapi, A yang pesimis akan mengevaluasi strateginya berdasarkan kasus terburuk yang diharapkan. Dia akan berkonsentrasi, untuk semua pilihannya, pada hasil terkecil yang mungkin didapatnya. Jika dia yakin bahwa inilah yang akan dia dapatkan, maka A akan memilih pilihan dengan nilai tertinggi. Nilai ini disebut **nilai Maksimin** atau **tingkat keamanan**. Pilihan yang akan dimainkan A disebut langkah (strategi) Maksimin, karena memaksimalkan hasil minimum yang mungkin. Dengan memainkan langkah maksimin, pemain dapat menjamin imbalan setidaknya sebesar nilai maksimin, tidak peduli bagaimana pemain lain bermain. Untuk memilih langkah maksimin, pemain tidak harus mengetahui pembayaran pemain lain.

Dalam contoh Permainan Iklan, perusahaan A mungkin kuatir bahwa perusahaan B akan beriklan juga jika A beriklan, menghasilkan pembayaran 3 untuk A. Jika perusahaan A tidak beriklan, hal terburuk yang dapat terjadi adalah perusahaan B beriklan dengan hasil 2 untuk A. Oleh karena itu, perusahaan A akan beriklan untuk memaksimalkan hasil terburuk yang mungkin terjadi.

Dalam contoh Permainan Suara Anggota Parlemen, hal terburuk yang dapat terjadi jika A memilih kenaikan adalah bahwa kedua pihak lainnya memilih menentang, sehingga A memperoleh hasil 1. Jika A memilih menentang kenaikan, dalam kasus terburuk (sebenarnya dalam tiga dari empat kasus) A memperoleh hasil 0, yang lebih besar daripada kasus lainnya. Oleh karena itu, A akan memilih menentang kenaikan jika menggunakan prinsip maksimin. Dalam permainan dua pemain, pemain pertama, A, akan melihat baris-baris bimatriks dan pada setiap baris menyorot sel dengan hasil terendahnya. Kemudian, ia akan memilih baris dengan angka tertinggi yang disorot. Dengan cara yang sama, pemain kedua, B, saat memainkan strategi maksimin akan menandai pada setiap kolom sel dengan hasil terendah untuknya, lalu memilih kolom dengan angka tertinggi yang ditandai. Bagaimana kita menangani seri, jika dua atau lebih baris memiliki hasil minimum yang sama untuk A? Dia dapat memilih salah satu langkah ini, atau berganti secara acak di antara langkah-langkah tersebut.

Gerakan yang Didominasi (*Dominated Moves*)

Sebuah pergerakan/langkah, M_1, untuk A *strictly* mendominasi M_2 , jika M_1 selalu menghasilkan pembayaran yang lebih tinggi untuk A daripada M_2. Seorang pemain yang rasional tidak akan pernah memainkan langkah yang secara ketat didominasi (*strictly dominated*) oleh langkah lainnya. Dominasi tidak memberi tahu apa yang harus dimainkan, tetapi apa yang tidak boleh dimainkan. Dalam kasus yang jarang terjadi dimana salah satu langkah A secara ketat mendominasi semua langkah lainnya, ini akan berubah menjadi saran positif untuk memainkan langkah yang mendominasi semua langkah lainnya.

Dalam contoh Permainan Iklan, pilihan "iklan" secara ketat mendominasi "bukan iklan" untuk kedua perusahaan. Oleh karena itu, kedua perusahaan akan beriklan. Bukan kebetulan bahwa saran yang diberikan oleh mekanisme maximin dan saran yang diberikan oleh aturan untuk tidak memainkan langkah yang didominasi secara ketat adalah sama untuk contoh ini.

Sebenarnya langkah maximin pemain tidak pernah didominasi secara ketat oleh salah satu langkah lainnya. Saran untuk pemain bisa lebih dari sekadar mengabaikan langkah yang didominasi secara ketat. Khususnya, jika pemain A yakin bahwa pemain lain juga akan mematuhi aturan ini, maka kita dapat mengabaikan semua gerakan yang didominasi secara ketat dalam permainan, tidak hanya untuk A, tetapi juga untuk semua pemain lainnya. Akan tetapi, asumsi tentang perilaku pemain lain ini tidak otomatis.

Asumsi ini mengasumsikan bahwa semua pemain rasional dan pintar atau cukup berpengalaman. Dengan asumsi bahwa semua pemain menerima keyakinan ini pada rasionalitas dan kecanggihan semua pemain, kita tahu bahwa semua pemain mengurangi permainan dengan menghilangkan semua gerakan yang didominasi secara ketat. Kemudian, dalam permainan yang dikurangi, dominasi ketat dapat terjadi di tempat yang sebelumnya tidak terjadi, dan putaran eliminasi yang sama dapat dilakukan untuk mengurangi permainan lebih lanjut. Proses pengurangan permainan berulang kali, serta hasilnya, permainan yang tidak dapat dikurangi lebih lanjut karena tidak ada gerakan yang didominasi secara ketat, dilambangkan dengan penghapusan berulang dari gerakan yang didominasi secara ketat (*iterated elimination of strictly dominated moves*/IESD). Kecuali dalam kasus dimana hasil IESD adalah permainan dengan hanya satu opsi untuk A, IESD adalah metode untuk mengecualikan gerakan daripada memberi tahu gerakan apa yang harus dipilih. Berikut ini adalah contoh prosedur IESD.

Contoh 4: Permainan Dua Warung

Masing-masing dari dua warung mematok harga sendiri untuk air kemasan, sebesar Rp.2.000, Rp.4.000, atau Rp.5.000. Biaya untuk menyajikan air kemasan diasumsikan diabaikan. Diperkirakan 6.000 botol air kemasan per bulan diminum pada sebuah warung oleh wisatawan, yang memilih salah satu dari dua warung secara acak, dan 4.000 botol air kemasan per bulan diminum oleh penduduk lokal yang pergi ke warung dengan harga terendah, dan dibagi rata jika kedua warung menawarkan harga yang sama. Berapa harga yang akan dipilih oleh warung tersebut?

Permainan ini bersifat simetris. Kita ilustrasikan dalam satu contoh cara menghitung hasil. Jika warung A mengenakan biaya Rp.2.000 dan warung B mengenakan biaya Rp.4.000, maka semua penduduk lokal akan memilih warung A. Oleh karena itu, warung A akan menyajikan 4.000 botol air kemasan untuk penduduk asli, dan 3.000 botol air kemasan untuk turis, menyajikan sebanyak 7.000 botol air kemasan, dan akan menghasilkan 7.000×Rp.2.000 = Rp.14.000.000. Warung B hanya akan menyajikan 3.000 botol air Kemasan untuk turis, menghasilkan 3000×Rp.4.000 = Rp. 12.000.000. Matriks imbalan ditulis sebagai berikut (dalam juta rupiah)

Tabel 6.4. Permainan Dua Warung

		Warung B		
		2	4	5
Warung A	2	10,10	14,12	14,15
	4	12,14	20,20	28,15
	5	15,14	15,28	25,25

Untuk setiap warung, pergerakan "4" *strictly dominated* pergerakan "2". Kita dalam mengeliminasi pergerakan "2" dan untuk menyederhanakaan permainan (Tabel 6.5).

Tabel 6.5. Eliminasi Pergerakan "2"

	4	5
4	20,20	28,15
5	15,28	25,25

Sekarang kita lihat bahwa pergerakan "4" *strictly dominate* pergerakan "5". Selanjutnya, kita eliminasi pergerakan ini untuk kedua pemain dan kita pada pilihan pergerakan "4" untuk setiap pemain dan dengan hasil imbalan sebesar Rp. 20.000.000 untuk setiap pemain.

Kondisi yang lebih lemah adalah dominasi yang lemah (*weak domination*). A melakukan pergerakan *weakly dominates* (mendominasi dengan lemah) pergerakan langkah lainnya, jika langkah tersebut menghasilkan setidaknya hasil yang sama untuk A dalam semua kasus yang dihasilkan oleh kombinasi langkah pemain lain, dan setidaknya dalam satu kasus menghasilkan hasil yang lebih baik. Jadi, langkah yang mendominasi dengan lemah tidak pernah lebih buruk daripada langkah yang didominasi dengan lemah, dan terkadang lebih baik.

Kebijaksanaan umum adalah bahwa eliminasi berulang dari langkah yang didominasi dengan lemah (*iterated elimination of weakly dominated*/IEWD) bukanlah sesuatu yang harus dilakukan secara otomatis. Langkah IEWD masih dapat dimainkan, khususnya dalam kasus dimana muncul dalam kombinasi dengan langkah pemain lain yang diketahui tidak dimainkan oleh mereka.

Respons Terbaik

Asumsikan Anda akan memainkan permainan simultan satu ronde melawan teman Anda. Teman Anda telah memikirkan langkahnya, memutuskan langkah apa yang akan dimainkan, dan menuliskannya pada selembar kertas agar tidak lupa. Anda dapat melihat kertas ini tanpa teman Anda menyadarinya. Dengan demikian, permainan berubah dari simultan menjadi sekuensial dengan informasi yang sempurna. Langkah yang Anda mainkan dalam kondisi ini disebut respons terbaik terhadap langkah teman Anda. Mari kita mulai dengan dua pemain.

Respons terbaik A terhadap langkah B, sebut saja M adalah langkah yang menghasilkan hasil tertinggi bagi A, terhadap langkah M oleh B. Mungkin ada beberapa respons terbaik untuk langkah tertentu. Untuk menemukan respons terbaik A terhadap langkah M oleh B kita bahkan tidak perlu mengetahui hasil B.

Anda menemukan respons terbaik untuk gerakan pemain pertama (A) dengan melihat baris-baris bimatriks satu per satu dan memilih di setiap baris sel tempat entri kedua adalah nilai maksimum. Label kolom yang sesuai adalah respons terbaik untuk gerakan yang sesuai dengan baris tersebut. Dengan cara yang sama, untuk menemukan respons terbaik terhadap gerakan pemain kedua (B), kita mempertimbangkan kolom-kolom dan memilih di setiap kolom sel dengan entri pertama maksimum. Label baris yang sesuai adalah respons terbaik yang sesuai untuk gerakan yang sesuai dengan kolom tersebut. Dalam contoh Permainan Iklan**,** respons terbaik untuk iklan adalah mengiklankan, dan respons terbaik untuk tidak mengiklankan juga mengiklankan. Ini berlaku untuk kedua pemain, karena permainannya simetris. Dalam contoh Permainan Dua Warung, respons terbaik untuk harga “2” adalah harga “5”, respons terbaik untuk harga “4” adalah harga “4”, dan respons terbaik untuk harga “5” adalah harga “4”. Dalam hal ini, permainannya simetris.

Contoh 5: Permainan Asimetris

Mari kita berikan contoh asimetris. Asumsikan A memiliki empat gerakan, A_1, A_2, A_3, A_4, dan B memiliki tiga gerakan B_1, B_2, dan B_3. Imbalan bimatriks hasil dari permainan dua orang jumlah bukan nol (non zero sum) ini disajikan pada Tabel 6.6 sebagai berikut.

Tabel 6.6. Permainan Asimetris

	B_1	B_2	B_3
A_1	1,3	2,2	1,2
A_2	2,3	2,3	2,1
A_3	1,1	1,2	3,2
A_4	1,2	3,1	2,3

Kita mendapatkan dua keseimbangan Nash pada sel (A_2, B_1) dan (A_3, B_2).

Tugas Permainan Lima Orang Kesatria

45 Lima kesatria, A, B, C, D, dan E, sedang memilih pemimpin mereka. Masing-masing memiliki daftar preferensi. Berikut ini adalah contoh preferensi, diberikan dari tertinggi ke terendah.

3 A: A, D, E, C, B

B: B, C, E, A, D

C: C, E, D, B, A

D: D, B, C, E, A

E: E, C, B, A, D

Mereka memilih dalam beberapa putaran. Pada setiap putaran, setiap kesatria mengajukan satu nama. Seorang kesatria terpilih jika ia memperoleh lebih banyak suara daripada yang lainnya. Jadi, dua suara pun mungkin cukup jika tidak ada kesatria lain yang memperoleh dua suara. Jika tidak ada yang terpilih, kita lanjut ke putaran berikutnya.

Dalam hal ini terdapat dua versi:

Kasus Awal Jika pilihan pertama kesatria terpilih, ini adalah imbalan dari 2 untuk kesatria itu. Jika pilihan keduanya terpilih, imbalannya adalah 1. Jika tidak ada yang terpilih dan kita lanjut ke babak berikutnya, imbalannya adalah 0. Jika pilihan ketiga, keempat, atau kelimanya terpilih, imbalannya adalah -1, -2, atau -3.

Kasus selanjutnya (*exhausted case*)

Pilihan pertama, kedua, dan ketiga kesatria memberikan imbalan 2, 1, dan 0. Jika tidak ada yang terpilih dan kita lanjut ke babak berikutnya, imbalannya adalah 1. Jika pilihan keempat atau kelimanya terpilih, imbalannya adalah -2 atau -3.

Setiap pola preferernsi mendefinisikan sebuah permainan.

Karena setiap pemain memiliki lima pilihan, akan terdapat sebanyak 5. 5. 5. 5. 5 = 3.125 luaran. Kita dapat merepresentasikannya dengan hasil pembayaran pada kubus 5 dimensi. Mari kita lihat hasilnya dan tentukan apakah itu merupakan ekuilibrium Nash dalam dua versi permainan. Asumsikan A memilih A, B memilih B, C memilih C, D memilih C, dan E memilih C. Jadi, C terpilih, dan imbalan untuk A, B, C, D, dan E adalah -2, 1, 2, -1, dan 1 dalam permainan kasus awal. Kesatria A tidak senang, tetapi tetap tidak memiliki alasan untuk memilih secara berbeda—jika ia memilih A atau D, C akan tetap terpilih. Akan tetapi, hasil ini bukanlah ekuilibrium Nash, karena D, yang mengetahui pola pemungutan suara pemain lain, lebih suka memilih B untuk memperoleh hasil seri dan hasil imbalan 0.

Dalam permainan kasus *exhaust game*, imbalan bagi A, B, C, D, dan E untuk pola pemungutan suara yang sama adalah -2, 1, 2, 0, dan 1. Kesatria D masih tidak menyukai C, tetapi sekarang merasa puas karena seseorang telah terpilih. Hasil tersebut adalah keseimbangan Nash dalam versi permainan ini. Tidak seorang pun akan, mengingat suara yang lain, mempertimbangkan kembali dan memilih secara berbeda. Kesatria A dan D masih tidak senang, tetapi mereka tidak dapat mengubahnya secara sepihak.

Mari kita diskusikan bagaimana kita dapat mencari keseimbangan Nash dalam versi "*exhausted knight*." Idenya adalah untuk memulai dengan hasil apa pun, yang ditentukan oleh serangkaian pilihan pemain. Jika semua pemain memainkan respons terbaik terhadap gerakan pemain lain, kita memiliki keseimbangan Nash. Jika tidak, setidaknya satu pemain belum memainkan respons terbaik—kita biarkan pemain ini mempertimbangkan kembali dan memainkan respons terbaik. Kemudian kita mengevaluasi hasilnya lagi. Kita sekarang memiliki keseimbangan Nash, atau kita masih memiliki pemain yang tidak memainkan respons terbaik terhadap gerakan pemain lain. Kita lanjutkan, hingga kita mendapatkan keseimbangan Nash. Lihat hasil dimana setiap orang memilih dirinya sendiri terlebih dahulu. Ini akan menghasilkan seri dan setiap orang akan lebih suka jika pilihan keduanya yang dipilih.

Jadi, katakanlah D mempertimbangkan kembali dan memilih B alih-alih dirinya sendiri. Oleh karena itu, B akan terpilih. B dan E memiliki respons yang lebih baik; A dapat memilih E alih-alih dirinya sendiri untuk mendapatkan seri dan menghindari pemilihan B. Sekarang B, C, dan E memiliki respons yang lebih baik. Mari kita asumsikan B memainkan respons terbaiknya E terhadap gerakan pemain lain. Pola pemungutan suara ini EECBE ternyata merupakan keseimbangan Nash.

Awalnya setiap orang memilih preferensi pertamanya. Ubah suara D ke B, lalu suara A ke E, lalu suara B ke E. Proses ini tidak selalu berakhir. Kita mulai dengan setiap orang memilih untuk dirinya sendiri. Kemudian A memilih respons terbaik dan memilih D. Kemudian B memilih respons terbaik dan memilih C. Setelah itu D mempertimbangkan kembali dan memilih B, kemudian B mempertimbangkan kembali lagi, memilih untuk dirinya sendiri lagi, dan D mempertimbangkan kembali lagi, memilih untuk dirinya sendiri lagi. Setelah ini kita memiliki hasil yang telah kita bahas sebelumnya (pola pemungutan suara DBCDE) dan prosesnya dapat berlanjut dengan cara yang sama selamanya.

Diagraf Respons Terbaik

Untuk permainan 2 pemain, informasi respons terbaik dapat ditampilkan dalam grafik. Diagraf respons terbaik bipartit untuk permainan dua pemain didefinisikan sebagai berikut: untuk setiap gerakan A, kita menggambar lingkaran putih dan untuk setiap gerakan B, kita menggambar lingkaran hitam. Lingkaran-lingkaran tersebut disebut titik sudut digraf. Dari setiap titik sudut putih, kita menggambar anak panah, busur, ke arah titik sudut hitam yang merupakan respons terbaik terhadap gerakan A yang sesuai. Dengan cara yang sama, busur digambar dari titik sudut hitam ke arah titik sudut putih dengan respons terbaik.

Kita kembali ke contoh di atas dengan matriks berikut (Tabel 6.7).

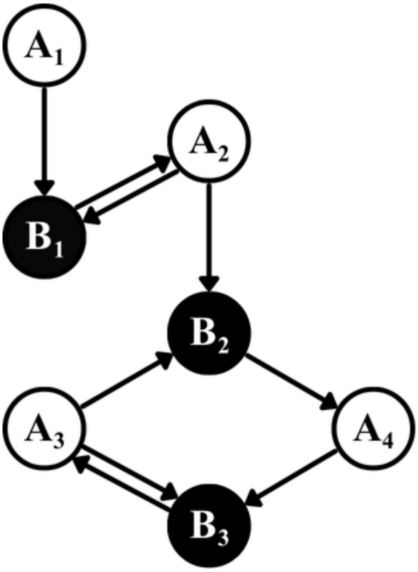
Tabel 6.7. Contoh

3

	B_1	B_2	B_3
A_1	$1,\underline{3}$	$2,2$	$1,2$
A_2	$\underline{2},\underline{3}$	$2,\underline{3}$	$2,1$
A_3	$1,1$	$1,\underline{2}$	$\underline{3},\underline{2}$
A_4	$1,2$	$\underline{3},1$	$2,\underline{3}$

67

Diagraf respons terbaik ditunjukkan pada Gambar 6.1.



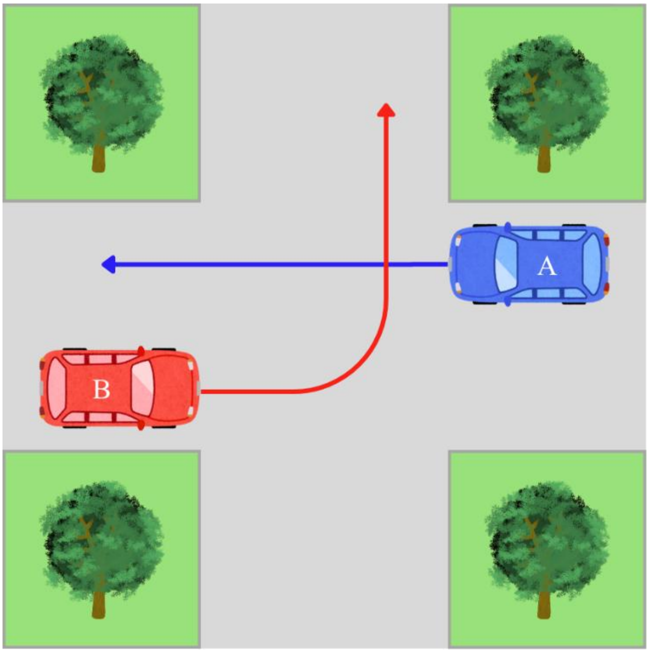
Gambar 6.1. Respons Terbaik

Soal Latihan

53

1. Dua mobil bertemu di persimpangan dan ingin melanjutkan perjalanan seperti yang ditunjukkan oleh anak panah pada Gambar 6.2. Setiap pemain dapat melanjutkan sesuai arah atau mengelak. Jika keduanya melanjutkan sesuai panah, maka terjadi kecelakaan. A akan mendapatkan hasil -100 dalam kasus ini, dan B mendapatkan hasil -1000 (karena B akan bertanggung jawab atas kecelakaan tersebut, karena A memiliki hak jalan). Jika salah satu mengalah dan yang lain melanjutkan perjalanan, yang mengalah akan mendapatkan imbalan 5, dan yang lainnya -5. Jika keduanya mengalah, maka butuh waktu sedikit lebih lama hingga mereka dapat melanjutkan perjalanan, jadi keduanya mendapatkan hasil -10.

   Tugas: Analisis permainan simultan ini, gambarkan bimatriks hasil, dan tunjukkan keseimbangan Nash murni.



Gambar 6.2. Dua Mobil pada Persimpangan

2. Dua pengemudi melaju kencang ke arah satu sama lain dan tabrakan pasti terjadi kecuali salah satu dari mereka mundur dan membanting stir pada menit terakhir. Jika keduanya berbelok, semuanya baik-baik saja (dalam kasus ini, mereka berdua mendapat bayaran 1). Jika salah satu mundur dan membanting stir, tetapi yang lain tidak, maka itu adalah kesuksesan besar bagi pemain dengan nyali besar (menghasilkan imbalan 2) dan aib besar bagi yang pengecut (penalti 1). Jika kedua pemain memiliki nyali besar, bencana terjadi (dan keduanya mendapat penalti besar M).

   Tugas: Analisis permainan simultan ini, gambarkan bimatriks hasil, dan tunjukkan keseimbangan Nash murni.

BAB VII
KISAH ALKITAB DENGAN ANALISIS TEORI PERMAINAN

Steven J. Brams (1980) menerapkan teori permainan pada kisah-kisah Alkitab. Salah satunya adalah kisah Yusuf, untuk menjelaskan strategi rasional yang digunakan oleh para tokoh. Ia menggunakan teori permainan nonkooperatif untuk menganalisis interaksi strategis, dengan berfokus pada bagaimana para tokoh membuat keputusan berdasarkan preferensi mereka dan pengetahuan tentang preferensi orang lain

Beberapa contoh cerita Alkitab yang dapat dianalisis dengan teori permainan (*game theory*) adalah kisah Kain dan Habel, kisah Yusuf dan saudara-saudaranya, serta kisah Daud dan Goliat. Analisis ini dapat membantu memahami motif, strategi, dan konsekuensi dari tindakan para tokoh dalam cerita tersebut.

Berikut adalah beberapa contoh cerita Alkitab yang dapat dianalisis dengan teori permainan.

A. Kain dan Habel

Kisah ini dapat dianalisis dengan mempertimbangkan pilihan Kain untuk membunuh Habel. Analisis teori permainan dapat mengeksplorasi pilihan Kain sebagai hasil dari rasionalitas terbatas, yaitu Kain tidak sepenuhnya memahami konsekuensi tindakannya. Selain itu, dapat dianalisis bagaimana keengganan Kain untuk berbagi dengan adiknya (Habel) dapat digambarkan sebagai strategi dalam konteks persaingan untuk mendapatkan kasih sayang Allah.

Kisah Kain dan Habel, ketika dianalisis melalui lensa teori permainan, menawarkan perspektif unik tentang dinamika konflik dan pengambilan keputusan. Teori permainan, sebuah kerangka matematika untuk menganalisis interaksi strategis, dapat diterapkan untuk memahami motivasi dan potensi hasil dalam narasi Alkitab tentang Kain dan Habel. Pendekatan ini memungkinkan eksplorasi yang lebih mendalam tentang keputusan strategis yang dibuat oleh para tokoh, implikasi dari tindakan mereka, dan tema yang lebih luas tentang kejahatan dan hukuman. Penerapan teori permainan pada kisah ini dapat mengungkap wawasan tentang hakikat konflik manusia dan potensi penyelesaiannya.

Teori Permainan dan Pengambilan Keputusan Strategis

Teori permainan menyediakan kerangka kerja untuk memahami keputusan strategis yang dibuat oleh individu dalam situasi konflik. Dalam kasus Kain dan Habel, kisah tersebut dapat dipandang sebagai sebuah permainan di mana setiap saudara memiliki pilihan yang mengarah pada hasil yang berbeda.

Konsep ekuilibrium Nash, di mana strategi setiap pemain optimal dengan mempertimbangkan strategi pemain lain, dapat diterapkan untuk menganalisis keputusan yang dibuat oleh Kain dan Habel. Hal ini membantu memahami mengapa Kain mungkin memilih untuk melakukan pembunuhan saudara meskipun ada konsekuensi potensial (Plakhotnik, 2022; Li, 2018).

Kisah ini juga dapat dianalisis menggunakan kerangka kerja Dilema Tahanan, dimana hasil terbaik bagi kedua belah pihak adalah kerja sama, tetapi insentif individu justru mengarah pada konflik. Hal ini menyoroti ketegangan antara rasionalitas individu dan kesejahteraan kolektif (Hong-wei, t.t.; Roussel & Demey, 2025).

Kejahatan dan Hukuman

Keseimbangan antara kejahatan dan hukuman merupakan tema sentral dalam kisah Kain dan Habel. Teori permainan dapat digunakan untuk menganalisis bagaimana tingkat hukuman yang berbeda dapat memengaruhi keputusan untuk melakukan kejahatan. Tingkat keparahan dan kepastian hukuman dapat mengubah persepsi biaya dan manfaat dari tindakan kriminal (刘廷华, t.t.; Rauhut, 2018). Kisah Kain dan Habel dapat dilihat sebagai permainan antara individu (Kain) dan otoritas yang lebih tinggi (Tuhan), dimana aturan dan konsekuensinya ditetapkan oleh otoritas tersebut. Hal ini mencerminkan analisis teori permainan sistem hukum, dimana pemerintah menetapkan hukum dan individu memutuskan untuk mematuhi atau menyimpang (Hanson dkk., 2014; Ying-jun, t.t.).

Implikasi dan Perspektif yang Lebih Luas

Kisah Kain dan Habel, ketika dilihat melalui teori permainan, menantang gagasan tradisional tentang akuntabilitas dan keadilan. Kisah ini menimbulkan pertanyaan tentang efektivitas hukuman sebagai pencegah dan peran pengambilan keputusan strategis dalam dilema moral dan etika (Dulitzky, 2022).

Teori permainan juga menyediakan lensa untuk mengeksplorasi dampak konflik antargenerasi dan potensi rekonsiliasi. Dengan memahami interaksi strategis dalam cerita, seseorang dapat memperoleh wawasan tentang implikasi yang lebih luas terhadap norma-norma sosial dan potensi resolusi konflik (Costa & Pádua, 2021; Rauhut, 2018).

Meskipun teori permainan menawarkan pendekatan terstruktur untuk menganalisis kisah Kain dan Habel, penting untuk mempertimbangkan keterbatasan kerangka kerja ini. Teori permainan mengasumsikan pengambilan keputusan rasional, yang mungkin tidak sepenuhnya menangkap kompleksitas emosional dan psikologis perilaku manusia. Selain itu, penerapan teori permainan pada dilema moral dan etika terkadang dapat menyederhanakan nuansa permasalahan ini. Meskipun demikian, teori permainan memberikan wawasan berharga tentang dinamika strategis konflik dan potensi untuk memahami dan menyelesaikan perselisihan manusia.

Kisah Kain dan Habel dapat diinterpretasikan melalui kacamata teori permainan, khususnya sebagai permainan langkah berurutan dengan informasi yang tidak sempurna. Kain dan Habel masing-masing memiliki pilihan tindakan: Kain dapat memilih untuk "menoleransi" atau "menyerang" Habel, sementara Habel hanya bisa bersikap "pasif" (karena ia adalah korban). Hasilnya bergantung pada pilihan kedua pemain, dengan pilihan Kain memengaruhi tindakan Habel selanjutnya (meskipun Habel tidak punya pilihan jika Kain menyerang). Hal ini dapat dibingkai sebagai permainan berurutan dengan informasi yang tidak sempurna, karena Kain mengetahui tindakannya sendiri, tetapi tindakan Habel tidak diketahui oleh Kain ketika ia membuat pilihannya, dan tidak ada pemain yang mengetahui perspektif atau potensi intervensi Tuhan.

Berikut adalah rincian bagaimana hal ini dapat dianalisis dengan teori permainan.

1. **Pemain**

Kain : Penggerak pertama, dengan pilihan untuk "menoleransi" atau "menyerang."

Habel : Penggerak kedua, secara efektif hanya memiliki pilihan untuk bersikap "pasif" (karena ia adalah korban).

Tuhan : Meskipun bukan pemain langsung dalam arti strategis, potensi intervensi atau reaksi Tuhan menimbulkan unsur ketidakpastian dan memengaruhi potensi imbalan bagi kedua belah pihak.

2. **Strategi**

Strategi Kain:

Menoleransi: Memilih untuk tidak menyakiti Habel.

Serang: Memilih untuk menyakiti atau membunuh Habel.

Strategi Habel:

Pasif: Cukup bereaksi terhadap tindakan Kain. (Pilihannya terbatas karena ia sendiri yang ditindak).

3. **Imbalan**

Imbalan bersifat subjektif dan sulit didefinisikan secara definitif dalam konteks ini, tetapi dapat diartikan sebagai:

Kain:

Menoleransi/Pasif: Kain memperoleh rasa benar (berpotensi) atau setidaknya menghindari konsekuensi negatif (rasa bersalah, hukuman).

Serang/Pasif : Kain memperoleh kepuasan sementara, tetapi menanggung konsekuensinya (rasa bersalah, hukuman dari Tuhan, keterasingan).

Habel:

Menoleransi/Pasif: Habel bertahan hidup.

Serang/Pasif : Habel dilukai atau dibunuh.

Tuhan:

"Imbalan" Tuhan kemungkinan besar berkaitan dengan menegakkan keadilan, menghukum kejahatan, dan menjaga ketertiban.

Bertoleransi/Pasif: Tuhan mengizinkan tindakan awal Kain.

Serang/Pasif : Tuhan mengutuk tindakan Kain dan berpotensi menghukumnya.

4. Informasi yang Tidak Sempurna

Kain tidak tahu persis respon Habel terhadap tindakan awalnya (Habel pada dasarnya reaktif).

Kain tidak tahu reaksi atau tingkat intervensi Tuhan.

5. Skenario yang Mungkin

Kain Bertoleransi, Habel Pasif:

Kain mengalami beberapa imbalan positif (meskipun berpotensi kecil) (rasa kebenaran, tidak adanya hukuman) dan Habel mengalami imbalan netral berupa kelangsungan hidup. Imbalan Tuhan bisa dibilang positif untuk menjaga ketertiban.

Kain Menyerang, Habel Pasif:

Kain mengalami akibat negatif jangka pendek (rasa bersalah, hukuman) dan Habel mengalami akibat negatif (kematian). Akibat Tuhan bersifat negatif karena membiarkan kejahatan.

Kain Menyerang, Tuhan Turun Tangan:

Kain mengalami akibat yang sangat negatif (hukuman berat), Habel diselamatkan, dan akibat Tuhan bersifat positif karena menegakkan keadilan.

16

8

6. Ekuilibrium Nash

Ekuilibrium Nash dalam konteks ini adalah situasi di mana tidak ada pemain yang memiliki insentif untuk mengubah strategi mereka, mengingat strategi pemain lain. Dalam cerita ini, tidak ada ekuilibrium Nash yang jelas dalam artian tidak ada kondisi stabil dimana kedua pemain merasa puas. Tindakan Kain pada dasarnya merupakan pilihan yang berisiko menghasilkan hasil negatif, dan tindakan Habel bersifat reaktif. Intervensi Tuhan membuat hasilnya tidak pasti, dan hasil "terbaik" bersifat subjektif.

7. Kesimpulan

Kisah Kain dan Habel, jika dilihat melalui lensa teori permainan, menyoroti kompleksitas interaksi manusia, konsekuensi tindakan, dan peran kekuatan eksternal (seperti Tuhan) dalam membentuk hasil. Ini adalah contoh klasik permainan sekuensial dengan informasi yang tidak sempurna dimana pilihan memiliki konsekuensi etis dan eksistensial yang mendalam. Kisah ini juga menunjukkan bahwa "rasionalitas" (sebagaimana didefinisikan dalam teori permainan) tidak selalu mengarah pada hasil terbaik atau paling diinginkan, terutama ketika mempertimbangkan moralitas dan campur tangan ilahi.

B. Yusuf dan Saudara-saudaranya

Kisah ini melibatkan banyak interaksi antara Yusuf dan saudara-saudaranya. Teori permainan dapat digunakan untuk menganalisis pilihan saudara-saudara Yusuf untuk menjualnya sebagai budak. Apakah mereka melakukan hal ini sebagai tindakan kooperatif (menghilangkan saingan) atau tindakan kompetitif (mencari keuntungan pribadi)? Analisis ini juga dapat melibatkan bagaimana Yusuf menggunakan posisinya di Mesir untuk membalas dendam atau memaafkan saudara-saudaranya.

Kisah Yusuf dan saudara-saudaranya dari Alkitab Ibrani dapat dianalisis melalui sudut pandang teori permainan untuk memahami interaksi dan keputusan strategis yang dibuat oleh para tokohnya. Teori permainan, sebuah kerangka kerja matematika untuk menganalisis interaksi strategis di antara para pembuat keputusan rasional, memberikan wawasan tentang motivasi dan hasil narasi Alkitab. Pendekatan ini menyoroti perhitungan rasional dan pilihan strategis yang dibuat oleh Yusuf dan saudara-saudaranya, serta implikasi yang lebih luas dari keputusan-keputusan ini.

Teori Permainan dan Narasi Alkitab

Steven J. Brams menerapkan teori permainan pada kisah-kisah Alkitab, termasuk kisah Yusuf, untuk menjelaskan strategi rasional yang digunakan oleh para tokoh. Ia menggunakan teori permainan nonkooperatif untuk menganalisis interaksi strategis, dengan berfokus pada bagaimana para tokoh membuat keputusan berdasarkan preferensi mereka dan pengetahuan tentang preferensi orang lain (Brams, 1980 dan 2002).

Teori permainan dapat mengungkap kondisi-kondisi dimana tokoh-tokoh Alkitab, seperti Yusuf dan saudara-saudaranya, membuat keputusan mereka. Hal ini melibatkan pemahaman keseimbangan yang terjadi ketika tokoh-tokoh bertindak berdasarkan keyakinan dan nilai-nilai yang konsisten, sebagaimana dieksplorasi dalam konteks narasi Alkitab lainnya (Dodell, 2018).

87

Interaksi Strategis dalam Kisah Yusuf

Kisah Yusuf dan saudara-saudaranya melibatkan interaksi strategis yang kompleks, terutama dalam konteks penjualan Yusuf sebagai budak dan kebangkitannya selanjutnya menuju kekuasaan di Mesir. Interaksi-interaksi ini dapat dimodelkan sebagai serangkaian keputusan strategis dimana tindakan setiap tokoh memengaruhi hasil bagi tokoh lainnya (Sigmon, 2013).

Kemampuan Yusuf untuk menafsirkan mimpi dan pengelolaan sumber dayanya yang strategis selama masa kelaparan dapat dilihat sebagai strategi rasional yang mengarah pada pelestarian keluarganya dan komunitas yang lebih luas. Hal ini sejalan dengan perspektif teori permainan untuk mencapai hasil terbaik yang dapat dicapai dalam situasi tertentu (Sigmon, 2013; Brams, 2002).

Rekonsiliasi dan Hasil Strategis

Narasi Yusuf dan saudara-saudaranya juga melibatkan tema rekonsiliasi dan pengampunan, yang dapat dianalisis melalui teori permainan sebagai strategi untuk mencapai stabilitas dan harmoni jangka panjang. Keputusan Yusuf untuk mengampuni saudara-saudaranya dan memenuhi kebutuhan mereka selama masa kelaparan dapat dilihat sebagai langkah strategis untuk memastikan persatuan dan kelangsungan hidup keluarga (Nguyen, t.t.).

Penyelesaian cerita, di mana Yusuf mengungkapkan identitasnya kepada saudara-saudaranya dan mengampuni mereka, dapat diinterpretasikan sebagai pilihan strategis yang memaksimalkan kesejahteraan kolektif keluarga, menggambarkan potensi teori permainan untuk memodelkan hasil kooperatif di samping hasil kompetitif (Sigmon, 2013; "Joseph, Judah, dan Plot", 2024).

Meskipun teori permainan menyediakan cara terstruktur untuk menganalisis interaksi strategis dalam kisah Yusuf dan saudara-saudaranya, penting untuk mempertimbangkan konteks teologis dan naratif yang lebih luas. Kisah ini kaya akan tema pemeliharaan ilahi, pelajaran moral, dan emosi manusia, yang mungkin tidak sepenuhnya ditangkap oleh analisis rasional murni. Integrasi teori permainan dengan unsur-unsur ini dapat menawarkan pemahaman narasi yang lebih komprehensif, menyoroti interaksi antara tindakan manusia dan pengaruh ilahi dalam teks Alkitab.

C. Daud dan Goliat

Kisah ini adalah contoh klasik dari situasi di mana seorang individu yang lemah (Daud) berhasil mengalahkan seorang individu yang kuat (Goliat). Teori permainan dapat membantu memahami strategi yang digunakan oleh Daud, seperti menggunakan batu dan ketapel untuk mengalahkan Goliat (Gambar 7.1). Analisis juga dapat mempertimbangkan mengapa Goliat tidak mengharapkan perlawanan dari Daud, dan bagaimana keputusan Goliat untuk menerima tantangan Daud adalah langkah yang tidak rasional.

Analisis Alkitab dengan teori permainan dapat memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang cerita dan karakter Alkitab, serta membantu kita melihat bagaimana prinsip-prinsip teori permainan dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

Gambar 7.1. Daud dan Goliat

D. Kisah dua belas mata-mata

Kisah Alkitab tentang 12 mata-mata yang diutus Musa untuk mengintai Kanaan memberikan narasi yang menarik yang dapat dianalisis melalui lensa teori permainan. Para mata-mata, yang bertugas mengumpulkan informasi tentang tanah dan penduduknya, pada akhirnya menyajikan laporan yang saling bertentangan, yang menyebabkan krisis iman dan titik balik penting dalam perjalanan bangsa Israel. Situasi ini dapat dipandang sebagai interaksi strategis dimana para mata-mata, yang bertindak sebagai pemain, harus memutuskan apakah akan bekerja sama dalam menyajikan laporan yang terpadu dan positif atau bertindak egois, yang berpotensi mengakibatkan hasil negatif bagi seluruh bangsa.

Permainan

1. **Pemain**

   12 mata-mata, masing-masing mewakili suku mereka.

2. **Tindakan**

   Setiap mata-mata dapat memilih untuk melaporkan secara positif tentang tanah dan penduduknya, secara negatif, atau gabungan keduanya.

3. **Hasil**

   Hasilnya terkait dengan keberhasilan bangsa Israel. Laporan positif dapat mengarah pada penaklukan dan pemukiman yang cepat di Kanaan, sementara laporan negatif dapat menyebabkan ketakutan, keraguan, dan berpotensi kembali ke Mesir.

4. **Informasi**

   Para mata-mata memiliki beberapa informasi umum (seperti karakteristik fisik tanah dan keberadaan kota-kota berbenteng), tetapi mereka juga memiliki perspektif dan bias masing-masing.

5. **Strategi Dominan**

   Strategi dominan bagi setiap mata-mata seharusnya adalah bekerja sama dan menunjukkan barisan (*front*) persatuan, terlepas dari ketakutan atau keraguan masing-masing, untuk memastikan hasil terbaik bagi bangsa.

6. **Hasil**

10 mata-mata

Sepuluh mata-mata menyampaikan laporan negatif, dengan fokus pada kekuatan bangsa Kanaan dan sifat kota-kota mereka yang berbenteng. Hal ini dapat dilihat sebagai strategi "membelot", dimana mereka memprioritaskan ketakutan mereka sendiri daripada potensi manfaat dari laporan positif.

2 mata-mata

Hanya Kaleb dan Yosua yang menyampaikan laporan positif, menekankan potensi untuk menaklukkan tanah itu, meskipun dengan segala tantangannya. Mereka dapat dilihat sebagai pemain yang ”bekerja sama,” bersedia mengambil risiko demi kebaikan bersama.

Krisis

Laporan negatif tersebut menyebabkan ketakutan dan keputusasaan yang meluas di antara orang Israel, yang mempertanyakan janji Tuhan dan bahkan mempertimbangkan untuk kembali ke Mesir. Hal ini menunjukkan konsekuensi dari kurangnya kerja sama dan kepercayaan.

7. **Konsep Teori Permainan**

Dilema Tahanan

Situasi ini dapat dilihat sebagai variasi dari dilema tahanan. Setiap mata-mata, yang bertindak demi kepentingan pribadi mereka (menghindari risiko dan kesulitan), memilih untuk membelot, yang mengakibatkan hasil yang lebih buruk bagi seluruh kelompok dibandingkan jika mereka semua bekerja sama.

Kegagalan Koordinasi

Para mata-mata gagal mengoordinasikan laporan mereka, yang menyebabkan runtuhnya kepercayaan dan hilangnya keyakinan.

Tragedi Kekuasaan Bersama

Perilaku egois para mata-mata mengakibatkan kerugian kolektif, karena orang Israel dihukum dengan pengembaraan yang berkepanjangan di padang gurun.

Pelajaran dari Kisah

Kisah 12 mata-mata menyoroti pentingnya kerja sama dan kepercayaan. Bekerja sama, bahkan ketika menghadapi tantangan, sangat penting untuk mencapai tujuan bersama.

Iman dan Keberanian

Meyakini visi yang lebih besar, bahkan ketika menghadapi rintangan, sangat penting untuk mengatasi kesulitan.

Kepemimpinan dan Pengaruh

Tindakan para pemimpin dapat berdampak signifikan terhadap keputusan dan perilaku orang lain.

Bahaya Ketakutan dan Keraguan

Ketakutan dan keraguan dapat melumpuhkan individu dan menyebabkan pengambilan keputusan yang buruk, bahkan ketika potensi keberhasilannya tinggi.

8. Kesimpulan

Kisah 12 mata-mata menawarkan studi kasus yang kaya untuk mengeksplorasi konsep teori permainan dan implikasinya terhadap tindakan kolektif, pengambilan keputusan, serta pentingnya kepercayaan dan kerja sama dalam mencapai tujuan bersama. Menurut Alkitab, kisah ini juga berfungsi sebagai kisah peringatan tentang konsekuensi dari ketakutan dan keraguan.

E. Rahab dan Para Pengintai

Setelah kematian Musa, Yosua mempersiapkan pendudukan Kanaan dengan mengirimkan dua mata-mata untuk mengintai negara tersebut.

Yosua 2:1-3

Pengintai-pengintai di Yerikho

2:1 Yosua bin Nun dengan diam-diam melepas dari Sitim dua orang pengintai, katanya: "Pergilah, amat-amatilah negeri itu dan kota Yerikho." Maka pergilah mereka dan sampailah mereka ke rumah seorang perempuan sundal, yang bernama Rahab, lalu tidur di situ.

2:2 Kemudian diberitahukanlah kepada raja Yerikho, demikian: "Tadi malam ada orang datang ke mari dari orang Israel untuk menyelidik negeri ini."

2:3 Maka raja Yerikho menyuruh orang kepada Rahab, mengatakan: "Bawalah ke luar orang-orang yang datang kepadamu itu, yang telah masuk ke dalam rumahmu, sebab mereka datang untuk menyelidik seluruh negeri ini."

54

Rahab mengaku melihat kedua pria itu, tetapi mengatakan mereka sudah pergi. Ia mengaku tidak tahu ke mana mereka pergi, tetapi mendesak agar mereka dikejar.

Pengejaran itu sia-sia, karena Rahab sebenarnya telah menyembunyikan kedua pria itu di atap rumahnya di antara batang-batang rami. Alasan yang ia berikan kepada para mata-mata untuk menipu rajanya didasarkan pada informasi yang persis seperti yang ingin disampaikan Allah melalui tindakan-tindakan hukuman-Nya.

Yosua 2:9-11

6

2:9 dan berkata kepada orang-orang itu: "Aku tahu, bahwa TUHAN telah memberikan negeri ini kepada kamu dan bahwa kengerian terhadap kamu telah menghinggapi kami dan segala penduduk negeri ini gemetar menghadapi kamu.

2:10 Sebab kami mendengar, bahwa TUHAN telah mengeringkan air Laut Teberau di depan kamu, ketika kamu berjalan keluar dari Mesir, m dan apa yang kamu lakukan kepada kedua raja orang Amori n yang di seberang sungai Yordan o itu, yakni kepada Sihon dan Og, yang telah kamu tumpas.

2:11 Ketika kami mendengar itu, tawarlah hati kami dan jatuhlah semangat setiap orang menghadapi kamu, sebab TUHAN, Allahmu, ialah Allah di langit di atas dan di bumi di bawah.

Sebagai seorang pelacur (dan pebisnis), Rahab tentu saja paham betul tentang pertukaran bantuan. Karena tidak ingin membiarkan upayanya menyembunyikan mata-mata itu sia-sia, ia mengajukan usulan berikut kepada mereka.

1 Yosua 2: 12-13

2:12 Maka sekarang, bersumpahlah kiranya demi TUHAN, bahwa karena aku telah berlaku ramah terhadapmu, kamu juga akan berlaku ramah terhadap kaum keluargaku; dan berikanlah kepadaku suatu tanda yang dapat dipercaya,

2:13 bahwa kamu akan membiarkan hidup ayah dan ibuku, saudara-saudaraku yang laki-laki dan yang perempuan dan semua orang-orang mereka dan bahwa kamu akan menyelamatkan nyawa kami dari maut."

Melihat tawaran yang menguntungkan, para pengintai itu pun menerima tawaran itu dengan senang hati, tetapi dengan syarat Rahab harus tetap mendukung mereka.

Yosua 2:14

Lalu jawab kedua orang itu kepadanya: "Nyawa kamilah jaminan bagi kamu, asal jangan kau kabarkan perkara kami ini; apabila TUHAN nanti memberikan negeri ini kepada kami, maka kami akan menunjukkan terima kasih dan setia kami kepadamu.

Membantu para mata-mata itu melarikan diri dari atap rumahnya, Rahab memberikan mereka beberapa nasihat.

1 Yosua 2:16

2:16 Berkatalah ia kepada mereka: "Pergilah ke pegunungan, supaya pengejar-pengejar itu jangan menemui kamu, dan bersembunyilah di sana tiga hari lamanya, sampai pengejar-pengejar itu pulang; kemudian bolehlah kamu melanjutkan perjalananmu.

Para mata-mata itu, pada gilirannya, setelah mengingatkan Rahab bahwa kesepakatan mereka hanya mengikat jika dia melakukan persis apa yang mereka katakan, mengatakan kepadanya.

42 Yosua 2:18

2:18 sesungguhnya, apabila kami memasuki negeri ini, haruslah tali dari benang kirmizi ini kauikatkan pada jendela tempat engkau menurunkan kami, dan ayahmu serta ibumu, saudara-saudaramu serta seluruh kaum keluargamu kaukumpulkan di rumahmu.

Rahab mengikuti instruksi mereka dengan saksama, sebagaimana para mata-mata mengikuti nasihat Rahab. Setelah bersembunyi selama tiga hari di perbukitan, para mata-mata itu lolos dari deteksi dan kembali dengan selamat kepada Yosua, melaporkan kepadanya apa yang terjadi.

Dengan bantuan yang sangat berarti dari Allah, Yerikho direbut setelah bunyi sangkakala domba jantan dan teriakan tentara Israel meruntuhkan tembok-temboknya. Sebelum kota itu dihancurkan oleh api, kedua mata-mata itu membawa Rahab dan keluarganya ke
62 tempat yang aman, "sebab ia telah menyembunyikan para utusan yang diutus Yosua untuk mengintai Yerikho." (Yos. 6:25)

Sebagaimana ditunjukkan oleh matriks hasil pada Tabel 7.1, tampaknya tidak ada yang terlalu rumit tentang permainan yang dimainkan antara Rahab dan para mata-mata. Rahab bisa saja menyembunyikan atau tidak menyembunyikan para mata-mata; mereka bisa saja menyelamatkan atau tidak menyelamatkan Rahab setelah Yerikho direbut (dengan asumsi memang demikian). Karena Rahab harus membuat pilihan pertama, maka representasi yang tepat dari permainan ini adalah matriks pembayaran 2 × 4, di mana para mata-mata memiliki empat strategi, dengan syarat Rahab memiliki dua pilihan (Tabel 7.1).

Label 7.1. Rahab dan Pengintai

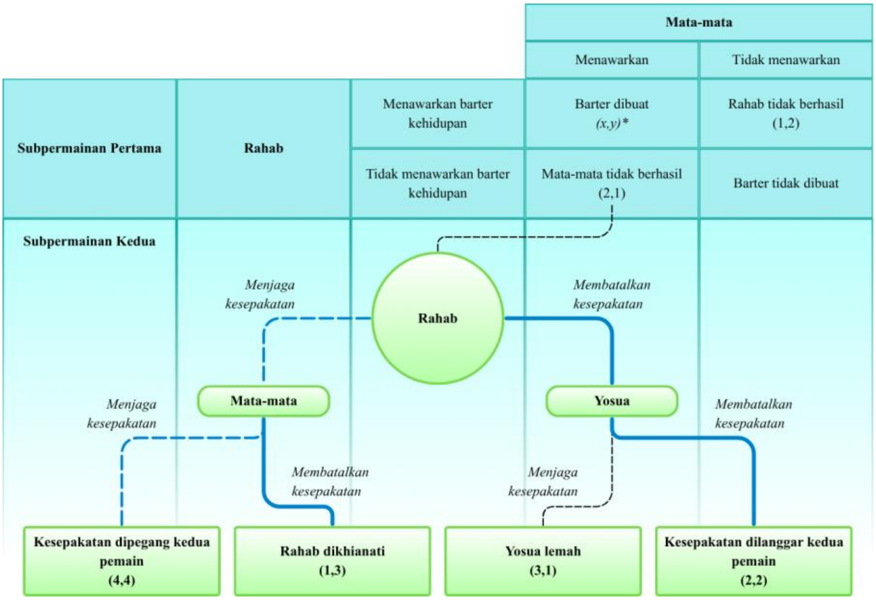
		Pengintai	
		Menyelamatkan Rahab	Tidak menyelamatkan Rahab
Rahab	Menyelamatkan pengintai	Barter dibuat, Setiap orang hiduo	Rahab Terbunuh; Pengintai hidup
	Tidak menyelamatkan pengintai	Pengintai terbunuh, Rahab hidup	Barter tidak dibuat, Semua orang terbunuh

Masalah dengan representasi ini adalah ia mengabaikan beberapa langkah krusial dalam rangkaian langkah, termasuk kesepakatan antara Rahab dan para mata-mata dan fakta bahwa Rahab masih bisa mengkhianati para mata-mata setelah setuju untuk tidak

turnitin Page 212 of 223 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3425983446

melakukannya, dan demikian pula, mereka bisa mengkhianatinya setelah ia menyelamatkan mereka. Selain itu, jika Rahab tidak menyembunyikan mata-mata, mereka tidak akan pernah memiliki kesempatan untuk memilih menyelamatkannya atau tidak, seperti yang diasumsikan pada Gambar 6.1 dan dalam perluasan 2 × 4 dari matriks hasil ini. (Dalam perluasan 2 × 4, misalnya, strategi balas dendam akan mengatakan bahwa setelah Rahab menolak untuk mencuri mata-mata, mereka akan menyelamatkannya, yang jelas mustahil jika mereka sudah mati).

Representasi permainan Rahab yang lebih realistis adalah dua subpermainan bersarang (*nested subgame*), yang ditunjukkan dalam representasi revisi pada Gambar 7.2. Dalam subpermainan pertama, Rahab dan para mata-mata harus memutuskan apakah akan menawarkan barter nyawa mereka atau tidak. (Karena pada dasarnya ini adalah pilihan yang mereka buat secara bersamaan, subpermainan ini dapat direpresentasikan sebagai permainan 2 × 2.) Jika tidak ada yang menawarkan, dapat diasumsikan kedua pemain mendapatkan hasil terburuk berikutnya (2). Jika salah satu pemain menawarkan dan yang lain tidak, dapat diasumsikan bahwa pemain yang tidak menawarkan tetap mendapatkan hasil terburuk berikutnya (2) karena tidak ada barter yang terjadi; namun, pemain yang menawarkan – yang harapannya pupus oleh pemain lain – menerima hasil terburuknya (1).



Gambar 7.2. Rahab dan Pengintai – Direvisi

Keterangan:

(x, y)
$= (Rahab, Pengintai\ Josua). 4{:}\ terbaik, 3{:}\ dekat\ terbaik, 2$
$= dekat\ buruk, 1 =\ buruk\ (4{,}4){:}\ outcome\ rasional$

Jika kedua pemain menyetujui barter, subpermainan kedua terjadi, dengan hasil (x, y)yang belum ditentukan. Kini Rahab memiliki langkah pertama: ia dapat menepati perjanjian atau mengingkarinya. Jika ia menepati perjanjian dan para mata-mata lolos dengan selamat, mereka pada gilirannya dapat menyelamatkannya atau membunuhnya dengan menepati atau tidak menepati perjanjian tersebut.

Jika mereka menepati janji, dapat diasumsikan baik mereka maupun Rahab mendapatkan hasil terbaik (4); jika mereka mengkhianati

Rahab, mereka tetap hidup tetapi dipermalukan karena membiarkan seseorang yang setia kepada mereka dan telah mengakui Tuhan mereka sebagai satu-satunya Tuhan yang benar terbunuh, yang dianggap sebagai hasil terbaik berikutnya (3). Rahab, yang dikhianati, menerima hasil terburuknya (1).

Jika Rahab tidak menepati perjanjiannya, para mata-mata akan dibunuh, dan pilihannya kemungkinan besar jatuh pada Yosua, apakah akan menyelamatkan Rahab atau tidak (dengan asumsi ia kemudian mengetahui pengkhianatan mereka). Jika ia tidak membalas pengkhianatan mata-matanya, dapat diasumsikan ia akan mendapatkan hasil terburuknya (1), karena ia akan dianggap lemah karena tidak menuntut pembalasan; Rahab akan menerima hasil terbaik berikutnya (3) karena ia masih hidup tetapi menanggung rasa bersalah atas pengkhianatannya terhadap mata-mata dan kemungkinan pembalasan di kemudian hari. (Pembalasan di kemudian hari mungkin akan terjadi jika Yosua mengetahui pengkhianatannya, karena, seperti semua orang lainnya, Rahab dan keluarganya kemungkinan besar akan terbunuh ketika Yerikho dihancurkan.) Kedua pemain, dapat diasumsikan, akan mendapatkan hasil terburuk berikutnya (2) jika mereka berdua melanggar perjanjian, karena itu sama saja dengan tidak menawarkan barter sejak awal.

Karena hasil yang dipilih dalam subpermainan kedua menentukan rasionalitas barter dalam subpermainan pertama, kehati-hatian mengharuskan setiap pemain terlebih dahulu menentukan hasil rasional dalam subpermainan kedua. Dengan memasukkan hasil ini ke dalam matriks subpermainan pertama pada Gambar 7.2, para pemain kemudian dapat lebih memastikan pilihan strategi rasional dalam subpermainan ini.

Dimulai dengan pilihan terbawah di pohon permainan subpermainan kedua pada Gambar 7.2, para mata-mata lebih memilih (4,4) daripada (1,3), dan Yosua lebih memilih (2,2) daripada (3,1). Jika diurutkan ke atas pohon, antara (4,4) dan (2,2), Rahab lebih memilih (4,4), sehingga pilihan rasional setiap pemain di subpermainan kedua adalah menghormati kesepakatan yang ia buat. Pertanyaannya sekarang adalah: Haruskah mereka membuat kesepakatan ini sejak awal?

Mengingat hasil subpermainan kedua adalah (4,4), hasil ini dapat disubstitusikan untuk (x, y) dalam matriks yang mendefinisikan subpermainan pertama pada Gambar 7.2. Akan tetapi, meskipun substitusi ini menghasilkan hasil terbaik bagi kedua pemain (4) ketika mereka sepakat untuk menukar nyawa mereka, hal ini tidak terkait dengan strategi dominan kedua pemain, yang tidak dimiliki oleh kedua pemain dalam subpermainan ini setelah substitusi (4,4) untuk $x, y)$. Jadi, misalnya, meskipun "menawarkan" lebih baik daripada "tidak menawarkan" untuk Rahab jika mata-mata memilih "menawarkan", hal ini tidak berlaku jika mata-mata memilih "tidak menawarkan", karena "2" lebih baik daripada "1" untuk Rahab di kolom kedua mata-mata pada Gambar 7.2.

Definisikan hasil yang superior sebagai hasil yang lebih disukai oleh kedua pemain daripada hasil lainnya dalam permainan dua orang. Dalam permainan yang memiliki hasil seperti itu tetapi tidak ada pemain yang memiliki strategi dominan, dapat ditafsirkan ini sebagai hasil rasional dari permainan tersebut.

Akan tetapi, rasional dalam arti yang lebih lemah daripada hasil yang terkait dengan strategi dominan seorang pemain. Untuk mengilustrasikan hal ini dengan permainan pada Gambar 7.2, jika salah satu pemain bertindak tidak rasional dan tidak mengembalikan tawaran pemain lain atau tidak menepati perjanjiannya, pemain lain tersebut akan mendapatkan hasil terburuknya (1). [Jika pemain lain memiliki strategi dominan di subpermainan pertama, ia setidaknya bisa mendapatkan hasil terburuk berikutnya (2).] Menyadari masalah ini, tetap dapat diasumsikan bahwa dalam permainan gabungan yang mencakup kedua subpermainan tersebut, adalah rasional bagi kedua pemain untuk menukar nyawa mereka – dan melakukannya dengan itikad baik, berpegang teguh pada kesepakatan yang mereka buat.

Gagasan tentang apa yang dimaksud dengan "kesepakatan yang adil" dapat dipetik dari permainan Rahab. Pertama, kesepakatan tersebut harus disetujui secara sukarela, dan kedua, harus stabil – tidak dapat dilanggar oleh salah satu atau kedua pemain. Yang dimaksud dengan tidak dapat dilanggar adalah tidak ada pemain yang berkepentingan untuk melanggar kesepakatan setelah kesepakatan tersebut dibuat, karena ia akan mengalami hasil yang lebih buruk jika melanggarnya, baik sendiri maupun bersama pemain lain.

Dalam permainan Rahab, syarat-syarat untuk kesepakatan yang adil ini jelas terpenuhi: kesepakatan tersebut disepakati secara sukarela, dan stabil karena, seperti yang ditunjukkan oleh analisis pohon permainan, salah satu pemain akan mendapatkan hasil yang lebih buruk jika melanggar kesepakatan tersebut. Faktanya, kedua pemain akan mendapatkan hasil yang lebih buruk, karena hasil (4,4), jika kalah di subpermainan kedua, karena salah satu atau kedua pemain melanggar kesepakatan, juga akan kalah di subpermainan pertama sebelumnya, dengan asumsi kedua pemain telah sepakat di subpermainan pertama untuk menukar nyawa mereka.

Mudah dipahami bahwa jika para pemain dalam permainan komposit rasional, persetujuan mereka terhadap suatu kesepakatan di subpermainan pertama menyiratkan bahwa kesepakatan tersebut stabil di subpermainan-subpermainan berikutnya. Jika tidak, setidaknya satu pemain akan terdorong untuk melanggarnya, dengan asumsi pelanggaran oleh satu pemain merugikan setidaknya satu pemain lain, sehingga pemain lain tersebut tidak akan menyetujui kesepakatan tersebut sejak awal. Oleh karena itu, cukuplah mendefinisikan kesepakatan yang adil sebagai kesepakatan yang akan disetujui oleh pemain rasional. Jika tidak, itu karena mereka mengantisipasi pelanggaran yang akan merugikan mereka, sehingga menghilangkan insentif apa pun bagi mereka, bahkan untuk memulai negosiasi.

Ingatlah bahwa, untuk mengamankan persetujuan Rahab, para mata-mata telah memberi tahu Rahab bahwa pertukaran nyawa mereka bergantung pada kepatuhannya terhadap instruksi mereka. Bahkan, setelah memberitahu Rahab dan keluarganya untuk tetap di dalam rumah selama penaklukan Yerikho, para mata-mata mengulangi persyaratan mereka yang diterima Rahab:

Yosua 2:20 -21

6

2:20 Tetapi jika engkau mengabarkan perkara kami ini, maka bebaslah kami dari sumpah kepadamu itu, yang telah kausuruh kami ikrarkan."

2:21 Perempuan itupun berkata: "Seperti yang telah kamu katakan, demikianlah akan terjadi." Sesudah itu dilepasnyalah orang-orang itu pergi, maka berangkatlah mereka. Kemudian perempuan itu mengikatkan tali kirmizi itu pada jendela.

Dengan demikian, kesepakatan dalam permainan Rahab menjadi stabil bukan hanya karena janji para mata-mata untuk menepatinya, tetapi juga karena pengakuan mereka akan membalas dendam jika dikhianati. Dengan menghubungkan kehidupan mereka dan kehidupan Rahab secara tak terpisahkan, para mata-mata membuat Rahab mustahil untuk mengkhianati mereka tanpa hukuman, meskipun ia bisa saja melancarkan serangan pertama dengan menyerahkan mereka.

F. Yosua dan Orang Gibeon

Selanjutnya, Kisah Yosua dan Orang Gibeon merupakan kasus kesepakatan yang melibatkan penipuan oleh salah satu pihak dalam kesepakatan tersebut. Tanpa penipuan, tidak akan ada kesepakatan yang tercapai, sehingga kesepakatan tersebut pada dasarnya tidak adil. Akan tetapi, pada akhirnya, pihak yang dirugikan mampu melaksanakan kesepakatan sedemikian rupa sehingga sebagian kerugian dari penipuannya berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

Adams, C.P. Game Theory for Applied Econometricians: Data Analytics with R (1st ed.). 2025. Chapman and Hall/CRC.

Barron, E.N. Game Theory: An Introduction (3rd ed.). (2024). John Wiley & Sons.

Bonanno, G. Game Theory. 3rd Edition. 2024. Kindle Direct Publishing http://faculty.econ.ucdavis.edu/faculty/bonanno/GT_Book.html

Brams, S. J. (1980). Biblical Games: Game Theory and the Hebrew Bible. 1980. https://www.amazon.com/Biblical-Games-Theory-Hebrew-Bible/dp/0262523329

Brams, S. J. (2002). *Biblical Games: Game Theory and the Hebrew Bible*. 2002. https://ideas.repec.org/b/mtp/titles/0262523329.html

Bueno de Mesquita B. An Introduction to Game Theory. In SAGE Publications, Ltd; 2024. p. 138–64. doi: 10.4135/9781506374550.N4

Cowen, T., Tabarrok, A. Modern principles of microeconomics. (5th ed.). 2021 New York: Worth publishers.

d'Apolito F, Sulzbachner C. Collision Avoidance for Unmanned Aerial Vehicles using Simultaneous Game Theory. IEEE/AIAA Digital Avionics Systems Conference. 2018 Sep 1; doi: 10.1109/DASC.2018.8569369

Gossage CJ. The Source of Familial Strife: A Note on Genesis 37.2. The Bible Translator. 2023 Aug 1;74(2):231–41. doi: 10.1177/20516770231186829

Guzsvinecz T, Szűcs J, editors. Game Theory - Computational Aspects and Applications [Internet]. IntechOpen; 2025. Available from: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.1001635

Hobbes, T. Leviathan. 1651. London: Penguin Books.

Hurlbert, Glenn H. (2020). Linear optimization: the simplex workbook. London: Springer

Kreps, D.M., A course in microeconomic theory**, *2020.*** PRINCETON UNNERSITY PRESS

Nechiba, T.J. Microeconomics: An Intuitive Approach with Calculus. 2021, South-Western, Cengage Learning.

Nguyen, B., & Wait, A. Essentials of Microeconomics: Second Edition. In *Essentials of Microeconomics, Second Edition*. (2024). https://doi.org/10.4324/9781003376644

Perea, A. From Decision Theory to Game Theory, ISBN. 9781009522809. 2025. Universiteit Maastricht, Netherlands

Peters, H. Game Theory A Multi-level Approach 2nd ed. 2020. Springer Texts in Business and Economics.

Peterson, M. An Introduction to Decision Theory, University Printing House, 2020. United Kingdom

Prisner, E., Game Theory Through Examples. 2020. The Mathematical Association of America

Ross, Don, "Game Theory", The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2024 Edition), Edward N. Zalta & Uri Nodelman (eds.), URL = https://plato.stanford.edu/archives/win2024/entries/game-theory/

Shafer, Glenn & Vovk, Vladimir (2019). Game-theoretic foundations for probability and finance. Hoboken: John Wiley

Smith, A. Wealth of Nations. 2010. Wordsworth Editions.

Stephen, S., Games People Play: Game Theory in Life, Business, and Beyond, 2018. The Teaching Company.

Tadelis, S., Game Theory An Introduction, 2023, Princeton University Press

Usman A, Abdullahi SB, Jin R, Yang L, Suleiman AA, Daud H, et al. Modeling the Dynamic Behaviors of Bank Account Fraudsters Using Combined Simultaneous Game Theory with Neural Networks. 2024 Feb 15; doi: 10.21203/rs.3.rs-3928159/v1

Vanderbei, Robert J. (2020). Linear programming: foundations and extensions. (5th ed.). Cham: Springer. 519.852 VAN-L

Varian, Hal R. Intermediate Microeconomics (9th ed.). 2020. New York: W.W. Norton. 330.101.542 VAR-I

von Neumann, J. (1928). Zur Theorie der Gesellschaftsspiele. *Mathematische Annalen, 100*, 295-320.

turnitin Page 223 of 223 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3425983446

ukipressdigital.uki.ac.id

UKI PRESS
Pusat Penerbit dan Pencetakan
Universitas Kristen Indonesia
Jl. Mayjen Sutoyo No. 2, Cawang
Jakarta Timur 13630

ISBN 978-623-8737-89-5

turnitin Submission ID trn:oid:::1:3425983446