

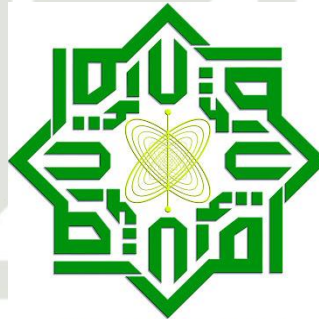


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS
DAN UAP SEBAGAI SOLUSI PEMANFAATAN GAS BUANG
DI PLTG BALAI PUNGUT DURI
TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



UIN SUSKA RIAU

Oleh:

REZKY
11555102604

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2020

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.

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS DAN UAP
SEBAGAI SOLUSI PEMANFAATAN GAS BUANG DI PLTG BALAI
PUNGUT DURI**

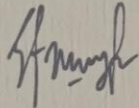
TUGAS AKHIR

Oleh:

REZKY
11555102604

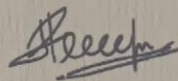
Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 13 Agustus 2020

Ketua Program Studi



Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19750922 200912 2 002

Pembimbing



Dr. Liliana, ST., M.eng.
NIP. 19781012 200312 2 004

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.

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS DAN UAP
SEBAGAI SOLUSI PEMANFAATAN GAS BUANG DI PLTG BALAI**

PUNGUT DURI

TUGAS AKHIR

Oleh:



REZKY
11555102604

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 13 Agustus 2020

Pekanbaru, 13 Agustus 2020

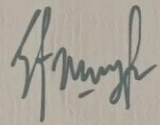
Mengesahkan,

Dekan



Dr. Des. Amad Darmawi, S.Ag.
NIP. 196604 199203 1 004

Ketua Program Studi



Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19750922 200912 2 002

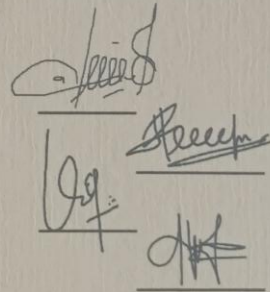
DEWAN PENGUJI :

Ketua : Dr. Teddy Purnamirza, ST., M.Eng.

Sekretaris : Dr. Liliana, ST., M.Eng.

Anggota 1 : Susi Afriani, ST., MT.

Anggota 2 : Dr. Alex Wenda, ST., M.Eng.



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta & Diindungi 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.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan didalam daftar pustaka. Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 13 Agustus 2020

Yang membuat pernyataan,

REZKY
11555102604

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang penjiplakan 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.



LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

Segala Puji hanya bagi Allah Azza wa Jalla

Dengan pujian yang sebanyak-banyaknya lagi diridhaiNya

Engkau Yang Maha Penyayang terhadap makhlukmu..

Sehingga rahmatMu mengalahkan murkaMu..

Mahasuci Engkau dengan Ilmu Yang Maha Luas yang Engkau miliki..

Sedangkan aku hanyalah makhlukMu yang lemah..

Aku hanyalah makhlukMu yang selalu berharap petunjukMu..

Maka tunjukilah aku menuju jalanMu yang lurus dengan ilmu

Dengan KitabMu dan Sunnah RasulMu..

Walaupun aku tau bahwa:

"Dan Tidaklah Kalian Diberi Ilmu Melainkan Sedikit" (25 Al-Isra:85)

Maka terimalah tulisan kecilku ini sebagai amalan yang mengharapkan perjumpaan denganMu...

Rasulullah, dia adalah satu-satunya panutan dalam segala hal

Yang telah divalidkan oleh Yang Maha Pencipta didalam KitabNya..

"Sungguh Telah Ada Bagimu Pada Diri Rasulullah Suri Tauladan Yang Baik" (Al-Ahzab:

Hak Cipta Diindungi 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.



Hal itu karena...

“Dan Tidaklah Yang Diucapkannya (Al-Zur'an) Itu Menurut Kemauan Hawa Nafsunya. Tidak Lain Hanya Wahyu Yang Diwahyukan” (Au-Najm: 3-4)

Ibu..

Engkau adalah seorang yang selalu memberikan doamu untuk anakmu..

Walaupun tatkala siang terhalang gunung, dan malam terhalang gelap..

Sosok yang selalu bersabar, walaupun aku banyak menantang..

Selalu menasehati dengan ikhlas, walaupun terkadang rasa jengkel muncul dalam diriku..

Ayah....

Sosok yang selalu menyemangatiku

Sosok yang mengajariku banyak hal

Sosok yang sangat berjasa dalam hidupku

Ayah dan ibu tersayang....

Jasamu takkan bisa kubalas, takkan bisa kuganti

Walaupun aku menulis seribu buku..

Hanya doa yang bisa kupanjatkan kepada Tuhanku..

Semoga Dia berkenan menempatkanmu di SurgaNya yang tinggi..

Ayah dan ibu tersayang....

Maafkan segala kesalahan putramu ini yang pernah mengecewakanmu

Terima kasih atas segala yang telah kalian berikan kepadaku,

Kupersembahkan tulisan ini untukmu,

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.

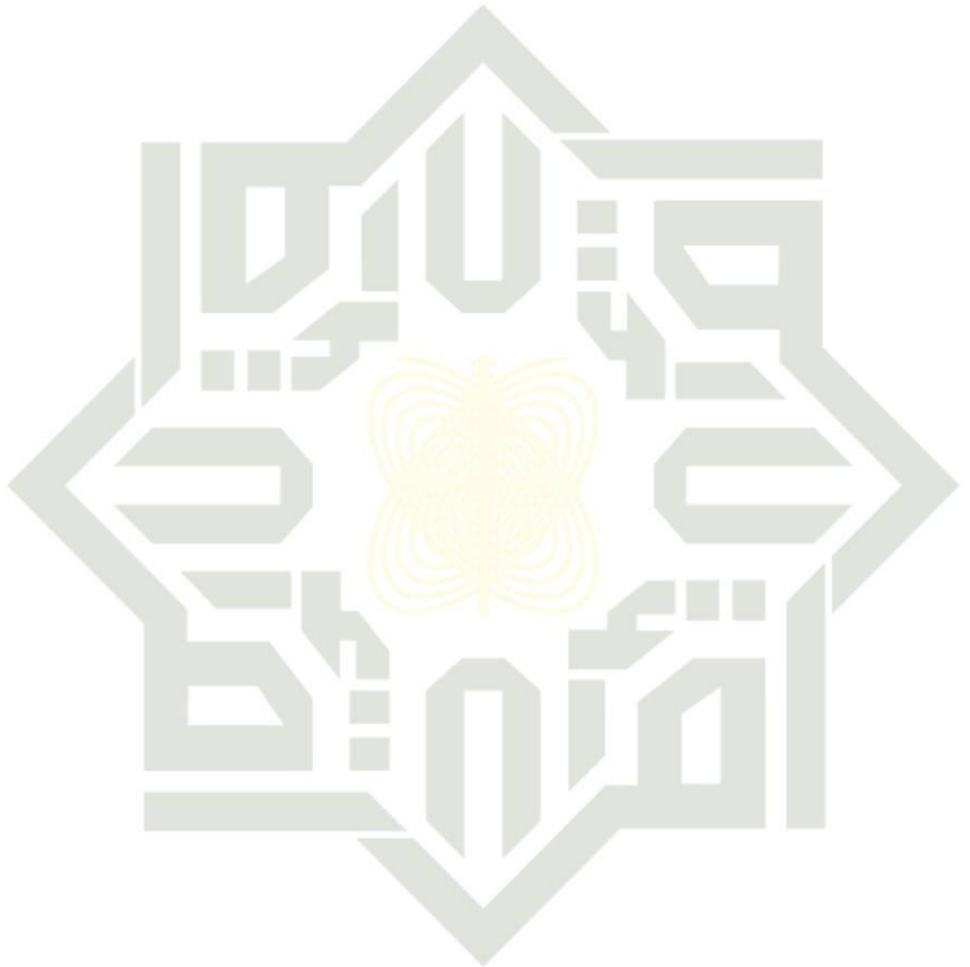
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Adik-adik ku tercinta....

Semoga tulisan yang ku tulis ini bisa menjadi contoh dan motivasi untuk kalian.

Jadilah orang yang lebih baik dan teruslah kejar mimpi-mimpi mu

Buatlah ayah dan ibu bangga memiliki kita.



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.



PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS DAN UAP

SEBAGAI SOLUSI PEMANFAATAN GAS BUANG DI PLTG BALAI

PUNGUT DURI

REZKY

NIM: 11555102604

Tanggal Sidang: 13 Agustus 2020

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim

Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Energi merupakan kebutuhan pokok bagi manusia, tanpa adanya energi dapat menghalangi setiap aktivitas manusia sehari-hari, salah satunya energi listrik. peningkatan jumlah penduduk mendorong jumlah kebutuhan energi akan meningkat pula. Diperkirakan beban puncak di provinsi Riau mencapai 794 MW sedangkan kapasitas daya terpasang hanya 529,81 MW sehingga terjadi kekurangan daya. Salah satu unit pembangkit yang ada di Riau adalah PLTG unit 2 di Pusat Listrik Balai Pungut Duri yang menyumbang 15 MW daya, namun efisiensi dari PLTG masih tergolong dalam pembangkit listrik dengan efisiensi yang rendah. Untuk mengatasi permasalahan tersebut gas buang akan dimanfaatkan untuk menjadi bahan bakar pada pembangkit daya baru dengan menggunakan siklus gabungan, maka akan dilakukan perancangan PLTGU untuk pemanfaatan dari gas buang tersebut. Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah dihasilkan rancangan terhadap PLTGU dengan menghitung efisiensi siklus PLTG secara teoritis dan menghitung potensi gas buang pada PLTG. Hasil yang didapatkan adalah efisiensi dari siklus PLTG secara teoritis hanya 15%, dengan memanfaatkan potensi energi gas buang sebesar 11920,4924 kW dengan temperatur rata-rata 475,17°C, PLTGU akan dirancangan dengan generator MUIDEN kapasitas 8,5 MW dan turbin gas merk Shanghai Brilliance dengan tekanan 3,43 Mpa dan kecepatan 1000 Rpm serta HRSG dengan pipa pemanas sebanyak 281 baris dan tekanan keluar sebesar 43 bar. Rancangan PLTGU akan dapat meningkatkan efisiensi PLTG sebesar 8,5% dari 15% awal menjadi 23% serta peningkatan daya yang awalnya 15 MW menjadi 23,5 MW.

Kata Kunci: Gas buang, PLTG, perancangan, peningkatan efisiensi, PLTGU, HRSG.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumbernya.
- 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.

**THE DESIGN OF COMBINE CYCLE POWER PLANT AS A
SOLUTION OF UTILIZATION OF WASTE GAS IN
PLTG BALAI PUNGUT DURI**

REZKY

SRN: 11555102604

*Examination day: August 13, 2020
Department of Electrical Engineering
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru*

ABSTRACT

Energy is a basic need for humans, without energy, every daily human activity will be hampered. One of the types of energy that is most important for humans' needs is electricity. An increase in population pushes the amount of energy needs to increase as well. It is estimated that the peak load in Riau province reaches 794 MW while the installed power capacity is only 529.81 MW, so that it makes a power shortage condition. One of the power plants in Riau is NGPP unit 2 Pusat Listrik Balai Pungut Duri with 15 MW of power capacity, but the efficiency of the NGPP is still classified as low efficiency generators. To overcome the problem, the exhaust gas will be used to fuel the new power plant using a combined cycle, so it will design a CCPP to recovery the exhaust gas. The purpose of this final project is make a design of CCPP with calculate the theoretical efficiency of the gas cycle and calculate the potential exhaust gas in the NGPP. The results show that the theoretical efficiency of the NGPP cycle is only 15%. by utilizing the potential energy exhaust gas of 11920.4924 kW with an average temperature of 475.17 °C, the CCPP will be designed with MEIDEN generator with 8,5 MW capacity and the turbine is shanghai brilliace turbine with 3.43 Mpa inlet pressure and 1500 Rpm of speed and HRSG with heating pipe is 281 line and outlet pressure is 43 bar . The design of CCPP will by utilizing increased the efficiency of the NGPP by 8.5% from the initial 15% to 23% as well as an increase in power from 15 MW to 23.5 MW..

Keywords: *Exhaust Gas, NGPP, Design, Increasing Efficiency, CCPP, HRSG.*



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji Syukur kehadirat Allah Subhanahuwata'ala yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Selanjutnya, shalawat beriring salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad Sholallahu'alaihiwasallam yang telah membawa umat manusia dari alam jahiliyah menuju alam yang penuh cahaya keimanan dan ilmu pengetahuan.

Skripsi ini berjudul "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap Sebagai Solusi Pemanfaatan Gas Buang pada PLTG Balai Pungut Duri". Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST.) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Dalam menyelesaikan skripsi ini penulis menyadari banyak mendapatkan bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan skripsi ini, terutama oleh dua sosok luar biasa, Ayahanda tercinta Arwin LumbanTobing dan Ibunda tersayang Riana Pardede yang dengan tulus dan tidak henti memberikan doa dan dukungan sepenuh hati selama penulis menempuh pendidikan di UIN SUSKA Riau. serta bang Horas, kakak Butet, bang Boi, adinda arif dan adinda wahyu yang tak henti memberikan do'a, motivasi dan dorongan baik materil maupun moril selama penulis kuliah di UIN SUSKA Riau.

Selanjutnya, pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ahmad Mujahidin, S.Ag, M.Ag., sebagai Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau beserta Wakil Rektor I Bapak Dr. Drs. H. Suryan A. Jamrah, MA., Wakil Rektor II Bapak Dr. H. Kusnadi, M.Pd., dan Wakil Rektor III Bapak Drs. H. Promadi MA., Ph.D.
2. Bapak Dr. Drs. Ahmad Darmawi, S.Ag., sebagai Dekan Fakultas Sains dan Teknologi beserta Wakil Dekan I Bapak Dr. Haris Simaremare, ST., MT., Wakil Dekan II Bapak Dr. Alex Wenda, ST., M.Eng., dan Wakil Dekan III Ibu Dr. Zaitun, M. Ag., Staf dan karyawan yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyusun skripsi.
3. Ibu Evi Ismaredah, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua dan Bapak Mulyono, ST., MT., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Ibu Dr. Liliana. ST. M.Eng., selaku dosen pembimbing yang selalu menyempatkan waktu, membimbing ilmu dan memotivasi penulis dalam penulisan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Alex Wenda, ST. M.Eng, selaku dosen Penasehat Akademis yang dengan sabar memberikan nasehat, membimbing, dan memberikan kemudahan bagi penulis dalam melaksanakan perkuliahan ini.

6. Terima kasih juga kepada TE C angkatan 2015

7. Terima kasih kepada ENERGI 15 yang memberi motivasi dan semangat.

8. Untuk seluruh keluarga besar mahasiswa se-riau.

9. Untuk rekan-rekan seperjuangan seluruh angkatan 2015

10. Untuk keluarga besar Teknik Elektro dan almamaterku UIN SUSKA RIAU

11. Untuk teman-teman KKN Desa Air Hitam Terutama Nora, Teguh, Afif, Ahmad, Eci, Fatmah, Via, Nita dan Opi.

12. Doa dan harapan penulis semoga Allah membalas kebaikan semua pihak. *Jazakumullah*

13. Terima kasih atas bantuan yang telah diberikan. Kemudian, kritik dan saran yang membangun sangat

14. saya harapkan demi penyempurnaan skripsi ini ke arah yang lebih baik. Penulis berharap semoga skripsi

15. ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya. Aamiin

Pekanbaru, 13 Agustus 2020

REZKY
11555102604

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR ISI

	LEMBAR PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
	LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
	LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	i
	LEMBAR PERNYATAAN	ii
	LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iii
	ABSTRAK	vi
	ABSTRACT	vii
	KATA PENGANTAR.....	viii
	DAFTAR ISI.....	x
	DAFTAR TABEL	xiv
	DAFTAR RUMUS	xv
	BAB I	
	PENDAHULUAN	I-1
	1.1 Latar Belakang	I-1
	1.2 Rumusan Masalah	I-4
	1.3 Tujuan Penelitian.....	I-5
	1.4 Batasan Masalah.....	I-5
	1.5 Manfaat Penelitian.....	I-5
	BAB II	
	TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
	2.1 Penelitian Terkait	II-1
	2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)	II-3
	2.2.1 Siklus Teoritis PLTG	II-6
	2.2.2 Komponen-Komponen PLTG.....	II-8
	2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU)/ <i>Combined Cycle</i>	II-16
	2.3.1 Prinsip dari <i>Combined cycle</i>	II-17
	2.3.2 Komponen Utama PLTGU	II-20
	2.4 Perancangan <i>Heat Recovery Steam Generator (HRSG)</i>	II-28
	2.4.1 Penentuan Parameter Perancangan HRSG.....	II-28
	2.4.2 Menghitung T Masuk Superheater.....	II-28
	2.4.3 Parameter Perhitungan Pipa Superheater	II-28
	2.4.4 Parameter Perhitungan Pipa Evaporator	II-29



2.4.5	Parameter Perhitungan Pada Pipa Ekonomiser	II-29
2.4.6	Parameter Perhitungan Pipa Condensate Preheater	II-30
	Perhitungan air yang dibutuhkan HRSG.....	II-30
	Demineralizer	II-30
	Perhitungan Efisiensi <i>Combined Cycle</i> (PLTGU)	II-31
7.1	Perhitungan Efisiensi Pada HRSG	II-31
7.2	Perhitungan Efisiensi Keseluruhan PLTGU	II-32
BAB III		
METODOLOGI PENELITIAN		
1	Jenis Penelitian.....	III-1
2	Prosedur Penelitian.....	III-1
3	Studi Literatur	III-3
4	Pengumpulan Data	III-3
3.4.1	Pengumpulan Data Unit PLTG.....	III-3
3.4.2	Data Pengoperasian PLTG.....	III-4
3.4.3	Data Bahan Bakar PLTG	III-7
3.4.4	Data Lokasi PLTG	III-7
5	Perhitungan Efisiensi PLTG Secara Teoritis	III-8
6	Analisa Potensi Gas Buang Yang Dihasilkan PLTG Balai Pungut	III-9
7	Melakukan Perancangan PLTGU.....	III-10
3.7.1	Penentuan Ukuran dan Spesifikasi Generator.....	III-11
3.7.2	Penentuan Ukuran dan Spesifikasi Turbin Uap.....	III-11
3.7.3	Penentuan Ukuran dan Spesifikasi HRSG	III-12
8	Perhitungan Efisiensi PLTGU.....	III-12
9	Menghitung Kebutuhan Lahan.....	III-13
10	Kesimpulan dan Saran.....	III-13
BAB IV		
HASIL DAN ANALISA		
4.1	Profil Pusat Listrik Balai Pungut.....	IV-1
4.2	Perhitungan Efisiensi PLTG Secara Teoritis	IV-2
4.2.1	Menghitung Laju Aliran Massa Turbin Gas (\dot{m}).....	IV-3
4.2.2	Menghitung Nilai Temperatur T_3 T_{2s} T_{4s}	IV-3
4.2.3	Menghitung Nilai Entalpi (h).....	IV-5

1. Dilarang menyalin atau seluruhnya atau sebagian 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.



4.2.4	Menghitung Nilai Kalor Input Turbin.....	IV-8
4.2.5	Menghitung Efisiensi Kompresor	IV-8
4.2.6	Menghitung Efisiensi Turbin Gas	IV-8
4.2.7	Menghitung Kerja Kompresor	IV-9
4.2.8	Menghitung Kerja Turbin Gas	IV-9
4.2.9	Menghitung Daya Netto PLTG.....	IV-9
4.2.10	Menghitung Daya Netto (efisiensi 100%)	IV-10
4.2.11	Menghitung Efisiensi Siklus PLTG	IV-10
4.4	Analisa Potensi Gas Buang yang Dihasilkan PLTG Balai Pungut Duri	IV-12
4.4	Analisa Perancangan PLTGU	IV-13
4.4.1	Menentukan Spesifikasi Generator	IV-13
4.4.2	Penentuan Spesifikasi Turbin Uap.....	IV-15
4.4.3	Perhitungan Ukuran dan Spesifikasi HRSG.....	IV-17
4.5	Analisa Efisiensi Siklus PLTGU.....	IV-40
4.5.1	Efisiensi HRSG.....	IV-41
4.5.2	Efisiensi PLTGU.....	IV-41
4.6	Analisa Kebutuhan Lahan	IV-42
BAB V		
PENUTUP		V-1
5.1	Kesimpulan.....	V-1
5.2	Saran.....	V-1
DAFTAR PUSTAKA		V-1
LAMPIRAN A		V-5
LAMPIRAN B		V-6
LAMPIRAN C		V-7
LAMPIRAN D		V-8
LAMPIRAN E		V-1
LAMPIRAN F		V-1

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



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Pembangkit Listrik Tenaga Gas	II-4
Gambar 2.2	Siklus <i>Brython</i> Teoritis.....	II-6
Gambar 2.3	Diagram termodinamika turbin gas.....	II-7
Gambar 2.4	<i>Diesel Start</i>	II-13
Gambar 2.5	<i>Torque Converter</i>	II-13
Gambar 2.6	<i>House Filter</i>	II-14
Gambar 2.7	<i>Load Gear</i>	II-15
Gambar 2.8	Generator.....	II-15
Gambar 2.9	<i>Exhaust Stack</i>	II-17
Gambar 2.10	Skema Pembangkit daya <i>Combined Cycle</i>	II-18
Gambar 2.11	Skema HRSG (kiri) <i>Vertical gas flow</i> dan (kanan) <i>Horizontal gas flow</i>	II-21
Gambar 2.12	Bangunan Demineralizer.....	II-30
Gambar 3.1	Alur Tahap Penelitian.....	III-2
Gambar 3.2	Denah Lokasi PLTG Balai Pungut Duri	III-8
Gambar 3.3	Skema Perancangan PLTGU.....	III-11
Gambar 4.1	Generator Sinkron Buatan Meiden kapasitas 8,5 MW.....	IV-14
Gambar 4.2	Dimensi Generator	IV-15
Gambar 4.3	Turbin Uap untuk PLTGU	IV-16
Gambar 4.4	Siklus Rankine yang Direncanakan.....	IV-18
Gambar 4.5	HRSG Jenis Vertikal Tekanan Tunggal.....	IV-25
Gambar 4.6	Proses Aliran Uap dan Gas pada Pipa-Pipa Superheater	IV-27
Gambar 4.7	Skema Rancangan Pipa-Pipa Superheater.....	IV-28
Gambar 4.8	Skema Aliran Uap dan Gas Buang pada Evaporator	IV-29
Gambar 4.9	Skema Rancangan Pipa Evaporator	IV-30
Gambar 4.10	Skema Aliran Air dan Gas Buang pada Ekonomizer.....	IV-31
Gambar 4.11	Skema Rancangan Pipa-Pipa Ekonomizer	IV-33
Gambar 4.12	Skema Rancangan Pipa-Pipa Ekonomizer	IV-34
Gambar 4.13	Proses Penjernihan Air di Demineralizer	IV-34
Gambar 4.14	Skema Perancangan PLTGU.....	IV-39



DAFTAR TABEL

2.1	Kandungan Gas Alam.....	II-5
2.2	Kandungan Udara	II-6
3.1	Data Unit PLTG Balai Pungut Duri	III-3
3.2	Data pengoperasian PLTG bulan Juli 2019 (Dalam Satuan SI)	III-5
3.3	Data Tekanan Kompresor pada PLTG balai pungut(P_1, P_2)	III-6
4.1	Batas Atas dan Bawah pada Temperatur $304,15^{\circ}K$	IV-5
4.2	Batas Atas dan Bawah pada Temperatur $561,36^{\circ}K$	IV-6
4.3	Batas Atas dan Bawah pada Temperatur $554,933^{\circ}K$	IV-6
4.4	Batas Atas dan Bawah pada Temperatur $1167,35^{\circ}K$	IV-7
4.5	Batas Atas dan Bawah pada Temperatur $748,32^{\circ}K$	IV-7
4.6	Batas Atas dan Bawah pada Temperatur $410,142^{\circ}K$	IV-8
4.7	Parameter Hasil Perhitungan Efisiensi Siklus PLTG	IV-11
4.8	Spesifikasi Generator.....	IV-15
4.9	Dimensi Generator Meiden	IV-15
4.10	Spesifikasi Turbin Uap	IV-16
4.11	Masukan pada Diagram Mollier	IV-18
4.12	Parameter perencanaan perancangan HRSG	IV-22
4.13	Spesifikasi HRSG	IV-26
4.14	Standar Kualitas Air Umpan Boiler.....	IV-36
4.15	Hasil Perhitungan pada HRSG	IV-37
4.16	Parameter Perhitungan Efisiensi.....	IV-41
4.17	Dimensi Setiap Peralatan.....	IV-42
4.18	Hasil Perhitungan Lahan Keseluruhan	IV-43

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

Tidak diperkenankan untuk disebarluaskan atau diterbitkan dalam bentuk apa pun tanpa izin UIN Suska Riau.

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

Persamaan 2.33	Efisiensi HRSG.....	II-30
Persamaan 2.34	Panas yang Dimanfaatkan	II-30
Persamaan 2.35	Panas Masuk HRSG	II-30
Persamaan 2.36	Efisiensi PLTGU	II-31
Persamaan 2.37	Daya Netto Keluaran PLTGU	II-31



UIN SUSKA RIAU

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



BAB I

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Energi adalah suatu hal yang merupakan kebutuhan pokok bagi umat manusia, karena energi adalah salah satu hal yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia. Dengan adanya energi, manusia dapat memanfaatkannya untuk mempermudah proses dalam kehidupan, baik itu dalam sektor industri, komunikasi maupun rumah tangga. Energi sangat berpengaruh di dalam kehidupan pada zaman sekarang ini, yang mana, peningkatan jumlah penduduk mendorong jumlah kebutuhan energi akan meningkat pula. Tidak hanya sampai disitu, perkembangan teknologi dan gaya hidup juga mempengaruhi kebutuhan energi karena dengan gaya hidup yang semakin maju maka energi yang dibutuhkan akan semakin banyak pula, seperti halnya energi listrik. Kebutuhan akan energi listrik dapat digolongkan sebagai kebutuhan primer pada masa sekarang ini, karena setiap aktivitas sehari-hari saat ini hampir sepenuhnya membutuhkan energi listrik yang menyebabkan aktivitas sehari-hari akan terhambat apabila terjadinya kekurangan energi listrik, namun jika terjadi kekurangan energi listrik maka manusia akan berusaha dan berlomba-lomba untuk dapat memenuhi kebutuhan tersebut.

Dalam memenuhi kebutuhan listrik ada banyak perusahaan yang bergerak untuk memenuhi kebutuhan tersebut salah satunya PT. PLN(Persero). PT. PLN (Persero) dalam memenuhi kebutuhan listrik saat ini banyak menggunakan jenis pembangkit listrik, seperti di Provinsi Riau menggunakan jenis pembangkit listrik yang berbagai macam, diantaranya ada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang berjumlah 3 unit, pembangkit listrik tenaga mesin gas (PLTMG) yang berjumlah 17 unit, pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) berjumlah 309 unit, pembangkit listrik tenaga air (PLTA) berjumlah 3 unit dan juga pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) berjumlah 6 unit, dengan banyaknya jenis dan jumlah pembangkit listrik yang digunakan di Provinsi Riau tersebut diharapkan dapat memenuhi kebutuhan listrik di kawasan tersebut namun tetap saja belum mampu untuk memenuhi kebutuhan listriknya [1]. Diperkirakan beban puncak di Provinsi Riau mencapai 794 MW[2], sedangkan kapasitas pembangkit listrik terpasang berdasarkan data statistik PLN sebesar 529,81 MW, sementara daya yang mampu dihasilkan hanya mencapai 418,90 MW sehingga terjadinya kekurangan daya dalam memenuhi kebutuhan listrik. [3].



Dalam memenuhi kebutuhan listrik yang ada di Provinsi Riau PT. PLN membangun pembangkit listrik yang salah satunya terletak di desa Balai Pungut, Kecamatan Pinggir, Kabupaten Bengkalis yang bernama Pusat Listrik Balai Pungut. Pusat Listrik Balai Pungut memiliki 7 unit PLTMG masing-masing berkapasitas 14,3 MW, 1 unit PLTG berkapasitas 20 MW dan juga beberapa pembangkit listrik sewa antara lain, 1 unit PLTG disewa dari PJB *Service*, 12 unit PLTMG disewa dari MaxPower dan PLTG MPP disewa dari PLN Batam, dalam pengelompokan yang dilakukan oleh PT. PLN (Persero) Pusat listrik Balai Pungut merupakan bagian dari pembangkit listrik sektor pembangkitan Pekanbaru. Semua pembangkit listrik yang berada di Pusat Listrik Balai Pungut terinterkoneksi mulai dari Aceh hingga Lampung dengan sistem jaringan 150 kV yang diatur oleh Pusat Pengaturan dan Pengendalian Beban Sumatra (P3BS) untuk di transmisikan ke seluruh Sumatera. [1]

Dari seluruh jenis pembangkit listrik yang ada di Pusat Listrik Balai Pungut Duri terdapat PLTG dengan berkapasitas 20 MW yang merupakan pembangkit listrik hasil lokasi dan dari PJB Madura (PL Madura) dan dioperasikan dengan sistem OM (*Operation Maintenance*) dengan tujuan untuk dapat memenuhi kebutuhan beban puncak dan juga untuk dapat memperpanjang umur dari pembangkit listrik tersebut karena untuk jenis pembangkit listrik tenaga gas sendiri seperti yang kita ketahui tidak memiliki umur pemakaian yang panjang dan tidak sama dengan jenis pembangkit listrik lainnya. PLTG juga terkenal dengan jenis pembangkit listrik yang memiliki efisiensi rendah yakni antara 20% – 30% sehingga dengan efisiensi yang rendah tersebut sangat mempengaruhi listrik yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik.[4] Dengan rendahnya efisiensi yang dimiliki oleh PLTG maka dibutuhkan cara untuk dapat meningkatkan efisiensi dari PLTG tersebut.

Menurut hasil penelitian tentang efisiensi thermal di Pembangkit Listrik Tenaga Gas Balai Pungut – Duri, bahwa efisiensi thermal dari PLTG adalah 29% dan masih tergolong memiliki efisiensi yang rendah, kemudian gas buang yang dihasilkan dan hanya terbuang sia-sia mencapai 495 °C setiap harinya, dengan perhitungan menggunakan metode Siklus *Brython* pada PLTG hasil efisiensi yang didapatkan meningkat menjadi 52,41% dan juga dengan melakukan perhitungan pada penggabungan siklus kapasitas maksimal yang awalnya hanya 20,456 MW dapat ditingkatkan menjadi 63,842 MW. Namun pada penelitian ini hanya meneliti sampai dengan perhitungan bahwa dengan mengaplikasikan *combined cycle* pada PLTG dapat meningkatkan daya dan efisiensi. Penelitian yang dilakukan belum sampai kepada pengimplementasian dari hasil perhitungan efisiensi, belum menjelaskan bagaimana sistem *Combined Cycle* bekerja dan tidak sampai kepada sistem peningkatan efisiensi serta pengoperasian pada PLTG tersebut [4]. Kondisi PLTG saat ini hanya beroperasi pada beban



puncak, dan data yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah data lama pada saat PLTG beroperasi pada beban harian. Pengimplementasian dari *combined cycle* di PLTG tersebut dapat terjadi perbedaan karena status pengoperasiannya yang sudah berbeda. Sampai saat ini perusahaan belum memiliki penelitian yang mendorong pengimplementasian dari *combined cycle* terhadap PLTG yang ada di balai punggut tersebut sejak dirubahnya status PLTG menjadi OM (*Operation Maintenance*).

Dalam perkembangan Pusat Listrik Balai Punggut, PLTG yang ada awalnya digunakan untuk dapat memenuhi beban harian untuk daerah Sumatera, namun saat ini PLTG digunakan untuk memenuhi beban puncak saja. Menurut istilah kelistrikan yang ditulis oleh PT. PLN beban puncak terjadi pada jam 18.00 sampai jam 24.00 [5]. PLTG unit 2 di Balai punggut yang dioperasikan pada jam-jam tertentu dimana beban puncak terjadi yakni pada jam 18.00-24.00 namun sering juga dioperasikan pada jam 17.00 sampai dengan jam 02.00 karena PLTG ini digunakan untuk dapat memenuhi beban puncak yang terinterkoneksi dengan P3BS yakni dari Aceh sampai dengan Lampung. Berdasarkan data dari RUPTL tahun 2018-2027 diperkirakan beban puncak di provinsi Riau mencapai 794 MW sedangkan kapasitas yang terpasang pada 2018 sebesar 5229,81 MW, sementara daya yang mampu dihasilkan hanya 48,90 MW [3]. Dari efisiensi termal, unit PLTG tergolong unit termal yang efisiensinya paling rendah, yaitu berkisar antara 20%-30%. Berdasarkan jurnal Istilah Kelistrikan yang diakses pada tahun 2019 hal tersebut yang menyebabkan dibutuhkan penambahan daya dari PLTG ini untuk dapat menambah daya untuk membantu meminimalisir kekurangan beban puncak tersebut. PLTG di Balai Punggut dioperasikan dengan status *Operation maintenance* (OM) [5].

Pemilihan metode yang akan digunakan untuk dapat menyelesaikan permasalahan yang ada di PLTG Balai Punggut Duri adalah melakukan peningkatan efisiensi dengan menggunakan siklus kombinasi yang dimasukkan kedalam siklus brython pada PLTG Balai Punggut Duri. Dengan menggunakan siklus kombinasi telah terbukti dapat meningkatkan efisiensi dan kapasitas dari pembangkitan PLTG. [8]

Tujuan dari penelitian ini untuk dapat meningkatkan daya dari PLTG di perusahaan tersebut tanpa menambah sumber bahan bakar lagi, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dari pembangkit listrik dan membantu menambah daya untuk kebutuhan beban puncak yang terjadi pada jaringan interkoneksi P3BS. Salah satu pertimbangan untuk memanfaatkan gas buang pada PLTG ini adalah strategi penurunan emisi gas rumah kaca yang dikeluarkan oleh PLN pada RUPTL 2018-2027 yang mengatakan untuk memanfaatkan gas buang pada industri digunakan sistem HRSG agar dapat mendukung upaya dari pemerintahan dalam mengurangi gas rumah kaca sebesar 29% pada tahun 2030 [2].



8. Bagaimana Perancangan PLTGU pada PLTG Balai Pungut?

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis efisiensi dari siklus PLTG secara teoritis.
2. Menganalisis potensi yang dapat dihasilkan dari gas buang yang ada di PLTG Balai Pungut.
3. Menghasilkan Rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap di Balai Pungut Duri dari PLTG yang sudah ada.

Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini akan difokuskan pada perancangan PLTGU dengan memanfaatkan gas buang dari turbin gas pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Balai Pungut Duri.
2. Penelitian akan dilakukan di Pusat Listrik Balai Pungut Duri.
3. Pada penelitian ini digunakan data pengoperasian PLTG selama satu bulan.
4. Pada penelitian ini digunakan turbin dan generator yang tersedia di pasaran.
5. Pada penelitian ini difokuskan pada perhitungan efisiensi PLTG dan perancangan HRSG yang dilakukan secara manual.

Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang solusi pemanfaatan gas buang yang hanya terbuang sia sia di PLTG Balai Pungut Duri. Dan dapat menjadi acuan teknologi yang akan digunakan untuk pembangunan PLTGU di Balai Pungut Duri.
2. Dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.
3. Diharapkan dari penelitian ini dapat menjadi gambaran untuk merealisasikan pembangunan PLTGU di Balai Pungut Duri. Guna meningkatkan kapasitas pembangkitan PT.PLN (Persero) di Provinsi Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini; tanpa mencantumkan data

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

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

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



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Terkait

Sebelum melakukan penelitian dibutuhkan adanya studi literatur yang bertujuan untuk menemukan rujukan dari sumber-sumber yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan, rujukan ini didapatkan dari buku, jurnal, paper maupun berita yang berhubungan dengan penelitian ini.

Pada penelitian mengenai analisa efisiensi dan pemanfaatan gas buang turbin gas Alstom pada pembangkit listrik tenaga gas kapasitas 20 MW (studi kasus di Pusat Listrik Balai Pangut Duri), pada penelitian ini menganalisa efisiensi komponen utama PLTG dengan perhitungan metode siklus Brython dan mengetahui tingkat efisiensi yang dapat dihasilkan dari pemanfaatan gas buang dengan *combine cycle* yang menghasilkan peningkatan efisiensi sebesar 52,41% dan dari kapasitas keluaran awal sebesar 20,456 MW dapat ditingkatkan menjadi 63,482 MW sehingga rekomendasi ini layak diterapkan dalam aspek efisiensi [4]. Namun tidak ada sedikitpun dari penelitian ini membahas tentang aspek teknis dari *combined cycle* tersebut dan dalam pengimplementasiannya belum ada. Kemudian data yang diambil adalah data lama pada saat PLTG beroperasi pada beban harian, sementara saat ini PLTG beroperasi untuk memenuhi beban puncak dengan sistem OM.

Pada penelitian mengenai studi perancangan PLTGU sebagai alternatif dalam memenuhi kebutuhan listrik Universitas Indonesia. Pada penelitian ini dianalisa bahwasanya UI sampai dengan tahun 2025 membutuhkan pasokan listrik tambahan yakni sebesar 45 MW. Sebagai alternatif dapat dibangun PLTG. Dengan efisiensi PLTG yang cukup rendah maka disarankan menggunakan PLTGU (*combine cycle*) untuk meningkatkan efisiensi sampai dengan 50%. Hasil simulasi PLTGU dengan menggunakan aplikasi *cycle tempo* menghasilkan PLTGU dengan daya 33964 kW dengan efisiensi sebesar 64,58%. Peningkatan daya yang dapat diperoleh dengan *combine cycle* sebesar 12598 kW dengan peningkatan efisiensi sebesar 23,26% pembangunan pembangkit listrik tersebut layak direalisasikan dengan penghematan pengeluaran hingga 18,6% [8].

- Hak Cipta Ditanggung UIN Suska Riau
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya 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 seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



buang PLTG di Pusat Listrik Balai Pungut Duri. Kemudian, penelitian sebelumnya Analisia efisiensi PLTG hanya menggunakan perhitungan matematis secara manual pada efisiensi tanpa adanya perhitungan dari segi teknis PLTGU dan hanya sampai tahap perhitungan efisiensi yang dapat dihasilkan belum sampai ke tahap perancangan, namun di dalam penelitian terkait didapatkan hasil bahwasanya *combine cycle* layak untuk diterapkan, sehingga pada penelitian ini akan membahas mengenai perancangan pembangkit listrik tenaga gas dan uap (PLTGU) yang memanfaatkan gas buang dari turbin gas pada PLTG. Setelah melihat penelitian-penelitian terkait, belum ada penelitian diatas yang melakukan perancangan secara teknis dari PLTGU dengan memanfaatkan gas buang dari suatu PLTG dan hanya melakukan analisa terhadap potensi listrik yang dapat dihasilkan. Oleh sebab itu penelitian ini lebih mengarah ke aspek teknis dari pembangunan PLTGU dengan memanfaatkan gas buang dari PLTG agar dapat menjadi rujukan pembangunan PLTGU di Pusat Listrik Balai Pungut Duri.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)

Pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) adalah pembangkit listrik yang mengkonversikan energi kinetik dari gas untuk menghasilkan putaran pada turbin gas sehingga menggerakkan generator dan kemudian menghasilkan energi listrik [12]. Dasar pada teknologi turbin gas ini adalah untuk dapat memanfaatkan energi dari gas yang bersuhu tinggi disebabkan oleh pembakaran dari bahan bakar dan udara tekan yang di hasilkan oleh kompresor dengan menggunakan daya dari turbin. Udara yang dihasilkan turbin dibagi kegunaannya, yang pertama 20 - 30% digunakan untuk udara pembakaran, kemudian 70 - 80% digunakan untuk pendinginan marerial ruang bakar, pendinginan sudu-sudu turbin dan pendingin gas hasil pembakaran.[13]

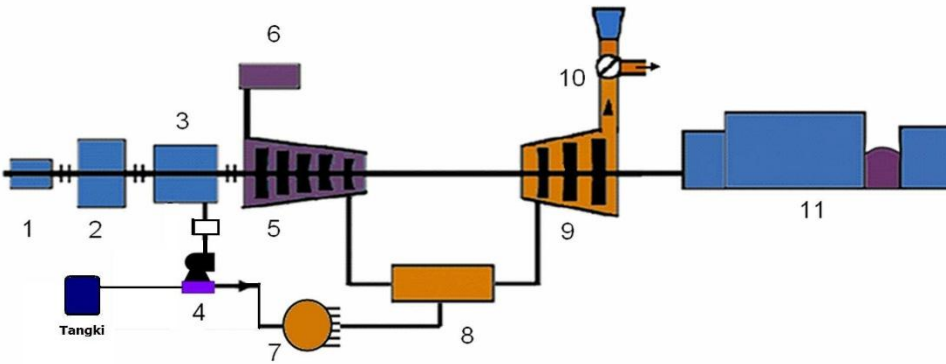
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang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

© Hal-hal yang dimilik UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim 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.



Keterangan :

- | | | |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1.Motor Cranking | 5.Kompressor | 9. Turbin |
| 2.Torque Converter | 6.Air Inlet filter | 10.Selector Valve |
| 3.ACC Gear | 7.Flow divider | 11.Generator |
| 4.Pompa | 8.Ruang Bakar | |

Gambar 2.1 Skema Pembangkit Listrik Tenaga Gas [13]

PLTG secara prinsip dapat dikatakan hampir sama dengan PLTU hanya saja pada PLTU menggunakan uap untuk memutar turbin namun disini menggunakan gas untuk memutar turbin. Kemudian dikarenakan karakteristik dari gas dan uap yang berbeda secara umum maka terdapat perbedaan pula pada karakteristik turbin gas dan uap kemudian prinsip kerja yang berbeda. PLTG dapat mulai berproduksi dari keadaan “dingin” dalam jangka waktu yang tidak lama hanya hitungan menit, dapat dikatakan antara 10 sampai 30 menit PLTG sudah dapat berproduksi, jauh lebih cepat dari apa yang dapat dilakukan oleh PLTU. [15]

Adapun jumlah dari gas buangan yang dikeluarkan oleh PLTG balai pungut duri setiap harinya memiliki tingkat ketersediaan yang stabil. Untuk dapat mengetahui potensi gas buang yang dapat dihasilkan oleh PLTG Balai Pungut Duri maka perlu diketahui terlebih dahulu tentang komposisi yang ada pada bahan bakar yang digunakan oleh PLTG tersebut. Berikut adalah kandungan natural gas yang digunakan sebagai bahan bakar pada PLTG Balai Pungut Duri. [16]





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.

Tabel 2.1 Kandungan Gas Alam [33]

Komposisi	Volume
Methane	90,3691
Ethane	3,2996
Propane	0,9805
i – Butane	0,2234
n – Butane	0,2431
i – Petane	0,1027
n – Petane	0,0619
n – Hexane	0,11
n – Heptane	0
n – Octane	0
n – Nonane	0
Nitrogen	0,4108
Karbon dioksida	4,199
Moisture	0,0003
Sulfur	0,0008
Total	100
S.G	0,6353

Dalam proses pembakaran pada PLTG selain bahan bakar udara juga menjadi masukan dalam ruang bakar, untuk dapat mengetahui potensi dari hasil pembakaran ruang bakar, berikut data kandungan udara yang masuk ke ruang bakar melalui kompresor.

Tabel 2.2 Kandungan Udara[33]

Chemical symbol	Gas	Ratio Compared to Dry Air (%)		Molecular Mass (kg/kmol)
		By Volume	By Weight	
O2	Oxygen	20,95%	23,2%	32
N2	Nitrogen	78,09%	75,47%	28,02
CO2	Carbon Dioxide	0,03%	0,046%	44,01
H2	Hydrogen	0,00005%	0%	2,02

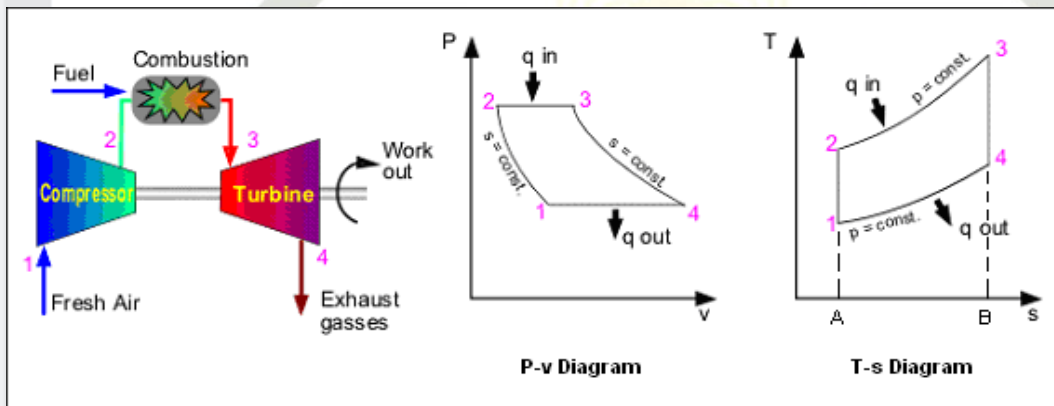


Ar	Argon	0,933%	0,28%	39,94
Ne	Neon	0,0018%	0,0012%	20,18
He	Helium	0,0005%	0,00007%	4
Kr	Krypton	0,0001%	0,0003%	83,8
Xe	Xeon	0,00001%	0,00004%	131,29

Unsur-unsur yang terbentuk dari hasil pembakaran di ruang bakar akan dijadikan parameter dalam menentukan energi kalor yang akan dimanfaatkan dari proses pembakaran tersebut, reaksi pembakaran yang terjadi di ruang bakar berdasarkan komposisi dari natural gas yang didapatkan dari PGN.

2.2.1 Siklus Teoritis PLTG

Siklus thermodinamika yang ideal pada PLTG adalah *Brython Cycle* yang dapat digambarkan pada diagram P-v dan T-s seperti dibawah ini



Gambar 2.2 Siklus *Brython* Teoritis [14]

Dari gambar di atas dapat dilihat proses pada PLTG secara teoritis yang memiliki proses sebagai berikut

- Pada proses (1-2) *isentropic Kompresion* yang terjadi di dalam kompresor.
- Pada proses (2-3) *isobaric combustion* yang berlangsung di dalam combustor basket, pada proses ini udara tekan yang dihasilkan oleh kompresor dicampur dengan bahan bakar dan kemudian dilakukan pembakaran dengan tekanan yang konstan.

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

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.

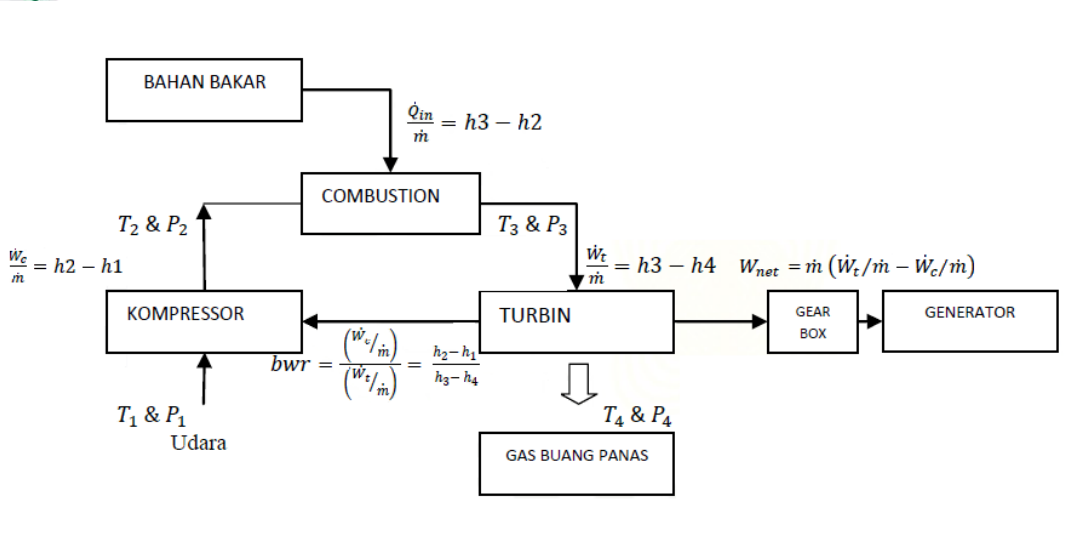
Hak cipta milik UIN Suska Riau



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.

- Pada proses (3-4) *isentropic expansion* gas panas yang dihasilkan dari proses pembakaran memasuki sudu-sudu turbin kemudian memutar rotor turbin.
 - Pada proses (4-1) *isobaric rejector* gas buang dari turbin di buang ke udara luar.
 Kemudian termodinamika yang terjadi dapat dilihat pada diagram termodinamika turbin gas berikut ini [27].



Gambar 2.3 Diagram termodinamika turbin gas [27]

Untuk dapat menghitung efisiensi siklus PLTG dilakukan dengan menggunakan persamaan.[29]

$$\eta_{th} = \frac{(\dot{W}_t/\dot{m}) - (\dot{W}_c/\dot{m})}{(Q_{in}/\dot{m})} \tag{2.1}$$

Keterangan:

η_{th} Efisiensi siklus PLTG (%)

\dot{W}_t/\dot{m} Kerja Turbin (kJ/kg)

\dot{W}_c/\dot{m} Kerja Kompresor (kJ/kg)

Q_{in}/\dot{m} Kalor input (kJ/kg)



Pada perhitungan terhadap suhu yang ada pada komponen PLTG digunakan satuan derajat Kelvin yang menjadi satuan SI untuk suhu. Maka digunakan persamaan.

$$K = C + 273,15 \quad (2.2)$$

Keterangan :

K = Nilai dari skala Kelvin

C = Nilai dari satuan derajat Celcius

Sementara itu untuk dapat mengetahui nilai-nilai entalpi pada setiap titik yang ada pada siklus PLTG adalah dengan menggunakan persamaan.[28]

$$h_{gas} = \left\{ \left(\frac{h_{atas} - h_{bawah}}{T_{atas} - T_{bawah}} \right) \times (T_{gas} - T_{bawah}) \right\} + h_{bawah} \quad (2.3)$$

keterangan:

h_{gas} = nilai entalpi gas (kJ/kg)

h_{atas} = batas atas entalpi yang didapatkan dari tabel gas ideal (kJ/kg)

h_{bawah} = batas bawah entalpi yang didapat dari tabel gas ideal (kJ/kg)

T_{gas} = temperatur gas (°K)

T_{atas} = batas atas temperatur yang didapat dari tabel gas ideal (°K)

T_{bawah} = batas bawah temperatur yang didapat dari tabel gas ideal (°K)

2.2.2 Komponen-Komponen PLTG

Pada pembangkit listrik tenaga gas terdapat unit-unit yang bekerja dalam suatu sistem pembangkitan guna menghasilkan konversi dari bahan bakar gas alam menjadi energi listrik yang kemudian dapat dikonsumsi oleh konsumen. Unit-unit tersebut biasa disebut dengan komponen pada PLTG. Berikut komponen-komponen pada PLTG.

2.2.2.1 Kompresor

Fungsi dari kompresor adalah untuk menghisap udara dari luar yang kemudian diatur tekanannya mencapai tekanan tertentu dan kemudian dialirkan ke dalam ruang bakar (*combustion*) untuk dapat melakukan proses pembakaran. Namun sebelum udara dari luar masuk ke kompresor, udara harus di saring terlebih dahulu dengan menggunakan alat yang diberi nama *air inlet* yang berfungsi untuk melakukan filter terhadap udara sehingga tidak merusak bagian dari kompresor. Untuk dapat menghitung kerja dari kompresor digunakan persamaan.[29]



$$\eta_c = \frac{\left(\frac{W_c}{\dot{m}}\right)_s}{\left(\frac{W_c}{\dot{m}}\right)_a} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} \tag{2.4}$$

Keterangan:

- η_c = efisiensi kompresor (%)
- $\left(\frac{W_c}{\dot{m}}\right)_s$ = kerja kompresor keluar (kJ/kg)
- $\left(\frac{W_c}{\dot{m}}\right)_a$ = kerja kompresor masuk (kJ/kg)
- h_{2s} = entalpi keluar kompresor ideal (kJ.kg)
- h_2 = entalpi keluar kompresor (kJ.kg)
- h_1 = entalpi masuk kompresor (kJ.kg)

Sementara itu untuk mengetahui kerja dari kompresor menggunakan persamaan sebagai berikut.[29]

$$\frac{W_c}{\dot{m}} = \frac{\left(\frac{W_c}{\dot{m}}\right)_a}{\eta_c} = \frac{h_2 - h_1}{\eta_c} \tag{2.5}$$

Keterangan:

- $\frac{W_c}{\dot{m}}$ = kerja kompresor (kJ/kg)
- $\left(\frac{W_c}{\dot{m}}\right)_a$ = kerja kompresor masuk (kJ/kg)
- η_c = efisiensi kompresor (%)
- h_2 = entalpi keluar kompresor (kJ/kg)
- h_1 = entalpi masuk kompresor (kJ/kg)

2.2.2.2 Ruang Bakar (Combustion)

Terdapat bagian-bagian penting yang ada di dalam ruang bakar diantaranya *combustion chamber, combustion liners, pematik(ignitors), transition piece, fuel nozzle, cross fire tubes*, dan yang terakhir *flame detector*. Ruang bakar berfungsi sebagai tempat untuk melakukan proses pembakaran antara bahan bakar (gas alam) dan juga udara masuk yang di *supply* oleh kompresor. Tujuan pembakaran yang dilakukan untuk menghasilkan energi panas yang kemudian akan dialirkan ke arah turbin gas yang merubah energi panas tersebut menjadi energi kinetik dengan menggunakan *transition piece*. [14]

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



2.2.2.3 Turbin Gas

Turbin gas adalah suatu alat untuk mengkonversikan energi kinetik yang berasal dari proses pembakaran gas alam dan udara yang kemudian di konversikan menjadi energi mekanik yang memutar turbin dan kemudian turbin akan disambungkan ke generator dan menghasilkan daya. Turbin gas di klasifikasikan menjadi dua yang pertama ada turbin gas dengan poros tunggal, prinsip kerja dari turbin jenis ini adalah dengan cara langsung memanfaatkan putaran turbin langsung menuju generator listrik yang kemudian menghasilkan energi listrik untuk industri. Kemudian klasifikasi dari turbin gas yang kedua adalah turbin gas berporos ganda, pada turbin jenis ini memiliki turbin bertekanan tinggi dan bertekanan rendah yang bertujuan untuk menggerakkan beban yang berbeda seperti kompresor didalam unit proses. [17]

Pada turbin gas terdapat banyak titik yang harus dihitung untuk dapat mengetahui kerja dari turbin gas, agar dapat mengetahui temperatur masuk turbin gas digunakan persamaan.[27]

$$T_3 = T_2 + \frac{(\dot{m} \times LHV)_{fuel}}{(\dot{m} \times C_p \text{ air})} \tag{2.6}$$

Keterangan:

- T_3 = Temperatur masuk turbin gas (°K)
- T_2 = Temperatur keluar kompresor (°K)
- \dot{m}_{fuel} = Laju aliran masa bahan bakar (kg/s)
- LHV_{fuel} = Panas spesifik bahan bakar (Btu/scf)
- $C_p \text{ air}$ = 1,005 kJ/kg.K (tabel *ideal-gas spesific heats various cummon gases*)

Selain itu untuk dapat mengetahui temperatur udara ideal yang masuk ke turbin maka digunakan persamaa berikut.[27]

$$T_{2s} = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{(k-1)/k} \tag{2.7}$$

- T_{2s} = Temperatur udara tekan ideal (isentropik) (°K)
- T_1 = Temperatur udara masuk kompresor (°K)
- p_1 = tekanan masuk kompresor (Kpa)
- p_2 = tekanan keluar kompresor (Kpa)
- k = konstanta nilai 1,4 [27].

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



Sementara itu untuk dapat menghitung kedua hal diatas dibutuhkan laju aliran masa dari turbin gas, Untuk mendapatkan nilai laju aliran massa gas keluaran turbin maka dilakukan dengan cara membandingkan *Performance data gas turbine General Electric (USA)* pada kerja maksimum yakni 1,635 kg/s pada temperatur rata-rata dari exhaust 483°C, untuk dapat mengetahui laju aliran massa dari turbin gas digunakan persamaan.[27]

$$\frac{m_{nameplate}}{\dot{m}} = \frac{T_a}{T_b} \text{ Sehingga } \frac{125,2 \frac{kg}{kj}}{\dot{m}} = \frac{483^\circ C}{T_b} \tag{2.8}$$

Sedangkan untuk menghitung temperatur yang keluar dari turbin dan merupakan temperatur dari gas buang adalah sebagai berikut.

$$T_{4s} = T_3 \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{(k-1)/k} \tag{2.9}$$

T_{4s} = Temperatur gas keluar ideal (isentropik) (°K)

T_3 = Temperatur udara masuk turbin (°K)

p_1 = Tekanan masuk kompresor (Kpa)

p_2 = Tekanan keluar kompresor (Kpa)

k = Konstanta nilai 1,4 [moran].

Untuk dapat mengetahui nilai kalor yang menjadi input dari turbin, maka digunakan persamaan sebagai berikut.[29]

$$\frac{Q_{in}}{\dot{m}} = h_3 - h_2 \tag{2.10}$$

Keterangan:

$\frac{Q_{in}}{\dot{m}}$ = nilai kalor input (kJ/kg)

h_2 = entlpi keluar kompresor (kJ/kg)

h_3 = entalpi masuk turbin (kJ/kg)

Setelah didapatkan persamaan-persamaan diatas akan dilakukan perhitungan dari efisiensi turbin dengan menggunakan persamaan.[29]

$$\eta_t = \frac{\left(\frac{W_c}{\dot{m}} \right)_s}{\left(\frac{W_c}{\dot{m}} \right)_a} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4s}} \tag{2.11}$$

keterangan:

$\left(\frac{W_c}{\dot{m}} \right)_s$ = kerja kompresor keluar (kJ/kg)

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



1. $\left(\frac{W^c}{\dot{m}}\right)_a$ kerja kompresor masuk (kJ/kg)

Setelah didapatkannya efisiensi maka untuk mengetahui nilai kerja dari turbin dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut.[29]

$$\left(\frac{W^t}{\dot{m}}\right)_a = \left(\frac{W^t}{\dot{m}}\right)_a \times \eta_t = h_3 - h_4 \times \eta_t \tag{2.12}$$

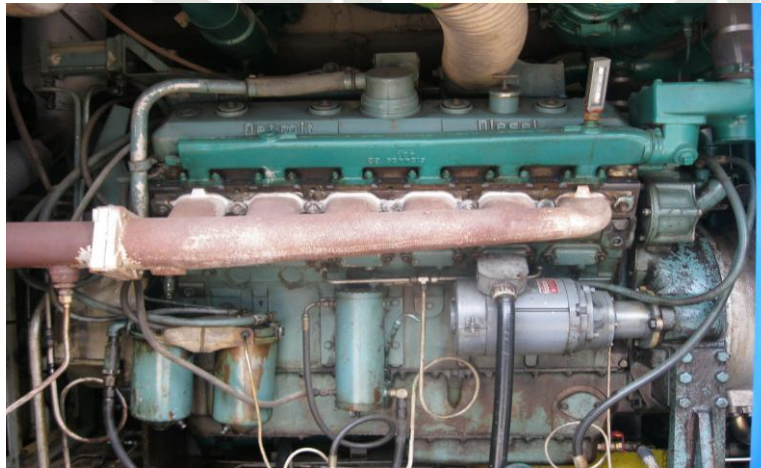
Keterangan:

$\left(\frac{W^t}{\dot{m}}\right)_a$ kerja turbin (kJ/kg)

$\left(\frac{W^c}{\dot{m}}\right)_a$ kerja turbin masuk (kJ/kg)

2.2.2.4 Diesel Start

Merupakan alat yang melakukan penggerakan awal yang memutar poros rotor pada turbin gas di PLTG. *Diesel start* dihubungkan ke *torque converter* kemudian ke poros rotor turbin melalui kopling, *Diesel start* beroperasi terlebih dahulu pada saat start unit PLTG. *Diesel start* ini berfungsi untuk memutar poros turbin hingga putaran ± 2800 rpm, pada putaran turbin ± 2800 rpm maka kopling yang menghubungkan diesel ke poros turbin akan lepas, selanjutnya diesel start akan stop secara otomatis. [18]



Gambar 2.4 Diesel Start [18]

2.2.2.5 Torque Converter

Sejatinya *Torque Converter* merupakan bagian yang berfungsi untuk menaikkan putaran diesel start dari sekitar ± 1400 rpm menjadi ± 2800 rpm. Jadi *torque converter* yang

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

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.

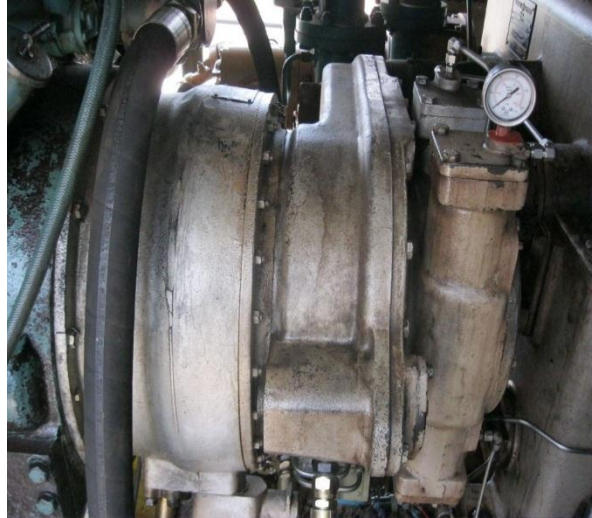


menyebabkan mesin diesel mampu memutar poros turbin melalui *clutch* atau kopling menjadi

800 mm.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

Hak cipta milik UIN Suska Riau



Gambar 2.5 Torque Converter [18]

2.2.2.6 Saluran Udara Masuk (*Air Inlet Section*)

Berfungsi untuk menyaring kotoran dan debu yang terbawa dalam udara sebelum masuk ke kompresor. Bagian-bagian pada *air inlet* terdiri dari:

1. *Air Inlet Housing*

Merupakan tempat udara masuk dimana didalamnya terdapat peralatan pembersih udara.

2. *Inertia Separator*

Berfungsi untuk membersihkan debu-debu atau partikel yang terbawa bersama udara masuk.

3. *Pre-Filter*

Merupakan penyaringan udara awal yang dipasang pada *inlet house*.

4. *Main Filter*

Merupakan penyaring utama yang terdapat pada bagian dalam *inlet house*. Udara yang telah melewati penyaring ini masuk ke dalam kompresor aksial.

5. *Inlet Bellmouth*

Berfungsi untuk membagi udara agar merata pada saat memasuki ruang kompresor.

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

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



Inlet Guide Vane

Merupakan *blade* yang berfungsi sebagai pengatur jumlah udara yang masuk agar sesuai dengan yang diperlukan.



Gambar 2.6 House Filter[18]

2.2.2.7 Load Gear

Load gear merupakan penghubung antara poros turbin dan poros generator. *Load gear* berfungsi untuk menurunkan putaran turbin dari ± 5100 rpm menjadi putaran ± 3000 rpm yang digunakan untuk memutar poros rotor generator.



Gambar 2.7 Load Gear[18]

2.2.2.8 Generator

Generator merupakan suatu peralatan yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi mekanik di peroleh dari energi mekanik yang dihasilkan oleh

6. 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.



putaran turbin, selanjutnya energi mekanik tersebut digunakan untuk memutar poros rotor generator, selanjutnya dari putaran poros rotor generator inilah yang menghasilkan energi listrik.

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.



Gambar 2.8 Generator[18]

Pada generator PLTG untuk dapat menghitung daya netto yang dapat dihasilkan dari siklus PLTG tersebut adalah dengan menggunakan persamaan berikut ini.[27]

$$W_{net} = \dot{m} \left(\frac{(\dot{W}_t/\dot{m})}{(\dot{W}_c/\dot{m})} \right) \tag{2.13}$$

Keterangan:

- W_{net} = daya netto (kW)
- \dot{m} = laju aliran massa gas (kg/s)
- \dot{W}_t/\dot{m} = Kerja turbin gas (kJ/kg)
- \dot{W}_c/\dot{m} = kerja kompresor (kJ/kg)

Sementara itu untuk mendapatkan gambaran berapa energi yang dapat dihasilkan jika tidak terjadinya kerugian pembangkitan dilakukan perhitungan daya netto dengan efisiensi 100% dengan menggunakan persamaan.



$$W_{nett\ Siklus\ 100\%} = \frac{Efisiensi\ 100\% \times W_{nett\ aktual}}{\eta_{th\ aktual}} \tag{2.14}$$

Keterangan:

- $W_{nett\ Siklus\ 100\%}$ = daya netto siklus PLTG 100% (kW)
- $W_{nett\ aktual}$ = daya netto aktual siklus
- $\eta_{th\ aktual}$ = Efisiensi aktual siklus

2.2.9 Saluran Gas Buang (*Exhaust section*)

Exhaust section adalah bagian akhir turbin gas yang berfungsi sebagai saluran pembuangan gas panas sisa yang keluar dari turbin gas. *Exhaust section* terdiri dari *Exhaust Frame Assembly*, dan *Exhaust Diffuser Assembly*.

Gas keluar dari turbin gas melalui *exhaust diffuser* pada *exhaust frame assembly*, lalu didifusikan dan dibuang ke atmosfer melalui *exhaust stack*, sebelum dibuang ke atmosfer gas panas sisa tersebut diukur dengan *exhaust thermocouple*. Pada exhaust area terdapat 18 buah termokopel yaitu, 12 buah untuk temperatur kontrol dan 6 buah untuk temperatur trip.



Gambar 2.9 Exhaust Stack[18]

2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU)/*Combined Cycle*

PLTGU adalah sebuah pembangkit listrik dengan memanfaatkan penggabungan dua siklus yakni siklus PLTG dan siklus PLTU dengan menggunakan unit utama yang dinamakan HRSG. Tujuan dari pembangkit listrik ini adalah untuk dapat meningkatkan efisiensi dari

Hak Cipta, Jilid Ke-1, Undang-Undang No. 20/2012 tentang Hak Cipta, UIN Suska Riau

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.



PLTG yang memiliki efisiensi rata-rata 20-30% dengan menggunakan siklus ini dapat ditingkatkan hingga 50%, kemudian dapat meningkatkan produksi energi dengan sumber energi yang tetap.

2.3.1 Prinsip dari *Combined cycle*

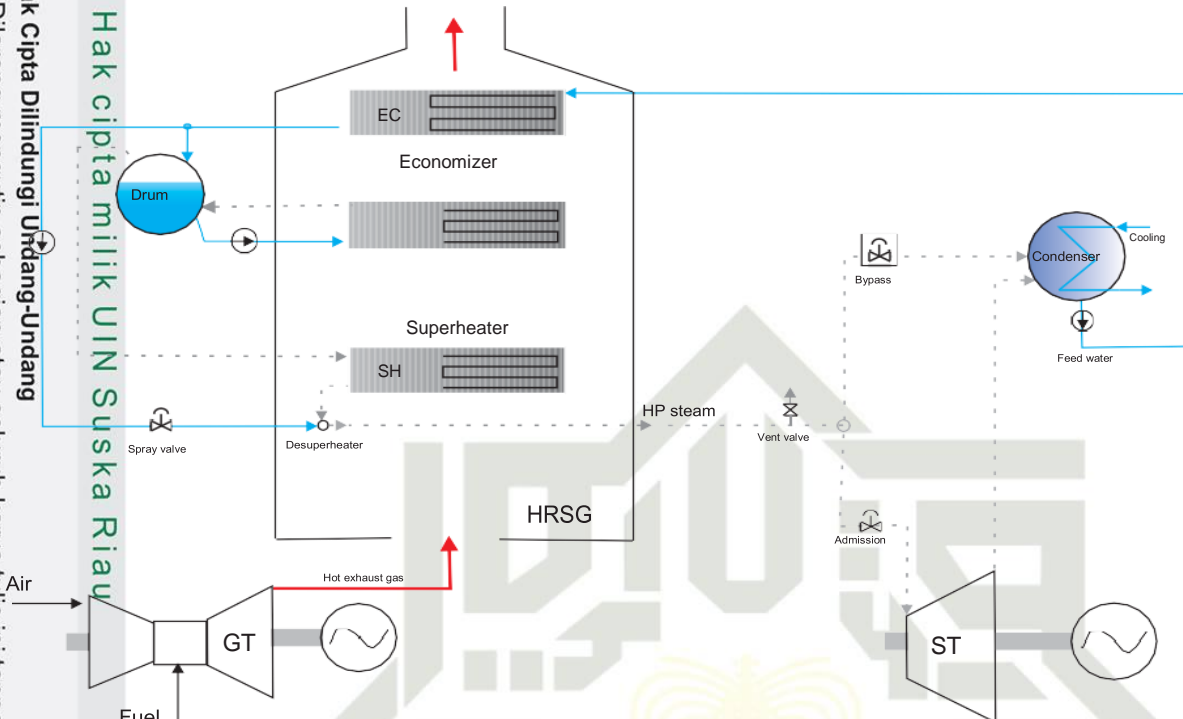
Pembangkit daya pada *Combined Cycle* terdiri dari dua siklus utama yang menjadi dasar dari *Combined Cycle* tersebut, yang pertama adalah Siklus Bryton (siklus gas) dan yang kedua adalah Siklus Rankine (siklus uap) dengan turbin gas dan juga turbin uap yang akan memutar generator dan memberikan daya ke jaringan. Dengan gas buang yang dikeluarkan oleh PLTG yang masih memiliki suhu dengan temperatur yang relatif tinggi maka akan menjadi suatu kerugian energi apabila gas buang tersebut langsung menuju ke atmosfer. Oleh karena itu suhu panas yang dihasilkan dari gas buang tersebut dimanfaatkan untuk memanaskan air yang ada di ketel uap, dalam hal ini digunakan *heat recovery steam generator* (HRSG). Dengan menggunakan teknologi ini tidak hanya dapat meningkatkan daya namun juga dapat meningkatkan efisiensi dari pembangkitan, teknologi ini juga sangat cocok untuk dijadikan pemenuh beban dasar. Namun teknologi ini juga menjadi sangat rumit dikarenakan teknologi ini menempatkan dua teknologi pembangkitan didalam satu kompleks pembangkit daya. [19]

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.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



Gambar 2.10 Skema Pembangkit daya *Combined Cycle* [19]

Pada gambar 2.8 diatas secara umum prosedur dalam pembangkitan daya pada *combined cycle* dapat diurutkan sebagai berikut, pada fase pertama gas turbin mulai bekerja dan menghasilkan gas buang, gas buang tersebut kemudian dialirkan ke HRSG sampai disini dimulailah produksi uap. Uap yang dihasilkan dibuang ke kondesor dengan metode *bypass*, pada fase ini gas buang di atur agar dapat memanaskan pipa logam secara bertahap dan kualitas uap diatur untuk dapat memenuhi kebutuhan dari turbin uap. Saat keadaan uap dan juga pipa logam sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan turbin uap dimulai dengan terbukanya katup gas lalu *bypass* di tutup dan semua uap yang dihasilkan dialirkan ke turbin uap. Pada fase terakhir beban turbin gas di naikkan ke beban penuh dan turbin uap mengikuti turbin gas dan meningkatkan produksi. Proses diatas selesai saat power sudah mencapai tenaga yang dibutuhkan.

Pembangkit listrik tenaga gas uap memiliki 2 jenis sistem tekanan dimana sistem dari tekanan ini dapat menjadi peningkat efisiensi dari HRSG pada PLTGU, yang pertama adalah *single pressure system* dan yang kedua adalah *two pressure system*.

- a. *Single pressure system*



Single pressure system yang digunakan pada PLTGU adalah jumlah dari pemanfaatan buang pada HRSG yang akan digunakan untuk PLTGU. Pada *Single pressure system* ini gas buang yang dialirkan pada turbin uap hanya berasal dari 1 sistem tekanan yakni *high pressure* yang digunakan pada HRSG. PLTGU pada type ini digunakan pada gas buang yang memiliki suhu dibawah 500°C

Two pressure system

Two pressure system yang digunakan pada PLTGU adalah jumlah pipa-pipa pada HRSG memiliki 2 sistem tekanan, pertama ada HP(*high pressure*) dan LP(*low pressure*). Komponen-komponen juga menjadi 2 bagian, untuk bagian HP (*Superheater, economizer, evaporator*) kemudian pada bagian LP (*Superheater, economizer, evaporator*) tujuan dari pembagian tekanan menjadi 2 adalah untuk dapat memanfaatkan kembali energi dari panas yang harusnya di buang dikarenakan masih memiliki tingkat suhu yang tinggi. PLTGU pada type ini digunakan pada gas buang yang memiliki suhu diatas 500°C.

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.



2.3.2 Komponen Utama PLTGU

Pada pembangkit listrik tenaga gas dan uap ini memiliki komponen-komponen utama yang berada pada PLTG seperti Kompresor (lihat 2.2.2.1), Ruang bakar (lihat 2.2.2.2) dan turbin gas (lihat 2.2.2.3). berikut komponen utama PLTGU yang berbeda dengan komponen PLTG.

2.3.2.1 Heat Recovery Steam Generator (HRSG)

HRSG merupakan ketel uap panas yang memanfaatkan panas dari gas buang yang dihasilkan oleh PLTG kemudian memanaskan air dan menghasilkan uap jenuh, kemudian uap jenuh melalui superheater dan dirubah menjadi uap panas. HRSG terdiri dari susunan pipa-pipa yang memiliki fungsi sebagai berikut.

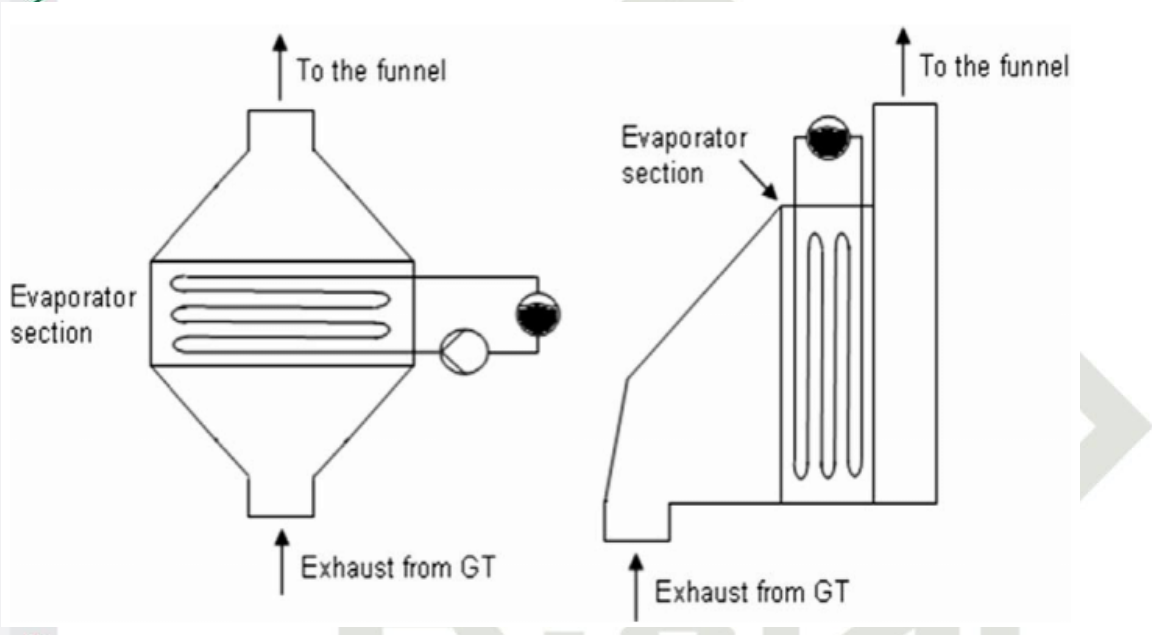
1. *Economizer* merupakan bagian teratas dari HRSG yang berfungsi untuk memanaskan air yang berasal dari *deaerator*.
2. *Evaporator* merupakan bagian yang berada ditengah, berfungsi merubah air yang ada pada HRSG menjadi uap jenuh dengan suhu 160°C.
3. *Superheater* merupakan bagian paling bawah dari HRSG yang berfungsi untuk memanaskan kembali uap jenuh yang hanya memiliki suhu kira-kira 130°C menjadi diatas dari titik didihnya dan menjadikan uap jenuh menjadi uap kering yang siap di tembakkan ke turbin uap.

Kemudian pada HRSG juga terdapat drum uap dan juga ada tempat pemisah antara uap jenuh dan air mendidih. Adapun fungsi dari drum uap ialah.

1. Melakukan *blow down* untuk mengurangi kandungan bahan-bahan lain yang terlarut didalam air yang akan digunakan.
2. Sebagai tempat untuk memasukkan bahan-bahan kimia yang berfungsi untuk menaikkan PH dari air.
3. Dapat menjadi tempat untuk menampung air yang dapat berubah-ubah volumenya dari yang paling rendah sampai yang paling tinggi sehingga tidak mengakibatkan bahaya terhadap pipa-pipa *economizer*.



HRSG juga memiliki 2 jenis dan konfigurasi, *Vertical gas flow* dan *Horizontal gas flow*. Pada penelitian ini digunakan HRSG tipe. Dengan aliran gas secara vertikal mengalir dari bawah ke atas. Maka susunan dari HRSG ini berurutan dari *super heater* menuju *evaporator* dan *economizer* berada dibagian atas, dengan pipa yang tersusun secara horizontal. Tujuan digunakannya HRSG jenis ini untuk dapat menghemat tempat dikarenakan tempat yang ada di PLTG balai punggut juga terbatas maka HRSG jenis ini sangat memungkinkan direalisasikan.



Gambar 2.11 Skema HRSG (kiri) *Vertical gas flow* dan (kanan) *Horizontal gas flow* [22]

Potensi yang ada pada gas buang PLTG adalah energi yang akan menjadi input pada HRSG. potensi ini dapat diketahui dengan perhitungan secara matematis menggunakan persamaan.[32]

$$Q_{eg} = \dot{m}_{eg} \cdot C_{p_{eg}} \cdot \Delta T \tag{2.15}$$

Dengan

$$\Delta T = (T_i - T_o) \tag{2.16}$$

Keterangan:

\dot{Q}_{eg} = energi panas gas buang masuk HRSG (kW)

\dot{m}_{eg} = laju aliran massa gas buang (kJ/kg)

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.



$C_{p_{eg}}$

= panas spesifik gas (kJ/kg.°K)

ΔT_{HRSG}

= Selisih panas masuk HRSG (°K)

T_{g}

= temperatur gas buang (°K)

T_{amb}

= temperatur lingkungan (°K)

Q_{HRSG}

Proses untuk menghitung potensi dari gas buang didapatkan dengan menggunakan persamaan diatas, setelah didapatkan persamaan diatas maka dilakukan perhitungan potensi daya yang akan masuk ke generator dengan menggunakan persamaan.[30]

$$Q_{HRSG} = Q_{eg} \times \eta_{HRSG} (ideal) \tag{2.17}$$

Keterangan:

Q_{eg}

= energi panas gas buang masuk HRSG (kW)

Q_{HRSG}

= energi keluaran HRSG (kW)

$\eta_{HRSG} (ideal)$

= efisiensi HRSG ideal (75%)[26]

Pada HRSG perhitungan uap secara teoritis dapat dilakukan dengan persamaan-persamaan dan data-data yang ada, sementara itu siklus dari HRSG sendiri menggunakan siklus rankine. Maka untuk mendapatkan kesetimbangan energi pada siklus yang ada menggunakan persamaan dibawah ini.[30]

$$Q_{uap} = Q_{gas} \tag{2.18}$$

Dengan

$$Q_{uap} = \dot{m}_u (h_7 - h_5) \tag{2.19}$$

Dan:

$$Q_{gas} = \dot{m}_g (h_b - h_a) \tag{2.20}$$

Maka :

$$\dot{m}_u (h_7 - h_5) = \dot{m}_g (h_b - h_a) \tag{2.21}$$

Kemudian didapatkan:

$$\dot{m}_u = \dot{m}_g (h_b - h_a) / (h_7 - h_5) \tag{2.22}$$

Keterangan:

Q_{uap}

= nilai kalor pada uap (kW)

Q_{gas}

= nilai kalor pada gas (kW)

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

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.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- laju aliran massa gas (kg/s)
- laju aliran massa uap (kg/s)
- entalpi gas buang masuk melewati evaporator (kJ/kg)
- entalpi gas buang masuk melewati superheater (kJ/kg)
- entalpi yang didapatkan pada titik 6 di HRSG
- entalpi yang didapatkan pada titik 7 di HRSG

Setelah didapatkan kesetimbangan energi maka diperoleh persamaan berikutnya yakni untuk melakukan perhitungan pada superheater, evaporator, ekonomizer dan juga preheater guna mendapatkan temperatur keluarannya digunakan persamaan berikut..

$$Q_{\text{uap}} = \dot{m}_u (h_{\text{in}} - h_{\text{out}}) \tag{2.23}$$

Dan untuk kalor dari gas menggunakan persamaan.

$$Q_{\text{gas}} = \dot{m}_g (h_{\text{in}} - h_{\text{out}}) \tag{2.24}$$

Untuk mendapatkan kondisi gas buang masuk melewati evaporator digunakan persamaan

$$T_a = T_5 + \textit{Pinch Point}. \tag{2.25}$$

Kemudian untuk mendapatkan komdisi gas buang melewati superheater dapat diketahui dengan menggunakan kalokulator uap.

2.3.2.2 Turbin Uap

Turbin uap adalah mesin yang memanfaatkan energi fluida untuk dapat memutar poros, pada kondisi ini fluida mengalir secara kontinyu dalam memutar turbin melalui sudu-sudu turbin. Turbin uap menggunakan energi entalpi dari uap yang memiliki temperatur dan tekanan yang sangat tinggi yang berasal dari HRSG, setelah proses tersebut kemudian uap dialirkan kembali ke kondensor untuk di manfaatkan kembali. [23]

Turbin uap dapat diklasifikasikan ke dalam kategori yang berbeda yang tergantung pada jumlah tingkat tekanan, arah aliran uap, proses penurunan kalor, kondisi-kondisi uap pada sisi masuk turbin sebagai berikut [23]:

1. Menurut jumlah tingkat tekanan, terdiri dari :
 - a. Turbin satu tingkat dengan satu atau lebih tingkat kecepatan, yaitu turbin yang biasanya berkapasitas kecil dan turbin ini kebanyakan dipakai untuk menggerakkan kompresor sentrifugal.



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.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

- b. Turbin impuls dan reaksi nekatingkat, yaitu turbin yang dibuat dalam jangka kapasitas yang luas mulai dari yang kecil sampai yang besar.
2. Menurut arah aliran uap, terdiri dari :
 - a. Turbin aksial, yaitu turbin yang uapnya mengalir dalam arah yang sejajar terhadap sumbu turbin.
 - b. Turbin radial, yaitu turbin yang uapnya mengalir dalam arah yang tegak lurus terhadap sumbu turbin.
3. Menurut proses penurunan kalor, terdiri dari :
 - a. Turbin kondensasi (condensing turbine) dengan regenerator, yaitu turbin dimana uap pada tekanan yang lebih rendah dari tekanan atmosfer dialirkan ke kondensor, disamping itu uap juga dicerat dari tingkat-tingkat menengahnya untuk memanaskan air pengisian ketel, dimana jumlah penceratan itu biasanya dari 2-3 hingga sebanyak 8-9. Kalor laten uap buang selama proses kondensasi semuanya hilang pada turbin ini.
 - b. Turbin kondensasi dengan satu atau dua penceratan dari tingkat menengahnya pada tekanan tertentu untuk keperluan-keperluan industri dan pemanasan.
 - c. Turbin tekanan lawan (back pressure turbine), yaitu turbin yang uap buang dipakai untuk keperluan-keperluan pemanasan dan untuk keperluan-keperluan proses dalam industri.
 - d. Turbin tumpang, yaitu suatu jenis turbin tekanan lawan dengan perbedaan bahwa uap buang dari turbin jenis ini lebih lanjut masih dipakai untuk turbin-turbin kondensasi tekanan menengah dan rendah. Turbin ini, secara umum beroperasi pada kondisi tekanan dan temperatur uap awal yang tinggi, dan dipakai kebanyakan untuk membesarkan kapasitas pembangkitan pabrik, dengan maksud untuk mendapatkan efisiensi yang lebih baik.
 - e. Turbin tekanan lawan dengan penceratan uap dari tingkat-tingkat menengahnya pada tekanan tertentu, dimana turbin jenis ini dimaksudkan untuk mensuplai uap kepada konsumen pada berbagai kondisi tekanan dan temperatur.
 - f. Turbin tekanan rendah (tekanan buang), yaitu turbin yang uap buang dari mesin-mesin uap, palu uap, mesin tekan, dan lain-lain, dipakai untuk



keperluan pembangkitan tenaga listrik.

Turbin tekanan campur dengan dua atau tiga tingkat-tekanan, dengan suplai uap buang ke tingkat-tingkat menengahnya.

4. Menurut kondisi-kondisi uap pada sisi masuk turbin, terdiri dari :

- a. Turbin tekanan rendah, yaitu turbin yang memakai uap pada tekanan 1,2 sampai 2 ata.
- b. Turbin tekanan menengah, yaitu turbin yang memakai uap pada tekanan sampai 40 ata.
- c. Turbin tekanan tinggi, yaitu turbin yang memakai uap pada tekanan diatas 40 ata.
- d. Turbin tekanan yang sangat tinggi, yaitu turbin yang memakai uap pada tekanan 170 ata atau lebih dan temperatur diatas 550° C atau lebih.
- e. Turbin tekanan superkritis, yaitu turbin yang memakai uap pada tekanan 225 ata atau lebih.

Pada perhitungan daya untuk turbin uap persamaan yang digunakan untuk menentukan daya yang berasal dari HRSG menggunakan persamaan[27].

$$P_T = \eta_T \cdot \dot{m}_u (h_8 - h_9) \tag{2.26}$$

Keterangan:

- P_T = daya turbin uap (kW)
- η_T = efisiensi turbin uap (%)
- \dot{m}_u laju aliran massa uap (kJ/kg)
- h_8 entalpi pada keadaan titik 8 di HRSG
- h_9 entalpi pada keadaan titik 9 di HRSG

2.3.2.3 Kondensor

Kondensor berfungsi sebagai alat untuk mengkondensasi uap yang telah digunakan agar dapat digunakan kembali oleh HRSG dengan cara mengembalikan bentuk uap menjadi air dan dimasukkan kembali ke HRSG. Mempertahankan tekanan *exhaust steam* dalam kondisi serendah mungkin sehingga dapat meningkatkan *heat drop* pada turbin, dengan demikian efisiensi akan meningkat. Dengan jumlah air pendingin yang cukup untuk melalui pipa kondensor maka dengan demikian akan merawat pipa kondensor agar tidak tersumbat oleh

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.



kotoran. Dan juga menjaga pipa kondensor agar tetap bersih sehingga heat transfer yang bekerja tidak terganggu.

2.3.2.4 Steam Turbine Generator (STG)

STG merupakan salah satu komponen utama dan komponen sekunder pada PLTGU. Unit ini digerakkan oleh uap yang berasal dari HRSG kemudian memutar turbin uap dan turbin uap di kopel ke generator sehingga dapat menghasilkan listrik. Beberapa komponen yang dimiliki oleh STG adalah.

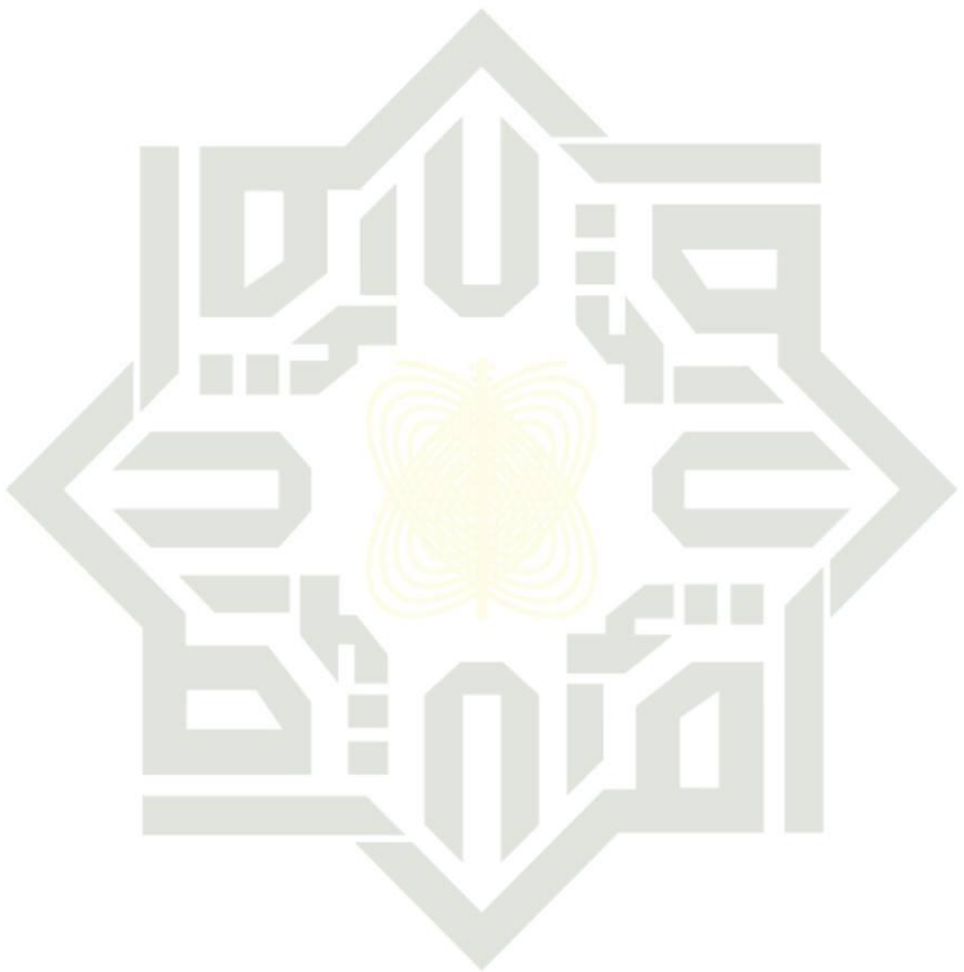
1. Turbin uap
Turbin uap merupakan komponen yang memiliki fungsi untuk memutar STG sehingga STG dapat menghasilkan listrik. Sumber energi dari turbin uap berasal dari HRSG.
2. Kondensor
Kondensor berfungsi sebagai komponen untuk melepas kalor dari uap yang digunakan oleh turbin sehingga menjadi air kembali dan dapat dimanfaatkan kedalam proses.
3. Pompa Kondensat
Pompa Kondensat berfungsi untuk menaikkan tekanan dan temperatur dari air sebelum dapat dimasukkan ke HRSG.

2.3.2.5 Cerobong (Stack)

Fungsi dari cerobong pada PLTGU untuk membantu kipas pada boiler untuk mengatasi *pressure losses* dan juga membantu dalam penyebaran *flue gas* ke atmosfer.

2.3.2.6 Water Treatment

Water treatment berfungsi untuk melakukan pemurnian terhadap air yang akan digunakan pada HRSG. Sebelum digunakan untuk proses pada PLTGU air tersebut di *treatment* untuk mendapatkan tingkan kemurnian air yang sesuai dengan standar yang telah ditentukan, jika tidak maka akan mempengaruhi unur dari PLTGU tersebut karena dapat



UIN SUSKA RIAU

menyebabkan korosi dan juga kotoran-kotoran yang ada masuk dalam proses. Tingkat PH dari juga harus diperhatikan untuk menjaga kemurnian air.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim 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.



UIN SUSKA RIAU



2.4

Perancangan Heat Recovery Steam Generator (HRSG)

Dalam melakukan perancangan PLTGU komponen utama dalam perancangan adalah HRSG karena gas buang yang akan dimanfaatkan sebagai sumber pembangkitan dapat dimanfaatkan dengan sistem HRSG. Dalam perancangan HRSG terdapat beberapa tahapan, dimulai dengan penentuan parameter perancangan untuk HRSG, menghitung T masuk superheater, parameter perhitungan pipa superheater, pipa evaporator, pipa ekonomiser, pipa kondensat preheater, cerobong asap HRSG, dan nilai kalor HRSG [24].

2.4.1

Penentuan Parameter Perancangan HRSG

Dalam penentuan rancangan dari HRSG dibutuhkan beberapa data dari spesifikasi PLTG sebagai sumber pembangkitan.

1. Temperatur gas buang masuk HRSG
2. Laju aliran massa masuk HRSG
3. Enthalpi gas buang
4. Daya maksimum turbin gas
5. Tekanan gas buang
6. Temperatur lingkungan

2.4.2

Menghitung T Masuk Superheater

Temperatur yang masuk ke superheater dalam prosesnya akan mengalami *loses* akibat dari proses tersebut, maka akan terjadi penurunan kira-kira 2% pada penyaluran gas buang masuk ke superheater, maka.[31]

$$T_{\text{masuk superheater}} = T_{\text{gas buang PLTG}} \times 98\% \tag{2.27}$$

2.4.3

Parameter Perhitungan Pipa Superheater

HP super heater merupakan pipa pemanas yang bertujuan untuk memanaskan uap menjadi uap panas lanjut. HP superheater terletak di bagian paling bawah dari HRSG.

Pipa superheater yang digunakan adalah pipa baja dengan diameter kecil. Ukuran pipa standar untuk pipa baja *schedule 40* berdiameter nominal 1½” bertujuan agar lebih cepatnya memberikan uap. Ukuran-ukuran pipa sebagai berikut.[31]

- o : Diameter luar = 1,9 in = 0,041 m
- o : Diameter dalam = 1,61 in = 0,04089 m
- o : Tebal pipa = 0,145 in = 0,003683 m

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

1. Di larang 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.

© Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

© Data milik UIN Suska Riau

© State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



2.4.6 Parameter Perhitungan Pipa Condensate Preheater

Pipa condensate preheater (CPH) adalah pipa-pipa pemanas yang memiliki fungsi sebagai pemanas kondensat dari kondensator yang digunakan sebagai air umpan. Sistem konveksi berlawanan arah berlaku pada proses perpindahan panas di CPH.

Pipa yang digunakan pada CPH memiliki spesifikasi yang sama dengan HP perheater dan untuk menghitung jumlah pipa yang dibutuhkan digunakan persamaan 2.28.

Perhitungan air yang dibutuhkan HRSG.

Untuk menghitung kebutuhan air yang akan menjadi fluida kerja pada HRSG maka digunakan persamaan sebagai berikut.

$$\dot{m}_{w\text{condenser}} = \frac{\dot{m}_w}{\eta} \tag{2.32}$$

Keterangan:

- $\dot{m}_{w\text{condenser}}$ = laju aliran massa air masuk kondensor (ton/jam)
- \dot{m}_w = laju aliran massa air (kg/s)
- η = efisiensi dari kondensor. (%)

2.6 Demineralizer

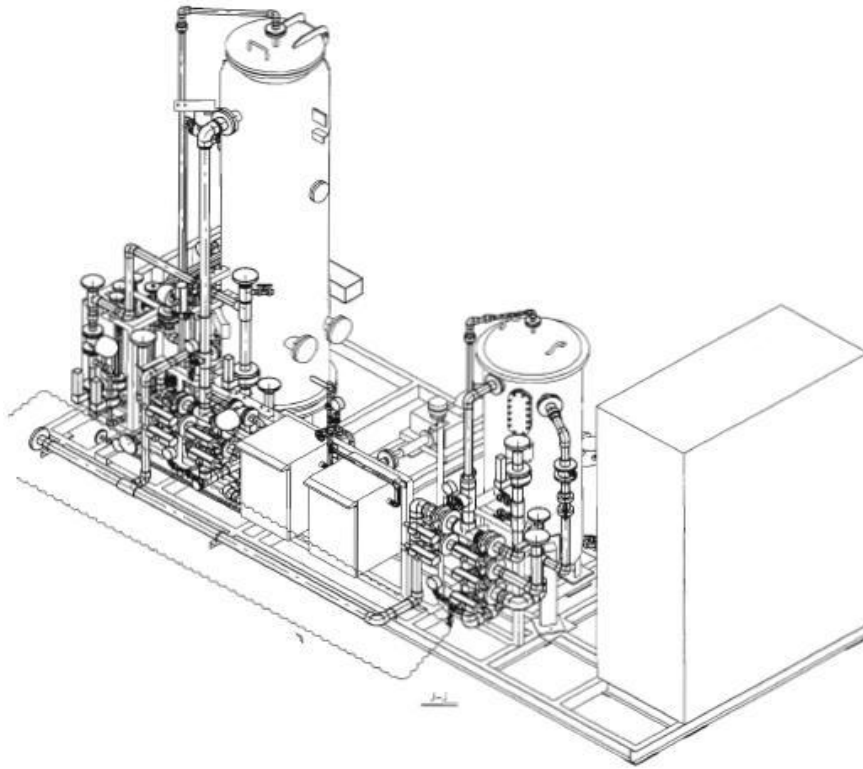
Demineralizer Water System berfungsi untuk menjaga kualitas air dan menghilangkan mineral yang tidak diinginkan di dalam air yang akan digunakan di boiler. Mineral di dalam air dibuang dengan menukar ion-ion kontaminan air dengan ion-ion hidrogen dan ion hidroksil sehingga menghasilkan air murni dengan pH dan *conductivity* yang sesuai dengan ketentuan. Air yang diproses pada Demineralization Plant bersumber dari raw water tank.

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.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



© Hak cipta milik UIN Suska Riau



Gambar 2.12 Bangunan Demineralizer [32]

2.7 Perhitungan Efisiensi *Combined Cycle* (PLTGU)

Setiap pembangkit listrik memiliki efisiensi yang berbeda, begitu pula dengan PLTGU, perhitungan efisiensi dapat dilakukan dengan persamaan-persamaan yang akan dituliskan sebagai berikut.

2.7.1 Perhitungan Efisiensi Pada HRSG

Efisiensi pada HRSG dihitung dengan membagi panas yang dimanfaatkan dengan panas yang masuk ke HRSG. maka digunakan persamaan dibawah ini.[28]

$$\eta_{HRSG} = \frac{\text{Panas yang dimanfaatkan}}{\text{Panas Masuk}} \tag{2.33}$$

Sementara itu untuk mengetahui panas yang dimanfaatkan didapatkan dengan total dari seluruh panas yang dimanfaatkan pada unit HRSG dengan cara menjumlahkannya.[30]

$$\text{Panas yang dimanfaatkan} = Q_{SH} + Q_{EVA} + Q_{EVO} + Q_{PRE} \tag{2.34}$$

Kemudian panas yang masuk dapat dihitung dengan mengkalikan laju aliran massa gas dengan entalpi dari gas buang tersebut.[28]

$$\text{Panas masuk } (Q_{in}) = \dot{m}_g \times h_g \tag{2.35}$$

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.

State Islamic University of Sultan Saif Kasim Riau



2.7.2 Perhitungan Efisiensi Keseluruhan PLTGU

Perhitungan efisiensi pada keseluruhan PLTGU merupakan efisiensi yang terdapat pada siklus gabungan yang mana menjadi total efisiensi yang akan didapatkan setelah menggabungkan siklus PLTG dengan PLTU. Untuk dapat menghitung efisiensi PLTGU digunakan persamaan.[28]

$$\eta_{PLTGU} = \frac{(W_{net})_{out\ PLTGU}}{(W_{net})_{in\ PLTGU}} \times 100\% \tag{2.36}$$

Keterangan:

- η_{PLTGU} = Efisiensi PLTGU (%)
- $(W_{net})_{out\ PLTGU}$ = daya netto keluaran PLTGU
- $(W_{net})_{in\ PLTGU}$ = daya netto masukan PLTGU

pada perhitungan efisiensi dibutuhkan daya netto keluaran PLTGU, untuk menghitungnya digunakan persamaan.[30]

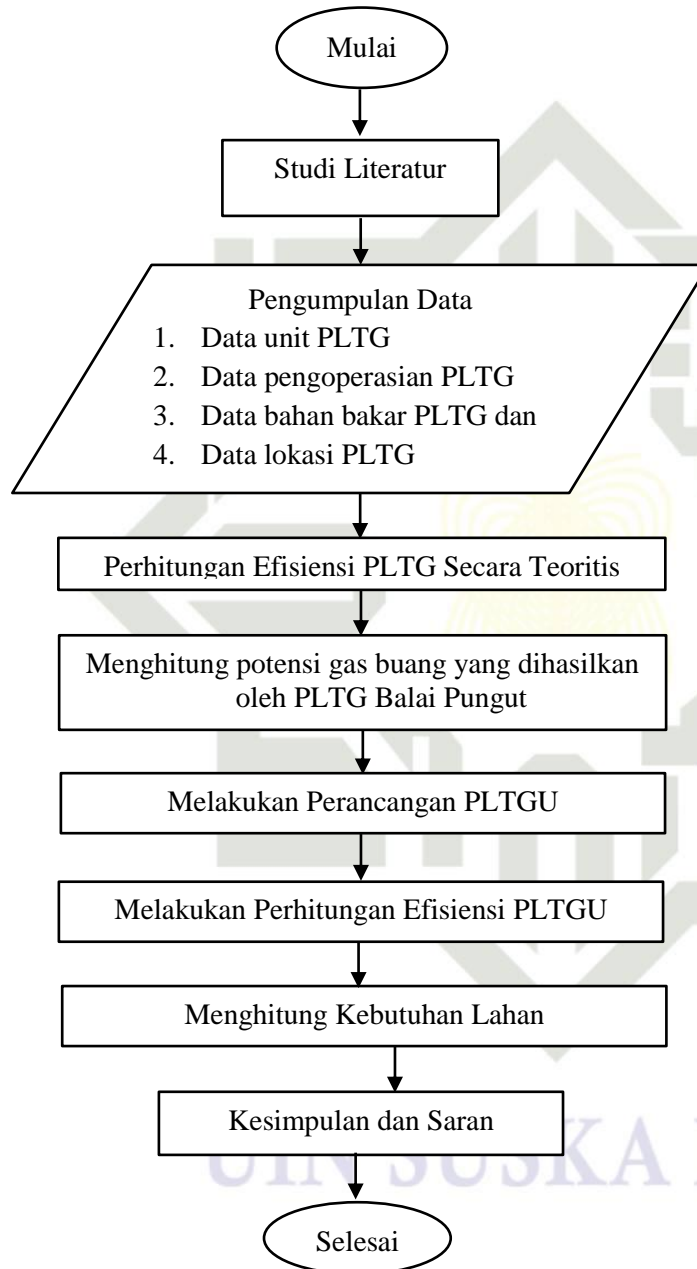
$$(W_{net})_{out\ PLTGU} = W_{net\ PLTG} + W_{net\ PLTU} \tag{2.37}$$

keterangan

- $(W_{net})_{out\ PLTGU}$ = daya netto keluaran PLTGU
- $W_{net\ PLTG}$ = daya netto PLTG
- $W_{net\ PLTU}$ = daya netto PLTU

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.

tenaga gas dan uap dengan memanfaatkan gas buang pada PLTG, kemudian menganalisa efisiensi dari siklus keseluruhan lalu menganalisa hasil perancangan apakah layak untuk diterapkan di PLTG Balai Pungut, setelah dinyatakan layak maka dilanjutkan dengan kesimpulan, saran dan rekomendasi. Setelah semua proses dijalankan, penelitian selesai. Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sesuai dengan gambar di 3.1



(Gambar 3.1 Alur Tahapan Penelitian)

1. Diambil sebagai referensi 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.



Studi Literatur

Tahapan ini merupakan pencarian teori-teori yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur yang dilakukan adalah mengumpulkan data terkait penelitian sebelumnya yang membahas tentang pemanfaatan gas buang PLTG dan peningkatan efisiensi pada pengoperasian PLTG Balai Pungut Duri, kemudian mempelajari lokasi dari PLTG untuk melakukan PLTGU yang akan dirancang, teknologi yang akan digunakan pada PLTG, kemudian rancangan pembangkit listrik dengan memanfaatkan Gas buang dari PLTG dan penelitian terkait PLTGU dalam segi teknis. Studi literatur ini bertujuan untuk menentukan tahapan apa saja yang harus dilakukan dalam penelitian ini.

Pengumpulan Data

Pada tahapan ini adalah melakukan pengumpulan data yang akan dijadikan landasan pada perancangan nantinya, proses pengumpulan data terdiri atas:

3.1.1 Pengumpulan Data Unit PLTG

Pada tahapan pengumpulan data unit dilakukan dengan mengambil data sekunder langsung ke PLTG Balai Pungut Duri. Pengambilan data unit meliputi seperti yang ada pada tabel 3.1. Data Unit PLTG Balai Pungut Duri [6]

KAPASITAS PEMBANGKITAN		
1.	Daya Terpasang	1 x 21 MW
2.	Daya Mampu Netto (DMN)	1 x 15 MW
TURBIN		
1.	Merek	ALSTHOM
2.	Nomor Turbin	226104 Turco T78
3.	Tipe	PG 5341 "P"
4.	Base Rating Turbin	ISO (23.750 KW) ; SITE (20.100 KW)
5.	Peak Rating Turbin	ISO (25.600 KW) ; SITE (21.650 KW)
6.	Kecepatan	5100 Rpm
COMPRESSOR		
1.	Stage	17
2.	Speed	5100 rpm
3.	Inlet Temperature	95 ⁰ F max. 100 ⁰ F min.

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

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.

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

UIN Suska Riau



		77 ⁰ F
4.	Outlet Pressure	134 psi A
	Inlet Pressure	14.7 psi A
	RUANG BAKAR	
	Type	Combustion Linier
	No. of Combustion Chamber	10
	GENERATOR	
	Type	Brussless excitation
	Kapasitas (KVA)	25125
	Tegangan (V)	10500
	Arus (A)	1382
	Cos ϕ	0,8
	Pasang kutub	1.
	Frequency (Hz)	50
	Speed (rpm)	3000
	Cooling system	Udara

3.4.2 Data Pengoperasian PLTG

Pada tahapan ini dilakukan pengambilan data pengoperasian PLTG unit 2 balai pengut sebagai variabel yang akan digunakan untuk perancangan PLTGU. Daya yang digunakan adalah data dalam 1 bulan untuk mendapatkan rata-rata dari setiap data guna memperoleh data yang akurat. Adapun data pengoperasian yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 3.2.

dan sumber:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 4. 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.

Tabel 3.2 Data pengoperasian PLTG bulan Juli 2019 (Dalam Satuan SI)[6]

Tanggal	Beban (MW)	Jam	Parameter (°K)		
			Temperatur masuk Kompresor (T ₁)	Temperatur keluar Kompresor (T ₂)	Temperatur Keluar Turbin (T ₄)
1/6/2019	15,00	19:00	303,15	555,65	772,15
2/6/2019	15,80	19:00	303,15	553,65	748,15
3/6/2019	15,00	19:00	303,15	552,65	776,15
4/6/2019	11,00	19:00	303,15	551,65	716,15
5/6/2019	15,00	19:00	303,15	550,65	782,15
6/6/2019	10,00	19:00	303,15	550,15	689,15
7/6/2019	15,00	19:00	300,15	554,15	768,15
8/6/2019	11,00	19:00	300,15	555,15	686,15
9/6/2019	15,00	19:00	300,15	555,15	768,15
10/6/2019	15,50	19:00	302,15	557,15	777,15
11/6/2019	15,00	19:00	304,15	564,15	775,15
12/6/2019	15,00	19:00	305,15	568,15	772,15
13/6/2019	15,00	19:00	307,15	569,65	772,15
14/6/2019	15,00	19:00	308,15	574,65	772,15
15/6/2019	15,00	19:00	309,15	574,65	731,15
16/6/2019	15,00	19:00	308,15	570,65	777,15
17/6/2019	15,00	19:50	306,15	569,15	682,15
18/6/2019	15,00	19:00	305,15	565,15	778,15
19/6/2019	15,00	19:50	305,15	563,65	776,15
20/6/2019	15,00	19:00	305,15	561,65	772,15
21/6/2019	15,00	19:00	303,15	555,65	772,15
22/6/2019	15,00	19:00	302,15	555,65	781,15
23/6/2019	15,00	19:00	302,15	553,65	629,15
24/6/2019	15,00	19:00	301,15	554,65	743,15
25/6/2019	15,00	19:00	303,15	566,15	769,15
26/6/2019	15,80	19:00	305,15	567,15	749,15
27/6/2019	15,00	19:00	306,15	565,65	772,15
28/6/2019	15,00	19:00	307,15	574,65	706,15
29/6/2019	10,00	19:00	306,15	565,65	703,15
30/6/2019	15,00	19:00	303,15	564,65	732,15
Rata-tara	14,50		304,15	561,36	748,32

Keterangan:

T₁ : Temperatur lingkungan sekitar PLTG yang masuk ke Kompresor

T₂ : Temperatur keluar Kompresor

T₄ : Temperatur keluar Turbin Gas

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.

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

Data tekanan yang ada pada PLTG juga dibutuhkan untuk dapat mengetahui entalpi dari gas yang ada pada PLTG agar dapat mengetahui energi yang dapat dihasilkan oleh PLTG pembangkitan PLTG tersebut. Berikut adalah data tekanan pada PLTG di Pusat Listrik Balai Pungut Duri.

Tabel 3.3 Data Tekanan Kompresor pada PLTG balai pungut(P_1 , P_2)

Tanggal	Beban (MW)	Jam	Parameter (Kpa)	
			Tekanan masuk Kompresor (P_1)	Tekanan keluar Kompresor (P_2)
01/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
02/6/2019	15,80	19:00	101,35	923,9
03/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
04/6/2019	11,00	19:00	101,35	923,9
05/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
06/6/2019	10,00	19:00	101,35	923,9
07/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
08/6/2019	11,00	19:00	101,35	923,9
09/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
10/6/2019	15,50	19:00	101,35	923,9
11/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
12/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
13/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
14/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
15/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
16/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
17/6/2019	15,00	19:50	101,35	923,9
18/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
19/6/2019	15,00	19:50	101,35	923,9
20/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
21/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
22/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
23/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
24/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
25/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
26/6/2019	15,80	19:00	101,35	923,9
27/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
28/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9
29/6/2019	10,00	19:00	101,35	923,9
30/6/2019	15,00	19:00	101,35	923,9

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



3.4.3 Data Bahan Bakar PLTG

Pada tahapan ini dilakukan pengambilan data bahan bakar yang bertujuan untuk dapat dilakukan perhitungan pada perancangan yang akan dilakukan. Adapun data bahan bakar yang dibutuhkan adalah. (dapat dilihat pada lampiran)

1. Berat jenis bahan bakar
2. Debit aliran bahan bakar
3. Nilai kalor bahan bakar dan
4. Lau aliran massa bahan bakar

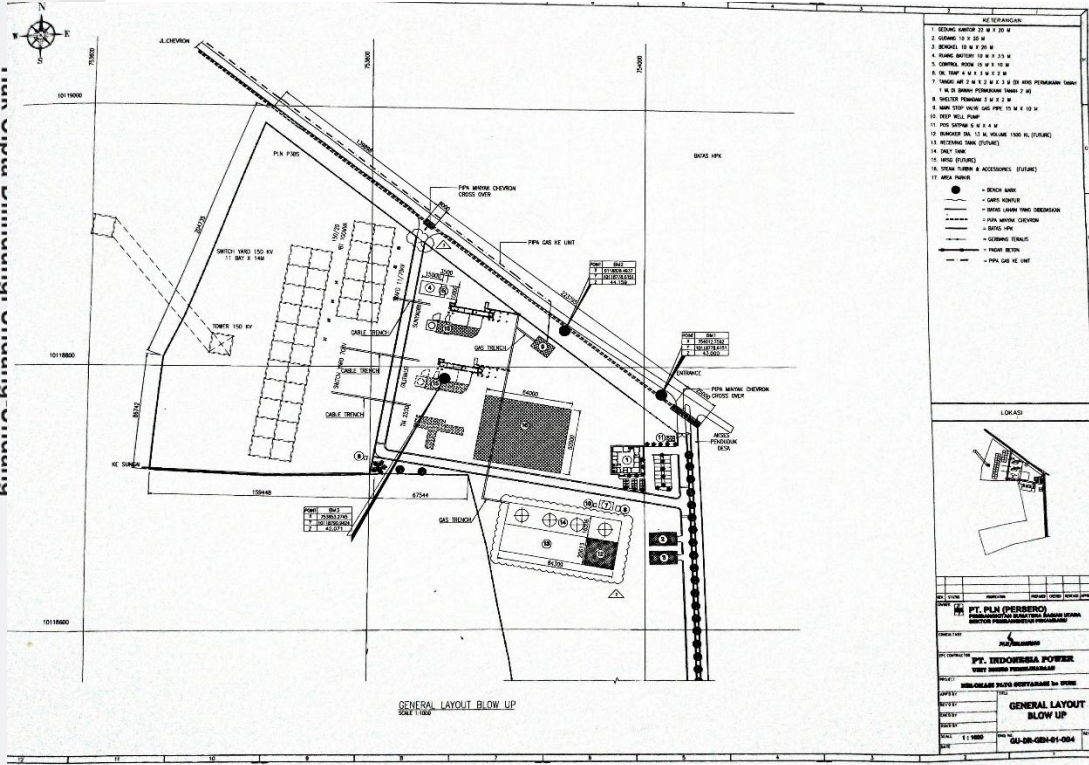
3.4.4 Data Lokasi PLTG

Pusat listrik Balai Pungut adalah salah satu pembangkit listrik yang berada di bawah Sektor Pembangkitan Pekanbaru, terletak di desa Balai Pungut Duri – Riau. Nama Balai Pungut diambil karena pembangkit ini terletak di Desa Balai Pungut yang berada di daerah lintas Duri-Pekanbaru.

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data terkait lokasi PLTG unit 2 di Pusat listrik Balai Pungut Duri yang akan digunakan untuk menjadi acuan peletakan PLTGU yang akan dirancang nantinya, karena dalam perancangan PLTGU membutuhkan tempat yang lumayan luas agar pembangkit tersebut dapat direalisasikan. Data yang dibutuhkan adalah luas lokasi yang digunakan PLTG saat ini agar dapat memenuhi kriteria dari besarnya PLTG yang dibangun dan luas halaman kosong yang berada di sekitar PLTG. Gambar yang tersedia adalah gambar rancangan pembangunan PLTG Balai Pungut sebagai berikut.

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.



Gambar 3.2 Denah Lokasi PLTG Balai Pungut Duri

Perhitungan Efisiensi PLTG Secara Teoritis

Pada proses perhitungan efisiensi PLTG secara teoritis digunakan data-data pengoperasian PLTG. Perhitungan efisiensi pada PLTG ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar energi yang terbuang pada proses yang terjadi pada PLTG dengan melakukan perhitungan-perhitungan sebagai berikut.

1. Perhitungan laju aliran massa turbin gas menggunakan variabel yang ada pada temperatur dan juga laju aliran bahan bakar yang didapat dari data sekunder pembangkit. Pada perhitungan ini digunakan persamaan 2.6
2. Perhitungan nilai temperatur masuk turbin gas (T_3), temperatur Temperatur udara tekan ideal (isentropik) (T_{2s}) dan Temperatur gas buang ideal (isentropik) (T_{4s}). Perhitungan yang kan dilakukan menggunakan secara manual dengan persamaan 2.4, 2.5, 2.7.
3. Perhitungan nilai entalpi pada setiap titik PLTG guna mengetahui jumlah energi yang terandung dalam udara yang akan menjadi energi input, proses perhitungan pada entalpi ini menggunakan data temperatur pada titik T_3 , T_{2s} , T_{4s} . Persamaan yang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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. Diarangi mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



digunakan dalam perhitungannya adalah persamaan 2.3 dengan berdasarkan tabel gas ideal guna mendapatkan batas atas dan bawah dari data temperatur yang dihitung.

Perhitungan nilai kalor input guna mengetahui nilai kalor pada gas dan udara pada PLTG, perhitungan menggunakan data dari entalpi yang telah diperoleh. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.10

Perhitungan efisiensi kompresor menggunakan persamaan 2.4 yang bertujuan untuk dapat mengetahui berapa besar energi yang terbuang dalam proses pada kompresor dengan menggunakan data entalpi masuk dan keluar kompresor.

Perhitungan efisiensi turbin gas dengan menggunakan persamaan 2.11, perhitungan ini menggunakan data dari entalpi keluar dan entalpi yang masuk pada turbin gas.

7. Perhitungan kerja kompresor guna mengetahui selisih antara entalpi dan fluida kerja yang terjadi pada kompresor. Perhitungan ini menggunakan persamaan 2.5

8. Perhitungan kerja turbin gas guna mengetahui selisih antara entalpi dan fluida kerja yang terjadi pada turbin gas. Perhitungan ini menggunakan persamaan 2.12

9. Perhitungan daya netto PLTG dilakukan agar dapat membandingkan daya nyata keluar PLTG dengan daya keluar PLTG menggunakan perhitungan secara teoritis. Perhitungan ini menggunakan persamaan 2.13

10. Perhitungan daya netto PLTG pada efisiensi 100% menggunakan persamaan 2.14. perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar daya yang terbuang pada saat efisiensi 100%, artinya tidak ada daya yang terbuang.

11. Perhitungan efisiensi siklus PLTG menggunakan persamaan 2.1 yang mana dengan mengetahui efisiensi dari siklus tersebut dapat diketahui pula seberapa besar daya yang terbuang pada siklus dan menjadi suatu pertimbangan untuk dapat menaikkan efisiensi dari siklus apabila efisiensi terlalu rendah.

3.6 Analisa Potensi Gas Buang Yang Dihasilkan PLTG Balai Pungut

Menganalisa potensi gas buang yang dapat dihasilkan oleh PLTG tersebut menggunakan persamaan teoritis untuk mendapatkan nilai energi yang menjadi masukan pada HRSG, maka akan dilakukan perhitungan secara matematis dengan berdasarkan data yang telah didapatkan dari proses pengumpulan data diatas terkait dengan data gas buang yang diperoleh. Potensi dari gas buang tersebut berupa potensi energi, berikut langkah-langkah dalam menghitung potensi gas buang.

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.



1. Menghitung laju aliran massa dari gas buang dengan menggunakan parameter perhitungan yakni data pengoperasian PLTG selama sebulan. Kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan 2.6

Menghitung perbedaan temperatur gas buang dengan temperatur lingkungan dengan menggunakan data sekunder dari PLTG. Kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan 2.16

Menghitung potensi dari gas buang yang merupakan energi yang menjadi masukan pada HRSG dengan menggunakan persamaan 2.15.

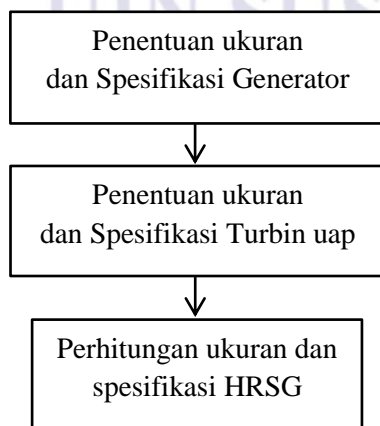
Menghitung potensi daya yang menjadi masukan generator untuk dapat menentukan spesifikasi generator dengan menggunakan data pada tahap sebelumnya dikalikan dengan efisiensi dari HRSG. perhitungan daya masukan generator dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.17.

Setelah didapatkan data dari potensi gas buang dalam bentuk watt dan merupakan daya yang akan menjadi keluaran HRSG, maka dapat dilanjutkan kepada langkah selanjutnya.

Melakukan Perancangan PLTGU

Pada proses perancangan PLTGU hal yang menjadi parameter penentu untuk menentukan daya keluaran dari generator adalah potensi dari gas buang dalam bentuk kW, setelah diketahui potensi dari gas buang yang akan menjadi keluaran HRSG, maka dengan demikian dapat ditentukan ukuran dan spesifikasi dari generator, turbin dan HRSG yang dibutuhkan pada perancangan PLTGU.

Untuk melakukan perancangan pembangkit listrik tenaga gas dan uap pada penelitian ini terdiri dari penentuan ukuran dan spesifikasi dari generator, turbin dan HRSG. Agar lebih jelas dalam perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap, akan disajikan dalam bentuk diagram alir di bawah ini yang terdapat pada gambar 3.3:



(Gambar 3.3 Skema Perancangan PLTGU)

Pada sebuah perancangan Pembangkit listrik dengan menggunakan *Combined cycle* komponen utamanya adalah HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*) yang berfungsi untuk memanfaatkan gas buang bertekanan tinggi dari PLTG untuk disalurkan ke turbin Uap. Penelitian ini mengacu kepada penelitian sebelumnya tentang perancangan *heat recovery steam generator* oleh Sugiharto R (2010) yang sudah melakukan perancangan HRSG secara rinci.

3.1.1 Penentuan Ukuran dan Spesifikasi Generator

Setelah mendapatkan keluaran generator, maka sesuai keluaran yang dihasilkan dari perhitungan potensi gas buang maka keluaran generator didapatkan. Dari hasil keluaran tersebut dapat ditentukan spesifikasi dari generator yang sedapatnya mewakili keluaran yang dihasilkan sehingga jenis generator dapat ditentukan. Ada beberapa jenis dari generator yang digunakan untuk PLTGU. Salah satunya adalah generator sinkron, generator yang dikopel langsung dengan turbin uap. Generator ini terdiri dari dua komponen utama yaitu rotor dan stator yang mana pada saat ada gerakan relatif antara keduanya dan menyebabkan terjadinya garis gaya magnet dari rotor memotong belitan kumparan pada stator yang kemudian menginduksi gaya gerak listrik yang menghasilkan energi listrik yang akan dihubungkan dengan jaringan luar. Untuk dapat menentukan jenis generator ini terlebih dahulu harus mengetahui berapa daya keluaran yang merupakan potensi dari gas buang pada PLTG. Generator untuk turbin uap tersebut saat ini sudah tersedia dipasaran tergantung pada spesifikasi dan kebutuhan pembangkitan.

3.1.2 Penentuan Ukuran dan Spesifikasi Turbin Uap

Setelah mendapatkan ukuran dan spesifikasi dari generator maka tahapan selanjutnya adalah bagaimana cara untuk memenuhi kebutuhan masukan dari generator berupa putaran (rpm). Langkah yang dilakukan adalah dengan menggunakan turbin uap yang mampu mensuplai kebutuhan generator untuk mengkonversikan tenaga uap menjadi tenaga kinetik dan dapat memutar generator untuk dapat menghasilkan listrik yang ingin dicapai. Penentuan ukuran dan spesifikasi pada turbin uap dapat dicari dipasaran dengan parameter yang dapat mensuplai energi sesuai dengan kebutuhan generator.



siklus sebelum dan sesudah ditambahkan sistem yang direncanakan kedalam sistem

PETG.

Sebelum menghitung efisiensi keseluruhan terlebih dahulu menghitung efisiensi dari HRSG apakah sudah mampu memenuhi dengan standar efisiensi ideal dari HRSG dengan menggunakan persamaan 2.32. Kemudian melakukan perhitungan efisiensi keseluruhan pada PLTGU dengan menggunakan persamaan 2.35

PETG.

3.9

Menghitung Kebutuhan Lahan

Setelah mendapatkan hasil rancangan dari PLTGU yang akan dibangun maka tahapan selanjutnya adalah perhitungan kebutuhan lahan untuk pembangunan PLTGU. Untuk melakukan perhitungan kebutuhan lahan yang akan dimanfaatkan maka akan dilakukan perhitungan total nilai dimensi dari setiap peralatan sehingga didapatkan luas lahan yang dibutuhkan dalam pembangunan PLTGU, kemudian hasil rancangan akan disesuaikan dengan ketersediaan lahan.

3.10

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan rangkuman mengenai penelitian yang telah dilakukan dan sesuai dengan tujuan yang hendak kita capai. Saran merupakan suatu masukan yang bersifat membangun untuk menjadi acuan dan rekomendasi pada penelitian selanjutnya.

BAB V

PENUTUP

Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari tulisan ini adalah sebagai berikut:

Pembangkit listrik tenaga gas unit 2 yang berada di Pusat Listrik Balai Pungut Duri memiliki efisiensi 15% dengan daya yang dapat dibangkitkan sebesar 15MW, efisiensi ini untuk unit PLTG terbilang rendah maka dilakukan analisa potensi dari gas buang. Hasil yang didapatkan gas buang memiliki potensi yang mencapai 8,9 MW daya yang bisa dibangkitkan oleh energi dari gas buang dengan menggunakan sistem PLTGU.

Perancangan PLTGU yang dilakukan meliputi penentuan ukuran dan spesifikasi generator, penentuan ukuran dan spesifikasi turbin uap dan perhitungan perancangan HRSG. hasil yang didapatkan untuk generator adalah dengan merek MEIDEN dengan kapasitas 8,5 MW, kemudian untuk turbin dengan merek Brilliance dengan tekanan 34 bar dan temperatur 435°C. Kemudian HRSG yang digunakan adalah HRSG dengan tekanan uap tunggal dan jenis vertikal. Diketahui bahwa potensi energi dari gas buang sebesar 11920,4924 kW dengan temperatur rata-rata 475,17°C maka dapat dikatakan nilai ini mampu memenuhi kebutuhan dari HRSG sebesar 11588 kW dengan temperatur yang dibutuhkan sebesar 469°C Sehingga layak untuk dilakukan pembangunan.

PLTGU yang dirancang membutuhkan lahan seluas $\pm 285,5 \text{ m}^2$ dengan panjang salah satu sisinya 30 m. Kemudian lahan yang tersedia seluas 6580 m^2 dengan panjang salah satu sisinya 94 m. Maka lokasi tersedia layak untuk peletakan unit pembangkitan baru.

Saran

Adapun saran untuk penyempurnaan tulisan ini adalah:

1. Diperlukan perhitungan analisa potensi untuk PLTG unit 1 sehingga didapatkan nilai potensi yang lebih besar.
2. Untuk perancangan PLTGU dapat dilakukan dengan aplikasi yang mendukung seperti *cycle tempo*.
3. Dalam perancangan PLTGU agar dapat ditambahkan sistem kontrol yang dibutuhkan.
4. Dilakukan penelitian terkait finansial dari pembangunan PLTGU di Balai Pungut Duri.



DAFTAR PUSTAKA

1. Fadhilah, Ilham. “Analisa Gangguan Teknis Akibat *High Exhaust Temperature* Karena Kerusakan *Solenoid Gas Operated Admission Valve* pada Mesin Wartsila 18V50DF Pusat Listrik Balai Pungut PLN Sektor Pekanbaru” PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan Tahun 2017. Pekanbaru. 2017.
2. PT. PLN (Persero), “RUPTL PT. PLN (Persero) 2018-2027”. (Diakses 12 oktober 2019).
3. PT. PLN (Persero), “Statistik PLN 2018”, No. Publikasi 03101-190615. Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero). (diakses 12 oktober 2019)
4. S. Said Kaudir, “Analisa Efisiensi dan Pemanfaatan Gas buang turbin gas Alsthom pada pembangkit listrik tenaga Gas kapasitas 20MW (Studi kasus di Pusat Listrik Balai Pungut – Duri)”, Skripsi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru, 2017.
5. PT. PLN (Persero), “Istilah Kelistrikan” www.bumn.go.id/pln/halaman/123 (diakses 14 desember 2019)
6. PT. PLN (Persero) sektor pengendalian pembangkitan pekanbaru. 2019.
7. Aritonang. JP, “Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Generator di PLTGU di PT PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Keramasan”, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, 2017.
8. P. Adhian, “Studi Perancangan PLTGU sebagai alternatif dalam memenuhi kebutuhan listrik Universitas Indonesia”, Universitas Indonesia, 2014.
9. S. Padi, “Analisa Pemanfaatan Gas Buang PLTG Sebagai Pembangkit Daya”, *Ketnaga Listrik dan Energi Terbarukan* Vol.16, No.1, 2017.
10. Google Inc, “Google Maps: Peta Lokasi Pusat Listrik PLTG Balai Pungut Duri”. 2019. <https://maps.google.com> (diakses 20 agustus 2019).
11. K. Rahmat, “Analisa Efisiensi Combine Cycle 2-2-1 dan 1-1-1 PLTGU Blok 1 Sicanang Belawan”, Universitas Sumatra Utara, 2013.
12. Wibowo S. Syah, “Buku Analisa Sistem Tenaga” Malang: Polinema Press, 2018



[13] Rama. Ganis. "Pengendalian *Start Up Gas Turbine Generator* di PT. Indonesia Power UBR Semarang" Universitas Diponegoro, Semarang. 2010.

[14] D. Dewa, "Prinsip Kerja PLTG Sebagai Sumber Energi". <http://engsean.com> (diakses 7 September 2019)

[15] Veronica, "Pembangkit Listrik Tenaga Gas". <http://veronica.staff.gunadarma.ac.id> (diakses 5 September 2019)

[16] Wikipedia.org, "*Brayton Cycle*". <https://en.m.wikipedia.org> (diakses 6 September 2019)

[17] A.P. Yuseano, "Buku *Gas Turbine Engine*". <http://www.scibd.com> (diakses 7 September 2019)

[18] Simanjuntak. J.P. "Laporan *On The Job Training (OJT)*". PT.PLN (Persero) Pembangkitan Sumatra Bagian Utara, Sektor Pekanbaru, 2018.

[19] Tica. Adrian dkk. "*Design of a combined cycle power plant model for optimization*". Supelec System Sciences. Prancis. 2012.

[20] Mavendra. Dede. "Kalkulasi Efisiensi Daya Mesin PLTGU Dengan Pola Operasi 2-2-1 dan 3-3-1 PT. Indonesia Power. Unit Pembangkitan Semarang". Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta. 2016.

[21] Hazwi Mulvi, K. Rahmat. "Analisa Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Sicanang Belawan" Universitas Sumatra Utara. Medan. 2014.

[22] G. Pariotis Efthimios, Katsanis Loannis and Roumeliotis Loannis. "*Feasibility Analisis On A Steam Rankine Cycle To Recover Heat From A Gas Turbine Used A Naval Vessel*" Department of naval science. Greece. 2012.

[23] Haradi. "Buku Boiler dan Turbin". Politeknik Negeri Bandung. Bandung. 2010

[24] Sugiharto R. "Perancangan *Heat Recovery Steam Generator (HRSG)* Dengan Sistem Tekanan Uap Dua Tingkat Kapasitas Daya Pembangkitan 77 MW". Universitas Sumatra Utara, Medan. 2009.



[25] Sipayung A. "Perancangan Turbin Uap Penggerak Generator Listrik Dengan Daya 80

MW Pada Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap" Skripsi. Universitas Sumatra Utara, Medan. 2010.

[26] Dietzell, Friez. "Turbin, Pompa dan Kompresor" Erlangga. Jakarta. 1990.

[27] Moran, Michael J. "Termodinamika Teknik Jilid 2" Erlangga. Jakarta. 2003.

[28] Naryono, Lukman Budiono. "Analisis Efisiensi Turbin Gas Terhadap Beban Operasi PLTGU Muara Tawar Blok 1" SINTEK VOL 7.

[29] Canel, Y. A. Dan Boles M. A. "Thermodynamics an Engineering Approach" Lova, Mach Graw Hill Companies. Boston. 2005.

[30] Prayudi, Sudirmanto, T. Bintang dewan. "Analisa Kinerja HRSG PLTGU Muara Karang Sebelum dan Sesudah *Rebuting*" Jurnal Power Plant Vol 4, No 3. 2016.

[31] Sidauruk, Januar Baru. "Perancangan HRSG dengan Memanfaatkan Gas Buang dari Satu Unit Turbin Gas Dengan Daya 117,5 MW" Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan 2009.

[32] *Annual Report Boiler Water Syster* PT. SEMEN PADANG. (diakses 20 juli 2020)

[33] J. Rakhardian Dwi. "Rancangan HRSG pada PLTG Kapasitas 105 MW" Skripsi. Politeknik Negeri Bandung. 2017.

[34] Meiden. "4 Pole Brushless Air Cooled Synchronous Turbine Generator" Product Book. Meidensha Cooperation.

[35] Shanghai Brilliance Energy Co., Ltd. "Steam Trubine N12-3.42 Spesification" Alibaba.com (diakses tanggal 21 juli 2020)

[36] www.Playstore.com "Steam Table Calculator". Darshan.

[37] Nag P. K "Basic an Applied Thermodynamics" Tata Mc. Graw. Hill Publishing Company 2002.

[38] S. Robert. C. "HRSG Users Handbook" ISBN 1-59975-652-8. 2006.

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



Aditya. Ahmad. “ Perancangan *Turbine Inlet Cooling* Untuk Meningkatkan Efisiensi

Pembangkit Listrik Tenaga Gas Dengan Menggunakan *Refrigerasi Absorpsi*” Skripsi.
Universitas Sumatra Utara. Medan. 2014

Pajak Cipta Diindungi Undang-Undang

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.



LAMPIRAN A

Table Gas Specific Heats of Various Common Gasses

TABLE A-2
Ideal-gas specific heats of various common gases (*Concluded*)
(c) As a function of temperature

$$\bar{c}_p = a + bT + cT^2 + dT^3$$

(*T* in K, *c_p* in kJ/kmol·K)

Substance	Formula	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	Temperature range, K	% error	
							Max.	Avg.
Nitrogen	N ₂	28.90	-0.1571 × 10 ⁻²	0.8081 × 10 ⁻⁵	-2.873 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.59	0.34
Oxygen	O ₂	25.48	1.520 × 10 ⁻²	-0.7155 × 10 ⁻⁵	1.312 × 10 ⁻⁹	273-1800	1.19	0.28
Air	—	28.11	0.1967 × 10 ⁻²	0.4802 × 10 ⁻⁵	-1.966 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.72	0.33
Hydrogen	H ₂	29.11	-0.1916 × 10 ⁻²	0.4003 × 10 ⁻⁵	-0.8704 × 10 ⁻⁹	273-1800	1.01	0.26
Carbon monoxide	CO	28.16	0.1675 × 10 ⁻²	0.5372 × 10 ⁻⁵	-2.222 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.89	0.37
Carbon dioxide	CO ₂	22.26	5.981 × 10 ⁻²	-3.501 × 10 ⁻⁵	7.469 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.67	0.22
Water vapor	H ₂ O	32.24	0.1923 × 10 ⁻²	1.055 × 10 ⁻⁵	-3.595 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.53	0.24
Nitric oxide	NO	29.34	-0.09395 × 10 ⁻²	0.9747 × 10 ⁻⁵	-4.187 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.97	0.36
Nitrous oxide	N ₂ O	24.11	5.8632 × 10 ⁻²	-3.562 × 10 ⁻⁵	10.58 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.59	0.26
Nitrogen dioxide	NO ₂	22.9	5.715 × 10 ⁻²	-3.52 × 10 ⁻⁵	7.87 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.46	0.18
Ammonia	NH ₃	27.568	2.5630 × 10 ⁻²	0.99072 × 10 ⁻⁵	-6.6909 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.91	0.36
Sulfur	S ₂	27.21	2.218 × 10 ⁻²	-1.628 × 10 ⁻⁵	3.986 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.99	0.38
Sulfur dioxide	SO ₂	25.78	5.795 × 10 ⁻²	-3.812 × 10 ⁻⁵	8.612 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.45	0.24
Sulfur trioxide	SO ₃	16.40	14.58 × 10 ⁻²	-11.20 × 10 ⁻⁵	32.42 × 10 ⁻⁹	273-1300	0.29	0.13
Acetylene	C ₂ H ₂	21.8	9.2143 × 10 ⁻²	-6.527 × 10 ⁻⁵	18.21 × 10 ⁻⁹	273-1500	1.46	0.59
Benzene	C ₆ H ₆	-36.22	48.475 × 10 ⁻²	-31.57 × 10 ⁻⁵	77.62 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.34	0.20
Methanol	CH ₄ O	19.0	9.152 × 10 ⁻²	-1.22 × 10 ⁻⁵	-8.039 × 10 ⁻⁹	273-1000	0.18	0.08
Ethanol	C ₂ H ₆ O	19.9	20.96 × 10 ⁻²	-10.38 × 10 ⁻⁵	20.05 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.40	0.22
Hydrogen chloride	HCl	30.33	-0.7620 × 10 ⁻²	1.327 × 10 ⁻⁵	-4.338 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.22	0.08
Methane	CH ₄	19.89	5.024 × 10 ⁻²	1.269 × 10 ⁻⁵	-11.01 × 10 ⁻⁹	273-1500	1.33	0.57
Ethane	C ₂ H ₆	6.900	17.27 × 10 ⁻²	-6.406 × 10 ⁻⁵	7.285 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.83	0.28
Propane	C ₃ H ₈	-4.04	30.48 × 10 ⁻²	-15.72 × 10 ⁻⁵	31.74 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.40	0.12
<i>n</i> -Butane	C ₄ H ₁₀	3.96	37.15 × 10 ⁻²	-18.34 × 10 ⁻⁵	35.00 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.54	0.24
<i>i</i> -Butane	C ₄ H ₁₀	-7.913	41.60 × 10 ⁻²	-23.01 × 10 ⁻⁵	49.91 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.25	0.13
<i>n</i> -Pentane	C ₅ H ₁₂	6.774	45.43 × 10 ⁻²	-22.46 × 10 ⁻⁵	42.29 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.56	0.21
<i>n</i> -Hexane	C ₆ H ₁₄	6.938	55.22 × 10 ⁻²	-28.65 × 10 ⁻⁵	57.69 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.72	0.20
Ethylene	C ₂ H ₄	3.95	15.64 × 10 ⁻²	-8.344 × 10 ⁻⁵	17.67 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.54	0.13
Propylene	C ₃ H ₆	3.15	23.83 × 10 ⁻²	-12.18 × 10 ⁻⁵	24.62 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.73	0.17

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

LAMPIRAN C

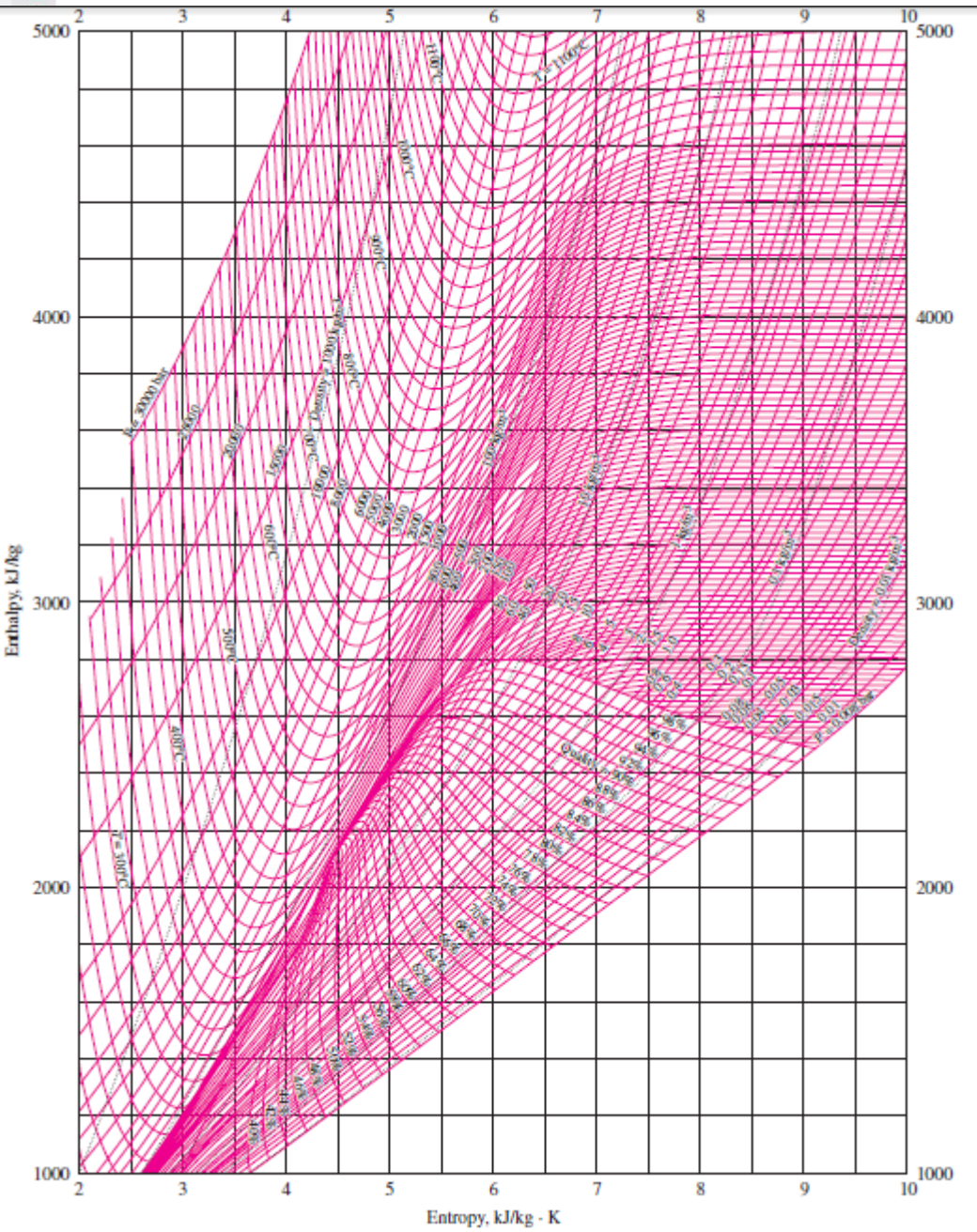


Diagram Mollier

- Hak Cipta Diinindungi Undang-Undang**
1. Diararang 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. Diararang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN D

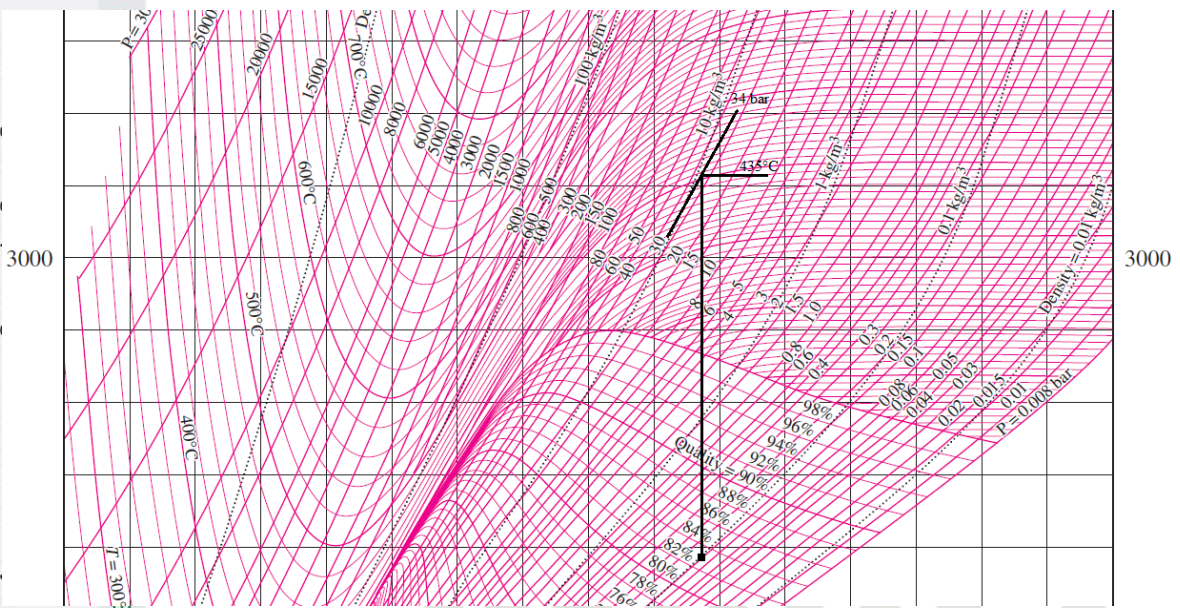
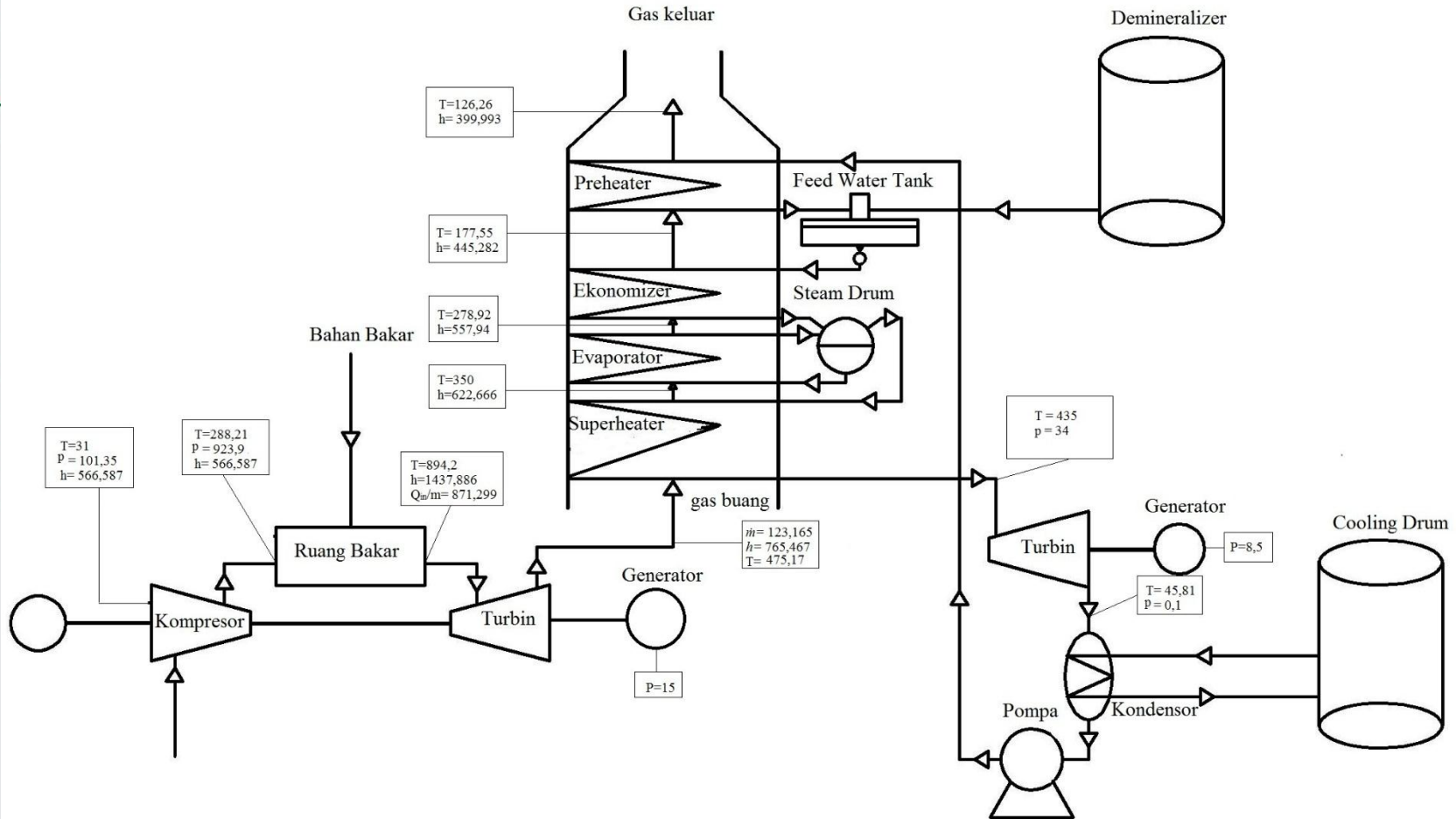


Diagram Mollier yang direncanakan

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.

LAMPIRAN E



Hasil perancangan PLTGU.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

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

LAMPIRAN F

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Diarangi 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.

PT. PLN (PERSERO)
PEMBANGKITAN SUMATERA BAGIAN UTARA
SEKTOR PENGENDALIAN PEMBANGKITAN PEKANBARU

PLN
 Jl. Tanjung Datuk No. 74 Pekanbaru
 T (0761) 41855, 41856 F (0761) 40336 E spkb.kitsbu@pln.co.id W www.pln-spkb.com

Nomor : 0102 / SDM.04.09/UPDKPKB/2019 02 September 2019
 Lampiran :
 Sifat : Biasa
 Perihal : Izin Pengambilan Data Kepada :
 Universitas Islam Negeri Sultan Syarif
 Kasim Fakultas Sains dan Teknologi
 HR. Soebrantas KM. 18 no 155 Tampan
 Pekanbaru

U.P. Yth. Dekan

Menunjuk surat saudara No. 1289/E-UIR/27-FH/2019 tanggal 21 April 2019 perihal Mohon Bantuan Pengambilan Data, dengan ini disampaikan hal-hal sebagai berikut:

1. PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan Pekanbaru bersedia menerima Mahasiswa atas nama :

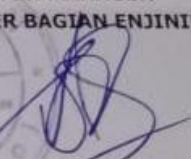
NO	NAMA	NIM	Prodi
1	Rezky	11555102604	TEKNIK ELEKTRO

sekaligus melaksanakan Penelitian di ULPLTG/MG DURI

2. PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan Pekanbaru tidak menyediakan fasilitas dalam bentuk apapun.
3. Untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan dan untuk alasan keamanan, Mahasiswa/i wajib mematuhi petunjuk-petunjuk atau meminta izin dari petugas PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan Pekanbaru.
4. Mahasiswa/i tidak boleh memasuki areal/lokasi yang tidak berhubungan dengan penelitian di PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan Pekanbaru.
5. Mahasiswa/i dalam melaksanakan Penelitian sesuai dengan jam dinas perusahaan (Senin s/d Kamis pukul 08.00 s/d 16.30 WIB dan Jum'at pukul 07.30 s/d 17.00 WIB)
6. Mahasiswa/i wajib memakai pakaian yang rapi.
7. Mahasiswa/i yang mengalami musibah dan kecelakaan di areal PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan Pekanbaru tidak diberikan ganti rugi apapun.
8. Mahasiswa/i yang tidak melaksanakan peraturan yang telah dijelaskan di atas, akan dipulangkan ke lembaga pendidikannya
9. Mahasiswa menyampaikan dokumen hasil riset sebagai arsip 1 (satu) rangkap.

Demikian disampaikan untuk dapat diketahui, atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

Tembusan:
 - Senior Manager SDM & Umum
 - Manager ULPLTG/MG Duri

PLH MANAGER
MANAGER BAGIAN ENJINIRING

AGUS CAHYONO

1001

Surat izin pengambilan data di PLTG Balai Pungut Duri.



RIWAYAT HIDUP



REZKY (Lumbantobing) adalah putra ke 4 dari bapak Arwin Lumbantobing dan ibu Riana boru Pardede. Lahir di Duri kabupaten Bengkalis, pada tanggal 16 Februari 1997.

Jenjang pendidikan yang pertama kali ditempuh oleh penulis adalah pendidikan taman kanak-kanak di TK AL-KHADIJAH Duri, kemudian melanjutkan pendidikan di bangku sekolah dasar di SDS Hubbul Wathan Duri, setelah itu melanjutkan ke pendidikan tingkat menengah di SMPS Hubbulwathan Duri dan melanjutkan ke Tarutung Sumatera Utara untuk melanjutkan pendidikan tingkat atas di SMKN Siatas Barita, Sumatera Utara dan penulis melanjutkan jenjang pendidikan di perguruan tinggi negeri yakni Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Fakultas Sains dan Teknologi di Program Studi Teknik Elektro.

Selain dibidang akademis, penulis juga banyak berkecimpung di dunia organisasi salah satunya di himpunan mahasiswa jurusan teknik elektro dan BEM universitas. Berkat kerja keras serta dukungan dari keluarga tercinta, kerabat, sahabat dan teman-teman serta bimbingan dari dosen pembimbing yakni ibu Dr. Liliana, ST, M.Eng, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap Sebagai Solusi Pemanfaatan Gas Buang di PLTG Balai Pungut Duri”**.

Semenjak penulis dinyatakan lulus dalam Sidang Tugas Akhir pada 13 Agustus 2020 maka penulis berhak menyandang gelar Sarjana Teknik (ST).

UIN SUSKA RIAU