14.992/H/02.

TUGAS AKHIR
(KS 1701)

PENGARUH PEMAKAIAN COATING HASTELLOY-X DAN ZrO_2 TERHADAP EFISIENSI THERMAL COMBUSTION CHAMBER TURBIN GAS

ITS

RSSP
623.87233
Dod
p-1
2001

Disusun Oleh :

DODIK PRASETYO U
NRP. 4296 100 037

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2001

PERPUSTAKAAN
ITS
Tgl. Terima 28/XII/01
H

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PEMAKAIAN COATING HASTELLOY-X DAN ZrO_2 TERHADAP EFISIENSI THERMAL COMBUSTION CHAMBER TURBIN GAS

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Surabaya, Juli 2001

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing

Ir. Aguk Zuhdi MF, MEng

NIP. 131 646 637

ABSTRA

ABSTRAK

Didalam ruang bakar turbin gas temperatur pembakaran adalah sangat tin sehingga tidak menutup kemungkinan panas yang terbuang dari ruang bakar juga cu tinggi, hal ini dikarenakan adanya aliran fluida gas panas yang mengalir pada dind ruang bakar keluar. Untuk mencegah panas yang hilang ini maka salah satu jalan y dapat ditempuh adalah dengan melapiskan material lain yang mampu pada tempera tinggi pada dinding ruang bakar. Pelapisan material lain kedalam ruang bakar turbin adalah bertujuan untuk mengurangi panas yang hilang untuk mencapai efisiensi tur yang sebesar-besarnya. Pada proses pembakaran dimaksudkan untuk menghasil kalor yang besar bersamaan dengan pembangkitan panas yang tinggi un menghasilkan kerja, bila panas yang hilang tinggi maka secara langsung efisiensi tur gas akan menurun.

Pengaruh pemakaian keramik pada ruang bakar turbin gas akan meningkat temperatur pembakaran dan efisiensi thermal. Keramik yang digunakan untuk pelapi adalah jenis ZrO_2 dan Hastelloy-X. Pada kenyataannya dalam proses yang melibat temperatur tinggi menunjukkan bahwa material yang menggunakan keramik jenis Z adalah sangat merugikan, karena jenis keramik ini memiliki beberapa kerug diantaranya memiliki ketahanan thermal yang relatif rendah sedangkan keramik je Hastelloy-X banyak digunakan untuk lapisan pada material bertemperatur tinggi. O karenanya disini akan dibandingkan seberapa besar pengaruh kedua keramik ini un menghasilkan efisiensi turbin yang tinggi.

KATA PENGANTA

KATA PENGANTAR

Segala puji kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah membantu penulis t dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penyusunan Tugas Akhir yang berjudul **"PENGARUH PEMAKA COATING HASTELLOY-X DAN ZrO_2 TERHADAP EFISIENSI THERM COMBUSTION CHAMBER DARI TURBIN GAS"** dimaksudkan untuk memer salah satu syarat menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Faku Teknologi Kelautan ITS. Penghargaan yang setinggi-tingginya dan ungkapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Dr. Ir. A.A. Masroeri, MEng selaku Ketua Jurusan Teknik Sis Perkapalan FTK-ITS
2. Bapak Ir. Alam Baheramsyah, MSc selaku Dosen Wali selama menempuh st selama ini.
3. Bapak Ir. Aguk Zuhdi MF, MEng selaku Dosen Pembimbing yang telah ban membantu hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
4. Bapak dan Ibu Sutrisno sekeluarga atas dukungan moralnya sampai saat ini
5. Bapak Bambang Soetrisno, Ka. Seksi Teknik Pemeliharaan PPT MIGAS Cepu
6. Bapak Wibowo, Ka. Seksi Utilities PPT MIGAS Cepu
7. Bapak Samiraharja B.N., Coordinator control room Power Plant Central Duri
8. Bapak Herry J. Poerwanto, Team Manager Petani Balam FMT
9. Bapak Nazaruddin Burhan, Coordinator Support Shop
10. Arek-arek '96 TA angkatan III : Bambang"romeo"Hendrajaya, Made Harta"Ba Nardi"teman sekamar", Idnillah"kikil sapi", Iwan"mbah ganteng 92".

Dan seluruh pihak yang namanya belum tersebut di atas. Penulis menyadari bah laporan ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran dari para pemb sangat diharapkan untuk sempurnanya laporan ini.

Surabaya, Juli 20

Penulis

DAFTAR IS

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
ABSTRAK ii
KATA PENGANTAR iii
DAFTAR ISI iv
DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK v
DAFTAR TABEL DAN BAGAN v

BAB I PENDAHULUAN
I.1. Latar Belakang
I.2. Perumusan Masalah
I.3. Batasan Permasalahan
I.4. Tujuan
I.5. Manfaat
I.6. Metodelogi Penulisan

BAB II DASAR TEORI
II.1. Pengertian Tentang Udara
II.2. Viscositas Fluida
II.3. Aliran Mampu Mampat
II.3.1. Hubungan-hubungan Gas Sempurna
II.3.2. Sifat-sifat Stagnasi didalam Aliran Kompresibel
II.4. Kerja Reversible pada Aliran Steady Compresible
II.5. Aliran Fluida Selama Proses di dalam Turbin Gas
II.5.1. Aliran Fluida di dalam Kompresor
II.5.2 Keseimbangan Kalor didalam Ruang Bakar
II.5.3. Proses Gas Panas Pada Turbin
II.6. Ruang Pembakaran (Combustion Chamber)
II.7. Teori Pembakaran
II.7.1. Pembakaran Sempurna
II.7.2. Energi yang Terbangkit selama Pembakaran
II.7.3. Enthalpi Pembentukan
II.7.4. Enthalpi Pembakaran
II.8. Higher and Lower Heating Values
II.9. Reaksi Enthalpi
II.10. Keramik sebagai Lapisan Ruang Bakar
II.10.1. Keramik ZrO_2
II.10.2 Sifat-sifat Mekanik ZrO_2
II.11. Keramik Hastelloy-X

BAB III PERHITUNGAN PEMBAKARAN DAN EFISIENSI THERMAL DENGAN PEMODELAN MATEMATIS
III.1. Proses Aerodinamika didalam Kompresor
III.1.1. Temperatur Selama Proses Kompresi
III.1.2. Kompresi Isentropik
III.1.3. Efisiensi Isentropik
III.1.4. Mach Number Pada Compressible Flow

III.1.5. Laju Alir Massa Rata-rata
III.1.6. Kerja Kompresor
III.2. Keseimbangan Kalor didalam Ruang Bakar
III.2.1. Perpindahan Kalor Konveksi Adiabatis
III.2.2 Perpindahan Kalor Radiasi ke Dinding Ruang Bakar
III.2.3. Perpindahan Kalor Konveksi ke Pendingin
III.2.4. Perpindahan Kalor Radiasi ke Pendingin
III.3. Proses Pembakaran di dalam Ruang Bakar
III.3.1. Excess Air
III.3.2. Excess Air dari Methana $(CH_4)_g$
III.3.3. Excess Air dari Ethana $(C_2H_6)_g$
III.3.4. Excess Air dari Propana $(C_3H_8)_g$
III.3.5. Excess Air dari Butana $(C_4H_{10})_g$
III.3.6. Excess Air dari Heptana $(C_7H_{16})_l$
III.3.7. Temperatur Pembakaran
III.3.8. Efisiensi Pembakaran
III.4. Produk Pembakaran dan Kalor Pembakaran
III.4.1. Pembakaran CH_4
III.4.2. Pembakaran C_2H_6
III.4.3. Pembakaran C_3H_8
III.4.4. Pembakaran C_4H_{10}
III.4.5. Pembakaran C_7H_{16}
III.5. Kebutuhan Udara Pembakaran
III.6. Proses Gas Panas Pada Turbin
III.6.1. Temperatur Selama Proses Ekspansi
III.6.2. Ekspansi Isentropik
III.6.3. Efisiensi Isentropik Gas Sempurna
III.6.4. Mach Number Pada Compressible Flow
III.6.5. Laju Alir Massa Rata-rata
III.6.6. Kerja Turbin
III.7. Rugi-rugi Kalor
III.7.1. Rugi Kalor Keluar Dinding Ruang Bakar
III.7.2. Rugi Kalor Karena Gas Buang
III.7.3. Rugi Kalor Karena Penguapan H_2O
III.8. Kalor yang Bermanfaat
III.9. Kerja Bersih
III.10. Efisiensi Thermal
III.11. Nilai Kebenaran Perhitungan Efisiensi Thermal Matematis

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN
IV.1. Kalibrasi
IV.2. Analisa Grafik Hastelloy-X dan ZrO_2 Pada Ketebalan 0.06 in (standar)
IV.3. Analisa Pengaruh Energi Loss Pada Hastelloy-X dan ZrO_2
IV.4. Analisa Pengaruh Ketebalan Terhadap Efisiensi Thermal
IV.5. Analisa Pengaruh Energi Loss Terhadap Efisiensi Thermal

BAB V KESIMPULAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN GRAFIK

LAMPIRAN TABEL

LAMPIRAN GAMBAR

DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK

DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK

Gambar 1 Perubahan bentuk yang diakibatkan tegangan geser yang konsant
Gambar 2 Keadaan stagnasi isentropic
Gambar 3 Diffuser dan nozzle untuk aliran compresibel
Gambar 4 Aliran gas panas keluar dinding ruang bakar
Gambar 5 Tabel unsur periodik
Gambar 6 Struktur atom Zirconium
Gambar 7 Ruang bakar lapisan Hastelloy-X
Gambar 8 Ruang bakar lapisan ZrO_2
Gambar 9 Pengaruh ion besi terhadap kecepatan korosi ZrO_2
Grafik 1 Grafik hubungan tekanan dan volume spesifik
Grafik 2 Enthalpi pembentukan C_8H_{18} (liquid) dan CO_2
Grafik 3 Reaksi enthalpi bahan bakar C_8H_{18}
Grafik 4 Temperatur pembentukan ZrO2
Grafik 5 Produk pembakaran CH_4
Grafik 6 Produk pembakaran C_2H_6
Grafik 7 Produk pembakaran C_3H_8
Grafik 8 Produk pembakaran C_4H_{10}
Grafik 9 Produk pembakaran C_7H_{16}
Grafik 10 Perbandingan efisiensi Vs daya aktual dan pemodelan matematis
Grafik 11 Perbandingan efisiensi thermal Hastelloy-X dan ZrO_2 Ketebalan 0.06 in (standard)
Grafik 12 Pengaruh energi loss terhadap efisiensi thermal turbin gas lapisan Hastelloy-X dan ZrO_2
Grafik 13 Pengaruh ketebalan keramik terhadap efisiensi thermal lapisan Hastelloy-X
Grafik 14 Pengaruh ketebalan keramik terhadap efisiensi thermal lapisan ZrO_2
Grafik 15 Perbandingan pengaruh energi loss terhadap efisiensi thermal turbin gas lapisan Hastelloy-X dan ZrO_2

DAFTAR TABEL DAN BAGAN

DAFTAR TABEL DAN BAGAN

Tabel 1 Prosentase excess air bahan bakar natural gas
Tabel 2 Komposisi gas yang meninggalkan ruang bakar
Tabel 3 Perbandingan efisiensi thermal aktual dan model matematis
Tabel 4 Harga kesetaraan efisiensi thermal lapisan Hastelloy-X dan ZrO_2
Tabel 5 Deviasi efisiensi thermal pada ketebalan 0.052 in
Tabel 6 Efisiensi thermal dari turbin gas lapisan Hastelloy-X
Tabel 7 Efisiensi thermal dari turbin gas lapisan ZrO_2
Tabel 8 Pengaruh energi loss pada turbin gas lapisan Hastelloy-X
Tabel 9 Pengaruh energi loss pada turbin gas lapisan ZrO_2
Tabel 10 Perbandingan energi loss dan efisiensi thermal lapisan Hastelloy-X dan ZrO_2
Bagan 1 Reaksi pembuatan zirconia dari zircon
Bagan 2 Metode precipitasi zircon

BAB

PENDAHULUAN

BAB I
PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Pembakaran adalah pencampuran kimiawi yang melibatkan bahan baka dan udara dengan komposisi tertentu pada temperatur tinggi yang terjadi didalan ruang bakar secara terus-menerus. Pembakaran dapat juga berarti bahwa terjad perubahan energi dari energi kimia menjadi energi mekanik yang didalamny terdapat pembangkitan sejumlah kalor untuk menghasilkan sejumlah energ dalam. Pembangkitan kalor dalam ruang bakar akan dianalisa dengan hukum hukum perpindahan kalor.

Temperatur yang terjadi pada pembakaran adalah sangat tinggi sehingg tidak menutup kemungkinan panas yang terbuang dari ruang bakar juga cuku tinggi, hal ini dikarenakan adanya aliran fluida gas panas yang mengalir pad dinding ruang bakar keluar. Untuk mencegah panas yang hilang ini maka salal satu jalan yang dapat ditempuh adalah dengan melapiskan material lain yan mampu pada temperatur tinggi pada dinding ruang bakar.

Pelapisan material lain kedalam ruang bakar khususnya ruang bakar turbi gas adalah bertujuan untuk mengurangi panas yang hilang untuk mencapa efisiensi turbin yang sebesar-besarnya. Pada proses pembakaran dimaksudkan untuk menghasilkan kalor yang besar bersamaan dengan pembangkitan panas yang tinggi untuk menghasilkan kerja, bila panas yang hilang tinggi maka secara langsung efisiensi turbin gas akan menurun.

I.2. Perumusan Masalah

Ruang bakar merupakan komponen turbin gas yang berfungsi sebaga ruang pembakaran dimana energi dibangkitkan. Proses yang terjadi didalam ruan bakar akan mempengaruhi besar efisiensi thermal sehingga untuk mengetahu efisiensi turbin akan dibahas pengaruh pemakaian keramik ruang bakar turbin gas Keramik yang digunakan untuk pelapisan adalah jenis ZrO_2 dan *Hastelloy-X*. Pad kenyataannya dalam proses yang melibatkan temperatur tinggi menunjukka bahwa material yang menggunakan keramik jenis ZrO_2 adalah sangat merugikan karena jenis keramik ini memiliki beberapa kerugian diantaranya memiliki ketahanan thermal rendah sedangkan keramik jenis Hastelloy-X banyak digunakan untuk lapisan pada material bertemperatur tinggi. Oleh karenanya disini akan dibandingkan besar pengaruh kedua keramik ini untuk menghasilkan efisiensi turbin yang tinggi.

Kerugian karena kecilnya faktor mekanik dan thermal properties akan mengurangi efisiensi suatu alat sehingga hal ini merupakan penyebab hilangnya energi mekanik yang dihasilkan dari proses yang terjadi dalam sistem turbin gas, hal ini akan berakibat gerak putar dari blade turbin akan menjadi rendah. Begitu juga dengan besarnya lose yang hilang pada ruang bakar akan menurunkan entalpi pembakaran sehingga akan menurunkan tenaga dalam yang ada dalam sistem, hal ini akan berakibat kecilnya daya keluaran (output power).

Penambahan *thermal barrier coating* dengan ketebalan 0.04-0.06 in akan mengurangi panas yang hilang sampai 10 %. Dibandingkan dengan material tanpa lapisan maka akan terjadi kehilangan panas sebesar 10 %, jikalau ini didiamkan sampai *hour life*-nya turbin maka output power yang dibutuhkan akan menurun.

I.3. Batasan Permasalahan

Batasan permasalahan untuk aliran udara diasumsikan steady flow pad kondisi adiabatis dan tidak ada pressure lose selama proses pembakaran sert tidak ada pertimbangan aspek ekonomis untuk pemakaian lapisan keramik.

I.4. Tujuan

Tugas akhir ini bertujuan untuk mengevaluasi dan mengetahui besarny pengaruh lapisan keramik didalam dinding ruang bakar terhadap efisiensi turbi yang dicapai dengan menggunakan dua lapisan keramik yang berbeda.

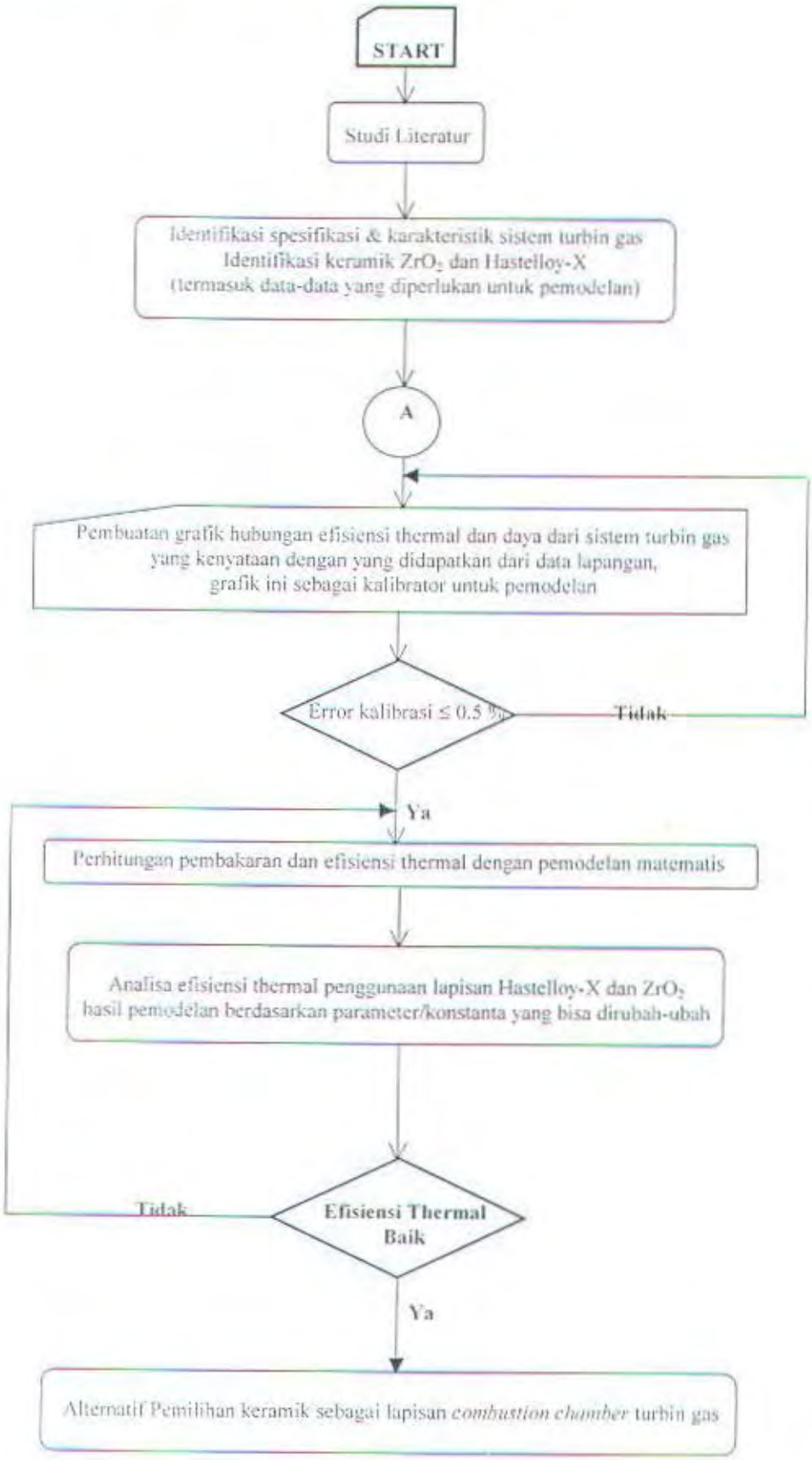
I.5. Manfaat

Dengan melakukan analisa pengaruh lapisan (coating) pada dinding ruan pembakaran ini dapat memberikan manfaat-manfaat antara lain :

1. Dapat memprediksi besarnya output power dan peningkatan efisiens pembakaran serta efisiensi thermis pada turbin gas.
2. Dapat mengidentifikasi karakteristik lapisan (coating) yang dipakai untuk melapisi dinding ruang bakar turbin gas.
3. Memberi masukan untuk analisa daya output yang besar.
4. Memberi masukan untuk kemungkinan redesign.

I.6. Metodologi

Untuk meyelesaikan permasalahan yang telah diutarakan diatas maka akan didekati dengan metode teoritis dengan pendekatan model matematis. Diagram alir penyelesaian dapat dilihat pada gambar berikut :


START
Studi Literatur
Identifikasi spesifikasi & karakteristik sistem turbin gas
Identifikasi keramik ZrO_2 dan Hastelloy-X
(termasuk data-data yang diperlukan untuk pemodelan)
A
Pembuatan grafik hubungan efisiensi thermal dan daya dari sistem turbin gas yang kenyataan dengan yang didapatkan dari data lapangan, grafik ini sebagai kalibrator untuk pemodelan
Error kalibrasi ≤ 0.5 %
Tidak
Ya
Perhitungan pembakaran dan efisiensi thermal dengan pemodelan matematis
Analisa efisiensi thermal penggunaan lapisan Hastelloy-X dan ZrO_2 hasil pemodelan berdasarkan parameter/konstanta yang bisa dirubah-ubah
Tidak
Efisiensi Thermal Baik
Ya
Alternatif Pemilihan keramik sebagai lapisan *combustion chamber* turbin gas

BAB II

DASAR TEORI

BAB II
DASAR TEORI

II.1. Pengertian Tentang Udara

Udara merupakan media kerja turbin gas. Dalam udara terdapat tiga unsur penyusun utama yaitu gas asam (oksigen), gas nitrogen dan gas asam arang (karbondioksida). Bagian terkecil dari udara adalah molekul-molekul udara, dimana molekul-molekul ini mempunyai massa dan energi dan dapat bergerak sesuai dengan energi dan tenaga yang dimilikinya. Kecepatan gerak dari molekul-molekul itu merupakan ukuran temperatur dari udara sedangkan besarnya gaya persatuan luas yang ditimbulkannya sebagai ukuran tekanan.

II.2. Viscositas Fluida

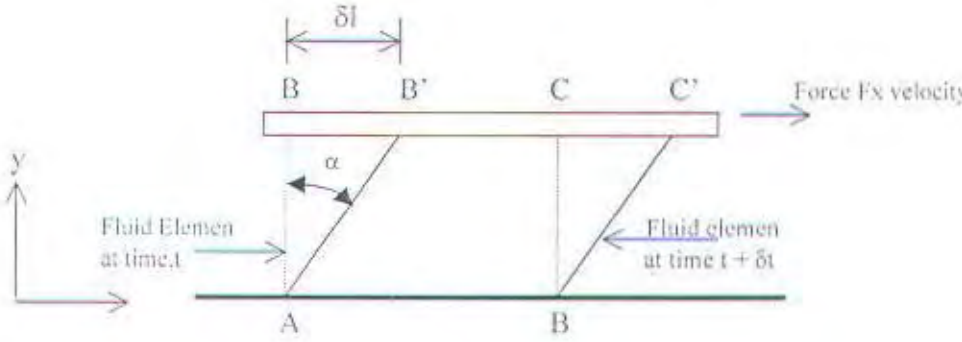
Udara merupakan salah satu bentuk fluida. Fluida adalah zat yang berubah bentuk secara terus-menerus bila terkena tegangan geser (shear stress) betapapun kecilnya tegangan geser tersebut. Gaya geser didefinisikan sebagai komponen gaya yang menyinggung suatu permukaan, apabila gaya ini dibagi dengan luas permukaan maka ini akan menjadi tegangan geser rata-rata pada permukaan itu. Bila suatu zat ditempatkan diantara dua buah pelat sejajar pada jarak antara yang kecil sedemikian luasnya sehingga keadaan pada tepi-tepi plat dapat diabaikan. Pelat bawah terpasang tetap dan suatu gaya diberikan kepada pelat atas yang mengerahkan tegangan geser (τ_{yx}) yang terjadi pada elemen fluida adalah :

$$\tau_{yx} = \lim_{\delta A_x \to 0} \frac{\delta F_x}{\delta A_y} = \frac{dF_x}{dF_y}$$

dimana δA_s adalah luasan kontak antara elemen fluida dengan pelat dan δF adalah gaya yang dilakukan oleh pelat terhadap elemen tersebut selama interva waktu δ_t, elemen fluida mengalami deformasi dai posisi ABCD menjadi AB'C'D

Laju deformasi dari fluida $= \lim_{\delta t \to 0} \frac{\delta\alpha}{\delta t} = \frac{d\alpha}{dt}$, sedangkan jarak antara titik B dan B adalah $\delta l = \delta u\ \delta t$ dan pada sudut yang kecil $\delta l = \delta y\ \delta\alpha$. Bila kedua persamaa diatas digabungkan akan menjadi :

$$\frac{\delta\alpha}{\delta t} = \frac{\delta u}{\delta y}$$



Gambar 1. Perubahan bentuk yang diakibatkan tegangan geser yang konsant

Dengan mengambil limit yang sama antara kedua sisi didapatkan :

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{du}{dy}$$

Fluida dimana tegangan geser secara proposional berhubungan langsung dengan laju deformasi adalah fluida Newtonian diantaranya adalah air, udara, bensin Untuk fluida Newtonian berlaku :

$$\tau_{xy} \propto \frac{du}{dy} \quad \text{.....(2.1)}$$

atau dari hukum Newton tentang viscositas untuk aliran satu dimensi adalah :

$$\tau_{xy} = \mu \frac{du}{dy} \quad \text{.....(2.2)}$$

dimana μ adalah viscositas absolut.

II.3. Aliran Mampu Mampat

II.3.1. Hubungan-hubungan Gas Sempurna

Gas Sempurna didefinisikan sebagai fluida yang mempunyai panas jenis konstan dan memenuhi hukum :

$$P = \rho RT \quad \text{.....(2.3)}$$

dimana : P = tekanan mutlak

T = suhu mutlak

ρ = kerapatan

R = konstanta gas

Pada umumnya panas jenis pada volume konstan (Cv) didefinisikan sebagai :

$$C_v = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v \quad \text{.....(2.4)}$$

dimana u adalah energi dalam persatuan massa dan Cv merupakan jumlah pertambahan energi dalam yang diperlukan oleh satu massa satuan gas untuk menaikkan suhunya satu derajat bila volumenya ditahan konstan. Sedangkan panas jenis pada tekanan konstan (Cp) didefinisikan sebagai :

$$C_p = \left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_p \quad \text{.....(2.5)}$$

dimana h adalah entalpi persatuan massa yang diberikan dalam persamaan berikut: $h = u + \frac{p}{\rho}$, karena p/ρ sama dengan RT dan bagi gas sempurna u adalah merupakan fungsi suhu maka h juga bergantung pada suhu.

Banyak gas-gas yang lazim dijumpai seperti uap air, hidrogen, oksigen, karbondioksida dan udara mempunyai perubahan panas jenis yang agak kecil pada daerah suhu 500 R. Untuk gas sempurna persamaan (2.4) dan persamaan (2.5) akan menjadi :

$$du = C_v dT \text{ dan } dh = C_p dT \quad \text{.....(2.6)}$$

maka : $$h = u + \frac{p}{\rho} = u + RT$$

dengan diferensial diperoleh :

$$dh = du + R\,dT$$

dengan memasukkan persamaan (2.6) maka diperoleh :

$$C_p = C_v + R \quad \text{.....(2.7)}$$

Perbandingan panas jenis (k) didefinisikan sebagai berikut : $k = \frac{C_p}{C_v}$, dan dengan menyelesaikan bersama persamaan (2.4) maka didapatkan :

$$C_p = \frac{k}{k-1} R \text{ dan } C_v = \frac{R}{k-1} \quad \text{.....(2.8)}$$

II.3.2. Sifat-sifat Stagnasi didalam Aliran Kompresibel

Keadaan stagnasi isentropik adalah keadaan yang akan dicapai oleh fluida yang mengalir jika fluida tersebut dibuat berhenti secara isentropic didalam suatu alat keluaran kerja nol adiabatik. Dari suatu keseimbangan tenaga didapatkan bahwa entalpi stagnasi (ho) dihubungkan dengan enthalpi dan kecepatan fluida yang bergerak oleh :

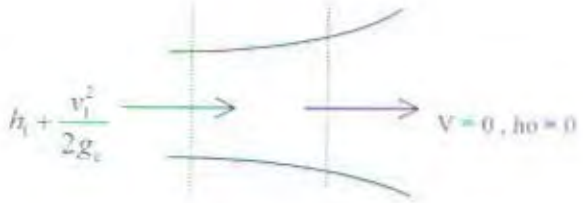
$$ho = h + \frac{v^2}{2g_c} \quad \text{.....(2.9)}$$

Untuk gas sempurna dengan Cp yang konstan :

$$ho - h = Cp\,(To - T)$$

maka

$$\frac{To}{T} = 1 + \frac{v^2}{2g_c C_p T}$$



Gambar 2. Keadaan stagnasi isentropik

Dengan menggunakan persamaan gas sempurna yang menghubungkan entropi kepada temperatur dan tekanan yaitu :

$$S_2 - S_1 = C_p \ln\frac{T_2}{T_1} - R \ln\frac{p_2}{p_1}$$

dengan menggunakan $S_1 = S_2$ maka diperoleh :

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{R}{cp}} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\left(\frac{k-1}{k}\right)} \qquad \text{.....(2.10)}$$

Dari persamaan (2.10) maka untuk tekanan stagnasi dapat diturunkan :

$$\frac{p_o}{p} = \left(\frac{T_o}{T}\right)^{\frac{k}{k-1}} = \left(1 + \frac{v^2}{2g_c C_p T}\right)^{\frac{k}{k-1}}$$

II.4. Kerja Reversible pada Aliran Steady Compresibel

Gas panas aliran steady compressibel satu dimensi dalam turbin gas terjadi pada hubungan antara sambungan-sambungan baik didalam difuser masukan maupun difuser keluaran. Perlu diingat bahwa asumsi satu dimensi adalah pada

aliran isentropik kecil sampai pada aliran keluaran gas. Untuk aliran isentropik persamaan kontinuitas adalah :

$$\frac{dA}{A}+\frac{d\rho}{\rho}+\frac{dv}{v}=0 \quad \text{.....(2.11)}$$

Menurut Euler persamaan (2.11) akan menjadi :

$$\frac{dp}{\rho}+vdv=0$$

Pada entropi konstan, kecepatan suara dapat didefinisikan dari persamaan Euler sebagai :

$$\frac{a^2 d\rho}{\rho}=-vdv$$

sehingga bila persamaan diatas disubstitusikan kedalam persamaan (2.11) akan menjadi :

$$\frac{dA}{A}-\frac{vdv}{a^2}+\frac{dv}{v}=0 \quad \text{.....(2.12)}$$

sehingga bila persamaan (2.12) diselesaikan akan didapatkan :

$$\frac{dA}{A}=\frac{A}{v}\left(\frac{v^2}{a^2}-1\right)=\frac{A}{v}\left(M^2-1\right) \quad \text{.....(2.13)}$$

dimana : A = Luasan nozzle (throat), mm

v = kecepatan aliran gas panas, m/s

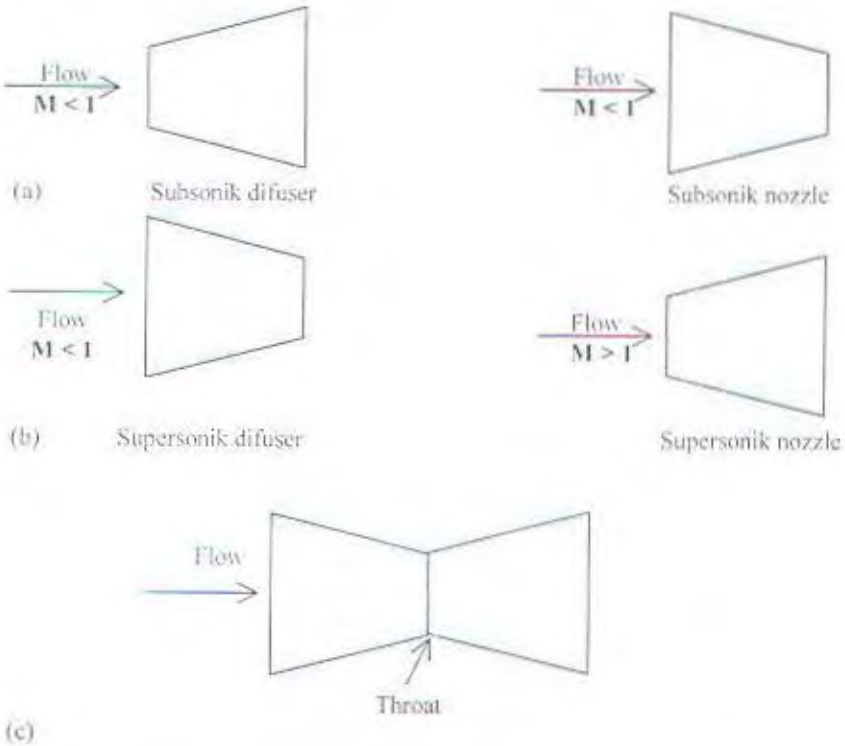
a = kecepatan suara, m/s

M = Mach number

Untuk A yang positif dan harga M yang bervariasi ada beberapa kasus :

- Aliran subsonik; M < 1, dA/dv < 0, bila A besar dan v menurun maka terjadi pada difuser subsonik tetapi bila A mengecil dan v membesar terjadi pada nozzle subsonik.

- Aliran sonik; M = 1, dA/dv = 0, bila A konstan dan v tidak naik ataupu menurun.
- Aliran supersonik; M > 1, dA/dv > 0, bila A membesar dan v menaik mak terjadi pada nozzle supersonik tetapi bila A mengecil dan v menuru terjadi pada difuser supersonik.

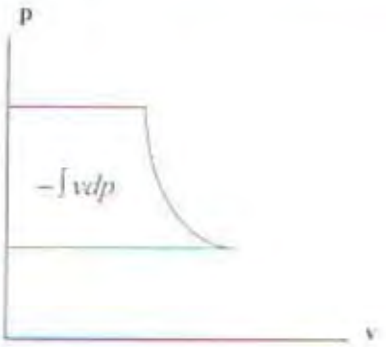


Gambar 3. Difuser dan nozzle untuk aliran compresibble. (a) subsonik flow, (b) supersonik flow, (c) perubahan bentuk dari subsonik ke supersonik dan sebaliknya.

Sedangkan besarnya kerja yang dilakukan oleh sistem pada aliran steady compresibel adalah :

$$-w_{t2} = +\int_{1}^{2} vdp + \Delta KE + \Delta PE \quad \text{.....(2.14)}$$

dimana ΔKE adalah perubahan energi kinetik dan ΔPE adalah perubahan energi potensial dan hubungan tekanan dan volume spesifik ditunjukkan diagram dibawah ini.



Grafik 1. Grafik hubungan tekanan dan volume spesifik

Berdasarkan grafik diatas maka besarnya kerja reversibel adalah luasan dar hubungan tekanan dan volume spesifik.

II.5. Aliran Fluida Selama Proses di dalam Turbin Gas

II.5.1. Aliran Fluida di dalam Kompresor

Proses yang terjadi didalam kompresor adalah proses kompresi. Proses ini terjad dari udara atmosfer dihisap oleh kompresor sampai pada tekanan tinggi. Adapu temperatur kompresi ditentukan oleh :

$$T_{a,k} = \Delta T_a (1 - A_{tm}) = (T_2 - T_1)(1 - A_{tm}) \quad \text{.....(2.15)}$$

dengan $T_{a,k}$ adalah temperatur udara kompresi dan A_{tm} adalah faktor koreksi temperatur pada proses kompresi. Sedangkan kompresor memiliki efisiensi tersendiri yang disebabkan oleh adanya *pressure ratio*. Kondisi didalam kompresor adalah isentropik, maka besar efisiensi kompresor :

$$\eta_i = \frac{\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right]}{\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\eta_p \gamma}} - 1\right]} \quad \text{.....(2.16)}$$

Udara yang mengalir melewati sepanjang sudu kompresor memiliki kecepata dimana distribusi kecepatan udara ini akan dipengaruhi oleh fakto kompresibilitas. Adalah Mach number yang akan mempengaruhi kompresibilita udara tersebut dan dapat ditentukan dengan :

$$M = \frac{v}{a} = \frac{v}{\sqrt{g_0 \gamma R T_{a,K}}} \quad \text{.....(2.17}$$

dengan; v = kecepatan alir udara kompresor, ft/s

g_0 = percepatan gravitasi, 32.2 ft/s^2

R = konstanta gas, 1545.32 filb/lb mol ^{0}F

Massa udara yang mengalir merupakan laju rata-rata udara yang melewat kompresor. Dari persamaan kontinuitas, laju alir massa udara dari kompreso adalah :

$$m = M\left(\frac{g_0 \gamma}{R}\right)^{0.25}\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M^2\right)^{\frac{\gamma+1}{2(1-\gamma)}}\frac{A_{ref}P_0}{\sqrt{T_0}} \quad \text{.....(2.18}$$

dengan : A_{ref} : luasan yang dilalui udara, ft^2

P_0 dan T_0 : Tekanan dan temperatur stagnansi didalam kompresor

Dengan persamaan kecepatan alir udara dari kompresor maka kerja kompreso yang dilakukan selama proses kompresi pada kondisi steady-state adalah :

$$Q + W = \left(e_2 + \frac{P_2}{\rho_2 j} + \frac{v_2^2}{2g_0 j}\right) - \left(e_1 + \frac{P_1}{\rho_1 j} + \frac{v_1^2}{2g_0 j}\right)$$

dimana, Q = energi yang diberikan, Btu/lb (adiabatic)

W = kerja yang dilakukan poros kompresor, Btu/lb

j = konstanta torsi–mekanis, 778.16 lb ft/Btu

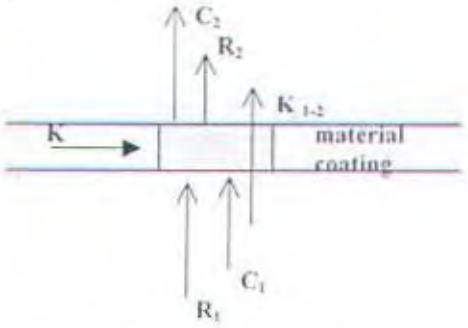
ρ_2, ρ_1 = densitas udara pada T_{a2}, T_{a1} , lb/ft^3

P_2 , P_1 = Tekanan dari kedua titik acuan, psi

$(e_2),(e_1)$ = energi dalam dari dua titik acuan, Btu/lb

II.5.2 Keseimbangan Kalor didalam Ruang Bakar

Pada kondisi steady-state :



Gambar 4. Aliran gas panas keluar dinding ruang bakar

dimana : R_1 & R_2 : Perpindahan kalor radiasi didalam dan luar ruang bakar

C_1 & C_2 : Perpindahan kalor konduksi dari gas panas dan gas plate

K : Konduksi panas sepanjang dinding ruang bakar ≅ kecil

ΔA_{W2} : Luasan dinding ruang bakar sebelah luar ≅ ΔA_{W1}

Temperatur yang terjadi pada pembakaran adalah sangat tinggi sehingga tidak menutup kemungkinan panas yang terbuang dari ruang bakar juga cukup tinggi hal ini dikarenakan adanya aliran fluida gas panas yang mengalir pada dinding ruang bakar keluar. Adapun keseimbangan kalor disini adalah :

Perpindahan Kalor Konveksi Adiabatis

$$q_{AD} = H_g (T_{AD} - T_{w1}) \quad \text{.....(2.19)}$$

dimana : H_g = koefisien perpindahan kalor adiabatik

T_{AD} = temperatur dinding dalam ruang bakar

Perpindahan Kalor Radiasi ke Dinding Ruang Bakar

Dengan $\left(\frac{f}{a}\right)$ adalah perbandingan bahan bakar-udara, sehingga dengan T merupakan temperatur pembakaran di primary zone dan e_m adalah emisivita bahan pelapis maka perpindahan kalor radiasi :

$$R_r = \sigma\left(\frac{e_m + 1}{2}\right) e_g T_g^{1.5}\left(T_g^{2.5} - T_m^{2.5}\right) \quad \text{.....(2.20}$$

Perpindahan Kalor Konveksi ke Pendingin

$$q_c = H_c\left(T_m - T_c\right) \quad \text{.....(2.21}$$

dimana : H_C = koefisien perpindahan kalor konveksi ke pendingin

T_C = temperatur pendingin

Perpindahan Kalor Radiasi ke Pendingin

Asumsi : perbandingan luasan antara ruang bakar dan casing sangat kecil schingg dapat diabaikan.

$$R_c = \sigma \frac{e_m \times e_{cas}}{e_{cas} + e_m\left(1 - e_{cas}\right)\left(\frac{A_m}{A_{cas}}\right)}\left(T_m^4 - T_c^4\right) \quad \text{.....(2.22}$$

II.5.3. Proses Gas Panas Pada Turbin

Proses pada turbin tidak jauh dari proses yang terjadi di kompresor akan tetap proses ini adalah ekspansi. Untuk menentukan besar kerja turbin adalah :

$$W_T = \frac{Energi\,input}{j \times mass.flow} = \frac{\omega \times torque}{j \times mass.flow} = \frac{\omega \times \left(\frac{dw}{12 g_0}\right) \times \left(r_2 V_{w2} - r_1 V_{w1}\right)}{j \times m_g} \quad \text{.....(2.23)}$$

bahwa ω = percepatan tangential sudu turbin

$r_2 = \beta R$ ($\beta = 0.5$): $r_1 \equiv 700$ in.

II.6. Ruang Pembakaran (*Combustion Chamber*)

Untuk menghasilkan efisiensi, kekompakan peralatan, dan emisi yang rendah dari ruang pembakaran pada turbin gas khususnya untuk aplikasi industri dengan membuat kondisi operasional yang lebih lebar pada saat sistem dioperasikan, kondisi operasional tersebut meliputi sistem start, akselerasi dan deselerasi pada beban penuh.

Beberapa hal yang berkaitan dengan ruang bakar turbin gas adalah :

- Pelepasan energi kimia dari bahan bakar dalam ruang bakar
- Minimum pressure drop pada saat peralatan dioperasikan
- Keandalan harus lebih dari overhaul engine
- Distribusi temperatur mendekati uniform pada masukan stator turbin
- Efisiensi pembakaran tinggi (low emission)

Terdapat tiga daerah utama pada ruang pembakaran yaitu difuser, primary zone, dan secondary zone.

Difuser merupakan daerah transisi antara keluaran kompresor dan masukan ruang bakar. Faktor penting dalam menurunkan pressure lose adalah dengan menurunkan kecepatan udara kompresor. Kecepatan udara pada kompresor axial adalah berkisar 500-600 ft/s. *Primary zone* berfungsi sebagai manifold. Pada bagian ini merupakan tempat dimana bahan bakar diinjeksikan dan dibakar. Bahan bakar yang diinjeksikan merupakan percampuran kimiawi (stoikiometri) antara bahan bakar dengan udara dalam kondisi uniform. Sistem penginjeksi bahan bakar harus mampu beroperasi pada kondisi sampai pada beban penuh. Kecepatan udara pada kondisi operasi sangat menentukan kecepatan pembakaran yang terjadi pada ruang bakar. Ukuran butiran bahan bakara merupakan fungsi dari tekanan bahan

bakar yang masuk kedalam pembakaran, lain halnya dengan bahan bakar liquid yang harus dievaporasikan terlebih dahulu sebelum mengalami pembakaran. Pengevaporasian bahan bakar liquid rata rata memiliki luas permukaan yang lebih besar bila diinjeksikan pada kecepatan tinggi. Penginjeksian bahan bakar pada kecepatan tinggi menyebabkan butiran yang lebih kecil karena mengalami pengkabutan (atomizing). Jika butiran bahan bakar kecil akan terjadi penetrasi yang baik pada aliran udara tetapi jika butiran bahan bakar lebih besar dan waktu pengevaporasian menurun sehingga menghasilkan pembakaran yang buruk. Pada umumnya sistem pembakaran pada turbin gas menggunakan nozzle dengan ukuran tetap. Ini berarti bahwa bahan bakar pada kondisi idle dan daya penuh yang diinjeksikan adalah sama untuk masing-masing nozlle.

Tipe-tipe Sistem Pembakaran

Pada prinsipnya tipe-tipe sistem pembakaran ada tiga macam yang digunakan untuk pemakaian turbin gas. Tiga macam tipe sistem pembakaran ini adalah can type, annular type dan can-annular type.

Ruang bakar *can type* merupakan perpaduan diameter antara liner dengan casing. Ruang bakar ini lebih banyak digunakan pada turbin gas dengan kompresor sentrifugal. Pada tipe ini udara yang meninggalkan difuser kompresor dikelompakkan dalam beberapa sambungan pada masing-masing ruang bakar. Tipe ruang bakar ini mempunyai kekuatan struktur yang baik tanpa dipengaruhi oleh beratnya. Masing-masing ruang bakar mudah diinspeksi, diputar, dan dipindahkan untuk menghasilkan sejumlah daya besar dibandingkan dengan sistem yang lebih besar. Untuk aliran udara yang sama dimana diameter dari

ruang bakar tipe ini kecil akan menghasilkan temperatur udara yang bervariasi pada saat gas panas bercampur dengan bahan bakar.

Ruang bakar tipe *annular* memiliki satu atau dua sambungan. Bahan bakar masuk melalui nozzle pada primary zone selain itu juga masuk kedalam secondary zone sebagai cooling dan sealing. Keuntungan pemakaian dari ruang bakar tipe annular ini adalah pengaturan ruangan yang sangat efektif dan mudah untuk menghindari campuran tidak uniform antara bahan bakar dan udara yang masuk kedalam ruang bakar serta memiliki pressure drop yang rendah. Kerugian pemakaian dari ruang bakar annular adalah sulitnya perbaikan liner tanpa memindahkan beberapa komponen peralatan engine serta lemahnya struktur dari bahan ruang bakar. Penggunaan ruang bakar tipe *cannular* hanya beberapa pada turbin gas. Desain dari cannular termasuk penempatan didalam ruang bakar silindrikal, masing-masing bisa menyalurkan udara dan bahan bakar melalui nozzle pada primary zone, sebagai pendinginan dan sealing pada secondary zone. Dari segi struktur tipe ini tidak diragukan lagi dibandingkan tipe annular, serta didesain sedemikian rupa sehingga distribusi temperatur dari nozzle masukan dapat merata.

Pada ruang bakar ideal memiliki pressure drop kecil pada efisiensi pembakaran 100 % dengan temperatur keluaran uniform pada stabilitas operasi dengan kemampuan dibawah kondisi operasi. Tetapi sangat tidak mungkin untuk membuat suatu sistem dengan efisiensi 100 % tersebut, salah satu faktor penting yang harus dipahami adalah adanya pressure loss dalam aliran gas panas untuk menstabilkan pembakaran dan campuran bahan bakar udara. Kecepatan pembakaran harus lebih rendah dari udara secondary yang keluar dari nozzle.

II.7. Teori Pembakaran

Pembakaran (combustion) adalah pencampuran secara kimia dari berbagai zat yang melibatkan oksigen sebagai oksidator dengan bahan bakar pada temperatur tinggi dan tekanan tertentu. Bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran pada turbin gas adalah hidrokarbon baik itu berupa gas ataupun berbentuk liquid, secara umum hidrokarbon dapat dirumuskan dengan C_xH_y.

II.7.1. Pembakaran Sempurna

Pembakaran sempurna terjadi bila ada pembebasan sejumlah panas yang terkandung dalam bahan bakar dan menekan jumlah panas yang hilang karena tidak sempurnanya pembakaran serta adanya panas yang terserap oleh udara pembakar. Persamaan dasar pembakaran antara unsur karbon dan hidrogen dengan oksigen adalah :

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + 7840.K.kal/kg$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O + 33970.K.kal/kg$$

untuk pembakaran sempurna antara hidrokarbon dengan oksigen reaksi yang terjadi secara umum adalah :

$$C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right)O_2 \rightarrow xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O + \text{energi} \quad \text{.....(2.24)}$$

sehingga jumlah udara kering yang diinginkan dalam reaksi diatas adalah :

$$\frac{mol.udara.\text{ker}ing}{mol.C_xH_y} = \frac{x + y/4}{0,2095}$$

sedangkan prosentase excess air udara kering yang dibutuhkan didefinisikan sebagai perbandingan antara udara yang dibutuhkan dengan udara teoritis.

$$\%excessair = \left(\frac{S - R'}{R'}\right) \times 100 \quad \text{.....(2.25)}$$

II.7.2. Energi yang Terbangkit selama Pembakaran

Setiap proses pembakaran yang melibatkan bahan bakar dan udara akan menghasilkan sejumlah energi. Pembakaran pada volume konstan berarti tidak ada kerja yang dapat dilakukan. Dari hukum pertama thermodinamika tentang laju perpindahan panas yang terjadi sama dengan energi dalam yang terbangkit.

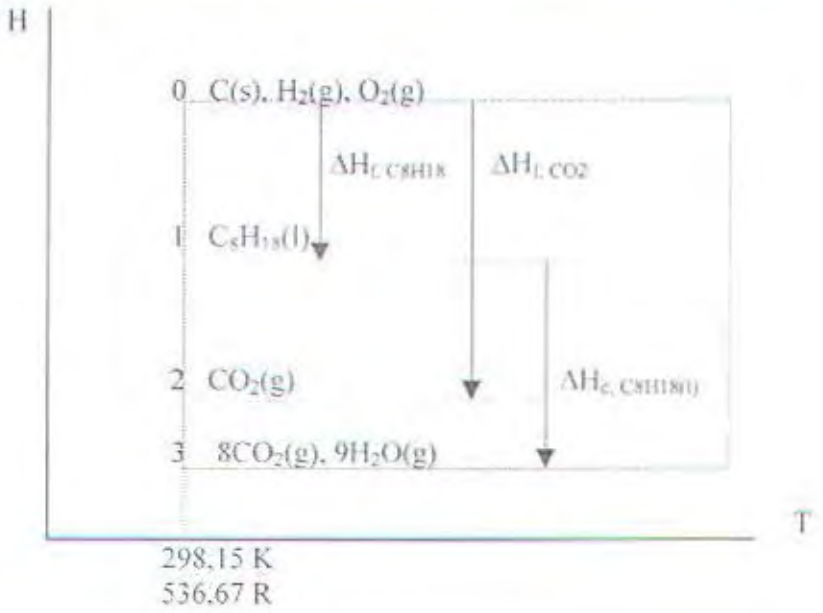
$$Q = U_{P,T_2} - U_{R,T_1} \quad \text{.....(2.26)}$$

dimana : Q = laju perpindahan selama pembakaran

U = energi dalam

II.7.3. Enthalpi Pembentukan

Enthalpi adalah energi yang terkandung dalam suatu zat bila zat tersebut mengalami proses pembakaran. Enthalpi pembentukan (ΔH_f) menunjukkan perubahan enthalpi positif atau negatif bila 1 mol campuran terbentuk pada kondisi standar pada tekanan konstan. Pada temperatur tinggi campuran yang terkandung dalam bahan bakar akan menghasilkan enthalpi yang pada akhirnya merupakan hasil dari sejumlah energi dalam pada tekanan konstan. Berikut evaluasi diagram dari enthalpi-temperatur pada enthalpi pembakaran untuk C_8H_{18} (liquid) dan CO_2 adalah :



Grafik 2. Enthalpi pembentukan C_8H_{18} (liquid) dan CO_2

Berdasarkan diagram diatas panas pembentukan dari C_8H_{18} (liquid) dan CO_2 dapat dihitung dari persamaan :

$$\Delta H_{f\,C8H18} = H_1 - H_0$$
$$\Delta H_{f\,CO2} = H_2 - H_0 \quad \text{.....(2.27)}$$

dengan catatan bahwa untuk harga CO_2 diambilkan dari daftar properties zat pada temperatur 298,15 K (536,67 R).

II.7.4. Enthalpi Pembakaran

Enthalpi pembakaran atau panas pembakaran pada tekanan konstan (ΔH_c) didefinisikan sebagai perpindahan kalor bila 1 mol substansi (zat) dibakar secara sempurna pada tekanan konstan untuk kemudian mendingin pada temperatur initial bahan bakar. Berdasarkan diagram enthalpi-temperatur diatas, enthalpi pembakaran karbon (C) adalah :

$$\Delta H_{c\,C} = H_2 - H_0 \quad \text{.....(2.28)}$$

Enthalpi pembakaran C_8H_{18} (liquid) dengan semua H_2O dalam produk berbentuk gas dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$C_8H_{18}(l) + 12\frac{1}{2}O_2 \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O(g)$$
$$\Delta H_{c,C_8H_{18}}(l) = H_2 - H_1$$
$$\Delta H_{c,C_8H_{18}}(l) = (H_2 - H_0) - (H_1 - H_0)$$
$$\Delta H_{c,C_8H_{18}}(l) = \Sigma(n_i \Delta H_{f,i})_{pr} - \Sigma(n_i \Delta H_{f,i})_{re}$$

II.8. Higher and Lower Heating Values

Nilai kalor bahan bakar didefinisikan sebagai harga kandungan panas dari bahan bakar dimana besarnya nilai kalor ini berdasarkan jenis bahan bakar yang dipakai. Perhitungan nilai kalor bahan bakar padat dan cair dapat ditaksir dengan menggunakan persamaan *Dulong-Petit*, bila analisa bahan bakar yang tersedia lengkap :

$$HHV = 14544C + 62028\left(H - \frac{O}{8}\right) + 4050S \quad btu/lb$$
$$HHV = 8080C + 3446\left(H - \frac{O}{8}\right) + 2250S \quad kkal/kg$$
$$HHV = 33950C + 144200\left(H - \frac{O}{8}\right) + 9400S \quad kj/kg$$

Pada proses pembakaran besarnya perubahan energi yang dikandung dalam bahan bakar dengan energi panas adalah tidak sama. Selanjutnya energi panas yang dapat dibangkitkan dari proses pembakaran juga tidak seluruhnya dapat dimanfaatkan. Dengan menganggap tunak, hukum kekekalan energi diberikan oleh persamaan :

$$q_n = HHV - m_{H_2O} h_{fg} - q_r - q_{s,b} \quad \text{.....(2.29)}$$

dimana : HHV = higher heating value

m_{H2O} = total massa H_2O

q_a = panas yang berguna

q_{gb} = panas yang dibawa gas buang

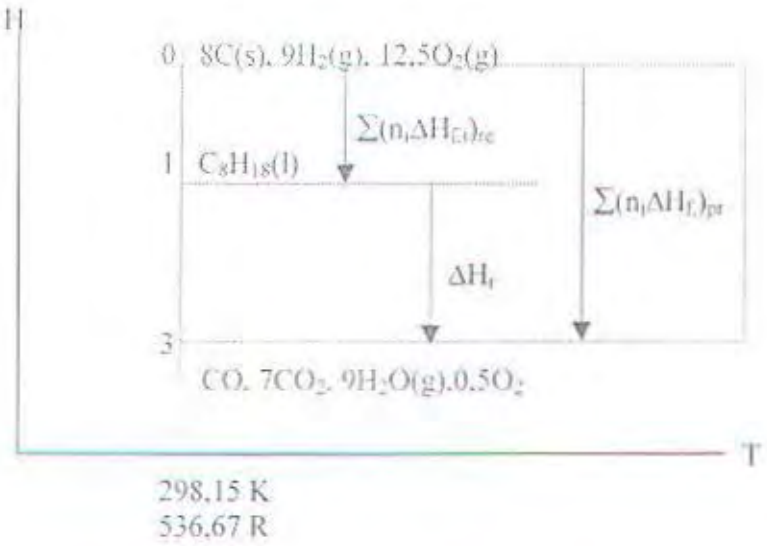
q_r = panas yang keluar

Sedangkan untuk lower heating value terjadi bila air yang terbentuk pada pembakaran berbentuk vapor adalah :

$$LHV = HHV - m_{H2O} h_{fg}$$

II.9. Reaksi Enthalpi

Reaksi enthalpi (ΔH_r) didefinisikan sebagai perpindahan kalor yang terjadi pada reaksi kimia spesifik saat rektan dan produk memiliki temperatur dan tekanan konstan.



Grafik 3. Reaksi enthalpi bahan bakar C_8H_{18}

Sehingga ΔH_r menjadi :

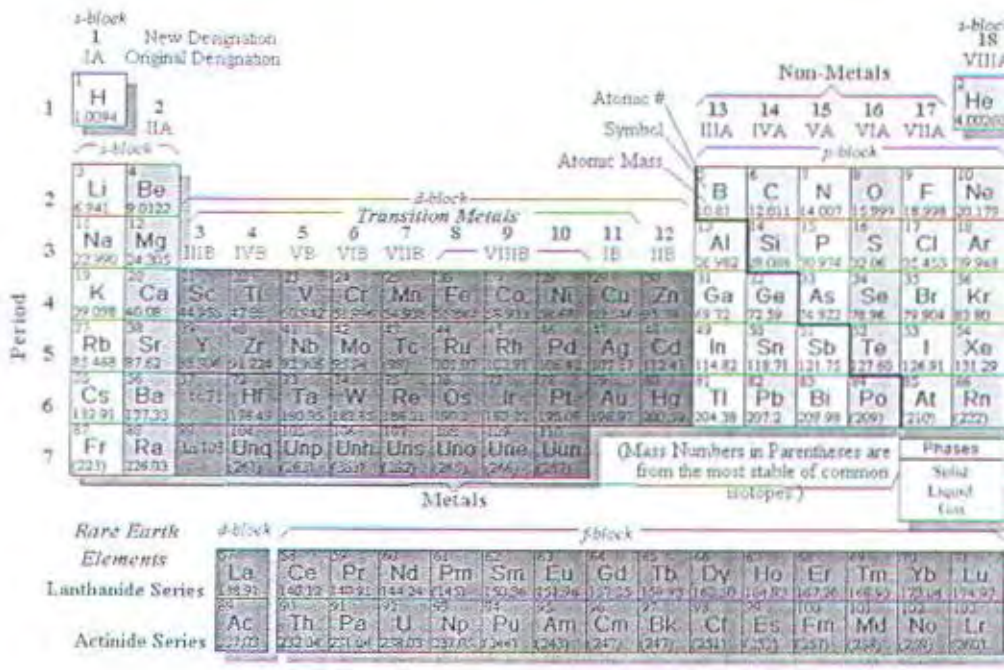
$$\Delta H_r = H_3 - H_1 = (H_3 - H_0) - (H_1 - H_0)$$
$$\Delta H_r = \sum(n_i \Delta H_{fi})_{pr} - \sum(n_i \Delta H_{fi})_{re} \quad \text{.....(2.30)}$$

II.10. Keramik sebagai Lapisan Ruang Bakar

Keramik adalah bahan anorganik bukan logam yang sukar leleh pada temperatur tinggi dan kebanyakan digunakan dalam industri terutama untuk bahan tungku. Dengan berjalannya perkembangan teknologi diperlukan bahan yang dapat tahan terhadap temperatur tinggi dan pengembangan bahan tahan temperatur tinggi mempercepat kemajuan lanjut teknologi temperatur tinggi, bahkan banyak bahan yang memiliki titik cair dan temperatur penguraian diatas 2000 ^{0}C tetapi jumlah bahan tersebut yang dapat dipergunakan secara praktis adalah terbatas sekali. Mempergunakan keramik sebagai komponen pelapis memiliki banyak masalah. Kegetasannya akan menyebabkan retak bila terkena suatu gaya atau tekanan dan temperatur tinggi, tetapi kemajuan teknologi sekarang dalam teori dan teknologi keramik memberikan jalan untuk memecahkan permasalahan diatas.

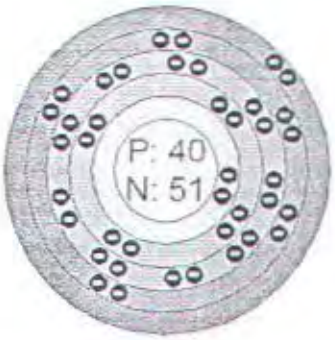
II.10.1. Keramik ZrO_2

Dari sistem periodik terlihat bahwa zirconium memiliki nomor atom 40 dan nomor massa 91.224 serta terletak pada golongan IV B. Dengan termasuk pada golongan IV B maka zirconium merupakan unsur yang tidak stabil karena memiliki electron valensi 2^{+} sehingga bila terkena temperatur tinggi maka unsur ini akan mudah mengalami transformasi. Tetapi apabila zirconium bercampur dengan unsur lain maka akan memiliki kestabilan dan ketahanan pada temperatur tinggi, hal ini tidaklah heran jika didunia industri terutama pada industri daya banyak juga pemakaian ZrO_2 sebagai bahan lapisan pada tungku temperatur tinggi.



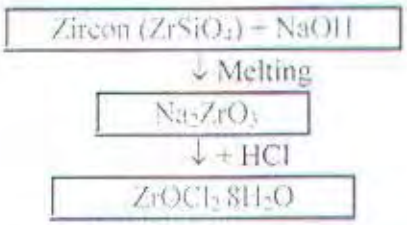
Gambar 5. Tabel unsur periodik

Apabila zirconium bercampur dengan oksidanya (O_2) maka akan terbentuk ZrO dan dikenal dengan *zirconia*. Pada temperatur ruangan zirconia murni memilik struktur molekul berbentuk monoklinik dan akan mengalami transformasi menjad tetragonal pada temperatur 1000 ^{0}C. Dengan mengalami transformasi ini maka struktur ini akan mengalami perubahan volume sehingga mudah mengalam keretakan karena ketidakstabilannya pada struktur atomnya.



Gambar 6. Struktur atom Zirconium

Keramik ZrO_2 banyak digunakan dalam industri pelapisan, pewarnaan untuk bahan pengecatan dan sebagai keramik elektronik. Beberapa keuntungan dari zirconia murni juga bisa digunakan sebagai zat tambahan untuk refraktor oksida lainnya terutama bila dicampurkan dengan magnesia dan alumina pada temperatur tinggi. Secara fisik keramik ZrO_2 terbentuk pada temperatur tinggi dan berupa serbuk putih yang dibuat dengan cara reaksi kalsinasi dengan proses sol-gel atau dengan rekristalisasi intermediate. Zirconia biasanya dibuat dari zircon ($ZrSiO_4$), untuk membuat zirconia dari zircon langkah pertama yang dilakukan adalah dengan :



Bagan 1. Reaksi pembuatan zirconia dari zircon

Ada dua cara yang digunakan untuk membuat zirconia dari zirconil klorida yaitu dengan thermal decomposition dan precipitation.

- Thermal decomposition, zirconil klorida dipanaskan sampai 200 ^{0}C sehingga akan mengalami dehidrasi dan akan menjadi $ZrOCl_2$, kemudian pencampuran dengan gas klorine dan akan menjadi zirconia pada temperatur yang lebih tinggi.
- Precipitation; dalam hal ini menggunakan reaksi kimia untuk mendapatkan zirconia hidroksida lebih lanjut, berikut proses pencampuran untuk mendapatkan zirconia :

Efisiensi Isentropik Kompresor (aktual)

Dari persamaan politropik didapatkan efisiensi kompresor sebesar :

$$\eta_c = \frac{\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right]}{\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\eta_p \gamma}} - 1\right]}$$

III.1.4. Mach Number Pada Compressible Flow

Mach number akan mempengaruhi kompresibilitas udara didalam kompresor yang akan merubah distribusi kecepatan sepanjang sudu impeller. Dengan v adalah kecepatan alir udara kompresor (ft/s); g_0 adalah percepatan gravitasi (32.2 ft/s^2); R adalah konstanta gas (1545.32 ftlb/lb mol ^{0}F) dan besarnya Mach number sama dengan $M = \frac{v}{a} = \frac{v}{\sqrt{g_0 \gamma R T_{a.k}}}$. Sehingga temperatur dan tekanan statis (stagnant) kompresor terjadi pada temperatur T_0 dan P_0 adalah $T_0 = T_{a.k}\left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2\right)$ dan $P_0 = P_2\left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$.

III.1.5. Laju Alir Massa Rata-rata

Dari persamaan kontinuitas, laju alir massa udara dari kompresor dengan A_{ref} merupakan luasan yang dilalui udara adalah

$$m = M\left(\frac{g_0 \gamma}{R}\right)^{0.25}\left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2\right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}} \frac{A_{ref} P_0}{\sqrt{T_0}}$$

III.1.6. Kerja Kompresor

Dengan persamaan kecepatan alir udara kompresor $v=\left(\frac{2P}{\rho}\right)^{0.5}$ maka kerja kompresor yang dilakukan selama proses kompresi pada kondisi steady-state adalah :

$$Q+W=\left(e_2+\frac{P_2}{\rho_2 j}+\frac{v_2^2}{2g_0 j}\right)-\left(e_1+\frac{P_1}{\rho_1 j}+\frac{v_1^2}{2g_0 j}\right) \text{ (Btu/lbm)}$$

dimana, Q = energi yang diberikan, Btu/lb (adiabatic)

W = kerja yang dilakukan poros kompresor, Btu/lb

j = konstanta torsi-mekanis, 778.16 lb ft/Btu

ρ_2, ρ_1 = densitas udara pada T_{a2}, T_{a1} , lb/ft^3

$(e_2), (e_1)$ = energi dalam dari dua titik acuan, Btu/lb

III.2. Keseimbangan Kalor didalam Ruang Bakar

III.2.1. Perpindahan Kalor Konveksi Adiabatis

Pada perpindahan kalor konveksi ini banyak parameter yang mempengaruhi antara lain ditentukan oleh $R_e=\frac{\rho v D}{\mu}$, dengan μ adalah viskositas kinematik dan D merupakan diameter ruang bakar. Sedangkan massa udara pendingin ditentukan dari $m=\frac{\rho_s v_s}{\rho_g v_g}$ dengan perbandingannya $\frac{z}{mA_\odot}$ sedangkan $A_\odot$ adalah diameter lubang pendingin (0.013 ft) dan z merupakan jarak downstream lubang pendingin diasumsikan 0.05 in (*Sawyer's, 1982*). Dan temperatur adiabatik dinding ruang bakar dihitung dengan $T_{(0)}=T_g-\eta\left(T_g-T_c\right)$ dengan η adalah efisiensi pendinginan

(lihat *grafik 41. Sawyer's, 1982*). Ketebalan keramik memiliki pengaruh terhada temperatur dinding ruang bakar (T_{brick}), hubungan ini ditunjukkan denga $T_{mi}=T_{AD}-T_{brick}$ Koefisien perpindahan kalor konveksi dihitun dengan $H_g = 0.023\frac{k_g}{D}R_{e,g}^{0.8}P_r^{0.3}$ dengan k_g adalah konduktivitas thermal gas pana sehingga besarnya perpindahan kalor konveksi adiabatik $q_{AD} = H_g(T_{AD} - T_{mi})$ da temperatur dinding luar ruang bakar yang sebenarnya didapatkan denga $T_w = T_{AD} - \frac{q_{AD} \times t_b}{k_b \times A_w}$ dimana t_b adalah ketebalan lapisan keramik ruang baka Konduktivitas thermal bahan (keramik) merupakan konstanta konduktansi baha yang memiliki pengaruh terhadap perpindahan kalor konveksi. Dalam persamaa (2.19) terlihat bahwa koefisiesn perpindahan kalor merupakan fungsi dar konduktivitas thermal. Konduktivitas thermal keramik Hastelloy-X dan ZrO memiliki kisaran 0.6–0.8 $\frac{Btu}{hr\ ft\ F}$ (*Kreith, F. 1987*). Dengan trial & error aka digunakan konduktivitas thermal keramik 0.6 $\frac{Btu}{hr\ ft\ F}$. Kehilangan energ didalam ruang bakar adalah hal yang tidak diharapkan oleh seorang designer karena akan mengurangi efisiensi thermis turbin gas. Untuk mengurangi ha tersebut serta menghindari adanya keretakan, konsentrasi temperatur yang besa maka ruang bakar harus dilapisi oleh suatu isolator panas keramik. Ketebala keramik yang ideal yang digunakan antara 0.04–0.06 in (*Schilke,1982*). ini didasarkan pada perhitungan dan analisa: bahwa ketebalan bahan pelapis aka mengurangi volume pembangkitan energi. Selain itu ketebalan juga aka mempengaruhi perpindahan kalor konveksi dan radiasi terhadap pendingin.

III.2.2 Perpindahan Kalor Radiasi ke Dinding Ruang Bakar

Emisivitas gas panas didalam ruang bakar dipengaruhi oleh perbandingan baha

bakar – udara dan dihitungn dengan $e_g = 250 P_z \left(\frac{f}{a}\right)^{0.5} T_g^{-1.5}$ sehingga dengan T

merupakan temperatur pembakaran di primary zone dan e_m adalah emisivita

bahan pelapis maka perpindahan kalor radiasi $R_{ri} = \sigma \left(\frac{e_m + 1}{2}\right) e_g T_g^{1.5} \left(T_g^{2.5} - T_m^{2.5}\right)$

Nilai emisivitas merupakan konstanta energi yang diterima oleh suatu baha sebagai akibat dari pancaran sumber yang berenergi lebih tinggi. Emisivita keramik mempunyai pengaruh terhadap perpindahan kalor radiasi. Didalam ruan bakar turbin gas perpindahan kalor yang terjadi tidak hanya radiasi namun ad perpindahan kalor lain disamping juga ada loses pembakaran. Dalam hal in keramik baik Hastelloy-X dan ZrO_2 memiliki nilai emisivitas antara 0.7-0.

$\frac{Btu}{hr\ ft^2\ F}$ (*Perry's, 1987*). Dengan trial & error didapatkan emisivitas keramik

ideal 0.7 $\frac{Btu}{hr\ ft^2\ F}$.

III.2.3. Perpindahan Kalor Konveksi ke Pendingin

Pada perpindahan kalor konveksi ini banyak parameter yang mempengaruhi

antara lain ditentukan oleh $R_e = \frac{\rho v D}{\mu}$, dengan μ adalah viskositas kinematik dan

D merupakan diameter ruang bakar dan L adalah panjang ruang bakar.

Koefisien perpindahan kalor konveksi ke pendingin

$H_c = 0.23\frac{k_c}{D}R_c^{0.8}\,\mathrm{Pr}^{0.4}\left\{1+\left(\frac{D}{L}\right)^{0.7}\right\}$, sehingga perpindahan kalor konveksi ke pendingin $q_c = H_c\,(T_m - T_c)$.

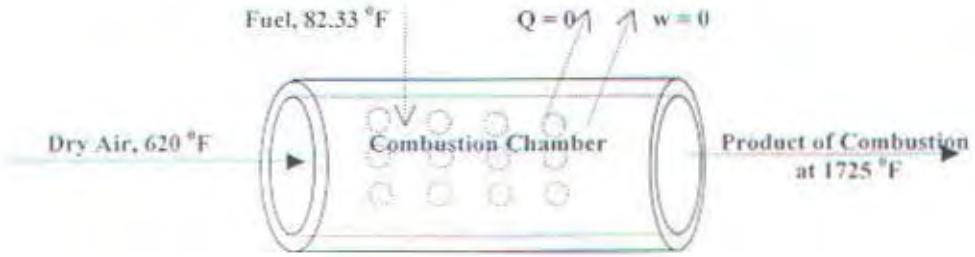
III.2.4. Perpindahan Kalor Radiasi ke Pendingin

Asumsi perbandingan luasan antara ruang bakar dan casing sangat kecil sehingga dapat diabaikan dan σ adalah konstanta Stefan-Bolztman, e_m dan e_{cas} adalah emisivitas dinding ruang bakar dan casing

$$R_c = \sigma\frac{e_m \times e_{cas}}{e_{cas} + e_m\left(1-e_{cas}\right)\left(\frac{A_m}{A_{cas}}\right)}\left(T_m^4 - T_c^4\right)$$

III.3. Proses Pembakaran di dalam Ruang Bakar

III.3.1. Excess Air



Asumsi : - Pada kondisi steady state : $Q = 0 = H_{pr} - H_{re}$

- Kecepatan gas masuk dan keluar diabaikan

Bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran pada turbin gas adalah gas alam (natural gas) 100% yang memiliki kandungan berbagai macam unsur karbon berantai banyak. Dari data akan dicari excess air dari bahan bakar tersebut.

III.3.2. Excess Air dari Methana $(CH_4)_g$

Pada pembakaran methane : $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

$\frac{mol\,udara.kering}{mol.CH_4}$ dari reaksi diatas dapat dijabarkan reaksi yang lebih komplek

dari pembakaran methana : $CH_4 + xDA \rightarrow CO_2 + 2H_2O + xDA - 2O_2$

Dari table A.3. A.7. dan B.1. B2 (Bathie,1995) dan pada T_{air} = 620 ^{0}F

$\bar{h}_{air,620} = 131,1 \frac{Btu}{lb}$

Enthalpi produk $(H_{pr}) = \sum \left(n_i \bar{h}_{1725i} \right)_{pr} = -304056,475 + 2353,15x$ .....(1)

Enthalpi reaktan $(H_{re}) = \Delta H_f CH_4 + x\, h_{air,620}$

$= -32,162 + x131,1$ .....(2)

Dari persamaan (1) dan (2) didapatkan :

$x = \frac{304024,313}{2353,15 - 131,1} = 136,82$; sehingga % excess air $= \left(\frac{x - 9,54}{9,54} \right) \times 100$

III.3.3. Excess Air dari Ethana $(C_2H_6)_g$

Pada pembakaran ethana : $C_2H_6 + 3,5O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$

$\frac{mol\,udara.kering}{mol.C_2H_6}$ dari reaksi diatas dapat dijabarkan reaksi yang lebih kompleks

dari pembakaran ethana : $C_2H_6 + xDA \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O + xDA - 3,5O_2$

Dari table A.3. A.7. dan B.1. B2 (Bathie, 1995) dan pada T_{air} = 620 ^{0}F

$\bar{h}_{air,620} = 131,1 \frac{Btu}{lb}$

Enthalpi produk (H_{pr}) = $\sum\left(n_i \bar{h}_{1725i}\right)_{pr} = -524960,57 + 2353,15x$ .....(1)

Enthalpi reaktan (H_{re}) = $\Delta H_f C_2H_6 + x\bar{h}_{air,620}$

$= -36.408 + x131,1$ .....(2)

Dari persamaan (1) dan (2) didapatkan :

$x = \frac{524924.16}{2222,05} = 236,234$; sehingga % excess air = $\left(\frac{x - 16,706}{16,706}\right) \times 100$

III.3.4. Excess Air dari Propana (C_3H_8)$_g$

Pada pembakaran propana : $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

$\frac{mol.udara.kering}{mol.C_3H_8}$ dari reaksi diatas dapat dijabarkan reaksi yang lebih komplek

dari pembakaran ethana : $C_3H_8 + xDA \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O + xDA - 5O_2$

Dengan menggunakan table A.3, A.7, dan B.1, B.2 (Bathie,1995) dan pada T_{air}

620 ^{0}F; $\bar{h}_{air,620} = 131,1 \frac{Btu}{lb}$

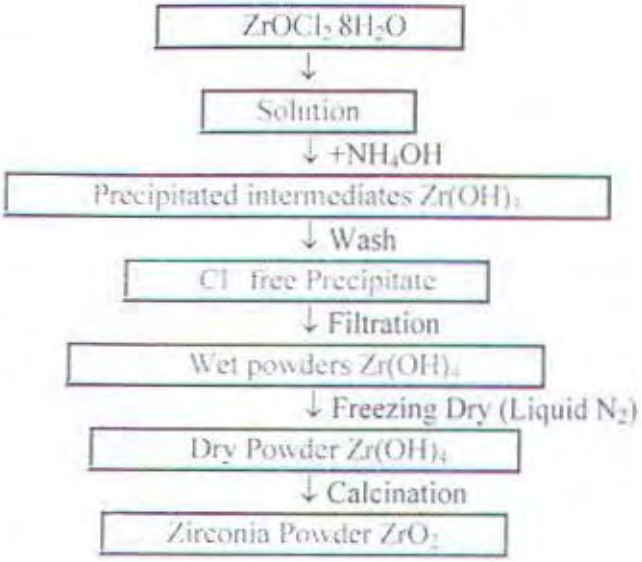
Enthalpi produk (H_{pr}) = $\sum\left(n_i \bar{h}_{1725i}\right)_{pr} = -745864,68 + 2353,15x$ .....(1)

Enthalpi reaktan (H_{re}) = $\Delta H_f C_2H_6 + x\bar{h}_{air,620}$

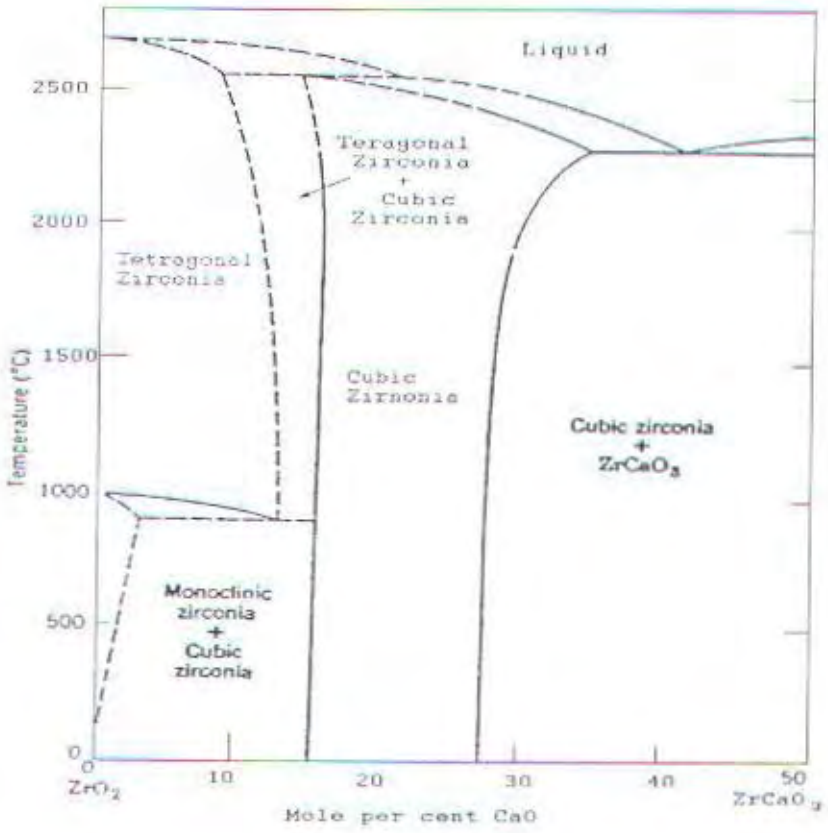
$= -44.647 + x131,1$ .....(2)

Dari persamaan (1) dan (2) didapatkan :

$x = \frac{747927}{2222,05} = 336,59$; sehingga % excess air = $\left(\frac{x - 23,866}{23,866}\right) \times 100$



Bagan 2. Metode precipitasi zircon



Grafik 4. Temperatur pembentukan ZrO2

II.10.2 Sifat-sifat Mekanik ZrO_2

Sifat-sifat Elastisitas

Beberapa material akan mengalami deformasi bila mendapat suatu gay atau tekanan. bila tekanan ini cukup kecil dalam waktu singkat maka deforma atau regangan mengecil jika tekanan dihilangkan. Kondisi dimana terdap hubungan antara tegangan dan regangan disebut elastisitas bahan. Hubunga antara tegangan dan regangan akan ditunjukkan sebagai berikut :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \text{.....(2.30}$$

dimana : E = elastisitas bahan

σ = regangan

ε = tegangan

sedangkan besar modulus geser dapat dihitung dengan :

$$G = \frac{\tau}{\gamma} \quad \text{.....(2.31)}$$

dengan : G = modulus geser

τ = tegangan geser

γ = regangan geser

dengan memasukkan (2.26) kedalam persamaan (2.34) maka akan didapatkan :

$$E = 2G(1+\mu) \quad \text{.....(2.32}$$

dengan $\mu = -\frac{\Delta d}{\Delta l}\frac{d}{l} \leq 0,5$

Deformasi Viscous

Benda akan mengalami deformasi bila terkena tegangan viscous hal in akan menyebabkan keretakan pada bahan tersebut. Keretakan terjadi bila terdapa

konsentrasi tegangan pada lekukan dimana dimungkinkan adanya konsentra tegangan. Bila tekanan luar terjadi pada keramik maka akan terjadi pergesera interatomik didalam keramik pada jarak tertentu. Besar aliran viscous yang terja pada keramik saat terjadi deformasi adalah :

$$\eta = \sigma_i \frac{dx}{dv}$$

Sifat-sifat dan Perlakuan terhadap Temperatur Tinggi

Pada saat keramik diberikan perlakuan terhadap panas maka energi dala bahan akan mengalami perubahan. Sifat-sifat thermal keramik meliputi therm expansion, heat capacities, dan thermal conductivities sedangkan perlakuan pana yang diberikan meliputi thermal stresses dan high-temperature deformation.

Thermal expansion adalah kemampuan bereaksinya interatomic suat bahan karena adanya perubahan temperatur diantara ruangan struktur atom-ato keramik. Dalam struktur keramik ZrO_2 atom-atomnya tersebar sehingga ruan antar ionic makin lebar sehingga akan memperbesar kemungkinan terjadiny reaksi interatomik. Kapasitas panas dari keramik adalah kapasitas yan terkandung didalam material/bahan yang dapat digunakan untuk menganalis besarnya diferensial thermal. Besarnya kapasitas panas suatu bahan tergantun dari jenis bahan keramiknya.

Konduktivitas thermal keramik sangat berbeda dengan konduktivita bahan metal, hal ini disebabkan karena keramik memiliki sedikit elektron beba dan adanya energi radiant yang terkandung dalam keramik. Pengaruh dari elektro bebas adalah mengurangi konduktivitas thermal pada temperatur tinggi, karen pada keramik ZrO_2 murni memiliki electron bebus kecil maka konduktivita keramik ini juga rendah.

II.11. Keramik Hastelloy-X

Keramik Hastelloy-X adalah keramik campuran dari Nikel, Cron Aluminium dan Yittrium. Penggunaan keramik ini dimaksudkan untu meningkatkan efisiensi thermal turbin gas. Hastelloy-X direkomendasikan khusu untuk penggunaan aplikasi furnace dan ruang bakar turbin gas mengingat adany oksidasi, redusi dan atmosfer netral. Hastelloy-X yang biasa disebut alloy digunakan untuk melapisi pada bagian komponen-komponen turbin gas seper transition duct, combustor cans, spray bars dan cabin heater.

Ketahanan Terhadap Panas

Hastelloy-X adalah campuran Nikel yang banyak digunakan untu komponen pada turbin gas terutama pada ruang bakar turbin dan beberap applikasi furnace yang lain. Campuran superalloy Nikel memiliki kekuata terhadap temperatur tinggi dan ketahanan terhadap oksidasi. Semua produk dibua dengan pembentukan dan pengelasan yang baik. Kekuatan dan ketahanan terhadap temperatur tinggi yang mampu sampai suhu 2200 ^{0}F dan dalam kondis baik setelah pemakaian lebih dari 8700 jam sehingga ini merupakan keunggulan pemakaian keramik ini. Bentuk molekul Hastelloy-X ini berbentuk tetragona yang tidak mudah mengalami transformasi pada saat proses pemanasan terjadi sehingga dalam pemakaiannya akan lebih menguntungkan.

BAB III

PERHITUNGAN PEMBAKARAN DAN EFISIENSI THERMAL DENGAN PEMODELAN MATEMATIS

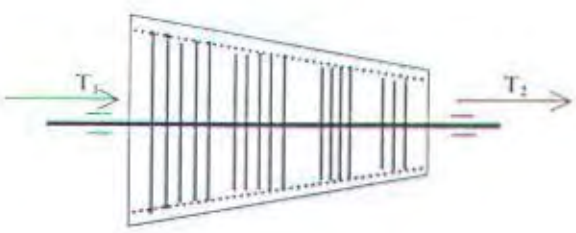
BAB III
PERHITUNGAN PEMBAKARAN DAN EFISIENSI THERMAL DENGAN PEMODELAN MATEMATIS

Dalam perhitungan pembakaran dan efisiensi thermal akan didekati dengan menggunakan pemodelan matematis. Berikut persamaan yang dipakai dalam pemodelan matematis dan semua hasil perhitungan ditabelkan pada lampiran.

III.1. Proses Aerodinamika didalam Kompresor

III.1.1. Temperatur Selama Proses Kompresi

Proses kompresi terjadi pada tarikan udara masuk didalam kompresor 17 tingkat. Kondisi udara adalah pada tekanan dan temperatur udara ruang dengan terlebih dulu melalui filter air sebelum menuju kedalam kompresor.



$$T_{a,k} = \Delta T_a (1 - A_{tm})$$
$$T_{a,k} = (T_2 - T_1)(1 - A_{tm})$$

dengan $T_{a,k}$ adalah temperatur udara kompresi (^{0}F) dan A_{tm} adalah faktor koreksi temperatur pada proses kompresi dengan pressure ratio 4.14 (lihat *grafik 7. Sawyer's, 1982*)

III.1.2. Kompresi Isentropik

Didalam kompresor proses yang terjadi adalah kompresi adiabatik isentropis dengan $\Delta S = 0$ dan panas spesifik pada T_2 adalah $\gamma \equiv \frac{c_p}{c_v}$; $c_p - c_v = R/J$ sehingga dapat dicari perbandingan tekanan didalam kompresor $\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)^{\gamma} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$

III.1.3. Efisiensi Isentropik

Untuk mencari besarnya efisiensi kompresor pada kondisi isentropic maka akan diidealisasi terlebih dulu fluida sebagai gas sempurna, sehingga didapatkan :

$$\eta = \frac{isentropik.work}{actual.work} = \frac{\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right]}{\left(\frac{T_2}{T_1} - 1\right)}$$

Efisiensi Politropik

Efisiensi politropik merupakan faktor konversi untuk menentukan efisiensi isentropik kompresor.

$$\eta_p = \frac{\left[\left(1 + \frac{dP_0}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right]}{\frac{dT_0}{T_0}}$$

III.3.5. Excess Air dari Butana $(C_4H_{10})_g$

Pada pembakaran butana : $C_4H_{10} + 6{,}5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 5H_2O$

$\frac{mol\,udara.ker\,ing}{mol.C_4H_{10}}$ dari reaksi diatas dapat dijabarkan reaksi yang lebih kompleks

dari pembakaran ethana : $C_4H_{10} + xDA \rightarrow 4CO_2 + 5H_2O + xDA - 6{,}5O_2$

Dengan menggunakan table A.3, A.7, dan B.1, B.2 (Bathie,1995) dan pada T_{air} =

620 ^{0}F; $\bar{h}_{air,620} = 131{,}1\frac{Btu}{lb}$

Enthalpi produk $(H_{pr}) = \sum\left(n_i\,\bar{h}_{1725i}\right)_{pr} = -966768{,}78 + 2353{,}15x$ .....(1)

Enthalpi reaktan $(H_{re}) = \Delta H_f C_4H_{10} + x\,h_{air,620}$

$= -63{,}48 + x131{,}1$ .....(2)

Dari persamaan (1) dan (2) didapatkan :

$x = \frac{966705{,}3}{2222{,}05} = 435{,}05$: sehingga % excess air $= \left(\frac{x - 31{,}026}{31{,}026}\right) \times 100$

III.3.6. Excess Air dari Heptana $(C_7H_{16})_l$

Pada pembakaran heptana : $C_7H_{16} + 11O_2 \rightarrow 7CO_2 + 8H_2O$

$\frac{mol\,udara.ker\,ing}{mol.C_7H_{16}}$ dari reaksi diatas dapat dijabarkan reaksi yang lebih kompleks

dari pembakaran ethana : $C_7H_{16} + xDA \rightarrow 7CO_2 + 8H_2O + xDA - 11O_2$

Dengan menggunakan table A.3, A.7, dan B.1, B.2 (Bathie,1995) dan pada T_{air} =

620 ^{0}F; $\bar{h}_{air,620} = 131{,}1\frac{Btu}{lb}$

Enthalpi produk $(H_{pr}) = \sum \left(n_i \bar{h}_{1725i} \right)_{pr} = -1629481,09 + 2353,15x$ .....(1)

Enthalpi reaktan $(H_{re}) = \Delta H_f C_4H_{10} + x\bar{h}_{air,820}$

$= -96,471 + x131,1$ .....(2)

Dari persamaan (1) dan (2) didapatkan :

$x = \frac{1629384,619}{2222,05} = 733,28$; sehingga % excess air $= \left(\frac{x - 31,026}{31,026} \right) \times 100$

Jadi besar Excess Air bahan bakar = $\sum Excess\ Air$

Tabel 1. Prosentase excess air bahan bakar natural gas

Mol udara kering/mol CH4	H product	H reaktan	x	%exess air
9.546539379	2353.15x-304056.475	131.1x-32.162	136.82154	13.33205679
Mol udara kering/mol C2H6	H product	H reaktan	x	%exess air
16.70644391	2353.15x-524960.57	131.1x-36.408	236.25057	13.14128387
Mol udara kering/mol C3H8	H product	H reaktan	x	%exess air
23.86634845	2353.15x-745864.68	131.1x-44.647	335.66512	13.06436853
Mol udara kering/mol C4H10	H product	H reaktan	x	%exess air
31.02625298	2353.15x-966768.78	131.1x-63.48	435.07967	13.02295243
Mol udara kering/mol C7H16	H product	H reaktan	x	%exess air
52.50596659	2353.15x-1629481.09	131.1x-96.471	733.32332	12.96647602
Σ				65.52713764

Tabel 2. Komposisi gas yang meninggalkan ruang bakar

	n_i					$\sum n_i$	$\bar{M}_i$	$\sum n_i \bar{M}_i$
	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_7H_{16}			
CO_2	1	2	3	4	7	17	44	748
H_2O	2	3	4	5	8	22	18	396
D.A	136.82	236	336.59	435.105	733.28	1.878.029	28.97	54.406.5
O_2	-2	-3.5	-5	-6.5	-11	-28	32	896
	137.82	237.73	338.59	437.605	737.28	1.889.025		56.446.5

Sehingga berat molekul hasil pembakaran meninggalkan ruang bakar sebesar :

$\bar{M} = \frac{\sum n_i \bar{M}_i}{\sum n_i}$ dan perbandingan bahan bakar-udara $f = \frac{f}{a}$. Hal ini berarti bahwa setiap 1.0345 lb udara kering dan 0,024 lb H_2O masuk kedalam ruang bakar untuk setiap lb udara yang masuk kedalam kompresor.

III.3.7. Temperatur Pembakaran

Temperatur pembakaran ditentukan oleh energi yang didapatkan dari enthalpi pembakaran bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan adalah natural gas, berikut salah satu komponen penyusun natural gas akan dihitung.

Pada pembakaran methana : $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

$\frac{mol.udara.kering}{mol.CH_4}$ dari reaksi diatas dapat dijabarkan reaksi yang lebih kompleks

dari pembakaran methana : $CH_4 + xDA \rightarrow CO_2 + 2H_2O + xDA - 2O_2$

Dari table A.3, A.7, dan B.1, B2 (Bathie,1995) dan pada T_{air} = 620 ^{0}F;

$\bar{h}_{air,620} = 131,1 \frac{Btu}{lb}$

Enthalpi produk $(H_{pr}) = \sum \left(n_i \bar{h}_{1725} \right)_{pr} = -304056,475 + 2353,15x$ .....(1)

Enthalpi reaktan $(H_{re}) = \Delta H_f CH_4 + x\bar{h}_{air,620}$

$= -32,162 + x131,1$ .....(2)

Dari persamaan (1) dan (2) didapatkan :

$x = \frac{304024,313}{2353,15 - 131,1} = 136,82$ maka dengan trial and error akan dicoba nilai temperatur untuk memenuhi syarat diatas, dan dicoba diasumsi pada T final =

2500 ^{0}F dan besarnya energi bahan bakar adalah $Q = H_{pr} - H_{re}$ tanda negati menandakan asumsi temperatur diatas masih jauh dari temperatur sebenarnya. Maka digunakan cara trial and error didapatkan nilai temperatur sebesar 3000 ^{0}F.

III.3.8. Efisiensi Pembakaran

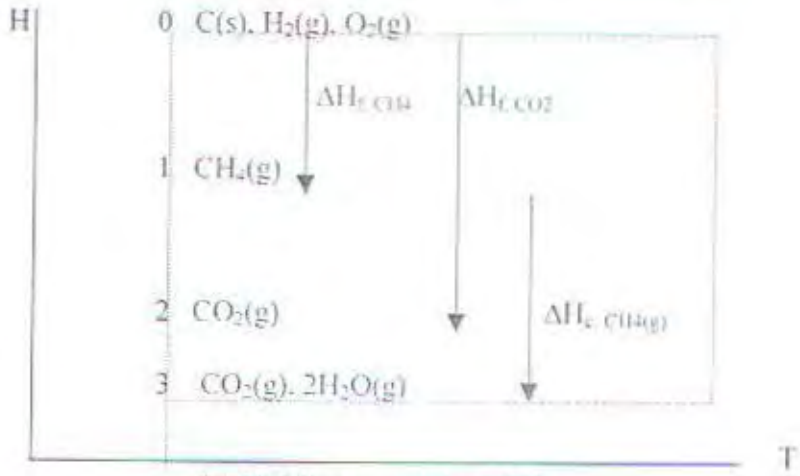
Efisiensi pembakaran diartikan sebagai perbandingan jumlah bahan bakar yang berhasil ikut dalam pembakaran dengan jumlah bahan bakar total. Dalam hal ini kondisi adalah pada ruang bakar dengan temperatur pada temperatur gas panas (T_3). Dengan demikian berarti ada sejumlah bahan bakar yang tidak terbakar (incomplete combustion) dan jumlah bahan bakar yang tidak terbakar ini adalah kerugian (loses) yang mengakibatkan menurunnya efisiensi thermal turbin gas.

Besar efisiensi pembakaran dihitung dengan persamaan $\eta_{cb} = \frac{h_{T_3} - h_{T_{23}}}{\frac{f}{a} \times LHV}$,

III.4. Produk Pembakaran dan Kalor Pembakaran

III.4.1. Pembakaran CH_4

Dengan menggunakan table 4-3 Bathie,1995 $\Delta H_f CH_{4(g)} = \Delta H_f CO_2 + 2\Delta H_f H_2O - \Delta H_f CH_4$

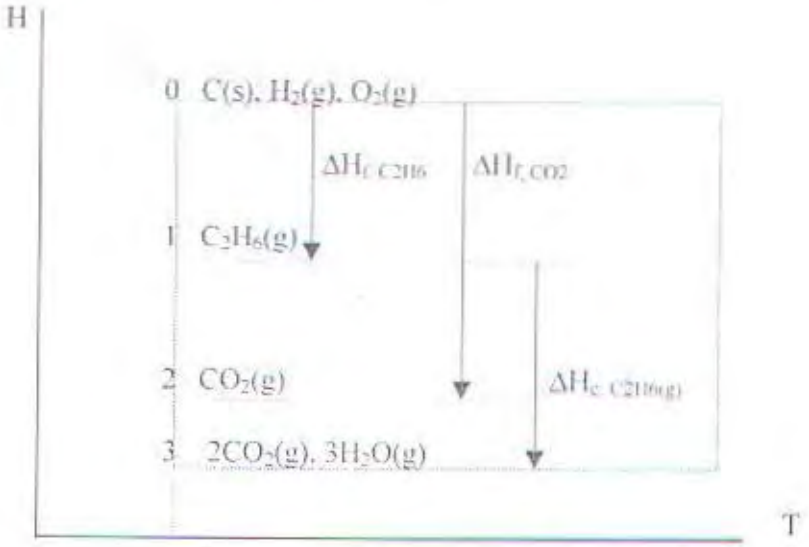


Grafik 5. Produk pembakaran CH_4

III.4.2. Pembakaran C_2H_6

Dengan menggunakan table 4-3 Bathie, 1995 maka

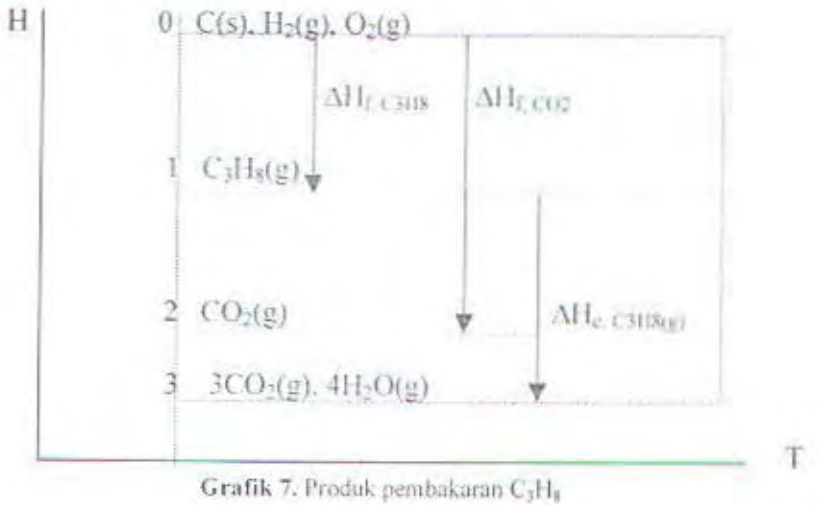
$$\Delta H_c C_2 H_{6(g)} = 2\Delta HfCO_2 + 3\Delta HfH_2O - \Delta HfC_2H_6$$



Grafik 6. Produk pembakaran C_2H_6

III.4.3. Pembakaran C_3H_8

Dengan menggunakan table 4-3 Bathie,1995 maka enthalpi pembakaran C_3H_8 adalah : $\Delta H_c C_3 H_{8(g)} = 3\Delta HfCO_2 + 4\Delta HfH_2O - \Delta HfC_3H_8$

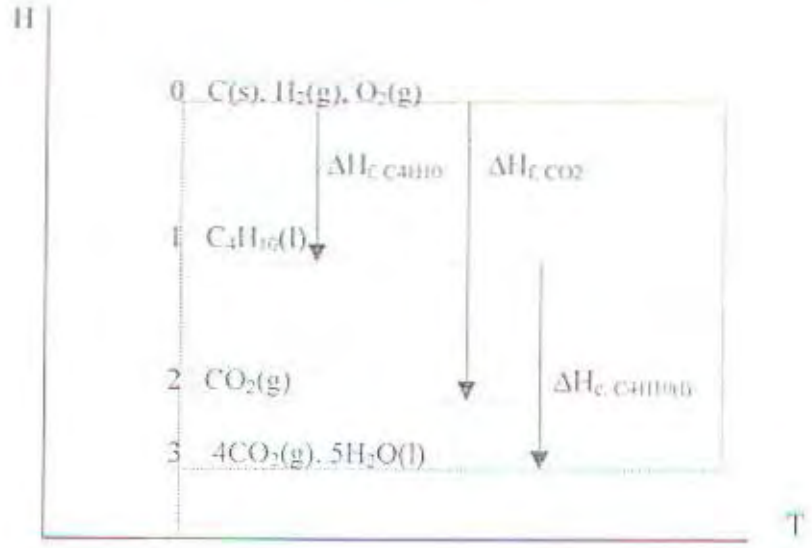


Grafik 7. Produk pembakaran C_3H_8

III.4.4. Pembakaran C_4H_{10}

Dengan menggunakan table 4-3 Bathie, 1995 maka

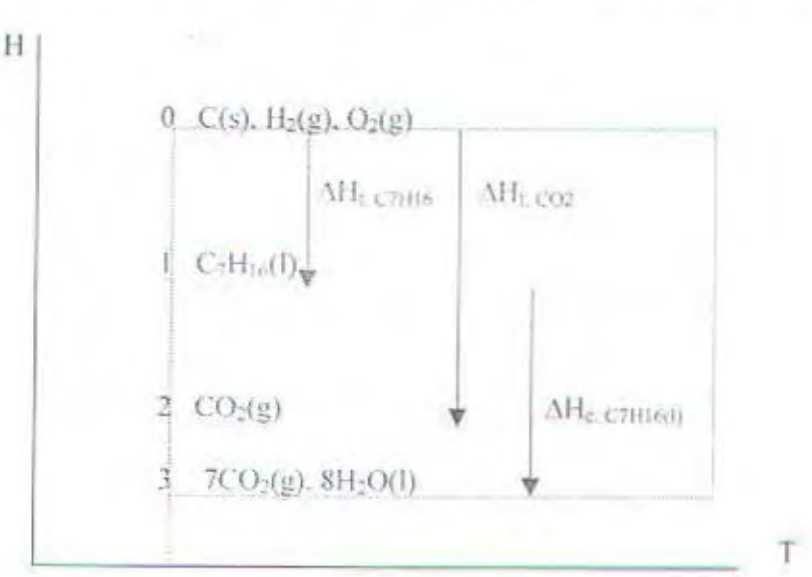
$$\Delta H_r C_4H_{10(g)} = 4\Delta HfCO_2 + 5\Delta HfH_2O - \Delta HfC_4H_{10}$$



Grafik 8. Produk pembakaran C_4H_{10}

III.4.5. Pembakaran C_7H_{16}

Dengan menggunakan table 4-3 Bathie.1995 $\Delta H_r C_7H_{16(g)} = 7\Delta HfCO_2 + 8\Delta HfH_2O - \Delta HfC_7H_{16}$



Grafik 9. Produk pembakaran C_7H_{16}

sehingga enthalpi pembakaran bahan bakar tersebut adalah :

$$\Delta H_{c\,bb} = \Delta H_c CH_4 + \Delta H_c C_2H_6 + \Delta H_c C_3H_8 + \Delta H_c C_4H_{10} + \Delta H_c C_7H_{16}$$

III.5. Kebutuhan Udara Pembakaran

Massa unsur per 100 kmol bahan bakar :

CH_4	: 80.02 x 16	= 1280.32
C_2H_6	: 6.01 x 30	= 180,3
N_2	: 2.53 x 28	= 70,84
C_3H_8	: 3.60 x 44	= 158,4
C_4H_{10}	: 0,71 x 58	= 41,18
CO_2	: 6.28 x 44	= 276,32
nC_5H_{12}	: 0,15 x 72	= 10,8
C_6H_{14}	: 0,03 x 86	= 2,58
C_7H_{16}	: 0,01 x 100	= 1

= 2121,74 lbm/lbm bahan bakar

Massa unsur per lbm fuel :

CH_4	: 1280.32/2121,74	= 0,633 lbm/lbm bahan bakar
C_2H_6	: 180.3/2121,74	= 0,089 lbm/lbm bahan bakar
N_2	: 70,84/2121,74	= 0,035 lbm/lbm bahan bakar
C_3H_8	: 158,4/2121,74	= 0,078 lbm/lbm bahan bakar
C_4H_{10}	: 41,18/2121,74	= 0,020 lbm/lbm bahan bakar
CO_2	: 276,32/2121,74	= 0,136 lbm/lbm bahan bakar
nC_5H_{12}	: 10,8/2121,74	= 0,005 lbm/lbm bahan bakar
C_6H_{14}	: 2.58/2121,74	= 0.0012 lbm/lbm bahan bakar

C_7H_{16} : 1/2121,74 = 0,00049 lbm/lbm bahan bakar

Kebutuhan O_{2min} sebesar :

$$= \left(\frac{64}{16}\times 0{,}633+\frac{112}{30}\times 0{,}089+\frac{160}{44}\times 0{,}078+\frac{208}{58}0{,}02+\frac{256}{72}\times 0{,}005+\frac{304}{86}\times 0{,}0012+\frac{352}{100}\times 0{,}00049\right)$$

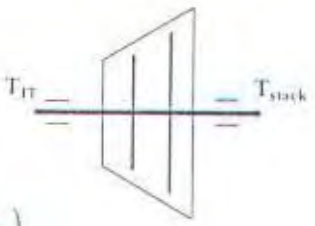
Kebutuhan udara pembakaran dihitung dari $M_{ud\ kering\ (min)} = 4{,}32 \times O_{2\ min}$

Dengan asumsi faktor udara lebih 5 % (*Harmad & Utomo, 1997*) maka $M_{ud\ kering\ (act)}$ = (100+5)% jadi Jadi $M_{ud\ pembakaran\ (act)} = (1+M_{H2O}) \times M_{ud\ kering\ (act)}$

III.6. Proses Gas Panas Pada Turbin

III.6.1. Temperatur Selama Proses Ekspansi

Proses ekspansi terjadi pada keluaran *gas generator* menuju turbin.



$$T_{g,exp} = \Delta T_g \left(1 - B_{im} - B_{fl}\right)$$
$$T_{g,exp} = \left(T_2 - T_1\right)\left(1 - B_{im} - B_{fl}\right)$$

dengan $T_{g,exp}$ adalah temperatur gas ekspansi (^{0}F) dan pada pressure ratio akan didapatkan B_{im},B_{im} berturut-turut adalah faktor koreksi temperatur proses ekspansi pada *air-fuel ratio* dan kelembaban (lihat *grafik 8 & 10. Sawyer's,1982*)

III.6.2. Ekspansi Isentropik

Pada proses ekspansi adiabatic isentropis ΔS adalah 0 dan panas spesifik pada temperatur inlet turbin (T_{IT}) adalah $\gamma \equiv \frac{c_p}{c_v}$; $c_p - c_v = R/j$ pada T_{IT} = 1725 ^{0}F,

sedang perbandingan tekanan dari P_1 dan P_2 adalah $\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)^{\gamma} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$.

III.6.3. Efisiensi Isentropik Gas Sempurna

Untuk mengukur besarnya efisiensi turbin maka gas panas diidealisasi sebagai gas sempurna sebagai fluida kerja pada proses ekspansi.

$$\eta = \frac{actual\ work}{isentropik\ work} = \frac{1-\left(\frac{T_2}{T_1}\right)}{\left[1-\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]}$$

Efisiensi Politropik

Sebagai faktor konversi untuk menentukan efisiensi turbin, efisiensi politropik dapat dihitung

$$\eta_p = \frac{\frac{dT_{02}}{T_1}}{\left[1-\left(1+\frac{dP_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]}$$

Efisiensi Isentropic Turbin (aktual)

Dari kedua hasil diatas didapatkan efisiensi turbin pada kondisi isentropik :

$$\eta_T = \frac{\left[1-\left(\frac{P_3}{P_1}\right)^{\eta_p\left(\frac{\gamma-1}{\gamma}\right)}\right]}{\left[1-\left(\frac{P_3}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\eta_p\gamma}}\right]}$$

III.6.4. Mach Number Pada Compressible Flow

Mach number akan mempengaruhi kompresibilitas udara pada sudu turbin yang besarnya $M = \frac{V}{a} = \frac{V}{\sqrt{g_{c0}\gamma RT_{g.exp}}}$ sedangkan temperatur dan tekanan statis turbin terjadi pada $T_{0T} = T_{g.exp}\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M^2\right)$ dan $P_{0T} = P_2\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M^2\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$.

III.6.5. Laju Alir Massa Rata-rata

Dari persamaan kontinuitas, laju alir massa gas pada turbin adalah

$$m = M\left(\frac{g_{c0}\gamma}{R}\right)^{0.25}\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M^2\right)^{\frac{\gamma+1}{2(1-\gamma)}}\frac{A_{ref}P_{0T}}{\sqrt{T_{0T}}}$$

III.6.6. Kerja Turbin

Kerja turbin dihasilkan dari putaran poros turbin pada laju alir massa gas panas yang melalui sudu turbin. Besarnya kerja ini dipengaruhi oleh bebrapa parameter, dengan asumsi bahwa ω = percepatan tangential sudu turbin =0.1048 N (*Sawyer's,1982*) dan $r_2 = \beta R$ ($\beta = 0.5$); $r_1 \cong 700$ in (r adalah radius sudu turbin)

maka $W_T = \frac{Energi.input}{j \times mass.flow} = \frac{\omega \times torque}{j \times mass.flow} = \frac{\omega \times \left(\frac{dw}{12g_c}\right) \times (r_2V_{w2} - r_1V_{w1})}{j \times m_g}$

III.7. Rugi-rugi Kalor

III.7.1. Rugi Kalor Keluar Dinding Ruang Bakar

Kalor yang keluar dinding adalah kalor akibat radiasi dan konveksi adiabatik dari gas panas yang dibangkitkan oleh proses pembakaran; $Q_{RB} = Q_{AD} + R_G$.

III.7.2. Rugi Kalor Karena Gas Buang

Dengan menggunakan table A-4 Incropera, 1995 pada T_{gb} = 1725 ^{0}F maka $q_{gb} = m_{gb} cp\left(T_{gb} - T_{udara}\right)$.

III.7.3. Rugi Kalor Karena Penguapan H_2O

Rugi kalor ini dapat terjadi bila pembakaran yang terjadi adalah tidak sempurna sehingga ada sebagian kecil bahan bakar yang mengalami penguapan menjadi H_2O; dengan nilai kalor dapat ditentukan $q_{H_2O} = M_{H_2O} \times \left(HHV - LHV\right)$.

III.8. Kalor yang Bermanfaat

Besar kalor yang dimasukkan kedalam ruang bakar turbin gas melalui pembakaran bahan bakar dengan pembangkitan panas adalah merupakan kalor masukan. Besar kalor ini adalah $q_{in} = BBLS \times LHV - q_{gb} - Q_{RH} - q_{H_2O}$

III.9. Kerja Bersih

Kerja bersih adalah kerja total yang dihasilkan oleh putaran poros turbin dan kompresor. Kerja bersih ini didapatkan dari kerja yang dilakukan oleh karena putaran sudu turbin dengan putaran impeller kompresor; $W_{net} = W_T - W_C$

III.10. Efisiensi Thermal

Efisiensi thermal merupakan unjuk kerja yang dilakukan selama proses bersamaan dengan pembangkitan kalor didalamnya, $\eta_{TH} = \dfrac{\text{ker}\, ja\, bersih}{kalor\, bermanfaat}$

III.11. Nilai Kebenaran Perhitungan Efisiensi Thermal Matematis

Dari perhitungan matematis yang dilakukan maka akan ditentukan kebenaran hasil perhitungan yang diperoleh dengan data aktual yang ada dengan penyelesaian menggunakan analisis varian. Didapatkan efisiensi thermal aktual dan model matematis pada ketebalan keramik 0.06 in.

Tabel 3. Perbandingan efisiensi thermal aktual dan model matematis

Jumlah n	Efisiensi Aktual (%)	Efisiensi Matematis (%)	D	D^2
1	0.3089	0.311249247	0.002349247	5.519E-06
2	0.3337	0.334183402	0.000483402	2.337E-07
3	0.3447	0.344012325	0.000687675	4.729E-07
4	0.3493	0.347288633	0.002011367	4.046E-06
5	0.3526	0.350564941	0.002035059	4.141E-06
Σ	1.6892	1.687298548	0.007566749	1.441E-05
STDEV	0.017684117	0.015882492	0.015847494	

$X_1 = 0.33784$, $X_2 = 0.33745971$

$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\dfrac{\Sigma D^2 - \dfrac{(\Sigma D)^2}{n}}{n(n-1)}}} = \frac{0.33784 - 0.33745971}{\sqrt{\dfrac{1.441\times10^{-5} - \dfrac{(0.007566749)^2}{5}}{5(5-1)}}} = 0.408078977$$

Dengan menggunakan derajat kebebasan pada df =n –1= 4 dan taraf signifikasi 0.05 terbaca taraf signifikasi t sebesar 2.132. Dengan demikian karena $t < t_{0.05}$ dan df = 4 maka perhitungan matematis masih bisa diterima.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui unjuk kerja sistem turbin gas, maka akan dibahas tentang efesiensi yang dihasilkan karena pengaruh penggunaan lapisan keramik dalam ruang bakar. Sebagai langkah awal, maka dilakukan analisa terhadap efisiensi thermal turbin pada kondisi aktual dengan model matematis yang merupakan parameter kebenaran dari hasil perhitungan yang dilakukan, untuk kemudian analisa terhadap pengaruh ketebalan dan energi lose pada kondisi standard terhadap efisiensi thermal. Analisa pengaruh ketebalan terhadap efisiensi thermal pada lapisan Hastelloy-X dan ZrO_2 merupakan faktor penentu dalam alternatif pemilihan lapisan keramik pada ruang bakar turbin gas. Selain itu dengan cara yang sama untuk pengaruh energi lose terhadap efisiensi thermal turbin gas.

IV.1. Kalibrasi

Untuk mengetahui karakteristik hasil pemodelan matematis maka perlu membandingkan grafik aktual dengan model matematis. Grafik aktual digunakan sebagai kalibrasi dari pemodelan sehingga dihasilkan sebuah model yang mendekati kebenaran (aktual). Grafik 10 merupakan perbandingan antara kondisi aktual dengan pemodelan, dengan daya antara 19-22 Kw diperoleh efisiensi antara 0.3-0.4. Pada kondisi ini akan ditentukan perbedaan (deviasi) antara aktual dan pemodelan dengan meletakkan beberapa point, penentuan ini didasarkan pada kerenggangan atau jarak deviasi dari garis kondisi aktual sampai batas perpotongan dengan garis pemodelan sehingga didapatkan beberapa kondisi

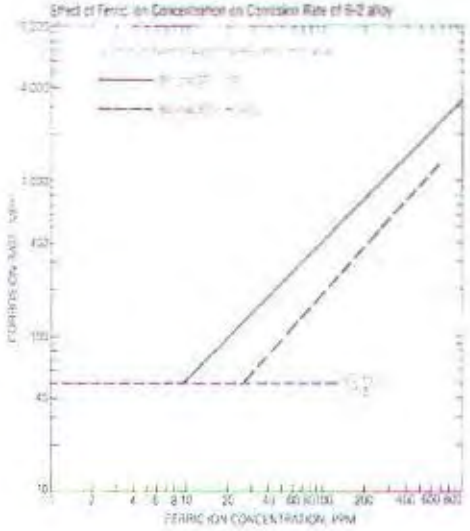
sebagai berikut : Kondisi titik 1-2, pada kondisi ini didapatkan efisiensi therma aktual (data) sebesar 0.3089-0.3337 dan hasil pemodelan didapatkan efisiens sebesar 0.311249247-0.334183402 untuk beban (daya) berkisar 19-19.7 Kw Terlihat bahwa hasil perhitungan dengan menggunakan pemodelan matematis mendapatkan efisiensi thermal lebih besar dari kondisi aktual. Hal ini dikarenakan pada perhitungan matematis tidak menggunakan faktor waktu pengoperasian turbin gas tetapi perhitungan didasarkan pada laju fluida sampai pada pembangkitan energi dan daya ($q_{in} = BBLS \times LHV - q_{gas} - Q_{RR} - q_{losses}$). Apabila diperhatikan bahwa perbedaan jarak atau deviasi kedua garis ini memiliki deviasi sebesar 0.013814409 yang berarti kesalahan kurang dari 0.5 sehingga hasil pemodelan pada kondisi titik 1-2 dapat diterima. Kondisi titik 2-3, pada kondisi ini didapatkan efisiensi thermal aktual (data) sebesar 0.3337-0.3447 dan hasil pemodelan didapatkan efisiensi sebesar 0.334183402-0.344012325 untuk beban (daya) berkisar 19.7-20.1 Kw. Pada kondisi ini terlihat bahwa hampir tidak ada perbedaan jarak (deviasinya kecil) dari hasil perhitungan dengan menggunakan pemodelan matematis dengan efisiensi thermal kondisi aktual. Pada jarak yang sempit akan dibuat besar deviasi kedua kondisi, dengan menghitung besar deviasi df maka didapatkan deviasi sebesar 0.002229912 *(Nasir, 1999)*. Pada kondisi ini pula terlihat ada perpotongan garis kedua grafik kondisi masing-masing, garis grafik pemodelan memiliki nilai efisiensi lebih besar dari aktual untuk kemudian berangsur-angsur lebih rendah sehingga ada titik perpotongan antara kedua kondisi pada efisiensi thermal ≅ 0.334-0.344 dan daya ≅ 0.1975- 1990 Kw. Kondisi titik 3-4, pada kondisi ini didapatkan efisiensi thermal aktual (data) sebesar 0.3447-0.3526 dan hasil pemodelan didapatkan efisiensi sebesar

0.344012325-0.350564941 untuk beban (daya) berkisar 20.1-22 Kw. Pada kondisi ini adalah merupakan kebalikan dari kondisi awal, terlihat bahwa hasil perhitungan dengan menggunakan pemodelan matematis mendapatkan efisiensi thermal lebih kecil dari kondisi aktual. Dengan perhitungan statistik didapatkan perbedaan jarak atau deviasi kedua garis ini memiliki deviasi sebesar 0.060225771. Apabila didapatkan data yang lebih banyak lagi untuk kemudian diplot pada grafik 10 maka akan didapatkan efisiensi thermal yang besar pada kondisi aktual untuk berbagai macam varian daya. Dari keseluruhan titik-titik yang didapatkan maka didapatkan deviasi rata-rata sebesar 0.015882492.

IV.2. Analisa Grafik Hastelloy-X dan ZrO_2 Pada Ketebalan 0.06 in (standar)

Untuk mengetahui kondisi sebenarnya dari kedua lapisan keramik maka ditentukan seberapa besar pengaruh ketebalan keramik terhadap efisiensi thermal lapisan. Grafik 11 terlihat bahwa pada kondisi aktual (data) untuk lapisan Hastelloy-X memiliki efisiensi thermal lebih besar dari lapisan ZrO_2. Penentuan besar ketebalan merupakan bagian dari data yang didapatkan dilapangan. Pada garis grafik efisiensi thermal untuk lapisan Hastelloy-X ketebalan 0.06 in masih tinggi dibandingkan dengan lapisan ZrO_2 hal ini dikarenakan untuk ketebalan tersebut pada temperatur yang tinggi lapisan keramik Hastelloy-X sedikit mengalami korosi sehingga ketebalan keramik masih dapat dipertahankan (lapisan keramik masih utuh dalam beberapa jam pengoperasian (gambar 7). Lapisan ZrO_2 pada temperatur tinggi akan mengalami korosi lebih besar sehingga ketebalan tidak dapat dipertahankan sampai beberapa jam pengoperasian (gambar 8), hal ini menyebabkan energi (enthalpi) yang seharusnya untuk pembangkitan energi akan

berkurang karena tidak ada isolator yang dapat menghambat kehilangan energi melewati ruang bakar. Korosi juga disebabkan karena pengaruh material ruang bakar yang mengandung ion ferrum (besi) sehingga ada oksidasi gas panas terhadap lapisan keramik dengan ion besi (*Khavkin, 1995*).



Gambar 9. Pengaruh ion besi terhadap kecepatan korosi ZrO_2 (http://www.isocorrosion.com)

IV.3. Analisa Pengaruh Energi Loss Pada Hastelloy-X dan ZrO_2

Di dalam *internal combustion chamber* kehilangan energi pembakaran tidak dapat dihindarkan akan tetapi dapat dikurangi dengan jalan pengontrolan penginjeksian bahan bakar sesuai dengan karakteristik engine. Turbin gas akan kehilangan energi yang sangat besar di dalam ruang bakarnya. Kehilangan energi ini dipengaruhi karena penginjeksian bahan bakar yang besar akibat kegagalan injektor bahan bakar (*failure component*) dan banyaknya load faktor serta performance turbin dalam beberapa jam operasi. Pengaruh kehilangan energi terhadap efisiensi thermal diperlihatkan pada grafik 12. Besarnya energi loss

mempengaruhi efisiensi turbin, semakin lama turbin dioperasikan maka tren grafik efisiensi thermal tidak mengalami kenaikkan dengan besarnya energi loss.

IV.4. Analisa Pengaruh Ketebalan Terhadap Efisiensi Thermal

Sebagai *advance technology* lapisan keramik dalam ruang bakar tidak mungkin untuk disebutkan didalam engine specification namun pada buku panduan hanya disebutkan lapisan yang dipakai pada ruang bakar dan ketebalan yang dipakai, dalam hal ini ketebalan lapisan keramik yang diijinkan berkisar 0.04-0.06 in (*Schilke, 1982*). Analisa pengaruh ketebalan lapisan Hastelloy-X dan ZrO_2 didasarkan pada pertimbangan ketebalan lapisan keramik yang digunakan sebagai isolator gas panas. Pada berbagai ketebalan lapisan keramik ternyata memiliki pengaruh terhadap karakteristik efisiensi thermal turbin gas. Dengan memakai range ketebalan keramik 0.04-0.06 in maka didapatkan hasil pada tabel 6 dan 7. Pada tabel tersebut hasil perhitungan menunjukkan bahwa dengan bertambahnya ketebalan lapisan akan mempengaruhi temperatur dinding ruang bakar hal ini dapat dibuktikan dengan persamaan $T_m = T_{AD} - \frac{q_{AD} \times t_b}{k_b \times A_m}$ dengan t_b adalah ketebalan lapisan keramik atau dengan perhitungan $T_{AD} = T_g - \eta\left(T_g - T_c\right)$ sehingga akan menurunkan temperatur dinding ruang bakar $T_{m1}=T_{AD}-T_{brick}$. Dengan menurunnya temperatur dinding ruang bakar berarti semakin besar gas panas yang diradiasikan kedinding ruang bakar sehingga temperatur pembakaran yang idealnya digunakan untuk pembangkitan energi hilang (loses) melewati dinding ruang bakar besar sehingga akan menaikkan efisiensi thermal. Pada grafik 13 dan 14 merupakan perbedaan karakteristik grafik efisiensi thermal pada

berbagai ketebalan. Pada grafik tersebut karakteristik efisisensi thermal memiliki deviasi (rentangan) garis efisiensi yang lebih besar untuk lapisan Hastelloy-X pada masing-masing ketebalan dan memiliki varian efisiensi thermal lebih besar dibandingkan dengan ZrO_2. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan sifat-sifat thermal dari kedua keramik berbeda (emisivitas, konduktivitas, thermal ekspansivity). Dengan bertambahnya ketebalan lapisan keramik akan meningkatkan efisiensi thermal dari turbin gas yang memakai kedua lapisan tersebut. Dari grafik tersebut diatas bisa dilihat bahwa selisih antara efisiensi thermal pada ketebalan 0.055 in untuk lapisan Hastelloy-X hampir setara dengan besarnya efisiensi thermal dengan ketebalan 0.06 in untuk lapisan ZrO_2 pada beberapa kisaran daya. Berikut dari tabel 4 dapat dilihat harga selisih kesetaraan efisiensi thermal dari pemakaian kedua keramik tersebut untuk ketebalan tertentu.

Tabel 4. Harga selisih kesetaraan efisiensi thermal lapisan Hastelloy-X dan ZrO_2

Daya (Kw)	Hastelloy-X ketebalan 0.055 in	ZrO_2 ketebalan 0.06 in
19.2	0.316182579	0.316046177
19.7	0.339480243	0.339333791
20.07	0.349464956	0.349314196
20.5	0.352793194	0.352640998
21.7	0.356121431	0.3559678

IV.5. Analisa Pengaruh Energi Loss Terhadap Efisiensi Thermal

Kehilangan energi akan berdampak terhadap unjuk kerja turbin gas, apakah itu akan menurunkan atau menaikkan terhadap unjuk kerjanya. Selain itu pengaruh energi loses akan berdampak langsung terhadap efisiensi thermal. Dalam pembakaran turbin gas energi yang terbangkit akan terbuang melalui proses perpindahan kalor antara lain radiasi dan konveksi melewati dinding ruang bakar turbin. Pada grafik 15 atau tabel 8 dan 9, terlihat bahwa besarnya kehilangan energi akan mempengaruhi besarnya efisiensi turbin gas. Dalam hal ini

dengan semakin besarnya energi loses maka efisiensi thermal semakin kecil ha ini disebabkan karena masukan energi dari bahan bakar dikurangkan dengan energi loss.

Tabel 10. Perbandingan energi loss dan efisiensi thermal lapisan Hastelloy-X dan ZrO_2

Lapisan	Energi Loss (Btu/d)	Efisiensi Thermal (%)
Hastelloy-X	423,994.8707	0.329925571
	430,515.5965	0.351446717
	439,181.3669	0.354474962
ZrO2	446,430.6652	0.329666171
	458,361.2751	0.339335786
	459,051.0419	0.340962706

Kondisi diatas terjadi secara berturut-turut pada turbin gas unit 1, 3 dan 5 untuk lapisan Hastelloy-X dan unit 3, 4 dan 6 untuk turbin gas lapisan ZrO_2.

BAB V

KESIMPULAN

BAB V
KESIMPULAN

Dari analisa pengaruh lapisan Hastelloy-X ZrO_2 terhadap efisiensi thermal turbin gas maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Efisiensi thermal dipengaruhi oleh ketebalan lapisan keramik dan energi loses.
2. Ketebalan lapisan Hastelloy-X 0.055 in mempunyai efisiensi yang setara dengan ketebalan lapisan ZrO_2 0.06 in.
3. Hastelloy-X lebih menguntungkan dibandingkan dengan ZrO_2

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

1. Khavkin Yuriy I [1995],"*Combustion System design* ,"Penwell Books Press, Penwell publishing company Tulsa, Oklahoma.

2. Cohen H, Rogers GFC and Saravanamutto HIH [1996],"*Gas turbine Theory*," Fourth edition revised, T.J. Press, Padstow, Cornwall. USA.

3. Bathie W. William [1995],"*Fundamental of Gas Turbine*," Second edition, John Wiley & Sons, inc, New York USA.

4. John Sawyer W [1982]," *Sawyer's Gas Turbine Engineering Handbook*," Volume I, Gas Turbine Publications INC, Norwalk.

5. Kreith. F [1987]," *Principle of Heat Transfer*," International Textbook Company, Pennsylvania.

6. P. Schilke W [1982],"*Advanced Gas Turbine Material and Coatings*," Schenady, New York.

7. G.de With, R.A. Terpstra, R. Metselaar [1989]," *Euro-Ceramics Processing of Ceramics*," Volume I, Elsevier Applied Scince London and New York.

8. Donald L. Katz and Lee L. Robert [1990]," *Natural Gas Engineering Production and Storage*," Series III, McGraw-Hill Publishing Company, Singapore.

9. B. Lewis, N. Pease, R, H.S. Taylor [1956]," *Combustion Process High Speed Aerodynamics And Jet Propulsion*," Volume II, Princeton University Press, New Jersey.

10. E. Harmadi, B. Utomo [1990]," *Teknik Pembakaran Dasar dan Bahan Bakar*," Diktat Teknik Mesin-ITS.

11. K. Perry [1987],"*Perry's Chemical Engineering*," International Handbook, McGraw-Hill Publishing Company, New York.

12. M. Nasir [199]," *Metode Penelitian* ," Cetakan 3, Ghalia Indonesia, Jakarta.

13. http://www.ZrO_2.com

14. http://www.chemicalelements.com/elements/zr.html

15. http://www.haynesintl.com/AS1034/1034A.htm/HAYNES® 25alloy

16. http://www.hightempmetals.com

17. http://www.capi.ufl.edu/ices/GasTurbines/simple/Default.htm

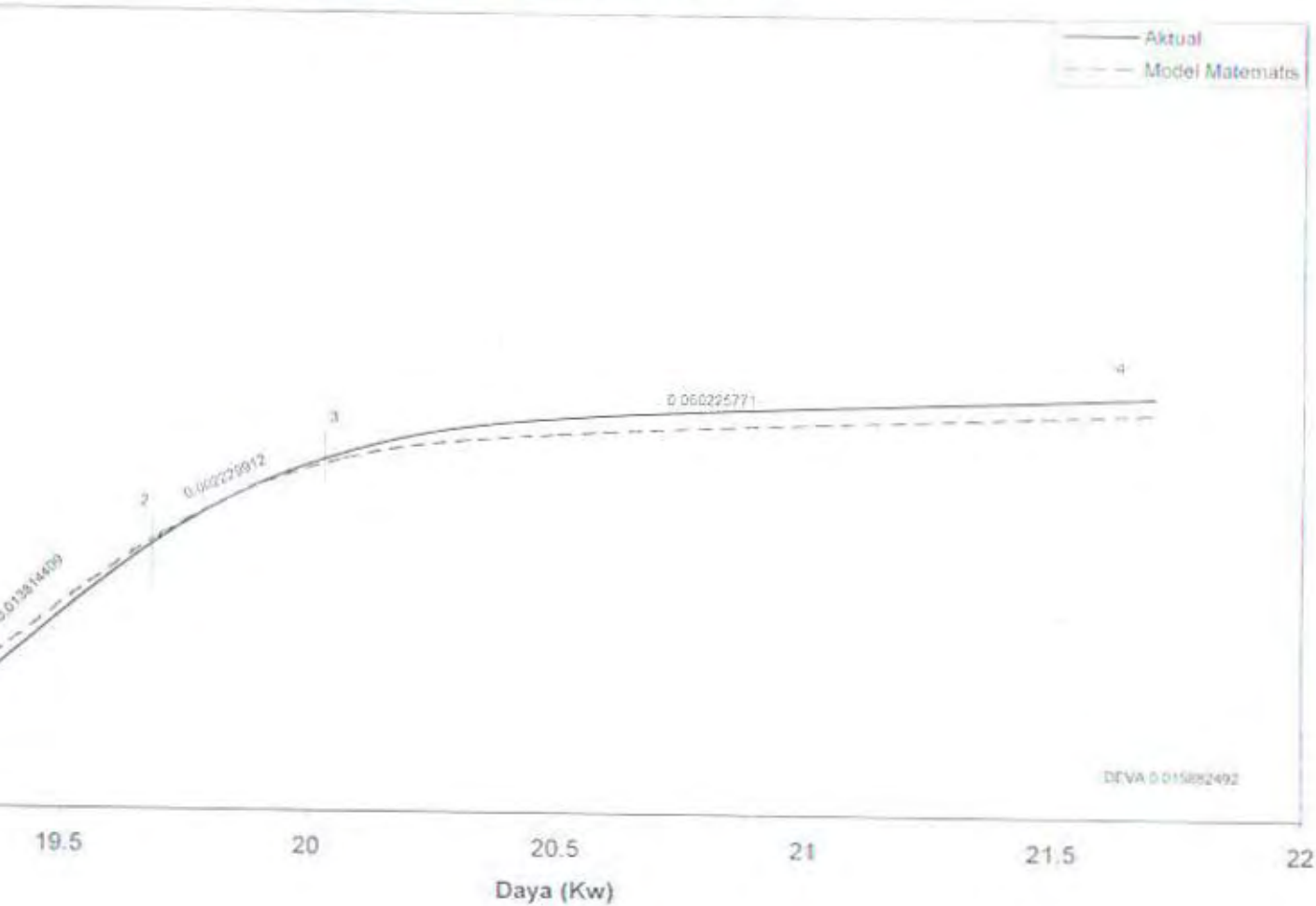
18. http://www.ms.ornl.gov/sections/ms/SCG/programs/OBES.html#anchor10

19. http://www.isocorrosion.com

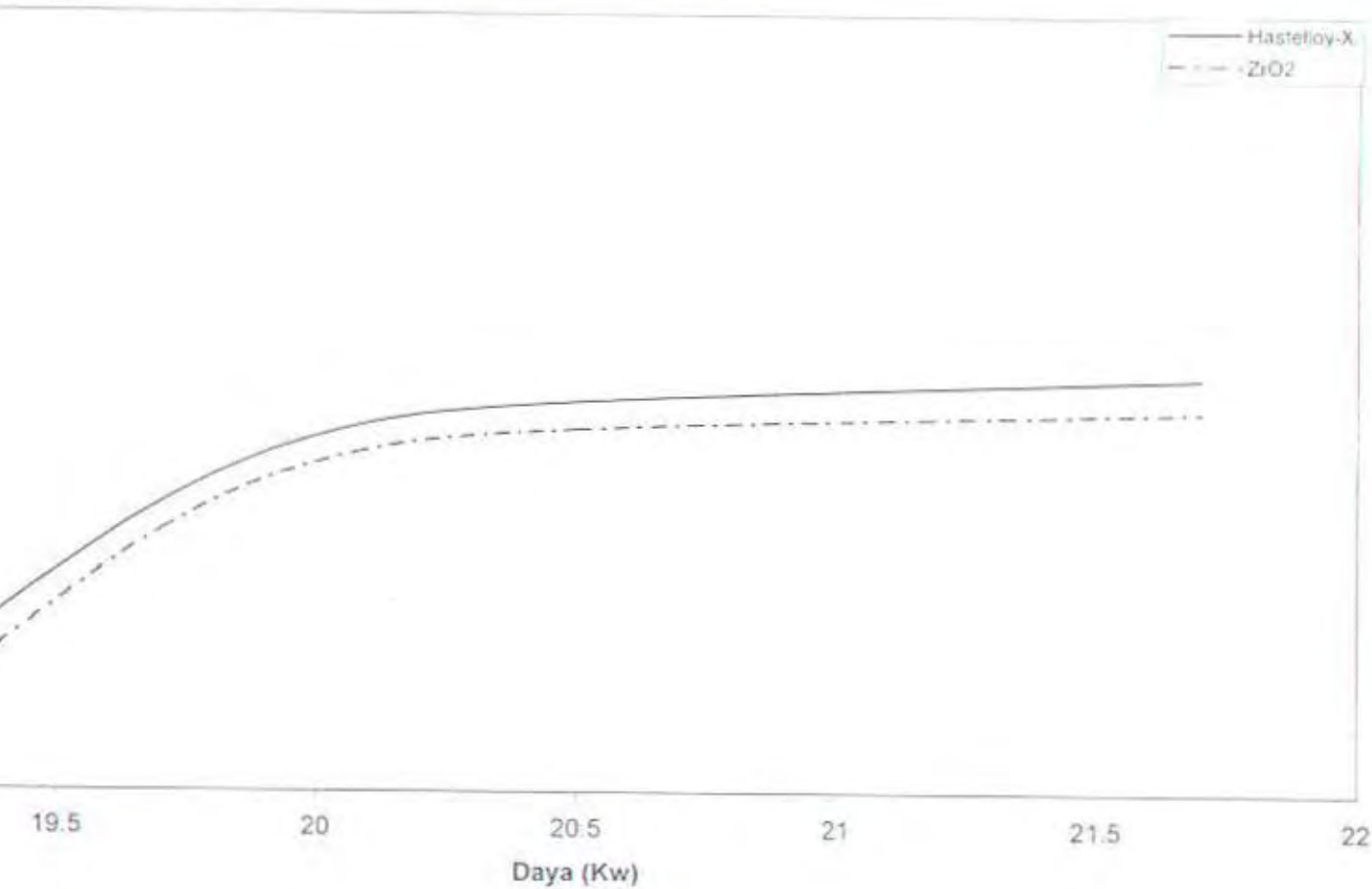
LAMPIRAN

Lampiran Grafik

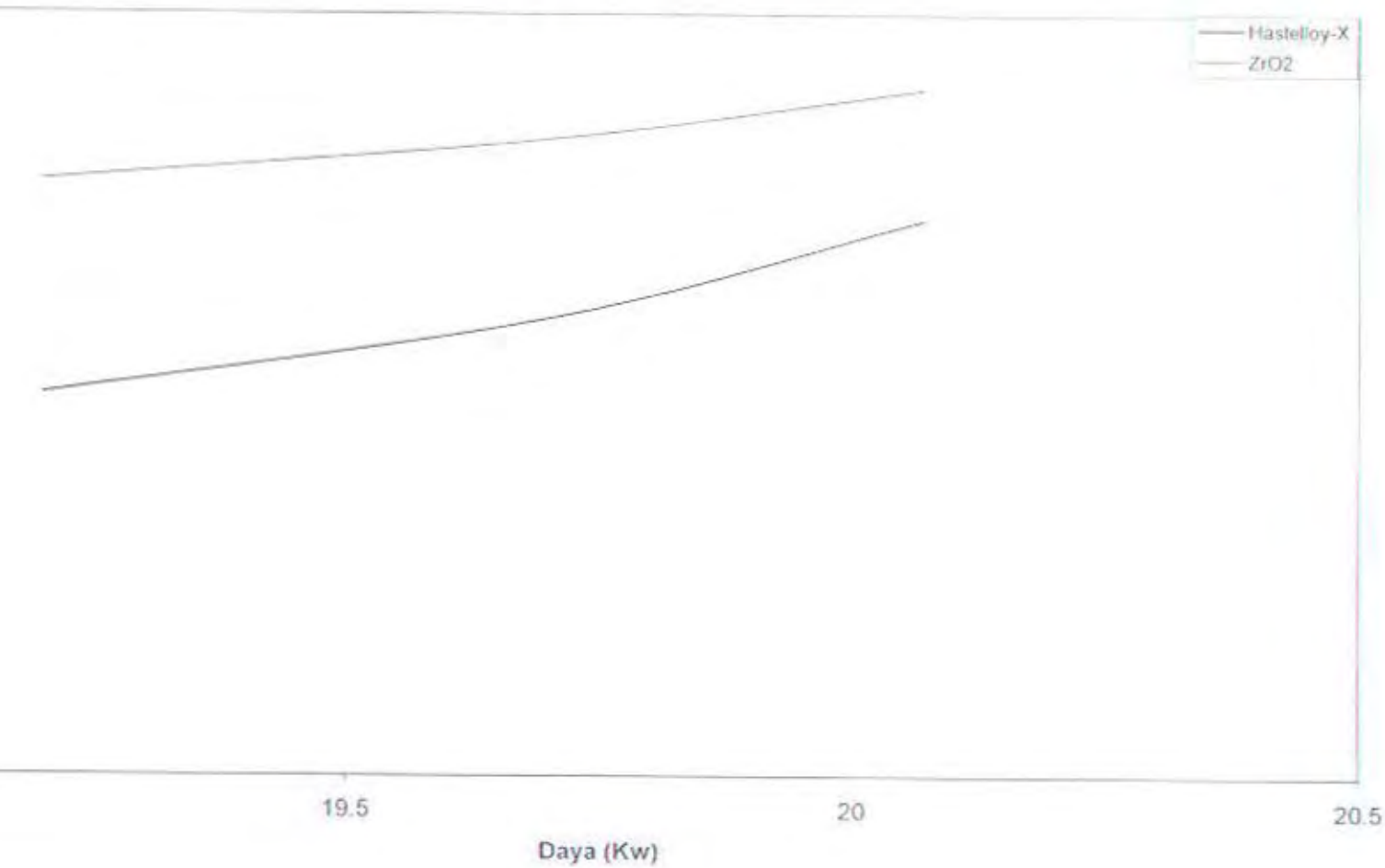
Grafik 10. Perbandingan Grafik Efisiensi Thermal Vs Daya
Antara Aktual dan Pemodelan Matematis



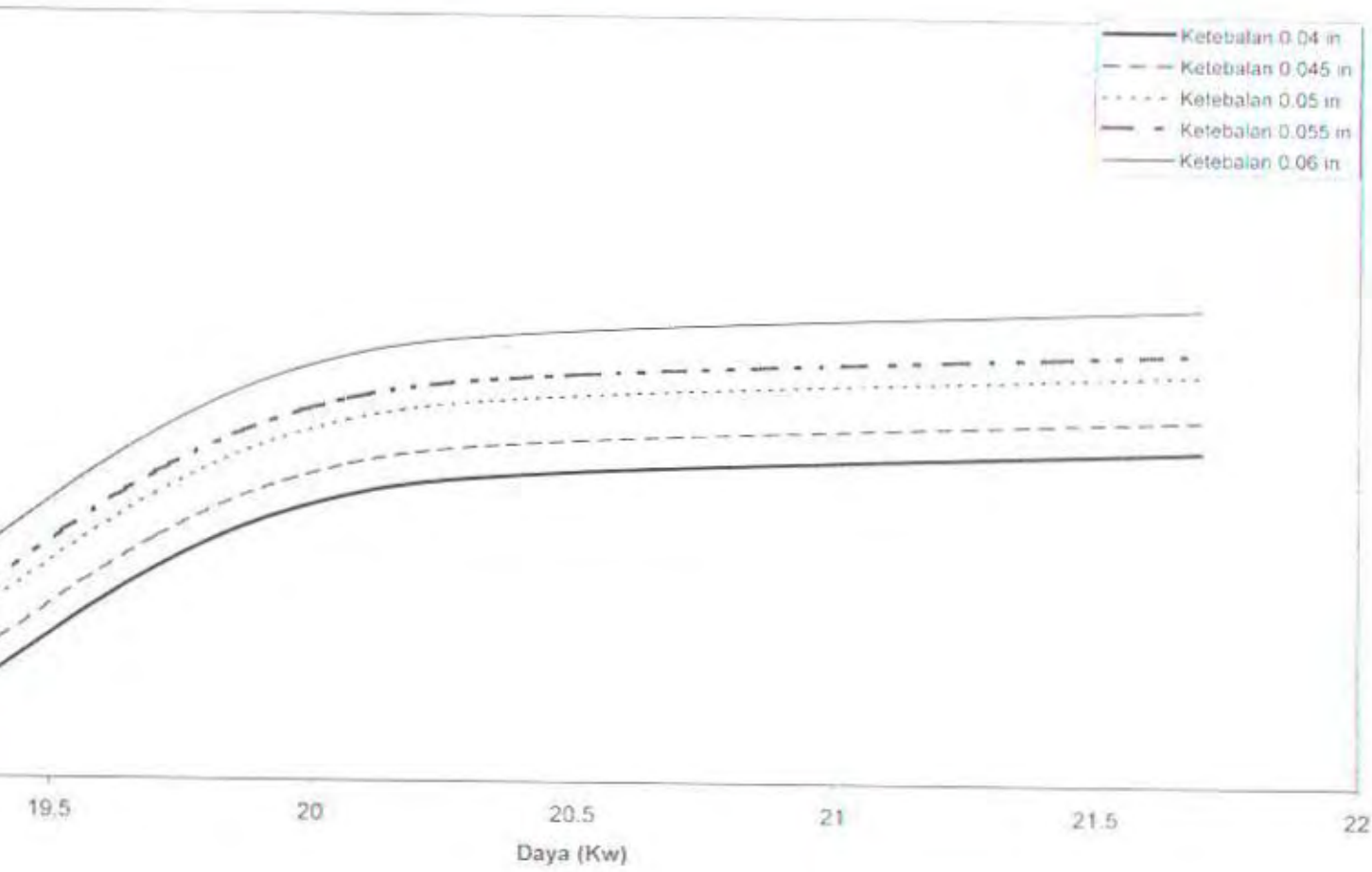
Grafik 11. Perbandingan Efisiensi Thermal Lapisan Hastelloy-X dan ZrO2
Pada Ketebalan 0.06 in (standard)



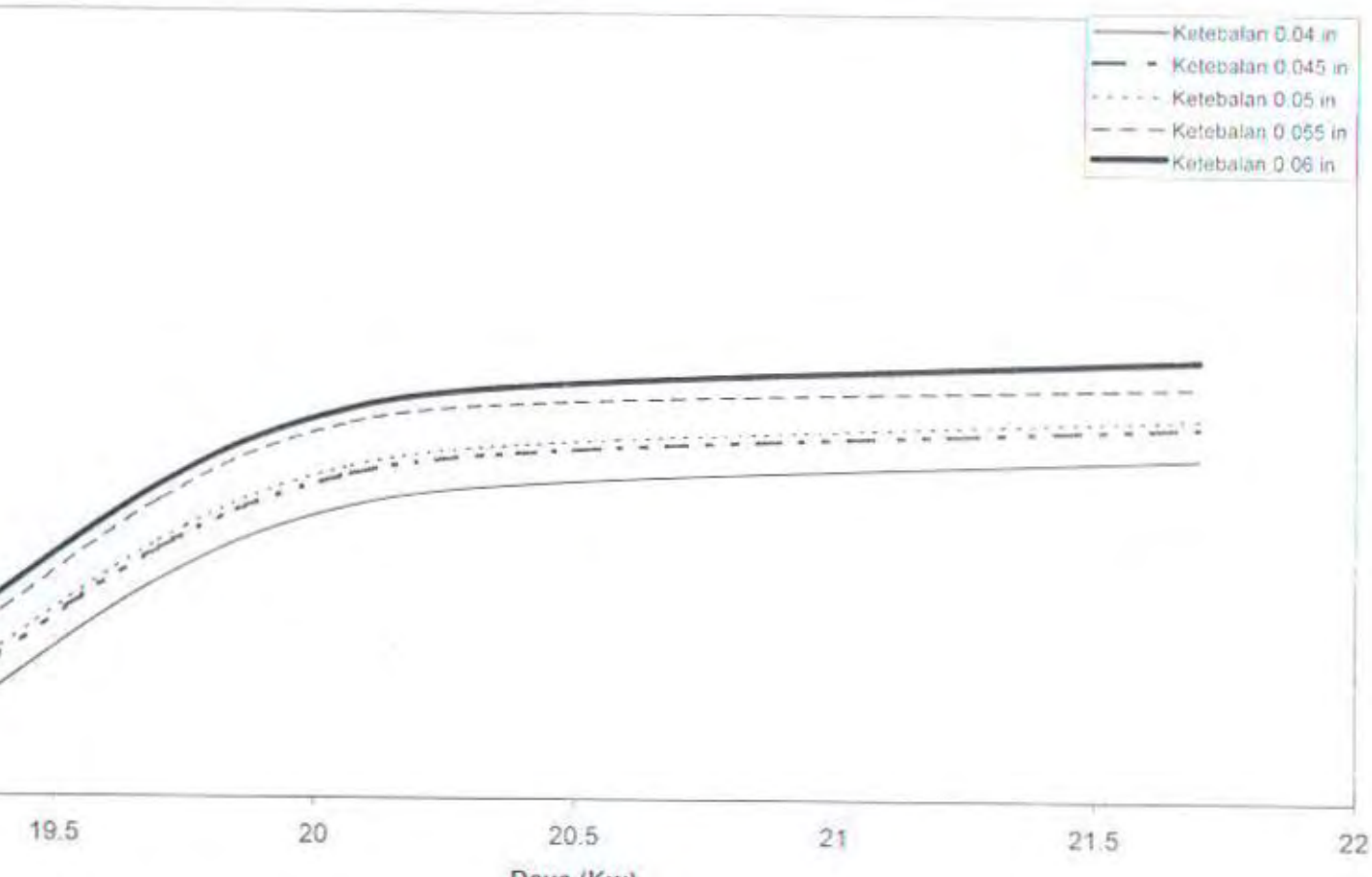
Grafik 12. Pengaruh Energi Lose Terhadap Efisiensi Thermal Turbin Gas
Lapisan Hastelloy-X dan ZrO2 (aktual)



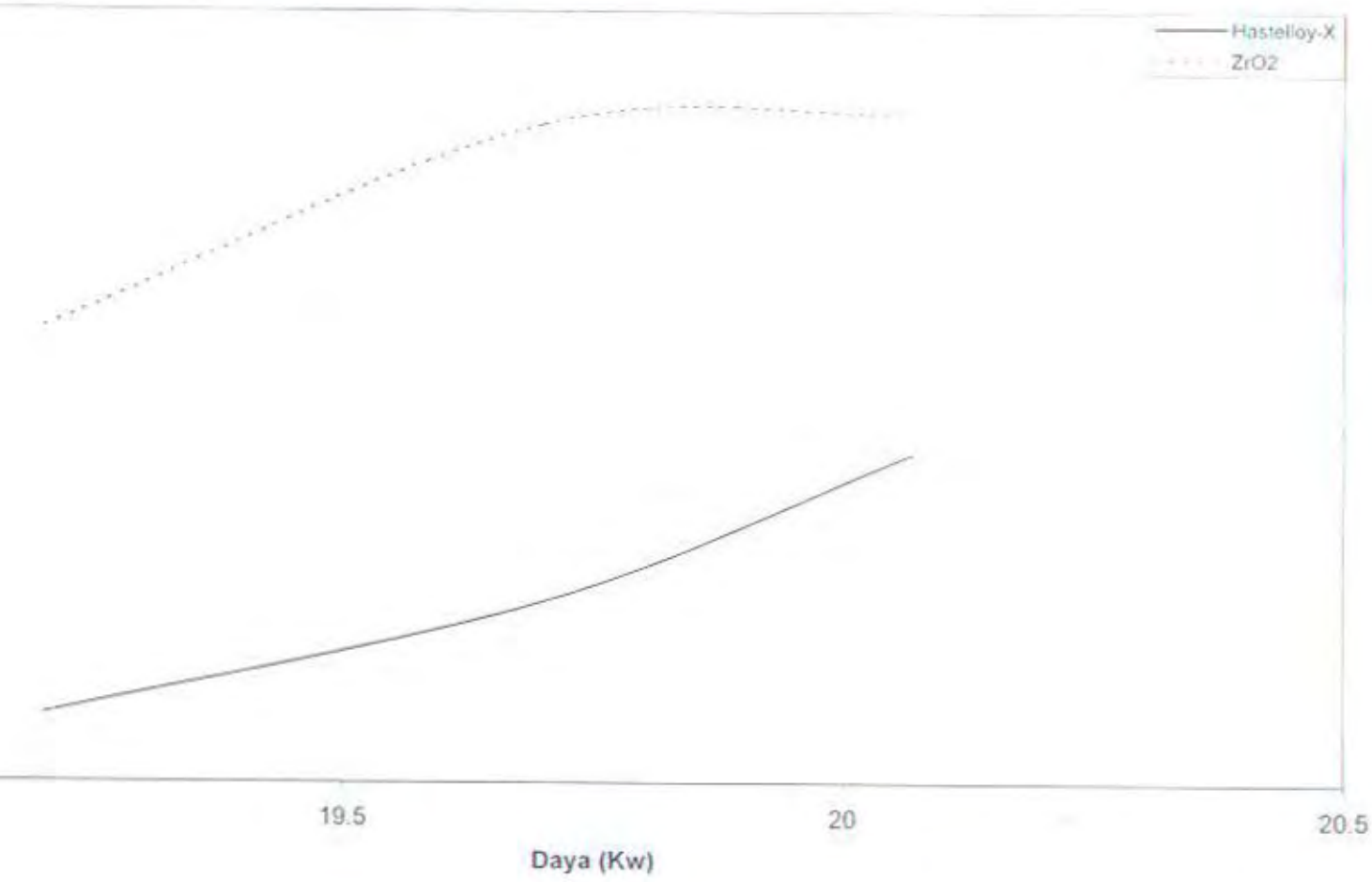
Grafik 13. Pengaruh Ketebalan Keramik Terhadap Efisiensi Thermal Pada Turbin Gas Dengan Lapisan Hastelloy-X



Grafik 14. Pengaruh Ketebalan Keramik Terhadap Efisiensi Thermal Pada Turbin Gas Dengan Lapisan ZrO2



Grafik 15. Perbandingan Pengaruh Energi Loses Terhadap Efisiensi Thermal Turbin Gas Lapisan Hastelloy-X dan ZrO2



Lampiran Tabe

Tabel 6. Efisiensi Thermal Dari Turbin Gas Dengan Lapisan Hastelloy-X

GAS TURBINE								
Ketebalan 0.04 in			Ketebalan 0.045 in			Ketebalan 0.05 in		
Unit 1	Unit 2	Unit 5	Unit 1	Unit 2	Unit 5	Unit 1	Unit 2	Unit 5
77.5484	78.0333	79.4286	77.5484	78.0333	79.4286	77.5484	78.0333	79.4286
618.0000	692.0000	630.0000	618.0000	692.0000	630.0000	618.0000	692.0000	630.0000
260.0000	263.0000	261.0000	260.0000	263.0000	261.0000	260.0000	263.0000	261.0000
4.1487	4.5410	4.1723	4.1487	4.5410	4.1723	4.1487	4.5410	4.1723
0.8651	0.8724	0.8742	0.8651	0.8724	0.8742	0.8651	0.8724	0.8742
489.4852	556.0206	498.6465	489.4852	556.0206	498.6465	489.4852	556.0206	498.6465
261.5814	264.4239	262.5642	261.5814	264.4239	262.5642	261.5814	264.4239	262.5642
52.6047	47.0810	51.9317	52.6047	47.0810	51.9317	52.6047	47.0810	51.9317
5,145.3847	5,145.3319	5,145.3671	5,145.3847	5,145.3319	5,145.3671	5,145.3847	5,145.3319	5,145.3671
152.3676	174.4670	151.6784	152.3676	174.4670	151.6784	152.3676	174.4670	151.6784
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2,285.4070	2,297.7000	2,290.1550	2,285.4070	2,297.7000	2,290.1550	2,285.4070	2,297.7000	2,290.1550
565.4664	565.2103	565.4393	636.2021	636.0115	636.1193	706.7992	706.5241	706.7725
2,282.6809	2,294.9829	2,287.4289	2,282.3401	2,294.6421	2,287.0881	2,281.9994	2,293.9606	2,285.6115
453,371.6837	441,398.5700	453,958.2579	453,548.3838	441,574.5888	454,132.0762	453,720.9586	441,926.5086	454,305.8557
1,368,250.4991	1,323,504.6810	1,364,389.0201	1,367,976.1672	1,323,323.3073	1,364,108.5043	1,367,696.0818	1,322,760.5599	1,363,827.9885
3,392,645.3623	3,456,331.9461	3,419,690.3010	3,390,650.8406	3,454,262.4803	3,417,641.2047	3,388,615.3905	3,450,126.3139	3,415,593.0241
-148,741.8000	-149,624.0000	-149,056.9000	-148,741.8000	-149,624.0000	-149,056.9000	-148,741.8000	-149,624.0000	-149,056.9000
-88,778.9000	-88,769.8000	-88,774.5000	-88,778.9000	-88,769.8000	-88,774.5000	-88,778.9000	-88,769.8000	-88,774.5000
13,105.1000	13,140.2000	13,125.4000	13,105.1000	13,140.2000	13,125.4000	13,105.1000	13,140.2000	13,125.4000
0.0345	0.0325	0.0359	0.0345	0.0325	0.0359	0.0345	0.0325	0.0359
0.8180	0.8394	0.8883	0.8180	0.8394	0.8883	0.8180	0.8394	0.8883
3,000.0100	2,985.8700	3,001.6500	3,000.0100	2,985.8700	3,001.6500	3,000.0100	2,985.8700	3,001.6500
65.5271	70.6988	61.4895	65.5271	70.6988	61.4895	65.5271	70.6988	61.4895
369.3415	372.3725	385.2277	368.2595	371.2959	384.1360	367.1778	345.2194	383.0445
8,436.7341	8,505.9705	8,799.6181	8,412.0196	8,481.3778	8,774.6812	8,387.3090	7,885.7230	8,749.7482
261.7935	261.8387	261.6548	261.7935	261.8387	261.6548	261.7935	261.8387	261.6548
1,725.5850	1,735.9874	1,728.5875	1,725.5850	1,735.9874	1,728.5875	1,725.5850	1,735.9874	1,728.5875
14.6500	14.6500	14.6500	14.6500	14.6500	14.6500	14.6500	14.6500	14.6500
952.0000	955.0000	932.0000	952.0000	955.0000	932.0000	952.0000	955.0000	932.0000
1.6801	1.6839	1.6775	1.6801	1.6839	1.6775	1.6801	1.6839	1.6775
0.7882	0.8007	0.8959	0.7882	0.8007	0.8959	0.7882	0.8007	0.8959
730.2595	737.2096	751.8565	730.2595	737.2096	751.8565	730.2595	737.2096	751.8565
276.6478	276.5512	276.0621	276.6478	276.5512	276.0621	276.6478	276.5512	276.0621
45.0537	44.6125	43.6643	45.0537	44.6125	43.6643	45.0537	44.6125	43.6643
5,265.8123	5,265.8771	5,265.8449	5,265.8123	5,265.8771	5,265.8449	5,265.8123	5,265.8771	5,265.8449
426,188.3366	419,634.6787	434,732.7371	426,424.3793	419,871.7833	434,970.2982	426,660.3852	420,108.8049	430,799.5181
3,381.9964	3,410.6823	3,497.2929	3,381.9964	3,410.6823	3,497.2929	3,381.9964	3,410.6823	3,497.2929
1.3130	1.3130	1.3130	1.3130	1.3130	1.3130	1.3130	1.3130	1.3130

Lampiran

el 6. Elisiensi Thermal Dari Turbin Gas Dengan Lapisan Hastelley-X (Lanjutan)

rameter	GAS TURBINE					
	Ketebalan 0.055 in			Ketebalan 0.06 in		
	Unit 1	Unit 2	Unit 5	Unit 1	Unit 2	Unit 5
perature	77.5484	78.0333	79.4286	77.5484	78.0333	79.4286
ressor exit	616.0000	692.0000	630.0000	616.0000	692.0000	630.0000
or exit	260.0000	263.0000	261.0000	260.0000	263.0000	261.0000
ratio	4.1487	4.5410	4.1723	4.1487	4.5410	4.1723
ency	0.8651	0.8724	0.8742	0.8651	0.8724	0.8742
e at compressor	489.4852	556.0206	498.6465	489.4852	556.0206	498.6465
t compressor	261.5814	264.4239	262.5642	261.5814	264.4239	262.5642
v rate	52.6047	47.0810	51.9317	52.6047	47.0810	51.9317
	5,145.3847	5,145.3319	5,145.3671	5,145.3847	5,145.3319	5,145.3671
to compressor	152.3676	174.4670	151.6784	152.3676	174.4670	151.6784
ary burner	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ust system	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
of combustor wall	2,285.4070	2,297.7090	2,290.1550	2,285.4070	2,297.7090	2,290.1550
atic convection	777.4892	777.3422	777.4751	848.1591	848.1463	848.1575
combustor wall	2,281.6586	2,293.9606	2,286.4066	2,281.3178	2,293.6198	2,286.0658
on	453,993.4949	441,926.5086	454,479.5964	454,065.9924	442,102.4097	454,653.2983
ction to coolant	1,367,415.9963	1,322,760.5599	1,363,547.4726	1,367,135.9109	1,322,479.1862	1,363,266.9568
on to coolant	3,386,580.8521	3,450,126.3139	3,413,545.7589	3,384,547.2251	3,448,059.6127	3,411,199.4089
plied as a liquid at 82.33 F						
2 at T3	-148,741.8000	-149,624.0000	-149,056.9000	-148,741.8000	-149,624.0000	-149,056.9000
) at T3	-88,778.9000	-88,769.8000	-88,774.5000	-88,778.9000	-88,769.8000	-88,774.5000
at T3	13,105.1000	13,140.2000	13,125.4000	13,105.1000	13,140.2000	13,125.4000
	0.0345	0.0325	0.0359	0.0345	0.0325	0.0359
efficiency	0.8180	0.8394	0.8883	0.8180	0.8394	0.8883
rature	3,000.0100	2,985.8700	3,001.6500	3,000.0100	2,985.8700	3,0[illegible],6500
plied	65.5271	70.6988	61.4895	65.5271	70.6988	61.4895
stion chamber	365.1983	342.9972	376.0961	365.0147	340.0571	362.8620
	8,342.0928	7,834.9624	8,591.0288	8,337.8996	7,768.0291	8,288.7267
ator exit	261.7935	261.8387	261.6548	261.7935	261.8387	261.6548
ure	1,725.5850	1,735.9874	1,728.5875	1,725.5850	1,735.9874	1,728.5875
bine exit	14.6500	14.6500	14.6500	14.6500	14.6500	14.6500
turbine exit	952.0000	955.0000	932.0000	952.0000	955.0000	932.0000
	1.6801	1.6839	1.6775	1.6801	1.6839	1.6775
cy	0.7882	0.8007	0.8959	0.7882	0.8007	0.8959
e at power turbine	730.2595	737.2096	751.8565	730.2595	737.2096	751.8565
t power turbine	276.6478	276.5512	276.0621	276.6478	276.5512	276.0621
ow rate	45.0537	44.6125	43.6643	45.0537	44.6125	43.6643
	5,265.8123	5,265.8771	5,265.8449	5,265.8123	5,265.8771	5,265.8449
or wall	426,896.3545	420,345.8872	461,661.2741	427,132.4871	420,582.8754	435,682.7610
	3,381.9964	3,410.6823	3,497.2929	3,381.9964	3,410.6823	3,497.2929
	1.3130	1.3130	1.3130			

Lampiran

Tabel 7. Efisiensi Thermal Dari Turbin Gas Dengan Lapisan ZrO2

	GAS TURBINE								
	Ketebalan 0.04 in			Ketebalan 0.045 in			Ketebalan 0.05 in		
	Unit 3	Unit 4	Unit 6	Unit 3	Unit 4	Unit 6	Unit 3	Unit 4	Unit 6
	78.7143	79.3929	77.5712	78.7143	79.3929	77.5712	78.7143	79.3929	77.5712
	665.0000	693.0000	642.0000	665.0000	693.0000	642.0000	665.0000	693.0000	642.0000
	260.0000	262.0000	264.0000	260.0000	262.0000	264.0000	260.0000	262.0000	264.0000
	4.2680	4.1960	4.1487	4.2680	4.1960	4.1487	4.2680	4.1960	4.1487
	0.8112	0.8848	0.8350	0.8112	0.8848	0.8350	0.8112	0.8848	0.8350
	530.9650	555.6938	511.1903	530.9650	555.6938	511.1903	530.9650	555.6938	511.1903
	261.4574	263.4139	265.5610	261.4574	263.4139	265.5610	261.4574	263.4139	265.5610
	48.4711	46.8394	51.5289	48.4711	46.8394	51.5289	48.4711	46.8394	51.5289
	5,145.3847	5,145.3495	5,145.3143	5,145.3847	5,145.3495	5,145.3143	5,145.3847	5,145.3495	5,145.3143
	164.2184	171.5085	151.6784	164.2184	171.5085	151.6784	164.2184	171.5085	151.6784
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	2,307.1860	2,305.1980	2,297.7940	2,307.1860	2,305.1980	2,297.7940	2,307.1860	2,305.1980	2,297.7940
	565.4394	565.4173	565.4371	636.1193	636.1028	636.1170	706.7992	706.7422	706.7972
	2,304.4599	2,302.4719	2,295.0679	2,304.1191	2,302.1311	2,294.7271	2,303.7784	2,301.7904	2,285.4904
	425,622.8972	419,069.2614	434,167.2999	425,788.2600	419,235.6805	434,334.1812	425,953.5860	419,402.0627	430,092.7209
	1,347,525.2790	1,326,939.1898	1,367,034.1663	1,347,246.1935	1,326,658.2446	1,366,752.3651	1,346,966.1081	1,326,377.2993	1,359,940.8250
	3,110,423.0861	3,095,733.3563	3,062,525.7489	3,108,570.8765	3,093,885.9365	3,060,696.0952	3,106,719.4885	3,092,039.3369	3,016,718.0725
F									
	-146,587.1000	-147,321.6000	-149,056.9000	-146,587.1000	-147,321.6000	-149,056.9000	-146,587.1000	-147,321.6000	-149,056.9000
	-88,805.3000	-88,796.7000	-88,774.5000	-88,805.3000	-88,796.7000	-88,774.5000	-88,805.3000	-88,796.7000	-88,774.5000
	12,795.5000	128,512.7000	13,125.4000	12,795.5000	128,512.7000	13,125.4000	12,795.5000	128,512.7000	13,125.4000
	0.0338	0.0347	0.0327	0.0338	0.0347	0.0327	0.0338	0.0347	0.0327
	0.8485	0.8340	0.8672	0.8485	0.8340	0.8672	0.8485	0.8340	0.8672
	3,010.9800	2,996.1400	3,007.4200	3,010.9800	2,996.1400	3,007.4200	3,010.9800	2,996.1400	3,007.4200
	56.8712	60.8745	59.7220	56.8712	60.8745	59.7220	56.8712	60.8745	59.7220
	388.1958	361.8688	366.0147	383.2909	361.0147	365.2767	372.3417	360.8688	363.3772
	8,857.4170	8,256.0394	8,360.7423	8,755.3754	8,246.5291	8,343.8851	8,505.2536	8,243.1968	8,300.4937
	261.2903	261.3226	262.8242	261.2903	261.3226	262.8242	261.2903	261.3226	262.6242
	1,714.2587	1,720.6987	1,730.1428	1,714.2587	1,720.6987	1,730.1428	1,714.2587	1,720.6987	1,730.1428
	14.6500	14.6500	14.6500	14.6500	14.6500	14.6500	14.6500	14.6500	14.6500
	955.0000	955.0000	945.0000	955.0000	955.0000	945.0000	955.0000	955.0000	945.0000
	1.6764	1.6782	1.6736	1.6764	1.6782	1.6736	1.6764	1.6782	1.6736
	0.7472	0.7627	0.8332	0.7472	0.7627	0.8332	0.7472	0.7627	0.8332
	716.8085	722.8550	741.1111	716.8085	722.8550	741.1111	716.8085	722.8550	741.1111
	276.4029	276.3067	277.5120	276.4029	276.3067	277.5120	276.4029	276.3067	277.5120
	45.8603	45.4601	44.5314	45.8603	45.4601	44.5314	45.8603	45.4601	44.5314
	5,265.8254	5,265.8379	5,265.8449	5,265.8254	5,265.8379	5,265.8449	5,265.8254	5,265.8379	5,265.8449
	453,941.2097	441,964.0094	454,523.6972	454,184.5031	442,210.7081	454,768.1955	454,427.7579	442,457.3675	455,012.6550
	3,445.8106	3,478.7834	3,548.2716	3,445.8106	3,478.7834	3,548.2716	3,445.8106	3,478.7834	3,548.2716
	1.3130	1.3130	1.3130	1.3130	1.3130	1.3130	1.3130	1.3130	1.3130

bel 7. Efisiensi Thermal Dari Turbin Gas Dengan Lapisan ZrO2 (Lanjutan)

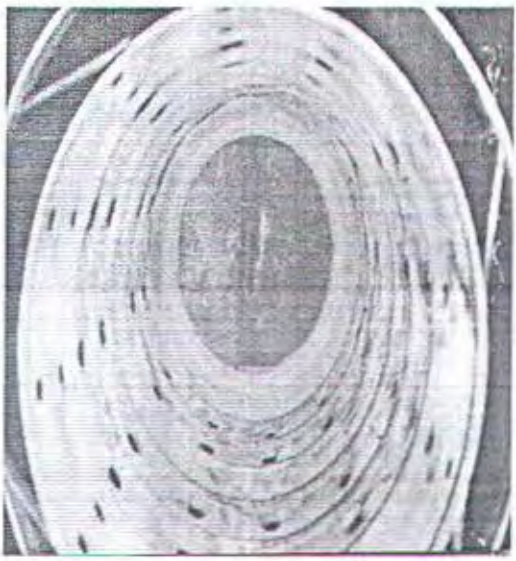
ameter	GAS TURBINE					
	Ketebalan 0.055 in			Ketebalan 0.06 in		
	Unit 3	Unit 4	Unit 6	Unit 3	Unit 4	Unit 6
erature	78.7143	79.3929	77.5712	78.7143	79.3929	77.5712
ssor exit	665.0000	693.0000	642.0000	665.0000	693.0000	642.0000
exit	260.0000	262.0000	264.0000	260.0000	262.0000	264.0000
atio	4.2680	4.1960	4.1487	4.2680	4.1960	4.1487
ncy	0.8112	0.8848	0.8350	0.8112	0.8848	0.8350
at compressor	530.9650	555.6938	511.1903	530.9650	555.6938	511.1903
compressor	261.4574	263.4139	265.5810	261.4574	263.4139	265.5810
rate	48.4711	46.8394	51.5289	48.4711	46.8394	51.5289
	5,145.3847	5,145.3495	5,145.3143	5,145.3847	5,145.3495	5,145.3143
compressor	164.2184	171.5085	151.6784	164.2184	171.5085	151.6784
y burner	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
st system	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
of combustor wall	2,307.1860	2,305.1980	2,297.7940	2,307.1860	2,305.1980	2,297.7940
ic convection	777.4792	777.4792	777.4792	848.1591	848.1591	848.1591
ombustor wall	2,303.4376	2,301.4496	2,286.1496	2,303.0968	2,301.1088	2,293.7048
n	426,118.8754	419,568.4080	460,883.7949	426,284.1280	419,734.7163	434,834.6020
tion to coolant	1,346,686.0226	1,326,096.3540	1,365,155.4919	1,346,405.9372	1,325,815.4088	1,365,906.9616
n to coolant	3,104,868.9218	3,090,193.5572	3,450,534.2744	3,103,019.1763	3,088,348.5972	3,055,212.0228
plied as a liquid at 82.33 F						
at T3	-146,587.1000	-147,321.6000	-149,056.9000	-146,587.1000	-147,321.6000	-149,056.9000
at T3	-88,805.3000	-88,796.7000	-88,774.5000	-88,805.3000	-88,796.7000	-88,774.5000
T3	12,795.5000	128,512.7000	13,125.4000	12,795.5000	128,512.7000	13,125.4000
	0.0338	0.0347	0.0327	0.0338	0.0347	0.0327
fficiency	0.8485	0.8340	0.8672	0.8485	0.8340	0.8672
ature	3,010.9800	2,996.1400	3,007.4200	3,010.9800	2,996.1400	3,007.4200
plied	56.8712	60.8745	59.7220	56.8712	60.8745	59.7220
ion chamber	369.3417	358.8688	360.1958	365.3417	353.3772	355.1958
	8,436.7389	8,197.5115	8,227.8231	8,345.3684	8,072.0690	8,113.6095
tor exit	261.2903	261.3226	262.8242	261.2903	261.3226	262.8242
re	1,714.2587	1,720.6987	1,730.1428	1,714.2587	1,720.6987	1,730.1428
ne exit	14.6500	14.6500	14.6500	14.6500	14.6500	14.6500
urbine exit	955.0000	955.0000	945.0000	955.0000	955.0000	945.0000
	1.6764	1.6782	1.6736	1.6764	1.6782	1.6736
y	0.7472	0.7627	0.8332	0.7472	0.7627	0.8332
at power turbine	716.8085	722.8550	741.1111	716.8085	722.8550	741.1111
power turbine	276.4029	276.3067	277.5120	276.4029	276.3067	277.5120
w rate	45.8603	45.4601	44.5314	45.8603	45.4601	44.5314
	5,265.8254	5,265.8379	5,265.8449	5,265.8254	5,265.8379	5,265.8449
or wall	454,770.9840	454,670.9740	455,257.0756	454,914.1515	442,950.5688	455,501.4574
	3,445.8106	3,478.7834	3,548.2716	3,445.8106	3,478.7834	3,548.2716
	1.3130	1.3130	1.3130	1.3130	1.3130	1.3130

Tabel 8. Pengaruh Energi loses Pada Turbin Gas Lapisan Hastelloy-X				
No.	Parameter	Gas Turbine		
		Unit 1	Unit 2	Unit 5
1	Compressor inlet temperature	77.5484	78.0333	79.4286
2	Temperature at compressor exit	618.0000	692.0000	630.0000
3	Pressure at compressor exit	260.0000	263.0000	261.0000
4	Compressor pressure ratio	4.1487	4.5410	4.1723
5	Low compressor Efficiency	0.8651	0.8724	0.8742
6	Stagnation temperature at compressor	489.4852	556.0206	498.6465
7	Stagnation pressure at compressor	261.5814	264.4239	262.5642
8	Compressor mass flow rate	52.6047	47.0810	51.9317
9	Compressor work	5,145.3847	5,145.3319	5,145.3671
10	Net work per pound into compressor	152.3576	174.4670	151.6784
11	Pressure drop in primary burner	0.0000	0.0000	0.0000
12	Pressure drop in exhaust system	0.0000	0.0000	0.0000
13	Adiabatic temperature of combustor wall	2,285.4070	2,297.7000	2,290.1550
14	Heat transfer of adiabatic convection	848.1591	848.1463	848.1575
15	Temperature outer of combustor wall	2,291.3178	2,293.6198	2,286.0658
16	Heat transfer of radiation	454,065.9924	442,102.4097	454,653.2983
17	Heat transfer of convection to coolant	1,367,135.9109	1,322,479.1862	1,363,266.9568
18	Heat transfer of radiation to coolant	3,384,547.2251	3,448,059.6127	3,411,499.4089
19	Fuel is Natural gas supplied as a liquid at 80 F			
	Enthalpy of CO2 at T3	-148,741.8000	-149,624.0000	-149,056.9000
	Enthalpy of H2O at T3	-88,778.9000	-88,769.8000	-88,774.5000
	Enthalpy of O2 at T3	13,105.1000	13,140.2000	13,125.4000
20	Fuel-air ratio	0.0345	0.0325	0.0359
21	Gas generator turbine efficiency	0.8180	0.8394	0.8883
22	Adiabatic flame temperature	3,000.0100	2,985.8700	3,001.6500
23	Percent excess air supplied	65.5271	70.6988	61.4895
24	Heat added in combustion chamber	365.0147	340.0671	362.8620
25	Heat rate	8,337.8996	7,768.0291	8,288.7267
26	Pressure at gas generator exit	261.7935	261.8387	261.6548
27	Turbine inlet temperature	1,725.5850	1,735.9874	1,728.5575
28	Pressure at power turbine exit	14.6500	14.6500	14.6500
29	Temperature at power turbine exit	952.0000	955.0000	932.0000
30	Turbine pressure ratio	1.6601	1.6839	1.6775
31	Power turbine efficiency	0.7882	0.8007	0.8959
32	Stagnation temperature at power turbine	730.2595	737.2096	751.8565
33	Stagnation pressure at power turbine	276.6478	276.5512	276.0621
34	Power turbine mass flow rate	45.0537	44.6125	43.6543
35	Power turbine work	5,265.8123	5,265.8771	5,265.8449
36	Heat loses of combustor wall	427,132.2871	420,582.8754	435,682.7610
37	Stack loses	3,381.9964	3,410.6823	3,497.2929
38	Evaporation loses	1.3130	1.3130	1.3130
39	Energi loses	430,515.5965	423,994.8707	439,181.3669
40	Thermal efficiency	0.3299	0.3545	0.3320
41	Specific fuel consumption	89,589.2000	252,639.2000	2,409,641.0000

Tabel 9. Pengaruh Energi loses Pada Turbin Gas Lapisan ZrO2				
No.	Parameter	Gas Turbine		
		Unit 3	Unit 4	Unit 6
1	Compressor inlet temperature	78.7143	79.3929	77.5712
2	Temperature at compressor exit	665.0000	693.0000	642.0000
3	Pressure at compressor exit	260.0000	262.0000	264.0000
4	Compressor pressure ratio	4.2680	4.1960	4.1487
5	Low compressor Efficiency	0.8112	0.8848	0.8350
6	Stagnation temperature at compressor	530.9650	555.6938	511.1903
7	Stagnation pressure at compressor	261.4574	263.4139	265.5610
8	Compressor mass flow rate	48.4711	46.8394	51.5289
9	Compressor work	5,145.3847	5,145.3495	5,145.3143
10	Net work per pound into compressor	164.2184	171.5085	151.6784
11	Pressure drop in primary burner	0.0000	0.0000	0.0000
12	Pressure drop in exhaust system	0.0000	0.0000	0.0000
13	Adiabatic temperature of combustor wall	2,307.1860	2,305.1980	2,297.7940
14	Heat transfer of adiabatic convection	848.1591	848.1591	848.1591
15	Temperature outer of combustor wall	2,303.0968	2,301.1088	2,293.7048
16	Heat transfer of radiation	426,284.1280	419,734.7163	434,834.6020
17	Heat transfer of convection to coolant	1,346,405.9372	1,325,815.4088	1,365,906.9616
18	Heat transfer of radiation to coolant	3,103,019.1763	3,088,348.5972	3,055,212.0228
19	Fuel is Natural gas supplied as a liquid at 80 F			
	Enthalpy of CO2 at T3	-146,587.1000	-147,321.6000	-149,056.9000
	Enthalpy of H2O at T3	-88,805.3000	-88,796.7000	-88,774.5000
	Enthalpy of O2 at T3	12,795.5000	128,512.7000	13,125.4000
20	Fuel-air ratio	0.0338	0.0347	0.0327
21	Gas generator turbine efficiency	0.8485	0.8340	0.8672
22	Adiabatic flame temperature	3,010.9800	2,996.1400	3,007.4200
23	Percent excess air supplied	56.8712	60.8745	59.7220
24	Heat added in combustion chamber	365.3417	353.3772	355.1958
25	Heat rate	8,345.3684	8,072.0690	8,113.6099
26	Pressure at gas generator exit	261.2903	261.3226	262.8242
27	Turbine inlet temperature	1,714.2587	1,720.6987	1,730.1428
28	Pressure at power turbine exit	14.6500	14.6500	14.6500
29	Temperature at power turbine exit	955.0000	955.0000	945.0000
30	Turbine pressure ratio	1.6764	1.6782	1.6736
31	Power turbine efficiency	0.7472	0.7627	0.8332
32	Stagnation temperature at power turbine	716.8085	722.8550	741.1111
33	Stagnation pressure at power turbine	276.4029	276.3067	277.5120
34	Power turbine mass flow rate	45.8603	45.4601	44.5314
35	Power turbine work	5,265.8254	5,265.8379	5,265.8449
36	Heat loses of combustor wall	454,914.1515	442,950.5688	455,501.4574
37	Stack loses	3,445.8106	3,478.7834	3,548.2716
38	Evaporation loses	1.3130	1.3130	1.3130
39	Energi loses	458,361.2751	446,430.6652	459,051.0419
40	Thermal efficiency	0.3297	0.3410	0.3393
41	Specific fuel consumption	294,932.0000	112,396.5000	166,544.0000

Lampiran Gambar

Gambar 7. Ruang bakar lapisan Hastelloy-X



Gambar 8. Ruang bakar lapisan ZrO_2

Lampiran Data

Central Duri Gas Turbine

Unit	Turbine Data	Generator Data			Commissioning
CGT #1	GENERAL ELECTRIC	GENERAL ELECTRIC			13-Jul-84
	GAS TURBINE DIVISION	GENERATOR			
	NO : 282064	AIR COOLED GENERATOR			
	AIR IN : 90 F	NO : 335X631			
	ALT : 118 FT	2 POLES, 3 PHASE			
	BASE : 21,720 KW	WYE CONN, 60 Hz			
	PEAK : 23,570 KW	TOTAL TEMP. AT RATING			
	FUEL : NATURAL GAS	GUARANTEED NOT TO EXCEED			
	EXH. BASE : 938 F	100 C ON ARMATURE BY DETECTOR			
	EXH. PEAK : 985 F	145 C ON FIELD BY RESISTANCE			
	PRESSURE : 14.65 PSIA	MAX. COLD AIR TEMP : 15 C			
	COMP. STAGES : 17		RATING	PEAK	
	RPM : 5105	KVA	29,600	32,000	
	TURB. STAGES : 2	ARMATURE AMPS	1,238	1,339	
	INTR. BOOK : GEK-72071	ARMATURE VOLTS	13,800	13,800	
	SCHENECTADY N.Y	FIELD AMPS	237	251	
	GREENVILLE S.C	EXCIT. AMPS	250	250	
	N.P. 169377	POWER FACTOR	0.85	0.85	
		RPM	3,600	3,600	
		COUTION : BEFORE INSTALLING OR			
		DI SMANTLING READ INSTRUCTION			
		GEK-72097,			
		LYNN, MASSACHUSETTS			
		MADE IN USA			

CGT #2	GENERAL ELECTRIC	GENERAL ELECTRIC			10-Dec-84
	GAS TURBINE DIVISION	GENERATOR			
	NO : 282499	AIR COOLED GENERATOR			
	AIR IN : 90 F	NO : 335X642			
	ALT : 118 FT	2 POLES, 3 PHASE			
	BASE : 21,900 KW	WYE CONN, 60 Hz			
	PEAK : 24,090 KW	TOTAL TEMP. AT RATING			
	FUEL : GAS	GUARANTEED NOT TO EXCEED			
	EXH. BASE : 925 F	100 C ON ARMATURE BY DETECTOR			
	EXH. PEAK : 982 F	145 C ON FIELD BY RESISTANCE			
	PRESSURE : 14.65 PSIA	MAX. COLD AIR TEMP : 15 C			
	COMP. STAGES : 17		RATING	PEAK	
	RPM : 5100	KVA	29,741	32,000	
	TURB. STAGES : 2	ARMATURE AMPS	1,244	1,339	
	SCHENECTADY N.Y	ARMATURE VOLTS	13,800	13,800	
	GREENVILLE S.C	FIELD AMPS	238	251	
	N.P. 169487	EXCIT. AMPS	250	250	
		POWER FACTOR	0,85	0,85	
		RPM	3,600	3,600	
		COUTION : BEFORE INSTALLING OR			
		DI SMANTLING READ INSTRUCTION			
		GEK-86466			
		LYNN, MASSACHUSETTS			
		MADE IN USA			
		N.P. 169377			

CGT #3	HITACHI-GE GAS TURBINE	TYPE : EFZBILA	11-Jun-88
	TYPE & FORM : PG5361	FORM : K	
	UNIT RATING : N.G	CODE : JEC-114-1979	
	BASE : 21,680 KW	OUT PUT : 29,741 KVA	
	COMP : 17 STAGES	CLASS OF RATING : CONT	
	TURBINE : 2 STAGES	AMB. TEMP : 15 C	
	SPEED : 5,100 RPM	NO.OF PHASES : 3 POLES : 2	
	AIR IN : 90 F	RPM : 3600, FREQ : 60 Hz	
	EXH. TEMP : 938 F	POWER FACTOR : 0.85	
	PRESSURE : 14,65 PSIA	VOLTAGE : 13, 800 V	
	DATE : 1985	CONN : Y	
	MFG NO : 966681	ARMATURE AMPS : 1244 A	
	GT NO : 356	EXCITATION VOLTS : 300 V DC	
	INSTR. BOOK : 1155590	FIELD AMPS : 288 A	
	HITACHI, ltd. TOKYO	TOTAL TEMP, NOT TO EXCEED	
	JAPAN	ON ARMATURE BY DETECTOR	
	HNR NO : 991550-1001	ON FIELD BY RESISTANCE	
		MFG NO : 165401-1	
		DATE : 1985	
		INSTRUCTION : TS. 1153066-2E	
		HITACHI, ltd. TOKYO JAPAN	
		HNR - 991550-1001	

CGT #4	HITACHI-GE GAS TURBINE	TYPE : EFZBILA	11-Jun-88
	TYPE & FORM : PG5361	FORM : K	
	UNIT RATING : N.G	CODE : JEC-114-1979	
	BASE : 21,680 KW	OUT PUT : 29,741 KVA	
	COMP : 17 STAGES	CLASS OF RATING : CONT	
	TURBINE : 2 STAGES	AMB. TEMP : 15 C	
	SPEED : 5,100 RPM	NO.OF PHASES : 3 POLES : 2	
	FUEL : GAS	RPM : 3600, FREQ : 60 Hz	
	AIR IN : 90 F	POWER FACTOR : 0.85	
	EXH. TEMP : 938 F	VOLTAGE : 13, 800 V	
	PRESSURE : 14.65 PSIA	CONN : Y	
	DATE : 1988	ARMATURE AMPS : 1244 A	
	MFG NO : 966101	EXCITATION VOLTS : 300 V DC	
	GT NO : 330	FIELD AMPS : 288 A	
	INSTR. BOOK : 1157353	TOTAL TEMP, NOT TO EXCEED	
	HITACHI, ltd. TOKYO	ON ARMATURE BY DETECTOR	
	JAPAN	ON FIELD BY RESISTANCE	
	HNR NO : 991550-1002	MFG NO : 165095-1	
		DATE : 1988	
		INSTR. BOOK : TS. 1153710-2E	
		HITACHI, ltd. TOKYO JAPAN	
		HNR - 991550-1002	

CGT #5	ALSTHOM	ALSTHOM	20-Mar-91
	TURCO : 259 (T259)	TYPE : T 180-180	
	MODEL : PG 5371 PA	Y CYL-ROTOR	
	COMP : 17 STAGES	S/ N : 412815	
	TURBINE : 2 STAGES	YEAR OF MFG : 1990	
	RPM : 5120	APPARENT POWER : 26,588 KVA	

	DESIGN OUTPUT	RATED VOLTAGE : 13,800 V	
	ISO CONDITIONS	RATED CURRENT : 1,112 A	
	BASE :	POWER FACTOR : 0.85	
	NATAL. GAS 26,300 KW	SPEED 3,600 RPM	
	DIST. OIL : 25,800 KW	FREQ : 60 Hz	
	TURBINE EXH : 483 C	CLASS OF INSULATION : F	
	PEAK	DUTY : CONTINUOUS	
	NATAL GAS : 28,150 KW	EXCITATION : 177 V 435 A	
	DIST. OIL : 27,650 KW	STANDARD : ANSI C50	
	TURBINE EXH : 508 C	PROTECTION : IP 44	
	FG DATE : APRIL 1990		
		ALSTHOM	
		ROTATING DI ODE EXCITER	
		TYPE : MULTIPHASE TKJ 63-10	
		S/ N : 412823	
		YEAR OF MFG : 1990	
		OUTPUT : 77 KW	
		RATED VOLTAGE : 177 V	
		RATED CURRENT : 435 A	
		SPEED : 3,600 RPM	
		EXCITATION BY : SEPARATED, 1 Hz	
		EXCITATION VOLTAGE : 33 V	
		EXCITATION CURRENT : 30 A	
		CLASS OF INSULATION : F	
		DUTY : CONTINUOUS	
		STANDARD : ANSI C50	
		PROTECTION : IP 44	

P.T. CALTEX PACIFIC INDONESIA
ENVIRONMENTAL & TECHNOLOGY SUPPORT LABORATORY DURI

GAS ANALYSIS

from	: CGT	Date of Report	: 28-07-2
g date	: 26-07-2000	Date Analyzed	: 27-07-2
g by	: E&TS Laboratory-Duri	Rec'd at Lab.	: 27-07-2
g point	: Incoming (after filter)	Lab. Analysis No.	: 00153C

ature(F) : 80
e (Psi) : 250

Composition :		Mol %, Normalized
n,	-N2	2.53
e,	-C1	80.02
Dioxide,	-CO2	6.28
	-C2	6.01
	-C3	3.60
tane,	-iC4	0.49
ne,	-nC4	0.71
ntane,	-iC5	0.17
ane,	-nC5	0.15
s	-C6	0.03
es plus,	-C7+	0.01
ul Mol. Weight (dry, Calc.)		20.67
Gravity (dry, Calc.)		0.7134
eating Value, Btu/scf (dry, real gas); **HHV**		1062
ting Value, Btu/scf (dry, real gas); **LHV**		961
eating Value, Btu/scf (dry, ideal gas); **HHV**		1059
ting Value, Btu/scf (dry, ideal gas); **LHV**		958
Index		49.0
ssibility factor at STP, Z		0.9971

Hydrogen sulfide content = 6 ppm

: YS/EY/PSB

: L. Simanjuntak, Muslim T. -HCT North Area
C : Michael Walker, RHH Aritonang - TS Rbi
Yushar Yusi M, Libo FMT
Robert Sebesta J. - Bekasap AMT
Dionisius A. Kumboro - MGT

Approved by : _____
Hadi Riyanto
Telp. 24341

FUEL CONSUMPTION

DIST. (BBLS)			CRUDE (BBLS)	DIST. & CRUDE		GAS
GROSS	S/U, S/D, FSNL		GROSS	GROSS	NETTO	MMscf
8.25				8.25	8.25	42.1
8.00				8.00	8.00	41.7
8.53				8.53	8.53	44.6
6.86				6.86	6.86	44.0
3.16				3.16	3.16	49.1
						91.0
34.80				34.80	34.80	313.9

FUEL MWH RATIO

LIQ	GAS	
BBLS / MWH	MMscf / MWH	MWH / MMscf
0.28	0.002966982	337.0426508
0.27	0.002862218	349.3793066
0.28	0.002826461	353.7992095
0.27	0.002963824	337.4019063
0.21	0.003116862	320.8355378
	0.002941861	339.9208617
0.27	0.017678209	2038.379795

GT. TRIP (TIMES)

INSTR. & EQUIPT FAIL	HU-MAN ER-ROR	TOTAL	TEST	OTHERS
2		2		
1		1		
2		2		
1		1		
3		3		
1		1		
10		10		

PEAK ON GAS		EMG S/D	NORM S/D	LUBE OIL CONS. (DRM)
TIMES	HOURS	TIMES	TIMES	
3	4.58	1	1	1
4	9.22	2	5	2
8	27.03	1	1	1
10	72.01	1	1	1
7	23.72	3	2	1
0	5.83	2	0	1
38	143.09	10	19	7

UNIT UNAVAILABLE HOURS

UNIT S / B HOURS	REPAIR		F O	C I	H G P	M O	TOTAL
	UN SCHEDULE	SCHEDULE					
54.78	54.78						54.78
8.96	15.50						15.50
14.37	9.00						9.00
51.60	30.18						30.18
62.60	51.60						51.60
160.48	41.79						41.79
352.81	202.85						202.85

PERFORMANCE (%)

R	A	U
93.56	93.58	87.17
97.58	97.58	96.61
98.79	98.79	96.86
96.35	96.35	90.10
93.69	93.99	86.69
95.58	95.58	78.59
95.94	95.94	88.88

GT. START (TIMES)

AT-TEMPT	FAILURE				SUC-SESS
	BFR. FLAME		AFT. FLAME		
	MAN	AUTO	MAN	AUTO	
1					1
2					2
1					1
1					1
5					5
1					1
11					11

S / U REALI BILITY (%)	RHS / FLAME START	NUT SHELL CONS LBS
100.00	744.06	125
100.00	372.01	125
100.00	720.31	100
100.00	744.17	125
100.00	148.82	100
100.00	742.43	100
100.00	403.55	675

CHI/PH

DISTILLATE TANK LEVEL	FT	INCH	VOLUME	
BEGINNING OF THE MONTH	19	10.75	1,371,592	LTRS
END OF THE MONTH	19	9.75	1,405,944	LTRS
DIFFERENCE		1	34,352	LTRS
ADDITIONAL	250.85	BRLS	39,865	LTRS
DIST. CONSUMPTION	34.80	BBLS	5,533	LTRS
CRUDE CONSUMPTION				
CRUDE ADDITIONAL				

REMARKS :

FUEL CONSUMPTION

DIST. (BBLS)	CRUDE (BBLS)		DIST. & CRUDE		GAS	FUEL MWH RATIO			GT. TRIP (TIMES)					PEAK ON GAS		EMG S/D	NORM S/D	LUBE OIL CONS
						LIQ	GAS											
LOSS	S/U, S/D, PSNL	GROSS	GROSS	NETTO	MMscf	BBLS / MWH	MMscf / MWH	MWH / MMscf	INSTR & EQUIPT FAIL	HU MAN ER ROR	TOTAL	TEST	OTHERS	TIMES	HOURS	TIMES	TIMES	(DRM)
0.86			90.86	90.86	72.2	1.51	0.003262352	3644.252299	3		3			16	20.06	2	6	3
2.60			92.60	92.60	71.4	1.57	0.003158061	3729.558621	3		3			9	18.44	4	6	5
1.14			48.14	48.14	75.0	1.09	0.003105295	3940.168185	5		5			32	93.75	3	4	6
2.48			72.48	72.48	74.8	1.49	0.003253098	3794.334267	3		3			20	122.01	2	2	4
8.90			48.90	48.90	81.7	1.58	0.003431929	3494.763928	4		4			29	85.20	6	8	7
					151.5		0.003220499	3928.006246	13		13			104	36.93	12	25	22
2.38			**352.38**	**352.38**	**526.69**	**1.46**	**0.02**	**22,531.88**	**31**		**31**			**210**	**385.35**	**29**	**52**	**47**

UNIT UNAVAILABLE HOURS

UNIT / B OURS	REPAIR		F O	C I	H G P	M O	TOTAL
	UN SCHEDULE	SCHEDULE					
3.68	115.10						115.10
7.96	171.76						171.76
9.74	18.00						18.00
3.10	60.36						60.36
5.20	164.95						164.95
8.31	458.13						458.13
7.98	**988.30**						**988.30**

PERFORMANCE (%)

R	A	U
98.07	98.07	95.66
97.08	97.08	96.77
99.69	99.69	99.19
98.99	98.99	97.27
97.24	97.24	95.14
93.28	93.28	85.23
96.67	**96.67**	**116.36**

GT. START (TIMES)

AT-TEMPT	FAILURE				SUC-SESS
	BFR. FLAME		AFT. FLAME		
	MAN	AUTO	MAN	AUTO	
7	2		2		3
7	1		1		5
7	1		3		3
7	1		2		4
12	4		2		6
29	10		8		10
59	**19**		**19**		**31**

S / U REALI BILITY (%)	RHS / FLAME START	NUT SHELL CONS LBS
42.86	1,141.37	1,030
71.43	948.46	970
42.86	972.05	715
57.14	971.00	840
50.00	710.02	685
34.48	305.64	4,360
44.93	**690.86**	**4,220**

/PH	DISTILATE TANK LEVEL	FT	INCH	VOLUME
	BEGINNING OF THE YEAR	19	11.5	1,368,693 LTRS
	END OF THE MONTH	19	8.75	1,405,944 LTRS
	DIFFERENCE		4.13	37,250 LTRS
	ADDITIONAL	502.42	BBLS	79,885 LTRS
	DIST. CONSUMPTION	352.38	BBLS	56,028 LTRS
	CRUDE CONSUMPTION			
	CRUDE ADDITIONAL			

REMARKS :

DUS YEAR TO CURRENT MONTH

MW GENERATED					FUEL CONSUMPTION						FUEL MWH RATIO			GT. TRIP (TIMES)					PEAK ON GAS		EMG S/D	NORM S/D	LUBE OIL CONS
					DIST. (BBLS)		CRUDE (BBLS)	DIST. & CRUDE		GAS	LIQ	GAS												
DIST	CRUDE	TOTAL ON LIQUID	GAS	TOTAL	GROSS	S/U, S/D, FSNL	GROSS	GROSS	NETTO	MMscf	BBLS / MWH	MMscf / MWH	MWH / MMscf	INSTR & EQUIPT FAIL	HUMAN ERROR	TOTAL	TEST	OTHERS	TIMES	HOURS	TIMES	TIMES	(DRM)
0		30	97,733	97,763	83			82.61	82.61	29.5515	2.75	0.00030337	3297.209448	1		1			13	24	1	5	2
9		28.5	100,621	100,649	64			64.00	64.00	29.7678	2.95	0.000295842	3380.179254	2		2			8	8	2	1	3
4		14	109,998	109,012	40			39.61	39.61	30.3923	2.83	0.000278634	3586.569916	3		3			24	66	2	3	5
4		23.5	103,369	103,392	66			65.62	65.62	29.5016	2.79	0.000289274	3456.937359	2		2			10	10	1	1	3
6		16	103,405	103,421	46			45.74	45.74	32.5705	2.86	0.000315067	3173.928391	1		1			22	61	3	6	6
			217,349	217,349						60.5617		0.000278638	3588.885385	3		3			18	31	1	1	2
12		112.0	731,474	731,586	317.58			317.58	317.58	212.7546	2.84	0.001760024	20493.50375	12		12			95	242	10	17	21

RUNNING HOURS					UNIT S / B HOURS	UNIT UNAVAILABLE HOURS						PERFORMANCE (%)			GT. START (TIMES)						S / U REALIBUTY (%)	RHS / FLAME START	NUT SHELL CONS LBS
						REPAIR										FAILURE							
DIST	CRUDE	TOTAL LIQ	GAS	TOTAL		UN SCHEDULE	SCHEDULE	F O	C I	H G P	M O	TOTAL	R	A	U	AT-TEMPT	BFR FLAME MAN	BFR FLAME AUTO	AFT FLAME MAN	AFT FLAME AUTO	SUC-SESS			
76		1.76	4,961.02	4,962.78	88.99	60.32						60.32	98.82	98.82	97.08	6.00	2.00		2.00		2.00	33.33	1,240.70	905.00
74		1.74	4,945.02	4,946.76	8.99	156.26						156.26	96.94	96.94	96.77	5.00	1		1.00		3.00	60.00	1,236.69	845.00
78		0.78	5,111.22	5,112.00	15.37	9.00						9.00	100.00	100.00	100.00	6.00	1.00		3.00		2.00	33.33	1,022.40	615.00
59		1.59	5,080.23	5,081.82	51.50	30.18						30.18	99.41	99.41	99.41	6.00	1.00		2.00		3.00	50.00	1,016.36	715.00
55		1.55	4,935.00	4,936.55	62.60	113.35						113.35	97.78	97.78	96.56	7.00	4.00		2.00		1.00	14.29	1,645.35	565.00
			5,064.77	5,064.77	160.46	47.23						47.23	99.08	99.08	99.08	4.00	1.00		1.00		2.00	50.00	1,688.26	624.00
92		6.92	30,097.26	30,104.18	387.83	416.34						416.34	98.67	98.67	98.15	28	10.00		9		13.00	46.43	1,368.37	4,269.00

ED HOURS
RIOD HOURS — R(REALIBILITY) = (PH-(URH+FOH))/PH
AVAILABLE HOURS
ICED OUTAGE HOURS — A(AVABILITY) = (PH-UH)/PH
AIR HOURS
SCHEDULE REPAIR HOURS — U(USE FACTOR) = FH/PH
T TANK 1" = 5750 LITRES

DISTILLATE TANK LEVEL	FT	INCH	VOLUME	
BEGINNING OF THE YEAR	19	11.5	1,368,693	LTRS
END OF THE MONTH	19	10.75	1,371,592	LTRS
DIFFERENCE		0.75	2,899	LTRS
ADDITIONAL	251.57	BBLS	40,000	LTRS
DIST. CONSUMPTION	317.58	BBLS	50,495	LTRS
CRUDE CONSUMPTION				
CRUDE ADDITIONAL				

REMARKS

GT PLANT
N RECORD

CGT # 1			CGT # 2				CGT # 3				CGT # 4			
VAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP
10.0	13.9	950	21.2	7.0	13.9	948	22.6	8.0	13.9	945	22.0	10.2	13.8	950
9.8	13.9	950	21.0	7.2	13.9	945	22.6	8.0	13.9	945	22.0	10.4	13.8	950
9.8	13.9	950	21.0	7.0	13.9	945	22.8	8.0	13.9	940	21.9	10.4	13.8	948
9.8	13.9	950	21.0	7.0	13.9	950	22.8	7.8	13.9	940	21.9	10.0	13.8	945
9.8	13.9	950	21.0	7.0	13.9	950	22.8	7.8	13.9	940	21.9	10.0	13.8	945
9.8	13.9	950	21.0	7.0	13.9	950	22.8	7.8	13.9	940	21.8	9.8	13.8	945
9.8	13.8	955	21.0	7.0	13.9	952	22.9	7.9	13.9	940	21.8	9.8	13.9	948
9.8	13.8	950	21.0	7.4	13.9	950	22.6	7.5	13.9	940	21.5	9.8	13.9	948
9.6	13.8	950	20.8	7.2	13.9	952	22.4	6.5	13.9	940	21.4	9.4	13.9	950
9.6	13.8	950	20.4	7.0	13.9	952	22.0	7.1	13.9	940	21.1	9.5	13.9	950
9.6	13.8	952	20.2	7.0	13.9	952	21.8	7.6	13.9	945	21.0	9.5	13.9	950
9.4	13.8	952	20.0	7.0	13.9	955	21.5	7.6	13.9	948	20.5	9.6	13.9	952
9.4	13.8	952	19.9	7.0	13.9	955	21.4	7.8	13.9	948	20.5	10.0	13.9	950
9.4	13.8	950	19.8	6.6	13.9	952	21.3	7.8	13.9	945	20.5	9.8	13.9	950
9.4	13.8	952	19.6	8.0	13.9	955	21.0	8.2	13.9	950	20.2	9.5	13.9	952
9.8	13.8	952	19.4	8.2	13.9	955	21.0	8.8	13.9	945	20.0	10.0	13.9	940
10.0	13.8	952	19.8	8.8	13.9	955	21.3	9.2	13.9	950	20.2	9.8	13.9	955
9.9	13.8	950	19.8	9.2	13.9	955	21.4	9.4	13.9	950	20.2	10.2	13.9	955
10.0	13.8	950	20.0	9.0	13.9	955	21.6	9.7	13.9	950	20.5	10.3	13.9	952
10.1	13.8	950	20.2	8.8	13.9	955	21.8	10.0	13.9	950	20.7	10.5	13.9	950
10.1	13.8	950	20.2	8.8	13.9	955	21.8	9.8	13.9	945	20.7	10.4	13.9	950
10.1	13.8	950	20.2	8.8	13.9	955	21.8	9.4	13.9	940	20.6	10.4	13.9	945
10.0	13.8	945	20.2	8.7	13.9	945	21.4	9.8	13.9	930	20.2	10.2	13.9	930
10.0	13.8	930	20.2	8.2	13.9	935	21.4	9.8	13.9	920	20.2	10.2	13.9	920
235.0				184.9				201.3				239.7		
9.8	13.8	950	20.4	7.7	13.9	951	22.0	8.4	13.9	943	21.0	10.0	13.9	947

		CGT # 6				FREQ	GAS PRESSURE				
	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	(HZ)	INCOM	PLANT INLET	LIBO	PAGAR	PGN
	920	46.4	14.5	13.8	951	60.00	266	253			
	920	46.1	14.5	13.8	950	60.00	266	253			
	920	46.2	14.5	13.8	950	60.00	265	253			
	920	46.0	14.6	13.8	940	60.01	267	253			
	920	45.3	14.6	13.8	938	60.01	267	253			
	920	45.3	14.6	13.8	938	60.01	267	253	275	272	277
	920	45.1	14.5	13.8	916	60.02	267	251			
	920	43.6	14.5	13.8	914	60.01	267	252			
	920	43.3	14.8	13.8	919	60.01	267	252			
	920	42.9	14.5	13.8	928	59.98	265	250	272	270	275
	920	43.0	14.8	13.8	926	60.01	264	248			
	925	42.1	14.0	13.8	922	60.01	264	246			
	922	42.5	15.0	13.8	925	60.02	263	247			
	920	43.5	14.9	13.8	936	60.01	267	251	272	268	273
	922	43.3	14.7	13.8	939	60.00	264	250			
	922	42.5	14.8	13.8	931	60.02	264	251			
	922	43.3	14.8	13.8	941	60.01	264	251			
	922	42.6	14.9	13.8	926	60.01	265	252	271	269	274
	922	46.1	14.9	13.8	950	60.01	267	253			
	920	46.8	14.9	13.8	951	60.02	268	254			
	910	45.0	14.9	13.8	930	60.02	269	255			
	900	44.1	14.9	13.8	925	60.02	269	256			
	900	44.4	14.7	13.8	931	60.01	269	257			
	900	45.5	14.5	13.8	934	60.02	268	257			
			352.3								
	918	44.4	14.7	13.8	934	60.01	263	246	271	268	273
	925			13.8	951	60.02	269	257	275	272	277

22502.2			83300.6			84071.4			74,987.0						
22346.5			82864.2			83845.8			74,868.0						
162.11			83.56			60.69			122.5						
1825.8			1625.8			1247.4			2117.1						
91313			94333			35988			166931			314738			
90822			93814			35485			166423			313718			
491	MW		519	MW		503	MW		508	MW		1020	MW		
491	MW		519	MW		503	MW		508	MW		1020	MW		
	MW			MW			MW			MW			MW		
24	HRS		24	HRS		24	HRS		24	HRS		24	HRS		
	HRS			HRS			HRS			HRS			HRS		
	HRS			HRS			HRS			HRS			HRS		
	HRS			HRS			HRS			HRS			HRS		
	HRS			HRS			HRS			HRS			HRS		
	HRS			HRS			HRS			HRS			HRS		
	HRS			HRS			HRS			HRS			HRS		
	HRS			HRS			HRS			HRS			HRS		
	HRS			HRS			HRS			HRS			HRS		
	BBLS			BBLS			BBLS			BBLS			BBLS		
	BBLS			BBLS			BBLS			BBLS			BBLS		
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES			TIMES		
										TIMES			TIMES		
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES			TIMES		
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES			TIMES		
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES			TIMES		
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES			TIMES		
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES			TIMES		

DISTILLATE TANK LEVEL		
FEET	INCH	BARRELS
		0.0
GRAND TOTAL MW		RECORDED BY
3516.0		ish/pmm
3516.0		
0.0		

	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	17			17			17			17	
	9			9			9.8			8	
	25	LBS		25	LBS		25	LBS		25	LBS
	74	°F		76	°F		77	°F		77	°F
	3	PSIG		1	PSIG		1	PSIG		2	PSIG
	46	°F		18	°F		15	°F		27	°F
	19.7			22.1			21.4			21.3	
	955	°F		950	°F		956	°F		929	°F
	21.4			22.6			21.8			22.3	
	946	°F		948	°F		954	°F		924	°F
		°F			°F			°F			°F
		°F			°F			°F			°F
		HRS			HRS			HRS			HRS
		DRUMS			DRUMS			DRUMS			DRUMS

CGT PLANT
ON RECORD

CGT # 1			CGT # 2				CGT # 3				CGT # 4			
MVAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP
10.2	13.8	950	19.8	6.0	13.8	955	22.2	9.2	13.8	945	21.4	9.8	13.8	945
10.2	13.8	950	19.8	6.0	13.8	955	22.2	9.2	13.8	945	21.4	9.8	13.8	945
10.0	13.8	950	19.8	6.0	13.8	955	22.2	8.8	13.8	945	21.4	9.6	13.8	945
10.0	13.8	950	19.8	7.2	13.8	955	22.2	8.8	13.8	945	21.4	9.6	13.8	945
10.0	13.8	950	19.8	7.8	13.8	955	22.2	8.8	13.8	945	21.4	9.8	13.8	945
10.0	13.8	950	19.8	7.8	13.8	955	22.2	8.8	13.8	945	21.4	9.8	13.8	945
10.0	13.8	955	19.8	7.6	13.8	958	22.2	9.0	13.8	940	21.6	9.9	13.8	950
9.5	13.8	950	19.8	8.0	13.8	950	22.0	9.0	13.8	940	21.3	9.8	13.8	950
9.5	13.8	950	20.6	8.4	13.8	950	22.0	9.0	13.8	940	21.0	9.8	13.8	950
9.8	13.8	950	21.0	8.8	13.8	950	22.0	9.0	13.8	940	21.0	10.0	13.8	950
9.8	13.8	950	21.0	8.8	13.8	950	22.4	9.0	13.8	940	21.2	10.0	13.8	950
9.6	13.8	950	20.8	9.0	13.8	950	22.2	9.0	13.8	940	21.2	10.2	13.8	950
9.2	13.8	955	20.5	9.2	13.8	950	22.0	8.8	13.8	945	21.0	10.0	13.8	950
9.0	13.8	955	20.4	9.5	13.8	955	22.0	8.6	13.8	945	21.0	9.8	13.8	950
9.0	13.8	955	20.2	10.0	13.8	955	21.8	8.6	13.8	945	20.7	9.8	13.8	950
9.2	13.8	955	20.3	10.2	13.8	953	21.8	8.9	13.8	940	21.0	10.5	13.8	945
9.5	13.8	955	20.4	9.6	13.8	955	22.0	9.2	13.8	940	21.0	10.8	13.8	950
9.5	13.8	950	20.4	10.0	13.8	955	22.0	8.8	13.8	940	21.0	10.5	13.8	950
9.8	13.8	950	20.6	10.0	13.8	950	22.2	9.2	13.8	945	21.2	10.8	13.8	950
10.0	13.8	950	20.6	10.0	13.8	950	22.2	9.4	13.8	945	21.4	10.8	13.8	945
10.0	13.8	950	20.6	9.6	13.8	950	22.4	9.4	13.8	940	21.4	10.6	13.8	945
10.0	13.8	950	20.8	9.8	13.8	950	22.4	9.2	13.8	940	21.4	10.6	13.8	945
9.8	13.8	950	21.0	9.6	13.8	950	22.6	9.2	13.8	940	21.6	10.6	13.8	945
9.8	13.8	950	20.8	9.2	13.8	950	22.4	9.2	13.8	940	20.6	10.8	13.8	930
233.4				208.1				216.1				243.7		
9.7	13.8	951	20.4	8.7	13.8	953	22.2	9.0	13.8	942	21.2	10.2	13.8	947
	13.8	955			13.8	958			13.8					

	CGT # 6				FREQ	GAS PRESSURE				
EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	(HZ)	INCOM	PLANT INLET	LIBO	PAGAR	PGN
920	45.5	14.3	13.8	935	60.04	260	250			
918	45.6	14.2	13.8	930	60.02	260	250			
918	45.4	14.2	13.8	928	60.04	260	250			
920	45.3	14.3	13.8	920	60.02	260	250			
920	46.4	14.5	13.8	937	60.01	262	250			
920	45.8	14.3	13.8	916	60.01	262	250	268	271	275
920	46.2	14.4	13.8	919	60.00	262	250			
920	43.1	14.2	13.8	902	60.01	262	250			
920	42.5	14.2	13.8	906	60.02	261	249			
920	43.1	13.9	13.8	909	60.01	261	250	270	268	274
920	43.7	13.7	13.8	920	60.01	261	250			
920	42.8	13.8	13.8	923	60.03	262	250			
920	42.9	14.1	13.8	922	60.00	262	250			
922	43.1	14.1	13.8	927	60.01	263	250	268	267	272
922	42.9	14.4	13.8	935	60.01	262	249			
920	43.4	14.7	13.8	941	60.02	267	252			
920	43.2	14.6	13.8	934	60.02	264	250			
920	43.1	14.8	13.8	930	59.98	265	250	270	269	274
920	44.2	14.8	13.8	920	60.00	267	252			
920	43.3	14.8	13.8	916	60.01	268	253			
920	42.5	14.7	13.8	913	60.00	268	254			
920	42.5	14.7	13.8	910	60.00	268	254			
920	42.1	14.6	13.8	905	60.03	268	255			
920	42.8	14.6	13.8	905	60.04	268	255			
		344.9								
920	43.8	14.4	13.8	921	60.01	260	249	268	267	272
922			13.8	941	60.04	268	255	270	271	275

22478.1	83276.5	84047.3	74,963.4	
22322.4	82840.1	83821.7	74,844.7	
162.11	83.56	60.69	122.5	
1825.8	1625.8	1247.4	2117.1	
90822	93814	35485	166423	313718
90334	93287	34980	165905	312698
488 MW	527 MW	505 MW	518 MW	1020 MW
488 MW	527 MW	505 MW	518 MW	1020 MW
MW	MW	MW	MW	MW
24 HRS	24 HRS	24 HRS	24 HRS	24 HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
BBLS	BBLS	BBLS	BBLS	BBLS
BBLS	BBLS	BBLS	BBLS	BBLS
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES
			TIMES	TIMES
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES

DISTILLATE TANK LEVEL		
FEET	INCH	BARRELS
		0.0

GRAND TOTAL MW	RECORDED BY
3527.0	YLK/NS
3527.0	
0.0	

	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
17			17			17			17		
8.8			11			11.2			8.8		
25	LBS		25	LBS		25	LBS		25	LBS	
80	° F		80	° F		81	° F		81	° F	
1	PSIG		1	PSIG		1	PSIG		1	PSIG	
32	° F		16	° F		20	° F		21	° F	
21			22.2			21.2			21.7		
946	° F		950	° F		957	° F		928	° F	
21.8			22.6			22			22.2		
943	° F		949	° F		956	° F		922	° F	
	° F			° F			° F			° F	
	° F			° F			° F			° F	
	HRS			HRS			HRS			HRS	
	DRUMS			DRUMS			DRUMS			DRUMS	

CGT PLANT
ON RECORD

CGT # 1			CGT # 2				CGT # 3				CGT # 4			
MVAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP
9.8	13.8	950	20.6	8.0	13.8	950	22.2	9.6	13.8	940	21.2	8.8	13.8	950
9.8	13.8	950	20.6	8.0	13.8	950	22.2	9.6	13.8	940	21.2	9.5	13.8	950
9.8	13.8	950	20.6	8.0	13.8	950	22.4	9.6	13.8	940	21.4	9.5	13.8	950
9.8	13.8	950	20.8	8.0	13.8	950	22.6	9.5	13.8	945	21.4	9.6	13.8	950
9.8	13.8	950	20.8	8.0	13.8	950	22.4	9.8	13.8	945	21.2	9.6	13.8	950
9.7	13.8	950	20.8	8.0	13.8	950	22.4	9.5	13.8	945	21.2	9.6	13.8	950
9.8	13.8	950	20.8	8.2	13.8	950	22.4	9.5	13.8	945	21.2	9.8	13.8	950
9.8	13.8	950	20.8	8.0	13.8	950	22.4	9.5	13.8	940	21.4	9.6	13.8	950
9.4	13.8	950	20.2	8.0	13.8	950	21.9	9.4	13.8	945	21.0	9.5	13.8	950
9.8	13.8	955	20.2	8.4	13.8	955	21.6	9.6	13.8	948	20.8	10.2	13.8	950
9.8	13.8	952	20.2	8.8	13.8	952	21.9	9.6	13.8	945	21.0	10.2	13.8	950
9.6	13.8	950	20.3	8.6	13.8	950	21.9	9.8	13.8	945	20.9	10.2	13.8	950
9.4	13.8	950	20.2	8.2	13.8	950	21.7	9.6	13.8	947	20.9	10.0	13.8	950
9.2	13.8	950	20.8	8.8	13.8	950	22.6	9.4	13.8	945	21.7	9.4	13.8	945
9.3	13.8	950	20.6	8.6	13.8	950	22.6	9.8	13.8	945	21.7	10.0	13.8	945
9.6	13.8	955	20.6	8.0	13.8	955	22.2	10.0	13.8	945	21.2	10.0	13.8	950
9.7	13.8	955	20.6	8.8	13.8	952	22.0	9.4	13.8	945	21.0	10.2	13.8	950
9.8	13.8	955	20.6	8.8	13.8	955	22.0	9.7	13.8	945	21.2	10.2	13.8	950
9.8	13.8	955	20.6	8.8	13.8	955	22.0	9.7	13.8	945	21.2	10.2	13.8	950
9.8	13.8	952	20.8	8.8	13.8	955	22.2	9.8	13.8	940	21.5	10.4	13.8	950
9.9	13.8	950	20.8	8.8	13.8	952	22.4	9.9	13.8	940	21.6	10.4	13.8	940
9.9	13.8	950	20.8	9.0	13.8	950	22.5	9.9	13.8	940	21.4	10.0	13.8	940
9.9	13.8	950	20.8	9.0	13.8	950	22.5	9.9	13.8	940	21.4	10.0	13.8	940
9.9	13.8	950	20.8	9.0	13.8	950	22.5	9.9	13.8	940	21.4	10.0	13.8	940
223.3				202.6				232.0				236.9		
9.7	13.8	951	20.6	8.4	13.8	951	22.2	9.7	13.8	943	21.3	9.9	13.8	948

		CGT # 6				FREQ	GAS PRESSURE				
	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	(HZ)	INCOM	PLANT INLET	LIBO	PAGAR	PGN
	922	46.1	15.0	13.8	937	60.02	267	252			
	922	46.1	15.0	13.8	935	60.02	266	250			
	922	46.0	15.0	13.8	930	60.01	266	250			
	922	46.0	15.0	13.8	930	60.06	266	250			
	922	46.0	15.0	13.8	932	60.06	266	250			
	922	45.3	14.7	13.8	935	60.06	266	250	269	270	276
	922	46.3	14.7	13.8	939	60.06	266	250			
	925	46.0	14.5	13.8	937	60.00	265	250			
	925	46.0	14.3	13.8	939	60.00	265	250			
	925	46.0	14.2	13.8	938	60.02	265	250	270	268	274
	925	46.1	14.5	13.8	938	60.03	265	250			
	925	46.2	14.1	13.8	951	60.01	263	250			
	925	46.4	14.0	13.8	955	60.00	262	250			
	925	46.0	14.0	13.8	960	60.00	262	250	270	267	272
	925	46.0	14.0	13.8	962	59.99	262	250			
	925	46.0	14.1	13.8	962	60.00	260	250			
	925	46.1	14.3	13.8	966	60.00	262	250			
	925	46.2	14.5	13.8	961	59.98	265	252	273	270	274
	925	46.0	14.7	13.8	955	59.98	265	255			
	922	46.7	14.8	13.8	952	60.00	266	255			
	922	46.4	14.8	13.8	952	60.00	265	253			
	920	46.6	14.7	13.8	950	60.00	265	253			
	920	45.7	14.6	13.8	950	60.02	265	254			
	920	46.7	14.5	13.8	952	60.02	267	254			
			349.0								
	923	46.1	14.5	13.8	947	60.01	260	250	269	267	272
	925			13.8	966	60.06	267	255	273	270	276

22454.1		83252.5		84023.3		74,939.4			
22298.4		82816.1		83797.7		74,820.6			
162.11		83.56		60.69		122.5			
1825.8		1625.8		1247.4		2117.1			
90334		93287		34980		165905		312698	
89843		92763		34478		165382		311680	
491	MW	524	MW	502	MW	523	MW	1018	MW
491	MW	524	MW	502	MW	523	MW	1018	MW
	MW		MW		MW		MW		MW
24	HRS	24	HRS	24	HRS	24	HRS	24	HRS
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS
	BBLS		BBLS		BBLS		BBLS		BBLS
	BBLS		BBLS		BBLS		BBLS		BBLS
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES
							TIMES		TIMES
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES

DISTILLATE TANK LEVEL		
FEET	INCH	BARRELS
		0.0
GRAND TOTAL MW		RECORDED BY
3531.0		ylk/ns
3531.0		
0.0		

	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES		TIMES
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES		TIMES
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES		TIMES
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES		TIMES
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES		TIMES
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES		TIMES
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES		TIMES
	17			17			17			17		
	8.5			12.5			11.8			7.2		
	25	LBS		25	LBS		25	LBS		25	LBS	LBS
	80	°F		80	°F		80	°F		80	°F	°F
	1	PSIG		1	PSIG		1	PSIG		0.5	PSIG	PSIG
	21	°F		37	°F		10	°F		13	°F	°F
	20.9			22			21			21.6		
	948	°F		952	°F		959	°F		927	°F	°F
	21.3			22.7			21.6			22		
	946	°F		951	°F		958	°F		924	°F	°F
		°F			°F			°F			°F	°F
		°F			°F			°F			°F	°F
		HRS			HRS			HRS			HRS	HRS
		DRUMS			DRUMS			DRUMS			DRUMS	DRUMS

GT PLANT
RECORD

CGT # 1			CGT # 2				CGT # 3				CGT # 4			
VAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP
0.0	13.8	950	20.8	10.0	13.8	950	22.2	10.4	13.8	940	21.2	10.4	13.8	945
0.0	13.8	950	20.8	10.0	13.8	950	22.2	10.4	13.8	940	21.2	10.4	13.8	945
0.0	13.8	950	20.8	10.0	13.8	950	22.3	10.3	13.8	940	21.4	10.4	13.8	945
0.0	13.8	950	20.8	10.0	13.8	950	22.3	10.3	13.8	940	21.4	10.4	13.8	945
0.0	13.8	950	20.8	10.0	13.8	950	22.4	10.2	13.8	940	21.4	10.3	13.8	945
0.0	13.8	950	20.8	10.0	13.8	950	22.5	10.2	13.8	940	21.4	10.3	13.8	945
0.4	13.8	950	20.8	9.6	13.8	950	22.5	10.4	13.8	940	21.5	10.6	13.8	945
0.4	13.8	950	20.4	10.0	13.8	955	22.2	10.4	13.8	940	21.2	10.7	13.8	945
0.4	13.8	952	20.0	10.0	13.8	955	21.6	10.3	13.8	948	20.6	11.0	13.8	950
0.2	13.8	952	20.0	10.2	13.8	955	21.4	10.6	13.8	950	20.4	11.0	13.8	950
0.2	13.8	952	19.8	10.2	13.8	955	21.2	10.4	13.8	950	20.3	11.0	13.8	950
0.0	13.8	955	19.8	10.6	13.8	958	21.0	10.4	13.8	950	20.0	11.0	13.8	955
0.0	13.8	955	19.8	10.6	13.8	955	21.0	10.6	13.8	950	20.0	11.0	13.8	955
9.8	13.8	945	19.3	10.4	13.8	960	21.6	10.8	13.8	915	20.0	11.0	13.8	955
9.6	13.8	950	19.9	10.2	13.8	960	20.0	10.6	13.8	910	20.4	10.8	13.8	952
9.8	13.8	950	20.0	10.0	13.8	960	20.3	10.7	13.8	910	20.6	10.8	13.8	952
9.8	13.8	952	20.2	9.8	13.8	958	20.7	10.7	13.8	920	20.8	10.8	13.8	952
9.8	13.8	950	20.2	10.0	13.8	955	21.2	10.8	13.8	920	21.0	10.6	13.8	945
9.8	13.8	950	20.2	10.0	13.8	955	21.2	10.8	13.8	920	21.0	10.6	13.8	945
9.6	13.8	950	20.4	9.8	13.8	955	21.5	10.7	13.8	940	21.2	10.6	13.8	945
9.6	13.8	950	20.6	10.0	13.8	955	22.0	10.4	13.8	945	21.2	10.8	13.8	945
9.7	13.8	950	20.6	10.2	13.8	955	22.1	10.4	13.8	945	21.2	10.8	13.8	945
9.7	13.8	950	20.8	10.2	13.8	955	22.0	10.0	13.8	935	21.2	10.0	13.8	945
9.7	13.8	950	20.8	10.2	13.8	955	22.0	10.0	13.8	940	21.2	10.0	13.8	945
38.5				242.0				250.8				255.3		
9.9	13.8	951	20.4	10.1	13.8	954	21.6	10.5	13.8	936	20.9	10.6	13.8	948
	13.8	955			13.8	960			13.8	950			13.8	955

		CGT # 6				FREQ	GAS PRESSURE				
	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	(HZ)	INCOM	PLANT INLET	LIBO	PAGAR	PGN
	920	43.0	15.1	13.8	901	60.01	265	251			
	920	43.2	15.1	13.8	900	60.01	265	251			
	920	43.2	15.2	13.8	895	60.01	265	251			
	920	42.5	15.2	13.8	895	60.01	265	251			
	920	42.4	15.3	13.8	892	60.01	265	250			
	920	42.7	15.3	13.8	891	60.01	265	250	272	269	277
	920	43.3	15.4	13.8	895	60.02	265	250			
	920	43.0	15.4	13.8	913	59.98	265	250			
	920	43.6	15.4	13.8	915	60.00	265	250			
	920	43.5	15.7	13.8	920	60.02	264	250	274	270	275
	920	42.8	15.8	13.8	922	60.01	264	225			
	920	43.2	15.8	13.8	920	60.01	265	250			
	920	43.2	15.8	13.8	916	60.01	265	250			
	920	43.5	15.8	13.8	918	59.99	265	250	274	271	275
	925	43.5	15.9	13.8	923	59.99	265	250			
	925	43.9	16.0	13.8	932	59.97	262	248			
	925	43.5	15.8	13.8	930	60.01	262	248			
	925	43.6	16.0	13.8	928	60.06	265	250	272	270	275
	920	43.8	16.1	13.8	909	60.02	267	251			
	920	43.3	15.9	13.8	910	60.01	267	252			
	920	43.1	15.8	13.8	911	60.01	267	252			
	920	43.6	15.9	13.8	912	60.02	267	253			
	920	43.6	15.7	13.8	910	60.04	267	252			
	920	43.6	15.7	13.8	910	60.04	267	252			
			375.1								
	921	43.3	15.6	13.8	911	60.01	262	225	272	269	275
	925			13.8	932	60.06	267	253	274	271	277

22406.1		83204.6		83975.3		74891.5								
22250.4		82768.1		83749.1		74272.7								
162.11		83.56		60.69		122.5								
1825.8		1625.8		1247.4		2117.1								
89353		92239		33976		164859		310641						
0		0		0		0		0						
89353	MW	92239	MW	33976	MW	164859	MW	310641	MW					
89353	MW	92239	MW	33976	MW	164859	MW	310641	MW					
	MW		MW		MW		MW		MW					
24	HRS	24	HRS	24	HRS	24	HRS	24	HRS					
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS					
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS					
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS					
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS					
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS					
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS					
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS					
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS					
	BBLS		BBLS		BBLS		BBLS		BBLS					
	BBLS		BBLS		BBLS		BBLS		BBLS					
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES					
							TIMES		TIMES					
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES					
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES					
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES					
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES					
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES					

DISTILLATE TANK LEVEL		
FEET	INCH	BARRELS
		0.0
GRAND TOTAL MW		RECORDED BY
718086.0		irw/ylk
718086.0		
0.0		

	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	TIMES			TIMES			TIMES			TIMES	
	17			17			17				
	9			9			9.8			8	
	25	LBS		25	LBS		25	LBS		25	LBS
	74	°F		76	°F		77	°F		77	°F
	3	PSIG		1	PSIG		1	PSIG		2	PSIG
	46	°F		18	°F		15	°F		27	°F
	19.7			22.1			21.4			21.3	
	955	°F		950	°F		956	°F		929	°F
	21.4			22.6			21.8			22.3	
	946	°F		948	°F		954	°F		924	°F
		°F			°F			°F			°F
		°F			°F			°F			°F
		HRS			HRS			HRS			HRS
		DRUMS			DRUMS			DRUMS			DRUMS

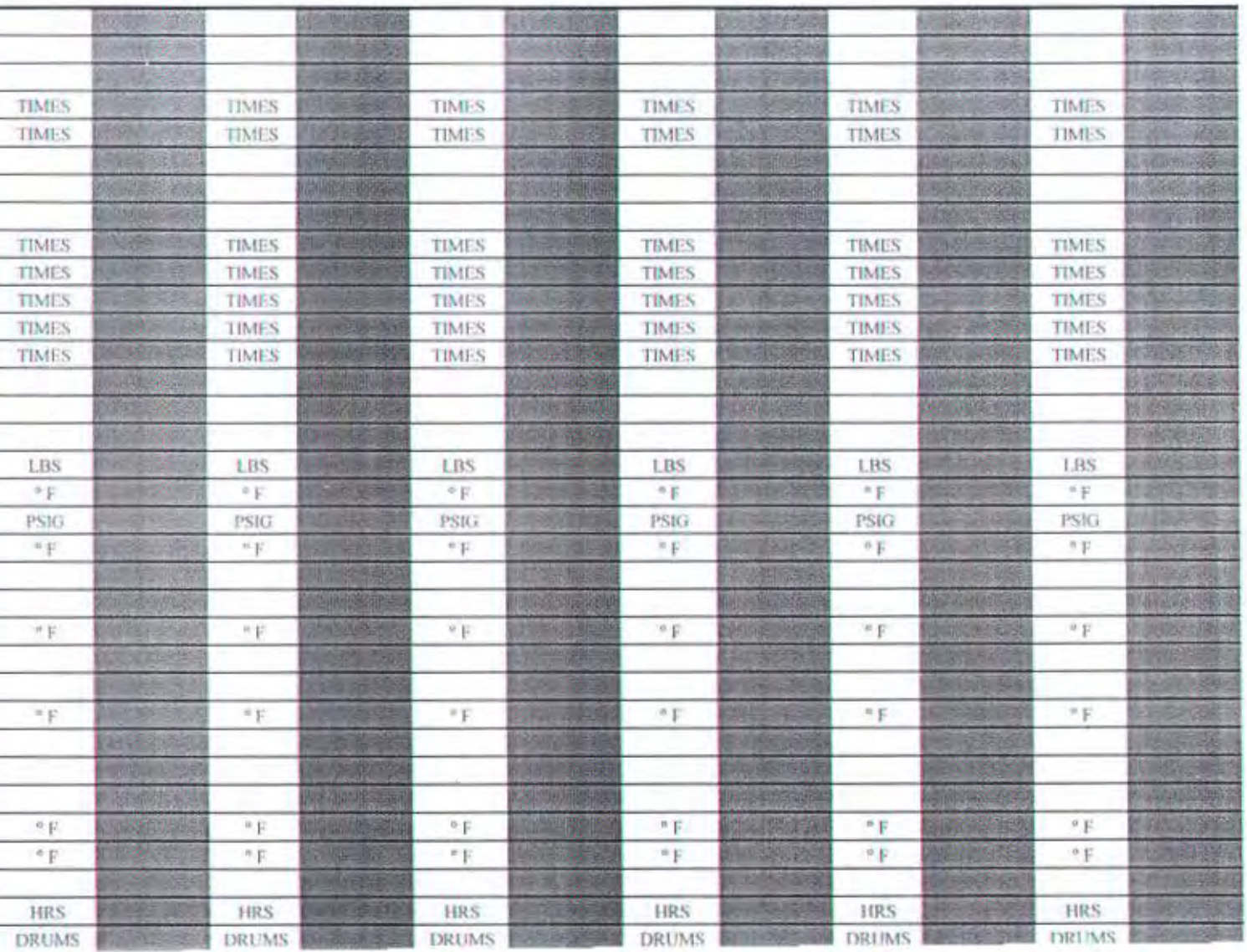
GT PLANT
RECORD

CGT # 1			CGT # 2				CGT # 3				CGT # 4			
AR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP
6	13.8	948	20.8	9.4	13.8	950	21.8	10.2	13.8	925	21.0	10.4	13.8	935
6	13.8	948	20.8	9.4	13.8	950	21.8	10.2	13.8	925	21.0	10.3	13.8	935
4	13.8	950	20.8	9.4	13.8	950	22.5	10.2	13.8	950	21.6	10.5	13.8	945
5	13.8	950	20.8	9.6	13.8	950	22.5	10.3	13.8	950	21.4	10.5	13.8	945
5	13.8	950	20.6	9.8	13.8	950	22.2	10.5	13.8	950	21.2	10.7	13.8	945
5	13.8	950	20.6	9.8	13.8	950	22.2	10.5	13.8	950	21.2	10.7	13.8	945
5	13.8	950	20.8	9.6	13.8	950	22.4	10.0	13.8	940	21.4	10.0	13.8	945
8	13.8	950	20.6	9.6	13.8	950	22.2	10.0	13.8	940	21.2	10.0	13.8	950
4	13.8	950	20.5	9.6	13.8	950	21.8	10.0	13.8	945	21.0	10.2	13.8	950
7	13.8	950	20.6	9.8	13.8	950	22.0	9.8	13.8	945	21.0	10.2	13.8	945
8	13.8	955	20.2	9.8	13.8	950	21.2	10.2	13.8	945	20.4	10.4	13.8	945
4	13.8	955	20.4	9.8	13.8	950	21.8	10.6	13.8	945	20.6	10.2	13.8	950
0	13.8	952	20.2	10.2	13.8	955	21.4	10.4	13.8	950	20.4	10.4	13.8	955
5	13.8	950	20.6	9.8	13.8	952	21.8	10.8	13.8	945	20.7	10.4	13.8	950
8	13.8	950	20.0	9.5	13.8	950	21.0	10.6	13.8	945	20.2	10.4	13.8	950
8	13.8	950	20.0	9.8	13.8	950	21.0	10.6	13.8	945	20.2	10.6	13.8	950
8	13.8	950	20.0	10.0	13.8	950	21.0	10.6	13.8	945	20.0	10.8	13.8	950
8	13.8	950	20.2	10.0	13.8	950	21.5	10.8	13.8	945	20.6	10.8	13.8	952
8	13.8	950	20.6	10.0	13.8	950	21.5	10.8	13.8	945	20.5	10.8	13.8	950
9	13.8	950	20.6	10.2	13.8	952	21.8	10.6	13.8	945	21.0	10.6	13.8	950
9	13.8	950	20.6	10.3	13.8	952	21.9	10.5	13.8	945	21.0	10.6	13.8	950
8	13.8	950	20.8	10.6	13.8	952	21.9	10.4	13.8	945	21.0	10.5	13.8	950
6	13.8	950	21.0	9.4	13.8	952	22.0	10.4	13.8	945	21.3	10.4	13.8	950
8	13.8	948	21.1	10.1	13.8	950	22.4	10.2	13.8	940	21.4	10.4	13.8	950
2.2				235.5				249.2				250.8		
7	13.8	950	20.6	9.8	13.8	951	21.8	10.4	13.8	944	20.9	10.5	13.8	948
	13.8	955			13.8	955			13.8	950			13.8	955

		CGT # 6				FREQ	GAS PRESSURE				
	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	(HZ)	INCOM	PLANT INLET	LIBO	PAGAR	PGN
	920	42.7	15.6	13.8	900	60.04	268	252			
	920	43.2	15.6	13.8	898	60.04	268	252			
	920	43.0	15.6	13.8	897	60.02	268	252			
	920	42.7	15.6	13.8	899	60.04	268	252			
	920	42.4	15.5	13.8	900	60.03	267	251			
	920	42.0	15.5	13.8	900	60.00	267	251	276	273	278
	920	43.3	15.6	13.8	891	60.03	265	250			
	920	43.3	15.7	13.8	908	60.02	265	251			
	920	43.1	15.8	13.8	913	60.00	263	250			
	922	43.0	15.9	13.8	923	59.97	262	248	270	268	275
	922	43.0	16.0	13.8	925	59.96	260	248			
	925	43.2	16.0	13.8	932	60.00	262	250			
	925	43.3	16.1	13.8	933	60.00	263	250			
	925	43.8	16.3	13.8	940	59.95	267	252	273	271	274
	900	42.8	16.0	13.8	929	60.01	265	250			
	900	43.1	16.1	13.8	932	60.00	266	250			
	905	42.6	16.1	13.8	917	59.97	265	250			
	905	42.9	15.9	13.8	934	60.00	265	250	272	270	275
	910	43.1	15.9	13.8	928	60.00	265	250			
	915	43.4	16.0	13.8	917	59.98	265	250			
	920	43.6	16.1	13.8	910	59.96	267	252			
	920	43.4	16.1	13.8	912	59.95	267	253			
	920	43.4	15.9	13.8	897	60.00	267	253			
	920	43.3	16.0	13.8	902	60.00	267	253			
			380.9								
	917	43.1	15.9	13.8	914	60.00	260	248	270	268	274
	925			13.8	940	60.04	268	253	276	273	278

22430.3		83228.7		83999.4		74915.5			
22274.6		82792.3		83773.8		74796.8			
162.11		83.56		60.69		122.5			
1825.8		1625.8		1247.4		2117.1			
89843		92763		34478		165382		311680	
89353		92239		33976		164859		310641	
490	MW	524	MW	502	MW	523	MW	1039	MW
490	MW	524	MW	502	MW	523	MW	1039	MW
	MW		MW		MW		MW		MW
24	HRS	24	HRS	24	HRS	24	HRS	24	HRS
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS
	HRS		HRS		HRS		HRS		HRS
	BBLS		BBLS		BBLS		BBLS		BBLS
	BBLS		BBLS		BBLS		BBLS		BBLS
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES
							TIMES		TIMES
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES
	TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES

DISTILLATE TANK LEVEL		
FEET	INCH	BARRELS
		0.0
GRAND TOTAL MW		RECORDED BY
3550.0		irw/yfk
3550.0		
0.0		


TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
TIMES
LBS
°F
PSIG
°F
°F
°F
°F
°F
°F
°F
°F
°F
°F
°F
°F
°F
°F
°F
°F
°F
°F
°F
°F
°F
°F
°F
HRS
DRUMS
HRS
DRUMS
HRS
DRUMS
HRS
DRUMS
HRS
DRUMS
HRS
DRUMS

GT PLANT
N RECORD

CGT # 1			CGT # 2				CGT # 3				CGT # 4			
VAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP
9.6	13.8	950	20.8	9.0	13.8	950	22.4	9.4	13.8	940	21.4	10.6	13.8	940
9.6	13.8	950	20.8	9.0	13.8	950	22.4	9.4	13.8	940	21.4	10.6	13.8	940
9.8	13.8	950	20.8	9.6	13.8	950	22.6	9.4	13.8	940	21.4	10.2	13.8	940
9.8	13.8	945	20.8	9.6	13.9	950	22.6	9.4	13.8	935	21.4	10.8	13.8	940
9.8	13.8	945	20.8	9.6	13.9	950	22.6	9.4	13.8	935	21.4	10.8	13.8	940
9.8	13.8	945	20.8	9.6	13.9	950	22.6	9.4	13.8	935	21.4	10.8	13.8	940
10.0	13.8	950	20.6	8.8	13.8	950	22.0	9.2	13.8	945	21.2	10.4	13.8	945
10.0	13.8	950	20.4	9.2	13.8	950	22.0	9.0	13.8	945	21.2	10.4	13.8	945
9.4	13.8	950	20.1	9.0	13.8	952	21.7	9.0	13.8	945	20.9	10.2	13.8	950
9.8	13.8	950	19.9	9.4	13.8	952	21.3	9.0	13.8	945	20.2	10.2	13.8	950
9.8	13.8	950	19.8	9.6	13.8	952	21.4	9.2	13.8	945	20.4	10.4	13.8	952
9.5	13.8	950	19.8	9.7	13.8	958	21.3	9.1	13.8	948	20.4	10.1	13.8	950
9.8	13.8	952	19.6	9.8	13.8	955	21.0	9.5	13.8	948	20.1	10.6	13.8	950
9.8	13.8	950	19.0	9.5	13.8	940	19.0	9.6	13.8	900	19.0	10.6	13.8	925
9.6	13.8	950	19.5	9.7	13.8	955	21.0	9.4	13.8	945	20.1	10.6	13.8	952
9.8	13.8	955	19.7	9.5	13.8	952	21.0	9.4	13.8	945	20.1	10.6	13.8	950
9.8	13.8	955	19.8	9.6	13.8	955	21.2	9.4	13.8	948	20.2	11.2	13.8	952
10.0	13.8	950	19.8	10.1	13.8	955	21.4	9.6	13.8	950	20.6	11.0	13.8	955
10.0	13.8	950	20.5	9.8	13.8	952	22.0	9.6	13.8	940	20.7	11.0	13.8	935
10.0	13.8	950	20.8	9.2	13.8	950	22.2	9.6	13.8	930	20.8	11.0	13.8	930
10.0	13.8	940	20.6	9.2	13.8	940	22.0	9.6	13.8	920	20.6	11.0	13.8	922
10.0	13.8	935	20.4	9.2	13.8	935	21.8	9.6	13.8	915	20.4	11.0	13.8	918
9.8	13.8	935	20.6	9.4	13.8	935	21.8	9.2	13.8	915	20.7	10.8	13.8	918
9.8	13.8	935	20.6	9.2	13.8	935	21.8	8.6	13.8	915	20.6	10.6	13.8	918
235.3				226.3				224.0				255.5		
9.8	13.8	948	20.3	9.4	13.8	949	21.7	9.3	13.8	936	20.7	10.6	13.8	940

		CGT # 6				FREQ	GAS PRESSURE				
	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	(HZ)	INCOM	PLANT INLET	LIBO	PAGAR	PGN
	885	43.8	15.7	13.8	903	60.01	269	255			
	885	42.7	15.6	13.8	900	60.00	269	255			
	920	43.3	15.5	13.8	907	60.00	267	255			
	920	43.5	15.5	13.8	907	60.00	267	255			
	920	43.5	15.7	13.8	906	60.00	267	252			
	920	43.2	15.3	13.8	902	60.00	265	252	270	270	277
	920	43.0	15.7	13.8	899	60.00	265	250			
	920	42.8	15.7	13.8	898	60.02	267	253			
	920	41.4	15.9	13.8	907	60.02	266	253			
	922	43.4	15.8	13.8	919	59.97	265	253	270	268	272
	925	42.9	16.2	13.8	922	59.98	265	252			
	922	42.7	16.1	13.8	920	60.00	264	250			
	925	42.4	15.8	13.8	934	60.00	264	250			
	925	43.0	15.3	13.8	925	60.00	264	250	269	267	272
	928	42.4	15.3	13.8	915	60.03	265	250			
	928	41.5	15.2	13.8	909	59.98	266	252			
	928	47.8	15.3	13.8	986	59.98	263	250			
	925	47.3	15.4	13.8	971	60.01	265	251	269	268	271
	925	47.2	15.3	13.8	956	60.00	266	252			
	925	43.0	15.2	13.8	907	60.02	267	253			
	925	42.0	15.1	13.8	909	60.02	268	254			
	925	43.0	14.5	13.8	906	60.01	267	253			
	920	43.1	14.6	13.8	902	60.04	266	252			
	918	43.2	15.0	13.8	902	60.01	264	250			
			370.7								
	920	43.4	15.4	13.8	917	60.00	263	250	269	267	271
	928			13.8	986	60.04	269	255	270	270	277

[redacted]

22382.4	83180.7	83951.4	74867.5	
22226.7	82744.3	83725.8	74748.7	
163.11	83.56	60.69	122.5	
1825.6	1625.8	1247.4	2117.1	
88871	91722	33483	164351	309580
88429	91189	32973	163833	308491
442 MW	533 MW	510 MW	518 MW	1089 MW
442 MW	533 MW	510 MW	518 MW	1089 MW
MW	MW	MW	MW	MW
24 HRS	24 HRS	24 HRS	24 HRS	24 HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
BBLS	BBLS	BBLS	BBLS	BBLS
BBLS	BBLS	BBLS	BBLS	BBLS
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES
			TIMES	TIMES
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES

DISTILLATE TANK LEVEL		
FEET	INCH	BARRELS
		0.0
GRAND TOTAL MW		RECORDED BY
3569.0		RHS/TSW
3569.0		
0.0		

TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES	
TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES	
TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES	
TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES	
TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES	
TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES	
TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES	
LBS		LBS		LBS		LBS		LBS		LBS	
°F		°F		°F		°F		°F		°F	
PSIG		PSIG		PSIG		PSIG		PSIG		PSIG	
°F		°F		°F		°F		°F		°F	
°F		°F		°F		°F		°F		°F	
°F		°F		°F		°F		°F		°F	
°F		°F		°F		°F		°F		°F	
°F		°F		°F		°F		°F		°F	
HRS		HRS		HRS		HRS		HRS		HRS	
DRUMS		DRUMS		DRUMS		DRUMS		DRUMS		DRUMS	

GT PLANT
RECORD

CGT # 1			CGT # 2				CGT # 3				CGT # 4			
MVAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP
9.9	13.8	950	21.0	9.0	13.8	950	22.5	10.2	13.8	940	21.8	10.0	13.8	945
9.9	13.8	950	21.0	9.0	13.8	950	22.5	10.2	13.8	940	21.8	10.0	13.8	945
9.9	13.8	950	21.0	9.0	13.8	950	22.5	10.2	13.8	940	21.8	10.0	13.8	945
10.0	13.8	950	21.0	9.0	13.8	950	22.5	10.2	13.8	940	21.8	10.0	13.8	945
10.0	13.8	950	21.0	9.0	13.8	950	22.5	10.0	13.8	940	21.8	9.8	13.8	945
10.0	13.8	950	21.0	9.0	13.8	950	22.5	10.0	13.8	940	21.8	9.8	13.8	945
10.2	13.8	950	21.0	9.0	13.8	950	22.6	10.0	13.8	940	21.6	10.3	13.8	945
10.0	13.8	950	20.2	9.2	13.8	950	21.8	9.8	13.8	940	21.0	10.4	13.8	945
10.0	13.8	950	20.2	9.2	13.8	950	21.6	10.0	13.8	945	20.8	10.4	13.8	950
10.4	13.8	955	20.1	9.3	13.8	955	21.5	10.2	13.8	945	20.6	10.6	13.8	952
10.4	13.8	955	20.1	9.6	13.8	955	21.5	10.2	13.8	948	20.6	10.8	13.8	952
10.4	13.8	955	20.0	9.3	13.8	955	21.6	10.4	13.8	950	20.6	10.6	13.8	950
10.2	13.8	955	20.0	9.3	13.8	955	21.6	10.4	13.8	950	20.6	10.6	13.8	950
10.4	13.8	955	19.8	9.4	13.8	955	21.5	10.4	13.8	950	20.5	10.6	13.8	950
10.4	13.8	955	19.6	9.4	13.8	958	21.3	10.7	13.8	950	20.3	10.7	13.8	953
10.3	13.8	955	19.6	9.6	13.8	958	21.2	10.8	13.8	950	20.2	10.8	13.8	953
10.0	13.8	955	19.8	9.6	13.8	958	21.3	10.7	13.8	950	20.4	10.6	13.8	953
10.4	13.8	955	19.6	10.2	13.8	958	21.4	10.7	13.8	950	20.4	10.8	13.8	953
10.4	13.8	955	20.0	10.2	13.8	955	21.8	10.6	13.8	948	20.8	10.8	13.8	955
10.3	13.8	955	20.0	10.0	13.8	955	21.8	10.5	13.8	948	20.9	10.6	13.8	950
10.4	13.8	955	20.0	10.0	13.8	955	21.8	10.5	13.8	948	20.9	10.6	13.8	950
10.4	13.8	955	20.2	10.2	13.8	955	22.0	10.5	13.8	948	21.2	10.6	13.8	950
10.0	13.8	950	20.4	10.0	13.8	950	22.2	10.5	13.8	940	21.0	10.8	13.8	950
10.0	13.8	950	20.4	10.0	13.8	950	22.2	10.5	13.8	940	21.0	10.8	13.8	950
244.3				227.5				248.2				251.0		
10.2	13.8	953	20.3	9.5	13.8	953	21.9	10.3	13.8	945	21.0	10.5	13.8	949

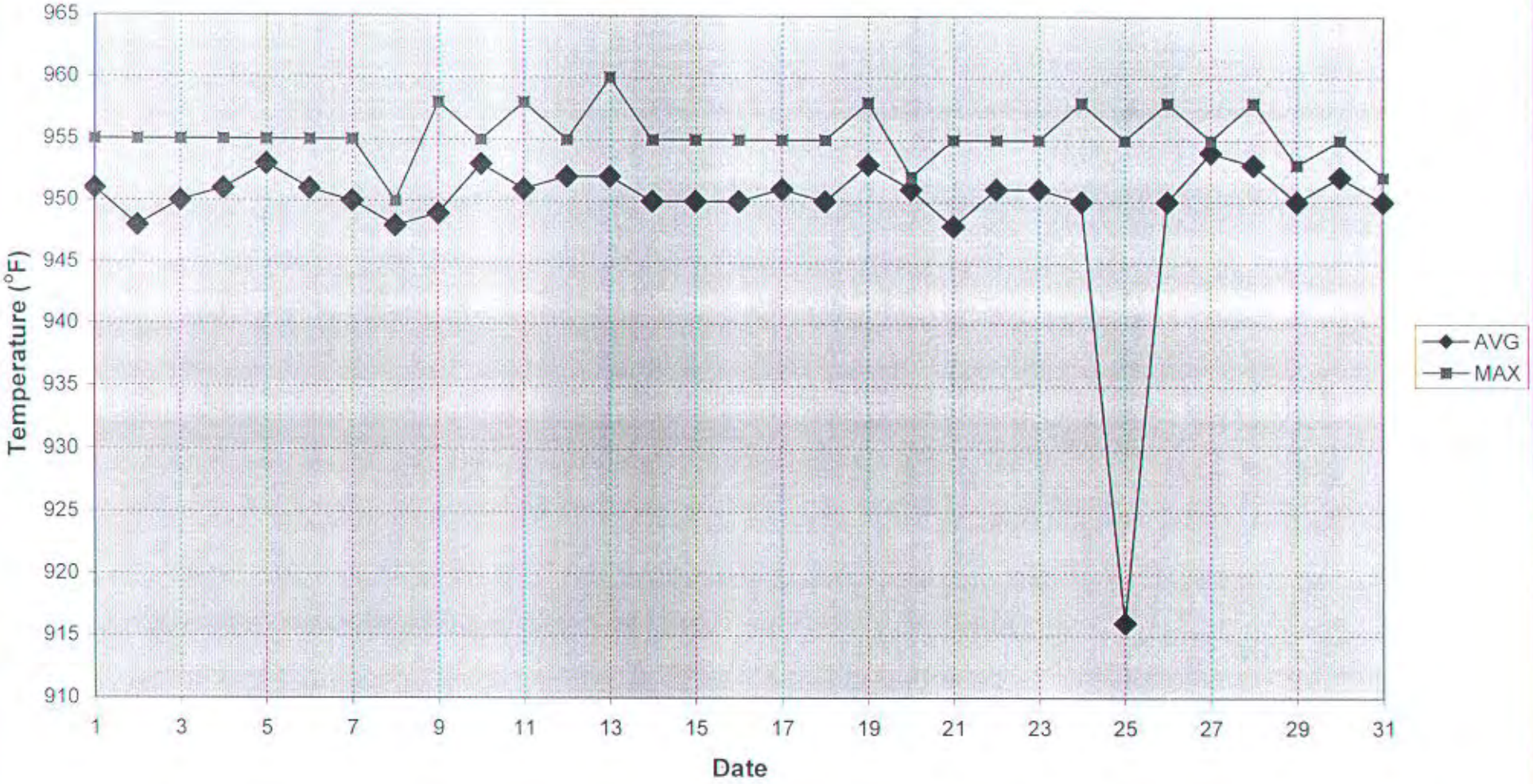
		CGT # 6				FREQ	GAS PRESSURE				
	EXH TEMP	MW	MVAR	KV	EXH TEMP	(HZ)	INCOM	PLANT INLET	LIBO	PAGAR	PGN
	920	43.5	14.5	13.8	910	60.04	266	252			
	920	43.5	14.5	13.8	885	60.04	266	252			
	920	44.0	14.5	13.8	885	60.04	268	252			
	920	43.2	14.3	13.8	885	60.04	268	252			
	920	42.5	14.2	13.8	885	60.02	267	250			
	920	42.1	14.2	13.8	887	60.02	267	250	275	273	276
	920	40.7	14.2	13.8	875	60.00	266	252			
	920	42.1	14.2	13.8	892	60.02	265	251			
	920	42.6	14.3	13.8	915	60.02	264	251			
	925	42.8	14.4	13.8	919	60.02	264	251	270	268	273
	925	43.4	14.5	13.8	926	60.02	262	250			
	920	43.7	14.5	13.8	921	60.04	260	248			
	922	43.6	14.0	13.8	917	60.01	258	246			
	920	42.6	13.9	13.8	902	60.02	262	250	270	268	276
	920	43.2	14.0	13.8	910	60.01	262	250			
	920	43.2	14.0	13.8	909	60.00	265	252			
	922	42.9	14.0	13.8	911	60.02	264	252			
	920	43.5	14.0	13.8	905	60.01	265	252	270	269	275
	920	43.5	14.0	13.8	905	60.01	25	253			
	920	43.5	14.0	13.8	906	60.01	267	255			
	920	43.3	14.1	13.8	906	60.02	267	255			
	920	43.1	14.1	13.8	896	60.03	267	255			
	920	42.7	14.1	13.8	895	60.03	267	255			
	920	42.7	14.1	13.8	895	60.03	267	255			
			340.6								
	921	43.0	14.2	13.8	902	60.02	25	246	270	268	273
	925			13.8	926	60.04	268	255	275	273	276

22526.2	83324.6	84095.4	75011.5	
22370.5	82888.2	83869.8	74892.7	
162.11	83.56	60.69	122.5	
1825.8	1625.8	1247.4	2117.1	
91808	94855	36488	167435	315767
0	0	0	0	0
91808 MW	94855 MW	36488 MW	167435 MW	315767 MW
91808 MW	94855 MW	36488 MW	167435 MW	315767 MW
MW	MW	MW	MW	MW
24 HRS	24 HRS	24 HRS	24 HRS	24 HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
HRS	HRS	HRS	HRS	HRS
BBLS	BBLS	BBLS	BBLS	BBLS
BBLS	BBLS	BBLS	BBLS	BBLS
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES
			TIMES	TIMES
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES
TIMES	TIMES	TIMES	TIMES	TIMES

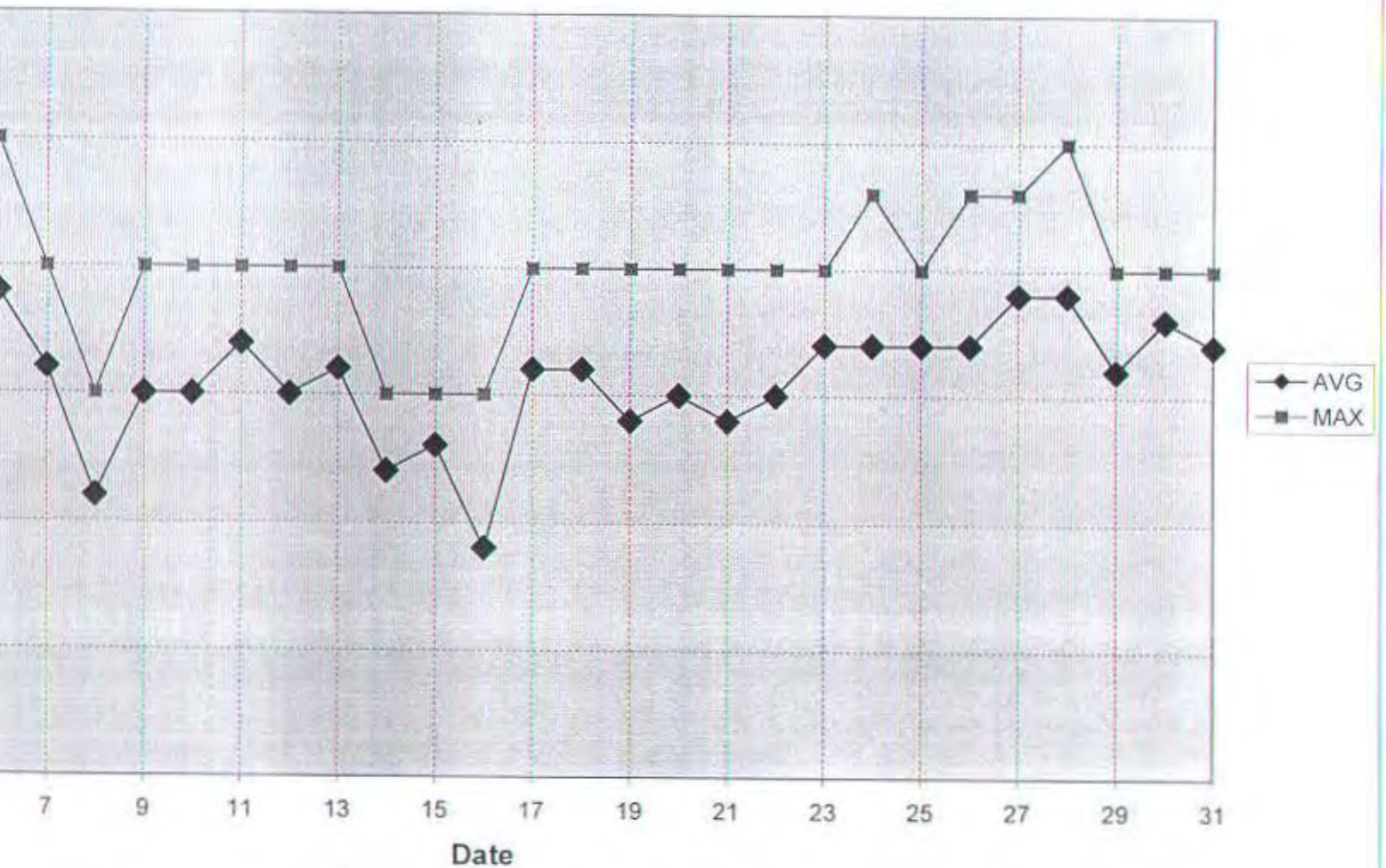
DISTILLATE TANK LEVEL		
FEET	INCH	BARRELS
		0.0
GRAND TOTAL MW		RECORDED BY
735731.0		tsh/pmm
735731.0		
0.0		

MES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES	
MES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES	
MES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES	
MES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES	
MES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES	
MES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES	
MES		TIMES		TIMES		TIMES		TIMES	
BS		LBS		LBS		LBS		LBS	
F		°F		°F		°F		°F	
SIG		PSIG		PSIG		PSIG		PSIG	
F		°F		°F		°F		°F	
F		°F		°F		°F		°F	
F		°F		°F		°F		°F	
F		°F		°F		°F		°F	
F		°F		°F		°F		°F	
RS		HRS		HRS		HRS		HRS	
UMS		DRUMS		DRUMS		DRUMS		DRUMS	

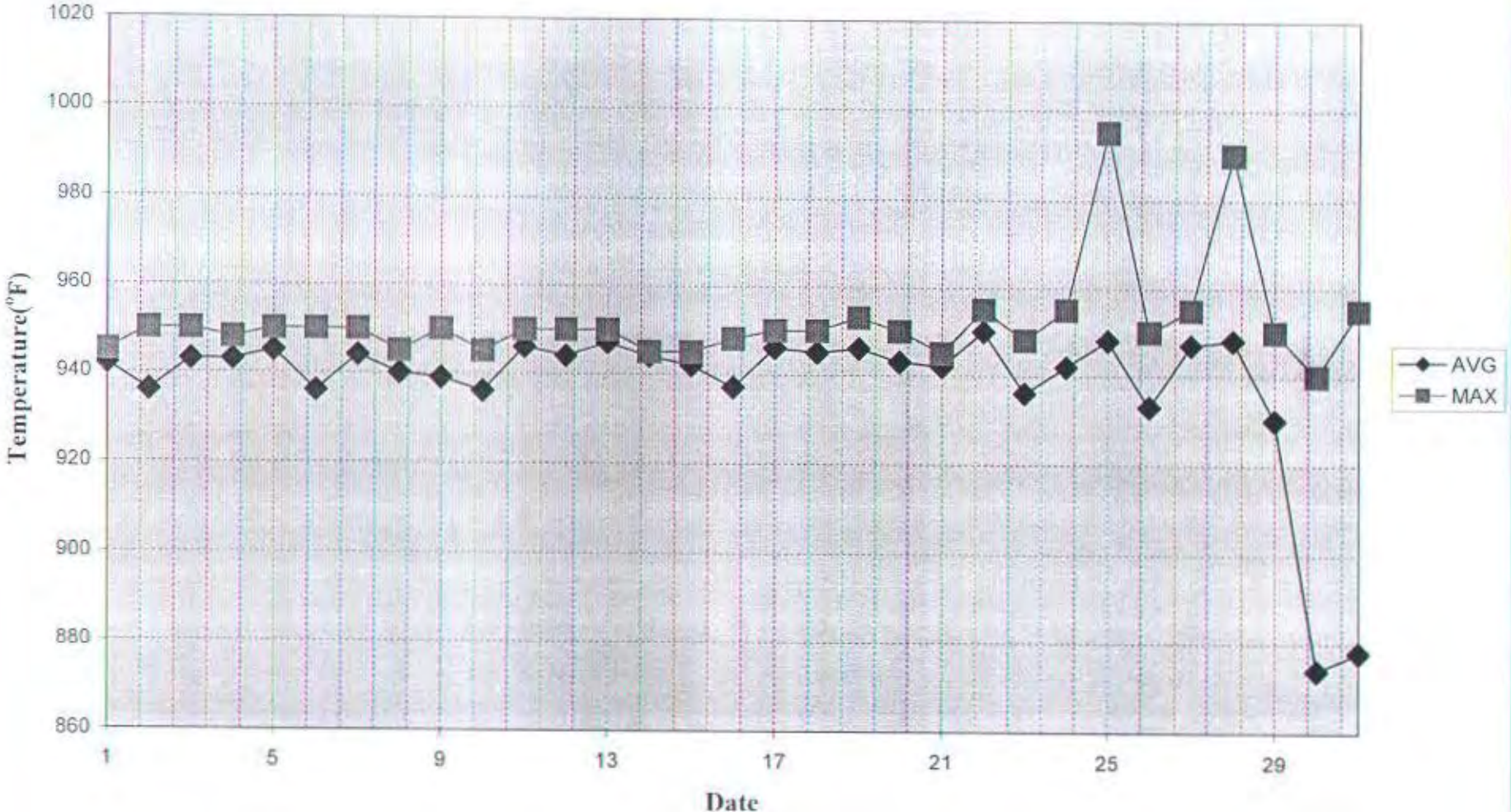
CGT # 1 Exhaust Temp. Curve
Aug-2000



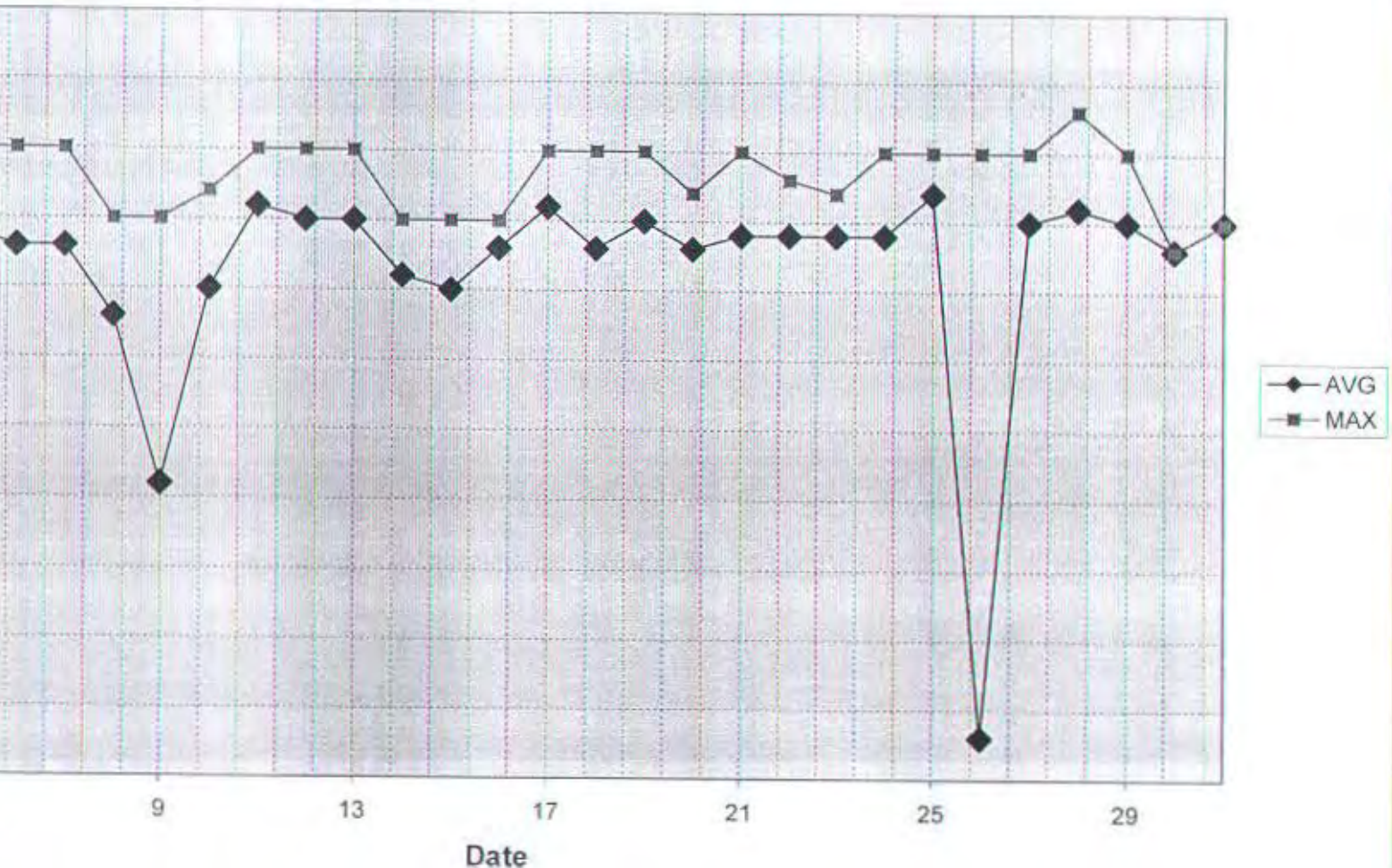
CGT # 2 Exhaust Temp. Curve
Aug-2000



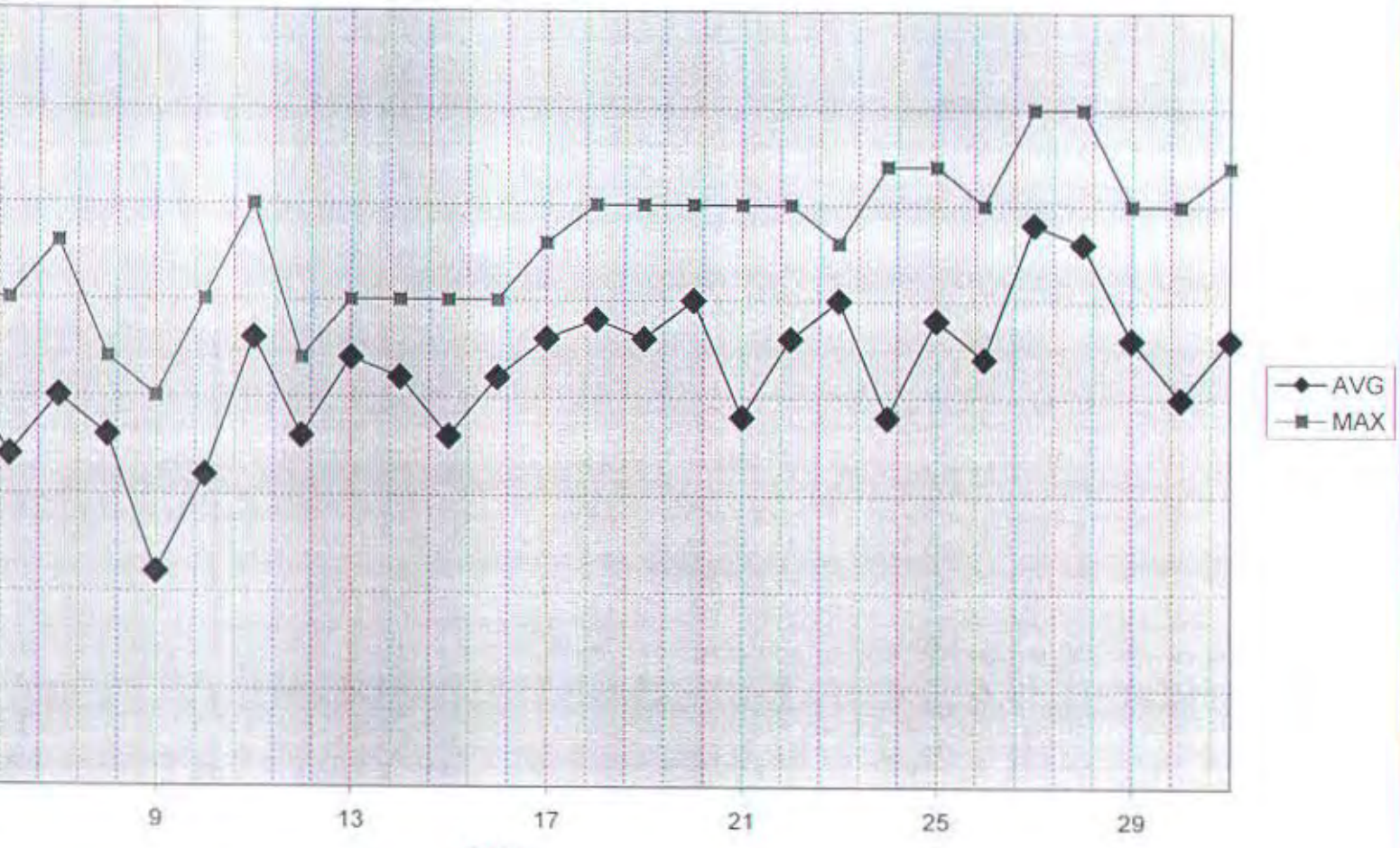
CGT # 3 Exhaust Temp. Curve
Aug-2000



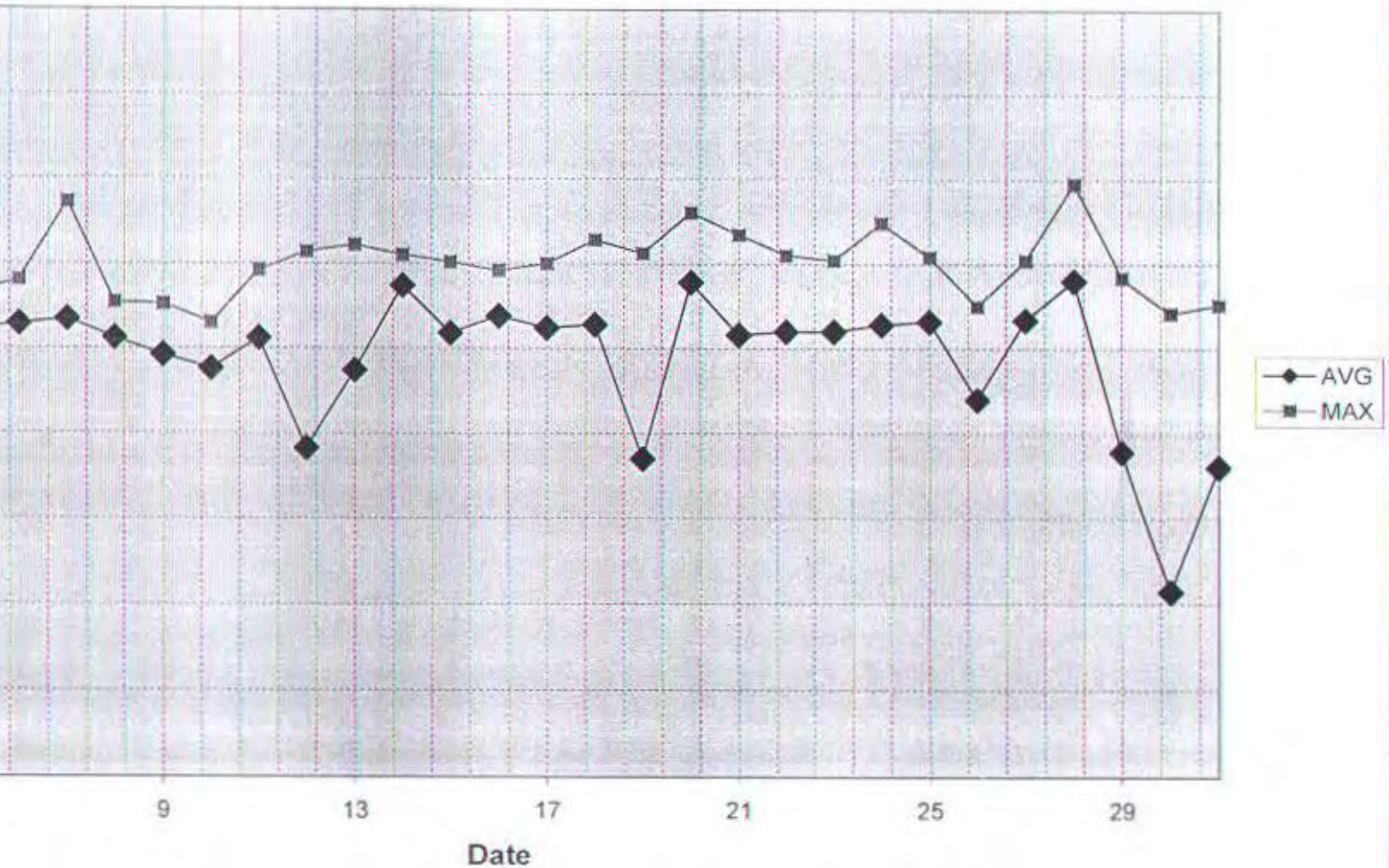
CGT # 4 Exhaust Temp. Curve
Aug-2000



CGT # 5 Exhaust Temp. Curve
Aug-2000



CGT # 6 Exhaust Temp. Curve
Aug-2000



CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

01 AUGUST 2000

RS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
S Y	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		YUL	IGV
			23,824	232	232			252,639.20					828			YUL	IGV
			13,302					294,919.90						33.59		YUL	IGV
			3,810	250	250			112,396.50					812			YUL	IGV
			297,542					2,409,617.00						0.35		YUL	IGV
				482	482												

CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

02 AUGUST 2000

RS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
S Y	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		Yul	Taf
			24,701					252,639.20								Yul	Taf
			15,299	179	179			294,932.00					689.13	33.92		Yul	Taf
			5,838					112,396.50								Yul	Taf
			298,559	200	200			2,409,617					836.75			Yul	Taf
				379	379												

CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

03 AUGUST 2000

RS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
S Y	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,865					89,589.20						11.87		KSY	Taf
			24,701					252,639.20								KSY	Taf
			17,416	149	149			294,932.00					615.88	33.92		KSY	Taf
			7,785	149	149			112,396.50					633			KSY	Taf
			300,867	201	201			2,409,617									

RECORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

04 AUGUST 2000

HOURS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
GAS OURS ODAY	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		jma	IGV
24.00			24,561	225	225			252,639.20					814			jma	IGV
			13,302					294,919.90						33.59		jma	IGV
24.00			4,475	201	201			112,396.50					733			jma	IGV
			297,542					2,409,617.00						0.35		jma	IGV
48.00				426	426												

RECORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

05 AUGUST 2000

HOURS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
GAS OURS ODAY	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		JMA	ANM
			24,701					252,639.20								JMA	ANM
24.00			16,778	162	162			294,932.00					645.1	33.92		JMA	ANM
24.00			7,157	196	196			112,396.50					718			JMA	ANM
24.00			300,117	182	182			2,409,617.00					786.7			JMA	ANM
72.00				540	540												

RECORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

06 AUGUST 2000

HOURS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
GAS OURS ODAY	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		JMA	SRI
			24,701					252,639.20								JMA	SRI
24.00			13,631	234	234			294,922.90					768	33.67		JMA	SRI
24.00			4,906	202	202			112,396.50					738			JMA	SRI
			297,542					2,409,617.00								JMA	SRI

RECORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

07 AUGUST 2000

HOURS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
AS URS DAY	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		JMA	SRI
			24,701					252,639.20								JMA	SRI
.00			13,867	236	236			294,922.90					768.04	33.67		JMA	SRI
.00			5,118	212	212			112,396.50					757			JMA	SRI
			297,542					2,409,617.00								JMA	SRI
.00				448	448												

RECORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

08 AUGUST 2000

HOURS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
AS URS DAY	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,865					89,589.20						11.87		KSY	Taf
			24,701					252,639.20								KSY	Taf
.00			17,267	166	166			294,932.00					646.96	33.92		KSY	Taf
.00			7,636	159	159			112,396.50					663			KSY	Taf
.00			300,666	188	188			2,409,617.00					791.75			KSY	Taf
2.00				513	513												

RECORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

09 AUGUST 2000

HOURS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
AS URS DAY	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		KSY	SRI
			24,701					252,639.20								KSY	SRI
.00			14,366	244	244			294,932.00					782	33.92		KSY	SRI
.00			5,562	218	218			112,396.50					771			KSY	SRI
.25			297,598	56	56			2,409,617.00					811			KSY	SRI

RECORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

10 AUGUST 2000

HOURS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
GAS HOURS TODAY	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		KSY	Taf
			24,701					252,639.20								KSY	Taf
4.00			14,570	204	204			294,932.00					714	33.92		KSY	Taf
4.00			5,735	173	173			112,396.50					692			KSY	Taf
4.00			297,765	167	167			2,409,617.00					778			KSY	Taf
2.00				544	544												

RECORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

11 AUGUST 2000

HOURS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
GAS HOURS TODAY	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,865					89,589.20						11.87		YUL	Taf
			24,701					252,639.20								YUL	Taf
4.00			17,743	154	154			294,932.00					636	33.92		YUL	Taf
4.00			8,147	187	187			112,396.50					703			YUL	Taf
4.00			301,271	214	214			2,409,617.00					838	0.35		YUL	Taf
2.00				555	555												

RECORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

12 AUGUST 2000

HOURS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
GAS HOURS TODAY	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		KSY	Taf
			24,701					252,639.20								KSY	Taf
4.00			14,936	181	181			294,932.00					684	33.92		KSY	Taf
			5,838					112,396.50								KSY	Taf
4.00			298,146	210	210			2,409,617.00					827			KSY	Taf

CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

13 AUGUST 2000

URS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
S RS AY	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		KSY	Taf
			24,701					252,639.20								KSY	Taf
0			15,120	184	184			294,932.00					689	33.92		KSY	Taf
			5,838					112,396.50								KSY	Taf
0			298,359	213	213			2,409,617.00					847			KSY	Taf
0				397	397												

CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

14 AUGUST 2000

URS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
S RS AY	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		Yul	Taf
			24,701					252,639.20								Yul	Taf
0			15,299	179	179			294,932.00					689	33.92		Yul	Taf
			5,838					112,396.50								Yul	Taf
0			298,559	200	200			2,409,617.00					837			Yul	Taf
0				379	379												

CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

15 AUGUST 2000

URS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
S RS AY	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		YUL	IGV
			24,701					252,639.20								YUL	IGV
0			15,468	169	169			294,932					663	33.92		YUL	IGV
			5,838					112,396.50								YUL	IGV
0			298,720	161	161			2,409,617					754			YUL	IGV

CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

17 AUGUST 2000

URS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
S Y	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.2						11.87		YUL	IGV
			24,701					252,639.2								YUL	IGV
			15,752	139	139			294,932.0					627	33.92		YUL	IGV
			6,117	207	207			112,396.5					744			YUL	IGV
			299,099	197	197			2,409,617					820			YUL	IGV
				543	543												

CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

18 AUGUST 2000

URS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
S Y	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.2						11.87		YUL	IGV
			24,701					252,639.2								YUL	IGV
			15,909	157	157			294,932.0					642	33.92		YUL	IGV
			6,281	164	164			112,396.5					672			YUL	IGV
			299,303	204	204			2,409,617					837			YUL	IGV
				525	525												

CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

19 AUGUST 2000

URS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
S Y	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		Jma	lgv
			24,701					252,639.2								Jma	lgv
			16,081	172	172			294,932.00					654	33.92		Jma	lgv
			6,460	179	179			112,396.50					679			Jma	lgv
			299,480	177	177			2,409,617					768			Jma	lgv

CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

20 AUGUST 2000

URS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
S Y	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		JMA	ANM
			24,701					252,639.20								JMA	ANM
			16,267	186	186			294,932.00					671.625	33.92		JMA	ANM
			6,622	162	162			112,396.50					661			JMA	ANM
			299,620	140	140			2,409,617.00					716.125			JMA	ANM
				488	488												

CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

21 AUGUST 2000

URS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
S Y	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		JMA	ANM
			24,701					252,639.20								JMA	ANM
			16,439	172	172			294,932.00					653	33.92		JMA	ANM
			6,789	167	167			112,396.50					673			JMA	ANM
			299,775	155	155			2,409,617.00					747			JMA	ANM
				494	494												

CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

22 AUGUST 2000

URS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
S Y	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		JMA	ANM
			24,701					252,639.20								JMA	ANM
			16,616	177	177			294,932.00					663	33.92		JMA	ANM
			6,961	172	172			112,396.50					678			JMA	ANM
			299,935	160	160			2,409,617.00					755			JMA	ANM

CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

16 AUGUST 2000

URS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
S Y	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		YUL	IGV
			24,701					252,639.20								YUL	IGV
			15,613	145	145			294,932.00					633	33.92		YUL	IGV
			5,910	72	72			112,396.50					743			YUL	IGV
			298,902	182	182			2,409,617					789			YUL	IGV
				399	399												

CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

23 AUGUST 2000

URS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
S Y	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,858					89,589.20						11.87		JMA	ANM
			24,701					252,639.20								JMA	ANM
			16,778	162	162			294,932.00					645	33.92		JMA	ANM
			7,157	196	196			112,396.50					718			JMA	ANM
			300,117	182	182			2,409,617.00					787			JMA	ANM
				540	540												

CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

24 AUGUST 2000

URS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
RS Y	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,862	4	4			89,589.20					745	11.87		KSY	ANM
			24,701					252,639.20								KSY	ANM
			16,937	159	159			294,932.00					634	33.92		KSY	ANM
			7,329	172	172			112,396.50					672			KSY	ANM
			300,307	190	190			2,409,617.00					801			KSY	ANM

CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

25 AUGUST 2000

RS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,865	3	3			89,589.20					676	11.87		Ksy	Taf
			24,701					252,639.20								Ksy	Taf
			17,101	164	164			294,932.00					648.29167	33.92		Ksy	Taf
			7,477	148	148			112,396.50					647			Ksy	Taf
			300,478	171	171			2,409,617.00					766.20833			Ksy	Taf
				486	486												

CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

26 AUGUST 2000

RS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22,865					89,589.20						11.87		KSY	Taf
			24,701					252,639.20								KSY	Taf
			17,267	166	166			294,932.00					647	33.92		KSY	Taf
			7,636	159	159			112,396.50					663			KSY	Taf
			300,666	188	188			2,409,617.00					792			KSY	Taf
				513	513												

CORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

27 AUGUST 2000

RS			MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
	DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
			22.865					89,589.20						11.87		KSY	Taf
			24,701					252,639.20								KSY	Taf
			17,416	149	149			294,932.00					616	33.92		KSY	Taf
			7,785	149	149			112,396.50					633			KSY	Taf
			300,867	201	201			2,409,617.00					801			KSY	Taf
				499	499												

ORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

28 AUGUST 2000

RS		MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
		22,865					89,589.20						11.87		KSY	Taf
		24,701					252,639.20								KSY	Taf
		17,589	173	173			294,932.00					658.7083	33.92		KSY	Taf
		7,960	175	175			112,396.50					686			KSY	Taf
		301,057	190	190			2,409,617.00					772.5625			KSY	Taf
			538	538												

ORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

29 AUGUST 2000

RS		MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
		22,865					89,589.20						11.87		YUL	Taf
		24,701					252,639.20								YUL	Taf
		17,743	154	154			294,932.00					636	33.92		YUL	Taf
		8,147	187	187			112,396.50					703			YUL	Taf
		301,271	214	214			2,409,617.00					838			YUL	Taf
			555	555												

ORD - PG&T (SUMMARY DAY REPORT)

30 AUGUST 2000

RS		MEGAWATT-HOURS					LIQUID FUEL CONSUMPTION					OTHERS			INITIALS	
DIST HOURS TODAY	CRUDE HOURS TODAY	TOTAL MWH READING	MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON DIST	MWH ON CRUDE	LIQ.FM. TOTAL READING	LIQ.FUEL TODAY (BBLS)	DIST	CRUDE	RATE	AVE TEMP °F	HP. FiLter RHRS.	PEAK HRS	PREPR. BY	CHECK BY
		22,865					89,589.20					675	11.87		YUL	IGV
		24,701					252,639.20								YUL	IGV
		17,815	72	72			294,932.00					638	33.92		YUL	IGV
		8,351	204	204			112,396.50					732			YUL	IGV
		301,495	224	216	8		2,409,641	24.00	24.00		3.00	855	1.25		YUL	IGV
			500	492	8			24.00	24.00							

CGT # 1 AUGUST 2000

DATE	COUNTERS					UNIT RUN						MEGAWATT HOURS						LIQ. FUEL CONS.							UNIT DOWN					
	TURBINE RHRS	GAS RHRS	HP. Filter RHRS	PEAK HOURS TODAY	PEAK RHRS	GAS HRS TODAY	LIQUID HOURS TODA DIST (HRS)	CRUDE (HRS)	TOTAL (HRS)	EXH. TEMP (°F) MAX	(°F) AVG	MWH COUNTER	TOTAL MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON LIQUID DIST	CRUD	TOTA	FLOW-MTR (Barrel)	LIQUID FUEL TODAY DIST FSNL	DIST TOTAL	CRUD	TOTAL (BBLS)	RATE BBLS/ MWH	S B HRS	NOT STANDBY HOURS UNSCH REPAIR	FORCE OUTG	INSPECTION CI	HGP	MO	TOTAL
	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20												
1	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
2	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
3	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
4	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
5	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
6	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
7	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
8	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
9	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
10	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
11	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
12	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
13	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
14	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
15	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
16	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
17	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
18	14,671.0	65,245.8	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
19	14,673.7	65,247.6	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
20	14,673.7	65,247.6	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
21	14,673.7	65,247.6	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
22	14,673.7	65,247.6	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
23	14,675.6	65,249.5	11.67		1,673.5							22,858						89,589.20							24.00					24.00
24	14,677.8	65,251.7	11.67		1,673.5	0.67				745	745	22,862	4	4				89,589.20							23.33					23.33
25	14,679.5	65,253.3	11.67		1,673.5	0.59				676	676	22,865	3	3				89,589.20							23.41					23.41
26	14,679.9	65,253.3	11.67		1,673.5							22,865						89,589.20							24.00					24.00
27	14,679.9	65,253.3	11.67		1,673.5							22,865						89,589.20							24.00					24.00
28	14,679.9	65,253.3	11.67		1,673.5							22,865						89,589.20							24.00					24.00
29	14,679.9	65,253.3	11.67		1,673.5							22,865						89,589.20							24.00					24.00
30	14,680.8	65,254.7	11.67		1,673.5	0.60				675	675	22,865						89,589.20							23.40					23.40
31	14,680.8	65,254.7	11.67		1,673.5							22,865						89,589.20							24.00					24.00
TOT						1.86				699	699		7	7											742.14					742.14

OTHERS									COMPRESSOR CLEANING									PEAK ON GAS						REC. BY :	CHCK. BY :
	SHUT DOWN		TRIP TIMES					L/O ADD (DR)	MW	NUT. SHELL (LBS)	AMB TEMP (°F)	PCD INCR (PSIG)	TEMP DECRS (°F)	MAXIMUM LOAD				MW	MVAR	AMB TEMP (°F)	EXH TEMP (°F)	PEAK TIMES	DURATION (HRS)		
														BEFORE		AFTER									
SUCCESS	NORMAL S/D	EMERG S/D	INSTR FAIL	HUMAN ERROR	TOT.	TEST	OTHER							MW	TEMP	MW	TEMP								
																								YUL	IGV
																								YUL	IGV
																								YUL	IGV
																								jma	IGV
																								JMA	SRI
																								JMA	SRI
																								JMA	SRI
																								JMA	SRI
																								KSY	SRI
																								KSY	Taf
																								KSY	Taf
1		1																						KSY	Taf
																								KSY	Taf
																								Yul	Taf
																								YUL	IGV
																								YUL	IGV
																								YUL	IGV
																								YUL	IGV
1	1																							Jma	Igv
																								JMA	ANM
																								JMA	ANM
1	1																							JMA	ANM
1	1																							JMA	ANM
2	2																							KSY	ANM
1	1																							Ksy	Taf
1	1																							KSY	Taf
																								KSY	Taf
																								KSY	Taf
																								YUL	Taf
1	1																							YUL	IGV
																								DES	IGV
9	8	1																							

CGT # 2 AUGUST 2000

DATE	COUNTERS					UNIT RUN						MEGAWATT HOURS						LIQ. FUEL CONS.						UNIT DOWN						
	TURBINE RHRS	GAS RHRS	HP Filter RHRS	PEAK HOURS TODAY	PEAK RHRS	GAS HRS TODAY	LIQUID HOURS TODAY			EXH. TEMP.		MWH COUNTER	TOTAL MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON LIQUID			FLOW-MTR (Barrel)	LIQUID FUEL TODAY				RATE	S/B HRS	NOT STANDBY HOURS					
							DIST (HRS)	CRUDE (HRS)	TOTAL (HRS)	(°F) MAX	(°F) AVG				DIST	CRU	TOTA		DIST FSNL	DIST TOTAL	CRUD	TOTAL (BBLS)	BBLS/ MWH		UNSCH REPAIR	FORCE OUTG	INSPECTION CI	INSPECTION HGP	INSPECTION MO	TOTA
	112,471.9	68,199.0			263.0							23,592						252,639.20											
1	112,495.9	68,213.0			263.0	24.00				839	826	23,824	232	232				252,639.20											
2	112,519.9	68,237.0			263.0	24.00				887	858	24,077	253	253				252,639.20											
3	112,543.9	68,261.8			263.0	24.00				923	877	24,336	259	259				252,639.20											
4	112,567.9	68,285.9			263.0	24.00				831	814	24,561	225	225				252,639.20											
5	112,584.4	68,301.7			263.0	16.50				826	781	24,701	140	140				252,639.20						7.50						
6	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20						24.00						
7	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20						24.00						
8	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20						24.00						
9	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20						24.00						
10	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20						24.00						
11	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20						24.00						
12	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20						24.00						
13	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20						24.00						
14	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20						24.00						
15	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20						8.00				16.00	16.00	
16	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20										24.00	24.00	
17	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20										24.00	24.00	
18	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20										24.00	24.00	
19	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20										24.00	24.00	
20	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20										24.00	24.00	
21	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20										24.00	24.00	
22	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20										24.00	24.00	
23	Repair	68,301.7			263.0							24,701						252,639.20										24.00	24.00	
24	Repair	68,302.7			263.0							24,701						252,639.20										24.00	24.00	
25	Repair	68,303.7			263.0							24,701						252,639.20										24.00	24.00	
26	Repair	68,304.7			263.0							24,701						252,639.20										24.00	24.00	
27	Repair	68,305.7			263.0							24,701						252,639.20										24.00	24.00	
28	Repair	68,306.7			263.0							24,701						252,639.20										24.00	24.00	
29	Repair	68,307.7			263.0							24,701						252,639.20										24.00	24.00	
30	Repair	68,307.7			263.0							24,701						252,639.20										24.00	24.00	
31	Repair	68,307.7			263.0							24,701						252,639.20										24.00	24.00	
TOT	112584.4					112.50				861	834		1,109	1,109										231.50				400.00	400.00	

OTHERS														COMPRESSOR CLEANING									PEAK ON GAS						REC. BY :	CHCK. BY :
START UP						SHUT DOWN		TRIP TIMES					L / O ADD (DR)	MW	NUT-SHELL	AMB TEMP	PCD INCR	TEMP DECRS	MAXIMUM LOAD				MW	MVAR	AMB TEMP	EXH TEMP	PEAK TIMES	DURATION		
AT-TEMPT	FAIL BFR FLM		FAIL AFT FLM		SUC-CESS	NORMAL S/D	EMERG S/D	INSTR FAIL	HUMAN ERROR	TOTA	TEST	OTH							BEFORE		AFTER										
	MAN	AUTO	MAN	AUTO											(LBS)	(°F)	(PSIG)	(°F)	MW	TEMP	MW	TEMP			(°F)	(°F)		(HRS)		
																													YUL	IGV
																													YUL	IGV
																													YUL	IGV
																													jma	IGV
						1																							JMA	SRI
																													JMA	SRI
																													JMA	SRI
																													JMA	SRI
																													KSY	SRI
																													KSY	Taf
																													KSY	Taf
																													KSY	Taf
																													KSY	Taf
																													Yul	Taf
																													YUL	IGV
																													YUL	IGV
																													YUL	IGV
																													YUL	IGV
																													Jma	Igv
																													JMA	ANM
																													JMA	ANM
																													JMA	ANM
																													JMA	ANM
																													KSY	ANM
																													Ksy	Taf
																													KSY	Taf
																													KSY	Taf
																													KSY	Taf
																													YUL	Taf
																													YUL	IGV
																													DES	IGV
						1																								

UNIT RUN						MEGAWATT HOURS						LIQ. FUEL CONS.						UNIT DOWN						
GAS	LIQUID HOURS TODAY			EXH. TEMP.		MWH COUNTER	TOTAL MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON LIQUID			FLOW-MTR (Barrel)	LIQUID FUEL TODAY				RATE	S B HRS	NOT STANDBY HOURS					
HRS	DIST	CRUDE	TOTAL	(°F)	(°F)				DIST	CRU	TOTA		DIST FENL	DIST TOTAL	CRUD	TOTAL (BBLS)	BBLS/ MWH		UNSCH REPAIR	FORCE OUTG	INSPECTION			TOTA
ODAY	(HRS)	(HRS)	(HRS)	MAX	AVG	13,302						294,919.90									CI	HGP	M O	
						13,302						294,919.90						24.00						
						13,302						294,919.90						24.00						
						13,302						294,919.90						24.00						
						13,302						294,919.90						24.00						
9.45	0.08		0.08	760	770	13,397	95	94	1		1	294,922.90		3.00		3.00	3.00	5.90	5.50					5.50
4.00				786	768	13,631	234	234				294,922.90												
4.00				788	768	13,867	236	236				294,922.90												
3.75	0.25		0.25	853	809	14,122	255	252	3		3	294,932.00		9.10		9.10	3.03							
4.00				822	782	14,366	244	244				294,932.00												
4.00				760	714	14,570	204	204				294,932.00												
4.00				731	667	14,755	185	185				294,932.00												
4.00				710	684	14,936	181	181				294,932.00												
4.00				768	689	15,120	184	184				294,932.00												
4.00				731	689	15,299	179	179				294,932.00												
4.00				697	663	15,488	189	189				294,932.00												
4.00				651	633	15,613	145	145				294,932.00												
4.00				647	627	15,752	139	139				294,932.00												
4.00				657	642	15,909	157	157				294,932.00												
4.00				687	654	16,081	172	172				294,932.00												
4.00				695	672	16,267	186	186				294,932.00												
4.00				709	653	16,439	172	172				294,932.00												
4.00				742	663	16,616	177	177				294,932.00												
4.00				689	645	16,778	162	162				294,932.00												
4.00				694	634	16,937	159	159				294,932.00												
4.00				682	648	17,101	164	164				294,932.00												
4.00				692	647	17,267	166	166				294,932.00												
4.00				648	616	17,416	149	149				294,932.00												
4.00				699	659	17,589	173	173				294,932.00												
4.00				729	636	17,743	154	154				294,932.00												
0.65				672	638	17,815	72	72				294,932.00							13.10	0.25				13.35
						17,815						294,932.00						8.50	15.50					15.50

OTHERS														COMPRESSOR CLEANING									PEAK ON GAS							
START UP						SHUT DOWN		TRIP TIMES					L/O ADD (DR)	MW	NUT-SHELL	AMB TEMP	PCD INCR	TEMP DECRS	MAXIMUM LOAD				MW	MVAR	AMB TEMP	EXH TEMP	PEAK TIMES	DURATION	REC. BY :	CHCK. BY :
AT-TEMPT	FAIL BFR FLM		FAIL AFT FLM		SUC-CESS	NORMAL S/D	EMERG S/D	INSTR FAIL	HUMAN ERROR	TOTA	TEST	OTH							BEFORE		AFTER									
	MAN	AUTO	MAN	AUTO											(LBS)	(°F)	(PSIG)	(°F)	MW	TEMP	MW	TEMP			(°F)	(°F)		(HRS)		
																													YUL	IGV
																													YUL	IGV
																													YUL	IGV
1			1																										jma	IGV
1					1								2																JMA	SRI
																													JMA	SRI
																													JMA	SRI
																													JMA	SRI
																													KSY	SRI
																													KSY	Taf
																													KSY	Taf
																													KSY	Taf
																													KSY	Taf
																													Yul	Taf
																													YUL	IGV
																													YUL	IGV
																													YUL	IGV
														6.4	20	80	3	4	6.4	669	7.0	665							YUL	IGV
																													Jma	Igv
																													JMA	ANM
																													JMA	ANM
																													JMA	ANM
																													JMA	ANM
														7.1	25	82	2	5											KSY	ANM
																													Ksy	Taf
																													KSY	Taf
																													KSY	Taf
																													KSY	Taf
																													YUL	Taf
1	1							1		1																			YUL	IGV
																													DES	IGV
3	1		1		1			1		1			2		45															

UNIT RUN						MEGAWATT HOURS						LIQ. FUEL CONS.						UNIT DOWN							
GAS HRS TODAY	LIQUID HOURS TODAY			EXH. TEMP.		MWH COUNTER	TOTAL MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON LIQUID			FLOW-MTR (Barrel)	LIQUID FUEL TODAY				RATE	S B HRS	NOT STANDBY HOURS						
	DIST (HRS)	CRUDE (HRS)	TOTAL (HRS)	(°F) MAX	(°F) AVG	3,560			DIST	CRU	TOTA	112,396.50	DIST FSNL	DIST TOTAL	CRUD	TOTAL (BBLS)	BBLS/ MWH		UNSCH REPAIR	FORCE OUTG	INSPECTION CI	INSPECTION HGP	INSPECTION MO	TOTA
24.00				852	812	3,810	250	250				112,396.50												
24.00				792	770	4,034	224	224				112,396.50												
24.00				868	794	4,274	240	240				112,396.50												
24.00				792	733	4,475	201	201				112,396.50												
24.00				803	783	4,704	229	229				112,396.50												
24.00				760	738	4,906	202	202				112,396.50												
24.00				765	757	5,118	212	212				112,396.50												
24.00				847	787	5,344	226	226				112,396.50												
24.00				905	771	5,562	218	218				112,396.50												
24.00				733	692	5,735	173	173				112,396.50												
15.66				731	679	5,838	103	103				112,396.50						8.34						
						5,838						112,396.50						12.00	12.00					12.00
						5,838						112,396.50						24.00						
						5,838						112,396.50						24.00						
						5,838						112,396.50						24.00						
9.08				761	743	5,910	72	72				112,396.50						14.92						
24.00				773	744	6,117	207	207				112,396.50												
24.00				688	672	6,281	164	164				112,396.50												
24.00				738	679	6,460	179	179				112,396.50												
24.00				699	661	6,622	162	162				112,396.50												
24.00				729	673	6,789	167	167				112,396.50												
24.00				732	678	6,961	172	172				112,396.50												
24.00				789	718	7,157	196	196				112,396.50												
24.00				726	672	7,329	172	172				112,396.50												
24.00				688	647	7,477	148	148				112,396.50												
24.00				794	663	7,636	159	159				112,396.50												
24.00				653	633	7,785	149	149				112,396.50												
24.00				704	686	7,960	175	175				112,396.50												
24.00				812	703	8,147	187	187				112,396.50												
24.00				827	732	8,351	204	204				112,396.50												
24.00				815	792	8,601	250	250				112,396.50												

OTHERS													COMPRESSOR CLEANING									PEAK ON GAS						REC. BY :	CHCK. BY :
START UP						SHUT DOWN		TRIP TIMES				L/O ADD (DR)	MW	NUT-SHELL	AMB TEMP	PCD INCR	TEMP DECRS	MAXIMUM LOAD				MW	MVAR	AMB TEMP	EXH TEMP	PEAK TIMES	DURATION		
AT-TEMPT	FAIL BFR FLM		FAIL AFT FLM		SUC-CESS	NORMAL S/D	EMERG S/D	INSTR FAIL	HUMAN ERROR	TOTA	TEST	OTH						BEFORE		AFTER									
	MAN	AUTO	MAN	AUTO										(LBS)	(°F)	(PSIG)	(°F)	MW	TEMP	MW	TEMP			(°F)	(°F)		(HRS)		
																												YUL	IGV
																												YUL	IGV
																												YUL	IGV
																												jma	IGV
																												JMA	SRI
																												JMA	SRI
																												JMA	SRI
																												JMA	SRI
																												KSY	SRI
						1																						KSY	Taf
																												KSY	Taf
																												KSY	Taf
																												KSY	Taf
																												Yul	Taf
																												YUL	IGV
1					1																							YUL	IGV
																												YUL	IGV
													5.8	20	80	3	12	5.9	630	6.2	618							YUL	IGV
																												Jma	Igv
																												JMA	ANM
																												JMA	ANM
																												JMA	ANM
																												JMA	ANM
													5.8	25	82	2	6											KSY	ANM
																												Ksy	Taf
																												KSY	Taf
																												KSY	Taf
																												KSY	Taf
																												YUL	Taf
																												YUL	IGV
																												DES	IGV
1					1	1								45															

UNIT RUN						MEGAWATT HOURS						LIQ. FUEL CONS.						UNIT DOWN							
GAS HRS ODAY	LIQUID HOURS TODAY			EXH. TEMP.		MWH COUNTER	TOTAL MWH TODAY	MWH ON GAS	MWH ON LIQUID			FLOW-MTR (Barrel)	LIQUID FUEL TODAY				RATE	S B HRS	NOT STANDBY HOURS						
	DIST (HRS)	CRUDE (HRS)	TOTAL (HRS)	(°F) MAX	(°F) AVG				DIST	CRU	TOTA		DIST FSNL	DIST TOTAL	CRUD	TOTAL (BBLS)	BBL/KWH		UNSCH REPAIR	FORCE OUTG	INSPECTION CI	INSPECTION HGP	INSPECTION MO	TOTA
						297,542						2,409,617.00						24.00							
						297,542						2,409,617.00						24.00							
						297,542						2,409,617.00						24.00							
						297,542						2,409,617.00						24.00							
						297,542						2,409,617.00						24.00							
						297,542						2,409,617.00						24.00							
						297,542						2,409,617.00						24.00							
						297,542						2,409,617.00						24.00							
7.25				900	811	297,598	56	56				2,409,617.00						16.75							
24.00				842	778	297,765	167	167				2,409,617.00													
24.00				842	775	297,936	171	171				2,409,617.00													
24.00				943	827	298,146	210	210				2,409,617.00													
24.00				971	847	298,359	213	213				2,409,617.00													
24.00				961	837	298,559	200	200				2,409,617													
24.00				839	754	298,720	161	161				2,409,617													
24.00				862	789	298,902	182	182				2,409,617													
24.00				915	820	299,099	197	197				2,409,617													
24.00				891	837	299,303	204	204				2,409,617													
24.00				868	768	299,480	177	177				2,409,617													
24.00				757	716	299,620	140	140				2,409,617													
24.00				787	747	299,775	155	155				2,409,617													
24.00				814	755	299,935	160	160				2,409,617													
24.00				843	787	300,117	182	182				2,409,617													
24.00				855	801	300,307	190	190				2,409,617													
24.00				792	766	300,478	171	171				2,409,617													
24.00				929	792	300,666	188	188				2,409,617													
24.00				869	831	300,867	201	201				2,409,617													
24.00				857	773	301,057	190	190				2,409,617													
24.00				896	838	301,271	214	214				2,409,617													
23.10	0.90		0.90	928	855	301,495	224	216	8		8	2,409,541		24.00		24.00	3.00								
24.00				928	885	301,741	246	246				2,409,617													

OTHERS									COMPRESSOR CLEANING								PEAK ON GAS						REG.	CHCK.
	SHUT DOWN		TRIP TIMES					L/O ADD (DR)	MW	NUT-SHELL	AMB TEMP	PCD INCR	TEMP DECRS	MAXIMUM LOAD				MW	MVAR	AMB TEMP	EXH TEMP	PEAK TIMES	DURATION	BY :	BY :
														BEFORE		AFTER									
	NORMAL S/D	EMERG S/D	INSTR FAIL	HUMAN ERROR	TOTA	TEST	OTH			(LBS)	(°F)	(PSIG)	(°F)	MW	TEMP	MW	TEMP			(°F)	(°F)		(HRS)		
																								YUL	IGV
																								YUL	IGV
																								YUL	IGV
																								jma	IGV
																								JMA	SRI
																								JMA	SRI
																								JMA	SRI
																								JMA	SRI
																								KSY	SRI
																								KSY	Taf
																								KSY	Taf
																								KSY	Taf
																								KSY	Taf
																								Yul	Taf
																								YUL	IGV
																								YUL	IGV
																								YUL	IGV
									8.5	20	80	2	1	8.5	842	9.0	841							YUL	IGV
																								Jma	Igv
																								JMA	ANM
																								JMA	ANM
																								JMA	ANM
																								JMA	ANM
									8.7	25	82	2	6											KSY	ANM
																								Ksy	Taf
																								KSY	Taf
																								KSY	Taf
																								KSY	Taf
																								YUL	Taf
																								YUL	IGV
										45														DES	IGV

EPORT

Operation Hours				Operation Data			Daily Avg Exh Temp				Use Factor (%)	Remark
Total	Gas	Dist	Crude	Flame Start	Emerg S/D	Trip	GE Frame V		GE Frame VI			
							<900°F	>900°F	<1000°F	>1000°F		
14386.00	14386.00	30.00		1	1		3				87.17	
14552.00	14552.00	30.00		2	2		5				96.81	
15789.00	15789.00	30.00		1	1		26				96.86	
15159.50	15159.50	25.00		1	1		27				90.10	
15766.50	15766.50	15.00		5	3		23				86.69	
30926.00	30926.00			1	2		21				78.59	
106,579.00	106,579.00	130.00		11.00	10.00		163				88.88	

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN - ITS
JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
KAMPUS ITS KEPUTIH-SUKOLILO, SURABAYA 60111
TELP. 599 4754, 599 4251 s/d 55 PES 1102 FAX 599 4754

SURAT KEPUTUSAN PENGERJAAN TUGAS AKHIR KS 1701

Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Tekn Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS, maka perlu diterbitkan Su Keputusan Pengerjaan Tugas Akhir yang memberikan tugas kepada mahasiswa tersebut bawah ini untuk mengerjakan tugas sesuai judul dan lingkup bahasan yang tel ditentukan.

Nama	: DODIK PRASETYO U
NRP	: 4296 100 037
Dosen Pembimbing	: Ir. AGUK ZUHDI MF, MEng.
Tanggal Tugas Diberikan	: 6 September 2000
Tanggal Tugas Diselesaikan	: 27 Juli 2001
Judul Tugas Akhir	: PENGARUH PEMAKAIAN COATING HASTELLOY- DAN ZrO_2 TERHADAP EFISIENSI THERMAL DA TURBIN GAS

Surabaya, 6 September 2000

Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan ITS

DR. Ir. A.A. Masroeri, M. Eng.
NIP. 131 407 591

Surabaya, 6 September 2000

Yang menerima tugas:
Mahasiswa.

DODIK PRASETYO
NRP. 4296 100 037

Dosen Pembimbing

Ir. AGUK ZUHDI MF, MEng
NIP. 131 646 637

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
KOORDINATOR TUGAS AKHIR

LEMBAR KEMAJUAN PENGERJAAN TUGAS AKHIR (KS 1701)

Nama Mahasiswa : Dodik Prasetyo U
Nrp : 4296 100 037
Judul Tugas Akhir : ***Pengaruh Pemakaian Coating Hallestoy-X dan ZrO2 Terh Efisiensi Thermal Combustion Chamber dari Turbin Gas***
Dosen Pembimbing : 1) Ir. Aguk Zuhdi MF, MEng

NO	TANGGAL	KEGIATAN	PARAF DO
1	20-9-2000	Permasalahan & proposal.	
2	9-11-2000	Asistensi Bab I ; metode penyelesaian	
3	6-12-2000	Perhitungan Efisiensi thd tekanan	
4	20-12-2000	Cara perhitungan Efisiensi	
5	18-1-2001	Perhitungan Efisiensi & pembelan hasil.	
6	23-2-2001	Grafik Efisiensi & load	
7	15-3-2001	Grafik Efisiensi & Daya	
8	25-3-2001	Kalibrasi Grafik masih > 0,5%	
9	4-4-2001	Peremesan Efisiensi Dg matematis	
10	10-4-2001	kalibrasi masih tdk memenuhi.	
11	18-4-2001	"Seminar kecil"	
12	8-5-2001	Perhitungan semua pengerjaan	
13	11-6-2001	Revisi Pemodelan & kalibrasi	
14	20-6-2001	Pemodelan & kalibrasi	

Catatan :
1. Mahasiswa siap/Tidak siap/Dibatalkan *) untuk diajukan
2. Catatan lain yang dianggap perlu

Surabaya, 20-9-2000
Dosen Pembimbing,

Ir.Aguk Zuhdi MF, MEng
NIP.131 646 637

*) Coret yang tidak perlu

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
KOORDINATOR TUGAS AKHIR

LEMBAR KEMAJUAN PENGERJAAN TUGAS AKHIR (KS 1701)

Nama Mahasiswa : Dodik Prasetyo U
Nrp : 4296 100 037
Judul Tugas Akhir : *Pengaruh Pemakaian Coating Hastelloy-X dan ZrO_2 Terhadap Efisiensi Thermal Combustion Chamber Dari Turbin Gas*
Dosen Pembimbing : Ir. Aguk Zuhdi MF, MEng

NO	TANGGAL	KEGIATAN	PARAF DOSE
1	27-6-2001	Pemodelan + kalibrasi	
2	3-7-2001	Pemodelan + kalibrasi	
3	16-7-2001	Analisa + pembahasan	
4	20-7-2001	Total pengerjaan TA	
5	22-7-2001	Revisi dasar teori	
6	24-7-2001	Total pengerjaan TA	
7	26-7-2001	Persiapan transparan + paper TA	
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			

Catatan :
1. Mahasiswa siap / Tidak siap / Dibatalkan *) untuk diajukan
2. Catatan lain yang dianggap perlu

Surabaya, 13 Maret 2001
Dosen Pembimbing

Ir. Aguk Zuhdi MF, MEng
NIP. 131 646 637

*) Coret yang tidak perlu