

**PROSIDING**  
**SEMINAR NASIONAL**  
**IPTEK INDUSTRI TERAPAN**  
**( SIPTEKINT - 2007 )**

Editor :

Maludin  
Maradu Sibarani  
Mabe Siahaan  
Jhonny

SIPTEKINT-2007

10 Mei 2007

ISBN : 978-979-16256-0-9



Diterbitkan Oleh :

**Fakultas Teknologi Industri**

**Universitas Mpu Tantular**

**Jl. Cipinang Besar No. 2 Jakarta Timur 13410.**



**SUSUNAN PANITIA PENYELENGGARA  
SEMINAR NASIONAL IPTEK INDUSTRI  
TERAPAN ( SIPTEKINT – 2007 )**

- Pelindung** : Rektor Universitas Mpu Tantular  
Ir. M.T.D. Sianipar, MM.
- Pengarah** : DR. Ratlan Pardede (Ketua)  
Budi Sinambela, BBA.  
Drs. Ign. Djoko Irianto, M.Eng.  
Ir. Djontar K. M, M.Köm.
- Pen. Jawab** : Dekan Fakultas Teknologi Industri  
Ir. Adolf M. H. S., MM.

**KOMITE MAKALAH**

- K E T U A** : DR. Mabe Siahaan, M.Sc.
- ANGGOTA** : Prof. DR. Lukman Satibi, MSc., APU.  
Drs. Sutisno, MSc., ME, APU.  
DR. Usman Sudjadi, Dipl. Ing.  
DR. M. Sayad, MSc.,  
Ir. Houtman P. S. MSc., Ph.D.,  
DR. Paston Sidauruk, M.CE.,  
Dra. Endang Sumartinah, MSc.,

**PANITIA PELAKSANA**

- K E T U A** : Ir. Maradu S., MSc.
- SEKRETARIS** : Ir. Maludin Sitanggang, MSc.
- BENDAHARA** : Ir. Retno I.K.W., MM.
- Anggota** : Fadly Meray, ST., MT.  
Ir. Firman S.  
Ir. Syarifuddin P., MM.,  
Ir. Sima S., MM.  
Drs. Elman P., M.Sc.  
Ir. Mardiaman, MT.

**SEKSI-SEKSI**

- Acara dan  
Persidangan** : Ir. Tonny S., MSc.  
Samsul Bahri, SPd.,  
Ronika  
David.
- Makalah dan  
Publikasi** : Ir. Jhonny S.  
Soneta  
Jenny  
Sri Haryanti, SH.
- Konsumsi** : Donna Siregar, SE.
- Keamanan** : Hongkop M., SH.

**SEMINAR NASIONAL IPTEK INDUSTRI  
TERAPAN  
( SIPTEKINT – 2007 )**

Diselenggarakan :  
Pada Hari Kamis, 10 Mei 2007, di Kampus Ilmiah  
Gedung A, Lantai V, VII, dan VIII  
Universitas Mpu Tantular

Katalog Dalam Terbitan  
Perpustakaan Nasional RI  
Jl. Salemba Raya No. 28A  
Jakarta Pusat  
No. : 18 / ISBN / KDT / 2007  
Prosiding Seminar Nasional Iptek Industri  
Terapan ( 2007 : Jakarta )  
Prosiding Siptekint – 2007

Editor :  
Maludin, Maradu, Mabe, Jhonny  
Jakarta : Fakultas Teknologi Industri UMT, 2007  
600 halaman; A4 (21,0 x 29,7) cm  
ISBN : 978-979-16256-0-9  
Industri Terapan  
I. Judul, II. Maludin, III. Maradu, IV. Mabe,  
V. Jhonny

Alamat Editorial :  
Jl. Cipinang Besar No. 2 Jakarta Timur 13410  
TElp. (021) 8197386, 8562011, Fax. 8562010,  
Website : <http://www.mputantular.ac.id>,  
E-mail : [info@mputantular.ac.ic](mailto:info@mputantular.ac.ic).



**Diterbitkan Oleh :**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS MPU TANTULAR**  
**Jl. Cipinang Besar No. 2 Jakarta Timur 13410,-**



## KATA SAMBUTAN

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena Seminar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Industri Terapan 2007 dapat terlaksana. Dalam hal ini Fakultas Teknologi Industri dan Universitas Mpu Tantular dalam melaksanakan TRI DHARMA Perguruan Tinggi, mempunyai Pusat Penelitian Pengembangan dan Pengabdian Masyarakat (P4M), memanfaatkan dan mewadahi serta memfasilitasi pertemuan Ilmiah dalam bentuk Seminar Nasional. Seminar nasional ini diberi nama : "SEMINAR NASIONAL ILMU PENGETAHUAN DAN TEKNOLOGI INDUSTRI TERAPAN (SIPTEKINT)".

Seminar Nasional IPTEK Industri Terapan ini bertujuan untuk memfasilitasi forum pertukaran informasi dan pengalaman para praktisi, peneliti, dan perekayasa. Baik dari Akademisi, instansi pemerintah maupun swasta, untuk meningkatkan daya saing melalui pengembangan dan pengaplikasian ilmu, khususnya pada dunia industri terapan. Semua informasi tersebut telah di presentasikan melalui seminar, didokumentasikan dalam bentuk prosiding serta dipublikasikan kepada masyarakat ilmiah. Kiranya hasil seminar ini bermanfaat terhadap peningkatan mutu Ilmu dan Pengetahuan. Serta dapat bermanfaat terhadap kehidupan masyarakat Ilmiah dan masyarakat umum. Makalah - makalah yang terbit dalam prosiding SIPTEKINT 2007 ini adalah hasil seleksi dan revisi oleh team komite makalah serta di edit oleh team dari beberapa instansi yang sudah berpengalaman, sehingga layak untuk dipublikasikan.

Akhirnya kepada semua pihak yang membantu dalam penyelenggaraan SIPTEKINT 2007 ini, kami haturkan terimakasih. Secara khusus ucapan terimakasih kami tujukan kepada :

- a. Bapak Rektor Universitas Mpu Tantular, Ir. MTD. Sianipar, MM, dan jajarannya yang banyak memberikan arahan dan legalitas Seminar Nasional ini.
- b. Bapak Prof. K.P. T. Sinambela Kusumonagoro, yang memberikan fasilitas yang memuaskan, sehingga Seminar ini terlaksana dengan baik.
- c. Bapak Prof. Dr. D.N. Adyana, MSc., APU., Ir. Ilham Hatta, MT, APU., Ir. Effendi Sirait, sebagai Keynote Speaker.
- d. Bapak Prof. Dr. Lukman Satibi, MSc., APU., Ir. Sutisno, MSc., MSTs., APU., atas keterlibatannya sebagai team komite makalah.
- e. Bapak/Ibu Peneliti, Perekayasa dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) Rumpin dan Bogor, Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Pusat Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PUSPIPTEK) Serpong, BPP Teknologi Kawasan Puspiptek Serpong,
- f. Bapak/Ibu Dosen Peneliti dari Fakultas Teknologi Industri Univ. Mpu Tantular (FTI UMT), Fak. Teknik Univ. Lampung, Fak. Teknik Univ. Sriwijaya Palembang,, FTI Univ. Jaya Raya, FTI Univ. Pancasila, Fakultas Teknik ITI Serpong, Fak. Teknik ITBU, Fak. Teknik Univ. Muhammadiyah Surakarta, Fak. Teknik UKIP Makasar, Fak. Teknik Univ. Tama Jagakarsa, Fak. Teknik STTJ, Fak. Teknik Univ. Katolik Indonesia Atma Jaya, Fak. Teknik Univ. Bhayangkara, Fak. Teknik Univ. Sepuluh Nopember Surabaya, Dept. Teknik Elektro Fak. Teknik Univ. Indonesia, Fak. Teknik dan Sains Univ. Nasional, Fak. Teknik Univ. Persada Indonesia, Fak. Teknik STT PLN Jakarta, Akademi Pimpinan Perusahaan (APP) Jakarta dan yang belum kami sebutkan dalam kata sambutan ini.
- g. Bapak/Ibu dari Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronika LIPI Bandung, Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna Subang, Puslit KIM LIPI Serpong, Litbang

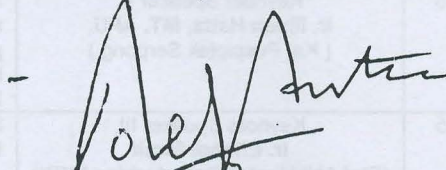


Dept. Perhubungan NKRI, Departemen Perindustrian NKRI, Balai Metrologi DKI Jakarta, dan yang belum kami sebutkan dalam kata sambutan ini.

- h. Saudara Mahasiswa/I dari berbagai perguruan Tinggi dan Karyawan/i dari Universitas Mpu Tantular yang banyak membantu keberhasilan SIPTEKINT 2007 ini.

Kiranya Tuhan Yang Maha Esa memberikan Rahmat HidayahNya, dan kami ucapkan selamat berkarya dan salam kami kepada institusi tempat Bapak/Ibu/Sdr./I bekerja, sampai bertemu pada Seminar Nasional IPTEK Industri Terapan SIPTEKINT yang akan datang.

Jakarta, 10 Mei 2007  
 Penanggung Jawab SIPTEKINT - 2007  
 Dekan Fakultas Teknologi Industri  
 Universitas Mpu Tantular



( Ir. Adolf M.H.B., MM.)



## DAFTAR ISI

Susunan Panitia Penyelenggara .....	i
Kata Sambutan .....	ii
Susunan Acara .....	iv
I. Registrasi dan Kata Sambutan .....	iv
II. Pembicara Utama / Pembicara Kunci .....	iv
III. Persentase Seminar Paralel .....	iv
A. Ruang Hiboraja Lantai VIII .....	iv
B. Ruang Tiopan Lantai VII .....	v
C. Ruang 604 lantai VI .....	v
IV. POSTER .....	vi
V. Penutupan .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii

### TOPIK I : TEKNIK INDUSTRI

NO.	PENULIS DAN INSTANSI	JUDUL	HALAMAN
1.	LUTFAH ARIANA ELVI PUSAT LITBANG IPTEK – LIPI	A STUDI KUALITAS TATA LETAK RUANG PRODUKSI USAHA KECIL MENENGAH (UKM)	1-10
2.	H. HASAN BASRI TEKNIK MESIN UNSRI.	STUDI PEMILIHAN KOGENERASI UNTUK KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK DAN AIR PANAS (STUDI KASUS HOTEL)	11-16
3.	SRI RAHAYU KONV. ENERGI DIRGANTARA LPN	INVENTARISASI DATA POTENSI ENERGI ANGIN DALAM MENUNJANG PEMENUHAN KEBUTUHAN ENERGI DI INDONESIA	17-24
4.	Y A N T O TI, FTI UNIKA ATMA JAYA	MISMATCH BETWEEN WORKING FURNITURES AND WORKER'S ANTHROPOMETRIC DIMENSIONS (A CASE STUDY IN PACKING DEPARTMENT OF COMPANY X)	24-35
5.	JOSEP BINSAR M. M. DOSEN UMT	KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA PADA BANGUNAN	36-40
6.	DIAN PRIHADYANTI IPTEK LIPI.	EVALUASI <i>PREVENTIVE MAINTENANCE</i> DI PERUSAHAAN MANUFAKTUR: STUDI KASUS DI PT TIRTAMAS MEGAH TEMANGGUNG	41-48
7.	Y A N T O JUR. TI UNIKA ATMA JAYA	A DEVELOPED PROCEDURE TO DESIGN ANTROPOMETRIC DEVICES FOR TRADITIONAL ANTROPOMETRY SURVEY	49-54
8.	TRI RADYATI BALAI BESAR PPTG, SUBANG	PENENTUAN UMUR SIMPAN MINUMAN INSTANT BERBAHAN BAKU KUNYIT	55-60



9.	MUCH. DJUNAIDI TEKNIK INDUSTRI UNIV. MUHAMMADIYAH SURAKARTA,	SISTEM PENGUKURAN KINERJA PERUSAHAAN MENGGUNAKAN KONSEP BSC GENERASI KEDUA (STUDI KASUS DI CV. KARYA BARU, KLATEN)	61-69
10.	SYARIFUDDIN PANDIANGAN DOSEN APP DAN UMT	PERSEPSI KONSUMEN TERHADAP PAKAIAN JADI DARI TEKSTIL PRODUKSI DALAM NEGERI (STUDI KASUS DAERAH JABODETABEK)	70-76
11.	ARYA PRADANA NUTRIANTO M. KURNIADI RASYID JURUSAN INDUSTRI FT I ITI	ANALISA JEMBATAN KRAN <i>SINGLE GIRDER</i> DENGAN MENGGUNAKAN METODE NUMERIK	77-80

## TOPIK II : TEKNIK MESIN

12.	BAMBANG HERLAMBAH, DJUHANA, KIM LIPI	PENGUKURAN AKURASI SUMBU X MESIN CO-ORDINATE MAEASYRUBG (CMM) MENGGUNAKAN LASER INTERFEROMETER	81-89
13.	B A R L I N TEKNIK MESIN UNSRI	EFEK PENAMBAHAN ETANOL DALAM CAMPURAN BAHAN BAKAR TERHADAP PERFORMANSI MESIN BENSIN	90-199
14.	AGUS BAYU UTAMA KONVERSI ENERGI LAPAN	PEMAMFAATAN SISTEM KONVERSI ENERGI ANGIN (SKEA) UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DAN PEMOMPAAN AIR	101-105
15.	BERTINUS SIMANIHURUK DOSEN UNIV. TAMA JAGAKARSA	METODE PELAKSANAAN TANGGA PRECAST PADA BANGUNAN TINGGI	106-115
16.	H. HASAN BASRI <sup>1</sup> , BARLIN <sup>2</sup> <sup>1</sup> . TEKNIK MESIN UNSRI	PERANCANGAN DAN PEMBUATAN TUNGKU BERBAHAN BAKAR BRIKET BATUBARA DENGAN KAPASITAS 1 KG	116-124
17.	DJUHANNA, BAMBANG HERLAMBAH KIM LIPI	PENGUKURAN KONSUMSI BAHAN BAKAR SUATU MOTOR BAKAR BERKAPASITAS DAYA KECIL	125-128
18.	DWI PURWANTO BPPT SERPONG	PEMERIKSAAN SAMBUNGAN LAS THERMIT REL R-54 MENGGUNAKAN METODA IMPULS ECHO	129-135
19.	E D I W A N STRUKTUR ROKET LAPAN	PERANCANGAN NOSEL DAN CAP ROKET MENGGUNAKAN BAHAN S45C	136-143
20.	ELVIS A. SUMARAW TERAPAN LAPAN	ANALISA KEGAGALAN PADA <i>PLUNGER</i> MESIN PRES BAHAN BAJA PADUAN Si-Mn	144-154
21.	DJUHANNA, BAMBANG HERLAMBAH * PUSLIT KIM LIPI	PENGUKURAN KECEPATAN PENDINGINAN SUATU PROTOTIPE KALORIMETER BAHAN BAKAR MENGGUNAKAN FIBER GLASS SEBAGAI MATERIAL ISOLATOR PANAS	155-159
22.	MALUDIN SITANGGANG UNIT UJI AERODINAMIKA LAPAN	KALIBRASI ULANG WIND TUNNEL SUPERSONIK LAPAN	160-164
23.	JOSEP BINSAR M.T. MANURUNG DOSEN U M T	REKAYASA PEMEGANG PROBE ULTRASONIK UJI KETEBALAN	165-168



**STUDI PEMILIHAN KOGENERASI UNTUK KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK DAN AIR PANAS (STUDI KASUS HOTEL)**

Oleh :

**H. Hasan Basri**

**Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Prabumulih Km 32 Indralaya, Ogan Ilir Sumatera Selatan - 30662  
Telp. (0711) 580739, 580741. Fax. (0711) 580062  
E-mail: [hasanbas1@plasa.com](mailto:hasanbas1@plasa.com)**

**ABSTRAK**

*Kogenerasi merupakan teknologi yang mampu menjawab permasalahan tentang pemborosan energi dengan memanfaatkan potensi energi dari gas buang, dimana efisiensi 70 – 80 %. Dari simulasi dihasilkan daya motor diesel sebesar 146 kW, dan perhitungan panas dari bahan bakar sebesar 388,2 kW maka efisiensi motor diesel sebesar 37,6 %, panas yang diserap oleh alat penukar kalor dari gas buang sebesar 136,8 kJ atau 35,2 %. Sehingga efisiensi termal meningkat menjadi 72,8 %. Dan kelayakan ekonominya di dapat hasil NPV = (Rp.90.350.465,-) lebih besar dari nol, IRR = 21 % lebih besar dari bunga bank pinjaman sebesar 16 % dan PBP = 3,7 tahun kurang dari 5 tahun..*

*Kata Kunci : Kogenerasi, efisiensi, investasi*

**ABSTRACT**

*Cogeneration is technology that have be able to answer about waste of energy by making use of energy from exhaust engine with efficiency 70 -80 %. Based on simulation, it has produce power of diesel engine about 146 kW, absorbed heat from heat exchanger of exhaust about 136,8 kJ or 35,2%. Thermal Efficiency increase to 72,8%. It get economic feasibility in NPV Rp.90.350.465,-. It is higher than zero. IRR = 21% higher than bank interest 16 % and PBP = 3,7 years less than 5 years.*

*Keywords : Cogeneration, efficiency, investment*

**I. PENDAHULUAN**

**1.1. Latar belakang**

Keunggulan teknologi yang berbasis hemat energi diantaranya adalah teknologi kogenerasi. Kogenerasi merupakan rangkaian sistem dalam proses produksi tenaga listrik dan energi panas atau dikenal dengan combination heat and power (CHP), dari satu sumber bahan bakar, baik bahan bakar dari energi konvensional seperti minyak bumi, batubara, gas alam maupun energi biomassa. Kogenerasi ada dua bentuk siklus, pertama topping cycle yang produk utamanya adalah energi listrik dan memanfaatkan panas gas, sedangkan kedua adalah bottoming cycle yang menjadi produk utamanya adalah energi panas dan memanfaatkan panas buangnya untuk membangkitkan uap, sebagai penggerak turbin

generator untuk menghasilkan energi listrik. Keunggulan yang ditujukan secara termodinamika ditawarkan oleh kilang kogenerasi yang menunjukkan bahwa kogenerasi merupakan suatu teknologi yang menarik yang dapat memberikan solusi untuk kontribusi yang signifikan pada penggunaan energi secara efisien. Pada pembangkit tenaga konvensional panas yang terbuang dari proses pembakaran bahan bakar ke atmosfer mencapai kira-kira 60 -70 %, dengan teknologi kogenerasi sistem combined cycle power plant efisiensinya meningkat lebih kurang 50%. Dalam aplikasi sistem kogenerasi banyak menggunakan turbin uap, turbin gas dan motor diesel sebagai penggerak mula untuk memutar generator pembangkit listrik dan produk dari pemanfaatan panas buang menghasilkan energi



panas berbentuk uap atau air panas yang digunakan untuk pembangkit uap dan keperluan proses industri misalnya untuk proses pengeringan atau pemanasan.

Bagaimanapun hal ini tidak selalu ekonomis untuk memilih kelebihan pada kogenerasi yang digabungkan dengan pembangkit konvensional. Faktor yang mempengaruhi dalam memilih beberapa alternatif selain efisiensi adalah kondisi operasional dan tersedianya pembangkit tenaga dari topping cycle. Dan metode pengaturan keuangan proyek yang dapat berpengaruh kepada aliran kas yang pada akhirnya ditentukan oleh bagaimana kelayakan ekonominya dari usulan sistem kogenerasi yang ditawarkan.

Pada penelitian sebelumnya objek penelitian difokuskan pada potensi ekonomi, bagaimana keuntungan yang dihasilkan, dengan studi kasus di Kenya pipeline company tentang evaluasi kogenerasi untuk kebutuhan energi listrik dan energi panas pada pemasangan sistem kogenerasi yang memanfaatkan gas buangan dari turbin gas yang ada di sepanjang pipa saluran minyak di negara sub Sahara Afrika. Sistem kogenerasi yang diusulkan memilih pembangkit tenaga dari turbin gas untuk proses topping cycle karena mempunyai kemampuan dan unjuk kerja yang tinggi. Daya terpasang maksimum turbin gas sebesar 3,5 MW dan daya minimum 1,9 MW. Panas buangan yang dimanfaatkan dari keluaran turbin gas dapat digunakan untuk membangkitkan uap sebesar 8082 kg/ jam pada tekanan 10 atm. Dan menurunkan temperatur gas buang keluaran turbin gas dari 507 °C menjadi 109 °C. Peningkatan efisiensi siklus dari 29% menjadi 46% atau efisiensinya meningkat 17%. Dan dari hasil analisa kelayakan ekonominya dihasilkan nilai Rate of Return = 18%.

Dalam upaya mensukseskan program pemerintah bidang konservasi energi khususnya penerapan teknologi berbasis hemat energi, teknologi kogenerasi merupakan salah satu teknologi yang dapat memberikan solusi dalam penyediaan energi listrik dan energi panas secara simulasi, sebelum teknologi ini diperkenalkan dan disosialisasikan kepada masyarakat pengguna energi khususnya masyarakat industri di Indonesia, perlu dilakukan suatu pengkajian, penelitian dan

studi kelayakan ekonominya dalam memilih kogenerasi sebagai teknologi yang berbasis hemat energi. Salah satu industri di bidang pariwisata adalah perhotelan yang cukup banyak menggunakan energi, terutama energi listrik untuk keperluan penerangan, pendinginan ruangan, alat-alat elektronik dan sebagian menggunakan energi bentuk lain untuk sistem pemanasan air panas untuk keperluan mandi, dapur dan pencucian.

## 1.2. Permasalahan

Pemakaian tenaga listrik dari PLN untuk beban bervariasi lebih menguntungkan apa bila kelangsungan suplai listrik dari PLN bisa kontinu dan tidak terkendala tetapi karena keterbatasan pihak PLN belum bisa menjamin kelangsungan suplai listriknya. Sedangkan pemakaian tenaga listrik dari pembangkit tenaga diesel untuk beban bervariasi kurang menguntungkan tetapi pemakaian untuk beban normal bisa lebih menguntungkan ditinjau dari harga energi listrik per kWh dibandingkan dengan harga bahan bakar minyak diesel untuk pemakaian energi kW per jam.

Permasalahannya, bagaimana mengkombinasikan penggunaan energi listrik dari PLN dan penggunaan generator diesel digunakan teknik kogenerasi dan permasalahannya berapa peningkatan efisiensi sistem kogenerasi dan bagaimana kelayakan ekonominya, maka diperlukan evaluasi pemilihan teknologi kogenerasi dalam upaya penghematan energi.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah : Untuk mengetahui parameter alat penukar kalor :

- Panas yang diserap air (kJ/s)
- Laju aliran massa (kg/s)
- Luas bidang perpindahan panas ( $m^2$ )
- Panjang tube (m)
- Untuk mengetahui efisiensi kogenerasi
- Bagaimana kelayakan ekonomi sistem kogenerasi



#### 1.4. Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk:

- Mendukung dan mensukseskan program pemerintah dalam kebijaksanaan energi bidang konservasi energi
- Memberikan kontribusi dan sosialisasi gerakan hemat energi dengan teknologi kogenerasi kepada industri/ perusahaan pembangkit listrik maupun masyarakat pengguna energi.

### 2. METODOLOGI PENELITIAN

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana sistem kogenerasi dapat diaplikasikan pada power plant konvensional, dengan tersedianya pembangkit dari topping cycle dari motor diesel dan mengetahui bagaimana kelayakan ekonominya, apakah sistem kogenerasi yang ditawarkan bisa menguntungkan.

#### 2.1. Teknik Analisa Data

Data yang telah diperoleh dianalisa sebagai berikut:

- Dibuat gambar grafik profil durai pemakaian energi tiap jam dalam satu hari, beban harian dalam sebulan dan pemakaian beban per tahun.
- Data dikelompokkan dalam tabel untuk mempermudah perhitungan dan analisa.
- Perhitungan dan analisa untuk evaluasi beban listrik
- Perhitungan dan analisa untuk evaluasi beban panas
- Perhitungan efisiensi kogenerasi
- Evaluasi analisa teknik
- Evaluasi analisa ekonomi
- Evaluasi sistem kogenerasi
- Mentabelkan hasil-hasil perhitungan dan analisa

#### 2.3. Metode Simulasi

Simulasi menggunakan suatu program komputer untuk menghitung efisiensi sistem

kogenerasi, analisa teknik dan analisa ekonomi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Efisiensi Termal Motor Diesel Hasil perhitungan Efisiensi

Efisiensi Motor Diesel	= 37,60%
Efisiensi Kogenerasi	= 72,80%

Efisiensi motor diesel diperoleh dari perhitungan neraca panas berdasarkan data spesifikasi teknik yang dimasukkan ke dalam persamaan efisiensi termal.

Hasil efisiensi tersebut sebagai indikator dalam mengukur hasil peningkatan efisiensi pada sistem kogenerasi.

#### 3.2. Komponen Kogenerasi Parameter Alat Penukar Kalor

Panas yang diserap air	= 136,80 kJ/s
Laju aliran air panas	= 1,09 kg/s/3924 lt/jam)
Luas permukaan perpindahan panas	= 3,2976 m <sup>2</sup>
Panjang pipa	= 31,46 m
Jumlah pipa/core	= 63 core
Tekanan maksimum	= 10 kg/cm <sup>2</sup>
Temperatur air masuk	= 30 °C
Temperatur air keluar	= 60°C
Temperatur gas buang masuk	= 575°C
Temperatur gas buang keluar	= 100°C
Jenis heat exchanger	= Radiator
Daya pompa	= 1,52 kW

Komponen yang diperlukan dalam sistem kogenerasi meliputi alat penukar kalor, pompa air dan sistem pemipaan. Parameter alat penukar kalor diperoleh dengan analisa perhitungan perencanaan meliputi :

- Potensi panas gas buang dari keluaran motor diesel
- Panas yang diserap oleh air sebagai fluida transfer panas
- Laju aliran air panas
- Jenis aliran dan jenis alat penukar kalor
- Sifat material pipa baja
- Sifat panas gas buang dan sifat air pada kondisi temperatur tertentu



Pada perhitungan perencanaan alat penukar kalor dianalisa beda temperatur rata-rata, faktor koreksi, koefisien perpindahan panas menyeluruh dan besar bilangan Reynold untuk mengetahui jenis alirannya, laminar atau turbulen. Setelah didapat nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh selanjutnya diperoleh luas permukaan perpindahan panas sehingga panjang pipa dan jumlah pipa core untuk perencanaan alat penukar kalor dapat ditentukan. Untuk mengalirkan air dalam sistem diperlukan sebuah pompa tekanan tinggi dengan sistem tertutup. Dalam perencanaan perhitungan daya pompa diperlukan analisa debit air yang diperlukan, head losses dan tekanan yang diperlukan.

**3.3. Ekonomi Kogenerasi**

**3.3.1. Produk Energi**

Produk Listrik	Energi	= 788.400 kWh/th
Produk Panas	Energi	= 890.776 kWh/th = 3.067,52 mBtu/th

Produk energi listrik dan energi panas diperoleh dari perhitungan daya output generator 90 kW yang dioperasikan secara kontinyu selama setahun.

**3.3.2. Konsumsi Energi**

Bahan Bakar Solar	Bakar	= 204.984 liter/h
Energi Listrik		= 274.495 kWh/th
Energi Panas		= 97.926 kWh/th

Konsumsi energi diperoleh berdasarkan perhitungan data primer dari lapangan untuk konsumsi selama setahun.

**3.3.3. Harga Energi**

Bahan Bakar Solar	= 1.650 Rp/ltr
Bahan Bakar LPG	= 2.850 Rp/kg
Energi Listrik PLN (Rumah Tangga)	= 555,00 Rp/kWh
Energi Listrik PLN (Industri)	= 1.700 Rp/kWh
Energi Listrik Genset	= 571,94 Rp/kWh
Energi Panas (LPG)	= 213,15 Rp/kWh
Energi Air Panas	= 11,44 Rp/ltr

**3.3.4. Hasil Produk Energi (Rp)**

Energi Listrik Genset	= 450.917.496,00 Rp/th
Simpanan Energi	= 293.923.067,67 Rp/th

**3.4. Biaya Sistem Kogenerasi**

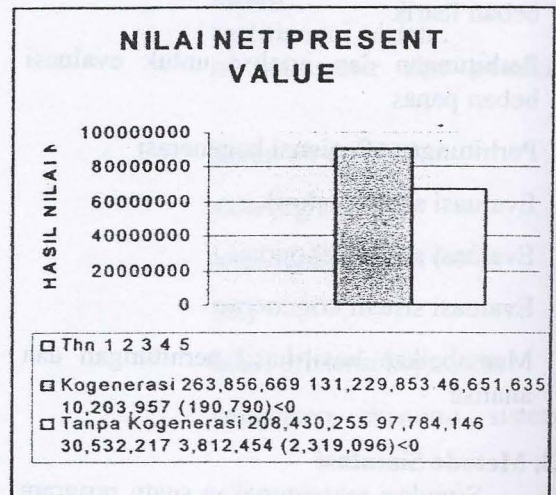
**3.4.1. Biaya Kogenerasi (Rp)**

Investasi Awal (Kogenerasi)	= 571.500.000,00
Investasi Awal (Tanpa Kogenerasi)	= 514.000.000,00
Operasional Dan Perawatan (thn)	= 441.163.600,00 Rp/thn
Operasional Dan Perawatan (jam)	= 50.360,00 Rp/jam
Bahan Bakar Solar (thn)	= 338.223.600,00 Rp/jam
Bahan Bakar Solar (jam)	= 38.610,00 Rp/jam
Konsumsi Energi Listrik	= 156.994.428,33 Rp/thn

**3.5. Kelayakan Ekonomi Kogenerasi**

**3.5.1. Net Present Value (NPV)**

Thn	Kogenerasi	Tanpa Kogenerasi
1	263,856,669	208,430,255
2	131,229,853	97,784,146
3	46,651,635	30,532,217
4	10,203,957	3,812,454
5	(190,790)<0	(2,319,096)<0
RR	90,350,465	67,647,995

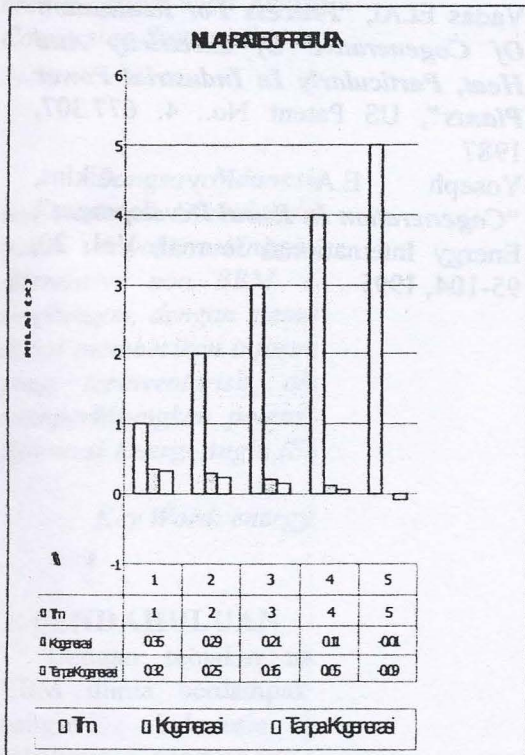


Gambar 1. Grafik NPV



### 3.5.2. Internal Rate of Return (IRR)

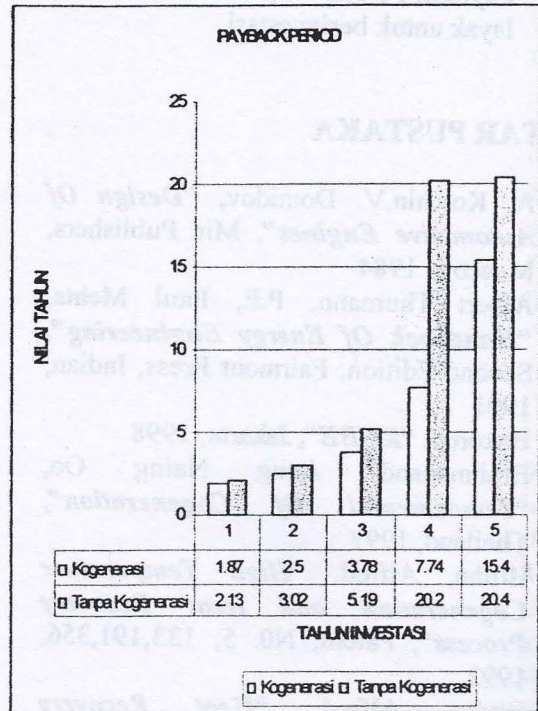
Thn	Kogenerasi	Tanpa Kogenerasi
1	IRR = 35% > 16% Layak	IRR = 32% > 16% Layak
2	IRR = 29% > 16% Layak	IRR = 25% > 16% Layak
3	IRR = 21% > 16% Layak	IRR = 16% > 16% Layak
4	IRR = 11% > 16% Tidak Layak	IRR = 5% < 16% Tidak Layak
5	IRR = 1% > 16% Tidak Layak	IRR = -9% > 16% Tidak Layak



Gambar 2. Grafik Internal Rate of Return

### 3.5.3. Payback Period (PBP)

		Tidak Layak
4	PBP = 7,74 thn < 5 thn. Layak	PBP = 20,2 thn < 5 thn. Tidak Layak
5	PBP = 15,4 thn < 5 thn. Layak	PBP = 20,4 thn < 5 thn. Tidak Layak



Gambar 3. Grafik Payback Period

## 4. KESIMPULAN

### 4.1. Efisiensi Kogenerasi

Dengan sistem kogenerasi, efisiensi meningkat dari 37,6% menjadi 72,8% atau terjadi peningkatan sebesar 352%

### 4.2. Parameter Alat Penukar Kalor

- Panas yang diserap air pada alat penukar kalor sebesar 136,8 kJ/s
- Laju aliran air sebesar 1,09 liter/detik atau 3924 liter/jam
- Temperatur air keluar 60°C
- Jenis alat penukar adalah radiator
- Tekanan maksimum adalah 10 kg/cm<sup>2</sup>
- Luas permukaan perpindahan panas (A) = 3,3 m<sup>2</sup>
- Panjang Tube (L) = 32 m



#### 4.3. Kelayakan Ekonomi Kogenerasi

- Hasil Net Present Value = Rp. 90.350.465 >0, layak untuk investasi
- Nilai Rate of Return = 29% > 16%, layak untuk investasi karena lebih besar dari pinjaman bunga bank sebesar 16%
- Payback Period = 3,78 tahun < 5 tahun, layak untuk berinvestasi

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1.] A. Kolchin, V. Domidov, "Design Of Automotive Engines", Mir Publishers, Moscow, 1984
- [2.] Albert Thumann, P.E, Paul Mehta, "Handbook Of Energy Engineering", Second Edition, Fairmont Press, Indian, 1991
- [3.] Bakoren, "KUBE", Jakarta, 1998
- [4.] Brahmanand, Aung Naing Oo, "Fundamental Of Cogeneration", Thailand, 1997
- [5.] Bruhn, Alfred, "High Temperature Cogeneration and Heat Recovery Process", Patent, NO. 5, 133,191,356, 1992
- [6.] Bruhn, Alfred, "Heat Recovery System", US, Patent No.5, 279, 356, 1994
- [7.] Caterpillar, "Performance Handbook", Trakondo Utama, Jakarta, 1993
- [8.] Caterpillar, "Olympian Generating Sets", Trakondo Utama, Jakarta, 1997
- [9.] Frank Detief Drake, "Evaluating Cogeneration Options For Campus Heating And Cooling Plant", University Of Wisconsin, Madison, 1998
- [10.] Frank Kreith, Arko Priyono, "Prinsip Perpindahan Panas", Erlangga, Jakarta, 1986
- [11.] Hasan Basri H, "Economic Analysis Of Cogeneration System", 2002
- [12.] Holman J.P, Jasifi, "Perpindahan Kalor", Erlangga, Jakarta, 1991
- [13.] Jenbacher Energy System, "Cogeneration Plants", Aurion Group, 2002
- [14.] Metcalf, Eddy, inc, "Waste Water Engineering, Collection And Pumping Of Waste Water", Mc.Grow Hill", 1981
- [15.] Pujawan, I.N, "Ekonomi Teknik", Guna Wijaya, Surabaya, 2003
- [16.] Roger Kinsky, "Applied Heat An Introduction To Thermodynamics", Second Edition, Mc. Grow-Hill, Sydney, 1987
- [17.] Scoot A, Spiewak, "Cogeneration & Small Power Production Manual", Third Edition, Fairmont Press, Indian, 1991
- [18.] Soufyan M.N, Bambang, Takeo Morimura, "Perancangan Sistem Plambing", Pradnya Paramita, Jakarta, 1988
- [19.] Vadas Et.Al, "Process For Realization Of Cogenerative Of Electricity And Heat, Particularly In Industrial Power Plants", US Patent No.. 4. 677.307, 1987
- [20.] Yoseph E.A. Roy Aikins, "Cogeneration In Rural Development", Energy International Journal, Vol. 20, 95-104, 1995