

**PROYEKSI DAN OPTIMASI PEMANFAATAN  
ENERGI TERBARUKAN**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Master Teknik**

**PRANAWANINGTYAS TD  
0706174221**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM PASCA SARJANA TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JULI 2009**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya sendiri,  
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
Telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Pranawaningtyas TD**

**NPM : 0706174221**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 29 Juli 2009**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :  
Nama : Pranawaningtyas TD  
NPM : 0706174221  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Tesis : Proyeksi dan Optimasi Pemanfaatan Energi  
Terbarukan di Indonesia

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Erlinda Muslim, MEE ( )  
Pembimbing : Armand Oemar Moeis, ST, MSc ( )  
Penguji : Ir. Fauzia Dianawati, M.Si ( )  
Penguji : Ir. Amar Rahman, MEIM ( )  
Penguji : Ir. M. Dachyar, M.Sc ( )  
Penguji : Ir. M. Boy Nurcahyo, M, M.SIE ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 29 Juli 2009

## KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya ucapkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Program Studi Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

- (1) Ir. Erlinda Muslim, MEE dan Armand Oemar Moeis, ST, M.Sc, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini,
- (2) Pimpinan Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral atas beasiswa belajar yang telah diberikan.
- (3) Suami dan anak saya yang sangat mendukung semua kegiatan Umi-nya, tanpa dukungan dan pengertiannya mungkin tesis ini tidak akan pernah selesai.
- (4) Orang tua dan kakak-kakakku yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan baik material maupun moral,
- (5) Teman-teman seperjuangan terutama yang di Depok (Deni, Daen, Heni, Mbak Niken, Nisa, Bu Marama, Pak Arief, Pak Gusti, Pak Rahmat, Agus) semoga kalian semua sukses dan selalu menjadi lebih baik.
- (6) Undefined thanks for (Alm) Dr. Gusdan Hanung Prabowo, SE, SH, M.Hum usiamu masih sangat muda tapi keteladananmu adalah contoh untuk adik-adikmu, semoga Allah SWT mengampunimu dan memberikan yang terbaik di surga-Nya, I always love u, my best BROTHER.

Akhir kata, saya berharap Allah, SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Dan semoga tesis ini juga memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 29 Juli 2009

Penulis,

Pranawaningtyas TD

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Pranawaningtyas TD  
NPM : 0706174221  
Program Studi : Teknik Industri  
Departemen : Teknik Industri  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Proyeksi dan Optimasi Pemanfaatan Energi Terbarukan Di Indonesia**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada Tanggal : 29 Juli 2009  
Yang Menyatakan,

(Pranawaningtyas TD)

## ABSTRAK

Nama : Pranawaningtyas TD  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul : Proyeksi dan Optimalisasi Pemanfaatan Energi Terbarukan di Indonesia.

Konsumsi energi final terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi, dengan memperhatikan trend dan intensitas energi proyeksi permintaan energi sampai dengan tahun 2025 menunjukkan konsumsi energi tiap sektor pengguna yaitu rumah tangga, transportasi, industri dan komersial meningkat dengan rata-rata pertumbuhan 1,4% 2,9% 3,2% dan 3% berturut-turut. Jenis energi fosil yang dikonsumsi tiap sektor meningkat oleh karena itu perlu adanya kebijakan diversifikasi sehingga dapat mendorong pemanfaatan energi terbarukan di tahun 2025 untuk mensubstitusi energi fosil. Optimalisasi pemanfaatan energi terbarukan per sektor dilakukan dengan pertimbangan biaya, efisiensi teknologi, demand per sektor dan potensi energi terbarukan. Dengan mengetahui pola pemanfaatan energi terbarukan yang optimal pada tahun 2025 diharapkan Pemerintah dapat menyusun strategi untuk mencapainya. Dari hasil optimalisasi dengan program linier sederhana didapatkan hasil tenaga panas bumi yang bisa menggantikan bahan bakar pembangkit seperti batubara dan gas pada industri pembangkit sebesar 157,2 juta SBM, untuk mensuplai listrik ke sektor komersial sebesar 10,3 juta SBM, biodiesel yang dapat dimanfaatkan untuk sektor transportasi sebesar 92,42 juta SBM dan Bioetanol yang dapat dimanfaatkan untuk sektor transportasi sebesar 62,98 juta SBM dan Biooil yang dimanfaatkan untuk sektor rumah tangga sebesar 8,9 juta SBM dan biogas yang dapat dimanfaatkan untuk sektor rumah tangga sebesar 5,2 juta SBM.

Kata Kunci :  
Proyeksi permintaan energi, optimalisasi, program linier

## ABSTRAK

Nama : Pranawaningtyas TD  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul : Proyeksi dan Optimalisasi Pemanfaatan Energi Terbarukan di Indonesia.

Konsumsi energi final terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi, dengan memperhatikan trend dan intensitas energi proyeksi permintaan energi sampai dengan tahun 2025 menunjukkan konsumsi energi tiap sektor pengguna yaitu rumah tangga, transportasi, industri dan komersial meningkat dengan rata-rata pertumbuhan 1,4% 2,9% 3,2% dan 3% berturut-turut. Jenis energi fosil yang dikonsumsi tiap sektor meningkat oleh karena itu perlu adanya kebijakan diversifikasi sehingga dapat mendorong pemanfaatan energi terbarukan di tahun 2025 untuk mensubstitusi energi fosil. Optimalisasi pemanfaatan energi terbarukan per sektor dilakukan dengan pertimbangan biaya, efisiensi teknologi, demand per sektor dan potensi energi terbarukan. Dengan mengetahui pola pemanfaatan energi terbarukan yang optimal pada tahun 2025 diharapkan Pemerintah dapat menyusun strategi untuk mencapainya. Dari hasil optimalisasi dengan program linier sederhana didapatkan hasil tenaga panas bumi yang bisa dimanfaatkan untuk industri pembangkit sebesar 157,2 juta SBM, untuk mensuplai listrik ke sektor komersial sebesar 10,3 juta SBM, biodiesel yang dapat dimanfaatkan untuk sektor transportasi sebesar 92,42 juta SBM dan Bioetanol yang dapat dimanfaatkan untuk sektor transportasi sebesar 62,98 juta SBM dan Biooil yang dimanfaatkan untuk sektor rumah tangga sebesar 8,9 juta SBM dan biogas yang dapat dimanfaatkan untuk sektor rumah tangga sebesar 5,2 juta SBM.

Kata Kunci :  
Proyeksi permintaan energi, optimalisasi, program linier

## ABSTRACT

Name : Pranawaningtyas TD  
Major : Industrial Engineering  
Title : Renewable Energy Projection and Optimization in Indonesia

Energy final consumption always increase in accordance to economic growth, due to energy intensity and energy trend, energy demand projection from 2010 until 2025 will show energy consumption per sector increase for household sector, transportation sector, industrial sector, and commercial sector with average growth rate are 1,4% 2,9% 3,2% dan 3% respectively. Renewable energy utilization optimization per sector based on criterias as follows: cost, efficiency, technology, renewable energy potency, and energy demand per sector. After knowing renewable energy optima utilization in 2025, Government can propose strategies to reach it. From simple linier programing calculation, we can get the patern of renewable energy optimal utilization in 2025 as follows : geothermal power for industry can be utilized amount of 157,2 million TOE, geothermal for commercial sector 10,3 million TOE, Biodiesel for transportation sector 92,42 million TOE and Bioethanol for transportation sector 62,98 million TOE and Pure Plant Oil for household 8,9 million TOE and Biogas for household sector approximately 5,2 million TOE.

Key Word :  
Energy demand projection, optimization, linier programing



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGA AKHIR.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xviii
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	3
1.3 Pokok Permasalahan.....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Metodologi Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan .....	8
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>9</b>
2.1 Perencanaan Energi .....	9
2.2 Teknik Perencanaan Energi .....	12
2.3 Model Optimasi.....	14
2.3.1 Program Linier.....	16
2.3.2 Aspek-Aspek Program Linier .....	17
2.3.2.1 Asumsi-asumsi Dalam Program Linier.....	17
2.3.2.2 Formulasi Umum Program Linier.....	18
2.3.2.3 Langkah-langkah Penyelesaian Optimasi dengan Program Linier.....	20
2.4 Penelitian Mengenai Optimasi Menggunakan Program Linier .....	24
2.5 Model Optimasi yang Diaplikasikan di Indonesia .....	25
2.6 Teknologi Energi Terbarukan di Indonesia .....	27
2.6.1 Teknologi Panas Bumi .....	27
2.6.2 Mikrohidro.....	28
2.6.3 Biomasa.....	29
<b>3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>31</b>
3.1 Pengumpulan Data.....	31
3.1.1 Potensi Sumber Daya Energi Terbarukan .....	31
3.1.2 Permintaan Energi per Sektor.....	42
3.1.2.1 Data Indikator Ekonomi Makro .....	44
3.1.2.2 Data Konsumsi Energi per Sektor.....	45
3.1.2.2 Data Pertumbuhan Jumlah Kendaraan .....	46
3.1.3 Data Biaya dan Efisiensi per Sistem Energi.....	39

3.2 Pengolahan Data.....	49
3.2.1 Biaya dan Efisiensi Sistem Teknologi Konversi .....	49
3.2.2 Pengolahan data-data indikator ekonomi .....	53
3.2.2.1 Proyeksi GDP dan GDP/sektor tahun 2010-2025 .....	53
3.2.2.2 Proyeksi Pertumbuhan Kendaran Bermotor 2010- 205.....	53
3.2.2.3 Proyeksi Konsumsi Energi Final per Sektor Tahun 2010-2025.....	54
3.2.2.3 Perkiraan Konsumsi Energi Final per Jenis Energi 2010-2015 .....	54
3.2.3 Optimasi Pemanfaatan Energi Terbarukan dengan Programa Linier.....	55
3.2.3.1 Model dalam Skema .....	55
3.2.3.2 Model dalam Bentuk Matematis .....	56
3.2.3.3 Input Data.....	57
<b>4. PEMBAHASAN .....</b>	<b>59</b>
4.1 Analisis Konsumsi Energi Final.....	56
4.1.1 Sektor Rumah Tangga Skenario Dasar .....	61
4.1.2 Sektor Transportasi Skenario Dasar .....	62
4.1.3 Sektor Industri Skenario Dasar.....	63
4.1.4 Sektor Komersial Skenario Dasar.....	64
4.2 Analisis Optimalisasi Pemanfaatan Energi Terbarukan per sektor.....	65
4.1.1 Sektor Rumah Tangga Skenario Diversifikasi .....	66
4.1.2 Sektor Transportasi Skenario Diversifikasi.....	67
4.1.3 Sektor Industri Skenario Diversifikasi.....	68
4.1.4 Sektor Komersial Skenario Diversifikasi.....	69
4.3 Analisa Hasil dari Sisi Potensi dan Teknologi.....	70
4.4 Strategi Pemanfaatan Energi Terbarukan .....	71
4.4.1 Rencana Pengembangan.....	71
4.4.2 Kalkulasi Emisi.....	72
4.5 Analisa Sensitifitas .....	74
4.5.1 Terhadap Permintaan .....	74
4.5.2 Terhadap permintaan Teknologi.....	75
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>75</b>
5.1 Kesimpulan .....	75
5.2 Saran .....	76
<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>77</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Model Programa Linier.....	1
Tabel 3.1 Tabel Potensi Panas Bumi Tahun 2008.....	36
Tabel 3.2 Tabel Potensi Biomasa dari Limbah Pertanian 2008 .....	38
Tabel 3.3 Tabel Potensi Biogas Tahun 2008.....	39
Tabel 3.4 Tabel Potensi Bioetanol dari Singkong.....	40
Tabel 3.5 Tabel Potensi Bioetanol dari tetes tebu .....	41
Tabel 3.6 Tabel Skenario Pemanfaatan Energi per Sektor.....	47
Tabel 3.7 Perkiraan GDP dan GDP per Sektor.....	53
Tabel 3.7 Tabel Pertumbuhan Jumlah Kendaraan.....	53
Tabel 3.8 Konsumsi Energi Final per Sektor.....	53
Tabel 3.9 Tabel Perkiraan Permintaan per Jenis Energi di Sektor Industri..	54
Tabel 3.10 Tabel Perkiraan Permintaan per Jenis Energi di Sektor Industri .....	54
Tabel 3.11 Tabel Perkiraan Permintaan per Jenis Energi di Sektor Tranp	55
Tabel 3.12 Tabel Perkiraan Permintaan per Jenis Energi di Sektor Komersial.....	55
Tabel 3.13 Potensi Energi Terbarukan.....	57
Tabel 3.14 Tabel Penerimaan Masyarakat .....	57
Tabel 4.1 Produksi Sawit Sebagai Bahan Baku Biodiesel.....	70
Tabel 4.2 Pengurangan Emisi Sektor Rumah Tangga.....	72
Tabel 4.3 Pengurangan Emisi Sektor Industri.....	72
Tabel 4.4 Pengurangan Emisi Sektor Transportasi.....	72
Tabel 4.5 Pengurangan Emisi Sektor Komersial.....	73
Tabel 3.77 Analisis Sensitifitas Terhadap Demand.....	74

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah .....	3
Gambar 1.2 Flowchart Metodologi Penelitian .....	7
Gambar 2.1 Metode dalam Operation Research.....	16
Gambar 3.1 Proses Konversi Energi Primer Menjadi Energi Final.....	45
Gambar 3.2 Pengujian Bahan Bakar Biodiesel.....	48
Gambar 3.3 Pengujian Biooil .....	48
Gambar 3.2 Gambar Optimum Renewable Energy Model.....	55
Gambar 4.1 Perkiraan Konsumsi Energi Final 2010-2025.....	61
Gambar 4.2 Perkiraan Bauran Konsumsi Energi..... di Sektor Rumah Tangga Tahun 2025 Skenario Dasar .....	62
Gambar 4.3 Pertumbuhan Jumlah Kendaraan .....	62
Gambar 4.4 Perkiraan Bauran Konsumsi Energi..... di Sektor Transporatsi Tahun 2025 Skenario Dasar .....	63
Gambar 4.5 Perkiraan Bauran Konsumsi Energi..... di Sektor Industri Tahun 2025 Skenario Dasar .....	64
Gambar 4.6 Perkiraan Bauran Konsumsi Energi..... di Sektor Komersial Tahun 2025 Skenario Dasar .....	65
Gambar 4.7 Bauran Optimal Pemanfaatan Energi Terbarukan Tahun 2025.....	66
Gambar 4.8 Perkiraan Bauran Energi Terbarukan Sektor Rumah Tangga Tahun 2025.....	66
Gambar 4.9 Perkiraan Bauran Energi Terbarukan Sektor Industri Tahun 2025.....	67
Gambar 4.10 Perkiraan Bauran Energi Terbarukan Sektor Transportasi Tahun 2025.....	67
Gambar 4.11 Perkiraan Bauran Energi Terbarukan Sektor Komersial Tahun 2025.....	68

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data GDP, Populasi, dan GDP per Sektor.....	82
Lampiran 2. Komposisi Jenis Energi Sektor Industri .....	83
Lampiran 3. Komposisi Jenis Energi Sektor Rumah Tangga.....	84
Lampiran 4. Komposisi Jenis Energi Sektor Komersial.....	85
Lampiran 5. Komposisi Jenis Energi Sektor Transportasi.....	86
Lampiran 6. Hasil Running Lingo.....	87

