

PENAKSIRAN BESAR TARIF LISTRIK YANG BERASAL DARI PLTN JIKA DI BANGUN DI INDONESIA



**Tesis Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Magister Teknik (M.T)**

Oleh

YOPI FERNANDO

NIM : 1305190003

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA (UKI) JAKARTA**

2017

**PENAKSIRAN BESAR TARIF LISTRIK YANG BERASAL DARI
PLTN JIKA DI BANGUN DI INDONESIA**

TESIS DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI PERSYARATAN GUNA
MEMPEROLEH GELAR MAGISTER TEKNIK
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PASCASARJANA UKI

OLEH :

Nama : YOPI FERNANDO

NIM : 1305190003

Menyetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Prof. Atmonobudi Soebagio, Ph.D

Ir. Bambang Widodo, MT

PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Ketua,

Prof. Atmonobudi Soebagio, Ph.D

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai mahasiswa Universitas Kristen Indonesia yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : Yopi Fernando

NIM : 1305190003

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Kristen Indonesia Hak Bebas Royalty Non-Eksklusif (Non-Exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Penaksiran Besar Tarif Listrik Yang Berasal Dari PLTN Jika di Bangun di Indonesia.

Dengan hak bebas Royalty Non-Eksklusif ini Universitas Kristen Indonesia berhak menyimpan, menyalin-mediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, menampilkan di Internet atau media lain untuk kepentingan akademik tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan saya sebagai penulis/pencipta.

Saya bersedia untuk menanggung tanpa melibatkan pihak Universitas Kristen Indonesia, segala bentuk tuntutan yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, Agustus 2017

Yopi Fernando

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Yopi Fernando
NIM : 1305190003
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Judul : Penaksiran Besar Tarif Listrik Yang Berasal dari PLTN Jika di Bangun di Indonesia

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister dari Program Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia (UKI) Jakarta merupakan hasil karya saya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah ditulis sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Apabila kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tesis ini bukan hasil karya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Jakarta, Agustus 2017

Yopi Fernando

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa oleh karena anugerah dari-Nya kami dapat menyelesaikan Thesis Pasca Sarjana Magister Teknik Elektro dengan judul "Penaksiran Besar Tarif Listrik yang berasal dari PLTN Jika di Bangun di Indonesia".

Selama pembuatan Thesis Pasca Sarjana Magister Teknik Elektro ini kami juga mendapat banyak dukungan dan juga bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu kami haturkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Atmonobudi Soebagio, Ph.D, selaku Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, saran, dan juga ide.
2. Bapak Ir. Bambang Widodo, MT selaku Pembimbing, yang memberikan dorongan, dan juga masukan kepada penulis.
3. Para Dosen yang telah banyak memberikan materi pendukung, masukan, dan bimbingan yang bermanfaat kepada penulis.

Kami menyadari bahwa Thesis ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun dari para pembaca yang budiman sangat dibutuhkan untuk penyempurnaan Thesis ini kedepannya. Terima kasih.

Jakarta, Agustus 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I. PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang Masalah	1
I.2 Identifikasi Masalah	8
I.3 Pembatasan Masalah	10
I.4 Perumusan Masalah	10
I.5 Tujuan Penelitian	11
I.6 Manfaat Penelitian	11
I.7 Ruang Lingkup Penelitian	12
I.8 Sistematika Penulisan	13
BAB II. LANDASAN TEORI	
II.1 Energi Nuklir	15
II.1.1 Fisi Nuklir	15
II.1.2 Fusi Nuklir	16
II.2 Proyek PLTN	18
II.3 Prinsip Kerja PLTN	19
II.4 Tipe Reaktor PLTN	20
II.4.1 Reaktor Air Ringan (<i>Light Water Reactor, LWR</i>)	21
A Reaktor Air Tekan (<i>Pressurized Water Reactor, PWR</i>)	22
B Reaktor Air Didih (<i>Boiling Water Reactor, BWR</i>)	23
II.4.2 Reaktor Air Berat (<i>Heavy Water Reactor, HWR</i>)	24
A Reaktor Air Berat Tekan (<i>Pressurized Heavy Water Reactor, PHWR</i>) ...	24
B Reaktor Air Berat Pendingin Gas (<i>Heavy Water Gas Cooled Reactor, HWGCR</i>)	24

C	Reaktor Air Berat Pembangkit Uap (<i>Steam Generated Heavy Water Reactor, SGHWR</i>)	25
II.4.3	Reaktor Grafit	26
A.	Reaktor Pendingin Gas (<i>Gas Cooled Reactor, GCR</i>)	26
B.	Reaktor Pendingin Gas Maju (<i>Advanced Gas-cooled Reactor, AGR</i>) ...	26
C.	Reaktor Pendingin Gas Suhu Tinggi (<i>High Temperatur Gas-cooled Reactor, HTGR</i>)	27
D.	Reaktor Pipa Tekan Air Didih Moderator Grafit (<i>Light Water Gas-cooled Reactor, LWGR</i>)	27
II.4.4	Reaktor Cepat (<i>Fast Reactor, FR</i>), Reaktor Pembiak Cepat (<i>Liquid Metal Fast Breeder Reactor, LMFBR</i>)	28
II.5	Komponen Biaya PLTN	29
II.5.1	Biaya Investasi	29
II.5.2	Biaya Operasi dan Perawatan	32
A	Biaya Tetap Operasi dan Perawatan	32
B	Biaya Variabel Operasi dan Perawatan (<i>Variable O&M Cost</i>)	32
II.6	Hasil Analisis Harga Listrik PLTN	33

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

III.1	Tahapan Penelitian	35
III.2	Alur Proses Penelitian	36

BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

IV.1	Penaksiran Dana Pembangunan PLTN dengan Daya 1000 MW	38
A.	Biaya Investasi (<i>Investment Cost</i>)	40
B.	Biaya Bahan Bakar Nuklir	41
C.	Biaya Operasi dan Pemeliharaan	42
IV.1.1	Hasil Perhitungan <i>LUEC</i> dengan Analisis Deterministik	42
IV.1.2	Analisis Probabilistik Pada Perhitungan <i>LUEC</i>	46
IV.1.3	Hasil Perhitungan <i>LUEC</i>	47
IV.1.4	Pendanaan PLTN 1000 MW Menggunakan Program <i>FinPlan</i>	48
IV.1.5	Perencanaan Pendanaan	52
IV.2	Tingkat Komponen Dalam Negeri (<i>TKDN</i>) PLTN	54
IV.3	Pembangunan PLTN diambil dari APBN	64
IV.4	Material dan Limbah PLTN	75

A. Limbah Radioaktif Gas	78
B. Limbah Radioaktif Cair	80
C. Limbah Radioaktif Padat	83
IV.5 Bahan Bakar Bekas	86
IV.6 Perbandingan PLTN dengan Pembangkit lain	92
IV.7 Biaya Investasi, Biaya Operasi dan Perawatan Pembangkit Listrik	96
IV.8 Perbandingan Perhitungan Efisiensi Antara PLTU Konvensional dan PLTN ...	98
IV.9 Komparasi PLTN dan PLTU Batubara	100
IV.10 Perkiraan Besar Tarif Listrik PLTN di Indonesia	112
BAB V. PENUTUP	
V.1 Kesimpulan	119
V.2 Saran dan Rekomendasi	123
DAFTAR PUSTAKA	125

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai parameter tekno-ekonomi untuk kasus dasar PLTN
Tabel 2.2	Rincian Biaya <i>Overnight Costs</i>
Tabel 2.3	Biaya Investasi Sesaat dari Berbagai Studi Kasus PLTN
Tabel 2.4	Biaya Investasi dari Berbagai Studi Kasus PLTN
Tabel 4.1	Parameter Teknis PLTN yang Diteliti (AP1000 & OPR1000)
Tabel 4.2	Data <i>Investment Cost</i> PLTN
Tabel 4.3	Rincian Biaya Bahan Bakar Nuklir (BBN) Tahun 2010
Tabel 4.4	Biaya BBN dalam US\$/kWh
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan <i>Disbursement of Investment Cost</i> PLTN AP1000 Menurut Prosentase <i>Disbursement</i> per Tahun Maupun Setelah Didiskonto ke Tahun COD
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan <i>Disbursement of Investment Cost</i> PLTN OPR1000 Menurut Prosentase <i>Disbursement</i> per Tahun Maupun Setelah Didiskonto ke Tahun COD
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan LUEC PLTN AP1000 & OPR1000
Tabel 4.8	Pendefinisian Distribusi Variabel-Variabel Ketidakpastian
Tabel 4.9	Hasil Simulasi Variabel Ketidakpastian terhadap LUEC PLTN AP1000 & OPR1000
Tabel 4.10	Nilai Parameter Teknis-Ekonomi untuk Kasus Dasar
Tabel 4.11	Biaya dekomisioning dan biaya modal
Tabel 4.12	Biaya dekomisioning dan biaya modal per biaya pembangkitan listrik
Tabel 4.13	Hasil Perkiraan TKDN PLTN OPR-1000
Tabel 4.14	Biaya Pembangkitan dengan TKDN dan Tanpa TKDN Kasus Pesimis
Tabel 4.15	Biaya Pembangkitan dengan TKDN dan Tanpa TKDN Kasus Optimis
Tabel 4.16	Penghematan Biaya Pembangkitan untuk Kasus Pesimis
Tabel 4.17	Penghematan Biaya Pembangkitan untuk Kasus Optimis
Tabel 4.18	Hasil Perhitungan Biaya Pembangunan
Tabel 4.19	Biaya Investasi Sesaat dari Berbagai Studi Kasus PLTN
Tabel 4.20	Biaya Pembangkitan Listrik untuk Negara-negara Eropa, Amerika Serikat, Asia (mills/kWh).

Tabel 4.21	Kegiatan pekerjaan dekomisioning
Tabel 4.22	Biaya dekomisioning PLTN dari beberapa Negara
Tabel 4.23	Ringkasan APBN 2012-2016 (Miliar Rupiah)
Tabel 4.24	Beberapa PLTN di Dunia yang sudah beroperasi
Tabel 4.25	Estimasi limbah gas yang ditimbulkan dari berbagai jenis PLTN
Tabel 4.26	Estimasi aktivitas limbah radioaktif cair pada kondisi operasi normal
Tabel 4.27	Jumlah limbah setelah diolah pada PWR 1000 Mwe pada kondisi normal
Tabel 4.28	Tipe, sumber timbulnya limbah radioaktif cair dan cara pencegahannya
Tabel 4.29	Prosentase nuklida utama produk fisi
Tabel 4.30	Limbah radioaktif padat LLW/ILW dari operasi PWR
Tabel 4.31	Karakteristik tipe limbah PWR
Tabel 4.32	Sifat, prosentase limbah padat dan cara pengolahan
Tabel 4.33	Panas peluruhan dan paparan tiap ton uranium pada spent fuel
Tabel 4.34	Komposisi bahan bakar sebelum dan sesudah digunakan pada PLTN
Tabel 4.35	Perbandingan Potensi Sumber Energi Alternatif
Tabel 4.36	Perbandingan harga per kWh untuk PLTN dan energi baru terbarukan
Tabel 4.37	Biaya Investasi, Biaya Tetap dan Tak Tetap Operasi dan Perawatan, Biaya Bahan Bakar dan Umur Teknis (life time)
Tabel 4.38	Perbandingan besarnya PLTU konvensional dan PLTN
Tabel 4.39	Perbandingan biaya pembangkitan listrik antara PLTU batubara dengan PLTN di beberapa negara OECD
Tabel 4.40	Perbandingan biaya pembangkit listrik dari berbagai jenis stasiun pembangkit listrik di Jepang
Tabel 4.41	Komponen Biaya Pembangkit Listrik
Tabel 4.42	Persentase Kenaikan Biaya Pembangkit Listrik jika komponen biaya Bahan Bakar naik 100%
Tabel 4.43	Perbandingan secara keseluruhan antara PLTN disandingkan dengan PLTU Batubara

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1 Perbandingan bahan bakar PLTN dengan Minyak Bumi dan Batubara
- Gambar 2.1 Nuklir Fisi
- Gambar 2.2 Nuklir Fusi
- Gambar 2.3 Reaktor eksperimen fusi di Cadarache, Perancis
- Gambar 3.1 Alur Proses Penelitian
- Gambar 4.1 Grafik Perkembangan Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dolar AS, 2012-2016
(Rupiah/USD)
- Gambar 4.2 Sistem pengelolaan limbah cair pada PLTN
- Gambar 4.3 Sistem pengelolaan limbah padat pada PLTN
- Gambar 4.4 Limbah nuklir yang diimpor kembali oleh USA
- Gambar 4.5 Perbandingan Biaya PLTN dan PLTU batubara dengan biaya eksternalitas yang menggunakan referensi negara-negara maju sebesar (46.33 mills\$/kWh)
- Gambar 4.6 Perbandingan biaya pembangkitan listrik antara PLTN dan PLTU batubara dengan biaya eksternalitas yang menggunakan kasus Indonesia
- Gambar 4.7 Milestone PLTN lampiran Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025