



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

operasi dengan menggunakan metode *Quadratic Programming*. DOPF dilakukan dengan menggunakan program *Matpower* dan *software* matlab.

Mulyatno, dkk (2013) dengan judul “Kajian Teknis Dan Ekonomis Penggunaan *Dual Fuel System* (Lpg-Solar) Pada Mesin Diesel Kapal Nelayan Tradisional”. Penelitian menjelaskan Pengembangan bahan bakar alternatif dalam rangka mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak (BBM), telah menjadi agenda penting pemerintah. Penggunaan LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) pada mesin diesel kapal nelayan tradisional didasarkan pada keberhasilan penggunaan LPG padakendaraan-kendaraan darat. Penggunaan LPG pada mesin diesel dilakukan secara *dual fuel*. Penelitian *dual fuel system* pada mesin diesel kapal nelayan tradisional bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan bakar *dual fuel* terhadap kinerja mesin dan sistem penggerakannya, meliputi konsumsi bahan bakar, daya, kecepatan kapal, serta efisiensi pada sistem penggerak kapal Berdasarkan hasil penelitian ini, penggunaan LPG secara *dual fuel* mampu menggantikan konsumsi solar hingga 71% dari konsumsi solar seluruhnya selama satu jam. Komposisi LPG yang dihasilkan mencapai lebih dari 60% dari total pemakaian bahan bakar saat *dual fuel*. Kecepatan dan jarak tempuh saat menggunakan solar seluruhnya mencapai 5% lebih tinggi dibandingkan *dual fuel*. Daya dan torsi saat menggunakan *dual fuel* mencapai 9,8 % lebih tinggi dibandingkan solar seluruhnya. Penggunaan *dual fuel* mampu mengurangi biaya operasional penangkapan ikan hingga 24,6%, namun dengan waktu tempuh 1,3% lebih lama dari solar seluruhnya. Efisiensi propulsi solar seluruhnya 6% lebih besar dibandingkan efisiensi propulsi *dual fuel*.

Syafruddin, dkk (2012), Dengan judul “Perbandingan Penggunaan Energi Alternatif Bahan Bakar Serabut (*Fiber*) Dan Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Bahan Bakar Batubara Dan Solar Pada Pembangkit Listrik”. Penelitian ini menjelaskan Pada pusat listrik tenaga uap, bahan bakar merupakan bagian penting dari perangkat proses pembangkitan listrik. Selain solar, batubara juga menjadi pilihan sebagai bahan bakar pembangkit. Dan jika melihat semakin pesatnya perkembangan perkebunan kelapa sawit, dimana pada tahun 2012 mencapai 8.174.162ha. Limbah dari pengolahan kelapa sawit diantaranya adalah serabut (*fiber*) dan cangkang yang dapat digunakan



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

sebagai alternatif bahan bakar pada pembangkit listrik. Hasil pengujian kalori bahan bakar batubara = 6543,5030kal/gr. Solar = 10935,378 kal/gr, serabut (*fiber*) = 6231,2293 kal/gr, cangkang 6877,3256 kal/gr. Dari pengujian yang dilakukan adalah analisa kualitas bahan bakar yang dibutuhkan untuk daya 10 MW, biaya yang dibutuhkan,dan dampak lingkungan dari bahan bakar.

Suyamto (2009), dengan judul “Perbandingan Perhitungan Efisiensi Antara Pltu Konvensional Dan Pltn”. Penelitian ini menjelaskan perbandingan perhitungan dan analisis efisiensi antara PLTU konvensional dan PLTN. Perhitungan efisiensi PLTU dengan menggunakan siklus uap *Rankine* merupakan metode teoritis yang sulit dilakukan karena didasarkan pada grafik TS fluida kerja yang tidak memperhitungkan rugi-rugi panas, tekanan, gesek dan lain lain pada sistem. Perhitungan menjadi lebih sulit bila dilakukan peningkatan efisiensi berdasarkan proses *superheat*, *reheat* dan *regeneratif*. Untuk mengatasi kesulitan tersebut, dilakukan perhitungan efisiensi berdasarkan laju kalor.

Keunggulan Penelitian ini Terhadap Penelitian Terkait, pada Penelitian ini dibahas analisis teknis dan ekonomi terhadap dua pembangkitan dalam satu pusat listrik yang sama, dengan membandingkan penggunaan bahan bakar dari dua pembangkit Gas (PLTG dan PLTMG) Balai Pungut dengan menghitung dan mengidentifikasi data dan parameter baik teknis maupun ekonomi dari PLTMG Balai Pungut dan PLTG Balai Pungut yang berkaitan dengan penggunaan bahan bakar dalam produksi listrik. Dengan penggunaan bahan bakar Gas dengan Rasio yang berbeda, dimana PLTG Balai Pungut Menggunakan Bahan Bakar Gas, sedangkan PLTMG Balai Pungut menggunakan Gas dan Solar (90:10) . Prosedur penelitian ini menggunakan cara mengumpulkan data, survey yaitu dengan membandingkan biaya pembangkitan listrik PLTMG Balai Pungut dengan PLTG Balai Pungut.

2.2 Landasan Teori

Energi mempunyai peranan yang sangat penting dan menjadi kebutuhan dasar dalam pembangunan ekonomi nasional yang berkelanjutan. Oleh karena itu, energi harus digunakan secara hemat, rasional, dan bijaksana agar kebutuhan energi pada



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah,
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

masa sekarang dan masa yang akan datang dapat terpenuhi. Mengingat pentingnya penggunaan energi secara hemat, rasional, dan bijaksana, Pemerintah perlu menyusun Peraturan Pemerintah dalam rangka pengaturan pemanfaatan sumber daya energi, sumber energi dan energi, melalui penerapan teknologi yang efisien energi, pemanfaatan energi secara efisien dan rasional, dan penerapan budaya hemat energi guna menjamin ketersediaan energi nasional yang berwawasan lingkungan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2009 Tentang Konservasi Energi, Peraturan Pemerintah ini mengatur:

1. tanggung jawab Pemerintah, pemerintah daerah, pengusaha dan masyarakat; pelaksanaan konservasi energi yang mencakup seluruh tahap pengelolaan energi yang meliputi kegiatan penyediaan energi,
2. perusahaan energi, pemanfaatan energi, dan konservasi sumber daya energi;
3. standar dan label;
4. kemudahan, insentif dan disinsentif; dan
5. pembinaan dan pengawasan.

Dalam pasal 12 disebutkan :

1. Pemanfaatan energi oleh pengguna sumber energi dan pengguna energi wajib dilakukan secara hemat dan efisien. Yang dimaksud dengan "hemat" dalam ketentuan ini berkaitan dengan perilaku penggunaan energi secara efektif dan efisien. Yang dimaksud dengan "efisien" dalam ketentuan ini adalah nilai maksimal yang dihasilkan dari perbandingan antara keluaran dan masukan energi pada peralatan pemanfaat energi.
2. Pengguna sumber energi dan pengguna energi yang menggunakan sumber energi dan atau energi lebih besar atau sama dengan 6.000 (enam ribu) setara ton minyak per tahun wajib melakukan konservasi energi melalui manajemen energi. Setara 1 (satu) ton minyak sama dengan:
 - a. 4 1,9 giga joule (GJ);
 - b. 1,15 kilo liter minyak bumi (kl minyak bumi);
 - c. 39,68 million British Thermal Unit (MMBTU); atau
 - d. 1 1,63 mega watt hour (MWh).


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber;

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. Manajemen energi sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilakukan dengan:
 - a. menunjuk manajer energi;
 - b. menyusun program konservasi energi;
 - c. melaksanakan audit energi secara berkala;
 - d. melaksanakan rekomendasi hasil audit energi; dan
 - e. melaporkan pelaksanaan konservasi energi setiap tahun kepada Menteri, gubernur, atau bupati walikota sesuai dengan kewenangannya masing-masing.

Yang dimaksud dengan "manajemen energi" adalah kegiatan terpadu untuk mengendalikan konsumsi energi agar tercapai pemanfaatan energi yang efektif dan efisien untuk menghasilkan keluaran yang maksimal melalui tindakan teknis secara terstruktur dan ekonomis untuk meminimalisasi pemanfaatan energi termasuk energi untuk proses produksi dan meminimalisasi konsumsi bahan bakar dan memaksimalkan bahan bakar.

2.2.1 Analisa Teknis dan Ekonomis

Analisa Teknis dan Ekonomis adalah hal yang terpisahkan Aspek Teknis adalah hal yang berkaitan dengan Produksi, sedangkan Ekonomis adalah mengoptimalkan Produksi untuk Tujuan Ekonomi, dengan meminimalisasi Biaya (*Input*) dan memaksimalkan Produksi (*Output*) untuk keuntungan.

2.2.1.1 Analisa Teknis

Analisa Teknis dikenal sebagai Aspek Produksi, penentuan kelayakan menyangkut hal-hal yang berkaitan dengan teknis/operasi sehingga jika tidak dianalisa dengan baik, maka akan berakibat fatal bagi perusahaan dikemudian hari. (Pratiwi, 2009)

2.2.1.2 Analisa Ekonomi

Analisa Ekonomi adalah pemilihan tingkatan *Input/Output* dan kombinasinya untuk mengoptimalkan biaya atau memaksimalkan keuntungan (Pratiwi, 2009).



diumpangkan ke dalam mesin, juga disaring terlebih dahulu menggunakan sebuah filter yang digabung dalam sebuah modul minyak (*fuel oil module*). Pada aliran bahan bakar minyak terdapat pompa pengumpan (*feed pump*) yang berfungsi untuk mendorong minyak ke dalam mesin (Marsuidi, 2005).

2.2.2.2 Sistem Pembakaran

Bahan bakar gas umumnya didapatkan dari stasiun gas terdekat. Sebelum masuk ke area pembangkit, gas dari sumber ini dilewatkan area pembersih terlebih dahulu, atau yang lebih sering kita kenal dengan istilah *Scrubber*. Pada area ini, gas umumnya dipersiapkan baik dari sisi kebersihan, kadar air, ataupun tekannya, agar dapat/siap jika diumpangkan langsung ke unit mesin gas (Wartsilla, 2013).

Sebelum diumpangkan langsung ke dalam mesin, gas disaring lagi menggunakan sebuah *filter*. Umumnya posisi *filter* ini akan duduk bersama beberapa instrumen lapangan (*field instrument*) yang tergabung dalam sebuah modul gas (*gas module*), yang tugas utamanya adalah untuk pengaturan volume, keamanan sistem dan untuk memastikan bahwa gas siap diumpangkan ke mesin (Wartsilla, 2013).

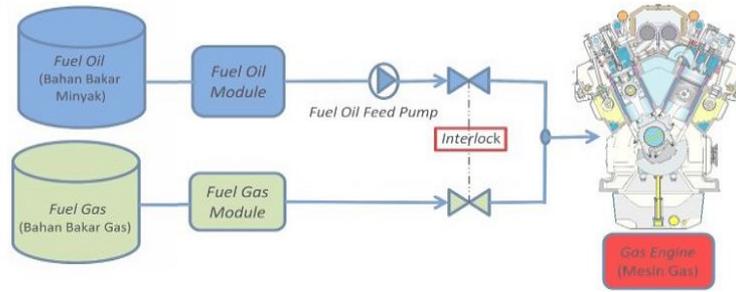
Bahan bakar minyak diesel biasanya digunakan untuk dua (2) fungsi, yaitu untuk bahan bakar awalan (*pilot fuel*) dan bahan bakar utama (*main fuel*). Fungsi bahan bakar utama (*main fuel*) digunakan jika dan hanya jika mesin gas dioperasikan menggunakan bahan bakar minyak solar sebagai bahan bakar utamanya, atau pada kondisi mesin sebelum *switch-over* bahan bakar ke sistem gas. Sedangkan fungsi sebagai bahan bakar awalan (*pilot fuel*) akan selalu digunakan pada setiap upaya operasi mesin (*starting & operation engine*). (Wartsilla, 2013)

Sebelum diumpangkan ke dalam mesin, bahan bakar minyak akan disaring terlebih dahulu menggunakan sebuah *filter*. Posisi *filter* bisa berada sebelum mesin, ataupun digabung dalam sebuah modul pada posisi dekat dengan pompa pengumpan (*feed pump*).

Bahan bakar solar yang ada saat ini umumnya sudah baik, sehingga tidak diperlukan pengolahan lebih lanjut menggunakan fasilitas pengolahan bahan bakar minyak (*advance fuel oil treatment plant*).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah,
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

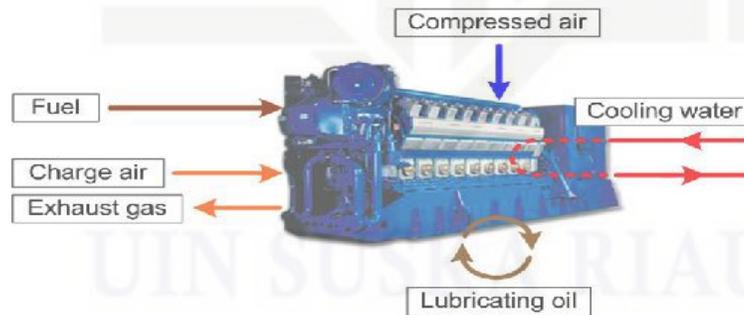


Gambar 2.1 Skematik Sistem Bahan Bakar Pada PLTMG
(Sumber :Marsudi, 2005)

2.2.2.3 Mesin Gas Wartsilla

Mesin adalah *mesin gas empat langkah* dengan injeksi bahan bakar langsung menggunakan gas alam. bahan bakar minyak digunakan sebagai *back-up* dan bahan bakar percontohan. Mesin ini dilengkapi dengan *turbocharger* dan *intercooler*. Sebuah bagian kecil dari peralatan bantu, seperti mesin didorong pompa air pendingin, dibangun di atas mesin.

PLTMG 100 MW Duri menggunakan 7 mesin yang terdiri dari *Engine* (4 tak), *Generator*, dan *Auxiliary Equipment* yang didesain untuk dioperasikan dengan menggunakan natural gas. Engine dan Generator sudah menyatu dengan *alignment setting* dari pabrikan dan tidak memerlukan angkur untuk duduk diatas pondasi karena memiliki sistem *Common Base Frame* menggunakan *steel spring element*



Gambar 2.2 Mesin PLTMG Wartsilla
(Sumber : Wartsilla, 2013)



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

GAS ENGINE

1. Manufacturer	: Wartsila Finland Oy
2. Type	: 18V50DF
3. Jumlah Silinder	: 20
4. Speed	: 500 rpm
5. Berat	: 130.430 kg
6. Dimensi (PxLxT)	: 12.917 m x 3.345 m x 4.251 m
7. Power Output	: 9360 kW
8. Heat Rate	: 8110 btu/kwh
9. Daya Mampu	: 15.600 KW
10. Kapasitas Terpasang	: 16.110 KW

2.2.2.4 Komponen Utama PLTMG

2.2.2.4.1 Bahan Bakar

Sistem bahan bakar menyediakan mesin dengan bahan bakar bersih pada tekanan yang benar. mesin dapat dijalankan pada bahan bakar gas atau bahan bakar minyak ringan (*LFO*). Ketika berjalan pada bahan bakar gas, *LFO* digunakan sebagai bahan bakar percontohan. (Wartsilla, 2013)

2.2.2.4.2 Pelumas

Sistem minyak pelumas mempertahankan kualitas oli mesin pelumas. Sistem ini juga mencakup unit untuk mendinginkan bahan bakar minyak agar tidak terlalu panas. (Wartsilla, 2013)

2.2.2.4.3 Compressed air

Udara terkompresi digunakan untuk menghidupkan mesin. Sistem udara tekan juga menyediakan peralatan udara untuk perangkat pneumatik di pabrik. pendinginan sistem pendingin air menghilangkan panas yang dihasilkan oleh mesin. Air pendingin juga bersirkulasi melalui penukar panas, bila digunakan untuk mendinginkan minyak pelumas dan muatan. (Wartsilla, 2013)

2.2.2.4.4 Cooling

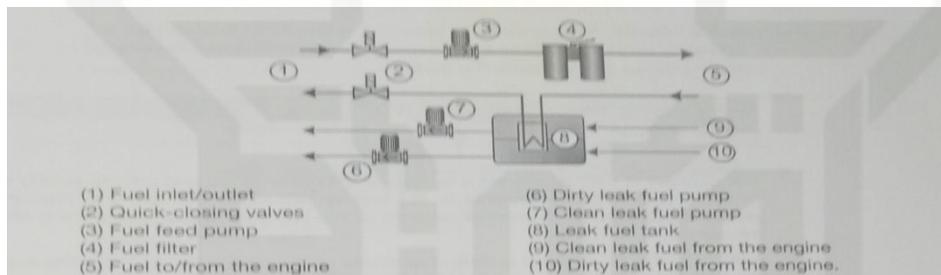
Sistem air pendingin *preheats* mesin sebelum memulai, dan menyimpannya dipanaskan selama *shutdown*.(Wartsilla, 2013).

2.2.2.4.5 Muatan udara dan knalpot

Sistem muatan udara menyediakan mesin dengan udara pembakaran yang bersih, dan sistem gas buang membuang gas buang dari mesin. (Wartsilla, 2013).

2.2.2.5 Unit BBM

Unit bahan bakar minyak memberikan mesin dengan bahan bakar pada tekanan yang benar. Ini juga menyediakan *filtrasi* akhir bahan bakar. Sebuah pompa di unit bahan bakar minyak *feed* bahan bakar ke mesin melalui filter. Kelebihan bahan bakar dari mesin kembali ke sistem penyimpanan bahan bakar melalui unit bahan bakar minyak. *Cepat-closing* katup di unit memungkinkan suplai bahan bakar akan langsung dipotong dalam situasi darurat. bahan bakar kebocoran dari mesin mengalir ke tangki pengumpul di unit bahan bakar minyak. tangki dipanaskan oleh bahan bakar di garis kembali dari mesin.



Gambar 2.3 Unit BBM
 (Sumber : Wartsilla, 2013)

2.2.2.5.1 Bahan Bakar Pompa Feed Minyak

Bahan bakar pompa *feed* minyak digunakan untuk menyediakan mesin dengan bahan bakar yang cukup dengan tekanan yang benar. pompa pompa sekrup didorong *elektrik* yang dilengkapi dengan katup pengaman. Pompa ini juga dilengkapi dengan saringan hisap (Wartsilla, 2013).



- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2.2.2.5.2 Saringan Bahan Bakar

Filter bahan bakar memiliki dua ruang filter dihubungkan secara paralel. Pemilihan ruang filter dilakukan dengan operasi katup perubahan-atas pada filter teh. filter termasuk tekanan diferensial indikator / *switch* untuk memantau kondisi elemen filter. Jika penurunan tekanan maksimum terlampaui, alarm diaktifkan, ruang penyaring dilengkapi dengan katup pembuangan(Wartsilla, 2013).

2.2.2.5.3 Bocor Tangki Bahan Bakar

Tangki bahan bakar kebocoran mengumpulkan bocor bahan bakar dari mesin. tangki memiliki kompartemen terpisah untuk bahan bakar kebocoran bersih dan kotor. Pompa mengosongkan dikendalikan oleh *switch* tingkat dalam tangki. Tangki bahan bakar bocor bersih dikosongkan oleh pompa ulir digerakkan oleh tenaga listrik. Kotor tangki bahan bakar bocor dikosongkan oleh pompa udara-*driven* (Wartsilla, 2013).

2.2.2.6 Sistem Bahan Bakar Gas

Tujuan dari sistem bahan bakar adalah untuk memastikan pasokan terganggu dan dapat diandalkan gas bahan bakar ke mesin. Komponen dalam sistem bahan bakar membersihkan gas dan mengatur tekanan bahan bakar sesuai dengan beban mesin. Aliran gas bahan bakar ke mesin terus diukur. Sebagian besar dari sistem bahan bakar gas yang dipasang di jalan gas kompak. Katup menutup-off utama di garis bahan bakar gas yang terletak di luar pembangkit tenaga listrik tersebut (Wartsilla, 2013).

2.2.2.6.1 Katup Gas Utama

Sebuah manual dan *shut-offvalve* otomatis dipasang pada gas inlet bahan bakar untuk listrik rumah. Kedua katup harus terbuka untuk memungkinkan gas untuk memasuki sistem bahan bakar di rumah kekuasaan. Katup *electropneumatic* dekat pada kehilangan kekuasaan atau kontrol udara, dalam situasi darurat, seperti alarm kebocoran gas atau alarm kebakaran, katup ditutup untuk menghentikan pasokan bahan bakar gas untuk listrik rumah (Wartsilla, 2013).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

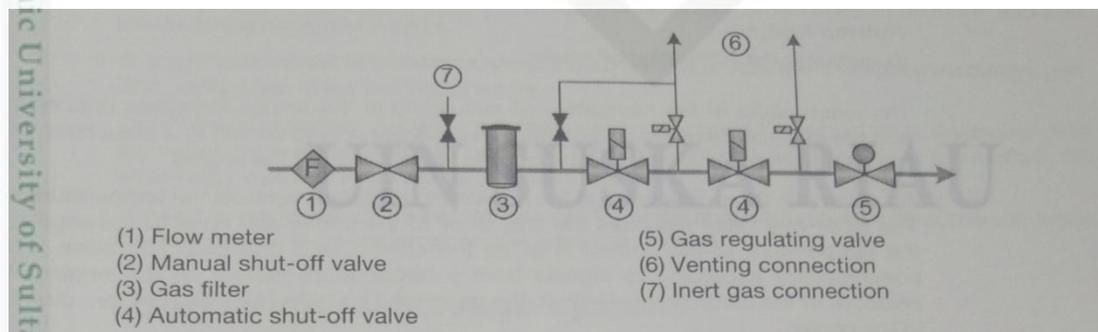
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2.2.6.2 Unit Aliran Metering

Unit aliran metering memberikan pengukuran kontinyu dari konsumsi bahan bakar gas. *The flow meter* dilengkapi dengan sensor aliran dan pemancar (Wartsilla, 2013).

2.2.2.6.3 Compact Gas Ramp

Compact Gas Ramp mengontrol aliran gas bahan bakar ke mesin, bersama-sama dengan katup masuk utama di mesin. Unit ini memastikan bahwa gas bahan bakar bersih diumpankan ke mesin pada tekanan yang benar, tergantung pada beban mesin. Jalan gas kompak termasuk manual dan otomatis katup menutup-off, katup yang mengatur gas, filter gas dan *flow meter*. mengatur gas katup dan otomatis menutup-off katup dioperasikan menggunakan kompresi udara. Volume gas yang mengalir melalui unit diukur dengan *flow meter*. Filter gas dilengkapi dengan indikator tekanan diferensial. Sebuah katup pneumatik mengatur tekanan outlet dari bahan bakar gas. Tekanan gas dikontrol oleh sistem kontrol mesin. Jalan gas kompak memiliki dua koneksi *ventilasi* ke luar rumah listrik, masing-masing dilengkapi dengan katup ventilasi otomatis. Sebuah ventilasi katup manual juga diinstal. Unit ini memiliki koneksi untuk gas inert, digunakan untuk membersihkan sistem bahan bakar udara setelah bekerja *maintenaince*, untuk menghindari campuran eksplosif dari gas bahan bakar dan udara di dalam sistem. Unit mengatur gas termasuk peralatan untuk memantau suhu dan tekanan gas. Tekanan diukur di beberapa lokasi di unit. Katup menutup-off otomatis dan ventilasi katup dioperasikan oleh sistem kontrol selama start dan stop urutan (Wartsilla, 2013).



Gambar 2.4 Compact Gas Ramp
(Sumber : Wartsilla, 2013)



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2.2.7 Analisa Teknis dan Ekonomis PLTMG Balai Pungut

Analisa Teknis dan Ekonomis pada PLTMG Balai Pungut dilakukan Untuk Memastikan Pemilihan jenis Pembangkit berdasarkan Bahan bakarnya yang digunakan Untuk Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar secara Teknis dan Ekonomis.

2.2.2.8 Analisa Teknis PLTMG Balai Pungut

Parameter teknis dari PLTMG Balai Pungut yang digunakan untuk dijadikan dasar perhitungan adalah :

2.2.2.8.1 Penggunaan Bahan Bakar Spesifik PLTMG Balai Pungut

Perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik ini digunakan untuk mengetahui jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya dalam waktu tertentu. Pengukuran *SFC* dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

- a. Penggunaan Bahan Bakar Spesifik (Solar)

$$(SFC) = \frac{mf}{p} \text{ (liter/kwh)} \dots\dots\dots(2.1)$$

(Sumber : Maryanti, dkk,2012)

- b. Penggunaan Bahan Bakar Spesifik (Gas)

$$(SGC) = \frac{mf}{p} \text{ (SCF/kwh)} \dots\dots\dots(2.2)$$

(Sumber : Maryanti,dkk,2012)

Dimana : SFC = Penggunaan Bahan Bakar Spesifik solar

SGC = Penggunaan Bahan Bakar Spesifik Gas

mf = Konsumsi Bahan Bakar

p = daya yang dihasilkan

Semakin rendah nilai Sfc maka semakin rendah pula konsumsi bahan bakar yang digunakan.

- c. SFC Total PLTMG Balai Pungut

Dimana 1 L Solar = 0.037 MMBTU (Santoso, 2014)

$$SFC \text{ Total} = Sfc \text{ (Solar)} + Sfc \text{ (Gas)} = \text{ (Btu/kwh)} \dots\dots\dots(2.3)$$



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2.2.8.2 Heat rate PLTMG Balai Pungut

Uji heat rate bertujuan untuk mengidentifikasi terjadinya penurunan kinerja thermal (*thermal performance*) pembangkit serta menentukan penyebab dan bagian pembangkit yang menyebabkan *losses* daya dan efisiensi lebih rendah dari seharusnya. Dengan mengetahui kondisi pembangkit yang *losses* nya melebihi normal, serta bagian mana dari pembangkit yang *losses* di atas seharusnya, maka dapat dilakukan langkah-langkah perbaikan untuk mengatasinya.

Untuk menentukan jumlah heat rate (laju kalor) Mesin Gas mengacu pada Standar Heat Rate tak lebih dari 8000 btu/kwh (Spesifikasi Mesin). Perhitungan *Heat rate* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$HR (Solar) = \frac{mf \times HHV}{KWHg} = (btu/kwh) \dots\dots\dots(2.4)$$

(Sumber : Nugroho, 2014)

$$HR (Gas) = \frac{mf \times LHV}{KWHg} = \left(\frac{btu}{kwh}\right) \dots\dots\dots(2.5)$$

(Sumber : Nugroho, 2014)

$$HR Total = HR (Solar) + HR (Gas) = \left(\frac{btu}{kwh}\right) \dots\dots\dots(2.6)$$

(Sumber : Nugroho, 2014)

- Dimana :
- HR = *Heat Rate*
 - mf = Jumlah Bahan Bakar
 - HHV/LHV = Nilai kalor
 - KWHg = Produksi Energi

2.2.2.8.2.1 Nilai Kalor (Heating Value)

Nilai kalor (*HV*) adalah jumlah energi yang dilepaskan ketika suatu bahan bakar dibakar secara sempurna dalam suatu proses aliran *tunak steady* dan produk dikembalikan lagi ke keadaan reaktan. Besarnya nilai kalor dari suatu bahan bakar sama dengan harga mutlak dari entalpi pembakaran bahan bakar. (Suyitno, dkk. 2010)

Terdapat dua jenis kalor bahan bakar yaitu :

1. *Higher Heating Value* (HHV), yaitu nilai kalor atas ditentukan pada saat H_2O pada produk pembakaran berbentuk cairan.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. *Lower Heating Value* (LHV), yaitu nilai kalor bawah. Ditentukan pada saat H_2O pada produk pembakaran berbentuk gas.

2.2.2.8.3 Efisiensi Thermal PLTMG Balai Pungut

Efisiensi termal adalah bentuk dasar energi. Artinya, semua bentuk efisiensi energi yang lain dapat secara sempurna dikonversi menjadi efisiensi energi termal. Sebenarnya, semua efisiensi energi akhirnya akan dikonversikan menjadi efisiensi energi termal, kecuali bila disimpan dalam bentuk lain. Pengkonversian efisiensi energi termal menjadi bentuk efisiensi energi yang lain adalah terbatas hingga suatu harga yang lebih kecil dari 100%.

Ketika ditulis dalam persentase, efisiensi termal harus berada di antara 0% dan 100%. Karena inefisiensi seperti gesekan, hilangnya panas, dan faktor lainnya, efisiensi termal mesin tidak pernah mencapai 100%. *Efisiensi termalnya* didefinisikan dengan :

$$nth (Solar) = \frac{Q_{output}}{Q_{input}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.7)$$

(Sumber : Nugroho, 2014)

$$nth (Gas) = \frac{Q_{output}}{Q_{input}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.8)$$

(Sumber : Nugroho, 2014)

$$Nth Total = nth(Solar) + nth (Gas) = \left(\frac{btu}{kwh} \right) \dots \dots \dots (2.9)$$

(Sumber : Nugroho, 2014)

Dimana : nth = Efisiensi Thermal

Qouput = Jumlah Produksi Energi

Qinput = Jumlah Bahan Bakar PLTMG

Pembangkit gas dengan kapasitas 20 – 100 MW dikatakan memiliki efisiensi *Thermal* yang baik apabila berada diantara 30 – 46%(Naryono, 2013).



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2.2.9 Analisa Ekonomis PLTMG Balai Pungut

Pembangkitan, Penyaluran dan distribusi tenaga listrik di Indonesia adalah monopoli PLN, model bisnis tenaga listrik yang ada di sistem Jawa Bali saat ini adalah model *single buyer multiple seller*, artinya hanya ada satu pembeli tenaga listrik dalam *grid* (jaringan utama), yaitu PLN, sedangkan perusahaan pembangkitan yang menjual tenaga listriknya ke *grid* jumlahnya lebih dari satu. (Marsuidi, 2005)

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 03 Tahun 2015 Tentang Prosedur Pembelian Tenaga Listrik dan Harga Patokan Pembelian Tenaga Listrik Memutuskan Patokan Harga Tertinggi Pembelian Tenaga Listrik PLTG/PLTMG Oleh Perusahaan Listrik Negara :

PLTG/PLTMG

Kapasitas Unit Netto (MW)	40-60	100
Harga (cent USD/kWh)	8,64	7,31
Asumsi:		
Availability Factor (AF)	85%	
Masa Kontrak	20 tahun	
Heat Rate BTU/kwh	9083	8000
Harga Gas USD/MMBTU	6,00	

Gambar 2.5 Penjualan Energi Listrik PLTG/PLTMG

Parameter Ekonomis dari PLTMG Balai Pungut yang digunakan untuk dijadikan dasar perhitungan adalah :

2.2.2.9.1 Biaya per SFC

Dengan asumsi untuk pengoperasian selama 24 jam maka akan diperoleh selisih pemakaian bahan bakar sebesar:

$$\text{Total pemakaian Sfc} = \text{SFC} \times 10,000 \text{ Kw} \times 24 \text{ Jam} \dots\dots\dots (2.10)$$

(Sumber : Adikumro, 2014)

Dengan harga bahan bakar sebesar 6,00 USD/Btu dan asumsi rupiah sepanjang tahun 2015 Rp. 13,000 maka akan diperoleh selisih biaya pemakaian Bahan bakar PLTMG bila menggunakan 100% Gas sebesar :

$$\text{Biaya pemakaian B.b} = \text{Total pemakaian SFC} \times \text{harga BB} \dots\dots\dots (2.11)$$

(Sumber : Adikumro, 2014)



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2.2.9.2 Biaya per *Heatrate*

Untuk menentukan jumlah heat rate (laju kalor) Mesin Gas mengacu pada Standar Heat Rate 8000 btu/kwh.

$$Biaya Per HR PLTMG = HR \times \text{Harga B.b} \dots\dots\dots(2.12)$$

(Sumber : Nugroho, 2014)

2.2.2.9.3 Biaya Pembelian Bahan Bakar

Harga Pembelian bahan bakar adalah harga yang ditetapkan berdasarkan jumlah uang yang diberikan pada saat membeli bahan bakar.

Biaya pembelian di sebut juga modal. Dalam situasi tertentu harga pembelian (modal) ditambah dengan ongkos atau biaya lainnya. Dapat juga dirumuskan :

$$Harga Pembelian = \text{Jumlah bahan bakar} \times \text{harga BB} \dots\dots\dots(2.13)$$

(Sumber : Adikumoro, 2014)

2.2.2.9.4 Penjualan Produksi Energi

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 03 Tahun 2015 Tentang Prosedur Pembelian Tenaga Listrik dan Harga Patokan Pembelian Tenaga Listrik Memutuskan Patokan Harga Tertinggi Pembelian Tenaga Listrik PLTMG Oleh Perusahaan Listrik Negara adalah 7,31 USD per Kwh. Penjualan Produksi Energi PLMTG Balai Pungut Tahun 2015, dapat dihitung dengan persamaan :

$$Penjualan Produksi = \text{Jumlah Produksi} \times \text{harga Penjualan} \dots\dots\dots(2.14)$$

(Sumber : Adikumoro, 2014)

Keuntungan dan Kerugian dari Pemilihan Pembangkit Berdasarkan Jenis Pembangkit dan Pemilihan Bahan Bakar dapat dihitung dengan :

$$Investasi = \text{Penjualan Produksi} - \text{Biaya Pembelian B. B} \dots\dots\dots(2.15)$$

(Sumber : Adikumoro, 2014)

Dimana :

- a. Untung adalah selisih antara harga pembelian dan harga penjualan, dengan syarat harga penjualan lebih tinggi dari harga pembelian.
- b. Rugi adalah selisih harga penjualan dan harga pembelian dengan syarat harga penjualan lebih rendah dari harga pembelian.



- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2.2.3 Efisiensi

Selain nilai ekonomisnya yang mampu menghemat biaya, pengguna juga mampu meningkatnya efisiensi. Mengapa demikian? Efisiensi diartikan sebagai kemampuan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dengan benar atau dalam pandangan matematika didefinisikan sebagai perhitungan rasio output dan atau input atau jumlah keluaran yang dihasilkan dari suatu masukan yang digunakan.

Ada dua tipe efisiensi, yaitu efisiensi teknis dan efisiensi ekonomi. Efisiensi ekonomi dilihat dari sudut pandang makro ekonomi, sedangkan efisiensi teknis dilihat dari sudut pandang mikro ekonomi. Efisiensi teknis pada dasarnya menyatakan hubungan antara input dan output dalam suatu proses produksi. Suatu proses produksi dikatakan efisien jika pada penggunaan input sejumlah tertentu dapat dihasilkan output maksimal, atau untuk menghasilkan sejumlah output tertentu digunakan input yang paling dibanding dengan efisiensi teknik. Dalam efisiensi ekonomi perusahaan harus memilih tingkatan input atau output dan kombinasinya untuk mengoptimalkan tujuan ekonomi, biasanya dengan meminimalisasi biaya atau memaksimalkan keuntungan.

2.2.3.1 Konsep Pengukuran Efisiensi

Pengukuran variabel-variabel dalam model harus mempertimbangkan sifat dari pelayanan/jasa/produk yang diberikan. Pengertian dan pengukuran dari output yang dihasilkan oleh suatu unit tergantung pada pemberi jasanya. Hal ini juga akan memberikan manfaat dalam menganalisa penelitian lain yang berada pada lingkup area efisiensi. Dasar efisiensi adalah rasio/perbandingan output terhadap input. Cara untuk meningkatkan efisiensi antara lain dengan (Yasar A. Ozcan: 2008) :

- a. Meningkatkan output,
- b. Mengurangi input,
- c. Atau jika kedua output dan input ditingkatkan, maka tingkat kenaikan untuk output harus lebih besar daripada tingkat kenaikan untuk input atau,

Jika kedua output dan input diturunkan, laju penurunan untuk output harus lebih rendah daripada tingkat penurunan untuk input.



2.2.3.2 Metode yang digunakan

Metode yang digunakan untuk Analisa Teknis dan Ekonomis Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar PLTMG terhadap PLTG di Pusat Listrik Balai Pungut adalah Metode Langsung. (Yose. 2012)

2.2.3.2.1 Metode Langsung

Untuk Analisa Teknis dan Ekonomis Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar PLTMG terhadap PLTG di Pusat Listrik Balai Pungut digunakan Metode Langsung atau lebih dikenal dengan ‘metode *input-output*’ karena kenyataan bahwa metode ini hanya memerlukan keluaran dan panas masuk (bahan bakar) untuk evaluasi efisiensi dari segi konsumsi bahan bakar.(Yose. 2012)

Metode langsung mempunyai keuntungan, dimana Keuntungan dari metode langsung adalah :

- a. Dapat dengan cepat mengevaluasi efisiensi pembangkit dari segi konsumsi bahan bakar.
- b. Memerlukan sedikit parameter untuk perhitungan.
- c. Memerlukan sedikit instrumen untuk pemantauan.

2.2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Gas

Pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) adalah Pusat listrik tenaga gas, yang prinsip kerjanya pengkompresian udara dan pemanasan udara tersebut dengan penambahan bahan bakar, gas panas tersebut digunakan untuk memutar turbin, sebagai penggerak mula pemutar generator pembangkit. Gas panas yang dihasilkan dalam ruang bakar dapat meningkatkan temperatur hingga 11000C, berkenaan dengan temperatur yang sedemikian tinggi tersebut perlu dilakukan pemilihan *matrial hot gas patch*, sehingga material tersebut dapat dipergunakan pada kondisi tersebut secara aman dan andal (syahrir dkk, 2006).

Kelebihan PLTG

1. Ringan
2. Waktu Start yang relatif singkat
3. Tidak memerlukan air pendingin
4. Masa pembangunan yang 1-2 tahun



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5. Murah
6. Dapat ditempatkan disegala lokasi
- 7.Keandalan tinggi, karena alat bantu nya sedikit sehingga kemungkinan kerusakan juga kecil.
8. Bisa diremote (dikendalikan dari jauh)
9. Memungkinkan dipasang secara mobile

Kekurangan PLTG

kendala utama perkembangan pembangkit ini di Indonesia adalah pada proses penyediaan bahan bakar gas itu sendiri. Pemeriksaan BPK menemukan bahwa jumlah kebutuhan gas bumi untuk sejumlah pembangkit PLN di Jawa dan Sumatera sebanyak 1.459 juta kaki kubik per hari, sedangkan pasokan gas yang disediakan oleh para pemasok sebanyak 590 juta kaki kubik per hari. Dengan demikian terjadi kekurangan pasokan gas sebanyak 869 juta kaki kubik per hari.

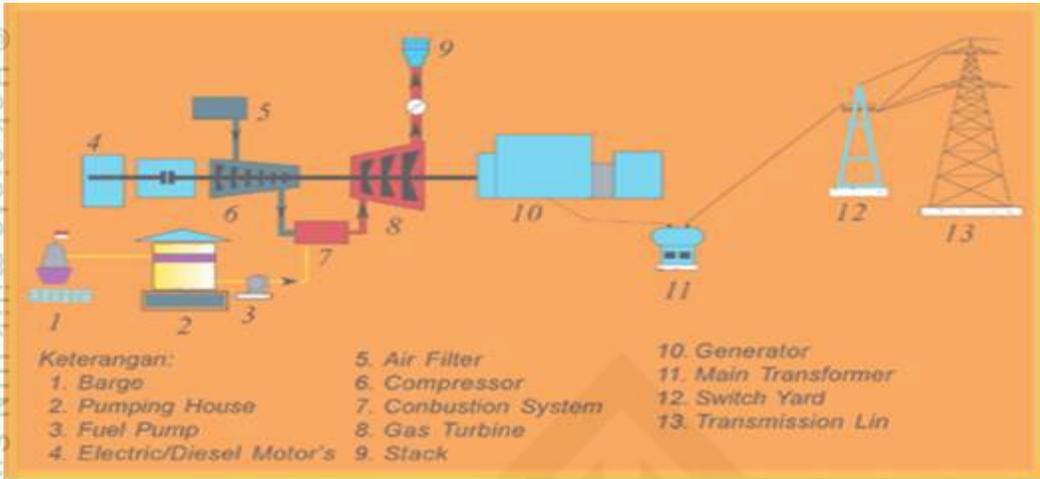
1. Efisiensi rendah, 25 – 32 %
2. Umurnya pendek.
3. Daya mampunya sangat dipengaruhi oleh kondisi udara atmofer.
4. Biaya pemeliharaan mahal, karena harga sudu-sudunya tinggi atau mahal
5. Kapasitas kecil, maksimum sekitar 200 MW
6. Harga bahan bakar tinggi, karena memerlukan bahan bakar kualitas tinggi

2.2.4.1 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Gas

Umunya negara-negara maju mengonsumsi berbagai energi dengan jumlah yang cukup besar. Dengan itu lahirlah beberapa jenis pembangkit energi yang mampu mensuply energi untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Salah satu pembangkit energi listrik yang kita kenal yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Gas yang sering disebut dengan PLTG.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.6 Proses Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)

(Sumber : Suyitno, 2011)

Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga gas menurut (suyitno,2011) adalah sebagai berikut :

1. Mula – mula udara dimasukkan dalam kompresor melalui air filter atau penyaringan udara agar partikel debu tidak ikut masuk dalam kompresor melalui air filter atau penyaringan udara.
2. Pada kompresor, tekanan udara dinaikkan lalu dialirkan ke ruang bakar bersama bahan bakar. (Disini penggunaan bahan bakar menentukan apakah bisa langsung dibakar dengan udara atau tidak).
3. Gas yang dihasilkan dalam ruang bakar pada pusat listrik tenaga gas (PLTG) akan menggerakkan turbin dan kemudian generator, yang akan mengubah menjadi energi listrik.
4. Sama halnya dengan PLTU, bahan bakar PLTG bisa berwujud cair (Bahan Bakar Minyak) maupun gas alam (Gas). Penggunaan bahan bakar menentukan tingkat efisiensi pembakaran dan prosesnya.
5. Jika menggunakan bahan bakar gas, maka gas bisa langsung dicampur dengan udara untuk dibakar. Tetapi jika menggunakan bahan bakar minyak, harus dilakukan proses pengabutan dahulu pada burner baru dicampur udara dan dibakar.
6. Pembakaran bahan bakar dan udara ini akan menghasilkan gas bersuhu dan bertekanan tinggi yang berenergi.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

7. Gas ini lalu disemprotkan ke turbin, hingga energi gas diubah oleh turbin menjadi energi gerak yang memutar generator untuk menghasilkan listrik.

8. Setelah melalui turbin, sisa gas panas tersebut dibuang melalui cerobong atau stack. Karena gas yang sama dilakukan pendingin turbin dengan udara pendingin dari lubang pada turbin.

9. Untuk mencegah korosi turbin akibat gas bersuhu tinggi ini, maka bahan bakar yang digunakan tidak boleh mengandung logam *potasium*, *vanadium* dan *sodium* yang melampaui 1 part per mill (ppm).

2.2.4.2 Komponen Dari PLTG

2.2.4.2.1 Bahan Bakar

Dalam menentukan bahan bakar yang akan digunakan haruslah dipertimbangkan beberapa faktor untuk mencapai efisiensi yang tinggi. faktor-faktor yang menentukan adalah :

1. Nilai kalornya (heat value)
2. Kebersihan
3. Gas alam adalah bahan bakar fosil gas
4. Ketersediaan bahan bakar.

Gas alam tidak seperti minyak yang harus ditampung dalam sebuah tangki waktu diambil dalam perut bumi, setelah keluar *reservomnya*, gas alam alam cepat menghembus ke udara, karena lebih ringan dari udara jika masih dalam bentuk gas, kecuali ditampung dalam alur pipa atau dicairkan untuk disimpan (syahrir, dkk 2006).

2.2.4.2.2 Sistem Udara

Menurut (syahrir , dkk 2006) udara adalah campuran dari beberapa molekul seperti oksigen, nitrogen dan karbondioksida yang merupakan tiga bagian terbesar dan molekul-molekul gas yang membentuk udara. Molekul mempunyai massa dan energi, massa yang menyebabkan adanya beratmolekul, sedangkan energi menyebabkan molekul-molekul dapat bergerak. Gerakan molekul-molekul ini dapat diukur sebagai jumlah energi yang dilepas, sedangkan kecepatan molekul-molekul diukur sebagai temperatur. Rancangan mesin turbin gas memakai prinsip menambah



energi pada udara dengan memperkecil volume. Jadi energi yang ditambah ke dalam udara dengan cara :

1. Menambah tekanan udara melalui cara kompresi (pemampatan)
2. Menambah volume sambil memanaskan udara agar tekanan dapat dipertahankan tetap konstan.

2.2.4.2.3 Udara Pembakaran

Menurut Habibah muhamad syahrir, dkk 2006 sistem udara ini dimulai sejak terjadinya putaran mesin yang menghisap udara dan udara luar. Udara dikompresikan kemudian diarahkan kedalam ruang bakar (*combustion chambers*).di mana *fuel* di injeksikan atau di semprotkan kedalam ruang bakar dengan udara,pembakaran membentuk campuran yang mudah terbakar. Campuran yang mudah terbakar ini kemudian dibakar.

2.2.4.2.4 Kompresor

Kompresor yang banyak digunakan dalam turbin gas adalah jenis aksial ini mempunyai efisiensi yang tinggi. Kenaikan tekanan berlangsung dalam setiap tingkat, diperoleh setiap tingkat perbandingan tekanan yang lebih tinggi. Setiap tingkat-tingkat sudu menerima udara dari tingkat sebelumnya dan mempercepat atau memperlambat aliran udara tersebut sesuai fungsinya. Setiap tingkat sudu memberikan aliran udara dengan kecepatan yang sama pada saat masuknya akan tetapi tekananya berubah.

Pada tingkat pertama kenaikan tekanan hanya sedikit, tetapi setelah sampai pada tingkat-tingkat terakhir tekanannya naik dengan cepat volume udara juga berubah. Tekanan udara yang naik membuat udara bertambah padat, maka agar tekanan dan kecepatan udara tersebut tidak berubah, rumah kompresor diameternya dibuat makin lama makin menyempit pada bagian keluarannya,namun tidak menutup kemungkinan terjadinya kehilangan-kehilangan tekanan dalam kompresor akibat gesekan yang akan naik akibat permukaan sudu-sudu yang tidak licin, sebagai akibat korosi pada sudu-sudu akan meningkatkan kehilangan tekanan selama proses kompresi. Kompresor aksial dapat direncanakan menurut jenis impuls atau jenis reaksi. Kompresor aksial jenis impuls dimana difusi hanya terjadi dalam stator,

kompresor aksial jenis reaksi difusi terjadi baik dalam stator maupun rotornya (Marsudi, 2005)

2.2.4.2.5 Turbin Gas

Turbin adalah berfungsi merubah gas panas hasil pembakaran dan ruang bakar menjadi putaran tenaga mekanis. Turbin terdiri dari beberapa deretan sudu-sudu yang berputar (rotor) dan sudu-sudu yang tidak berputar (stator). Ada dua cara memanfaatkan kecepatan aliran udara agar memutar turbin, yaitu impuls dengan cara mendorong atau reaksi karena gaya reaksi aliran udara panas meninggalkan sudu-sudu rotor. Pada cara impuls kecepatan udara membentur sudu-sudu rotor dan rotor bergerak dan mulai berputar, sedang udara kemudian berekspansi pada sudu-sudu rotor dan pada waktu meninggalkan sudu rotormenyebabkan terjadinya gaya reaksi yang menghasilkan tenaga yang menambah putaran rotor tersebut (Marsudi, 2005).

2.2.4.2.6 Generator

Menurut (Marsudi, 2005) Tiap-tiap mesin berputar yang bertujuan mengubah daya mekanik menjadi daya listrik dinamakan “generator”. Generator arus searah berfungsi merubah energi mekanisme penggerak mulanya menjadi energi listrik yang diberikan ke beban, sedangkan motor arus searah berfungsi merubah energi listrik yang diterima menjadi energi mekanis berupa kecepatan putar poros yang nantinya dipergunakan untuk memutar peralatan-peralatan produksi dipabrik maupun di bidang industri.

2.2.4.3 Turbin Gas Alsthom



Gambar 2.7 Turbin Gas Alsthom

(Sumber : Suyitno, 2011)



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah,
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Spesifikasi

- 1.Type :226.103
- 2. Power Output : 10080 kW
- 3. Heat Rate : 9083 btu/kwh
- 4. Daya Mampu : 16.800 KW
- 5.Kapasitas Terpasang : 20.000 KW

2.2.4.4 Analisa Teknis dan Ekonomis PLTG Balai Pungut

Analisa Teknis dan Ekonomis pada PLTG Balai Pungut dilakukan Untuk Memastikan Pemilihan jenis Pembangkit berdasarkan Bahan bakarnya yang digunakan Untuk Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar secara Teknis dan Ekonomis.

2.2.4.5 Analisa Teknis PLTG Balai Pungut

Parameter teknis dari PLTG Balai Pungut yang digunakan untuk dijadikan dasar perhitungan adalah :

2.2.4.5.1 Penggunaan Bahan Bakar Spesifik PLTG Balai Pungut

Perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik ini digunakan untuk mengetahui jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya dalam waktu tertentu. Pengukuran *SFC* dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

- a. Penggunaan Bahan Bakar Spesifik (Gas)

$$(SGC)= \frac{mf}{p} (Scf/kwh).....(2.16)$$

(Sumber : Maryanti,dkk,2012)

- Dimana : SGC = Penggunaan Bahan Bakar Spesifik Gas
- mf = Konsumsi Bahan Bakar
- p = daya yang dihasilkan

Semakin rendah nilai Sfc maka semakin rendah pula konsumsi bahan bakar yang digunakan.



2.2.4.5.2 Heat rate PLTG Balai Pungut

Uji heat rate bertujuan untuk mengidentifikasi terjadinya penurunan kinerja thermal (thermal performance) pembangkit serta menentukan penyebab dan bagian pembangkit yang menyebabkan losses daya dan efisiensi lebih rendah dari seharusnya. Dengan mengetahui kondisi pembangkit yang losses nya melebihi normal, serta bagian mana dari pembangkit yang losses di atas seharusnya, maka dapat dilakukan langkah-langkah perbaikan untuk mengatasinya.

Untuk menentukan jumlah heat rate (laju kalor) Turbin Gas mengacu pada Standar Heat Rate tak lebih dari 9083 btu/kwh. Perhitungan Heat rate dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$HR = \frac{mf \times LHV}{KWHg} \dots\dots\dots(2.17)$$

(Sumber : Nugroho, 2014)

- Dimana :
- HR = Heat Rate
 - mf = Jumlah Bahan Bakar
 - LHV = Nilai kalor
 - KWHg = Produksi Energi

2.2.4.5.3 Efisiensi Thermal PLTG Balai Pungut

Efisiensi termal adalah bentuk dasar energi. Artinya, semua bentuk efisiensi energi yang lain dapat secara sempurna dikonversi menjadi efisiensi energi termal. Sebenarnya, semua efisiensi energi akhirnya akan dikonversikan menjadi efisiensi energi termal, kecuali bila disimpan dalam bentuk lain. Pengkonversian efisiensi energi termal menjadi bentuk efisiensi energi yang lain adalah terbatas hingga suatu harga yang lebih kecil dari 100%.

Ketika ditulis dalam persentase, efisiensi termal harus berada di antara 0% dan 100%. Karena inefisiensi seperti gesekan, hilangnya panas, dan faktor lainnya, efisiensi termal mesin tidak pernah mencapai 100%.Efisiensi termalnya didefinisikan dengan :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$nth = \frac{Q_{output}}{Q_{input}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.18)$$

(Sumber : Nugroho, 2014)

Dimana : nth = Efisiensi Thermal

Qouput = Jumlah Produksi Energi

Qinput = Jumlah Bahan Bakar PLTG

Pembangkit gas dengan kapasitas 20 – 100 MW dikatakan memiliki efisiensi *Thermal* yang baik apabila berada diantara 30 – 46%. (Naryono, 2013)

2.2.4.6 Analisa Ekonomis PLTG Balai Pungut

Parameter Ekonomis dari PLTMG Balai Pungut yang digunakan untuk dijadikan dasar perhitungan adalah :

2.2.4.6.1 Biaya Bahan Bakar per SFC

Dengan asumsi untuk pengoperasian selama 24 jam maka akan diperoleh selisih pemakaian bahan bakar sebesar:

$$\text{Total pemakaian Sfc} = \text{SFC} \times 10,000 \text{ Kw} \times 24 \text{ Jam} \dots \dots \dots (2.19)$$

(Sumber : Adikumro, 2014)

Dengan harga bahan bakar sebesar 6,00 USD/Btu dan asumsi rupiah sepanjang tahun 2015 Rp. 13,000 maka akan diperoleh selisihbiaya pemakaian Bahan bakar PLTG sebesar :

$$\text{Biaya pemakaian B.b} = \text{Total pemakaian SFC} \times \text{harga BB} \dots \dots \dots (2.20)$$

(Sumber : Adikumro, 2014)

2.2.4.6.2 Biaya Bahan Bakar per Heatrate

Untuk menentukan jumlah heat rate (laju kalor) Mesin Gas mengacu pada Standar Heat Rate 9083 btu/kwh.

$$\text{Biaya Per HR PLTMG} = \text{HR} \times \text{Harga B.b} \dots \dots \dots (2.21)$$

(Sumber : Nugroho, 2014)



2.2.4.6.3 Biaya Pembelian Bahan Bakar

Harga Pembelian bahan bakar adalah harga yang ditetapkan berdasarkan jumlah uang yang diberikan pada saat membeli bahan bakar.

Biaya pembelian di sebut juga modal. Dalam situasi tertentu harga pembelian (modal) ditambah dengan ongkos atau biaya lainnya. Dapat juga dirumuskan :

$$\text{Harga Pembelian} = \text{Jumlah bahan bakar} \times \text{harga BB} \dots\dots\dots(2.22)$$

(Sumber : Adikumoro, 2014)

2.2.4.6.4 Penjualan Produksi Energi

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 03 Tahun 2015 Tentang Prosedur Pembelian Tenaga Listrik dan Harga Patokan Pembelian Tenaga Listrik Memutuskan Patokan Harga Tertinggi Pembelian Tenaga Listrik PLTMG Oleh Perusahaan Listrik Negara adalah 7,31 USD per Kwh.

Penjualan Produksi Energi PLMTG Balai Pungut Tahun 2015, dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Penjualan Produksi} = \text{Jumlah Produksi} \times \text{harga Penjualan} \dots\dots\dots(2.23)$$

(Sumber : Adikumoro, 2014)

Keuntungan dan Kerugian dari Pemilihan Pembangkit Berdasarkan Jenis Pembangkit dan Pemilihan Bahan Bakar dapat dihitung dengan :

$$\text{Investasi} = \text{Penjualan Produksi} - \text{Biaya Pembelian B. B} \dots\dots\dots(2.24)$$

(Sumber : Adikumoro, 2014)

Dimana :

- a. Untung adalah selisih antara harga pembelian dan harga penjualan, dengan syarat harga penjualan lebih tinggi dari harga pembelian.
- b. Rugi adalah selisih harga penjualan dan harga pembelian dengan syarat harga penjualan lebih rendah dari harga pembelian.