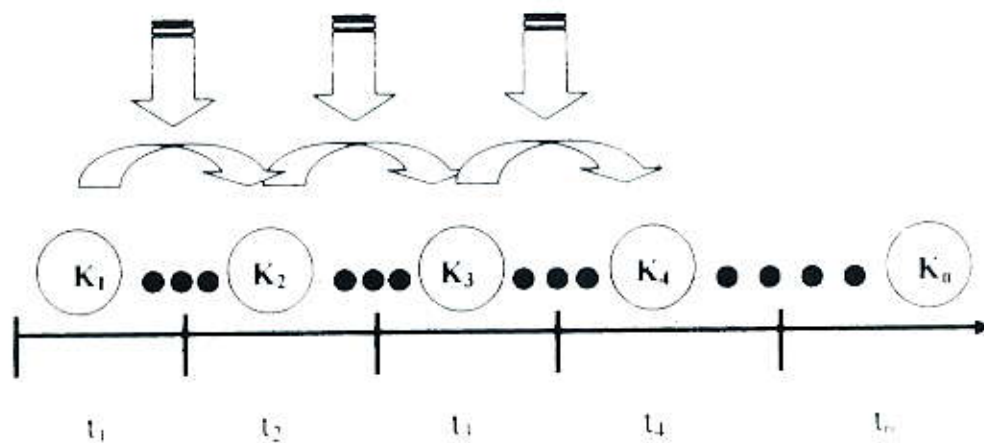


# JURNAL TEKNIK

Probabilitas  
Transisional

Probabilitas  
Transisional

Probabilitas  
Transisional



Volume 7, No.1. Juni 2009

Diterbitkan oleh:  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO**

<b>Pengarah</b>	: Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo
<b>Penanggung Jawab</b>	: Pembantu Dekan I Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo
<b>Ketua</b>	: Rifadli Bahsuan, ST, MT.
<b>Sekretaris</b>	: Irwan Wunarlani, ST, MSi.
<b>Bendahara</b>	: Marike Mahmud, S.T., M.Si.
<b>Anggota</b>	: Yuliyanti Kadir, ST, MT. Yasin Muhammad, ST, MT. Darwis Hineho, ST, MT. L. Ningrayati Amali, S.Kom, M.Kom. Hasmah, S.Pd. Harley Rizal Lihawa, ST, MT.
<b>Reviewer untuk Edisi ini</b>	: Ir. Barry Labdul, MT Drs. M. Rifai Katili, M.Kom Harley R. Lihawa, ST, MT Ir. Wahab Musa, MT. Yuliyanti Kadir, ST, MT
<b>Pelaksana Tata Usaha</b>	: Alexander Badjuka, A.M.d. Charles Mopangga, S.Pd. Laswi Kamali, A.Md. Sri Ninang Hadjrati, A.Md.

JURNAL TEKNIK adalah jurnal ilmiah Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo. Jurnal ini diterbitkan sebagai wadah komunikasi ilmiah penyebar luasan hasil-hasil penelitian, maupun kajian ilmiah di dalam bidang Teknik Sipil, Teknik Elektro, Teknik Informatika, Teknik Kriya, Teknik Arsitektur, dan Teknik Industri serta bidang teknik terkait lainnya. Jurnal terbuka bagi civitas akademika Universitas Negeri Gorontalo, maupun masyarakat akademis pada umumnya, dan diterbitkan setiap bulan Juni dan Desember. Terbit pertama kali pada bulan Juni 2003.

Redaksi berhak menetapkan tulisan yang akan dimuat, mengadakan perubahan susunan naskah, memperbaiki bahasa, meminta penulis untuk memperbaiki naskah, dan menolak naskah yang tidak memenuhi syarat.

**ALAMAT REDAKSI**

JURNAL TEKNIK, Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo,  
Jl. Jenderal Sudirman No. 6 Gorontalo - 96128  
Telp. (0435) 821125 Pes. 281; Fax.: (0435) 821752 atau (0435) 821183  
e-mail: rifadli\_b03@yahoo.com

**DAFTAR ISI**

Kajian Modulus Reaksi Tanah Dasar Akibat Pengaruh Tiang (Uji Beban Pada Skala Penuh) <b>Rito Nasibu</b>	1
Penanganan Kawasan Permukiman Kumuh Di Kelurahan Limba B Melalui Peremajaan ( <i>Renewal</i> ) <b>Heryati</b>	12
Analisis Struktur Daktail Dengan Konsep Berbasis Perpindahan <b>Rifadli Bahsuan dan Ayyudin</b>	25
Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Gunung (Dumato) <b>Arqam Laya</b>	37
Pemanfaatan Sinar Matahari Sebagai Upaya Meningkatkan Efisiensi Pada Sistem Siklus Kombinasi <b>Ervan Hasan Harun</b>	50
Peramalan Pangsa Pasar Telepon Genggam Di Kota Gorontalo Dengan Teknik Rantai Markov <b>Irwan Wunarlani</b>	62
Daftar Intisari dan Abstrak Jurnal Teknik Vol. 5, No. 2, Desember 2007	74
Sampul Depan: Gambar Proses Rantai Markov (artikel halaman 66)	



Ervan Hasan Harun<sup>1</sup>

**Intisari**

Dalam penelitian ini, akan dibahas pemanfaatan sinar matahari untuk proses pemanasan awal pada turbin gas yang merupakan bagian dari sistem siklus kombinasi, yang menitik beratkan pada permasalahan bagaimana meningkatkan efisiensi dari modul penerima sinar matahari. Peningkatan efisiensi penerima ini, pada gilirannya akan meningkatkan efisiensi sistem pembangkit secara keseluruhan.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa pemanfaatan sinar matahari pada siklus kombinasi memberikan peningkatan efisiensi sistem menjadi 56.5% dibandingkan dengan siklus kombinasi konvensional yang efisiensinya berkisar antara 45% hingga 50%.

**Kata kunci:** efisiensi, siklus kombinasi

**Abstract**

*In this research, will be studied exploiting of sunshine to process initial warm-up at gas turbine which is part of combination cycle system, what is point weighs against at problems in increasing efficiency from sunshine receiver module. Efficiency improvement on this receiver, will turn in increase efficiency on a whole generating system.*

*Result of research is obtained that exploiting of sunshine at combination cycle gives improvement of system efficiency to become 56.5% compared to conventional combination cycle which its efficiency from 45% to 50%.*

**Keyword:** efficiency, combination cycle

**PENGANTAR**

Kebutuhan energi saat ini semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya aktifitas manusia dalam usaha memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari, baik dari segi efisiensi waktu maupun jumlah dan kualitas kebutuhan yang harus dipenuhi. Tuntutan pemenuhan kebutuhan ini menjadi motivasi untuk selalu mencari cara-cara yang dapat dengan mudah agar kebutuhan itu terpenuhi. Dalam hubungannya dengan usaha pemenuhan kebutuhan tersebut, kita diperhadapkan pada masalah penyediaan dan pemanfaatan energi.

Produk Domestik Bruto (PDB) sebagai suatu indikator pertumbuhan ekonomi pada dasarnya mempunyai kaitan sangat erat dengan penyediaan energi yang mencerminkan peningkatan produksi barang dan jasa, sedangkan konsumsi listrik (kWh per kapita) akan menyatakan tingkat elektrifikasi yang telah dicapai

<sup>1</sup> Ervan Hasan Harun, ST, MT., Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Gorontalo

Suatu konsekuensi bergerak ke arah industrialisasi adalah kecenderungan membesarnya kebutuhan energi atau kebutuhan kWh per kapita, suatu keadaan dimana kelompok pekerjaan yang dominan berada pada sektor industri manufaktur untuk mengolah bahan mentah menjadi produk-produk tertentu. Terdapat suatu korelasi yang kuat antara perkembangan suatu negara dengan ketersediaan energi. Tabel 1 memperlihatkan konsumsi energi pada empat negara dengan pembangunan ekonomi yang berbeda.

Tabel 1. Konsumsi energi per kapita

Countries	Crude oil Electricity		Coal Natural gas	
	Barrels	kWh	Metric Ton	m <sup>3</sup>
USA	19.2	11139	3.1	2047
Australia	11.0	8224	5.3	983
Brazil	3.0	1519	0.1	19
India	0.4	272	0.2	80

Sumber: FAO, 1989

Permasalahan sekarang ini adalah semakin menipisnya ketersediaan sumber-sumber energi, sehingga diperlukan usaha-usaha untuk menggunakan energi seefisien mungkin di samping usaha-usaha untuk menemukan sumber energi alternatif baru, selain sumber energi yang sudah digunakan secara konvensional saat ini.

**TINJAUAN PUSTAKA**

**1. Sistem Siklus Kombinasi**

Pusat-pusat pembangkit tenaga listrik konvensional saat ini terdiri atas : PLTA, PLTD, PLTG, PLTU, PLTP dan PLTN. Pada PLTG (Pembangkit Listrik Tenaga Gas) menggunakan sumber energi yang berasal dari pembakaran bahan bakar. Komponen-komponen utama dari PLTG ini adalah : kompresor, ruang bakar, dan turbin gas. Kompresor gunanya untuk menarik udara atmosfer dan memberikannya di bawah tekanan menuju ke ruang pembakaran di mana bahan bakar diinjeksikan dalam bentuk kabut oleh alat yang disebut nozel dan kemudian dibakar. Pembakarannya didahului oleh suatu penyalu yang ditopang sendiri. Gas yang terbentuk mengembang turbin sekaligus memutar kompresor dan poros keluaran. Siklus semacam ini dikenal sebagai siklus tekanan konstan atau lebih umum disebut siklus Brayton. Siklus Brayton adalah siklus yang ideal untuk mesin turbin gas.

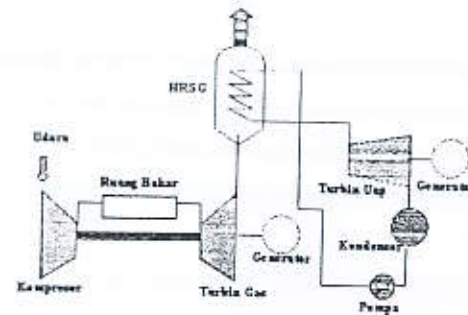


Pada pembangkit yang menggunakan turbin uap, seperti pada PLTU siklus yang digunakan adalah siklus Rankine. Siklus ini berfungsi untuk mengkonversi uap menjadi kerja. Penggabungan antara siklus Brayton dan siklus Rankine disebut dengan siklus kombinasi atau siklus ganda yang merupakan salah satu alternatif dalam memperoleh energi dengan efisiensi yang cukup tinggi. Penerapan siklus kombinasi ini yaitu pada PLTGU (Pusat Listrik Tenaga Gas Uap).

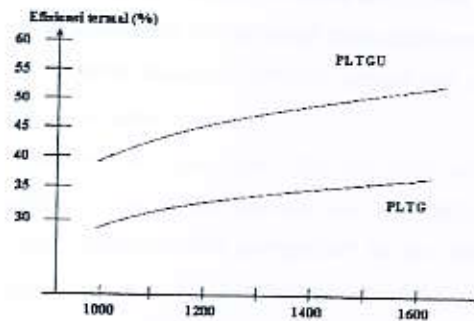
**2. Pusat Listrik Tenaga Gas-Uap**

Suatu peningkatan efisiensi dari sebuah pusat listrik tenaga termal dapat diperoleh dengan menggabungkan siklus tenaga uap Rankine dengan siklus tenaga gas Brayton. Hal ini dilakukan dalam dalam pusat tenaga listrik siklus kombinasi PLTGU, sebagaimana terlihat pada Gambar 1. Gas buang yang meninggalkan turbin gas biasanya memiliki suhu yang cukup tinggi, sehingga masih memiliki jumlah energi yang cukup besar. Suhu yang tinggi ini dimanfaatkan dengan memasukkannya ke dalam boiler, untuk memproduksi uap bagi turbin uap. Dapat terjadi, bahwa boiler mendapat tambahan bahan bakar untuk memperoleh daya yang lebih besar bagi siklus uap pusat tenaga listrik ini. Hal demikian akan memudahkan pengoperasian pusat tenaga listrik, namun di lain pihak akan menurunkan efisiensi termal.

Efisiensi PLTGU maupun PLTG bergantung dari suhu gas masuk sebagaimana terlihat pada Gambar 2. Bilamana sebuah pusat listrik tenaga gas yang mempergunakan siklus Brayton, pada umumnya mempunyai efisiensi yang tidak begitu tinggi, yaitu di bawah 30%, dan sebuah pusat listrik tenaga uap yang mempergunakan siklus Rankine memiliki efisiensi sekitar 35%, maka sebuah pusat tenaga listrik yang mempergunakan siklus kombinasi seperti pada PLTGU akan mempunyai efisiensi yang dapat mencapai 50% atau lebih. Salah satu keuntungan besar karena banyak menghemat bahan bakar.



Gambar 1. Siklus Kombinasi Gas - Uap



Gambar 2. Efisiensi termal PLTGU dan PLTG sebagai fungsi Suhu Gas masuk

**3. Bagian-bagian dari pembangkit sistem siklus kombinasi**

Secara garis besar pembangkit siklus kombinasi terdiri atas dua bagian yaitu sistem turbin gas dan sistem turbin uap

**3.1. Sistem Turbin Gas**

Pada bagian ini berlangsung proses atau siklus Brayton. Bagian-bagian dari sistem turbin gas adalah sebagai berikut:

**1. Kompresor Udara**

Kompresor udara ini digerakkan langsung oleh turbin gas, yang berfungsi untuk menekan udara ke dalam ruang bakar yang selanjutnya dikembangkan melalui pembakaran bahan bakar. Kompresor udara mampu menekan udara dari udara bebas sampai mencapai tekanan 12-16 atmosfer.



## 2. Ruang Bakar

Reaksi pembakaran antara bahan bakar dengan udara terjadi di sini. Reaksi ini menghasilkan gas panas dengan temperatur dan tekanan yang sangat tinggi dan keluar melalui nozzle menuju ke sudu-sudu turbin dan menekan sudu-sudu tersebut. Temperatur di ruang bakar pada saat terjadi pembakaran adalah seekitar 2000 °F (1090 °C).

## 3. Turbin

Turbin merupakan peralatan utama yang berfungsi untuk menggerakkan peralatan yang lain. Putaran turbin ini merupakan akibat pancaran gas panas dengan kecepatan tinggi yang mengarah ke sudu-sudu turbin. Sebagian dari daya yang dihasilkan dari putaran tersebut digunakan untuk menggerakkan kompresor udara.

### 3.2 Sistem Turbin Uap

Pada sistem turbin uap ini berlangsung siklus Rankine. Adapun bagian-bagian dari sistem turbin uap adalah sebagai berikut:

#### 3.2.1. Boiler HRSG

Boiler merupakan peralatan untuk mengubah zat cair menjadi uap dengan memanfaatkan energi panas dari turbin gas. Peralatan ini terdiri atas jalur-jalur pipa yang terangkai dalam beberapa bagian yaitu:

##### a. High Pressure Economizer

Peralatan ini merupakan peralatan pemanas awal yang memanaskan air sebelum masuk ke peralatan yang lain dan berfungsi untuk menghemat energi panas. Ekonomiser memanaskan air tanpa merubah bentuk menjadi uap.

##### b. High Pressure Evaporator

Merupakan penguap air yang akan merubah air menjadi uap basah (m mengandung sedikit air). Uap yang dihasilkan ditampung ke dalam steam drum yang akan memisahkan antara cairan dengan uapnya. Evaporator menguapkan air pada suhu penguapannya.

##### c. Superheater

Merupakan pemanas lanjut dari uap yang telah masuk ke dalam steam drum. Dalam hal ini uap dari steam drum dialirkan ke superheater agar diperoleh uap kering yang dapat digunakan untuk menggerakkan turbin uap. Superheater memanaskan uap sampai menjadi uap kering pada suhu tinggi.

#### 3.2.2. Pompa

Pompa pada sistem ini digunakan untuk mengalirkan air dari hasil kondensasi untuk dimasukkan kembali ke dalam HRSG.

#### 3.2.3. Turbin uap

Merupakan peralatan utama yang diputar oleh uap kering yang dihasilkan HRSG untuk menghasilkan power yang akan dimanfaatkan oleh peralatan lainnya.

### 4. Perbaikan efisiensi pada turbin gas

Oleh karena umumnya efisiensi siklus Brayton pada turbin gas kurang optimal, maka ada usaha-usaha untuk memperbaiki performanya agar efisiensinya naik:

#### 1. Menggunakan regenerator

Sebuah PLTG yang mempergunakan turbin gas dengan siklus terbuka pada umumnya memiliki daya guna yang rendah. Efisiensi itu dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan panas buang yang meninggalkan turbin gas.

#### 2. Menggunakan kompresor bertingkat banyak dengan intercooler dan regenerator. Penggunaan kompresor bertingkat banyak mengurangi kerja kompresor yang dibutuhkan dan menaikkan kerja spesifik siklus.

#### 3. Pemanasan ulang

### CARA PENELITIAN

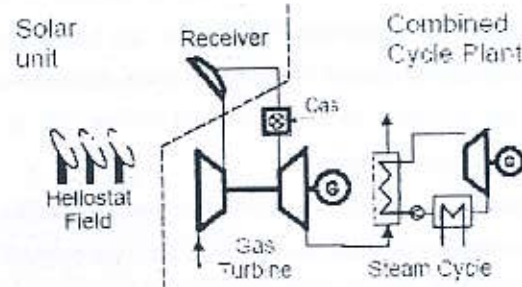
Dalam penelitian ini akan memakai ragam rasionalistik dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif yang berbasis pada kajian pustaka. Analisis pada penelitian ini mengacu pada landasan teori serta kerangka pemikiran teoritis dari penelitian-penelitian dan simulasi yang sudah pernah dilakukan sebelumnya.



**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**1. Teknik pemanasan awal pada sistem siklus kombinasi (Combined Cycle System)**

Siklus kombinasi merupakan gabungan dari siklus Brayton dan Rankine. Pada siklus Brayton, atau pada sistem turbin gas, udara di bakar bersama bahan bakar di ruang pembakaran. Untuk meningkatkan efisiensi pembakaran maka sebelum udara masuk ruang bakar, udara tersebut dipanaskan dulu, dan dilakukan pemanasan awal. Salah satu proses pemanasan awal ini adalah dengan memanfaatkan sinar matahari. Skema konsep ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3: Sistem pemanasan awal udara memanfaatkan sinar matahari

Unjuk kerja dari pemanasan awal dengan matahari ini yaitu, energi matahari yang diserap dalam udara yang dipanaskan ini dikonversikan langsung dengan efisiensi tinggi dari CC (Combined Cycle). Pemanasan awal dengan matahari ini mempunyai potensi yang tinggi untuk mengurangi biaya pembangkitan listrik.

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa pada sistem siklus kombinasi dengan pemanasan awal terbagi atas 2 bagian utama yaitu :

**1. Unit matahari**

Bagian ini terdiri atas :

- a. *Heliostat*, yaitu alat yang berfungsi untuk membuat sinar matahari terfokus atau mengarahkan ke suatu penerima panas.
- b. *Receiver*, yang berfungsi sebagai modul penerima sinar matahari. Modul ini juga terdiri atas komponen penerima dan konsentrator sekunder dimana pada modul ini terjadi konversi sinar matahari menjadi panas yang

selanjutnya panas ini digunakan untuk memanaskan udara sebelum masuk ruang bakar.

**2. Sistem siklus kombinasi.**

Bagian-bagian sistem ini pada prinsipnya sama dengan siklus kombinasi umumnya yaitu menggabungkan siklus Brayton dan siklus Rankine, seperti sudah dijelaskan di atas

Pemanasan awal dapat direalisasikan dengan penerima volumetrik bertekanan. Dalam kaitannya dengan ukuran kwarsa jendela, sejumlah modul penerima ditempatkan di atas suatu menara matahari



Gambar 4. Modul penerima dan konsentrator sekunder

Masing-masing modul terdiri dari satu unit penerima yang bertekanan dan satu konsentrator sekunder bersudut enam yang diletakkan di depan penerima, dan dipasang menyerupai sarang lebah. Cara lain adalah dengan menggunakan sistem menara reflektor. Modul penerima volumetrik ini sudah banyak mengalami pengembangan dan juga sudah dilakukan beberapa pengujian yang bertujuan untuk mendapatkan modul penerima volumetrik bertekanan di bawah kondisi-kondisi yang representatif untuk digabungkan dengan turbin gas. Pengujian ini ditekankan pada uji coba atas pemanasan awal oleh matahari. Adapun kelayakan teknis dari satu modul penerima adalah sebagai berikut:

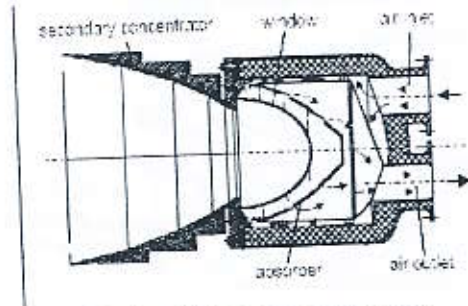
- Tenaga panas yang diserap (kondisi desain): 350 kWth (kilo Watt Thermal)
- Tekanan operasi (absolut) : 15 bar
- Temperatur saluran udara: sampai 800° C
- Efisiensi penerima (termasuk peningkatan konsentrator sekunder): 80%



Modul penerima terdiri atas komponen-komponen sebagai berikut:

1. Konsentrator sekunder
2. Jendela
3. Absorber
4. Saluran udara masuk
5. Saluran udara keluar

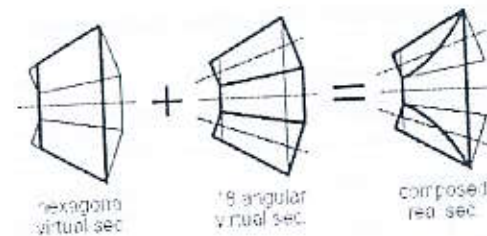
Untuk jelasnya skema dari modul penerima dapat di lihat pada gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Skema modul penerima

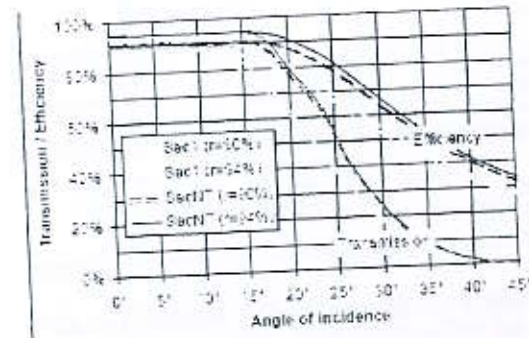
Efisiensi termal terukur dari modul penerima ini berada pada range 63% sampai 75%. Perbedaan tekanan pada modul penerima adalah 18 mbar, dan ini masih dalam kondisi desain yang diijinkan. Tekanan yang rendah sangat penting untuk menggabungkan modul penerima ini dengan turbin gas. Losis (kerugian) yang utama pada penerima adalah rugi-rugi karena pemantulan dan penyerapan pada konsentrator sekunder yaitu sebesar 15% sampai 25%.

Beberapa kemungkinan untuk pengembangan konsentrator. Yang paling utama dalam disain untuk pengembangan konsentrator sekunder adalah memperlebar celah masuk, dipilih suatu bentuk poligon dengan 18 sisi (dari 6 sisi dirubah menjadi 18 sisi) yang mendekati sebuah lingkaran, dan digunakan cermin yang dibengkokkan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Konsentrator sekunder yang dikembangkan

Pada gambar 7 di bawah ini ditunjukkan kurva efisiensi dari konsentrator sekunder baru dibandingkan dengan konsentrator sekunder yang lama untuk dua asumsi yang berbeda mengenai reflectifitas  $r$  dari cermin.



Gambar 8. Kurva efisiensi konsentrator sekunder

Dari kurva terlihat bahwa efisiensi konsentrator sekunder yang lama adalah 75% sedangkan untuk konsentrator sekunder yang baru efisiensinya mencapai 86%.

## 2. Perspektiv Ekonomi

Konsentrator sekunder memperkenalkan keterbatasan yang kuat menyerupai kerucut pada modul penerima dan ditambah dengan losis ekstra untuk sistem optik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Analisis secara detail telah dilakukan untuk beberapa konfigurasi dalam range daya rendah sampai menengah, memperlihatkan potensi dari pusat tenaga listrik ini. Tabel 2 memperlihatkan peralatan pusat listrik solarhybrid siklus kombinasi 30 MW, menggunakan sebuah intercooler turbin gas dengan temperatur masukan yang



tinggi. Pada tabel 3 diperlihatkan hasil operasi harian, untuk 4000 jam operasi beban penuh.

Tabel 2. Peralatan Pusat Listrik Siklus Kombinasi 30 MW

<i>CC ISO Net Power</i>		<i>30 MW</i>
CC ISO Efficiency		46%
Turbine Inlet Temperature		1300°C
Power Block Investment		530 US\$/kW
Heliostat Size		105 m <sup>2</sup>
Solar Field Investment		180 US\$/m <sup>2</sup>
Receiver Outlet Temperature		800°C
Receiver Investment		26000 US\$/m <sup>2</sup> Aperture

Tabel 3. Hasil Operasi Harian untuk 4000 jam operasi beban penuh

<i>Plant Layout</i>		
Tower Optical Height		193 m
Number of Heliostats		626
Receiver Aperture		90 m <sup>2</sup>
Land		0.6 km <sup>2</sup>
Annual Performance	Energy	Efficiency
Available Radiation	155950 MWh	100%
Power onto Receiver	93570 MWh	60%
Receiver Thermal Output	73826 MWh	78.9%
Fuel Energy	184402 MWh	---
Net Electric Output	111074 MWh	43%
Net Solar to Electric Efficiency	---	20.4%
Thermal Solar Share	---	28.6%

Efisiensi termal mempertimbangkan manfaat keluaran panas dari matahari. Efisiensi dari siklus kombinasi dengan pemanasan awal matahari memberikan hasil sebesar 56.5%, jika dibandingkan dengan siklus konvensional efisiensinya 46.5%. Tabel 4 dan 5 memperlihatkan hasil simulasi operasi.

Tabel 4. Hasil Simulasi Unjuk Kerja untuk operasi harian

<i>Day time operation</i>					
Net Annual Output		REFOS	Reference CC	ISCC	Reference CC
Aperture Area	m <sup>2</sup>	65730.0	0.0	250000.0	0.0
Incident Power	GWh	155.9	0.0	593.1	0.0
Solar Thermal Power	GWh	73.8	0.0	283.2	0.0
Fuel Consumption	GWh	184.4	263.5	1974.3	1974.3
Electric Output	GWh	111.1	118.3	1187.7	1088.0
Net electric efficiency	%	43.0	44.9	52.6	55.1

Tabel 5. Hasil Simulasi Unjuk Kerja untuk operasi beban penuh

<i>Full time operation</i>					
Net Annual Output		REFOS	Reference CC	ISCC	Reference CC
Aperture Area	m <sup>2</sup>	65730.0	0.0	250000.0	0.0
Incident Power	GWh	155.9	0.0	593.1	0.0
Solar Thermal Power	GWh	73.9	0.0	283.2	0.0
Fuel Consumption	GWh	417.2	498.7	3275.9	3275.8
Electric Output	GWh	211.5	224.3	2143.3	2055.9
Net electric efficiency	%	43.1	45.0	53.5	55.2

## KESIMPULAN

1. Pembangkit tenaga listrik matahari hibrid mempunyai potensi yang cukup tinggi dalam mengurangi biaya bila energi matahari ini dimasukkan ke dalam suatu sistem turbin gas.
2. Pemanfaatan sinar matahari pada siklus kombinasi memberikan peningkatan efisiensi sistem ini menjadi 56.5%. Dibandingkan dengan siklus kombinasi yang konvensional lainnya, efisiensinya antara 45% hingga 50%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Buck R., Lüpfer E., Téllez F. (2000): Receiver for Solar-Hybrid Gas Turbine and CC Systems (REFOS), Proc. 10th SolarPACES Int. Symposium 'Solar Thermal 2000', March 8-10, 2000, Sydney, Australia, pp.95-100
- Buck R., Abele M., Kunberger J., Denk T., Heller P. and Lüpfer E. (1998): Receiver for solar-hybrid gas turbine and combined cycle systems, Proc. 9th SolarPACES Int. Symposium on Solar Thermal Concentrating Technologies, June 22-26, 1998, Font-Romeu, France, pp. 537-544
- Kadir, Abdul. 1990. Energi Jakarta: UI Press.
- Kribus A., Zaibel R., Carrey D., Segal A. and Karni J. (1997): A solar-driven combined cycle power plant. Solar Energy 62, pp. 121-129
- Sitompul, Darwin., Culp, Archie W. 1991. Prinsip-prinsip Konversi Energi. Erlangga. Jakarta.
- Zuhail. 1995. Ketenagalistrikan Indonesia. Bandung:PT. Ganesha Prima, cetakan pertama