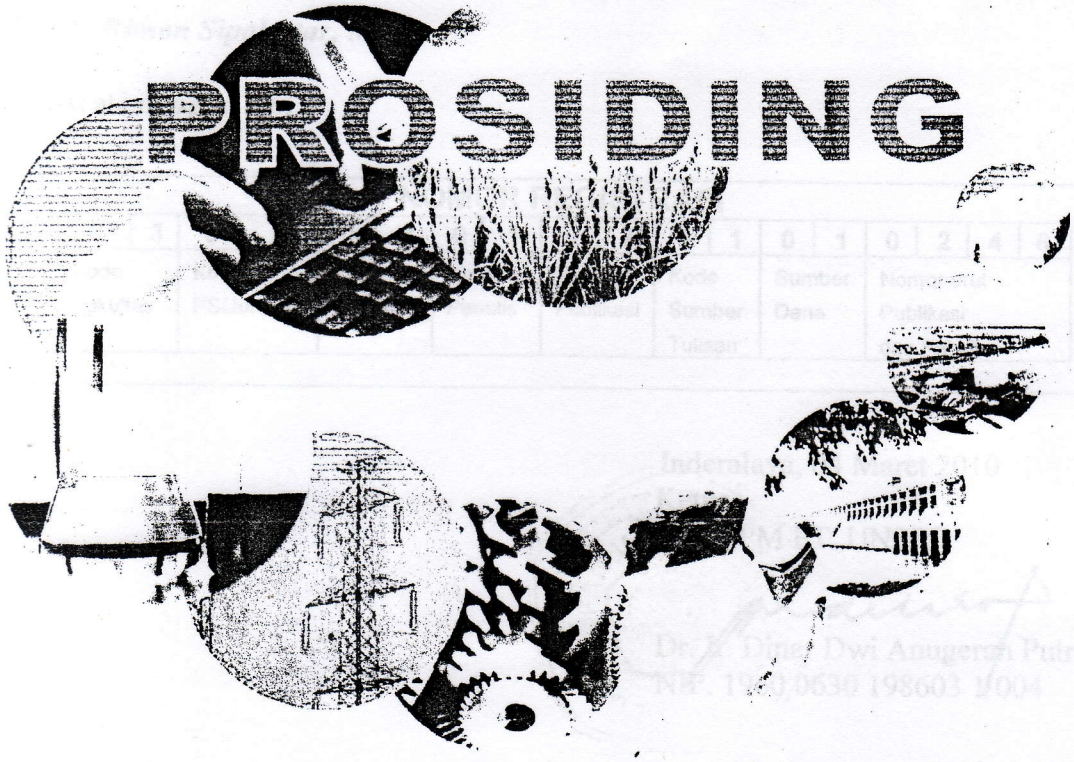
UNIVERSITAS LAMPUNG, 27-28 AGUSTUS 2007

TEMA :
PERAN STRATEGIS SAINS DAN TEKNOLOGI
DALAM UPAYA PENINGKATAN
DAYA SAING BANGSA.

PROSIDING



ISBN 978-979-15535-2-0
9 789791 553520

LEMBAGA PENELITIAN - UNIVERSITAS LAMPUNG
Gd. Rektorat Lt. V, Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro no.1
Gedong Meneng - Bandar Lampung
Telp. (0721) 705173, Fax. 773798
e-mail : satek2007@unila.ac.id, website : http://lemlit.unila.ac.id/satek

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 :

- ***Pengarug Pemanfaatan gas Buang Turbin gas terhadap Kinerja wate heat Boiler (30-3003-U) pada Unit utilitas III***

Penulis : Dr. Ir Riman Sipahutar, M.Sc

Telah teregistrasi dengan No.

NOMOR REGISTRASI

0 3	0 5	0 9	0 1	0 7	0 1	0 1	0 2 4 6
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

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	:	Pengaruh Pemanfaatan Gas Buang Turbin Gas terhadap Kinerja Waste Heat Boiler (3O-3003-U) pada Unit Utilitas Pusri III
No. Registrasi	:	0 3 0 5 0 9 0 1 0 7 0 1 0 1 0 2 4 6
Diregister tanggal	:	4 Maret 2010
Bentuk	:	Publikasi Ilmiah dan diterbitkan pada: Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2007, ISBN 978-979-15535-2-0, halaman 1341-1350.

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).

Inderalaya, 23 Maret 2011
Yang Menyatakan

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik Unsri

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

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

SEMINAR NASIONAL SAINS & TEKNOLOGI

"PERAN STRATEGIS SAINS DAN TEKNOLOGI DALAM UPAYA PENINGKATAN DAYA SAING BANGSA"

LEMBAGA PENELITIAN - UNIVERSITAS LAMPUNG, 27 - 28 AGUSTUS 2007

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro no.1 Gedungmeneng - Bandarlampung

Telp. (0721) 705173, Fax. 773798 e-mail : satek2007@unila.ac.id http://lemlit.unila.ac.id/satek

Bandar Lampung, 27 Agustus 2007

SURAT KETERANGAN

No. A-031 / Pan-SATEK/UNILA/08/07

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dr. Eng. Admi Syarif

NIP : NIP. 131996474

Jabatan : Ketua Pelaksana Seminar Sain dan Teknologi 2007

Menerangkan bahwa:

Nama : **Riman Sipahutar**

NIP : 131595556

Asal Instansi : Universitas Sriwijaya

telah menyampaikan makalah dengan judul "**Pengaruh Pemanfaatan Gas Buang Turbin Gas Terhadap Kinerja Waste Heat Boiler (3O-3003-U) Pada Unit Utilitas Pusri III.**

Untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya, atas perhatian dan kerjasamanya, kami haturkan terima kasih.

Panitia Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2007

Ketua Pelaksana,

Dr. Eng. Admi Syarif

NIP. 131996474

DAFTAR HADIR PESERTA SEMINAR SAINS DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS LAMPUNG
PERANN STRATERGIS SAINS DAN TEKNOLOGI DALAM UPAYA PENINGKATAN DAYA SAING BANGSA
TGL 27-28 AGUSTUS 2007

Ruang : L3 R2
Kelompok : V
Pj : Dr. Ahmad Zakaria
Tanggal : Agustus 2007

No.	Nama	Instansi	TANDA TANGAN	
1	Admi Syarif	FMIPA Matematika UNILA	1	2
2	Ahmad Syuhada	Universitas Syiah Kuala		
3	Aleksander Purba	JURUSAN TEKNIK SIPIL FT UNILA	3	4
4	Aleksander Purba	JURUSAN TEKNIK SIPIL FT UNILA		
5	Anton Diki Wahyudi & M.	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	5	6
6	Christina Eni Pujiastuti	Jurusan Teknik Mesin FTI-USAKTI		
7	Dian Hastari Agustina	PT Warnaco Sejati	7	8
8	Dwi Jokowinarno	JURUSAN TEKNIK SIPIL FT UNILA		
9	Dwi Jokowinarno	JURUSAN TEKNIK SIPIL FT UNILA	11	12
10	Eddy Ibrahim	Fak.Teknik Universitas Sriwijaya		
11	Eddy Ibrahim	Fak.Teknik Universitas Sriwijaya	13	14
12	Endi Permata	Fakultas Teknik Elektro UNTIRTA		
13	Endro P Wahono	Sipil - UNILA	15	16
14	Etih Hartati	Tek Ling, ITENAS Bandung		
15	Hajrian Hidayat	PS Teknik Pertanian Unand	17	18
16	Hasan Basri	Teknik Mesin Unsri		
17	Hermawan Judawisastra	Kelompok Keahlian Ilmu dan Teknik Material, Fakultas	19	20
18	Ira Merissa	teknik kimia universitas lampung		
19	kaprawi sahim	teknik mesin Unsri	21	22
20	Khandra Fahmy	Teknologi Industri Pertanian PPS UNAND		
21	Neli Aida	UNILA	23	24
22	Nurarifaini	TEKNIK SIPIL - UNILA		
23	Nurfaisal Santosa	Faperta-UNAND	25	26
24	Qomarul Hadi	Teknik Mesin UNSRI		
25	Sandi Asmara	Faperta - UNILA	27	28
26	Suharto	UPT BPPTK LIPI		
27	Supermi	Faperta UNRI	29	30
28	Tas'an Junaedi	Teknik Sipil, UNILa		
29	Tas'an Junaedi	Teknik Sipil, UNILa	31	32
30	Teddy Tambunan	Universitas Saburai Lampung		
31	Vera A. Noorhidana	TEKNIK Sipil UNILA	33	34
32	kaprawi sahim	teknik mesin Unsri		
33	Ir.Sukarman Aminjoyo	bapetan	35	36
34	Sunaryo	Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Jakarta		
35	Qomarul Hadi	Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas	37	38
36	Riman Sipahutar	Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unsri		
37	Bustanul Arifin	Departemen Metalurgi dan Material Fakutas Teknik Universitas	39	
38	Etih Hartati	Tek Ling, ITENAS Bandung		

SEMINAR SAINS & Teknologi

Bandarlampung, Agustus 2007
Penanggung Jawab Ruang

Dr. Ahmad Zakaria

DAFTAR ISI

MIPA

Efektivitas Penggunaan *Software* Platetec Pada Pembelajaran Dinamika Bumi
Agus Suyatna 1

Ananlisis Dan Perhitungan Dioda Laser Kendali Sebagai Alat Pengirim Sinyal *Acoustics*
Akhmad Dzakwan, B widiyatmoko dan Jhonizar 9

Evaluasi Kondisi Reservoar Batupasir Serpihan Dari Pengaruh Sifat-Sifat Kelistrikan Tahanan Jenis Batuan
Alimuddin, Ordas Dewanto, Warsito, dan Hermanto 17

Pengaruh Pemberian Pupuk Kascing Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Kangkung Datar (Ipomea Reptans Poir)
Anak Agung Oka 23

Investigasi Potensi Mikroorganisme pada *Sponge*, Callyspogia sp. Sebagai Sumber Senyawa Bioaktif
Andi Setiawan dan Yudi Hadi Sarjono 29

Pengklasifikasian Kualitas Batubara Dengan Menggunakan Analisis Klaster
Anneke Iswani Achmad 39

Isoterm Adsorpsi Ion Logam Pb(Ii), Cd(Ii) Dan Cu(Ii) Oleh Biomassa Nannochlorosis Sp. Yang Dimobilisasi Polietilamina-Glutaraldehida.
Suharso, Buhani dan Sinly Evan Putra 49

Perbandingan Interaksi Aplikasi *Database Server* Pada Arsitektur *Two-Tier*
Didik Kurniawan, S.Si 57

Perancangan *Simulator* Sistem Gudang Pintar Berbasis Pengendali Logika Terprogram (Plc) Dan Perangkat Lunak
Djati Handoko, Surya Darma dan Isa Alex Dharmawan 66

Pengendali Perpindahan Berbasis PC
Djati handoko, Arief Sudarmaji dan Ikhsan Nurdianto 73

Perkuatan Dinding Bata Merah Akibat Beban Bolak Balik Menggunakan Ferosemen *Strengthening Red Bricks Wall with Ferro cement Effect of Cyclic Loading*
Teddy Tambunan, Andreas Triwiyono dan Iman Satyarno 1261

Peningkatan Produksi Gula Indonesia Melalui Manajemen Teknologi
Triwulandari 1273

Pengaruh Mutu Beton Sebagai *Wet Joint* Pada Perilaku Lentur Balok Beton Pracetak
Vera A. Noorhidana..... 1280

Pengukuran Produktivitas Berdasarkan Metode *Company Performance Appraisal*
Wawan Kurniawan 1292

Good Manufacturing Practice* Dan *Sanitation Standard Operation Procedure* Sebagai Prasyarat Aplikasikan *Hazard Analysis Critical Control Point
Wawan Kurniawan 1301

Optimalisasi Pendayagunaan Lahan Rawa Untuk Dikembangkan Ke Arah Penyediaan Air Baku, Perikanan, Dan Kawasan Wisata
Nur Arifaini dan Gatot Eko Susilo..... 1309

Pengaruh Waktu Ekstraksi dan Temperatur Operasi pada Pengambilan Minyak Kulit Jeruk dari Kulit Jeruk Siam (*Citrus nobilis*) dengan Metode Ekstraksi *Immersion*
Alferia Riedatina, Elida Purba, Taharuddin dan Fanty Rozenia..... 1317

Optimasi Perolehan *Orange Peels Oil* Dengan Metode Ekstraksi *Pumping Percolation* (Tinjauan Pengaruh Temperatur Operasi dan Laju Alir Solven)
Ni Wayan Ardina A, Taharuddin, Elida Purba dan Arfiana 1330

Pengaruh Pemanfaatan Gas Buang Turbin Gas Terhadap Kinerja *Waste Heat Boiler* (3O-3003-U) Pada Unit Utilitas Pusri III
Riman Sipahutar. 1341

PENGARUH PEMANFAATAN GAS BUANG TURBIN GAS TERHADAP KINERJA WASTE HEAT BOILER (3O-3003-U) PADA UNIT UTILITAS PUSRI III

Riman Sipahutar

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km. 32, Indralaya, OI

ABSTRACT

Boiler is a closed vessel in which water is transformed into steam. The heat could be generated from several kinds of fuels, such as natural gas, oil, and coal through a combustion process. In a combustion chamber, heat is transferred to the water through several pipes. The pipes could be for water flow or heat flow. Based on these pipes, there are two kinds of boilers: water and fire tube boiler. In PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang, steam required in the process of fertilizer production such as the process of urea that based on fertilizer granulation and activator power in a steam turbine. The need of steam is supplied by a Waste Heat Boiler (WHB) using waste gas from gas turbine as a fuel. The use of WHB is an implementation of cogeneration technology from gas power electricity generator (gas turbine). This research is focussed on WHB in Pusri III (3O-3003-U) because it operates continually in order to study the effect of flue gas from gas turbine towadrs the performance of WHB. The performance is influenced by steam capacity production, fuel energy from the combustion process and waste gas energy from gas turbine At the maximum steam capacity (80 ton/h), the highest efficiency of WHB can be calculated approximately 93.90% with flue gas energy from gas turbine is 35303207.76 kkal/hr.

Keywords : *Waste Heat Boiler, cogeneration, gas turbine, combustion process*

1. PENDAHULUAN

Hampir semua jenis industri proses saat ini memperhatikan konservasi energi atau pengelolaan energi dengan baik. Pengelolaan dan pemanfaatan sumber energi selalu melibatkan konversi energi dari suatu bentuk ke bentuk lainnya, atau dari satu zat ke zat yang lain. Konversi energi ini pada umumnya diikuti dengan rugi-rugi energi dan penurunan kuantitas energi. Jadi suatu konservasi energi pada alat-alat koversi di industri proses dapat dikaji melalui optimalisasi proses energi. Pada industri *fertilizer*, boiler merupakan salah satu mesin produksi untuk memenuhi kebutuhan uap pada proses pembuatan pupuk dan sebagai bahan penggerak turbin.

Salah satu jenis boiler yang ada di PT. Pupuk Sriwidjaja (PUSRI) adalah *Waste Heat Boiler* (WHB). Secara prinsipil jenis boiler ini memanfaatkan panas gas buang dari turbin gas untuk melakukan proses pembakaran. Dengan memanfaatkan gas buang dari turbin gas, proses pembakaran pada WHB menjadi lebih cepat dan konsumsi bahan bakar yang relatif sedikit.

Kinerja WHB yang optimal merupakan hal yang sangat diharapkan. Sebagai alat konversi energi, kinerja *sistem waste heat boiler* perlu memperhatikan kebutuhan energi panas gas buang secara proporsional untuk menghasilkan energi panas uap. Potensi energi panas dari gas buang turbin menjadi pertimbangan yang penting disamping temperatur gas buang dari WHB sehingga penerapan teknologi kogenerasi pada sistem ini dapat berjalan dengan optimal.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Prosedur Penelitian

Dalam mengumpulkan informasi dan data pengukuran sebagai bahan perhitungan dan analisa secara aktual dan terinci, maka penulis melakukan metodologi sebagai berikut:

- Studi literatur, yaitu mencari bahan referensi dari buku-buku sumber yang berkaitan dengan obyek pembahasan.
- Studi lapangan, yaitu proses pengambilan data secara langsung ke lapangan dengan menggunakan alat-alat ukur yang telah tersedia.
- Penyajian data dan hasil analisis data yang diperoleh dalam bentuk tabel dan grafik setelah melalui analisis deskriptif secara matematis maupun statistik.

2.2 Kedudukan dan Fungsi

Waste Heat Boiler (3O-3003-U) adalah salah satu bagian unit pembangkit uap yang memanfaatkan gas buang sisa panas pembakaran dari turbin gas. Pada unit ini terdapat dua jenis pembangkit uap yaitu *Waste Heat Boiler* (WHB) dan *Packed Boiler* (PB) yang mempunyai kapasitas sama yaitu 80 ton/jam. Adapun fungsi dari kedua alat tersebut adalah sebagai penyedia kebutuhan uap untuk proses pembuatan urea maupun sebagai fluida penggerak untuk peralatan operasi yang menggunakan uap sebagai fluida penggeraknya. Pada utilitas PUSRI III, selain WHB terdapat unit lain yang melengkapi sistem utilitas, diantaranya:

1). *Gas Metering Station (GMS)*

Berfungsi sebagai tempat penampung gas alam yang di suplai oleh Pertamina, dan untuk mengetahui *flow* gas alam untuk masing-masing pabrik. Untuk menghitung nilai panas gas alam dilakukan analisa laboratorium dengan frekuensi satu bulan sekali. GMS juga merupakan tempat memisahkan cairan yang terkandung dalam gas alam.

2). *Water Treatment*

Berfungsi sebagai tempat mengolah air sungai menjadi air bersih. Di unit ini terdapat proses demineralisasi air yang berfungsi untuk menghilangkan mineral di dalam air bersih yang selanjutnya akan digunakan sebagai air umpan boiler.

3). *Cooling Water System*

Berfungsi sebagai tempat pendinginan air. Dengan menggunakan sistem *cooling tower* (menara pendingin) dimana air dijatuhkan dari atas menara melalui kisi-kisi secara berulang, sehingga akan terjadi kontak dengan udara yang mengakibatkan pelepasan kalor. Udara panas yang dihasilkan dihisap dengan kipas isap (*induced draft fan)* kemudian dilepas ke udara.

4). *Gas Turbim Generator (GTG)*

Berfungsi sebagai pembangkit tenaga listrik yang diperlukan untuk keperluan pabrik, perkantoran, dan perumahan.

5). *Plant Air & Instrument Air*

Berfungsi sebagai tempat penyedia kebutuhan udara bertekanan tertentu untuk keperluan proses dan instrumentasi.

6). *Air Separation Plant*

Berfungsi untuk mengekstrak gas nitrogen dan oksigen dan udara sesuai dengan kebutuhan.

7). *Condensate Stripper*

Berfungsi mengolah air kondensat dari pabrik amoniak untuk mengurangi kadar amoniak yang terlarut di dalam air.

8). *Burner*

Berfungsi untuk melaksanakan proses pembakaran antara bahan bakar dengan udara. Hasil proses pembakaran dari suatu burner sangat mempengaruhi energi kalor yang dihasilkannya.

Supplemental gas burner yang digunakan pada WHB ini adalah *fuel gas burner* tipe *raw gas burner (burner gas* mentah). Terjadinya pembakaran dapat diuraikan sebagai berikut, dengan menekan *switch burner* pada posisi *on* sehingga *power on indicating light* akan di *energize,* dilanjutkan dengan menekan tombol *ignition* selama 30 detik, maka akan teriadi loncatan listrik pada elektroda *(ignition)* yang berasal dari *ignition transformer* tegangan. Proses penyalaan ini terjadi selama beberapa waktu. Cahaya dari loncatan listrik tersebut akan ditangkap oleh *flame detector* (sensor cahaya.). Sebelum itu gas buang turbin gas

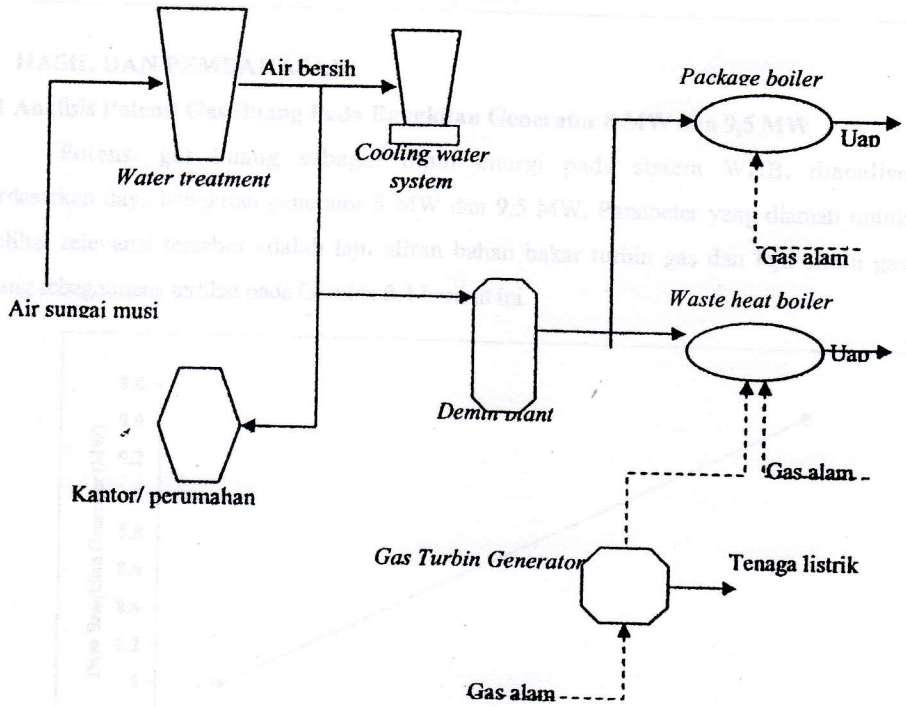
yang mengandung oksigen sudah mengalir menuju *supplemental burner WHB,* begitu juga bahan bakar gas alam yang bertekanan ± 0,6 kg/cm^2 menuju ke *supplemntal burner* WHB melalui jalur terpisah. Sehingga terjadi aliran udara dan bahan bakar ke ruang bakar. Loncatan bunga api dari elektroda akan menimbulkan ledakan atau semburan api/lidah api pada ruang bakar sehingga terjadilah pembakaran. Energi panas pembakaran ini dialirkan menuju *boiler chamber.* Nyala api yang ada pada *burner* ini akan dideteksi oleh delapan *scanner* yang ada pada *supplemental burner WHB.*

Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar gas *(fuel gas),* yaitu yang dikenal dengan nama gas alam *(natural gas).* Gas alam merupakan gas tidak berwarna, hampir tidak berbau, dan mudah terbakar. Gas ini merupakan campuran dari *molecular weight hydrocarbon,* yang terdiri dari 60-90% hidro carbon ringan, gas pengotor, dan *inert.* Gas alam dari tangki *knock out* (KO) drum sentral Pertamina Plaju Palembang dialirkan melalui pipa dengan bantuan pompa gas alam, dimasukan ke setiap *scrubber* yang ada pada setiap pabrik Pusri. Setelah itu dialirkan menuju KO drum untuk memisahkan cairan yang terkandung dalam gas alam. Dengan bantuan *flow meter* pemakaian gas alam tiap-tiap pabrik dapat diketahui. Setelah melewati *flow meter,* gas dialirkan ke pemakaian termasuk ke *supplemental burner* WHB.

9) *Boiler Chamber*

Boiler chamber merupakan ruangan terjadinya proses pemindahan panas *(heat transfer).* Pada *boiler chamber* terjadi proses pendidihan air menjadi uap. Energi panas yang ada pada *boiler chamber* WHB ini didapatkan dari energi gas buang turbin gas, yang bertemperatur ± 400^{0}C, ditambah dengan energi panas dari *burner* tambahan WHB *(supplemental burner)* yang merupakan hasil pembakaran gas alam *(natural gas). Boiler chamber* WHB terdiri dari *sarperheater* yang mendapatkan panas paling besar yang berfungsi menjadikan uap super panas, *boiler tube* pada urutan kedua yang berfungsi mengubah fasa cair menjadi fasa uap dan terakhir adalah *economizer* yang berfungsi sebagai pemanas awal air umpan ketel.

Gambar 2.1 memperlihatkan kedudukan *Waste Heat Boiler* dan sebagian besar unit-unit lain yang ada pada utilitas PUSRI III.



Gambar 2.1 Blok Diagram Utilitas Pusri III

2.3 Spesifikasi Waste Heat Boiler

Spesifikasi waste heat boiler yang ada di Pusri III dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Spesifikasi *Waste Heat Boiler*

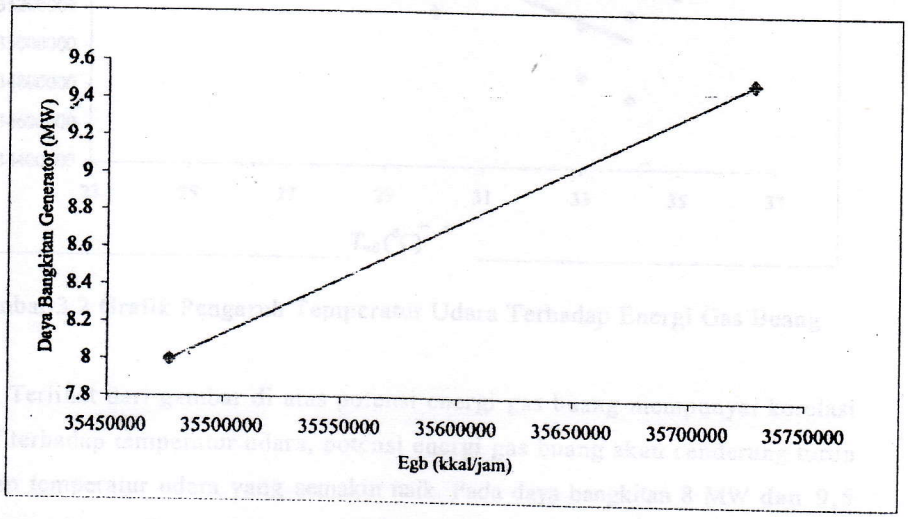
No.	Item	Keterangan
1	*Manufacturer*	FOSTER WHEELER CORP
2	Tipe	Boiler pipa air
3	Kapasitas produksi uap	90.000 kg/jam
4	Tekanan uap keluar superheater	42, 18 kg/cm^2
5	Tekanan drum uap	44,55 kg/cm^2
6	*Over pressure steam drum (OPS)*	51 kg/cm^2
7	Level drum	*35% alarm, 25% shut down*
8	Tekanan bahan bakar gas	15 inches W.G
9	Temperatur pembakaran tinggi	670 ^{0}C. *910* ^{0}C *shut down, 810* ^{0}C *alarm*

10	Tekanan udara instrumen	3,4 kg/cm^2
11	Bahan.bakar	Gas alam *(Natural gas)*
12	Tahun pembuatan	1970

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Potensi Gas Buang Pada Bangkitan Generator 8 MW dan 9,5 MW

Potensi gas buang sebagai input energi pada sistem WHB, dianalisa berdasarkan daya bangkitan generator 8 MW dan 9,5 MW. Parameter yang diamati untuk melihat relevansi tersebut adalah laju aliran bahan bakar turbin gas dan laju aliran gas buang sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1 berikut ini.

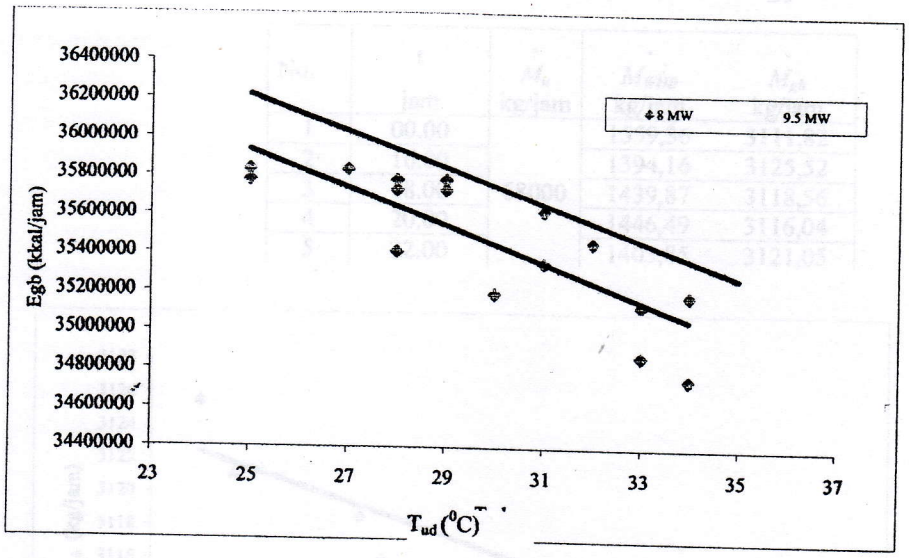


Gambar 3.1 Grafik Pengaruh Daya Bangkitan Generator Terhadap Energi Gas Buang

Terlihat dari gambar di atas, potensi energi gas buang semakin meningkat dengan meningkatnya daya bangkitan generator dari 8 MW menjadi 9,5 MW. Besarnya daya bangkitan generator akan berpengaruh terhadap laju aliran massa bahan bakar turbin gas yang semakin meningkat, sehingga panas sisa hasil pembakaran yang digunakan untuk menggerakkan generator sebagai gas buang akan semakin besar. Potensi energi gas buang tertinggi pada daya bangkitan 8 MW adalah 35.832.715,38 kkal/jam sedangkan potensi energi gas buang tertinggi pada daya bangkitan 9,5 MW adalah 36.273.854,51 kkal/jam. Hubungan ini berlaku sampai bangkitan generator mencapai titik maksimalnya yaitu 14 MW.

3.2 Analisis Pengaruh Temperatur Udara Terhadap Potensi Energi Gas Buang

Berdasarkan kompilasi data pada bangkitan daya 8 dan 9,5 MW, maka bila digrafikkan akan tampak sebagai terlihat pada Gambar 3.2 berikut ini:



Gambar 3.2 Grafik Pengaruh Temperatur Udara Terhadap Energi Gas Buang

Terlihat dari gambar di atas potensi energi gas buang mempunyai korelasi negatif terhadap temperatur udara, potensi energi gas buang akan cenderung turun terhadap temperatur udara yang semakin naik. Pada daya bangkitan 8 MW dan 9,5 MW potensi energi gas buang sangat bervariasi. Dari data untuk perubahan temperatur udara (Δt_{ud}) yang tinggi, temperatur gas buang meningkat cukup besar. Perubahan ini mengakibatkan massa gas buang berkurang. Berkurangnya massa gas buang akan menurunkan potensi energi gas buang. Densitas (massa jenis) udara berbanding terbalik terhadap temperatur udara, dengan adanya kenaikan temperatur udara maka densitas udara akan turun. Dengan demikian laju aliran massa udara akan turun pada laju aliran bahan bakar turbin yang konstan. Penurunan laju aliran massa udara tersebut berakibat terhadap laju aliran massa gas buang, sehingga potensi energi gas buang akan semakin kecil.

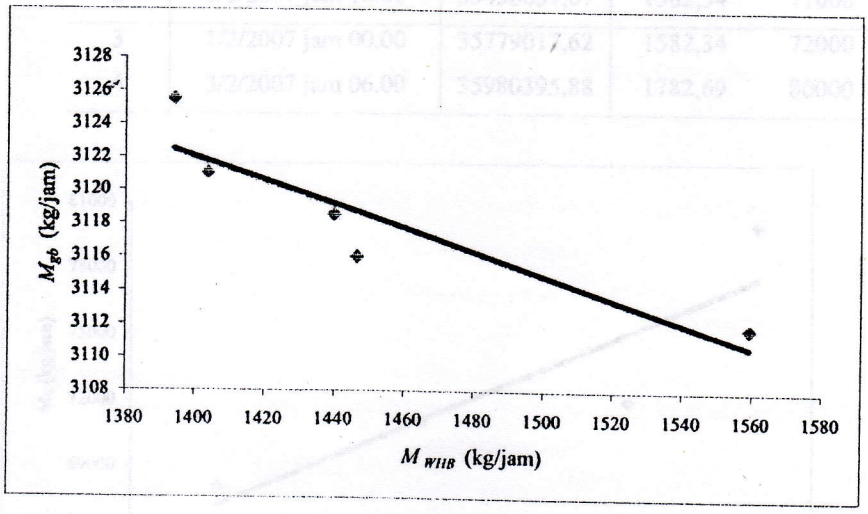
3.3 Analisis Relevansi Laju Aliran Massa Gas Buang Terhadap Laju Aliran Massa Bahan Bakar WHB

Untuk memperlihatkan relevansi antara laju aliran massa gas buang terhadap laju aliran massa bahan bakar Waste Heat Boiler, telah diambil data pada laju aliran massa

uap yang sama yaitu sebesar 68.000 kg/jam dan dikompilasi secara rinci pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Kompilasi Data Pada Laju Aliran Massa Uap 68.000 kg/jam

No.	t jam	$\dot{M}_u$ kg/jam	$\dot{M}_{WHB}$ kg/jam	$\dot{M}_{gb}$ kg/jam
1	00.00	68000	1559,36	3111,82
2	16.00		1394,16	3125,52
3	18.00		1439,87	3118,56
4	20.00		1446,49	3116,04
5	22.00		1403,85	3121,05



Gambar 3.3 Grafik Laju Aliran Massa Bahan Bakar WHB Terhadap Laju Aliran Massa Gas Buang Untuk Laju Aliran Massa Uap 68000 kg/jam

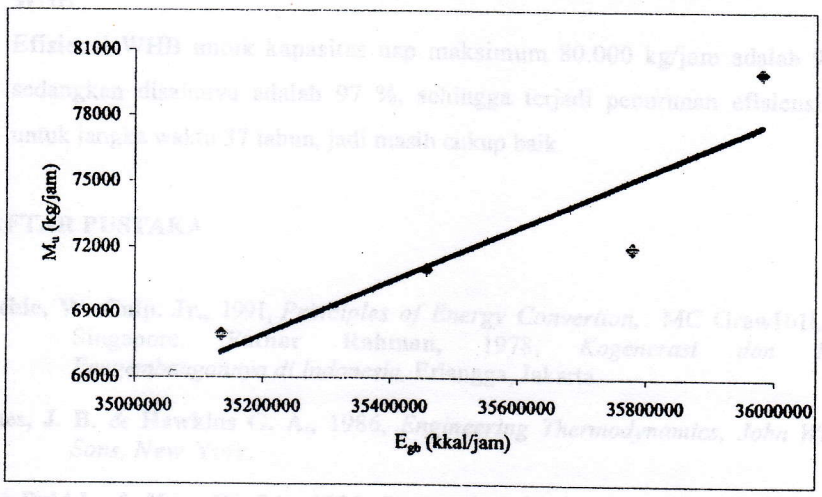
Dari Gambar 3.3 di atas dapat dilihat bahwa untuk kapasitas produksi uap yang sama laju aliran massa gas buang akan semakin besar untuk laju aliran massa bahan bakar WHB yang semakin kecil. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya laju aliran massa gas buang mengakibatkan bertambahnya potensi energi panas gas buang turbin gas, sehingga untuk menghasilkan uap dengan kapasitas yang sama hanya diperlukan energi bahan bakar yang relatif kecil. Hal ini menandakan bahwa laju aliran massa bahan bakar WHB yang dialirkan juga akan semakin kecil. Sebaliknya, dengan berkurangnya laju aliran massa gas buang maka laju aliran massa bahan bakar WHB harus ditambah.

3.4 Analisis Pemanfaatan Gas Buang Terhadap Laju Aliran Massa Uap

Pembahasan tentang korelasi pemanfaatan gas buang turbin gas terhadap laju alran massa uap WHB didiskusikan berdasarkan Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2. Kompilasi Data Korelasi Laju Aliran Massa Uap WHB Terhadap E_{gb} Turbin Gas

No	Pengambilan data	E_{gb} kkal/jam	$\dot{M}_{WHB}$ kg/jam	$\dot{M}_u$ kg/jam
1	2/2/2007 jam 00.00	35134644,53	1559,36	68000
2	1/2/2007 jam 18.00	35456831,07	1582,34	71000
3	1/2/2007 jam 00.00	35779017,62	1582,34	72000
4	3/2/2007 jam 06.00	35980395,88	1782,69	80000



Gambar 3.4 Grafik Laju Aliran Massa Uap WHB Terhadap Energi Gas Buang

Dari grafik pada Gambar 3.4 di atas terlihat semakin meningkatnya energi gas buang maka laju aliran massa uap WHB akan meningkat. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya laju aliran massa gas buang mengakibatkan bertambahnya potensi energi panas gas buang yang digunakan untuk melakukan pembakaran untuk menghasilkan uap. Juga terlihat bahwa massa uap WHB meningkat untuk laju aliran massa bahan bakar WHB yang sama dengan energi gas buang yang semakin meningkat.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan di atas dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Semakin besar daya bangkitan yang dihasilkan oleh generator akan meningkatkan potensi gas buang turbin gas. Kondisi ini terjadi sampai titik maksimal daya bangkitan generator yaitu 14 MW.
- Potensi energi gas buang mempunyai korelasi negatif terhadap temperatur udara, potensi energi gas buang akan cenderung turun terhadap temperatur udara yang semakin naik.
- Teridentifikasi pemanfaatan energi gas buang yang semakin tinggi dapat mengurangi pemakaian bahan bakar di WHB untuk jumlah produksi uap yang sama.
- Untuk Laju aliran massa bahan bakar yang sama, pemanfaatan energi gas buang yang semakin tinggi akan meningkatkan produksi uap yang dihasilkan oleh WHB.
- Efisiensi WHB untuk kapasitas uap maksimum 80.000 kg/jam adalah 93,90 % sedangkan disainnya adalah 97 %, sehingga terjadi penurunan efisiensi 3,2 % untuk jangka waktu 37 tahun, jadi masih cukup baik.

DAFTAR PUSTAKA

Archie, W. Culp. Jr., 1991, *Principles of Energy Convertion,* MC GrawHill,2nd ed, Singapore. **Fathor Rahman**, 1978, *Kogenerasi dan Peluang Pengembangannya di Indonesia,* Erlangga, Jakarta.

Jones, J. B. & Hawkins G. A., 1986, *Engineering Thermodynamics, John Wiley & Sons, New* York.

Paul Priddy & Kam W. Li, 1985, *Power Plant System Design,* Wiley & Sons, *USA.*

Reklaitis, G.V., 1983, *Introduction to Material & Energv Balances, John Wiley & Sons,* New York.

Smith, Marion. L, et al., 1952, *Fuels and Combustion,* McGraw-Hill,New York.