



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIT PENELITIAN DAN PENGABDIAN
PADA MASYARAKAT
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA
 Jln. Raya Prabumulih KM. 32 Inderalaya (306620) Telp. (0711) 580739-580741 Fax (0711) 580062
 e-mail : ftunsri@plasa.com



REGISTRASI JURNAL PENELITIAN

Sesuai dengan data yang ada pada kami, maka tulisan dengan judul :

- ***Penghematan energi dengan Menggunakan Combined Heat and Power (CHP)***

ISSN : 1411 – 6553

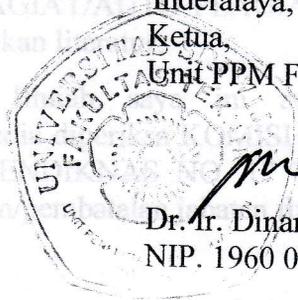
Penulis : Dr. Ir Riman Sipahutar, M.Sc

Telah teregistrasi dengan No.

NOMOR REGISTRASI																	
0	3	0	5	0	6	0	1	0	2	0	1	0	1	0	2	3	8
Kode Fakultas		Kode PS/Jurusan		Kode Publikasi		Kode Penulis		Tahun Publikasi		Kode Sumber Tulisan		Sumber Dana		Nomor urut Publikasi dan Fakultas			

Inderalaya, 04 Maret 2010

Ketua,
Unit PPM FT. UNSRI



Dr. Ir. Dinar Dwi Anugerah Putranto, M.SPj
NIP. 1960 0630 198603 1 004

Inderalaya, 23 Maret 2010
Yang Menyatakan

Prof. Dr. H.M. Saiful Taha, DEA
NIP. 1944-198503 1 002

Dr. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc.
NIP. 19560604 198602 1 001

SURAT PERNYATAAN INTEGRITAS KARYA ILMIAH

(Permendiknas No. 17 tahun 2010, Pasal 7)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dr. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc.
NIP : 19560604 198602 1 001
Jenis Kelamin : Laki-laki
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Mesin

Kedudukan dalam Karya Ilmiah: Penulis Utama

Dengan ini menyatakan bahwa Karya Ilmiah saya:

Judul : Penghematan Energi dengan Menggunakan Combined Heat and Power (CHP)
No. Registrasi :

0	3	0	5	0	6	0	1	0	2	0	1	0	1	0	2	3	8
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Diregister tanggal : 4 Maret 2010
Bentuk : Publikasi Ilmiah dan diterbitkan pada:
Jurnal Rekayasa Mesin, Vol.2, No. 2, September 2002, ISSN 1411-6553, halaman 49-54.

1. Adalah Karya Ilmiah yang belum pernah dimintakan angka kreditnya pada kegiatan sebelumnya.
2. Adalah Karya Ilmiah yang BEBAS PLAGIAT/AUTO PLAGIAT dalam berbagai bentuk termasuk data, fakta, informasi, serta rujukan literatur.
3. Apabila ditemukan bahwa Karya Ilmiah saya ini adalah merupakan karya PLAGIAT/AUTO PLAGIAT, saya bersedia diperiksa KOMISI ETIKA AKADEMIK dan menerima sanksi sesuai dengan PERMENDIKNAS NO. 17 Tahun 2010 dan/atau dan Plagiat/Auto Plagiat, termasuk pencabutan/pembatalan jabatan fungsionalnya (pendidik).

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik Unsri



Prof. Dr. Ir. H.M. Taufik Toha, DEA
NIP. 19530814 198503 1 002

Inderalaya, 23 Maret 2011
Yang Menyatakan

Dr. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc.
NIP. 19560604 198602 1 001

Jurnal Rekayasa Mesin

PELINDUNG/PENASEHAT

Dekan FT. Universitas Sriwijaya

KETUA PENGARAH

Ketua Jurusan Teknik Mesin Unsri

DEWAN PENYUNTING

Riman Sipahutar (Ketua)

Irwin Bizzy (Wk. Ketua)

Amrifan Saladin M (Sekretaris)

PENYUNTING AHLI

Masanori Kikuchi (SUT, Japan)

H. Abdurrachim (ITB)

Raldi A. Koestoer (UI)

A.I. Mahyuddin (ITB)

Yatna Yuwana M. (ITB)

Bambang Suharno (UI)

Hasan Basri (Unsri)

Riman Sipahutar (Unsri)

Kaprawi (Unsri)

PENYUNTING PELAKSANA

M. Zachri Kadir

Darmawi Bayin

Hendri Chandra

Diah Kusuma P.

Nukman

Helmi Alian

Muhammad Yanis

PELAKSANA TATA USAHA

Ellyanie

Dewi Puspitasari

Irsyadi Yani

ALAMAT REDAKSI

Jurusan Teknik Mesin

Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Prabumulih Km. 32

Indralaya 30662-SumSel.

Tel. 0711-580272

Fax. 0711-580272

E-Mail:

mohruni_a_s@palembang.wasantara.net.id

CARA BERLANGGANAN

*Permintaan berlangganan dapat
dikirim ke alamat redaksi di atas.*

EDITORIAL

Penerbitan Jurnal Rekayasa Mesin periode September 2002 ini dapat direalisasikan dengan tanpa halangan berkat partisipasi dari para penulis artikel. Pada edisi ini kami mendapat lima artikel untuk dipublikasikan yang terdiri dari beberapa disiplin bidang studi Teknik Mesin.

Tulisan ilmiah seperti pada Jurnal Rekayasa Mesin merupakan hasil penelitian, kajian, perancangan dan lain sebagainya yang dapat disebar luaskan sehingga terjadi komunikasi ilmiah dikalangan peneliti. Dengan demikian maka peneliti akan saling menyerap informasi ilmiah sehingga masing-masing dapat mengembangkan ilmu pengetahuan lebih jauh lagi. Bila dalam diri peneliti-peneliti mempunyai komitmen untuk meneliti terus maka tidak salahnya pada suatu saat yang akan datang bangsa kita akan sejajar dengan bangsa lain dibidang pengembangan iptek.

Seiring dengan ini pada edisi-edisi yang akan datang redaksi mengundang partisipasi dari seluruh peneliti dimana saja berada, dengan harapan semoga artikel yang dipublikasikan dapat memberi manfaat bagi kita semua.

Akhirnya, redaksi mengharapkan kritikan dan saran dari semua pihak agar jurnal ini pada masa yang akan datang dapat lebih baik lagi. Kekuasaan dan Rahmat-Nya merupakan hal yang selalu membuat manusia menundukkan dan merendahkan diri pada karya-karya yang telah dicapai.

Redaksi

*Jurnal
Rekayasa Mesin*

Diterbitkan oleh: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

DAFTAR ISI

- Database Konstruksi Mesin Perontok Jagung dengan bantuan MS Visual Basic 6.0 dan AutoCAD 2000*
Amrifan Saladin Mohruni, Al Antoni Akhmad 29
- Distribusi Temperatur Dinding Silinder Akibat Aliran Jet*
Kaprawi 37
- Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Bebas pada Pelat Nikel Vertikal dalam Udara sebagai Fungsi Perubahan Temperatur*
Irwin Bizzy, Astuti 41
- Pengaruh Perubahan Bentuk Penampang Sirip terhadap Efektivitas Sirip*
Gunawan 45
- Penghematan Energi dengan menggunakan Combined Heat and Power (CHP)*
Riman Sipahutar 49

I. PENDAHULUAN

Jurnal Rekayasa Mesin

Vol 2 - No. 2 - September 2002

PENGHEMATAN ENERGI DENGAN MENGGUNAKAN COMBINED HEAT AND POWER (CHP)

Riman Sipahutar

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unsri
Jalan Raya Prabumulih Km-32, Inderalaya, OKI, 30662
E-Mail : rimans@unsri.ac.id

Ringkasan

Suatu sistem combined heat and power (CHP) menawarkan suatu teknologi yang potensial, yang tidak hanya memberikan suatu metoda yang ekonomis dan murah tetapi juga dapat memberikan penghematan energi secara nasional dalam skala besar. Sistem ini merupakan solusi untuk dapat memproduksi listrik dan kalor pada suatu lokasi dimana kedua komponen tersebut dibutuhkan. Efisiensi total dari sistem CHP adalah sekitar 90 % yang terdiri dari 30-40 % dalam bentuk energi listrik dan lebih dari 50 % dalam bentuk energi termal. Salah satu kelebihan CHP yang diproduksi oleh Jenbacher Energiesysteme AG adalah dapat dioperasikan dengan menggunakan gas-gas dengan nilai kalor yang sangat rendah maupun gas-gas dengan nilai kalor yang sangat tinggi.

Abstract

A combined heat and power (CHP) system offers a potential technology giving not only economical method but also energy saving nationally in a large scale. This system is a solution which can produce electricity and heat where both components needed. Total efficiency of CHP system is about 90 % consisting of 30-40 % in the form of electricity energy and more than 50 % in the form of thermal energy. One of the CHP advantages produced by Jenbacher Energiesysteme, AG is that the system can be operated by using gases with very low heating value and also gases with very high heating value.

Keywords: combined heat and power, heating value, genset, thermal, electricity

1. PENDAHULUAN

Saat ini terdapat suatu kebutuhan yang semakin meningkat akan informasi dan pengetahuan tentang "CHP" (Combined Heat dan Power), yang dianggap sebagai suatu teknologi penghematan energi yang paling potensial pada abad ke-20 dan ke-21.

Semakin menipisnya cadangan minyak dan masalah pemenuhan energi dunia adalah merupakan kekhawatiran yang serius bagi negara-negara industri, terutama negara-negara industri di kawasan Barat seperti Amerika Serikat, Inggris, Perancis, Jerman, dan Austria. Hal ini terutama karena tingginya kebutuhan energi perkapita di negara-negara tersebut sedangkan sumber daya alam minyak mereka relatif kecil. Juga yang menjadi kekhawatiran bagi mereka adalah tidak adanya jaminan bahwa suplai energi dari negara-negara pengeksport minyak berjalan lancar terutama akibat alasan-alasan politik yang berkembang saat ini.

Penelitian terhadap energi alternatif untuk pembangkit listrik dan kalor, terutama untuk pemanasan sedang dilakukan secara global. Penggunaan batubara dan bahan-bahan pengganti lainnya (misalnya gas) saat ini sedang

dipertimbangkan untuk menggantikan minyak yang diperkirakan sudah semakin menipis.

Konsep-konsep energi alternatif seperti energi matahari, angin dan gelombang telah dimanfaatkan oleh masyarakat luas. Meskipun demikian, konsep pemanfaatan kalor yang hilang dalam pembangkitan listrik untuk digunakan oleh masyarakat luas, belum diketahui secara luas.

"CHP" system menawarkan suatu teknologi yang potensial yang tidak hanya memberikan suatu metoda yang paling ekonomis dan murah akan tetapi juga memberikan penghematan energi secara nasional dalam skala yang besar. Untuk negara-negara industri maju seperti Inggris, Austria, Amerika dan Jerman, dimana pemanasan sangat dibutuhkan untuk perumahan, per-kantoran, pusat-pusat perbelanjaan dan hiburan, system ini sudah dimanfaatkan dan dikembangkan secara serius.

2. PERBANDINGAN TEKNOLOGI

Semakin meningkatnya kesadaran akan lingkungan dan pengetahuan tentang terbatasnya persediaan sumber energi utama dalam bentuk bahan bakar fosil membuat manusia semakin sadar akan pentingnya pengkonversian sumber-sumber energi yang tersedia secara ekonomis dan efisien. CHP plants yang

memproduksi listrik dan kalor pada suatu lokasi dimana kedua komponen tersebut dibutuhkan, merupakan suatu solusi yang sangat tepat. CHP plants atau sering juga disebut Cogeneration plants dapat memberikan efisiensi yang optimal dalam hal konversi energi dengan tingkat polusi lingkungan yang minimum.

Kerugian-kerugian (losses) pada suatu sistem pembangkit tenaga biasanya terdapat pada kalor pembuangan, misalnya kalor yang terbuang melalui gas buang. Tenaga (power) yang dihasilkan oleh CHP plants biasanya digunakan untuk memproduksi listrik (electricity) akan tetapi tenaga tersebut dapat juga digunakan langsung untuk menggerakkan mesin-mesin pembantu seperti pompa-pompa, blower/fan dan kompresor (misalnya pada pabrik pendinginan atau refrigerating plant).

Energi yang dibutuhkan oleh system CHP lebih dari sepertiga lebih kecil dibandingkan dengan pembangkit energi listrik dan kalor yang dibangun secara terpisah, seperti terlihat pada Gambar 1.

Sistem CHP tidak dibatasi untuk bergabung dengan jaringan pemanasan pusat (induk) akan tetapi dapat lebih efektif jika digunakan untuk pemasok-an kalor lokal dan listrik yang dibangkitkan digunakan untuk pemenuhan konsumsi lokal dan atau diekspor untuk kebutuhan umum (misalnya, tempat-tempat hiburan, pusat perbelanjaan, dll.). Sistem CHP juga menawarkan untuk mengganti atau penambahan terhadap instalasi pemanasan yang telah ada. Tingkat efisiensi total dari sistem CHP adalah sekitar 90 %. Karena sistem CHP biasanya dibangun di lingkungan para pelanggan (consumers) maka kerugian-kerugian distribusi lebih kecil dari sistem instalasi listrik dan pembangkit kalor induk yang dibangun secara terpisah.

Sistem CHP dimungkinkan dengan mesin-mesin gas (gas engines) atau turbin-turbin gas (gas turbines) sebagai penggeraknya, dimana CHP dengan mesin-mesin gas menunjukkan secara jelas efisiensi listrik yang lebih besar serta biaya investasi yang lebih rendah. Penggunaan turbin gas sebagai penggerak dapat lebih ekonomis jika digunakan secara terus menerus dan beban yang maksimal (100 %) serta instalasi yang besar (multi Megawatt installation), seperti terlihat pada Gambar 2. Teknologi sistem CHP dengan mesin-mesin gas dan turbin gas saat ini sudah dikembangkan dengan pesat dan dirancang secara kompak sehingga kebutuhan ruang untuk sistem ini lebih kecil dari sistem instalasi tenaga yang konvensional.

Sistem CHP tidak dibatasi untuk bergabung dengan jaringan pemanasan pusat (induk) akan tetapi dapat lebih efektif jika digunakan untuk pemasok-an kalor lokal dan listrik yang dibangkitkan digunakan untuk pemenuhan konsumsi lokal dan atau diekspor untuk kebutuhan umum (misalnya, tempat-tempat hiburan, pusat perbelanjaan, dll.). Sistem CHP juga menawarkan untuk mengganti atau penambahan terhadap

instalasi pemanasan yang telah ada. Tingkat efisiensi total dari sistem CHP adalah sekitar 90 %. Karena sistem CHP biasanya dibangun di lingkungan para pelanggan (consumers) maka kerugian-kerugian distribusi lebih kecil dari sistem instalasi listrik dan pembangkit kalor induk yang dibangun secara terpisah.

Sistem CHP dimungkinkan dengan mesin-mesin gas (gas engines) atau turbin-turbin gas (gas turbines) sebagai penggeraknya, dimana CHP dengan mesin-mesin gas menunjukkan secara jelas efisiensi listrik yang lebih besar serta biaya investasi yang lebih rendah. Penggunaan turbin gas sebagai penggerak dapat lebih ekonomis jika digunakan secara terus menerus dan beban yang maksimal (100 %) serta instalasi yang besar (multi Megawatt installation), seperti terlihat pada Gambar 2. Teknologi sistem CHP dengan mesin-mesin gas dan turbin gas saat ini sudah dikembangkan dengan pesat dan dirancang secara kompak sehingga kebutuhan ruang untuk sistem ini lebih kecil dari sistem instalasi tenaga yang konvensional.

3. INSTALASI "CHP" SECARA UMUM

Suatu instalasi CHP terdiri dari sebuah mesin (atau turbin) yang dilengkapi dengan "generator set" (genset) dan alat penukar kalor (heat exchanger, HE) untuk peman-faan energi termal dari "intercooler", jacket water (air sebagai media penyerap kalor dari mesin), sistem minyak pelumas dan peralatan pembuangan gas buang. Instalasi ini dilengkapi juga dengan suatu pembang-kit air panas yang dirancang untuk pensuplaian pemanasan puncak (peak demand boiler) yang dapat meningkatkan efisiensi sistem CHP.

Pada instalasi CHP, penyambungan listrik dan sistem pengontrolan berperan sebagai distribusi listrik ke para pelanggan (consumers) dan juga berperan sebagai pengelola mesin (engine management). Skema dari suatu instalasi CHP dan hubungannya dengan para pelanggan dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.

Efisiensi total dari suatu instalasi sistem CHP dapat mencapai lebih dari 90 %, yang terdiri dari 30 - 40 % untuk energi listrik dan lebih dari 50 % untuk energi termal.

Kerugian-kerugian pengkonversian energi dari energi yang dikandung oleh bahan bakar (100 %) menjadi energi listrik dan energi termal pada sistem CHP hanya sebesar ± 10 %, yang terdiri dari kerugian-kerugian pada generator, radiasi dan kerugian pada alat penukar kalor (HE) serta kerugian termal melalui gas buang.

Untuk mengetahui neraca energi dari suatu sistem CHP, dapat dilihat dari neraca energi dari suatu modul CHP yang diproduksi oleh Jembacher Energiesysteme AG dengan seri JMS 320GS berikut ini.

Disamping mesin gas dengan penyalan busi, mesin gas-diesel (bahan bakar ganda) atau mesin diesel dapat juga digunakan sebagai penggerak pada sistem CHP. Meskipun demikian, mesin diesel mempunyai kekurangan yaitu tingginya kadar emisi yang dihasilkan.

Untuk mesin gas dengan penyalan busi (yang disebut juga mixture turbo-charging), suatu campuran udara dan gas dibuat dengan suatu tekanan tinggi dalam suatu turbo-charger. Hal ini mengakibatkan mening-katnya densitas energi spesifik dalam silinder sehingga tenaganya lebih besar dibandingkan dengan mesin-mesin dengan tipe pemasukan secara alamiah (aspirating type engines). Pada mesin-mesin dengan penerapan prinsip pembakaran campuran-an kurus (miskin) akan menghasilkan emisn NOx yang rendah sehingga tidak memerlukan penambahan alat pengolahan tambahan untuk gas buang.

Keunggulan lain dari mesin-mesin CHP yang dikembangkan oleh Jenbacher Energie-systeme AG disamping efisiensi yang tinggi, biaya operasi dan investasi yang rendah serta emisi gas buang yang rendah adalah tingginya umur (life time) yaitu mencapai 40.000 hingga 100.000 jam operasi.

4. EFISIENSI EKONOMIS

Untuk mengetahui efisiensi ekonomis dari suatu sistem CHP, maka perlu diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhinya, yaitu:

- a. Biaya Investasi, yaitu untuk pembelian:
 - Modul CHP (cogeneration module).
 - Peralatan listrik.
 - Sistem pendinginan (cooling system).
 - Ventilasi.
 - Sistem pengontrolan (control system).
 - Bangunan dan pondasi
- b. Biaya-biaya Operasi (Running Costs), yaitu biaya-biaya untuk:
 - Bahan Bakar.
 - Minyak Pelumas.
 - Pelayanan dan Pemeliharaan (Service and Maintenance).
 - Operator (Operational Personnel).
 - Asuransi (Insurance).
 - Pemeriksaan Mesin (Engine Inspection).

Biaya-biaya investasi spesifik dari suatu sistem CHP bergantung kepada batasan output tenaga yang dihasilkan. Semakin besar output listrik (kWe) yang dihasilkan maka semakin kecil biaya investasi persatuan kWe yang dihasilkan. Sebagai contoh, untuk suatu modul Jenbacher dengan output listrik sebesar 300 kWe maka biaya investasinya adalah ± US \$ 600/kWe, sedangkan untuk suatu modul CHP dengan output listrik sebesar 1700 kWe maka biaya investasinya adalah ± US \$ 330/kWe.

Kriteria utama untuk operasi ekonomis dari suatu instalasi pembangkit tenaga adalah perkiran dari biaya listrik yang dibangkitkan. Hal ini dapat

diterapkan pada instalasi pembangkit tenaga yang dipakai sendiri maupun pada instalasi yang diperuntukkan bagi penyalan listrik untuk masyarakat umum melalui jaringan umum (public grid). Dengan penggunaan sistem CHP, penghematan energi yang dapat dicapai mencapai 45 %, yang dapat dilihat pada Gambar 5. Ilustrasi pada Gambar 5 tersebut membandingkan penggunaan energi (listrik dan kalor) dari sistem CHP modul Jenbacher dengan penggunaan energi dari sistem / jaringan umum (public grid).

Dari Gambar 5 tersebut dapat diambil suatu kesimpulan bahwa untuk memproduksi listrik sebesar 1 kWh dan energi kalor sebesar 1,3 kWh dibutuhkan total biaya sebesar US \$ 0,08 jika menggunakan modul Jenbacher (produksi sendiri) sedangkan jika menggunakan jaringan umum total biayanya adalah sebesar US \$ 0,15. Dengan kata lain, dengan penggunaan sistem CHP modul Jenbacher dapat dihemat biaya energi sebesar

$$\left(\frac{0.15 - 0.08}{0.15} \right) \times 100 \% = 45 \%$$

5. PEMILIHAN ENERGI-UTAMA

Sistem CHP, terutama yang diproduksi oleh Jenbacher Energiesysteme AG, dapat diaplikasikan tidak hanya untuk gas-gas dengan nilai kalor yang sangat rendah serta angka metana yang rendah (derajat "knocking" yang rendah) akan tetapi dapat juga diaplikasikan untuk gas-gas dengan nilai kalor yang sangat tinggi.

Disamping penggunaan (standar) gas alam, gas-gas yang berasal dari endapan sampah padat (landfill gas) juga mewakili suatu potensi yang berarti yang dapat memenuhi aspek-aspek perlindungan lingkungan dan pelestarian sumber-sumber daya alam.

Gas yang berasal dari pemrosesan (pencernaan) limbah domestik/industri (sewage gas) sangat cocok untuk operasi mesin-mesin gas, karena metana tahanan knocking dan kandungan CO₂ yang tinggi yang terkandung didalamnya menghasilkan suatu angka metana (methane number) lebih dari 130. Kemungkinan lain untuk penggunaan potensi energi limbah adalah melalui proses pirolisa (pembusukan zat-zat dengan panas). Gas hasil pirolisa tersebut juga dapat digunakan dalam suatu mesin gas.

Nilai kalor (dalam kWh/Nm³) dari beberapa gas, mulai dari gas yang mempunyai nilai kalor terendah (< 1 kWh/Nm³) hingga gas yang mempunyai nilai kalor tertinggi (± 30 kWh/Nm³, misalnya untuk gas butana) dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Nilai Kalor (dalam kWh/Nm³) dari beberapa gas

Nama Gas	Nilai Kalor (kWh/Nm ³)
- Gas-gas dari industri kimia	< 1
- Wood gas	1 - 1,5
- Gas pirolisa	1,5 - 2
- Pit gas	± 3,5
- Coke gas	4 - 4,5
- Lanfill gas (CH ₄ = 50 %; CO ₂ = 40 %; N ₂ = 10 %)	4,98
- Biogas	5,8 - 6,0
- Sewage gas (CH ₄ = 65 %; CO ₂ = 35 %)	6,5
- Natural gas (CH ₄ = 88,5 %; C ₂ H ₆ = 4,7 %; N ₂ = 5 %; C ₃ H ₈ = 1,6 %; C ₄ H ₁₀ = 0,2 %)	10,14
- Flare gas	10,5 - 11,0
- City gas	12,0 - 12,5
- Gas propana (C ₃ H ₈)	26
- Gas butana (C ₄ H ₁₀)	± 30

Tabel 2 Berbagai jenis bahan bakar gas dengan angka metananya.

Bahan Bakar Gas	Komposisi (%)	Angka Metana
- Hidrogen	H ₂ = 100	0
- Butana	C ₄ H ₁₀ = 100	10
- Etilin	C ₂ H ₄ = 100	15
- Propilin	C ₃ H ₆ = 100	18,6
- Propana	C ₃ H ₈ = 100	33
- Etana	C ₂ H ₆ = 100	43,7
- Karbon Monoksida	CO = 100	75
- Gas Alam	CH ₄ = 88,5 C ₂ H ₆ = 4,7 C ₃ H ₈ = 1,6 C ₄ H ₁₀ = 0,2 N ₂ = 5	80
- Metana	CH ₄ = 100	100
- Sewage Gas	CH ₄ = 65 CO ₂ = 35	134
- Landfill Gas	CH ₄ = 50 CO ₂ = 40 N ₂ = 10	136

Karakteristik yang paling penting dalam hal penggunaan suatu gas dalam suatu mesin gas adalah tahanan knockingnya. Parameter ini dibuat tingkatannya berdasarkan angka metana (methane number). Gas metana (CH₄) yang mempunyai tahanan knocking yang tinggi, angka metananya ditetapkan sebesar 100, sedangkan gas hidrogen (H₂) mempunyai angka metana 0, dan terletak pada bagian bawah skala.

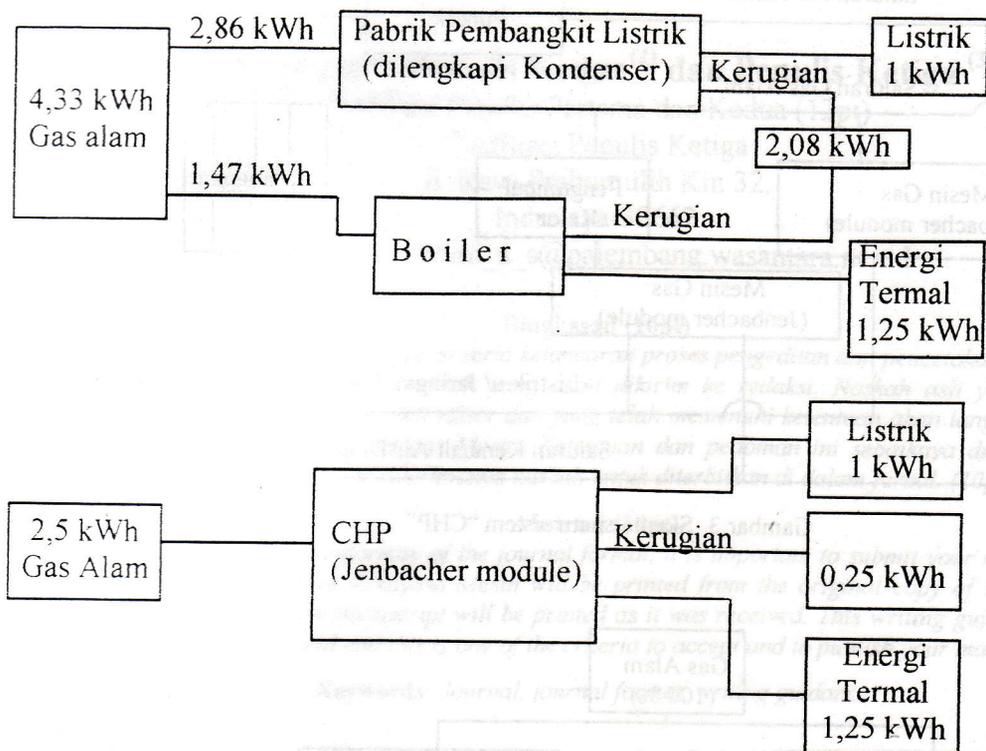
Beberapa bahan bakar dengan angka metana yang bervariasi dari yang paling rendah (angka metana = 0, yaitu untuk H₂) hingga yang paling tinggi (angka metana = 136, yaitu untuk butana) dapat dilihat pada Tabel 2.

6. KESIMPULAN

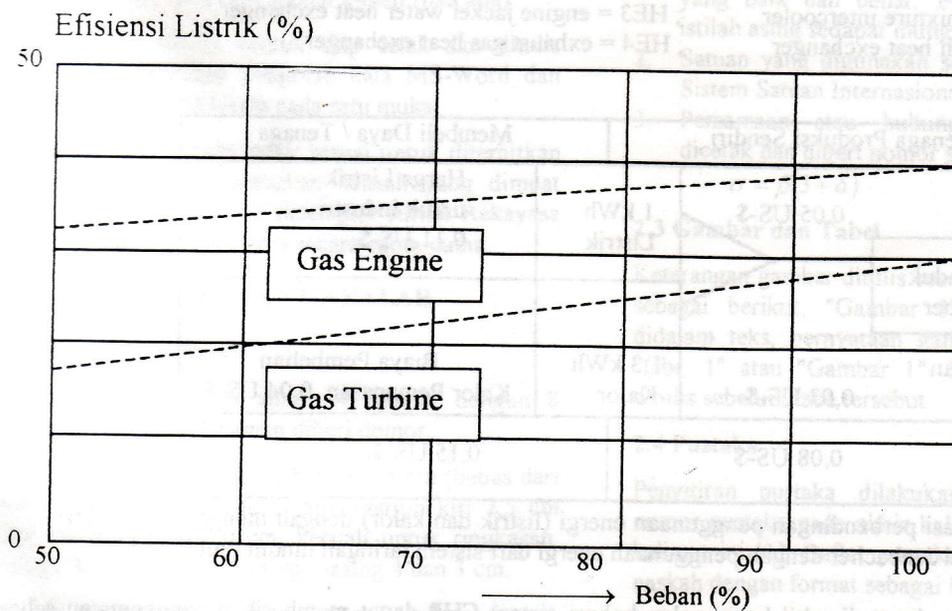
1. Efisiensi total dari suatu sistem Combined Heat and Power (CHP) dapat mencapai lebih dari 90 %, yang terdiri dari 30-40 % dalam bentuk energi listrik dan lebih dari 50 % dalam bentuk energi termal.
2. Sistem CHP yang diproduksi oleh Jenbacher Energiesysteme AG dapat menggunakan gas-gas dengan nilai kalor yang sangat rendah maupun gas-gas dengan nilai kalor yang sangat tinggi.
3. Energi yang dibutuhkan oleh suatu sistem CHP dapat mencapai lebih dari sepertiga lebih kecil dibandingkan dengan sistem konvensional dimana pembangkit tenaga listrik dibuat terpisah dengan pembangkit energi kalor, untuk output yang sama.
4. Biaya total yang dibutuhkan untuk memproduksi energi listrik sebesar 1 kWh dan energi termal sebesar 1,3 kWh dengan menggunakan sistem CHP modul Jenbacher lebih kecil 45 % dibandingkan jika menggunakan energi listrik dan kalor dari jaringan umum (public grid).

7. DAFTAR PUSTAKA

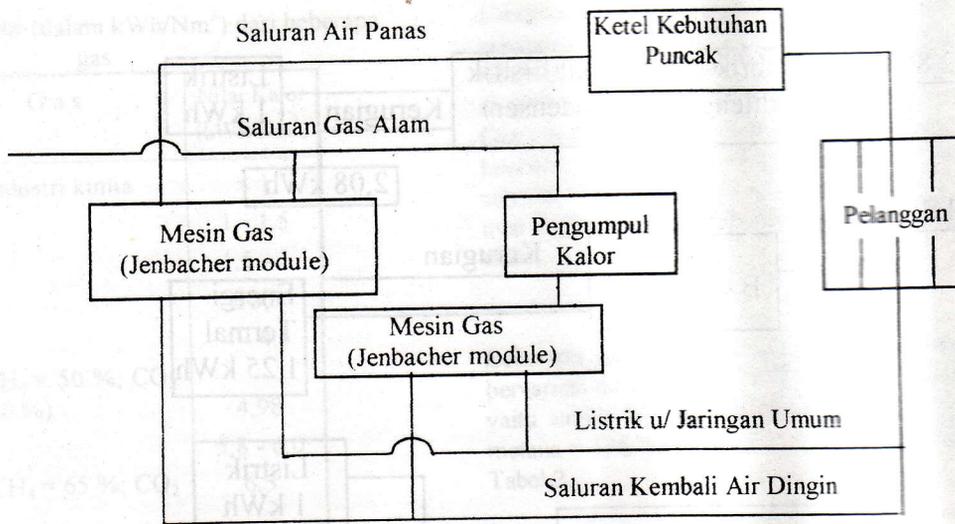
- [1.] Horlock, J.H., "Cogeneration: Com-bined Heat and Power", Pergamon Press, England, 1987.
- [2.] Orchard, W.R.H. and Sherratt, A.F.C., "Combined Heat and Power", George Godwin, England, 1980.
- [3.] Jenbacher Energiesysteme AG, "Cogeneration with Gas Engines", Jenbacher Energie, Austria.
- [4.] Wagner, M., "Basic Aspects and State of the Art of Motors for the Use of Low Concentrated Gas", Jenbacher Energie, Jenbach, Austria, 1995.



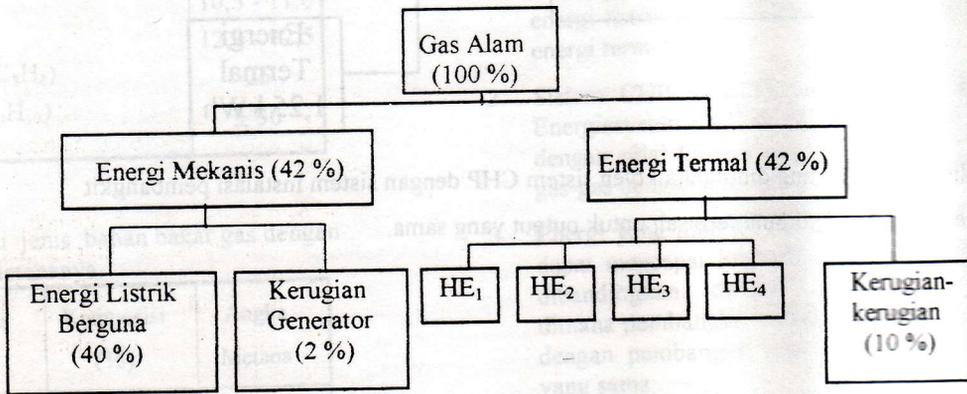
Gambar 1 Perbandingan energi yang dibutuhkan oleh sistem CHP dengan sistem instalasi pembangkit listrik dan termal yang dibuat terpisah untuk output yang sama.



Gambar 2 Perbandingan efisiensi listrik antara mesin gas dengan turbin gas pada berbagai beban



Gambar 3 Skema suatu sistem "CHP"



Gambar 4 Neraca energi dari modul Jenbacher seri JMS 320 GS

dimana: HE1 = mixture intercooler ; HE3 = engine jacket water heat exchanger
 HE2 = oil heat exchanger ; HE4 = exhaust gas heat exchanger

Daya/Tenaga Produksi Sendiri		Membeli Daya / Tenaga	
2,6 kWh gas alam	0,05 US-\$	1 kWh Listrik	Harga Listrik untuk industri 0,11 US-\$
CHP produk Jenbacher		1,3 kWh Kalor	Biaya Pembelian Kalor Pemanasan 0,04 US-\$
Biaya pemeliharaan dan lain-lain	0,03 US-\$		
Biaya Total	0,08 US-\$		0,15 US-\$

Gambar 5 Ilustrasi perbandingan penggunaan energi (listrik dan kalor) dengan menggunakan CHP modul Jenbacher dengan penggunaan energi dari sistem jaringan umum (public grid)

Dari ilustrasi di atas dapat diambil kesimpulan bahwa sistem CHP dapat memberikan penghematan sebesar $\left(\frac{4.33-2.50}{4.33}\right) \times 100\% = 42,0\%$ dari energi inputnya.