



<p>Job Title</p> <p>PEKERJAAN STUDI KONSERVASI ENERGI DI BLOK RIMAU, PROVINSI SUMATRA SELATAN</p>				<p>Order Kerja : No. 350001999</p>	
<div style="text-align: center;">  Client MEDCOENERGI </div>				<p>Doc. No. 03-09-2014 KSV</p>	
 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember </div>		<p align="center">Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) ITS Research Center of ITS</p>			
<p align="center">FINAL REPORT AUDIT DAN KONSERVASI ENERGI DI PT. MEDCO E&P RIMAU, SUMATRA SELATAN</p>					
02	11-09-2014	Final Report	ant	Margo	
01	26-08-2014	Draft Report	ant	Margo	
00	25-07-2014	Draft Report	ant	Margo	
No.	DATE	DESCRIPTION	PRE'D	CHK'D	APR'D
			LPPM-ITS		PT. Medco E&P Rimau



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (LPPM)

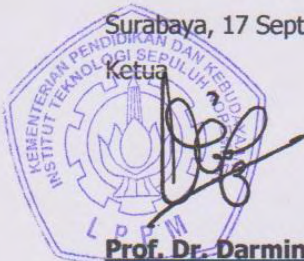
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111
Telp. (031) 5944792, 5961214, 5936940, 5945473, 5994251-55
(Ext. 1113, 1114, 1121, 1273) ; Fax. (031) 5996670
Email : lppm@its.ac.id ; www.lppm.its.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

1. JUDUL : LAPORAN AUDIT DAN KONSERVASI ENERGI DI PT. MEDCO E&P BLOK RIMAU, SUMATRA SELATAN
2. ISI :
 - Neraca Massa – Energi
 - Evaluasi Performa Sistem & Peralatan
 - Analisis Sistem Kelistrikan
 - Konservasi Energi
3. PERUSAHAAN : PT. Medco E&P Indonesia
4. JENIS INDUSTRI : Minyak dan Gas Bumi
5. LOKASI : Blok Rimau Asset

Surabaya, 17 September 2014

Ketua



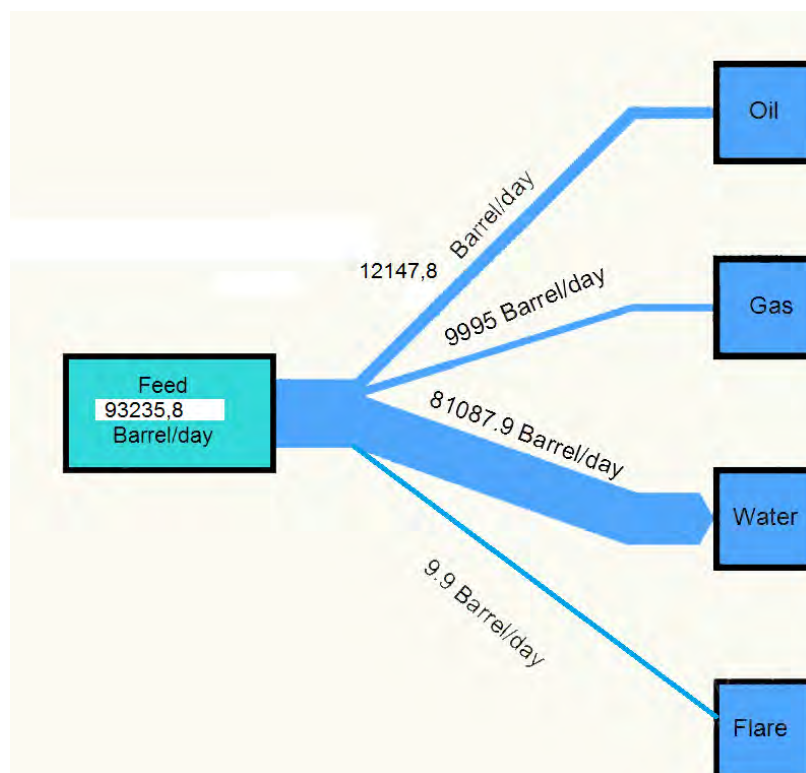
Prof. Dr. Darminto M.Sc.

NIP. 196003031987011002/

Tabel 3.10 Mass flow aliran

Liquid	Feed	Flow Rate
	Barrel/day	Barrel/day
Oil	93235,8	12147,80
Gas		9995.01
Water		81088
Flare		9.870
Total		93235,8

Apabila digambarkan dalam diagram Sankey, maka pola distribusi aliran hingga menjadi produk (oil, water, gas) dan Flare ditunjukkan pada gambar 3.3 berikut,



Gambar 3.3 Sankey diagram mass flow

3.5 Kendaraan

Kendaraan yang digunakan dalam lingkungan PT Medco E & P Rimau dapat diklasifikasikan sebagai berikut,

- Kendaraan 1 (Mitsubishi Pajero Sport)

Konsumsi bahan bakar Mitsubishi Pajero Sport ditunjukkan pada tabel 3.11 berikut,

Tabel 3.11 Jumlah Pengisian Bahan Bakar Kendaraan 1

No	Tanggal	Jumlah (liter)	Posisi Odometer (km)	Jarak tempuh (km)	Konsumsi bahan bakar (km/liter)
1	08-03-2010	20	1689	-	-
2	08-08-2010	36	2265	576	16
3	08-11-2010	29	2555	290	10
4	16-08-2010	50	3078	523	10,46
Konsumsi Bahan Bakar Rata-rata [km/liter]					12.15 (10.3*)

Keterangan :

* : klaim dari masing-masing pabrik

Komposisi gas buang Mitsubishi Pajero sport ditunjukkan pada tabel 3.12 - 3.14 berikut,

Tabel 3.12 Komposisi Gas Buang Kendaraan 1 Pada Kondisi Idle

Komponen	%
CO ₂	2,93
CO	0,03
O ₂	17,03

Tabel 3.13 Komposisi Gas Buang Kendaraan 1 Pada Putaran 3000 RPM

Komponen	%
CO ₂	2,36
CO	0,01
O ₂	17,83

Tabel 3.14 Hasil Pengukuran Opasitas Kendaraan 1

Pengukuran ke	Opasitas (%)
1	54,7
2	43
3	44,6

b. Kendaraan 2 (Ford Everest)

Konsumsi bahan bakar Ford Everest ditunjukkan pada tabel 3.15 berikut,

Tabel 3.15 Jumlah Pengisian Bahan Bakar Kendaraan 2

No	Tanggal	Jumlah (liter)	Posisi Odometer (km)	Jarak tempuh (km)	Konsumsi bahan bakar (km/liter)
1	17-07-2010	50	5812	-	-
2	19-07-2010	38	5918	106	2,79
3	21-07-2010	42	6102	184	4,38
4	28-07-2010	75	6562	460	6,13
5	08-02-2010	34	6688	126	3,71
6	08-06-2010	31	6967	279	9
7	08-09-2010	36	7102	135	3,75
8	08-12-2010	34	7226	124	3,65
Konsumsi Bahan Bakar Rata-rata [km/liter]					4.77 (11.3*)

Keterangan :

* : klaim dari masing-masing pabrik

Komposisi gas buang Ford Everest ditunjukkan pada tabel 3.16 - 3.18 berikut,

Tabel 3.16 Komposisi Gas Buang Kendaraan 2 Pada Kondisi Idle

Komponen	%
CO ₂	3,9
CO	0,01
O ₂	15,85

Tabel 3.17 Komposisi Gas Buang Kendaraan 2 Pada Putaran 3000 RPM

Komponen	%
CO ₂	3,49
CO	0,24
O ₂	16,47

Tabel 3.18 Hasil Pengukuran Opasitas Kendaraan 2

Pengukuran ke	Opasitas (%)
1	73,3
2	76,5
3	84,1

c. Kendaraan 3 (Ford Ranger)

Konsumsi bahan bakar Ford Ranger ditunjukkan pada tabel 3.19 berikut,

Tabel 3.19 Jumlah Pengisian Bahan Bakar Kendaraan 3

No	Tanggal	Jumlah (liter)	Posisi Odometer (km)	Jarak tempuh (km)	Konsumsi bahan bakar (km/liter)
1	17-07-2010	34	139363	-	-
2	20-07-2010	27	139539	176	6,52
3	22-07-2010	42	139832	293	6,97
4	24-07-2010	25	140032	200	8
5	29-07-2010	43	140356	324	7,53
6	05-08-2010	60	140591	235	3,92
7	08-08-2010	27	140895	304	11,26
8	10-08-2010	31	141065	170	5,48
9	13-08-2010	25	141221	156	6,24
10	17-08-2010	28	141419	198	7,07
Konsumsi Bahan Bakar Rata-rata [km/liter]					7.00 (12*)

Keterangan :

* : klaim dari masing-masing pabrik

Komposisi gas buang Ford Ranger ditunjukkan pada tabel 3.20 - 3.22 berikut,

Tabel 3.20 Komposisi Gas Buang Kendaraan 3 Pada Kondisi Idle

Komponen	%
CO ₂	3,9
CO	0,02
O ₂	15,76

Tabel 3.21 Komposisi Gas Buang Kendaraan 3 Pada Putaran 3000 RPM

Komponen	%
CO ₂	4,22
CO	0,03
O ₂	15,6

Tabel 3.22 Hasil Pengukuran Opasitas Kendaraan 3

Pengukuran ke	Opasitas (%)
1	72,9
2	72,3
3	63

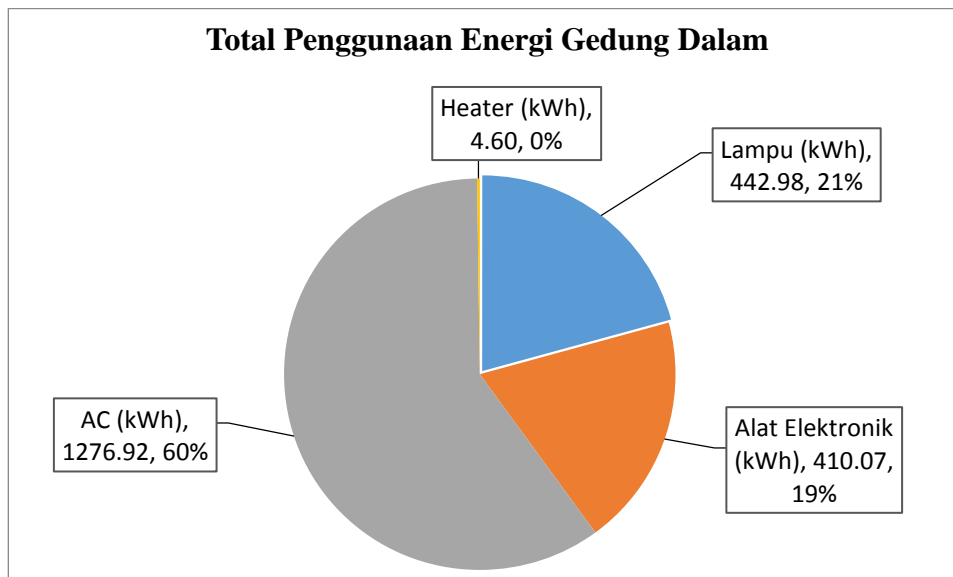
BAB V

KONSERVASI ENERGI

5.1 LOW COST

Konservasi energi dengan investasi *low cost* umumnya diterapkan untuk peralatan–peralatan dengan biaya pengadaan dan modifikasi yang rendah, seperti halnya peralatan listrik yaitu lampu dan AC. Hasil survei konsumsi energi untuk fasilitas dalam berbagai gedung dalam didapatkan total penggunaan energi lampu, energi alat elektronik (fan, komputer, dll) dan AC yaitu sebesar 429,22 kWh, 403,52 kWh dan 1216,80 kWh. Sedangkan untuk gedung luar adalah penggunaan energi lampu 13,656 kWh, AC 60,116 kWh dan elektronik 6,545 kWh. Maka, total seluruh penggunaan energi untuk gedung di dalam Blok Rimau adalah lampu sebesar 442,98 kWh, AC sebesar 1276,92 kWh, peralatan elektronik sebesar 410,07 kWh dan *heater* adalah 4,6 kWh.

Profil pemakaian listrik untuk kedua peralatan tersebut bisa terlihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Total Penggunaan Energi Gedung Dalam

Gambar 5.1 memperlihatkan bahwa penggunaan energi untuk AC cukup dominan yaitu sekitar 59,82%. Sedangkan untuk lampu dan elektronik yaitu sekitar 20,75% dan 19,21%. Meskipun kedua peralatan tersebut (lampu dan

elektronik) mempunyai nilai konsumsi energi yang hampir sama, akan tetapi dipilih penghematan konsumsi listrik untuk lampu karena tipe dan jenisnya seragam.

Ada bermacam strategi penghematan untuk penggunaan lampu dan AC antara lain

5.1.1 Penghematan Daya Lampu dengan LED

Perencanaan dan pengadaan untuk penghematan telah dilakukan, yaitu dengan penggantian lampu eksisting yang awalnya *fluorescent*, akan digantikan menggunakan lampu LED. Saat ini sudah diadakan sekitar 100 buah lampu LED. Penghematan penggunaan lampu LED ditunjukkan pada tabel 5.1.

5.1.2 Penghematan Daya Lampu dengan Sensor Cahaya dan PIR

Lampu penerangan dalam suatu ruangan biasanya dioperasikan secara manual oleh manusia. Dengan kemajuan teknologi saat ini, pengoperasian manual oleh manusia bisa diminimalisir. Saklar otomatis sangat efektif dan efisien untuk penggunaan lampu. Alat ini akan menyalakan lampu penerangan apabila ada orang dalam ruangan tersebut dan akan padam bila orang tersebut keluar ruangan. Sehingga penggunaan alat ini bisa menghindari pemborosan energi listrik. Saklar otomatis ini biasanya menggunakan sensor kehadiran orang jenis *passive infrared* atau PIR.

Penggunaan saklar otomatis merupakan salah satu cara operasi yang digunakan untuk mengendalikan beban listrik. Ide penggunaan saklar otomatis ini muncul sebagai upaya menghindari pemborosan energi listrik. Saklar otomatis juga dapat memudahkan operasi.

Sebagai contoh adalah seseorang lupa mematikan lampu penerangan selama 5 jam di Mess Bougenville pada semua ruangan selain teras sekeliling Mess, maka total 2160 watt dalam ruangan selama 5 jam, maka akan terjadi pemborosan energi listrik setiap hari sebesar :

$$\begin{aligned} E &= P \times t & 5-1 \\ &= 2160 \times 5 \\ &= 10.800 \text{ Watt-hour} \\ &= 10,8 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Tabel 5.1 Penghematan Daya Lampu

No.	Nama Bagian	Peralatan Yang Terpasang	Jumlah/kamar	Jumlah Kamar	Merk	Type	Tegangan (V)	Daya (W)	Daya Total (W)	LED	Daya Total	Penghematan
1	Ruangan Mess B1,B2,B3,B4,B5,B6,B7,B8, B9,B10,B11,B12,B13,B14, B15,B16	Fluorescent Light (A)	1	16	Philips	SL	220	18,00	288	9	144	144
		Air Conditioner (AC)										
2	Koridor Ruangan	Fluorescent Light (C)	6	1	Philips		220	36,00	216	27	162	54
3	Ruangan Tamu	Fluorescent Light (B)	6	1	Philips		220	72,00	432	36	216	216
		Fluorescent Light (A)	13		Philips	SL	220	18,00	234	9	117	117
4	Ruangan Tennis Meja	Fluorescent Light (B)	4	1	Philips		220	72,00	288	36	144	144
		Fluorescent Light (A)	8		Philips	SL	220	18,00	144	9	72	72
5	Teras di sekeliling mess	Fluorescent Light (A)	15	1	Philips	SL	220	18,00	270	9	135	135
6	Toilet 16 Ruangan	Fluorescent Light (A)	1	16	Philips	SL	220	18,00	288	9	144	144
		Fan Exhaust	1									
Total									2160		1134	1026

Tabel 5.2 Inefisiensi Listrik selama 5 jam sehari

No	Nama Gedung	Daya Lampu Tiap Gedung (W)	Lupa Mematikan Lampu 5 jam (kWh)
1	Building Utilities	2.304	11.520
2	Mess Bougenville	2.160	10.800
3	Mess Kenanga	3.258	16.290
4	Mess Anggrek	2.232	11.160
5	Mess Raflesia	3.150	15.750
6	Mess Edelweise	522	2.610
7	Mess Kaji Masjid Al-Hijrah	1.386	6.930
8	Kantin	1.275	6.375
9	Mess Kembar-A	1.242	6.210
10	Mess Kembar-B	1.458	7.290
11	Flamboyan Crew Transport	1.512	7.560
12	Mess Teratai	2.070	10.350
13	Gedung Serba Guna	6.084	30.420
14	Production & Construction	1.872	9.360
15	Is - BRD Building	1.962	9.810
16	Transport Office	1.368	6.840
17	Transport Office	6.448	32.240
18	Transport Office	1.494	7.470
19	Transport Office	1.026	5.130
20	Transport Office	1.818	9.090
21	Electrical & Instrument Shop	5.148	25.740
22	Weel Maintenance	792	3.960
23	SHE Building	5.886	29.430
24	Aed Building	11.830	59.150
Total		68.297	341.485

Nilai ini hanya untuk satu gedung kecil di Blok Rimau, maka jika ditotal keseluruhan gedung yang ada, maka didapatkan inefisiensi sebesar 341.485 kWh untuk lampu setiap hari ditunjukkan pada tabel 5.2.

Bentuk inefisiensi yang lain yaitu lupa mematikan lampu teras pada saat pagi hari. Jika ditotal daya lampu teras seluruh gedung dan menyala selama 2 jam maka total energi yang hilang sebesar 5.220 kWh/hari ditunjukkan pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Inefisiensi Listrik Lampu Teras selama 2 jam perhari

No	Nama Gedung	Daya Lampu Teras Tiap Gedung (W)	Lupa Mematikan Lampu Teras 2 jam (kWh)
1	Building Utilities	0	0
2	Mess Bougenville	270	540
3	Mess Kenanga	0	0
4	Mess Anggrek	180	360
5	Mess Raflesia	0	0
6	Mess Edelweise	162	324
7	Mess Kaji Masjid Al-Hijrah	432	864
8	Kantin	72	144
9	Mess Kembar-A	144	288
10	Mess Kembar-B	144	288
11	Flamboyan Crew Transport	234	468
12	Mess Teratai	342	684
13	Gedung Serba Guna	0	0
14	Production & Construction	0	0
15	Is - BRD Building	234	468
16	Transport Office	0	0
17	Transport Office	0	0
18	Transport Office	0	0
19	Transport Office	0	0
20	Transport Office	0	0
21	Electrical & Instrument Shop	0	0
22	Weel Maintenance	0	0
23	SHE Building	0	0
24	Aed Building	396	792
Total		2610	5220

Total penghematan dengan menggunakan saklar otomatis (sensor cahaya dan PIR) sebesar $341.485 + 5.220 = 346.705$ kWh perhari atau 126.547.325 kWh per tahun. Jika diperhitungkan dengan pengurangan pemakaian bahan bakar gas maka penambahan sistem ini akan mampu mengurangi konsumsi gas sebesar

0,00275122 MMSCFD perhari. Sehingga, dapat mengurangi IKE total dari **0,053MMBTU/BOE** menjadi **0,051 MMBTU/BOE** ditunjukkan pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 IKE Total

Item	Vol	Unit	GHV	Unit	Nilai Energi	Unit
Oil	10600	BPD	8400	kCal/Liter	55116,47	MMBTU
Gas	41,43	MMSCFD	1131	btu/scf	46857,33	MMBTU
Flare	1,00	MMSCFD	1131	btu/scf	1131,00	MMBTU
Total dg flare	17910,69	BOE/hari			103104,80	
Total tanpa flare	17738,39	BOE/hari			101973,80	
Fuel Gas	4,84	MMSCFD	1131	btu/scf	5475,22	MMBTU
	834,112	BOE/hari				

IKE Eksisting = 0,053 MMBTU/BOE

IKE Planning = 0,051 MMBTU/BOE

Estimasi Biaya

Estimasi biaya pemasangan lampu dengan menggunakan sensor dan perbandingan penggunaan musicool dengan freon ditunjukkan pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Estimasi Biaya Penghematan

Investasi Lampu Dengan Penggunaan Sensor (Rupiah/tahun)		Penggunaan AC Dengan Musicool (Rupiah/tahun)	Penggunaan AC Dengan Refrigerant (Rupiah/tahun)
Infrared	Intensitas cahaya	Tabung MUSICOOL MC 22 RP. 250.000 @ 3 KG	FREON R22 DUPONT RP. 850.000 @3 KG
Gedung	Teras		
141.300.000	8.720.000		
		60.000.000	204.000.000

Sumber : <http://www.globalindoprima.com/>

5.1.3 Penggunaan refrigeran MUSICOOL untuk retrofit di peralatan AC

Musicool adalah refrigeran dengan komposisi dominan hydrocarbon yang diproduksi sendiri oleh PERTAMINA. Dari beberapa hasil penerapan di Industri penggunaan *refrigerant Hydrocarbon* untuk menggantikan refrijerant baik R134a maupun R22 dapat memberikan penghematan daya sampai 30%.

Tabel 5.6 memperlihatkan bahwa penggantian refrigeran R134a maupun R22 dengan Musicool bisa menghemat konsumsi energi total dari 973,38 kWh menjadi 681,64 kWh jika perhari dioperasikan 10 jam atau berkurang sebesar

292,13 kWh perhari. Jika dikonversikan dalam kebutuhan fuel gas maka didapatkan penghematan sebesar 0,00211522466 MMSCFD.

Tabel 5.6 Konsumsi Energi AC

No	Nama Gedung	Daya AC Tiap Gedung (W)	Musicool	Penghematan Daya AC (W)	Penghematan Fuel Gas (MMSCFD)
1	Building Utilities				
2	Mess Bougenville	774,00	541,80	232,20	0,00001681272
3	Mess Kenanga				
4	Mess Anggrek	432,40	302,68	129,72	0,00000939253
5	Mess Raflesia	928,40	649,88	278,52	0,00002016657
6	Mess Edelweise	217,00	151,90	65,10	0,00000471364
7	Mess Kaji Masjid Al-Hijrah	329,50	230,65	98,85	0,00000715735
8	Kantin	558,60	391,02	167,58	0,00001213383
9	Mess Kembar-A	681,30	476,91	204,39	0,00001479910
10	Mess Kembar-B				
11	Flamboyant Crew Transport				
12	Mess Teratai	247,10	172,97	74,13	0,00000536747
13	Gedung Serba Guna	574,40	402,08	172,32	0,00001247704
14	Production & Construction	6.280,00	4.396,00	1.884,00	0,00013641327
15	Is - BRD Building				
16	Transport Office	6.280,00	4.396,00	1.884,00	0,00013641327
17	Transport Office	6.280,00	4.396,00	1.884,00	0,00013641327
18	Transport Office	6.280,00	4.396,00	1.884,00	0,00013641327
19	Transport Office	6.280,00	4.396,00	1.884,00	0,00013641327
20	Transport Office	6.280,00	4.396,00	1.884,00	0,00013641327
21	Electrical & Instrument Shop	14.915,00	10.440,50	4.474,50	0,00032398153
22	Wheel Maintenance				
23	SHE Building	14.915,00	10.440,50	4.474,50	0,00032398153
24	Aed Building	25.125,00	17.587,50	7.537,50	0,00054576170
Total		97.377,70	68.164,39	29.213,31	
(KW)		97,38	68,16	29,21	0,00211522466
(kWh, beroperasi 10 jam)		973,78	681,64	292,13	

5.2 MEDIUM COST

Rimau sudah memiliki *Power Management System* yang bisa memonitor dan merekam konsumsi daya listrik untuk pompa yang beroperasi, sehingga bisa dilanjutkan dengan menambahkan program untuk memantau profil konsumsi energi yang nantinya bisa diterapkan untuk EMIS.

5.2.1 *Energy Management Information System (EMIS) - Real Time Energy Metering and Monitoring* pada peralatan proses produksi

Perusahaan eksplorasi minyak dan gas sangat membutuhkan sistem informasi yang mampu secara *real time* monitor konsumsi energi untuk semua unit. Sistem informasi ini disebut *Energy Management Information System* (EMIS). Kegunaan, manfaat dan kemampuan dari EMIS antara lain:

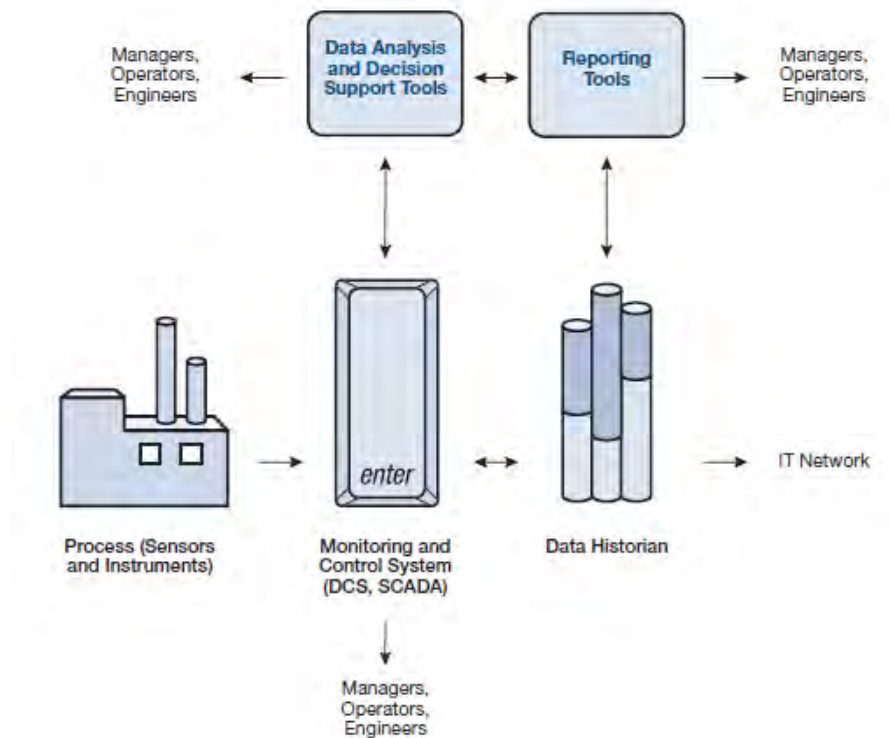
- Deteksi dini pada peralatan yang mengalami penurunan performa.
- Memberikan masukan yang efektif untuk pengambilan keputusan.
- Pelaporan energi yang efektif.
- Pencatatan dan penyimpanan data histori profil konsumsi energi tiap peralatan.
- Perhitungan target penurunan konsumsi energi.
- Perbandingan antara konsumsi energi aktual dan target.
- support untuk energy budgeting dan management accounting.

Selain itu EMIS dapat melakukan :

- Pembacaan seluruh meter energi dapat di ambil pada basis jam, basis shift, harian atau bulanan tanpa mengikutsertakan kesalahan manusia. Pembacaan ini bisa dijadikan sebagai bench marking dan untuk perbandingan bagi tindakan perbaikan.
- *Switching on/off* pada setiap beban bisa dilakukan secara *online*, sehingga mengurangi tenaga kerja manusia dibidang pemeliharaan kelistrikan.
- Pengoperasian peralatan tanpa beban (*idle*) dapat dikurangi.

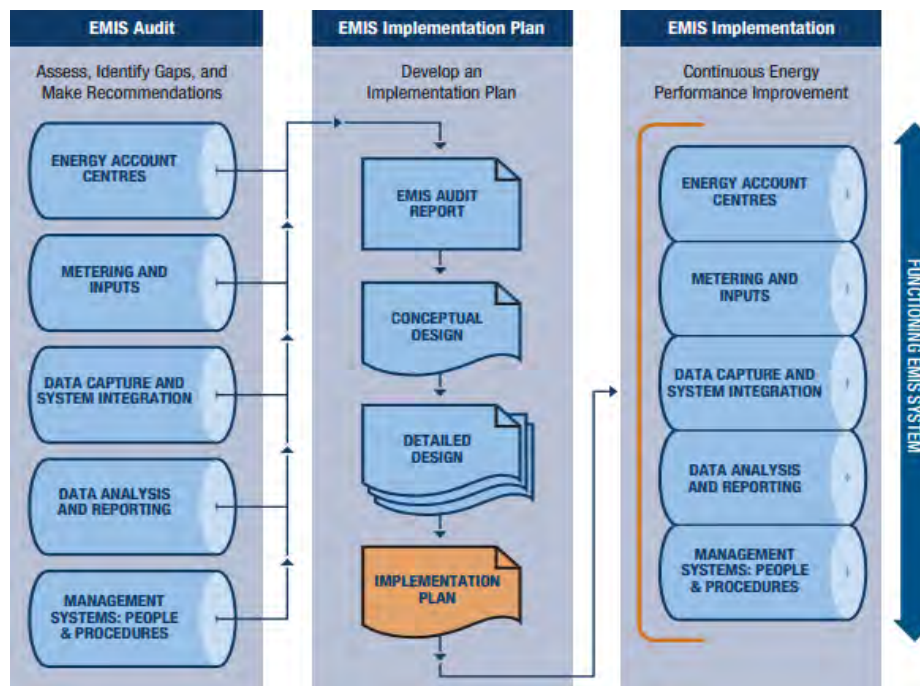
Mengetahui secara *real time* konsumsi energi dapat menghemat konsumsi energi karena sistem *real time* memberikan solusi secara cepat dan tepat. Apalagi jika digabungkan dengan pengoperasian dari beberapa pompa CTP dan WIP yang beroperasi paralel dengan kapasitas terlalu tinggi, akan banyak mengurangi konsumsi energi (perhitungan penghematan pada uraian selanjutnya).

Elemen dari EMIS adalah sebagai berikut :



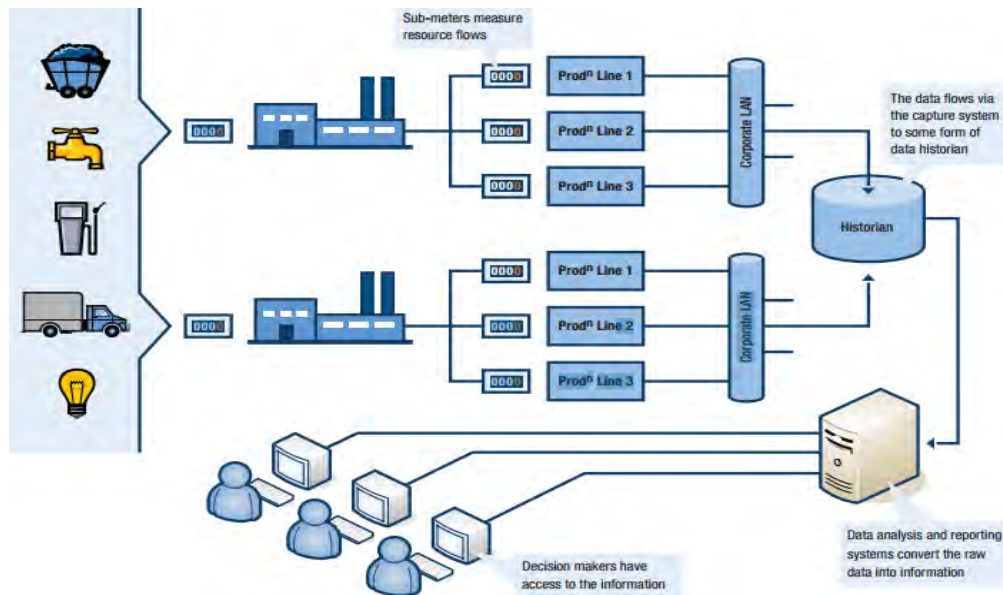
Gambar 5.2 Elemen EMIS

Tahapan dari EMIS Development dan Implementasi :



Gambar 5.3 Tahapan Dari EMIS Development dan Implementasi

Bagan sistem dari EMIS tergambar sebagai berikut :

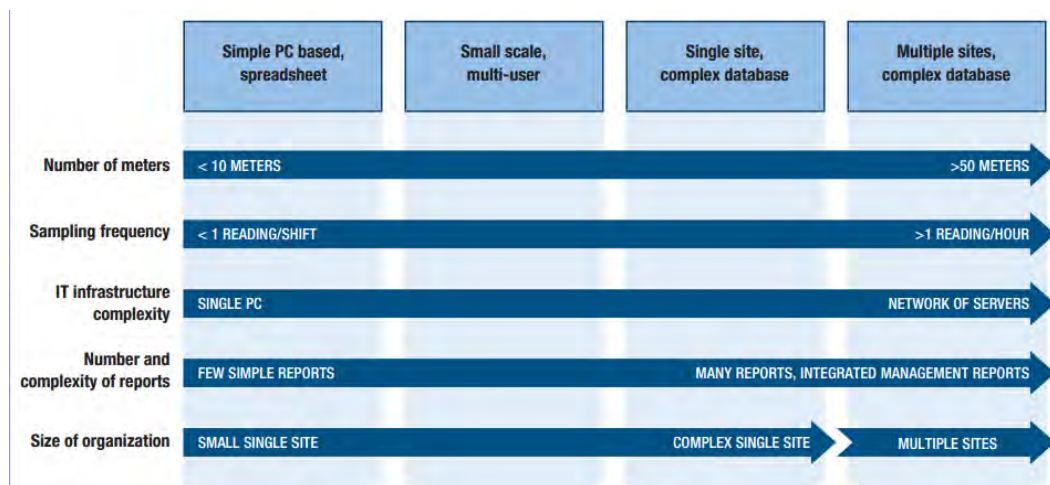


Gambar 5.4 Bagan Sistem Dari EMIS

Jenjang dari Sistem Metering EMIS sebagai berikut :

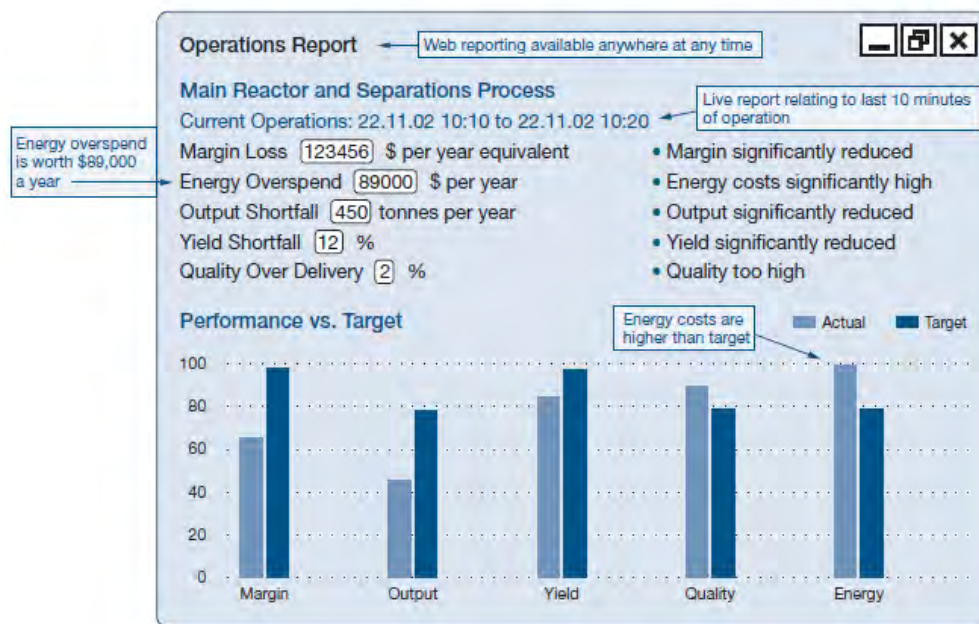


Gambar 5.5 Jenjang Dari Sistem Metering EMIS

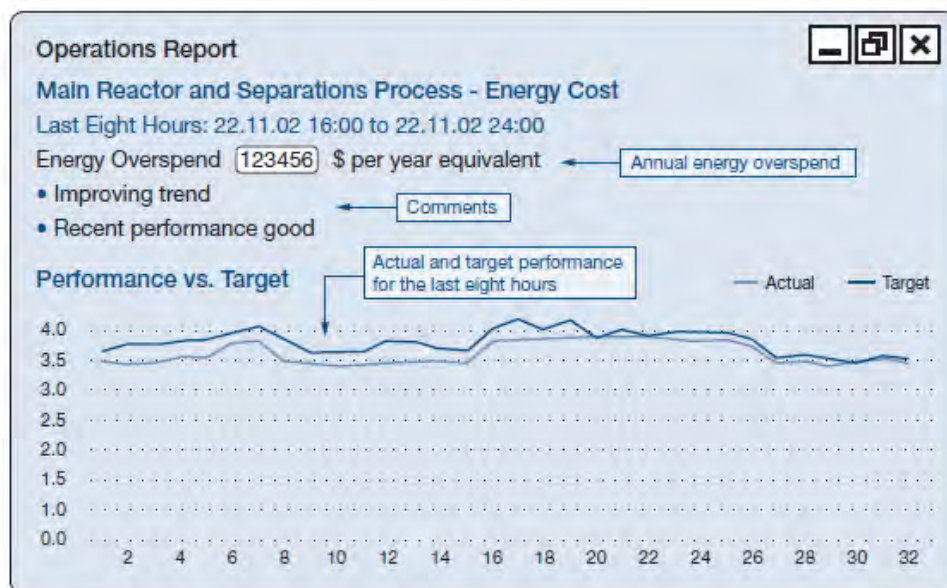


Gambar 5.6 Sistem Metering EMIS

Contoh *reporting* untuk penurunan performa dari unit



Gambar 5.7 Contoh *Reporting* Untuk Penurunan Performa Dari Unit



Gambar 5.8 Operations Report

Berbagai data dan fakta untuk penerapan EMIS pada bermacam perusahaan menunjukkan bahwa sistem ini bisa meningkatkan efisiensi dari unit sebesar rata – rata 7%. Hal ini karena ketepatan dan kecepatan mendapatkan data profil energi secara *real time* bisa dicapai serta solusi yang cepat dan tepat jika terjadi

penyimpangan performa peralatan.

Selain itu penggunaan EMIS untuk pengoperasian on/off dari beberapa pompa CTP dan WIP yang beroperasi paralel dengan kapasitas dan head berlebihan akan banyak mengurangi konsumsi energi. Dari beberapa pengalaman perusahaan yang telah menerapkannya penurunan konsumsi energi cukup besar yaitu berkisar 10% - 30%.

5.3 HIGH COST

Uraian diatas adalah program konservasi energi yang menelan biaya *low* dan *medium*, pada uraian sub bab 5.3 akan dianalisis program konservasi energi yang membutuhkan dana yang besar (*high cost*). Beberapa program yang membutuhkan biaya besar (*high cost*) antara lain:

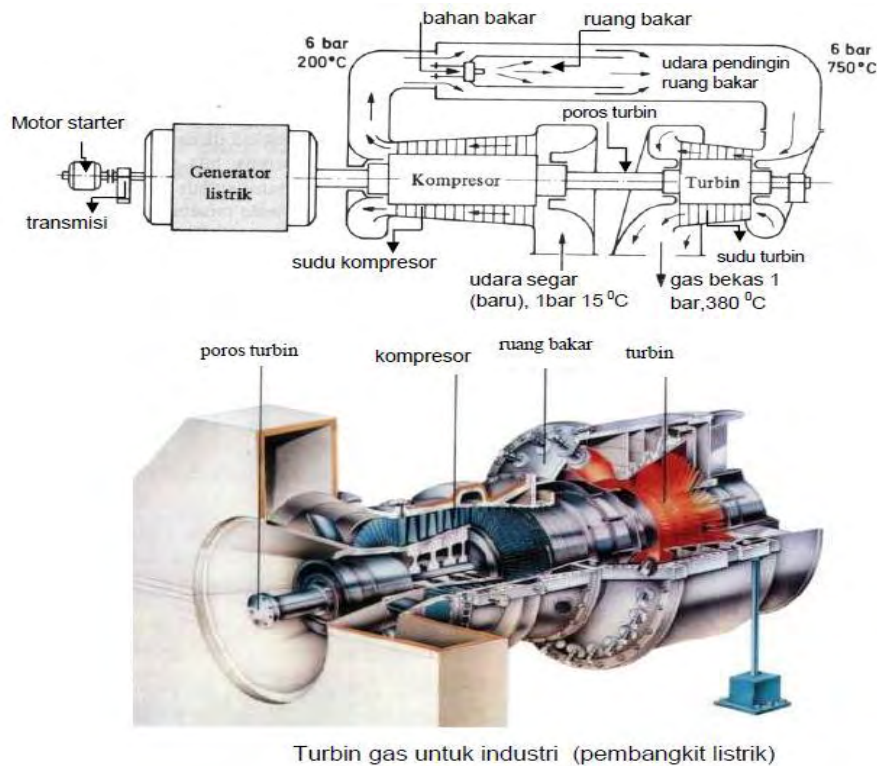
5.3.1 Pemanfaatan Flare

Nilai laju energi kalor yang dimiliki oleh *flare gas* masih sangat besar. Nilai minimal dari laju energi kalor *flare gas* adalah sebesar 13,81 MW. Hal ini menunjukkan bahwa *flare gas* memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi kalor bagi peralatan yang memanfaatkan energi kalor, atau juga bisa dimanfaatkan untuk memproduksi listrik.

Pembangkit Listrik Gas Turbine (GT)

Turbin gas digunakan untuk menggerakkan bermacam-macam peralatan, seperti pompa, generator listrik, dan kompresor.

Saat ini, sistem turbin gas telah banyak diterapkan untuk berbagai keperluan seperti mesin penggerak generator listrik, mesin industri, pesawat terbang dan lainnya. Sistem turbin gas dapat dipasang dengan cepat dan biaya investasi yang relatif rendah jika dibandingkan dengan instalasi turbin uap dan motor diesel untuk pusat tenaga listrik. Kelebihan turbin gas adalah efisien, rasio kompresi tinggi (20:1), ringkas, relatif ringan bobotnya dan emisi gas ramah lingkungan. Sedangkan kekurangan Turbin Gas yaitu desain kompleks dan relatif mahal.



Gambar 5.9 Turbin gas Untuk Industri (Pembangkit Listrik)

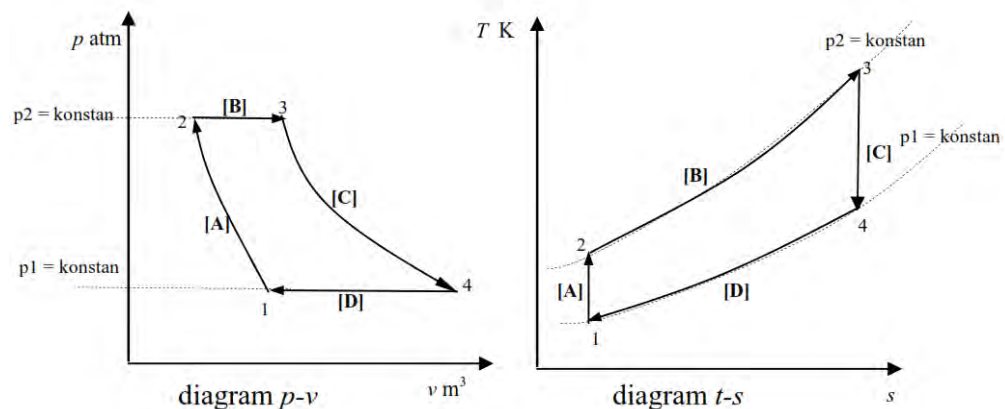
Dalam industri turbin gas umumnya diklasifikasikan dalam dua jenis yaitu :

- Turbin Gas Poros Tunggal (*Single Shaft*) : turbin jenis ini digunakan untuk menggerakkan generator listrik yang menghasilkan energi listrik untuk keperluan proses di industri.
- Turbin Gas Poros Ganda (*Double Shaft*) : turbin jenis ini merupakan turbin gas yang terdiri dari turbin bertekanan tinggi dan turbin bertekanan rendah, dimana turbin gas ini digunakan untuk menggerakkan beban yang berubah seperti kompresor pada unit proses.

Berdasarkan klasifikasi tersebut, maka digunakan turbin gas poros tunggal sebagai penghasil listrik.

5.3.2 Siklus Termodinamika Turbin Gas

Turbin gas merupakan suatu mesin yang bekerja mengikuti siklus termodinamik Brayton. Adapun siklus termodinamiknya pada diagram $p-v$ dan $t-s$ diberikan pada gambar 5.10.

Gambar 5.10 Diagram $p-v$ dan $T-s$

Urutan proses kerja sistem turbin gas pada gambar 5.10 adalah:

- 1-2** Proses kompresi adiabatik udara pada kompresor, tekanan udara naik [A].
- 2-3** Proses pembakaran campuran udara dan bahan-bakar pada tekanan konstan, dihasilkan panas pada ruang bakar [B].
- 3-4** Proses ekspansi adiabatik gas pembakaran pada turbin dihasilkan kerja turbin berupa putaran poros dan gaya dorong, tekanan turun [C].
- 4-1** Proses pembuangan kalor pada tekanan konstan [D].

Dari diagram $T-S$ dapat dilihat setelah proses kompresi pada kompresor temperatur naik yaitu T_2 dari temperatur atmosfer T_1 dan tekanan naik dari p_1 menjadi p_2 , temperatur dan tekanan ini diperlukan untuk proses pembakaran. Setelah bahan bakar disemprotkan, kemudian bercampur dengan udara mampat didalam ruang bakar dan dinyalakan, terjadi proses pembakaran, temperatur naik lagi sampai T_3 . Temperatur T_3 adalah temperatur gas pembakaran yang akan masuk turbin, temperatur ini dibatasi oleh ketahanan material turbin pada suhu tinggi. Setelah proses ekspansi pada turbin, temperatur gas sisa menjadi turun sampai T_4 dan temperatur gas sisa ini masih tinggi diatas temperature T_1 .

Ada banyak tipe turbin gas dengan prinsip kerja menggunakan siklus Bryton. Siklus tersebut adalah siklus dasar yang menjadi patokan dalam perancangan turbin gas. Secara teoritis tidak ditemukan kekurangan, namun pada kenyataannya, pembuatan turbin gas menemui banyak kekurangan, terutama yang berhubungan dengan efisiensi pemakaian bahan bakar dan ketersediaan material yang bekerja pada temperatur tinggi. Perkembangan tipe turbin gas sudah banyak

dilakukan. Berikut ini adalah dasar proses perkembangan turbin gas.

1. Pemakaian bahan bakar harus lebih bervariasi tidak hanya untuk bahan bakar cair dan gas saja, hal ini dilakukan untuk pencegahan singgungan fluida kerja dengan lingkungan, khususnya untuk bahan bakar nuklir. Untuk keperluan tersebut, dibuat turbin gas terbuka dan tertutup atau turbin gas langsung dan tidak langsung.
2. Pemakaian turbin gas yang semakin meluas, selain digunakan untuk pembangkit daya dorong dan pembangkit listrik, turbin gas sekarang banyak digunakan untuk penggerak mula, contohnya penggerak pompa dan kompresor pada industri-industri atau pusat pembangkit tenaga (*power plant*). Untuk keperluan tersebut, dibuat turbin gas dengan model satu poros dan dua poros.

5.3.3 Efisiensi Turbin Gas

Pemakaian turbin gas banyak menguntungkan sebagai pengganti sumber penggerak lain. Bentuk turbin gas adalah lebih simple dan tempat yang digunakan tidak terlalu besar. Selain itu, jika dibandingkan dengan turbin uap, dalam hal pengoperasian, turbin gas lebih mudah dioperasikan, lebih mudah dikendalikan dan instalasi dari turbin gas lebih sederhana. Akan tetapi, jika ditinjau secara aktual efisiensi turbin gas masih rendah.

Dari gambar 6.1 diagram p - v dan t - s , dapat dilihat bahwa, pemasukan panas berlangsung pada tekanan tetap :

$$q_{masuk} = mc_p(T_3 - T_2) \quad 5-2$$

Pengeluaran panas juga pada tekanan konstan;

$$q_{keluar} = mc_p(T_4 - T_1) \quad 5-3$$

Sehingga, kerja berguna dapat dirumuskan sebagai berikut;

$$W_{berguna} = q_{masuk} - q_{keluar} = mc_p(T_3 - T_2) - mc_p(T_4 - T_1) \quad 5-4$$

Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan kerja berguna dengan energi kalor yang masuk, dirumuskan sebagai berikut;

$$\eta = \frac{W_{berguna}}{q_{masuk}} = \frac{q_{masuk} - q_{keluar}}{q_{masuk}} \quad 5-5$$

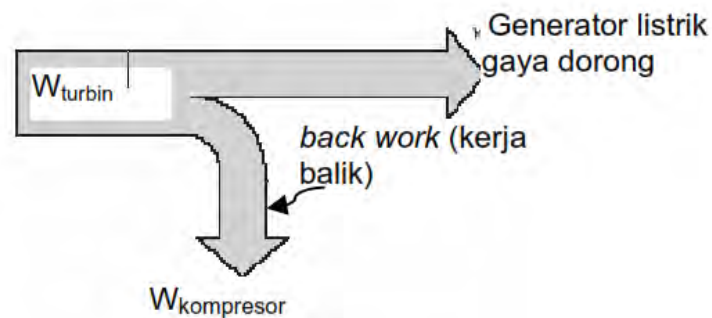
Dapat ditulis;

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}, \text{ atau } \eta = 1 - \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad 5-6$$

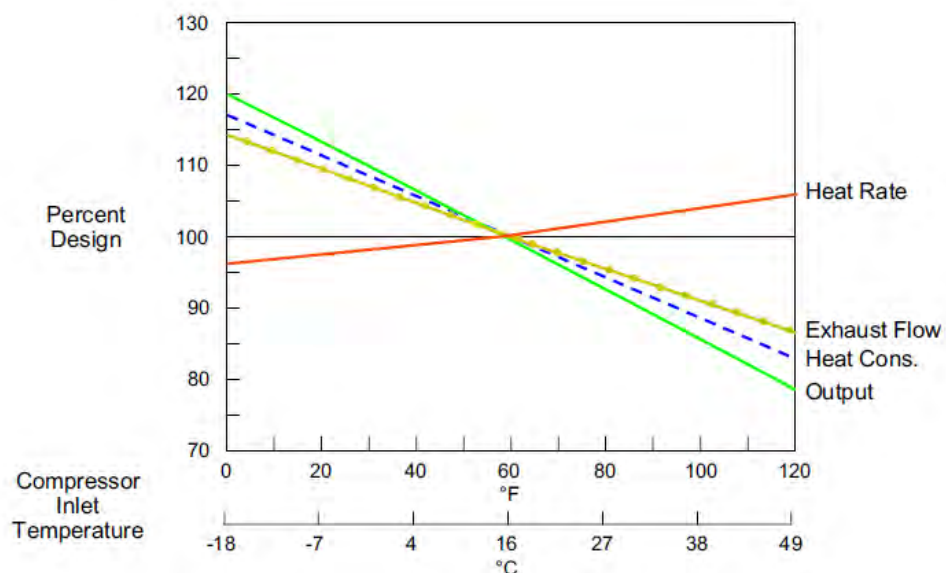
Dimana C_p kapasitas jenis pada tekanan konstan

$$\gamma = \frac{C_p}{C} \quad 5-7$$

Jadi, untuk menaikkan efisiensi turbin gas, kompresor yang digunakan harus memiliki perbandingan tekanan $\frac{P_2}{P_1}$ yang tinggi. Bagian dari kerja turbin yang digunakan untuk menggerakkan kompresor dinamakan *back work ratio*. Dengan perbandingan daya pada turbin gas biasanya 3:2:1,3 untuk daya turbin, 2 untuk kompresor, dan 1 untuk generator listrik. Sebagai contoh untuk menggerakkan generator listrik 100kW, turbin gas harus mempunyai daya 300kW, karena harus menggerakkan kompresor sebesar 200 kW.



Gambar 5.11 Backwork turbin gas



Gambar 5.12 Pengaruh Ambien Temperatur

Dengan alasan itu, banyak faktor yang harus diperhatikan terutama untuk

mengoptimalkan kerja kompresor. Contohnya suhu masuk kompresor T₁ tidak terlalu tinggi, dengan alasan pada suhu yang tinggi kerja kompresor bekerja lebih berat. Dengan kerja kompresor lebih berat, maka daya yang diambil dari daya turbin lebih banyak sehingga mengurangi bagian yang lainnya.

PERENCANAAN GAS TURBIN (DESIGN RATINGS)

Fuel Flow : 1 MMSCFD

Air Flow : 180 kg/sec

Turbine Exit Gas Temperature : 527.2 °C

Power : 50000 kW

LHV Heat Rate : 10080 Btu/kW hr

Mol. Wt. CH₄ : 16.04 g/mol

LHV CH₄ : 802.42 kJ/mol

Basis : 1 hr of operation

Mol. Wt. Air : 28.85 g/mol

Mols CH₄ = (Mass CH₄) / (Molecular Weight CH₄) = 1.45E+06 mols

Mols O₂ Req'd = 2 * (Mols CH₄) = 2.91E+06 mols

Mols Air Req'd = (Mols O₂ Req'd) / 0.21 = 1.38E+07 mols

Mass Air Req'd = (Mols Air Req'd) * (Molecular Weight Air) = 3.99E+05 kg/hr

Percent Excess Air

Air Used = Air Flow

$$\text{Percent Excess Air} = \frac{\text{Supplied Air} - \text{Required Air}}{\text{Required Air}} \times 100\% = 223.1$$

Combustion Gases : Material Balances

Mols CO₂ = Mols CH₄ = 1.454E+06

Mols O₂ = (Mols Supplied - Mols Required For Combustion) = 6.485E+06

Mols N₂ = (Mols O₂ Supplied) * 79/21 = 3.533E+07

Mols H₂O = 2 * Mols CH₄ = 2.907E+06

LHV Heat Rate and Efficiency

Heat Rate = 10080 Btu/kW•hr

$$\begin{aligned} \text{Efficiency} &= \frac{1}{\text{Heat Rate}} = \frac{1}{10080} \frac{\text{kW hr}}{\text{Btu}} \times \frac{1 \text{ Btu}}{1.055 \text{ kJ}} \times 3600 \frac{\text{kJ}}{\text{kW hr}} \\ &= 0.3385 \\ &= 33.85 \% \end{aligned} \quad 5-8$$

Energy Balance dari Gas Turbine

Datum : 25 °C All Gases

Energy Balance:

$$H_{IN} - \Delta H_{RXN} + Q = H_{OUT} + W \quad 5-9$$

jika diasumsikan 25 °C,

- ΔH_{RXN} = Apparent LHVEnthalpi dari Gases keluaran

Component	a	b	c	d	T (K)	T _{DATUM} (K)	h _{OUT} (J/mole)	moles	H _{OUT} (kJ)
H ₂ O	32.24	1.92E-03	1.06E-05	-3.60E-09	800.4	298.0	18075.3	2.907E+06	5.25E+07
N ₂	28.9	-1.57E-03	8.08E-06	-2.87E-09	800.4	298.0	15105.8	3.533E+07	5.34E+08
O ₂	25.48	1.52E-02	-7.16E-06	1.31E-09	800.4	298.0	15966.4	6.485E+06	1.04E+08
CO ₂	22.26	5.98E-02	-3.50E-05	7.47E-09	800.4	298.0	22761.1	1.454E+06	3.31E+07
								Total	7.23E+08

Analisis biaya untuk pemanfaatan Gas Turbin

Estimasi Biaya Investasi

Table 5.7 Estimasi Biaya Investasi

\$/kW	kW	Biaya Investasi (USD)
500	50.000	2.7500.000

A. Perhitungan *annual cash inflow*

Harga listrik dari PT PLN (PERSERO) untuk golongan tarif industri adalah Rp 1000/kWh. Dengan menggunakan energi yang mampu dibangkitkan oleh Gas Turbin dan harga listrik maka dapat dihitung besarnya *annual cash inflow* untuk pemanfaatan *flare gas* sebagai bahan bakar. Perhitungan *annual cash inflow* untuk pemanfaatan Gas Turbin adalah sebagai berikut,

a. *Annual cash inflow* untuk pemanfaatan GT

$$\begin{aligned} \text{Annual cash inflow (1 unit)} &= 200.000 \text{ MWh} \times \text{Rp. 1000 /kWh} \\ &= \text{Rp. 20.000.000.000,-} \end{aligned}$$

Nilai *annual cash inflow* ini menunjukkan besarnya penghematan yang diperoleh dalam periode 1 tahun untuk pemanfaatan *flare gas* sebagai bahan bakar Gas Turbin. Nilai *annual cash inflows* sangat tinggi jika dibandingkan dengan total investasi Gas Turbin sebesar 2.750.000 US\$.



Gambar 5.13. spesifikasi gas turbin

5.4 Penghematan Air

Langkah - langkah yang dapat dilakukan dalam penghematan pada air adalah sebagai berikut :

1. Menutup kran air sebelum meninggalkan kamar mandi.
2. Memperbaiki selang-selang air, pipa atau kran air yang mengalami kerusakan atau kebocoran air.
3. Menutup kran air saat sedang menggunakan alat plambing, seperti sikat gigi dalam keadaan kran masih terbuka.

5.5 Kendaraan

- a. Perlu diadakan pencatatan pada setiap pengisian bahan bakar untuk semua kendaraan, baik pengisian yang dilakukan di dalam maupun di luar Stasiun Kaji.
- b. Pelaksanaan uji emisi sebaiknya dilakukan sesuai dengan peraturan pemerintah.
- c. Pembersihan saringan udara (*air cleaner*) secara intensif pada saat perawatan berkala. Hal ini mengingat kondisi udara di kawasan Rimau Asset yang sangat berdebu. Penggunaan saringan udara yang kotor tidak

hanya mengurangi tenaga mesin, tetapi juga menyebabkan pemborosan bahan bakar serta menimbulkan asap hitam yang berlebihan.

- d. Penggunaan *diesel particulate filter* (DPF) untuk mereduksi kandungan partikel (karbon tak terbakar dan abu) dalam gas buang.

5.6 JADWAL PROGRAM

Tabel 5.8 Jadwal Program

No.	Rekomendasi	Investasi	Jadwal Pelaksanaan											
			2014				2015				2016			
			I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Penggantian lampu TL dengan yang lebih hemat seperti LED	Low												
2	Pemasangan sensor pada lampu dan AC													
3	Pemasangan Metering Air pada setiap Cluster fasilitas gedung (ruang makan, mesjid, kamar-kamar, dan kantor)													
4	Penggantian refrigerant sintesis dengan hydrocarbon	Medium												
5	Root Cause Failure Analysis pada gas engine yang rusak													
6	Penerapan RCM (Reliability Centered Maintenance) yang menggabungkan Preventive Maintenance, Predictive Maintenance (Condition Based Maintenance) serta Breakdown Maintenance													
7	Implementasi EMIS													
8	Energy Champion Program													
9	Pembangunan Turbin Gas untuk pembangkit listrik	High												

BAB VI KESIMPULAN

Dari seluruh rangkaian kegiatan studi energi yang dilakukan di Blok Rimau yaitu: Kaji, Semoga, Kaji Satellite, dan Old Rimau (Tabuan, Langkap dan Kerang), serta gedung di lingkungan stasiun Kaji dan kendaraan untuk personel yang digunakan di lingkungan Rimau Asset seperti yang dipaparkan pada bab-bab sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut.

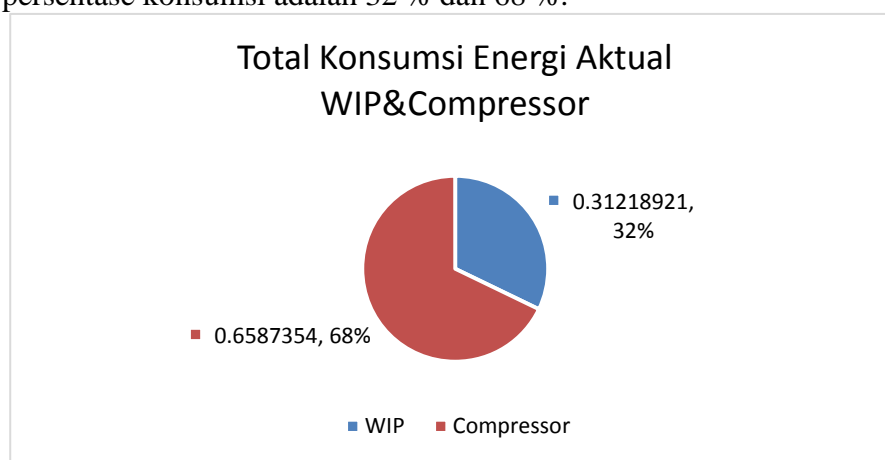
6.1 Sistem Produksi

- a. Tingkat konsumsi energi untuk proses produksi di Stasiun Kaji, Stasiun Semoga dan Stasiun Kaji Satelit berturut-turut :

Tabel 6.1 Tingkat Konsumsi Energi Masing-Masing Stasiun

Station	Konsumsi Energi		
	Gas Engine	Heater	Total
	(MMBtu/day)	(MMBtu/day)	(MMBtu/day)
Kaji	2262	339.3	2601.3
Semoga	1684.008	0	1684.008
Kaji Satelit	1233.972	339.3	1573.272
Flare			1131
Total			6989.58

- b. Peralatan yang dominan mengkonsumsi energi di ketiga stasiun adalah *water injection pump* (WIP) dan *compressor-gas engine* dengan rata-rata persentase konsumsi adalah 32 % dan 68 %.



Gambar 6.1 Diagram Pie Chart Total Konsumsi Energi Aktual WIP & Compressor

- c. Nilai IKE (Intensitas Konsumsi Energy) untuk produksi minyak

Tabel 6.2 Nilai IKE Untuk Produksi Minyak

Item	Vol	Unit	GHV	Unit	Nilai Energi	Unit
Oil	10600	BPD	8400	kCal/Liter	55116.47	MMBTU
Gas	41.43	MMSCFD	1131	btu/scf	46857.33	MMBTU
Flare	1.00	MMSCFD	1131	btu/scf	1131.00	MMBTU
Total dg flare	17910.69	BOE/hari			103104.80	
Total tanpa flare	17738.39	BOE/hari			101973.80	
Fuel Gas	4.84	MMSCFD	1131	btu/scf	5475.22	MMBTU
	834.112	BOE/hari				

Catatan: 1 MMSCFD setara 172.3 BOE

$$\text{IKE} = \begin{matrix} 0.053 & \text{MMBTU/BOE} & (\text{flare diperhitungkan}) \\ 0.054 & \text{MMBTU/BOE} & (\text{flare tidak diperhitungkan}) \end{matrix}$$

Suhu dan tekanan untuk gas adalah 60°F dan 14,7 psia.

- d. Peralatan yang paling berpengaruh terhadap sistem adalah *compressor-gas engine* dengan penggunaan gas fuel sebesar 0,6587354 MMSCFD.
- e. Dari perbandingan antara efisiensi standar (efisiensi *vendor*) dan efisiensi aktualnya, ketiga stasiun masih bekerja di bawah efisiensi standar. Hal ini berarti masih ada kemungkinan perbaikan di ketiga stasiun.

6.2 Water Injection Pump

- a. Load Factor pada Stasiun Semoga berkisar antara 51 – 58 %, Stasiun Kaji sebesar 55 – 61 %, dan Stasiun Satelit sebesar 51,98%.
- b. Kapasitas pengoperasian pompa masih dibawah kapasitas desain.

6.3 Crude Transfer Pump

- a. Kapasitas pengoperasian pompa masih dibawah kapasitas desain.
- b. Performance pompa yang beroperasi masih dibawah standar manufaktur.

6.4 Kompresor dan Gas Engine

- a. Capacity kompresor di Stasiun Semoga bervariasi dengan nilai antara 81,3 - 93,1 %, Stasiun Satelite dengan nilai antara 38,6 – 89,5 %, Stasiun Kaji dengan nilai antara 65,4 – 79,6% ditunjukkan pada tabel 6.3 .

Tabel 6.3 Kapasitas Kompresor Masing-Masing Stasiun

Station	No. Unit	Design	Actual	Capacity
		kW	kW	%
Semoga Station	AR#01 Semoga	811,2	658,4	81,2
	AR#02 Semoga	811,2	674,4	83,1
	AR#05 Semoga	811,2	697,7	86,0
	AR#06 Semoga	811,2	718,3	88,5
	AR#07 Semoga	811,2	755,5	93,1
Kaji Satellite	AR#01 Satellite	811,2	313,1	38,6
	AR#02 Satellite	811,2	344,6	42,5
	AR#04 Satellite	811,2	726	89,5
Kaji Station	AR#08 Kaji	999,0	706,3	65,4
	AR#11 Kaji	999	706,3	70,7
	DR#01 Kaji	604,26	481	79,6
	DR#02 Kaji	604,26	481	79,6
	DR#03 Kaji	604,26	481	79,6
	DR#04 Kaji	604,26	481	79,6
	Total		9097,8	

- b. Tabel 6.4 memperlihatkan besar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dari total keseluruhan kompresor yang beroperasi di Blok Rimau yaitu 170,8 MBTU/kW.

Tabel 6.4 Nilai IKE Total Kompresor

Item	Vol	Unit	GHV	Unit	Nilai Energi	Unit
Power	9097,78	kW	81891,4	btu/day	745,03	MMBTU
Fuel Gas	1,3740	MMSCFD	1131	btu/scf	1553,99	MMBTU
	236,74013	BOE/hari				

Catatan: 1 MMSCFD setara 172.3 BOE

IKE = 170,8102 MBTU/kW

- c. Emisi gas buang dari kompresor-*gas engine* di Stasiun Kaji untuk parameter NO_x, CO, CO₂, dan HC masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan bahkan untuk emisi CO, CO₂, dan HC masih di bawah 50% dari standar yang telah ditetapkan. Tetapi, untuk emisi NO_x untuk KKJ-DR#2 walaupun nilainya masih di bawah standar tapi nilainya mendekati batas standar.
- d. Jumlah kalor yang dikeluarkan gas engine melalui exhaust sebesar 10,009 Btu/min = 600,540 Btu/hr (pada kondisi buangan stack 350 F) dimana total energi dari bahan bakar sekitar 5,300,000 Btu/hr atau sekitar rata-rata

mencapai 11,3% dari energi yang dihasilkan oleh bahan bakar (Pada beban 75%). Nilai energi tersebut berpotensi untuk dimanfaatkan lagi untuk proses maupun pembangkit listrik memanfaatkan waste gas seperti halnya Organic Rankine Cycle (ORC).

- e. Load faktor *gas engine* pada berbagai station bervariasi dari 12,3 – 77,9 %

Tabel 6.5 Load Faktor Gas Engine Masing-Masing Stasiun

STATION	UNIT NO.	Load		Load Factor
		Design (kW)	Aktual (kW)	
Kaji	G-3516, GENSET #01, PP B	770	550	0,714
	G-3516, GENSET #02, PP A	770	480	0,623
	G-3516, GENSET #02, PP B	770	550	0,714
	LU #03 PP A (Rental)	770	455	0,591
	LU #04 PP A (Rental)	770	456	0,592
	G-3516, GENSET #04, PP B	770	540	0,701
	G-3516, GENSET #05, PP B	770	520	0,675
	G-3516, GENSET #06, PP B	770	500	0,649
	G-3516, GENSET #01, PP A	770	480	0,623
	G-3516, GENSET #03, PP B	770	0	0,000
Semoga	G-3516, GENSET #01	770	500	0,649
	G-3516, GENSET #02	770	500	0,649
	G-3516, GENSET #03	770	500	0,649
	G-3516, GENSET #04	770	580	0,753
	G-3516, GENSET #05	770	600	0,779
	G-3516, GENSET #06	770	620	0,805
	G-3516, GENSET #07	770	620	0,805
	G-3516, GENSET #08	770	620	0,805
Kaji Satellite	G-3516, GENSET #01	770	600	0,779
	G-3516, GENSET #02	770	550	0,714
	G-3516, GENSET #03	770	0	0,000
	G-3516, GENSET #04	770	600	0,779
	G-3516, GENSET #05	770	600	0,779
	G-3516, GENSET #06	770	600	0,779
Tengguleng	G-3412, GENSET #01	770	0	0,000
	LU #02 (D-3406)	770	0	0,000
Langkap	LU #01 Langkap	770	130	0,169
	LU #02 Langkap (Atamora)	770	177	0,230
Kerang	MTU	770	0	0,000

6.5 Gas Engine pada Genset

- Gas engine* pada *genset* bekerja pada *load* menengah (59,09 % sampai 80,52 %). Dengan *load* yang tidak maksimal maka terdapat potensi energi yang masih bisa dimanfaatkan sebesar 1541,593 kW dengan asumsi bahwa *genset* mempunyai *output* 820 kW pada *load* 100%.
- Specific fuel consumption* (SFC) yang dimiliki *gas engine* lebih besar daripada yang ditetapkan oleh pabrik. SFC adalah sebesar 0,101

MMSCFD di Stasiun Kaji, 0,127 MMSCFD di Stasiun Semoga, dan 0,11 MMSCFD di Stasiun Kaji Satellite.

6.7 Flare

- Nilai laju energi kalor yang dimiliki oleh *flare gas* masih besar. Nilai dari laju energi kalor *flare gas* adalah sebesar 1.39 MMSCFD atau 19,20 MW. Hal ini menunjukkan bahwa *flare gas* memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi kalor bagi peralatan yang memanfaatkan energi kalor.
- Pemanfaatan flare sebagai pengganti gas engine
Besarnya flare diseluruh area adalah 1.39 MMSCFD. Jika flare tersebut dapat dimanfaatkan 80% atau sekitar 1.11 MMSCFD untuk menggerakkan gas turbin dengan daya output sebesar 5.05 MW maka dapat menghemat pemakaian bahan bakar sebagai pengganti gas engine.

Tabel 6.6 Fuel Consumption gas engine

STATION	UNIT NO.	Load		GHV btu/scf	Fuel Consumption btu/hp-h	Volume	
		Design	Aktual			MMBtu/h	MMSCFD
		(kW)	(kW)				
Kaji	G-3516, GENSET #01, PP B	770	550	1131	7859	5.792083	0.122909
	G-3516, GENSET #02, PP A	770	480	1131	7859	5.054909	0.107266
	G-3516, GENSET #02, PP B	770	550	1131	7859	5.792083	0.122909
	LU #03 PP A (Rental)	770	455	1131	7859	4.791632	0.101679
	LU #04 PP A (Rental)	770	456	1131	7859	4.802163	0.101903
	G-3516, GENSET #04, PP B	770	540	1131	7859	5.686772	0.120674
	G-3516, GENSET #05, PP B	770	520	1131	7859	5.476151	0.116205
	G-3516, GENSET #06, PP B	770	500	1131	7859	5.26553	0.111735
	G-3516, GENSET #01, PP A	770	480	1131	7859	5.054909	0.107266
	G-3516, GENSET #03, PP B	770	0	1131	7859	0	0
Semoga	G-3516, GENSET #01	770	500	1131	7859	5.26553	0.111735
	G-3516, GENSET #02	770	500	1131	7859	5.26553	0.111735
	G-3516, GENSET #03	770	500	1131	7859	5.26553	0.111735
	G-3516, GENSET #04	770	580	1131	7859	6.108015	0.129613
	G-3516, GENSET #05	770	600	1131	7859	6.318636	0.134082
	G-3516, GENSET #06	770	620	1131	7859	6.529257	0.138552
	G-3516, GENSET #07	770	620	1131	7859	6.529257	0.138552
	G-3516, GENSET #08	770	620	1131	7859	6.529257	0.138552
Kaji Satellite	G-3516, GENSET #01	770	600	1131	7859	6.318636	0.134082
	G-3516, GENSET #02	770	550	1131	7859	5.792083	0.122909
	G-3516, GENSET #03	770	0	1131	7859	0	0
	G-3516, GENSET #04	770	600	1131	7859	6.318636	0.134082
	G-3516, GENSET #05	770	600	1131	7859	6.318636	0.134082
	G-3516, GENSET #06	770	600	1131	7859	6.318636	0.134082

STATION	UNIT NO.	Load		GHV btu/scf	Fuel Consumption btu/hp-h	Volume	
		Design	Aktual			MMBtu/h	MMSCFD
		(kW)	(kW)				
Tengguleng	G-3412, GENSET #01	770	0	1131	7859	0	0
	LU #02 (D-3406)	770	0	1131	7859	0	0
Langkap	LU #01 Langkap	770	130	1131	7859	1.369038	0.029051
	LU #02 Langkap (Atamora)	770	177	1131	7859	1.863998	0.039554
Kerang	MTU	770	0	1131	7859	0	0

Rata-rata kebutuhan fuel untuk 1 gas engine adalah sekitar 0.11 MMSCFD. Pada stasiun kaji untuk genset type G-3516 PP B dengan daya 550 kW membutuhkan fuel 0.122909 MMSCFD. Jika flare yang dapat dimanfaatkan sebesar 1.11 MMSCFD sebagai turbin gas 5.05 MW maka dapat menggantikan 10 gas engine dengan spesifikasi yang sama.

6.8 Gedung Bagian dalam *Plant* Stasiun Kaji

- Nilai IKE awal berdasarkan data historis gedung secara keseluruhan untuk semua gedung adalah lebih besar daripada nilai standar.
- Nilai IKE rinci berdasarkan observasi penggunaan energi listrik secara detail masih terdapat tujuh gedung/departemen yang masih melebihi standar, yaitu : gedung AED, IT, Logistik, manajemen, SHE, *drilling*, dan *transport*.
- Nilai IKE berdasarkan perhitungan dengan dilakukannya rekomendasi yang masih lebih besar daripada standar untuk gedung perkantoran (0,667 kWh/m²/hari), adalah gedung : *Logistic*, *Drilling*, dan *Transport*.
- Profil penggunaan energi listrik untuk tiap peralatan secara keseluruhan di gedung perkantoran Stasiun Kaji adalah sebagai berikut : pemakaian listrik terbesar adalah pada peralatan AC yaitu berkisar antara 37 % sampai 72 % dari masing-masing gedung, 11 % sampai 38 % untuk lampu, dan 16 % sampai 29 % untuk peralatan elektronik.
- Besarnya beban pendinginan aktual total dari ruangan adalah: 836194 Btu/hr dengan daya AC yang diperlukan 100,25 pk sedangkan daya AC yang terpasang adalah 134 pk.
- Penghematan energi listrik yang dapat berdasarkan rekomendasi dapat mencapai 538,59 kWh per hari atau sebesar 25 % dari pemakaian listrik total untuk gedung.

- g. Dengan tarif listrik Rp 915,00/kWh untuk industri maka biaya yang dapat dihemat per bulan berdasarkan rekomendasi adalah sekitar Rp 14.784.000,00

6.9 Gedung Bagian Luar *Plant* Stasiun Kaji

- a. Tingkat konsumsi energi pada gedung bagian luar *plant* dari yang terbesar hingga terkecil secara berurutan adalah Wisma Raflesia, Wisma Cempaka, Wisma Bougenvile, Wisma Kembar, Wisma Putri, Gedung Serbaguna, Kantin & Wisma Dahlia, Wisma Anggrek, Wisma Teratai, Masjid, dan Wisma Edelweis.
- b. Tingkat konsumsi energi listrik tiap peralatan dari yang terbesar hingga terkecil secara berurutan adalah AC, lampu, alat-alat elektronik, dan *heater*, dengan persentase masing-masing 71 %, 16 %, 8 %, dan 5 %.
- c. Nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) untuk semua gedung bagian luar *plant* masih di atas dari IKE standar yang direkomendasikan Direktorat Pengembangan Energi. Hal ini menunjukkan adanya peluang penghematan energi yang dapat dilakukan pada tiap-tiap gedung tersebut.
- d. Penghematan energi listrik yang dapat dilakukan dibedakan menjadi dua hal utama.
- Pengaturan suhu ruangan pada AC dari yang rata-rata sebelumnya di bawah 23°C menjadi 25+1°C sesuai dengan standar kenyamanan ruangan yang dikeluarkan Badan Standar Nasional Indonesia (BSNI) melalui peraturan nomor SNI 03-6390-2000. Alternatif penghematan apabila dilakukan pengaturan suhu 24°C, 25°C, atau 26° C akan menghemat energi listrik masing-masing tiap hari sebesar Rp 123.801,00, Rp 171.354,00, atau Rp 266.460,00.
 - Penggantian lampu dengan daya yang lebih kecil, namun tingkat pencahayaannya sesuai dengan fungsi ruangnya berdasarkan peraturan nomor SNI 03-6575 2001. Investasi penggantian lampu sebesar Rp 6.755.000,00 dengan *saving cash flow* sebesar Rp 2.112.772,00 per bulan, sehingga *payback periodnya* adalah 3,2 bulan.

- e. Tingkat konsumsi air pada gedung bagian luar *plant* dari yang terbesar hingga terkecil secara berurutan adalah Wisma Teratai, Wisma Raflesia, Wisma Bougenvile, Wisma Kembar, Wisma Edelweis, Wisma Cempaka, dan Wisma Anggrek. Sebagian besar tingkat konsumsi air pada gedung-gedung tersebut masih di atas dari tingkat konsumsi air yang direkomendasikan.

6.10 Kendaraan

- a. Konsumsi bahan bakar kendaraan 2 dan 3 di bawah standar (klaim) dari masing masing pabrik sehingga kendaraan tersebut lebih boros.
- b. Kualitas emisi CO ketiga kendaraan masih di bawah ambang batas yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2009 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru.
- c. Kualitas emisi ketiga kendaraan untuk parameter NO₂ dan HC masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2009 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru.
- d. Kualitas emisi ketiga kendaraan untuk parameter *particulate matter* (PM) secara umum sudah tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2009 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru.
- e. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan oleh petugas Badan Lingkungan Hidup Propinsi Sumatera Selatan, tingkat kepekatan (opasitas) gas buang kendaraan 1 dan 2 di atas ambang batas yang ditetapkan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 35 Tahun 1993 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.
- f. Peluang untuk mengurangi emisi gas buang kendaraan dapat dilakukan dengan penerapan bus karyawan sebagai pengganti kendaraan pribadi.

6.11 Konservasi Energi

6.11.1 Low Cost

a. Penghematan Daya Lampu dengan LED

Menggunakan lampu LED dapat menghemat daya sebesar 54,15 %. Dengan total daya yang dibutuhkan adalah 70,2 MW, maka menggunakan LED hanya membutuhkan 32.2 MW atau dapat dilakukan penghematan sebesar 36.1 MW.

Tabel 6.7 Penghematan dengan LED

No	Nama Gedung	Daya Lampu Tiap Gedung (W)	Daya LED Tiap Gedung (W)	Penghematan (W)
1	Building Utilities	2304	1215	1089
2	Mess Bougenville	2160	1134	1026
3	Mess Kenanga	3258	1629	1629
4	Mess Anggrek	2232	1179	1053
5	Mess Raflesia	3150	1575	1575
6	Mess Edelweise	522	261	261
7	Mess Kaji Masjid Al-Hijrah	1386	765	621
8	Kantin	3150	1584	1566
9	Mess Kembar-A	1242	621	621
10	Mess Kembar-B	1458	621	837
11	Flamboyan Crew Transport	1512	630	882
12	Mess Teratai	2070	1035	1035
13	Gedung Serba Guna	6084	3042	3042
14	Production & Construction	1872	936	936
15	Is - BRD Building	1962	981	981
16	Transport Office	1368	846	522
17	Transport Office	6448	1521	4927
18	Transport Office	1494	846	648
19	Transport Office	1026	747	279
20	Transport Office	1818	909	909
21	Electrical & Instrument Shop	5148	2574	2574
22	Weel Maintenance	792	531	261
23	SHE Building	5886	2943	2943
24	Aed Building	11830	4050	7780
Total		70172	32175	37997
(KW)		70,2	32,2	38,0

b. Penghematan Daya Lampu dengan Sensor Cahaya dan PIR

Penggunaan saklar otomatis merupakan salah satu cara operasi yang digunakan untuk mengendalikan beban listrik. Ide penggunaan saklar otomatis ini muncul sebagai upaya menghindari pemborosan energi listrik.

Jika seandainya keseluruhan gedung lupa mematikan lampu selama 5 jam maka didapatkan pemborosan setiap hari sebesar 341.485 kWh untuk fasilitas lampu ditunjukkan pada tabel 6.8.

Tabel 6.8 Inefisiensi Listrik selama 5 jam perhari

No	Nama Gedung	Daya Lampu Tiap Gedung (W)	Lupa Mematikan Lampu 5 jam (kWh)
1	Building Utilities	2.304	11.520
2	Mess Bougenville	2.160	10.800
3	Mess Kenanga	3.258	16.290
4	Mess Anggrek	2.232	11.160
5	Mess Raflesia	3.150	15.750
6	Mess Edelweise	522	2.610
7	Mess Kaji Masjid Al-Hijrah	1.386	6.930
8	Kantin	1.275	6.375
9	Mess Kembar-A	1.242	6.210
10	Mess Kembar-B	1.458	7.290
11	Flamboyant Crew Transport	1.512	7.560
12	Mess Teratai	2.070	10.350
13	Gedung Serba Guna	6.084	30.420
14	Production & Construction	1.872	9.360
15	Is - BRD Building	1.962	9.810
16	Transport Office	1.368	6.840
17	Transport Office	6.448	32.240
18	Transport Office	1.494	7.470
19	Transport Office	1.026	5.130
20	Transport Office	1.818	9.090
21	Electrical & Instrument Shop	5.148	25.740
22	Weel Maintenance	792	3.960
23	SHE Building	5.886	29.430
24	Aed Building	11.830	59.150
Total		68.297	341.485

Bentuk inefisiensi yang lain yaitu lupa mematikan lampu teras pada saat sudah pagi. Jika ditotal daya lampu teras seluruh gedung dan menyala selama 2 jam maka total energi yang hilang sebesar 5.220 kWh/hari ditunjukkan pada tabel 6.9. Maka total penghematan dengan menggunakan saklar otomatis (sensor cahaya dan PIR) sebesar $341.485 + 5.220 = 346.705$ kWh perhari atau 126.547.325 kWh per tahun. Jika diperhitungkan dengan pengurangan pemakaian bahan bakar gas maka penambahan sistem ini akan mampu mengurangi konsumsi gas sebesar 0,00275122 MMSCFD.

Tabel 6.9 Inefisiensi Listrik Lampu Teras selama 2 jam perhari

No	Nama Gedung	Daya Lampu Teras Tiap Gedung (W)	Lupa Mematikan Lampu Teras 2 jam (kWh)
1	Building Utilities	0	0
2	Mess Bougenville	270	540
3	Mess Kenanga	0	0
4	Mess Anggrek	180	360
5	Mess Raflesia	0	0
6	Mess Edelweise	162	324
7	Mess Kaji Masjid Al-Hijrah	432	864
8	Kantin	72	144
9	Mess Kembar-A	144	288
10	Mess Kembar-B	144	288
11	Flamboyan Crew Transport	234	468
12	Mess Teratai	342	684
13	Gedung Serba Guna	0	0
14	Production & Construction	0	0
15	Is - BRD Building	234	468
16	Transport Office	0	0
17	Transport Office	0	0
18	Transport Office	0	0
19	Transport Office	0	0
20	Transport Office	0	0
21	Electrical & Instrument Shop	0	0
22	Weel Maintenance	0	0
23	SHE Building	0	0
24	Aed Building	396	792
Total		2610	5220

c. Penggunaan refrigeran MUSICOOL untuk retrofit di peralatan AC

Musicool adalah refrigeran dengan komposisi dominan hydrocarbon yang diproduksi sendiri oleh PERTAMINA. Dari beberapa hasil penerapan di Industri penggunaan refrigerant hydrocarbon untuk menggantikan refrijerant baik R134a maupun R22 dapat memberikan penghematan daya sampai 30%.

Tabel 6.10 memperlihatkan bahwa penggantian refrijeran R134a maupun R22 dengan Musicool bisa menghemat konsumsi energi total dari 973,38 kWh menjadi 681,64 kWh jika perhari dioperasikan 10 jam atau berkurang sebesar 292,13 kWh perhari. Jika ini dikonversikan kedalam kebutuhan fuel gas maka didapatkan penghematan sebesar 0,00211522466 MMSCFD.

Tabel 6.10 Konsumsi Energi AC

No	Nama Gedung	Daya AC Tiap Gedung (W)	Musicool	Penghematan Daya AC (W)	Penghematan Fuel Gas (MMSCFD)
1	Building Utilities				
2	Mess Bougenville	774,00	541,80	232,20	0,00001681272
3	Mess Kenanga				
4	Mess Anggrek	432,40	302,68	129,72	0,00000939253
5	Mess Raflesia	928,40	649,88	278,52	0,00002016657
6	Mess Edelweise	217,00	151,90	65,10	0,00000471364
7	Mess Kaji Masjid Al-Hijrah	329,50	230,65	98,85	0,00000715735
8	Kantin	558,60	391,02	167,58	0,00001213383
9	Mess Kembar-A	681,30	476,91	204,39	0,00001479910
10	Mess Kembar-B				
11	Flamboyant Crew Transport				
12	Mess Teratai	247,10	172,97	74,13	0,00000536747
13	Gedung Serba Guna	574,40	402,08	172,32	0,00001247704
14	Production & Construction	6.280,00	4.396,00	1.884,00	0,00013641327
15	Is - BRD Building				
16	Transport Office	6.280,00	4.396,00	1.884,00	0,00013641327
17	Transport Office	6.280,00	4.396,00	1.884,00	0,00013641327
18	Transport Office	6.280,00	4.396,00	1.884,00	0,00013641327
19	Transport Office	6.280,00	4.396,00	1.884,00	0,00013641327
20	Transport Office	6.280,00	4.396,00	1.884,00	0,00013641327
21	Electrical & Instrument Shop	14.915,00	10.440,50	4.474,50	0,00032398153
22	Weel Maintenance				
23	SHE Building	14.915,00	10.440,50	4.474,50	0,00032398153
24	Aed Building	25.125,00	17.587,50	7.537,50	0,00054576170
Total		97.377,70	68.164,39	29.213,31	
(KW)		97,38	68,16	29,21	0,00211522466
(kWh, beroperasi 10 jam)		973,78	681,64	292,13	

Tabel 6.11 Estimasi Biaya Penghematan per tahun

Investasi Lampu Dengan Penggunaan Sensor (Rupiah/tahun)		Penggunaan AC Dengan Musicool (Rupiah/tahun)	Penggunaan AC Dengan Refrigerant (Rupiah/tahun)
Infrared	Intensitas cahaya	Tabung MUSICOOL MC 22 RP. 250.000 @ 3 KG	FREON R22 DUPONT RP. 850.000 @3 KG
Gedung	Teras		
141.300.000	8.720.000		
		60.000.000	204.000.000

Sumber : <http://www.globalindoprima.com/>

6.11.2 Medium Cost

Effisiensi pada *medium* cost dapat dilakukan dengan menerapkan Energy Management Information System (EMIS) - Real Time Energy Metering and

Monitoring pada peralatan proses produksi. Detail sistem ini telah diuraikan pada bab 5, subbab 5.2.

6.11.3 *High Cost*

Effisiensi pada *High Cost* dapat dilakukan dengan pemanfaatan gas yang menuju flare sebagai bahan bakar gas turbin dengan kapasitas 5.05 MW. Detail perhitungan ada pada bab 5, subbab 5.3.