



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS TEKNO-EKONOMI PEMANFAATAN GAS ALAM  
MENGUNAKAN SISTEM KOGENERASI DI RUMAH SAKIT  
(STUDI KASUS RUMAH SAKIT KANKER DHARMAIS)**

**TESIS**

**ROBI H.SEMBIRING**

**07 06 17 33 45**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
DESEMBER 2009**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS TEKNO-EKONOMI PEMANFAATAN GAS ALAM  
MENGUNAKAN SISTEM KOGENERASI DI RUMAH SAKIT  
(STUDI KASUS RUMAH SAKIT KANKER DHARMAIS)**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister  
Bidang Ilmu Teknik Program Studi Teknik Elektro**

**ROBI H.SEMBIRING**

**07 06 17 33 45**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
KEKHUSUSAN TENAGA LISTRIK DAN ENERGI  
DEPOK  
DESEMBER 2009**

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

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

**Nama : Robi H.Sembiring**

**NPM : 0706173345**

**Tanda tangan : **

**Tanggal : Desember 2009**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :  
 Nama : Robi H.Sembiring  
 NPM : 0706173345  
 Program Studi : Teknik Elektro  
 Judul Tesis : Analisis Tekno-Ekonomi Pemanfaatan Gas Alam  
 Menggunakan Sistem Kogenerasi Di Rumah Sakit  
 (Studi Kasus Rumah Sakit Kanker Dharmais)

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa M K, MT (.....)

Penguji : Dr.Ing. Eko Adhi Setiawan, ST. MT (.....)

Penguji : Ir. Amien Rahardjo, MT (.....)

Penguji : Aji Nur Widyanto, ST. MT (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Desember 2009

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya dari-Nya-lah segala berkat dan anugerah yang membuat saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan studi di Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Indonesia dan mencapai gelar Magister Teknik. Saya meyakini dan sadar bahwa bantuan, bimbingan, dan kerja sama dari berbagai pihak selama masa perkuliahan maupun pada saat penyusunan tesis, merupakan faktor utama yang menyebabkan saya mampu menyelesaikan tesis ini. Oleh sebab itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa M.K, MT, selaku dosen pembimbing dan Bapak Dr-Ing. Eko Adi Setiawan, ST, MT yang telah menyediakan waktu, mencurahkan tenaga maupun pikirannya untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
- (2) Ir. Djoko Widyanto, dan rekan-rekan di Sub Direktorat Harga Jual dan Subsidi Listrik, Direktorat Pembinaan Pengusahaan Ketenagalistrikan, Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi, yang telah membantu penyediaan data-data yang saya perlukan;
- (3) Orang tua, dan keluarga saya yang telah memberikan dukungan baik moral maupun material; dan
- (4) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, semoga Tuhan berkenan memberikan imbalan atas segala kebaikan para pihak yang telah membantu. Harapan saya adalah agar tesis ini dapat membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Desember 2009

Penulis

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

---

---

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

Nama : Robi H.Sembiring  
NPM : 0706173345  
Program Studi : Magister Teknik  
Departemen : Elektro  
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 :

**ANALISIS TEKNO-EKONOMI PEMANFAATAN GAS ALAM  
MENGUNAKAN SISTEM KOGENERASI DI RUMAH SAKIT  
(STUDI KASUS RUMAH SAKIT KANKER DHARMAIS)**

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 memublikasikan 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 : Desember 2009

Yang menyatakan

(Robi H.Sembiring)

## ABSTRAK

Nama : Robi H.Sembiring  
 Program Studi : Teknik Elektro  
 Judul : Analisis Tekno-Ekonomi Pemanfaatan Gas Alam Menggunakan Sistem Kogenerasi Di Rumah Sakit (Studi Kasus Rumah Sakit Kanker Dharmais)

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan implementasi sistem kogenerasi khususnya di gedung Rumah Sakit Kanker Dharmais yang memungkinkan menggantikan seluruh suplai kebutuhan energi listrik dan energi termal, dimana pada kondisi sekarang kebutuhan energi listrik disuplai oleh PLN sedangkan kebutuhan energi termal seluruhnya disuplai dari hasil pembakaran bahan bakar solar jenis HSD oleh boiler. Hasil analisis perhitungan teknis maupun ekonomis dari sistem kogenerasi yang akan diimplementasikan tersebut, akan diuji sensitivitas untuk tingkat pengembalian dan jangka waktu pengembalian modal investasi terhadap dampak kenaikan harga bahan bakar gas, tarif listrik serta besarnya investasi.

Kata kunci:  
 Kogenerasi, Termal, Boiler, Sensitivitas

## ABSTRACT

Name : Robi H.Sembiring  
 Study Program : Electrical Engineering  
 Title : Techno-Economic Analysis of Natural Gas Utilization Using Cogeneration System In Hospital (Case Study In Dharmais Cancer Hospital)

This study was conducted to understand the feasibility of implementing the cogeneration system in the building especially Dharmais Cancer Hospital that allows to replace the entire supply of electricity consumption and thermal energy, which at the present consumption energy is supplied by PLN and all thermal energy demand is supplied from the combustion of diesel fuel by boiler. The results of analysis calculations of technical and economic of the cogeneration system, will be tested the sensitivity of internal rate of return and payback period of investment to the impact of escalation gas price, electricity tariff and capital cost.

Keywords:  
 Cogeneration, Thermal, Boiler, Sensitivity

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Metode Penelitian .....	2
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>2. DESKRIPSI RUMAH SAKIT DHARMAIS .....</b>	<b>4</b>
2.1 Sejarah Singkat .....	4
2.2 Kebijakan Mutu .....	4
2.3 Gambaran Umum .....	4
2.4 Sumber Energi .....	6
2.5 Konsumsi Energi .....	8
2.5.1 Konsumsi Energi Listrik .....	8
2.5.1.1 Sistem Penerangan .....	8
2.5.1.2 Sistem Pendingin (AC) .....	8
2.5.1.3 Peralatan Kantor .....	9
2.5.1.4 Utilitas Lain .....	9
2.5.2 Konsumsi Energi Termal .....	9
<b>3. SISTEM KOGENERASI .....</b>	<b>10</b>
3.1 Prinsip Dasar .....	10
3.2 Keuntungan Kogenerasi .....	12
3.3 Komponen Sistem Kogenerasi .....	12
3.3.1 Boiler .....	12
3.3.3.1 Boiler Pipa Api .....	13
3.3.3.2 Boiler Pipa Air .....	13
3.3.2 Penggerak Mula .....	13
3.3.2.1 Turbin Uap .....	13
3.3.2.2 Turbin Gas .....	16
3.3.2.3 Mesin Diesel ( <i>Reciprocating Machine</i> ) .....	17
3.3.3 Generator .....	19
3.3.4 Sistem Pemulihan Panas Buangan .....	20



3.3.4.1	Prinsip Dasar Perpindahan Panas .....	20
3.3.4.2	Penukaran Panas (Heat Exchanger) .....	21
3.3.5	Sistem Kontrol.....	22
3.4	Klasifikasi Kogenerasi .....	22
3.4.1	Siklus Atas (Topping Cycle).....	23
3.4.2	Siklus Bawah (Bottoming Cycle).....	23
<b>4.</b>	<b>IMPLEMENTASI SISTEM KOGENERASI .....</b>	<b>24</b>
4.1	Metodologi.....	24
4.2	Studi Literatur .....	26
4.2.1	Perhitungan Rasio Keluaran Listrik dan Termal.....	26
4.2.2	Metode Annualized Cost.....	26
4.2.2.1	Total Biaya Pengeluaran.....	27
4.2.2.2	Total Revenue Sistem Kogenerasi .....	28
4.2.2.3	Total Biaya Penghematan Tahunan .....	31
4.2.3	Teknik Analisis Capital Budgeting.....	32
4.2.3.1	Payback Period (PBP) .....	32
4.2.3.2	Net Present Value (NPV) .....	33
4.2.3.3	Internal Rate of Return (IRR) .....	33
4.3	Pengumpulan Data .....	34
4.4	Evaluasi .....	36
4.4.1	Evaluasi Karakteristik Beban.....	36
4.4.2	Perhitungan Rasio Termal Terhadap Listrik .....	37
<b>5.</b>	<b>ANALISIS PERHITUNGAN SISTEM KOGENERASI.....</b>	<b>38</b>
5.1	Analisis Teknis.....	38
5.1.1	Kondisi Awal.....	43
5.1.2	Kogenerasi Dengan Turbin Gas (EM) .....	44
5.1.3	Kogenerasi Dengan Turbin Gas (TM) .....	44
5.1.4	Kogenerasi Dengan <i>Reciprocating Machine</i> (EM) .....	45
5.1.5	Kogenerasi Dengan <i>Reciprocating Machine</i> (TM) .....	45
5.2	Analisis Ekonomi .....	47
5.2.1	Biaya Investasi dan Biaya Operasi & Pemeliharaan .....	47
5.2.2	Biaya Bahan Bakar .....	47
5.2.3	Revenue Tahunan (Annual Revenue) .....	48
5.2.4	Analisis Capital Budgeting .....	49
5.3	Analisis Sensitivitas .....	51
5.3.1	Eskalasi Harga Bahan Bakar .....	51
5.3.2	Eskalasi Tarif Listrik .....	53
5.3.3	Eskalasi Investasi.....	55
<b>6.</b>	<b>KESIMPULAN .....</b>	<b>57</b>
	<b>DAFTAR REFERENSI.....</b>	<b>59</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gedung RS Kanker Dharmais .....	5
Gambar 2.2	Denah Gedung RS Kanker Dharmais .....	5
Gambar 2.3	Skematik Diagram Gedung RS Dharmais .....	6
Gambar 2.4	Generator Diesel Gedung RS Dharmais.....	7
Gambar 2.5	Sistem AC Central Air Cooled.....	9
Gambar 3.1	Perbandingan Efisiensi Sistem Konvensional dan Kogenerasi .....	10
Gambar 3.2	Diagram Sistem Kogenerasi Turbin Uap.....	13
Gambar 3.3	Turbin Tekanan Balik.....	15
Gambar 3.4	Turbin Ekstrakkondensasi.....	15
Gambar 3.5	Diagram Sistem Kogenerasi Turbin Gas.....	16
Gambar 3.6	Diagram Sistem Kogenerasi <i>Reciprocating</i> .....	18
Gambar 4.1	Kondisi Awal Sistem .....	24
Gambar 4.2	Skenario Implementasi Kogenerasi .....	25
Gambar 4.3	Karakteristik Beban Listrik .....	35
Gambar 4.4	Karakteristik Beban Termal .....	36
Gambar 5.1	Keseimbangan Energi Konvensional & Kogenerasi Turbin Gas... 38	
Gambar 5.2	Karakteristik Etr Turbin Gas & Prosentase Hemat Energi .....	40
Gambar 5.3	Keseimbangan Energi Konvensional dan Reciprocating .....	41
Gambar 5.4	Karakteristik Etr Reciprocating dan Prosentase Hemat Energi ....	42
Gambar 5.5	Analisis Sensitivitas IRR vs Eskalasi Harga Bahan Bakar Gas .....	52
Gambar 5.6	Analisis Sensitivitas PBP vs Eskalasi Harga Bahan Bakar Gas.....	53
Gambar 5.7	Analisis Sensitivitas IRR vs Eskalasi Tarif Listrik .....	53
Gambar 5.8	Analisis Sensitivitas PBP vs Eskalasi Tarif Listrik .....	54
Gambar 5.9	Analisis Sensitivitas IRR vs Eskalasi Investasi.....	55
Gambar 5.10	Analisis Sensitivitas PBP vs Eskalasi Investasi .....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Karakteristik Sistem Kogenerasi .....	19
Tabel 4.1	Koefesien Emisi Bahan Bakar .....	30
Tabel 4.2	Data Boiler RS Dharmais.....	34
Tabel 4.3	Data Teknis.....	34
Tabel 4.4	Konsumsi Listrik Bulan Nopember 2008 s.d Oktober 2009.....	35
Tabel 4.5	Data Ekonomi.....	35
Tabel 4.6	Karakteristik Beban Listrik dan Termal. ....	36
Tabel 5.1	Ringkasan Skenario Sistem Kogenerasi. ....	45
Tabel 5.2	Biaya Investasi dan Biaya Operasi & Pemeliharaan .....	46
Tabel 5.3	Total Biaya Bahan Bakar Sistem Kogenerasi .....	47
Tabel 5.4	Ringkasan Potensi Biaya Penghematan (revenue) .....	48
Tabel 5.5	Aliran Kas Tahunan Sistem Kogenerasi .....	49
Tabel 5.6	Perbandingan Harga Energi .....	50



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1	Proyeksi <i>Net Present Value (NPV)</i> Penggunaan Turbin Gas .....	60
Lampiran 1.2	Proyeksi <i>Net Present Value (NPV)</i> Penggunaan Reciprocating Machine.....	61
Lampiran 1.3	Data Teknis Gas Engine.....	62

