PENINGKATAN PERFORMA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS MENGGUNAKAN *CHILLER ABSORPTION*

(Studi Kasus : PLTG Balai Pungut Duri)

TUGAS AKHIR

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

UIN SUSKA RIAU

Oleh :

MUFADHAL MUSYARI

11655101271

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2022

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

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.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

LEMBAR PERSETUJUAN

PENINGKATAN PERFORMA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS MENGGUNAKAN *CHILLER ABSORPTION*

(Studi kasus: PLTG Balai Pungut Duri)

TUGAS AKHIR

Oleh:

MUFADHDHAL MUSYARY
11655101271

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro di Pekanbaru, pada tanggal 14 Juni 2022

Ketua Program Studi	Pembimbing
Dr. Zulfatri Aini, ST., MT	**Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc**
NIP. 19721021 200604 2 001	**NIK. 130517054**

UIN SUSKA RIAU

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.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

LEMBAR PENGESAHAN

PENINGKATAN PERFORMA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS MENGGUNAKAN *CHILLER ABSORPTION*

(Studi kasus: PLTG Balai Pungut Duri)

TUGAS AKHIR

Oleh:

MUFADHDHAL MUSYARY
11655101271

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 14 Juni 2022

Pekanbaru, 22 Juni 2022

Mengesahkan,

Dekan	Ketua Program Studi
Dr. Hartono, M.Pd	Dr. Zulfatri Aini, ST., MT
NIP. 19640301 199203 1 003	NIP. 19721021 200604 2 001

DEWAN PENGUJI :

Ketua	: Sutoyo, ST., MT
Pembimbing	: Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc
Penguji I	: Dr. Kunaifi, ST., PgDipEnSt., M.Sc
Penguji II	: Dr. Liliana, S.T., M.Eng

Digitally signed by Liliana
Tanggal: 2022.07.04 17:46:17 WIB

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.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim 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 di dalam daftar Pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya

Pekanbaru, 20 Juni 2022

pembuat pernyataan,

Mufadhdhal Musyary

11655101271

UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

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.

Tugas akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan di perkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan Sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

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 di dalam daftar Pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya

Pekanbaru, 20 Juni 2022

pembuat pernyataan,

Mufadhdhal Musyary

11655101271

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang menggunakan 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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang

"Barang siapa yang menghendaki kehidupan dunia, maka wajib baginya berilmu, dan barang siapa yang menghendaki kehidupan akhirat, maka wajib baginya berilmu, dan barang siapa yang menghendakinya maka wajib baginya berilmu" (H.R. Tirmidzi)

Terimakasih ya Allah..

Sembah sujud serta syukurku kepada-Mu ya Allah, zat yang Maha Pengasih namun tak pernah pilih kasih dan Maha Penyayang yang kasih sayang-Nya tak terbilang. Engkau Zat yang Maha membolak – balikkan hati, teguhkanlah hati ini diatas Agama-Mu ya Allah. Lantunan Sholawat beririn salam penggugah hati dan jiwa, menjadi persembahan penuh kerinduan pada sosok panutan umat, pembangun peradaban manusia yang beradab Nabi Besar Muhammad SAW.

"Niscaya Allah akan mengangkat derajat orang yang beriman diantaramu dan orang – orang yang berilmu beberapa derajat" (QS: Al-Mujadilah 11)

Ku persembahkan karya ini untuk Ayahanda tercinta, sosok pejuang dalam hidupku yang tak pernah mengenal kata lelah apalagi mengeluh serta Ibunda tersayang, malaikat tanpa sayap dalam hidupku yang tak kenal waktu siang dan malam selalu melindungi dan menjaga hingga aku bisa sampai seperti sekarang ini, Kakak dan Adik tercinta, seluruh keluarga serta sahabat dan seluruh keluarga besar Teknik Elektro UIN Suska Riau yang doa nya senantiasa mengiringi setiap derap langkahku dalam meniti kesuksesan.

"Dan katakanlah : Ya Tuhan-ku, masukkan aku ketempat masuk yang benar dan keluarkanlah (pula) aku ketempat keluar yang benar dan berilah aku disisi-Mu kekuasaan yang menolongku" (QS: Al – Isra 80)

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
UIN SUSKA RIAU

PENINGKATAN PERFORMA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS MENGGUNAKAN *CHILLER ABSORPTION*

(Studi Kasus : PLTG Balai Pungut Duri)

MUFADHDHAL MUSYARY

NIM :11655101271

Tanggal Sidang : 14 Juni 2022

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas No. 156 Pekanbaru

ABSTRAK

PLTG Balai Pungut merupakan Pembangkit yang terletak di Duri dengan rata – rata suhu di musim kemarau 32˚C yang menyebabkan penurunan efisiensi sebesar 22.64%. Penelitian ini menganalisis performa PLTG dengan penambahan *Chiller Absorption* menggunakan metode IACTs. Tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis performa PLTG, menghitung kesetimbangan massa dan energi pada *Chiller Absorption*, lalu menganalisis performa PLTG setelah penggunaan *Chiller Absorption*. Perhitungan performa PLTG pada kondisi eksisting dilakukan secara manual matematis berdasarkan hukum termodinamika pertama. Analisis kesetimbangan massa dan energi *Chiller Absorption* dan performa PLTG setelah penggunaan *Chiller Absorption* dengan bantuan *software EES* berdasarkan hukum termodinamika pertama. Dari hasil perhitungan didapat bahwa performa PLTG sebelum penggunaan *Chiller Absorption* adalah sebesar 13.96 MW dengan efisiensi termal 22.33%. Hasil ini tidak jauh berbeda dari keadaan aktual. Hal ini menunjukkan bahwa persamaan yang digunakan cukup kredibel. Lalu perhitungan laju aliran massa dan energi *Chiller Absorption* menghasilkan nilai kapasitas pendingin sebesar 2,141 kJ/s dengan nilai laju massa *refrigerant* 0.899kg/s, laju massa larutan pekat LiBr 3.22kg/s, dan laju massa larutan encer LiBr 4.12kg/s , dengan memanfaatkan panas buang PLTG sebesar 2,482 kJ/s. Penggunaan *Chiller Absorption* mampu meningkatan daya *output* PLTG Dari yang sebelumnya senilai 13,969 kJ/s dengan efisiensi termal 22.64% menjadi 15,982 kJ/s dengan efisiensi termal 25.9% dengan konsumsi bahan bakar yang sama.

Kata kunci : *Chiller Absorption*, PLTG, Efisiensi, EES

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

UIN SUSKA RIAU

Enhancement Performance of Gas Turbine Power Plant by Using Chiller Absorption

(Case Study : PLTG Balai Pungut Duri)

MUFADHDHAL MUSYARY

NIM :11655101271

Date of examimation :June 14th, 2022

Electrical Engineering Study Program

Faculty of Science and Technology

Sultan Syarif Kasim State Islam University of Riau

ABSTRACT

PLTG Balai Pungut is a Power Plant in Duri that ambient temperature average could reaches 32˚C and it can reduced thermal efficiency of Power Plant approximated 22.64%. This research analyzing performances of Gas Turbine Power Plant by Using Chiller Absorption as one the Inlet Air Cooling Technologies Method. This research aims to analyze performance of Power Plant by mathematical manual method based on the first thermodynamic law, computation mass and energy balance Chiller Absorption, and analyzing performances of Gas Turbine Power Plant integrated Chiller Absorption by using Engineer Equation Solver (EES) Software based on the first thermodynamic law. The result shows that performances of Gas Turbine Power Plant are 13.95MW with 22.33% thermal efficiency. This results seems equal with actual condition. It shows that the equations used are credible. Further calculated mass and energy balances Chiller Absorption result 2,141 kJ/s cooling capacity, with 0.899kg/s refrigerant flowmass, 3.22 kg/s strong solution of LiBr flowmass, and 4.12 kg/s weak solution of LiBr flowmass, that could utilize 2,482 kJ/s exhaust heat. Last, Chiller Absorption increased total power output Power Plant from 13,969 kJ/s and thermal efficiency 22.64% becomes 15,982 kJ/s with 25.9% thermal efficiency with fuel consumption same as before using Chiller Absorption.

Keywords : *Chiller Absorption,* PLTG, *Efficiency*, EES

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
UIN SUSKA RIAU

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

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalammu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillahi rabbil 'alamin, segala puji dan syukur selalu tercurah kehadirat Allah Swt atas limpahan Rahmat, Nikmat, Ilmu, dan Karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat mengerjakan dan akhirnya menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **"PENINGKATAN PERFORMA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS MENGGUNAKAN CHILLER ABSORPTION (Studi kasus : PLTG Balai Pungut Duri)"** sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi. Shalawat beserta salam penulis hadiahkan kepada Nabi Muhammad Shalallahu,,Alaihi Wassalam yang merupakan suri tauladan bagi kita semua, semoga kita semua termasuk dalam umatnya yang kelak mendapat syafa"at dari beliau.

Banyak sekali yang telah penulis peroleh berupa ilmu pengetahuan dan pengalaman selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Elektro. Penulis berharap Tugas Akhir ini nantinya dapat berguna bagi semua pihak yang memerlukannya. PenulisanTugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang setulusnya kepada pihak-pihak yang terkait berikut:

1. Bapak Marzuki dan Ibu Ramiati, selaku orang tua penulis yang selalu mendo'akan dan memberikan dukungan, serta motivasi agar penulis dapat tawakkal dan sabar sehingga sukses memperoleh kelancaran dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Kepada saudara kandung, Yanuar Kharozi, S.Kom, Anggi Sila Mutia yang selalu memberikan dukungan moril dan materil kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Studi ini.
3. Bapak Prof. Dr. KH. Hairunas, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Bapak Dr. Hartono, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Kasim Riau.

5. Ibu Dr. Zulfatri Aini ST.,MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Bapak Sutoyo,ST.,MT, selaku Sekretaris Ketua Program Studi Teknik Elektro FakultasSains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
7. Bapak Ahmad Faizal, ST, MT, selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
8. Bapak Oktaf Brillian Kharisma, ST, MT, selaku Pembimbing akademik saya yang berjasa membimbing dan membina saya dengan penuh perhatian dan kesabaran.
9. Ibu Marhama Jelita, S.Pd, M.Sc, selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu membantu memberikan inspirasi, motivasi, dan kesabaran dalam memberikan arahan maupun kritikan kepada saya dalam menyelesaikan tugas akhir dan membimbing penulis dalam menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) di Program Studi Teknik Elektro.
10. Bapak Dr. Kunaifi ST, PgDipEnSt., M.Sc, selaku Dosen Penguji I dan Ibu Dr. Liliana S.T., M.Eng selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan masukkan berupa kritik dan saran dalam upaya penyempurnaan tugas akhir ini
11. Pimpinan, staff dan karyawan Program Studi Teknik Elektro serta Fakultas Sains dan Teknologi.
12. Keluarga besar Himate Uin Suska yang telah memberikan banyak pengalaman berharga bagi saya
13. Sahabat – sahabat terbaik senasib dan seperjuangan Lutfan Rifa'i, Wahyudi, Ahmad Ridwan Syarif, Aulia Ulhamdi, Azwar Taruna, Lelek serta orang – orang hebat yang telah memberikan dukungan dan motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, terimakasih atas bantuannya.
14. Siapa saja yang pernah bertanya "Kapan wisudanya??", Terimakasih itu menjadi cambukan bagi saya untuk lebih giat lagi.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan serta kesalahan, untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis menerima segala saran serta kritik yang bersifat membangun, agar lebih baik dimasa yang akan datang. Harapan penulis, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis

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.

sendiri khususnya, serta memberikan manfaat yang luar biasa bagi pembaca dimasa mendatang. Amin.

Wassalamu'alaikum wr.wb

Pekanbaru, Juni 2022

Penulis

Mufadhdhal Musyary

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.
Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR PUSTAKA

KATA PENGANTAR vi
DAFTAR GAMBAR xiiii
DAFTAR RUMUS xv
DAFTAR TABEL xvi
BAB I I-1
1.1 Latar Belakang I-1
1.2 Rumusan Masalah I-6
1.3 Tujuan Penelitian I-6
1.4 Batasan Masalah I-6
1.5 Manfaat Penulisan I-6
BAB II II-1
2.1 Penelitian Terkait II-1
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Gas II-4
2.3 Komponen Utama PLTG II-5
2.4 Siklus PLTG II-7
2.5 Metode Inlet Air Cooling Technologies (IACT) II-9
2.5.1 System Integrated with Evaporator Media II-9
2.5.2 System Integrated with Fogging Unit II-9
2.5.3 System Integrated with Mechanical Chiller II-10
2.5.4 System Integrated with Chiller Absorption II-11
2.5.5 System Integrated with a Thermal Energy Storage II-11
2.6 Chiller Absorption II-12
2.7 Siklus Pendingin Absorpsi II-13
2.8 Hukum Termodinamika II-17
2.8.1 Hukum Awal Termodinamika (*Zeroth Law*) II-17
2.8.2 Hukum Pertama Termodinamika II-17
2.8.3 Hukum Kedua Termodinamika II-18
2.8.4 Hukum Ketiga Termodinamika II-18
2.9 Potensi Panas Buang PLTG II-19
2.10 Kebutuhan Pendingin Temperatur *Inlet* PLTG II-19
2.10.1 Laju Massa Udara Kering II-19
2.10.2 Kebutuhan Pendingin II-20
2.11 Temperatur pada masing – masing Komponen *Chiller Absorption* II-20

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
UIN SUSKA RIAU

2.11.1 Temperatur Generator II-20
2.11.2 Temperatur Kondensor II-21
2.11.3 Temperatur *Evaporator* II-21
2.11.4 Temperatur Tabung *Absorber* II-22
2.12 Kesetimbangan Massa dan Energi pada *Chiller Absorption* II-22
2.12.1 Evaporator II-23
2.12.2 Tabung *Absorber* II-24
2.12.3 Entalpi Larutan LiBr II-25
2.12.4 Heat Exchanger II-25
2.12.5 *Generator* / *Concentrator* II-26
2.12.6 Kondensor II-27
2.12.7 Katup Ekspansi II-28
2.12.8 Solution Pump II-28
2.12.9 Cooling Tower II-29
2.12.10 Penentuan Variabel berdasarkan Katalog II-29
2.13 Kinerja PLTG setelah penggunaan *Chiller Absorption* II-31
2.13.1. Kondisi Udara Lingkungan sesuai ISO II-31
2.13.2. Laju Massa Udara pada Kondisi ISO II-32
2.13.3. Kinerja Kompressor II-32
2.13.4. Kalor Ruang Bakar II-33
2.13.5. Turbin Gas II-33
2.13.6. Generator II-34
2.13.7. Efisisensi PLTG II-34
2.14 EngineeringEquation Solver (EES) II-34
BAB III III-1
3.1 Jenis Penelitian III-1
3.2 Prosedur penelitian III-1
3.3 Identifikasi Masalah III-3
3.4 Studi Literatur III-4
3.5 Pengumpulan Data III-4
3.5.1. Data Spesifikasi PLTG III-4
3.5.2. Data Pengoperasian PLTG III-6
3.5.3. Data Konsumsi Bahan Bakar III-7

UIN SUSKA RIAU
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.

3.6 Perhitungan Performa PLTG III-9
3.7 Pemrograman dan Validasi *Engineering Equation Solver* (EES) III-10
3.7.1. Pemrograman Engineering Equation Solver (EES) III-10
3.7.2. Menentukan *Unit System* proses Termodinamika III-11
3.7.3. Melakukan Input Data sesuai Keadaan Aktual III-12
3.7.4. Menuliskan Algoritma Persamaan III-12
3.7.5. Hasil Pemrograman III-13
3.7.6. Error III-13
3.7.7. Melakukan Validasi *Software EES* III-14
3.8 Analisis Kesetimbangan Massa dan Energi pada *Chiller Absorption* III-14
3.8.1 Menentukan Unit Sistem *Chiller Absorption* III-15
3.8.2 Melakukan Input data dan pengolahan data *Chiller Absorption* III-15
3.8.3 Perhitungan Siklus Refrigerasi *Chiller Absorption* III-16
3.8.4 Penentuan Variabel berdasarkan Katalog III-16
3.9 Analisis Performa PLTG setelah penggunaan *Chiller Absorption* III-17
3.9.1. Menentukan Unit Sistem PLTG III-17
3.9.2. Melakukan Input data dan pengolahan data PLTG III-17
3.9.3. Perhitngan Performa PLTG III-18
3.10 Mengalami Peningkatan III-19
3.11 Analisis Hasil Penelitian III-20
3.12 Menarik Kesimpulan dan Saran III-20
BAB IV IV-1
4.1 Perhitungan Performa PLTG Balai Pungut Duri sebelum Penggunaan *Chiller Absorption* IV-1
4.1.1 Kompressor IV-1
4.1.2 Ruang Bakar IV-3
4.1.3 Turbin Gas IV-3
4.1.4 Generator IV-5
4.1.5 Potensi Panas Buang PLTG IV-5
4.2 Pemrograman dan Validasi *Software EES* IV-6
4.2.1 Menentukan Unit Sistem Termodinamika IV-6
4.2.2 Melakukan Input Data IV-7
4.2.3 Menuliskan Algoritma Persamaan IV-7
4.2.4 Hasil Pemrograman EES IV-9

UIN SUSKA RIAU
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.

4.2.5 Validasi *Software EES* IV-9
4.3 Kesetimbangan Massa dan Energi *Chiller Absorption* IV-11
4.3.1. Unit sistem Chiller Absorption IV-11
4.3.2. Data Input Chiller Absorption IV-11
4.3.3. Algoritma Perhitungan *Chiller Absorption* IV-23
4.3.4. Hasil Pemrograman *Chiller Absorption* IV-27
4.3.5. Diagram Chiller Absorption IV-28
4.4 Performa PLTG setelah penggunaan *Chiller Absorption* IV-28
4.4.1 Unit Sistem PLTG IV-29
4.4.2 Data Input PLTG IV-30
4.4.3 Algoritma Pemrograman Perhitungan Performa PLTG IV-32
4.4.4 Hasil Pemrograman PLTG IV-42
4.4.5 Diagram PLTG – Chiller Absorption IV-43
4.5 Analisa Hasil IV-44
4.5.1 Analisa Hasil Perhitungan Performa PLTG Balai Pungut IV-44
4.5.2 Analisa Hasil Perhitungan Kesetimbangan Massa dan Energi *Chiller Absorption* menggunakan EES IV-44
4.5.3 Analisa Hasil Perhitungan Performa PLTG setelah penggunaan *Chiller Absorption* IV-45
BAB V V-1
5.1 Kesimpulan V-1
5.2 Saran V-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus PLTG II-5
Gambar 2.2 Diagram P-V dan T-s Siklus Brayton II-9

UIN SUSKA RIAU
© 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.

Gambar 2.3 *Flow Diagram evaporator media* II-9
Gambar 2.4 *Fogging Unit*.....II-10
Gambar 2.5 *Mechanical Chiller* II-11
Gambar 2.6 *Chiller Absorption* II-12
Gambar 2.7 *Thermal Energy Storage* II-12
Gambar 2.8 *Chiller Absorption Single Effect*.....II-13
Gambar 2.9 Diagram T-s *Chiller Absorption*.....II-15
Gambar 2.10 Diagram P-T *Chiller Absorption* II-15
Gambar 2.11 Komponen *Chiller Absorption* II-16
Gambar 2.12 Skema Rangkaian *Chiller Absorption*.....II-23
Gambar 2.13 *Heat Exchanger* Pada *Chiller Absorption*.....II-26
Gambar 2.14 Skema Rangkaian PLTG.....II-32
Gambar 3.1 *Flow Chart* Penelitian III-3
Gambar 3.2 *Flow Chart* Validasi *Software* EES III-11
Gambar 3.3 *Unit System* Pemrogramana EES..... III-12
Gambar 3.4 Data *Input* Pemrograman EES..... III-12
Gambar 3.5 Algoritma Persamaan Pemrograman EES..... III-13
Gambar 3.6 Hasil Pemrograman EES..... III-13
Gambar 3.7 *Error* Pada EES III-14
Gambar 4.1 Unit Sistem Validasi EES..... IV-7
Gambar 4.2 Data Input Validasi EES IV-7
Gambar 4.3 Algortima Persamaan Validasi EES IV-8
Gambar 4.4 Hasil Pemrograman Validasi EES IV-9
Gambar 4.5 *Flow Diagram Chiller Absorption* jurnal rujukan..... IV-9
Gambar 4.6 *Parametric Table* Jurnal Rujukan..... IV-10
Gambar 4.7 Unit Sistem *Chiller Absorption* IV-11
Gambar 4.8 Data Input *Chiller Absorption* IV-11
Gambar 4.9 Property EES *Chiller Absorption* IV-13
Gambar 4.10 *Equilibrium Chart of Aquaous Lithium Bromide solution* Dan *thermophysical properties*..... IV-22
Gambar 4.11 Data Input Keseluruhan *Chiller Absorption*..... IV-22
Gambar 4.12 *Equation Window Chiller Absorption*..... IV-26
Gambar 4.13 Hasil Pemrograman *Chiller Absorption* IV-27
Gambar 4.14 Diagram *Chiller Absorption*..... IV-28

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

Gambar 4.15 Siklus Gabungan *Brayton* PLTG Dan Refrigerasi *Chiller Absorption*.... IV-29
Gambar 4.16 Unit Sistem PLTG..... IV-29
Gambar 4.17 Property EES PLTG..... IV-31
Gambar 4.18 Variabel *Input* PLTG..... IV-32
Gambar 4.19 *Equation Window* Kompressor..... IV-36
Gambar 4.20 *Equation Window* Ruang Bakar..... IV-37
Gambar 4.21 *Equation Window* Turbin Gas IV-41
Gambar 4.22 Alur Perhitungan Performa PLTG..... IV-42
Gambar 4.23 Hasil Pemrograman PLTG Menggunakan EES IV-42
Gambar 4.24 Diagram PLTG – *Chiller Absorption*..... IV-43
Gambar 4.25 Grafik Peningkatan Performa PLTG..... IV-45

UIN SUSKA RIAU
Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim 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.

DAFTAR RUMUS

Persamaan 2.1 Kinerja Kompressor II-7
Persamaan 2.2 Kalor Ruang Bakar II-8
Persamaan 2.3 Kinerja Turbin II-8
Persamaan 2.4 Hukum Pertama Termodinamika II-18
Persamaan 2.5 Potensi Panas Buang PLTG II-19
Persamaan 2.6 Laju Massa Udara Kering II-20
Persamaan 2.7 Kebutuhan Pendingin II-20
Persamaan 2.8 COP II-21
Persamaan 2.9 Temperatur *Evaporator* II-22
Persamaan 2.10 Kalor Pada *Evaporator* II-24
Persamaan 2.11 Laju Massa Refrigerant II-24
Persamaan 2.12 Kesetimbangan Massa dan Energi pada Tabung Absorber II-24
Persamaan 2.13 Hubungan Massa dan Kualitas Larutan pada *Chiller Absorption* II-25
Persamaan 2.14 Hubungan antara Laju Massa Larutan Pekat dan Encer LiBr II-25
Persamaan 2.15 Rasio Laju Massa dan Kualitas LiBr II-26
Persamaan 2.16 Laju Massa Larutan Pekat LiBr II-26
Persamaan 2.17 Kesetimbangan Massa dan Energi pada *Heat Exchanger* II-27
Persamaan 2.18 Kesetimbangan Massa dan Energi pada *Generator* II-27
Persamaan 2.19 Kalor pada Konsendor II-28
Persamaan 2.20 Kesetimbangan Massa dan Energi pada Kondensor II-28
Persamaan 2.21 Kesetimbangan Massa dan Energi pada Katup Ekspansi II-29
Persamaan 2.22 Kesetimbangan Massa dan Energi pada *Solution Pump* II-29
Persamaan 2.23 Kesetimbangan Massa dan Energi pada *Cooling Tower* II-30
Persamaan 2.24 Konsumsi Energi Listrik *Chiller Absorption* II-31
Persamaan 2.25 Debit Kompressor II-33
Persamaan 2.26 Laju Massa Udara pada Kondisi ISO II-33
Persamaan 2.27 Temperatur Keluaran Kompressor II-33
Persamaan 2.28 Laju Massa Total Ruang Bakar II-34
Persamaan 2.29 Temperatur Ruang Bakar II-34
Persamaan 2.30 Temperatur Keluaran Turbin II-34
Persamaan 2.31 Daya Netto PLTG Setelah Penggunaan *Chiller Absorption* II-35
Persamaan 2.32 Efisiensi Termal PLTG Setelah Penggunaan *Chiller Absorption* II-35

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang menyebarluaskan tulisan ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
a. Penggunaannya 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
UIN SUSKA RIAU

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Laju Aliran Energi *Chiller Absorption* Berdasarkan Nomor Seri.....II-31
Tabel 2.2 *Electrical Data Chiller Absorption* Berdasarkan Nomor Seri.....II-31
Tabel 3.1 Data Spesifikasi Komponen PLTG Balai Pungut III-5
Tabel 3.2 Data Pengoperasian PLTG Balai Pungut pada Bulan Juni 2019 ..... III-6
Tabel 3.3 Data Konsumsi Bahan Bakar PLTG Balai Pungut Pada Bulan Juni 2019 ..... III-7
Tabel 3.4 Data Kandungan Bahan Bakar III-8
Tabel 4.1 Persentase *Error* IV-10
Tabel 4.2 Hasil Pemrograman Perhitungan Laju Aliran Energi *Chiller Absorption*..... IV-27
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Performa PLTG IV-43
Tabel 4.4 Perbandingan Performa PLTG IV-44
Tabel 4.5 Perbandingan Performa PLTG Sebelum Dan Setelah Penggunaan *Chiller Absorption*..... IV-45

UIN SUSKA RIAU
Hak cipta dilindungi 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.
Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi listrik di Indonesia selalu meningkat di setiap tahunnya. Hal ini disebabkan karena energi listrik merupakan energi yang sangat penting dalam pembangunan suatu negara. Berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) no.143K/20/MEM/2019 yang membahas tentang Rencana Umum Ketenagalistrikan Tahun 2019 sampai dengan Tahun 2038, memproyeksikan bahwa rata – rata kebutuhan energi listrik Indonesia meningkat 6.9% pertahunnya. Yang mana harus diimbangi dengan tambahan kapasitas pembangkit sebesar 8.5 GW pertahun. Untuk itu pemerintah menargetkan pada tahun 2025 pembangunan Energi Baru Terbarukan mencapai angka minimum 23%, gas sekitar 22%, batubara sekitar 55% dan BBM sekitar 0.4%. Sementara itu pada tahun 2038 ditargetkan pembangunan Energi Baru Terbarukan (EBT) minimum 28%, gas sekitar 25%, batubara sekitar 47% dan Bahan Bakar Minyak (BBM) sekitar 0.1%. Dalam hal ini pemerintah menargetkan bahwa dalam 20 tahun kedepan Indonesia diharapkan mampu mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan batubara namun lebih mengembangkan sektor pembangkitan menggunakan gas dan EBT [1].

Kementerian ESDM menargetkan bahwa Pembangkit Listrik yang memanfaatkan Gas menjadi yang paling banyak digunakan pada masa mendatang. Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM no.143K/20/MEM/2019, pada 20 tahun kedepan ditargetkan Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU), Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) dapat menjadi penyumbang kebutuhan energi listrik nasional sebesar 65 GW. Diikuti oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sebesar 51 GW, Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) 34 GW, Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB) 9 GW, dan Pembangkit Listrik Tenaga EBT lainnya sebesar 10GW [1].

Pada tahun 2019 kondisi penyediaan kebutuhan listrik Indonesia tercatat sebesar 98.30% dari kebutuhan elektrifikasi Indonesia. Artinya masih ada 1.70% dari jumlah penduduk Indonesia yang belum dapat menikmati energi listrik dan angka ini bisa saja bertambah jika kebutuhan energi listrik tidak diikuti dengan penambahan kapasitas pembangkit yang ada di Indonesia. Dari angka tersebut, pulau – pulau diluar pulau Jawa dan Dewata menjadi penyumbang terbesar daerah dengan penduduk yang belum dapat menikmati listrik, termasuk pulau Sumatera yang merupakan daerah penyedia tenaga listrik terbesar kedua di Indonesia

saat ini. Kondisi penyedia tenaga listrik terbesar di Indonesia adalah pada pulau Jawa yang terintegrasi dengan pulau Dewata yaitu sebesar 40.51 GW diikuti dengan Sumatera sebesar 13.41 GW, Sulawesi 5.22 GW, Kalimantan 3.6 GW, Kepulauan Nusa Tengara Timur dan Nusa Tenggara Barat 1.02 GW, dan pulau Papua dan pulau – pulau kecil didaerah Timur Indonesia sebesar 0.698 GW [1].

Dalam hal peningkatan kebutuhan konsumsi energi listrik di pulau Sumatera, Provinsi Riau di proyeksikan menjadi provinsi terbesar kedua yang mengalami peningkatan kebutuhan konsumsi energi listrik yaitu sebesar 13% pada 10 tahun kedepan dan diikuti dengan provinsi jambi dan lampung yang masing – masing akan mengalami peningkatan kebutuhan listrik sebesar 9.6% dan 8.6% dalam 10 tahun kedepan. Angka ini jika tidak diimbangi dengan penyediaan pasokan energi listrik yang cukup dikhawatirkan akan terjadi krisis energi di masa mendatang [1].

Sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka dalam periode 10 tahun ke depan di perlukan tambahan pembangkit rata – rata sekitar 241 MW pertahun dan untuk periode 20 tahun kedepan 466 MW pertahun. Sehingga dengan penambahan pembangkit tersebut, pasokan tenaga listrik di Provinsi Riau akan meningkat sekitar 3.62 GW pada tahun 2028 dan 10.5 GW pada tahun 2038 [1].

Saat ini total Daya Mampu Netto (DMN) pembangkit tenaga listrik di Provinsi Riau adalah sekitar 1.6 GW yang didominasi oleh Pembangkit Pengusahaan PT PLN (Persero) sekitar 917 MW (57%) dan Non PT PLN (Persero) sekitar 691 MW (43%). Berdasarkan jenisnya, Daya Mampu Netto (DMN) pembangkit didominasi oleh Pembangkit Litrik Tenaga Bimassa (PLTBm) sekitar 557 MW (35.9%), PLTG/MG sekitar 454 MW (28.2%), PLTU batubara sebesar 296 MW (18.4%), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) sebesar 141 MW (8.7%), PLTA 114 MW (7.1%), Pembangkit Litrik Tenaga Biogas (PLTBg) 24 MW (1.5%), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 1 MW (0.1%), PLTHybrid sekitar 0.3 MW (0.02%) dan PLTMH sebesar 0.1 MW (0.01%) [1].

Berdasarkan data tersebut, pembangkit listrik yang memanfaatkan gas sebagai bahan bakar merupakan yang terbesar kedua di Provinsi Riau. Angka ini ditargetkan akan terus meningkat dalam 20 tahun ke depan sesuai rancangan Kementerian ESDM pada Kepmen ESDM no.143K/20/MEM/2019. Maka untuk mendukung tercapainya tujuan tersebut perlu ditingkatkan kajian dan pengembangan tentang pembangkit listrik yang memanfaatkan gas sebagai sumber energi, terlebih Provinsi Riau memiliki cadangan gas alam yang cukup besar yaitu 1,093 BCF atau 320,326.68 GWh [1].

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

Saat ini PLN (Persero) sudah menyediakan 6 unit PLTG berkapasitas 20 MW di Provinsi Riau yang salah satunya terletak di Desa Balai Pungut, Kecamatan Pinggir, Kabupaten Bengkalis. Dalam pengoperasiannya, Unit PLTG Balai Pungut hanya beroperasi untuk memenuhi beban puncak sebesar 10MW – 15MW dalam waktu operasi 3 hingga 4 jam perhari. Dalam pengoperasiannya PLTG beroperasi dengan efisiensi thermal yang mampu mencapai 29% dan memiliki panas buang rata – rata mencapai 490°C [2].

Efisiensi termal permbangkit adalah perbandingan antara daya yang dihasilkan pembangkit dengan bahan bakar yang dikonsumsi untuk melakukan kerja. Pada siklus Brayton efisiensi termal pembangkit akan terus menurun seiring bertambahnya usia unit pembangkit. Selain usia pemakaian, faktor lain yang mempengaruhi penurunan performa PLTG secara keseluruhan adalah konsumsi bahan bakar yang memiliki nilai *Air Fuel Ratio* (AFR) rendah, perawatan yang kurang baik, serta yang paling dominan adalah pengaruh temperatur lingkungan yang tinggi [2].

Berdasarkan analisis yang dilakukan penulis, PLTG balai pungut dapat beroperasi hingga pada nilai efisiensi termal sebesar 23,90 % pada musim penghujan di bulan maret 2019 dengan rata – rata temperatur *ambient* sebesar 22 – 27 °C mengalami penurunan hingga 22,64% ketika beroperasi di musim kemarau pada bulan juni 2019 dengan rata-rata temperatur lingkungan 30°C – 35°C.

Teknologi IACT *(Inlet Air Cooling Technology)* merupakan teknik yang paling cocok digunakan untuk mengatasi permasalahan PLTG terkait pengaruhnya terhadap suhu lingkungan. IACT adalah teknik yang merekayasa suhu udara masukan pada turbin gas dalam upaya meningkatkan performa pembakaran. Terdapat lima teknologi IACT yang paling efisien. Yaitu *System Integrated with Evaporator Media, System Integrated with Fogging Unit, System Integrated with Mechanical Chiller, System Integrated with Chiller Absorption, System Integrated with a Thermal Energy Storage*, dimana penggunaan *Mechanical Chiller*, dan *Chiller Absorption*, dinilai yang paling efektif diantara kelimanya karena dapat menurunkan suhu udara inlet sebesar 19.48°C, da 24.48°C dengan kapasitas pendinginan rata – rata sebesar 2000 kJ/s hingga 8000 kJ/s [3].

Dalam salah satu jurnal keluaran *Thermal Department, School of Mechanical Engineering, National Technical University of Athens, Greece,* yang berjudul *CO2 Transcritical Refrigeration Cycle with Dedicated Subcooling: Mechanical Compression vs Absorption Chiller* membandingkan kedua metode tersebut. Perhitungan sirkulasi sistem refrigerasi menggunakan software *Engineering Equation Solver* berdasarkan persamaan hukum termodinamika pertama pada berbagai varian beban. Penilitian ini memperlihatkan

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

bahwa *Mechanical Chiller* mengkonsumsi sedikit lebih banyak energi untuk beroperasi. Dan *Chiller Absorption* mampu mengurangi konsumsi energi sebesar 54% dari total daya netto pembangkit. Sementara *Mechanical Chiller* hanya mampu mengurangi konsumsi energi sebesar 41%. Lalu pada kesimpulannya peneliti lebih merekomendasikan penggunaan *Mechanical Chiller* karena *Chiller Absorption* membutuhkan sumber yang banyak untuk membuang panas ke lingkungan sehingga dinilai kurang cocok diterapkan pada wilayah yang minim sumber air [4].

Kondisi udara lingkungan yang tinggi di daerah sekitar pembangkit Balai Pungut mengakibatkan performa PLTG Balai Pungut juga ikut menurun. Dan saat ini belum ada metode yang digunakan oleh *stakeholder* untuk mengatasi permasalahan terkait kondisi lingkungan di PLTG Balai Pungut Duri. Oleh karena itu, *Chiller Absorption* dapat menjadi solusi yang paling baik mengatasi hal ini terlebih kondisi geografis PLTG yang terletak dekat dengan sumber air dan alat ini mampu memanfaatkan gas buang pembangkit belum dimanfaatkan [5].

Chiller Absorption merupakan salah satu metode *Inlet Air Cooling Technologies* yang bekerja menggunakan siklus refrigerasi berdasarkan hukum termodinamika pertama. *Chiller Absorption* bekerja dengan menyerap panas oleh *concentrator*. Dalam *concentrator* terdapat larutan Li-Br yang bercampur dengan air. Pemanasan ini akan memisahkan LiBr dengan H20 yang berperan sebagai *refirigerant* untuk menghasilkan *output* berupa udara dingin. Setelah melakukan proses evaporasi, refrigerant akan dicampurkan kembali dengan larutan LiBr untuk melakukan sirkulasi ulang [6].

Dalam penggunaannya terdapat dua jenis pasangan refrigerant dan zat penyerap (*absorbent*) yang ada di pasaran, yaitu LiBr sebagai absorber dan H20 sebagai *refrigerant*, serta H2O sebagai absorber dan Ammonia (NH3) sebagai refrigerant. Penggunaan Ammonia (NH3) dan H2O hanya dibatasi untuk digunakan pada sumber panas di bawah 50°C. Sementara LiBr dan H2O dapat memanfaatkan panas diatas 50°C. Dan untuk diterapkan pada PLTG Teluk Balai Pungut yang memiliki panas buang mencapai 490°C dapat digunakan Chiller Absorption dengan LiBr sebagai larutan *absorbent* dan H2O *refrigerant* [7].

Penelitian ini akan menganalisis performa PLTG pada keadaan aktual dan performa PLTG dengan penambahan *Chiller Absorption.* Analisis perhitungan performa PLTG dilakukan menggunakan perhitungan matematis dengan metode hukum termodinamika pertama berdasarkan data *logsheet* dan konsumsi bahan bakar pada bulan Juni 2019 dengan temperatur lingkungan rata – rata 30°C – 35°C. Langkah awal penambahan *Chiller Absorption* dilakukan dengan menghitung potensi panas buang PLTG pada bulan yang sama dengan

UIN SUSKA RIAU
Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
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.

menggunakan persamaan kalor. Setelah mendapatkan nilai panas buang PLTG dilakukan perhitungan kebutuhan pendingin inlet PLTG sehingga dapat disesuaikan dengan *catalog* yang tersedia dipasaran. Perhitungan beban pendingin dilakukan untuk mendapatkan nilai panas yang harus diserap *Chiller Absorption* pada keadaan aktual menjadi keadaan standar ISO 3977-2:1997, yaitu 15˚C temperatur *inlet section* PLTG.

Perhitungan ini dilakukan menggunakan *software (Engineering Equation Solver)* EES dan berdasarkan hukum termodinamikan pertama. Perhitungan kesetimbangan massa dan energi pada *Chiller Absorption* dilakukan dengan menggunakan software EES dengan *input* kalor yang diserap evaporator. *Output* yang dihasilkan pada analisis ini berupa kalor yang bekerja pada masing – masing komponen *Chiller Absorption*. Perhitungan performa PLTG dengan penambahan *Chiller Absorption* dilakukan dengan metode yang sama untuk mengetahui efisiensi thermal dan performa PLTG secara keseluruhan setelah penggunaan *Chiller Absorption.* Analisis ini dilakukan dengan berdasarkan data konsumsi energi yang sama pada saat PLTG beroperasi tanpa penggunaan *Chiller Absorption*. *Output* dari analisis ini adalah perbandingan performa PLTG sebelum dan setelah penggunaan *Chiller Absorption*.

Pemilihan software EES dilakukan karena memiliki kelebihan yaitu mampu menentukan nilai *enthalpy refrigerant* dan *absorben*t secara akurat dengan *input* suhu, tekanan dan kualitas. Selain itu juga software ini bisa menghitung kesetimbangan massa dan energi pada siklus *Brayton* dan siklus refrigerasi *Chiller Absorption* berdasarkan persamaan termodinamika pertama [8].

Berdasarkan penjabaran tersebut untuk dapat memenuhi kebutuhan energi listrik di masa mendatang salah satunya dengan meningkatkan performa unit pembangkit PLTG secara keseluran pada PLTG Balai Pungut, dapat dilakukan sebuah analisis kinerja PLTG dengan penambahan *Chiller Absorbtion* yang memanfaatkan gas buang turbin. Sehingga dalam hal ini penulis tertarik mengangkat penelitian berjudul **"PENINGKATAN PERFORMA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS (PLTG) BALAI PUNGUT DURI MENGGUNAKAN *CHILLER ABSORBTION* ."** Dengan adanya penelitian ini diharapkan PLTG Balai Pungut Duri mampu menjadi satu unit khusus sebagai penyedia energi listrik dan tidak lagi beroperasi pada beban puncak.

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

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana analisis performa Pembangkit Listrik Tenaga Gas Balai Pungut Duri?
2. Bagaimana kesetimbangan massa dan energi pada *Chiller Absorption*?
3. Bagaimana perbandingan performa PLTG di Balai Pungut Duri sebelum dan setelah penggunaan *Chiller Absorption*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Menghasilkan analisis performa Pembangkit Listrik Tenaga Gas Balai Pungut Duri.
2. Mengetahui nilai kesetimbangan massa dan energi pada *Chiller Absorption*.
3. Menghasilkan analisis performa PLTG di Balai Pungut Duri sebelum dan setelah penggunaan *Chiller Absorption*.

1.4 Batasan Masalah

Pembahasan penelitian ini dilakukan dengan batasan masalah sebagai berikut:

1. Data suhu udara yang diambil adalah nilai rata – rata *temperature ambient* pada bulan Juni 2019
2. Dalam melakukan perhitungan proses termodinamika aliran energi dan massa diasumsikan secara *stationer*
3. Dalam penelitian, variabel yang dibutuhkan adalah tekanan, laju massa, temperatur, dan nilai fraksi uap yang didapat dari perhitungan matematis menggunakan software *Engineer Equation Solver* (EES) serta ketentuan dari *table termodinamic properties.*
4. Penelitian ini difokuskan pada analisis performa PLTG menggunakan *Chiller Absorption* dimana alat ini diasumsikan bekerja pada kondisi yang paling prima yaitu pada nilai *Coefficient of Performance* 0.75 menurut AHRI 560-2000
5. *Refrigerant* dan larutan absorbent yang digunakan adalah H2O dan LiBr.

1.5 Manfaat Penulisan

1. Sebagai referensi tambahan bagi peneliti – peneliti berikutnya.
2. Menghasilkan analisis PLTG dengan penambahan Teknologi IACT (*Inlet Air Cooling Technoligy*) yang cocok untuk diterapkan pada PLTG Balai Pungut Duri.
3. Dapat direkomendasikan sebagai solusi meningkatkan performa PLTG yang ada di Provinsi Riau.

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.
Perpustakaan 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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Dalam penelitian tugas akhir dilakukan studi literatur yang merupakan pencarian teori serta referensi yang berhubungan dengan kasus serta permasalahan yang akan di selesaikan. Teori didapat dari jurnal, paper, dan sumber lainnya. Berikut beberapa penelitian yang bersangkutan.

Penelitian yang berjudul "Analisis Pengaruh Temperatur Udara Masukan terhadap Kerja Turbin Gas di PT PLN (PERSERO) Sektor Pembangkitan PLTGU Cilegon". Penelitian ini mengkaji pengaruh variasi temperatur lingkungan siang dan malam hari terhadap penurunan performa komponen PLTG dengan metdoe perhitungan manual siklus *Brayton* berdasarkan hukum termodinamika pertama. Pada hasil perhitungan didapat bahwa performa komponen PLTG secara keseluruhan menghasilkan kerja yang paling rendah saat siang cuaca cerah yaitu pada tanggal 17 Maret 2016 yang beroperasi pada temperatur lingkungan sebesar 30.69°C. Sementara performa yang paling rendah saat beroperasi pada malam hari yaitu pada tanggal 6 Maret 2016 ketika beroperasi pada temperatur lingkungan sebesar 28.28°C. Komponen kompressor bekerja pada performa yang paling rendah di siang hari yaitu sebesar 228.25MW dan pada malam hari sebesar 223.64MW. Komponen ruang bakar bekerja pada performa yang paling rendah di siang hari 543.98 MW, dan pada malam hari sebesar 561.72 MW. Dan pada komponen turbin beroperasi pada performa yang paling rendah di siang hari sebesar 473.68MW sementara pada malam hari sebesar 497.8MW [9].

Penelitian yang berjudul "*Thermodynamic Analysis of Lithrium Bromide-Water (LiBr-H2o) Vapor Absorption Refrigeration System Based on Solar Energy"* meneliti tentang sistem pendingin *Chiller Absorption* dengan panas sumber dari matahari. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat kemungkinan apakah *Chiller Absorption* dapat bekerja dengan bantuan *solar collector*, berdasarkan perhitungan matematis menggunakan hukum termodinamika pertama. Hasilnya, *Chiller Absorption* bisa saja beroperasi dengan bantuan *solar collector*. Hanya saja *Chiller* yang dihasilkan adalah pendingin berkapasitas rendah dengan beban pendingin evaporator 5.25kW serta variasi kalor pada masing – masing komponen yaitu Generator 5.93 kW, kondensor 5.46 kW, dan tabung absorber 5.77 kW. Penelitian juga

menyarankan ada peluang pemanfaatan panas matahari sebagai mesin pendingin dengan penambahan *solar collerctor* dan kajian efisiensi nya [7].

Pada jurnal yang berjudul "*Performance enhancement of gas turbine units by retrofitting with inlet air cooling technologies (IACTs): an hour-by-hour simulation study"* meneliti tentang perbandingan lima jenis alat perekayasa temperatur *inlet* Pembangkit Listrik Tenaga Gas. Penelitian merupakan sebuah studi kasus di PLTG Chabahar Iran. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan perbandingan sistem integrasi diantara kelimanya. Penelitian dimulai dengan melakukan analisis perhitungan performa PLTG dan daya total keluaran PLTG selama satu tahun. Lalu kelima teknologi *IACT* ini di Integrasikan secara bergantian dengan Pembangkit yang sama dengan melakukan simulasi menggunakan software *Transient Simulation Software* (TRNSYS). Penelitian ini memperlihatkan bahwa konfigurasi *System Integrated with Evaporator Media* dan *System Integrated with Fogging Unit* meningkatkan *outpout power* perbulan masing – masing sebesar 3.38% dan 3.73% atau berkisar antara 125.92 MW hingga 130.65 MW untuk *System Integrated with Evaporator Media* dan 125.92 MW hingga 131.2 MW untuk *System Integrated with Fogging Unit*. Konfigurasi *Mechanical Chiller* dapat meningkatkan output power perbulan sebesar 10.62% atau setara dengan meningkatkan kapasitas pembangkitan sebesar 63,606 MW dalam satu tahun. Konfigurasi *Chiller Absorption* meningkatkan *output power* rata – rata perbulan sebesar 19.14% atau setara 114,682 MW selama satu tahun. Dan *System Integrated with a Thermal Energy Storage* meningkatkan *output power* PLTG sebesar 6.88% atau setara dengan 41,208 MW selama satu tahun [3].

Penelitian yang berjudul *Gas turbine efficiency enhancement using absorption chiller. Casestudy for Tashkent Combine Heat and Power (CHP)*, melakukan sebuah analisis pemanfaatan gas buang menggunakan *Chiller Absorption* untuk meningkatkan daya output dan efisiensi pembangkit. Analisis perhitungan siklus brayton, siklus rankine dan siklus refrigerasi dilakukan berdasarkan hukum pertama termodinamika. Analisis *Chiller Absorption* dilakukan pada tiga sumber panas yang berbeda untuk menghasilkan penempatan *Chiller Absorption* yang optimal. Ketiga sumber panas tersebut adalah gas buang PLTG, gas buang PLTG dan *parabolic trough*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa untuk menurunkan tempeartur *inlet air* Pembangkit dari 45°C menjadi keadaan ISO 15°C dibutuhkan *Chiller Absorption* dengan kapsitas pendingin sebesar 4620 kW. Penempatan sistem refrigerasi Chiller Absorption pada gas buang PLTG meningkatkan daya output PLTG dari 24.1 MW menjadi 28.1 MW dengan peningkatan efisensi termal sebesar 34% dari sebelumnya 32%. Pemasangan *Chiller Absorption* dengan gas buang turbin sebagai sumber panas dinilai kurang menguntungkan

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

karena dapat menurunkan efisiensi *Combine Heat and Power (CHP)*. Karena jika *Chiller Absorption* ditempatkan pada gas buang HRSG dapat meningkatkan efisiensi pembangkit dari 74.4% menjadi 81.4%. Dan apabila panas buang HRSG berada dibawah angka 120°C maka dibutuhkan penambahan panas menggunakan solar collector dengan luas area 8064 m^2[10].

Terakhir adalah Penelitian dengan judul "Pemanfaatan panas buang PLTG Pesanggaran Bali untuk Pendingin Ruangan menggunakan *Chiller Absorption*". Secara keseluruhan tulisan ini membahas analisis termodinamika sistem refrigerasi *Chiller Absorption* serta beban pendingin ruangan di sekitar Gedung PLTG Pesanggaran Bali. Metode perhitungan temodinamika dilakukan dengan menggunakan bantuan software *Engineering Equation Solver* (EES) berdasarkan hukum termodinamika pertama, dan analisis beban pendingin ruangan dilakukan audit kelayakan yang diasumsikan berdasarkan 2 skenario, skenario pertama adalah saat beban pendingin pada malam hari yaitu pada pukul 17.00 – 07.00, dan skenario kedua adalah saat beban pendingin pada siang hari yaitu pukul 07.00 – 17.00. Berdasarkan hasil perhitungan untuk skenario pertama dibutuhkan unit *Chiller Absorption* dengan kapasitas pendingin sebesar 1476 kW yang memanfaatkan panas buang PLTG sebsar 1917 kW. Dan untuk skenario kedua dibutuhkan *Chiller Absorption* dengan kapasitas pendingin sebesar 824kW yang memanfaatkan panas buang PLTG sebesar 1071 kW. [11].

Berdasarkan penelitian – penelitian diatas, penelitian [9] memperlihatkan penurunan perfroma komponen PLTG akibat pengaruh variasi temperatur lingkungan. Penelitian [9] tidak sampai pada solusi megatasi permasalahan tersebut. Sedangkan pada jurnal [7] melakukan sebuah analisis termodinamika *Chiller Absorption* yang bisa dijadikan salah satu solusi mengatasi pengaruh temperatur lingkungan terhadap performa PLTG. Namun penelitian ini hanya sampai pada sebuah perancangan sistem pendingin udara berkapasitas rendah yaitu 5.2kW. Penelitian [3] melakukan sebuah analisis kombinasi PLTG dan sistem refrigerasi dengan membandingkan kelima metode *Inler Air Cooling Technologies (IACT)* yang ada, yang mana sampai pada kesimpulan bahwa *Chiller Absorption* adalah metode yang paling efektif digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas. Penelitian [10] memperlihatkan bahwa penggunaan *Chiller Absorption* dapat meningkatkan performa PLTG pada standar ISO 3977-2 1997, dan juga *Chiller Absorption* dapat digunakan pada gas buang HRSG. Hanya saja jika temperatur gas buang dibawah 120°C perlu adanya penambahan *solar collector* untuk penambahan panas sumber panas *Chiller Absorption*. Penelitian [11] merupakan sebuah analsis pemanfaatan gas buang turbin menggunakan *Chiller Absorption* sebagai pendingin ruangan di gedung sekitaran PLTG Pesanggaran Bali. Namun pada simulasi di asumsikan bahwa *Chiller Absorption* tidak mengkonsumsi energi listrik selama proses refrigerasi berlangsung.

UIN SUSKA RIAU
Hak cipta dilindungi Undang-Undang
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

Dikarenakan kondisi temperatur lingkungan pada jurnal [5] tidak sama dengan yang ada di Indonesia terutama pada PLTG Balai Pungut, untuk itu peneliti menawarkan metode penyesuaian penggunaan *Chiller Absorption* berdasarkan beban pendingin *inlet section* PLTG Balai Pungut sehingga menghasilkan analisis *Chiller Absorption* yang sesuai dengan kebutuhan pendingin PLTG yang bersangkutan. Penyesuaian dilakukan dengan cara memadukan metode perhitungan beban pendingin ruangan pada jurnal [11] untuk diterapkan pada perhitungan beban pendingin *inlet section* PLTG. Variabel yang ditambahkan untuk melakukan perhitungan ini adalah nilai COP *Chiller Absorption*, dan kebutuhan pendingin *inlet section* ($\bar{Q}_{evap}$).

Selain itu, energi listrik yang dibutuhkan *Chiller Absorption* untuk melakukan *starting up*, serta beban kerja *pumping unit*, merupakan salah satu parameter kerja sistem yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan daya *output* generator berdasarkan hukum termodinamika pertama. Untuk itu pada penelitian ini ditambahkan parameter konsumsi energi listik yang dibutuhkan *Chiller Absorption* untuk melakukan siklus refirgerasi *Chiller Absorption* ($\dot{E}_{ca}$).

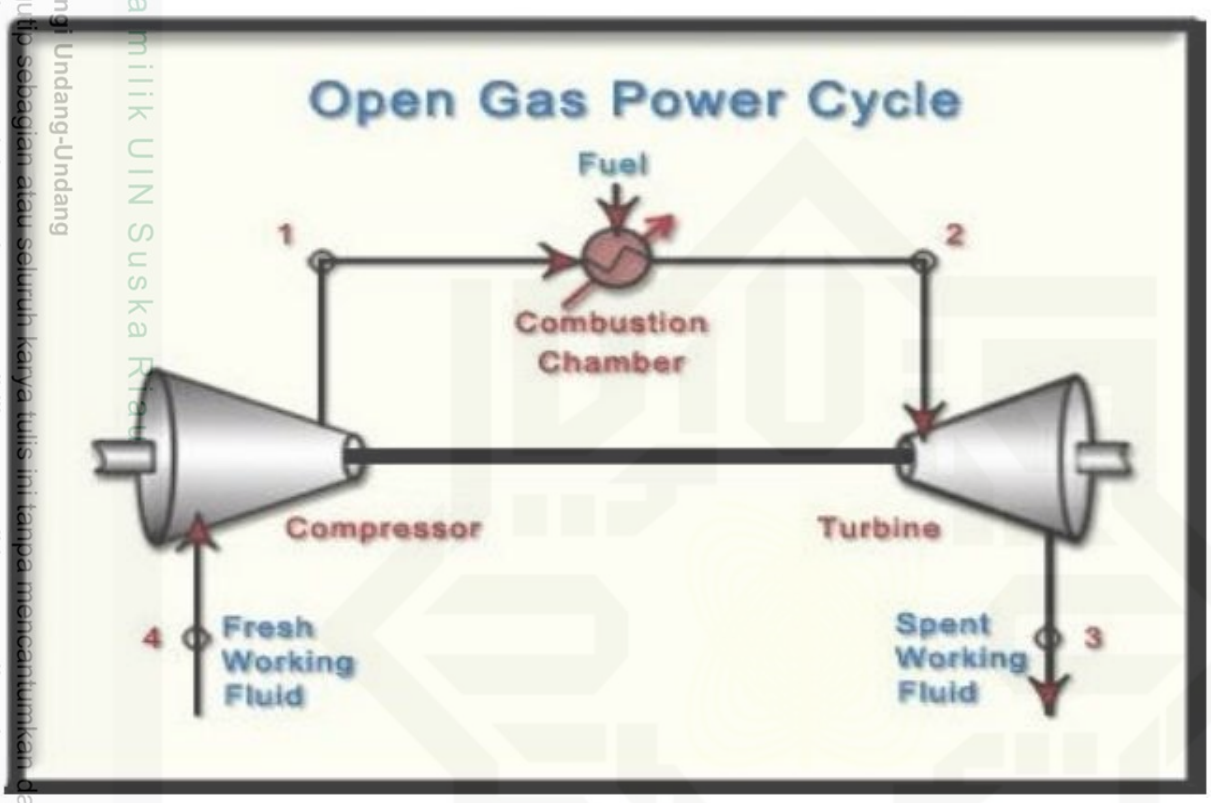
Penelitian diawali dengan perhitungan pengoperasian PLTG sebelum penggunaan *Chiller Absorption*. Lalu melakukan perbandingan hasil perhitungan dengan keadaan aktual. Hasilnya akan terlihat bahwa persamaan yang digunakan cukup kredibel apabila hasil yang didapat mendekati keadaan aktual. Kemudian dilakukan analisis perhitungan kesetimbangan massa dan energi pada *Chiller Absorption* berdasarkan hukum termodinamika pertama menggunakan *software EES*. *Output* pada perhitungan ini ialah laju aliran. Langkah terakhir adalah melakukan perhitungan siklus *Brayton* PLTG dengan penggunaan *Chiller Absorption* dengan bantuan *software EES* berdasarkan hukum termodinamika pertama. Berdasarkan hasil yang didapat, kemudian dilakukan perbandingan perhitungan performa PLTG sebelum dan setelah penggunaan *Chiller Absorption* dengan konsumsi bahan bakar yang sama. Pada bagian ini parameter yang dibandingkan adalah kinerja pada masing – masing komponen utama PLTG yaitu kompressor, ruang bakar, turbin gas, daya *Netto* serta efisiensi PLTG.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Gas

Pembangkit Listrik Tenaga Gas merupakan pembangkit yang menggunakan turbin gas sebagai penggerak generatornya, dimana turbin ini di gerakkan oleh energi mekanik yang dihasilkan oleh pembakaran gas pada ruang pembakaran. Secara sederhana PLTG tersusun dari beberapa komponen utama yaitu compressor, ruang bakar, dan turbin. Kompresor berfungsi

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

untuk meningkatkan tekanan bahan bakar untuk kemudian dialirkan ke ruang bakar. Pembakaran gas tersebut menghasilkan energi mekanik dengan daya yang cukup sehingga mampu menggerakkan turbin yang terhubung pada generator listrik. Sehingga generator mampu menghasilkan listrik [5].



Gambar 2.1 Siklus PLTG [5]

2.3 Komponen Utama PLTG

Secara umum unit Pembangkit Listrik Tenaga Gas memiliki komponen – komponen utama sebagai berikut:

1. Diesel Start

Diesel Start merupakan mesin penggerak awal untuk memutar poros rotor turbin. Alat ini terhubung ke Torque Converter, kemudian ke poros turbin melalui kopling. Diesel Start akan bekerja dan memutar turbin hingga 2800 rpm. Setelah pada kondisi 2800 rpm kopling akan terlepas dan Diesel Start akan berhenti bekerja [5].

2. *Torque Converter*

Ketika Diesel Start beroperasi, *Torque Converter* akan membantu menaikkan putaran Diesel Start hingga pada putaran poros 2800 rpm [5].

3. *Accessories Gear*

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
UIN SUSKA RIAU

Accessories Gear merupakan kumpulan roda gigi yang terhubung langsung dengan rotor turbin [5].

4. *Inlet Air Section*

Inlet Air Section berfungsi sebagai penyaring kotoran dan debu yang terbawa dalam udara sebelum masuk ke kompressor. Alat ini beroperasi agar ketika memasuki proses kompresi kandungan oksigen dalam udara menjadi jenuh sehingga mengurangi pootensi terjadinya kerusakan pada kompressor [5].

5. Kompressor

Kompressor berfungsi untuk menyerap udara dari *Inlet Air* lalu menaikkan tekanan udara pada nilai tekanan yang dibutuhkan, sehingga pada proses pembakaran dapat menghasilkan gas panas yang bertekanan tinggi [5].

6. *Combustion Chamber*

Combustion Chamber merupakan komponen yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya permbakaran antara udara dan bahan bakar yang tercampur untuk menghasilkan gas panas bertekanan tinggi. Energi kinetik yang dihasilkan dari tekanan gas panas dimanfaatkan untuk menggerakkan *rotor* turbin [5].

7. Turbin Gas

Turbin gas merupakan komponen yang merubah energi kinetik dari gas panas menjadi energi mekanik yang digunakan untuk memutar turbin. Dari daya total yang dihasilkan kira – kira 60% digunakan untuk memutar kompressornya sendiri, dan sisanya untuk kerja yang dibutuhkan [5].

8. *Load Gear*

Alat ini merupakan penghubung antara poros turbin dan poros generator. Load Gear bekerja dengan menurunkan putaran turbin dari 5100 rpm menjadi 3000 rpm yang digunakan untuk memutar poros generator [5].

9. *Generator*

Generator merupakan komponen yang merubah energi mekanik dari turbin menjadi energi listrik. Turbin yang terhubung dengan generator melalui *Load Gear* digunakan untuk memutar poros generator, selanjutnya dari putaran poros generator inilah yang menghasilkan energi listrik [5].

10. *Bearing*

Bearing merupakan bantalan rotor yang berfungsi untuk meredam vibrasi. *Bearing* terdapat pada *accessories gear* dan kompressor, antara turbin dan *load gear*, dan setelah *generator* [5].

UIN SUSKA RIAU
Hak cipta Dilindungi Undang-Undang
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
. Dilarang mengumumkan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

11. *Exhaust Section*

Exhaust Section merupakan saluran pembuangan gas sisa pembangkit yang keluar dari turbin. Sebelum terbuang ke atmosfer gas sisa ini dapat diukur dengan *exhaust thermocouple* [5].

2.4 Siklus PLTG

Pembangkit Listrik Tenaga Gas bekerja berdasarkan siklus Brayton. Siklus Brayton bekerja dengan tiga komponen utama yaitu kompressor, ruang bakar, dan turbin dengan udara sebagai media kerja. Proses termodinamika yang terjadi pada siklus Brayton ideal adalah sebagai berikut:

a. Proses Kompresi Isentropik (1-2) : Udara dari atmosfer diserap kedalam sistem pembangkit melalui saluran udara *inlet*, pada kompressor udara dikompresi dengan menyempitkan volume ruang sehingga terjadi peningkatan tekanan. Proses ini tidak diikuti dengan perubahan entropi sehingga disebut proses isentropik [13].

Proses termodinamika yang terjadi pada kompressor dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\dot{W}_{comp} = \dot{m}_{comp}\ x\ (h_2 - h_1) \qquad (2.1)$$

Dimana,

$\dot{W}_{comp}$ = Kerja kompressor (kJ/s)

$\dot{m}_{comp}$ = Laju massa aliran udara (kg/s)

h_2 = Entalpi keluaran kompressor (kJ/kg)

h_1 = Entalpi udara awal (kJ/kg)

b. Proses Isobarik (2-3) : Udara hasil kompresi yang memiliki tekanan tinggi masuk ke ruang bakar bersamaan dengan bahan bakar, sehingga terjadi proses pembakaran. Udara menyerap energi panas hasil pembakaran, meningkatkan temperatur dan menambah volume udara. Pada proses ini tidak terjadi peningkatan tekanan udara karena udara hasil proses pembakaran bebas berekspansi ke sisi turbin. Karena tekanan yang konstan inilah disebut sebagai isobarik [13].

Proses termodinamika yang terjadi pada ruang bakar dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:[13]

Hak cipta dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang menggunakan seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Penggutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Penggutipan 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
UIN SUSKA RIAU

$$\bar{Q} = \dot{m}_{bb}\ x\ LHV \quad (2.2)$$

Dimana

$\bar{Q}$ = Kalor pada ruang bakar (kJ/s)

$\dot{m}_{rb}$ = Laju massa ruang bakar (kg/s)

LHV = Nilai Kalor (kJ/kg)

c. Proses Ekspansi Isentropik (3-4) : Udara bertekanan hasil proses *combustion* berekspansi melewati turbin. Melalui sudu – sudu turbin yang merupakan *nozzle* – *nozzle* kecil yang berfungsi mengubah tekanan udara menjadi energi kinetik. Sebagian energi yang dihasilkan turbin digunakan untuk memutar kompressor. Sebagiannya lagi dikonversi menjadi energi listrik melalui generator [13].

Proses termodinamika yang terjadi pada turbin dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:[13]

$$\dot{W}_t = \dot{m}_{rb}\ x\ (h_3 - h_4) \quad (2.3)$$

Dimana

$\dot{W}_t$ = Kerja turbin gas (kJ/s)

$\dot{m}_{rb}$ = Laju massa ruang bakar (kg/s)

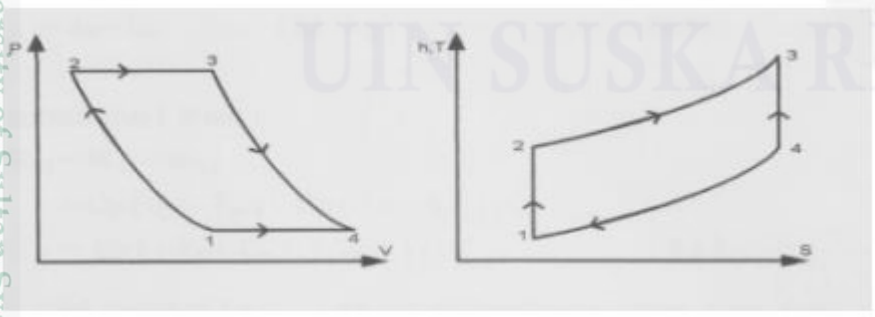
cp_g = Kalor jenis gas (kJ/kgK)

h_3 = Entalpi masuk turbin gas (kJ/kg)

h_4 = Entalpi keluaran turbin gas (kJ/kg)

d. Proses pembuangan panas (4-1) : pada siklus Brayton ideal udara yang keluar dari turbin masih menyisakan energi panas. Energi panas ini diserap oleh udara bebas dan kembali pada siklus (1-2) [13].

Adapun diagram P – V dan T – S siklus Brayton ideal adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2 Diagram P-V Dan T-s Siklus Brayton [13]

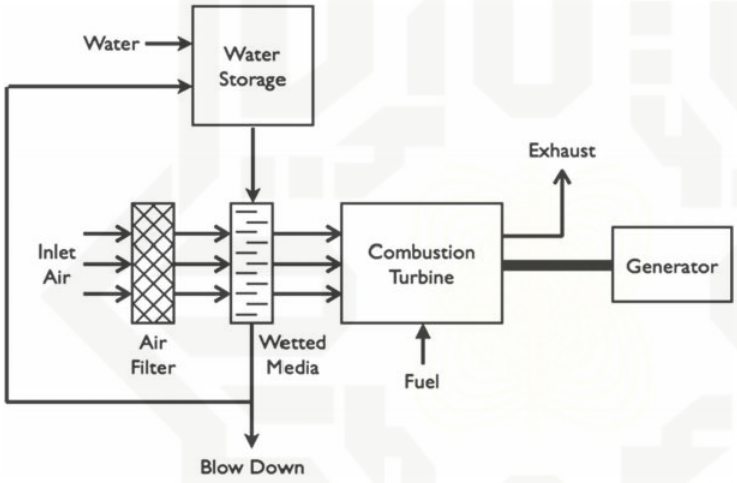
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan 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
UIN SUSKA RIAU

2.5 Metode Inlet Air Cooling Technologies (IACT)

IACT adalah sebuah metode untuk mengatasi permasalahan turbin gas yang dipengaruhi oleh cuaca panas. Secara sederhana teknologi ini bekerja dengan merekayasa kondisi temperatur udara masukan menjadi lebih rendah. Terdapat lima Teknologi IACT yang biasa digunakan pada PLTG maupun PLTGU, yaitu : [3].

2.5.1 System Integrated with Evaporator Media

Sistem ini bekerja dengan mendinginkan *inlet air* dengan bantuan *evaporator water* yang disediakan oleh *water panel*. Udara di desain melewati pipa berisi air pendingin. Sebagian air menyerap panas *sensible* dan meningkatkan kelembaban udara. Air yang mengalami proses evaporasi didinginkan kembali memasuki *water panel* [3].



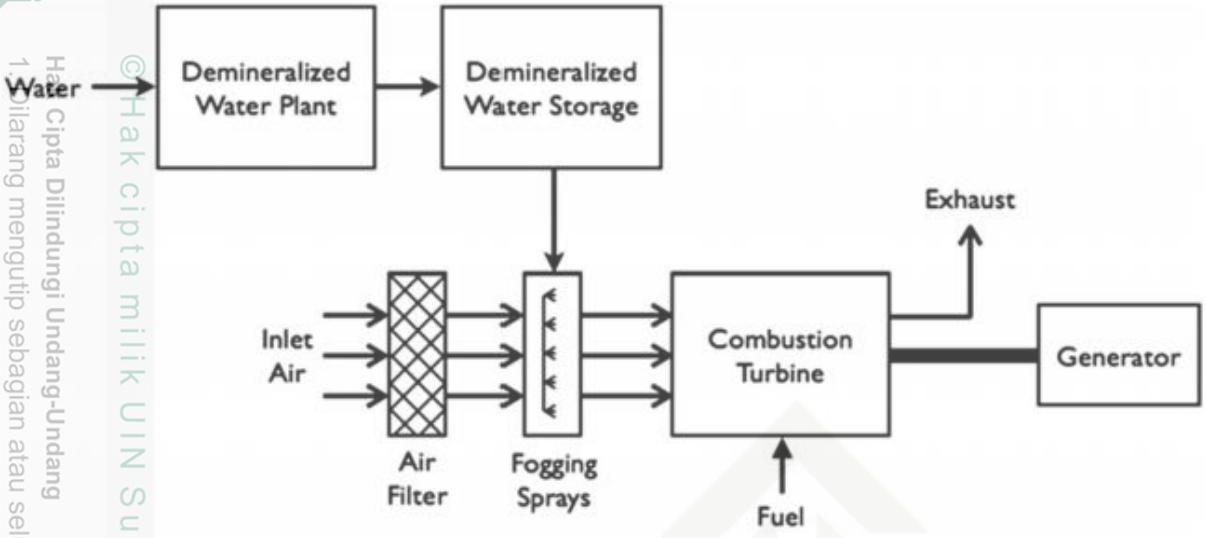
Gambar 2.3. *Flow Diagram Evaporator Media* [3]

2.5.2 System Integrated with Fogging Unit

Sistem ini bekerja dengan cara menyemprotkan yang telah mengalami proses atomisasi ke saluran *inlet* pembangkit. Air akan menguap dengan cepat dan mendinginkan saluran *inlet*. Air yang digunakan adalah air hasil proses demineralisasi. Tekanan air dinaikkan hingga 70 sampai 200 bar sebelum disemprotkan ke saluran *inlet* melalui *nozzle* [3].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

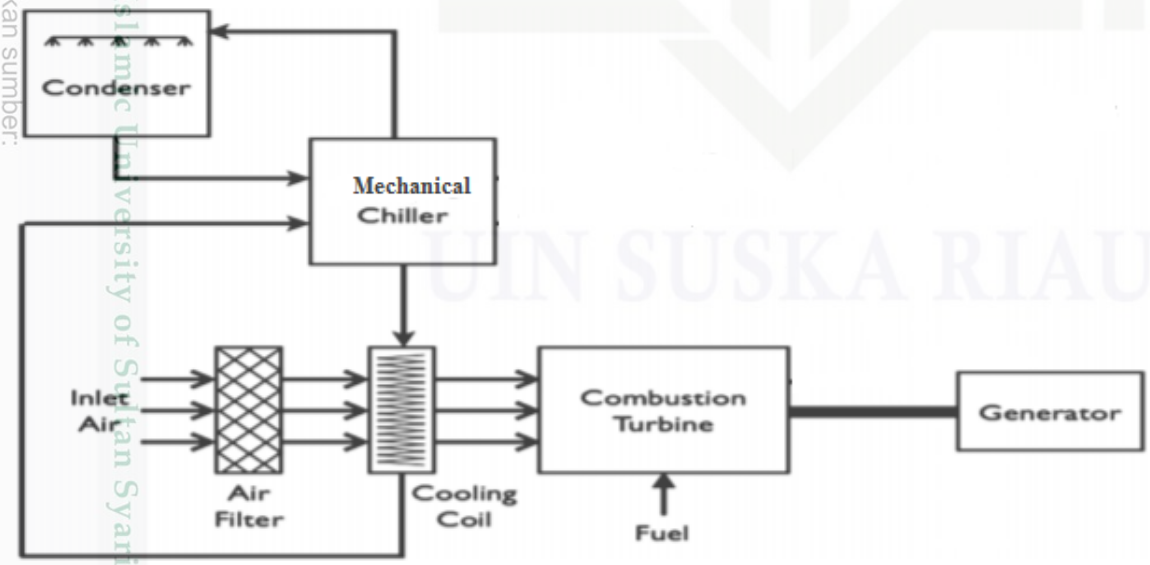
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan 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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU



Gambar 2.4. *Fogging Unit* [3]

2.5.3 System Integrated with Mechanical Chiller

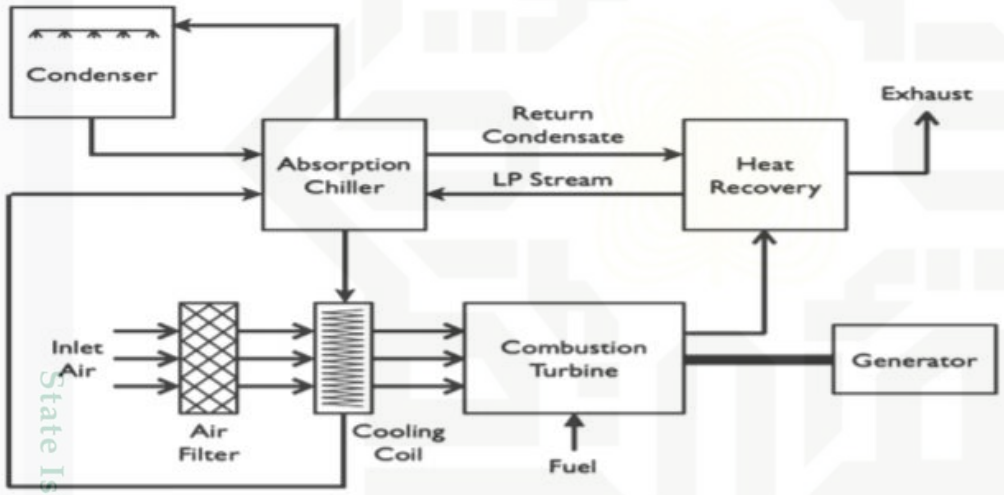
Sistem ini menggunakan kompressor untuk menggerakkan fluida *refrigerant*. Fluida dialirkan menuju kondensor untuk melakukan proses kondensasi sehingga menghasilkan fluida bersuhu rendah. Temperatur fluida biasanya akan menurun sebesar 21°C - 27°C. Fluida kerja yang masih bertekanan tinggi dialirkan melewati katup ekspansi menghasilkan fluida bersuhu rendah dan bertekanan rendah. Fluida inilah yang digunakan untuk menurunkan temperatur udara *inlet* pembangkit. Fluida hasil proses evaporasi dialirkan kembali menuju kompressor sehingga proses pendingin berlanjut. Fluida kerja yang digunakan biasanya adalah *Refrigerant* R-134a dan *Refrigerant* R-22[3].



Gambar 2.5. *Mechanical Chiller* [3]

2.5.4 System Integrated with Chiller Absorption

Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan zat penyerap panas (*absorbent*) untuk menggerakkan fluida kerja. Absorbent menyerap panas dari sumber hingga memisahkan campuran absorbent dan fluida kerja. Fluida kerja yang terpisah dengan absorbent dialirkan menuju kondensor. Proses ini menghasilkan fluida bersuhu rendah dan bertekanan tinggi. Fluida ini dialirkan melewati katup ekspansi untuk menurunkan tekanannya. Fluida bersuhu rendah bertekanan rendah disemprotkan ke *water chiller* pada evaporator. Water chiller inilah yang digunakan untuk menurunkan temperatur saluran *inlet* pembangkit. Uap hasil evaporasi didistribusikan kembali menuju cairan absorbent yang terkumpul pada komponen absorber sehingga proses dapat berlangsung kembali. Terdapat dua kombinasi *absorbent* dan *refrigerant* yang bisa digunakan. Yaitu LiBr – H2O , dan H2O – NH3 dengan air sebagai *absorbent* dan NH3 sebagai *refrigerant* [3].



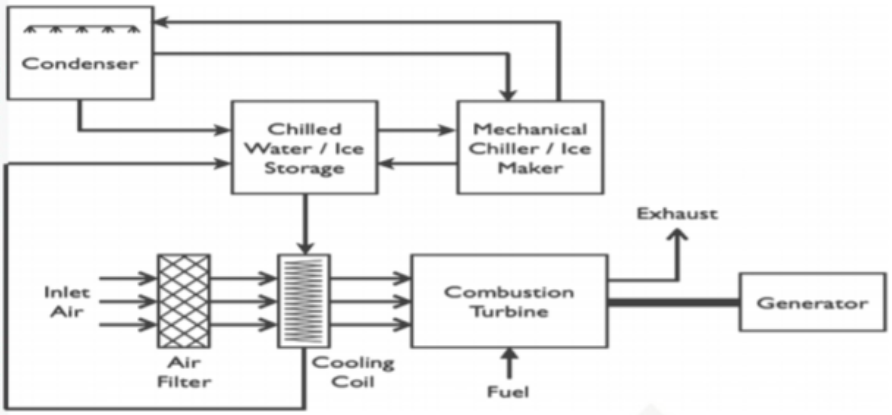
Gambar 2.6. *Chiller Absorption* [3]

2.5.5 System Integrated with a Thermal Energy Storage

Sistem ini menggunakan panas sensibel air untuk mendinginkan *inlet section.* Alat ini menyimpan air yang sudah didinginkan oleh kondensor dan digunakan untuk mendinginkan inlet pembangkit ketika pada kondisi *on-peak* [3].

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang menggunakan 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 Syarif Kasim Riau
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.

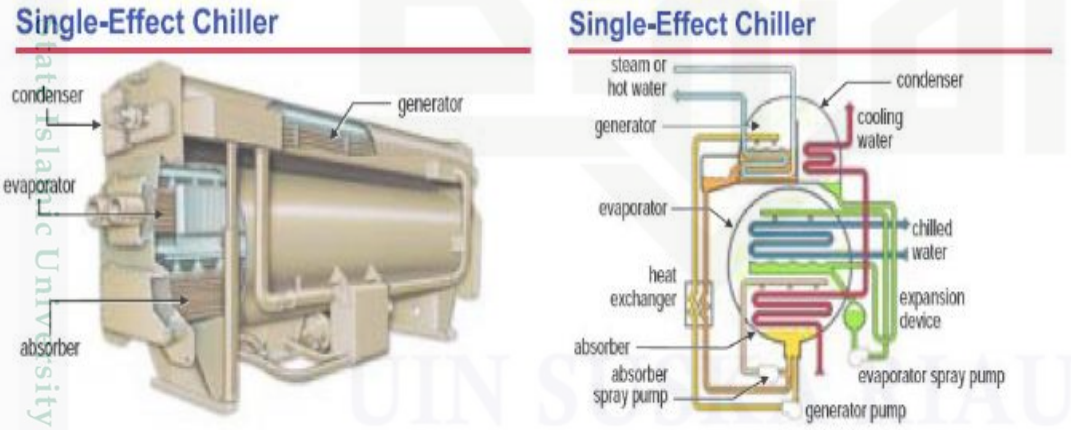


Gambar 2.7. *Thermal Energy Storage* [3]

2.6 Chiller Absorption

Chiller Absorption adalah salah satu IACT yang dianggap paling menguntungkan dari segi penggunaannya karena diperkirakan dapat mampu menurunkan temperatur udara masukan hingga pada suhu 15°C. Secara umum alat ini bekerja dengan memanfaatkan bantuan panas buang turbin gas. Panas buang tersebut dikonversi menjadi energi mekanik yang cukup untuk menggerakkan mesin pendingin. Keunggulan lain dari metode ini adalah mampu mengurangi terjadinya peningkatan suhu disekitar area pembangkit, karena sebagian energi panas sudah terkonversi menjadi energi mekanik, dan aliran panas buang dibuang menjauhi area pembangkit [6].

Berikut adalah komponen utama *Chiller Absorption*:[6]



Gambar 2.8. *Chiller Absorption Single Effect* [6]

a. Generator/Consentrator

Fungsi dari generator adalah menyerap panas dari gas buang. Dikatakan sebagai generator karena alat ini mampu membangkitkan energi mekanik fluida kerja untuk kemudian dialirkan ke kondensor [6].

b. Kondensor

Kondensor adalah alat untuk menurunkan suhu fluida serta merubah fasa fluida menjadi cair. Untuk membuang panas ke lingkungan kondensor membutuhkan cooling tower sebagai media pendingin *refrigerant.* Proses kondensasi menghasilkan refrigerant bersuhu rendah dan bertekanan tinggi [6].

c. Katup Expansi

Fluida bersuhu rendah namun masih bertekanan tinggi diturunkan tekanannya menggunakan katup expansi. Alat ini bekerja dengan melebarkan volume ruang pada fluida kerja sehingga fluida mengalami penurunan tekanan [6].

d. Evaporator

Evaporator berfungsi untuk mengembalikan kembali fluida menjadi uap dengan menyerap energi dari lingkungan. Fluida akan di semprotkan kembali dengan cairan LiBr sehingga sirkulasi dapat terus berulang [6].

e. Cooling Tower

Cooling Tower adalah alat yang berfungsi untuk menurunkan suhu fluida kerja pada condenser. Selain itu juga cooling tower digunakan untuk menurunkan suhu absorber. Hal ini bertujuan untuk menjaga kualitas larutan LiBr-H2O agar tidak melewati batas critical condition yaitu pada kualitas 7.0 [6].

2.7 Siklus Pendingin Absorpsi

Sistem pendingin absorpsi bekerja berdasarkan siklus refrigerasi. Berikut siklus refrigersai yang terjadi pada sistem pendingin absorpsi:

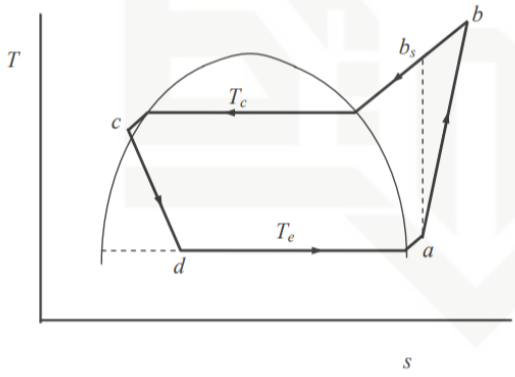
a. Proses (1-2) / (1-3) : Pada bagian ini terjadi penambahan panas secara isobarik dari panas buang turbin. Larutan *absorbent* yang berfungsi sebagai penyerap akan terpisah dengan *refrigerant* dan mengalir menuju tabung absorber (1-2). Sementara refrigerant yang terpisah akan menguap dengan tekanan yang sama menuju kondensor (1-3) [6].
b. Proses (3-4) : *Refrigerant* yang berbentuk uap memiliki tekanan dan temperatur yang tinggi akibat proses penambahan panas. Pada bagian ini *refrigerant* mengalami proses kondensasi secara isobarik sehingga menghasilkan *refrigerant* berbentuk cair bersuhu rendah dan bertekanan tinggi [6].
c. Proses (2-7) : Larutan *absorbent* yang terpisah dengan *refrigerant* mengalami peningkatan konsentrasi. Untuk memperlancar proses sirkulasi digunakan katup ekspansi

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.

untuk menurunkan tekanannya. Pada bagian ini terjadi ekspansi isentropis sehingga memperbesar volume dan tekanan larutan absorbent [6].

d. Proses (4-5) : Merupakan proses ekspansi isentropis refrigerant cair. *Refrigerant* hasil kondensasi masih memiliki tekanan tinggi. Untuk itu diperlukan penurunan tekanan *refrigerant* agar proses evaporasi dapat berlangsung dengan maksimal [6].
e. Proses (5-6) : Saat di evaporator, *refrigerant* bersuhu rendah dan bertekanan menyerap panas dari lingkungan, dalam hal ini merupakan *inlet section* pembangkit. Pada bagian ini terjadi proses penambahan panas *refrigerant* secara isobarik. Sehingga merubah fasa *refrigerant* menjadi uap namun masih berada pada tekanan rendah [6].
f. Proses (6-8) / (7-8) : Uap *refrigerant* hasil evaporasi dialirkan menuju tabung absorber. Dalam tabung absorber *refrigerant* kembali bercampur dengan larutan absorbent sehingga menghasilkan larutan *absorbent* encer. Larutan campuran ini mengalami proses pelepasan energi panas secara isobarik dengan bantuan *cooling tower*. sehingga menghasilkan larutan bertekanan rendah dan bersuhu rendah [6].
g. Proses (8-1) : Larutan LiBr-H2O dialirkan kembali menuju generator untuk mengulang siklus refrigerasi. Pada bagian ini terjadi proses kompresi isentropik sehingga meningkatkan tekanan larutan namun masih dalam keadaan temperature yang sama[6].

Berikut adalah diagram P-T dan T-s siklus refrigerasi *Chiller Absorption*:



Gambar 2.9. Diagram T-s *Chiller Absorption* [14]

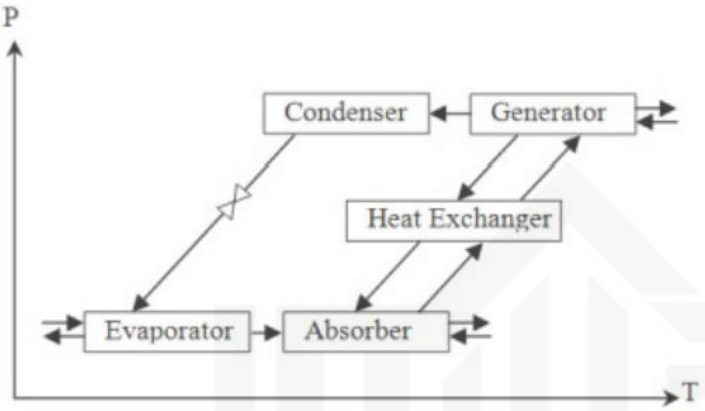
Diagram T-s menggambarkan hubungan antara temperatur dan spesifik entropi pada suatu siklus. Diagram diatas bekerja berdasarkan siklus refrigerasi *Chiller Absorption* [14].

Titik (a-b) merupakan proses penyerapan energi dari lingkungan yang menyebabkan peningkatan temperatur dan entropi. Pada titik (b-c) terjadi proses kondensasi yaitu pelepasan energi ke lingkungan (Q_c). Titik (c-d) merupakan ekspansi isentropik pada katup ekspansi yang

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.
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

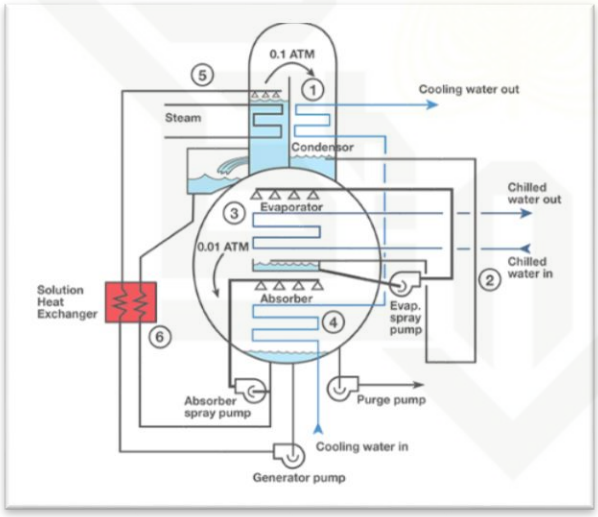
menurunkan tekanan fluida. Dan titik (d-a) merupakan proses evaporasi pada temperatur yang sama dan meningkatkan entropi [14].

Berikut diagram P-T siklus refrigerasi *Chiller Absorption*



Gambar 2.10. Diagram P-T *Chiller Absorption* [14]

Dibawah ini merupakan penjelasan spesifik proses kerja pendingin absorpsi pada masing – masing komponen:



Gambar 2.11 Komponen *Chiller Absorption* [14]

1. Condensor : Fluida yang didinginkan dengan bantuan Cooling tower berubah fasanya menjadi liquid. Namun pada condenser, fluida yang dihasilkan masih memiliki tekanan tinggi sehingga dibutuhkan katup expansi untuk menurunkan tekanannya [14].

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

2. Katup Ekspansi: Katup ini terletak setelah condenser sebelum evaporator yang befungsi untuk menurunkan tekanan fluida kerja agar mempermudah proses seprai pada evaporator [14].
3. Evaporator: Fluida cair bertekanan rendah akan memperlama proses perpindahan panas yang terjadi pada fluida. Air dingin tersebut dikontakkan langsung dengan udara sehingga menurunkan suhu udara dengan bantuan AHU atau Air Handling Unit. Udara bersuhu rendah ini yang digunakan sebagai udara inlet turbin gas. Fluida yang sudah diserap kalornya oleh udara akan mengalami penurunan suhu. Sehingga harus di sirkulasikan kembali ke Absorber atau Generator dengan bantuan Evaporator Spray Pump. Hal ini yang menyebabkan fasa fluida kerja berubah kembali menjadi uap [14].
4. Absorber: absorber adalah alat yang bekerja untuk menampung larutan LiBr pekat dan mencampurkannya dengan H2O yang disemprotkan oleh evaporator agar siklus berulang. Perlu diketahui bahwa sifat LiBr yang apabila berada pada suhu yang sangat tinggi, larutan ini akan mengkristal sehingga pada tabung absorber dikontakkan juga fluida dari *Cooling Tower* untuk menjaga kestabilan suhu larutan [14].
5. Generator : Generator atau *Consentrator* adalah alat yang berfungsi untuk menyerap panas dari gas buang dengan bantuan LiBr yang bercampur dengan H2O. dikatakan sebagai generator atau pembangkit karena alat ini mampu membangkitkan energi mekanik dengan bantuan panas dari luar. LiBr yang dipanaskan tadi akan terpisah dengan H2O sehingga H2O akan menguap dan dialirkan ke kondensor, sementara LiBr akan mengental dan dialirkan kembali ke tabung absorber. Energi mekanik yang didapat dari hasil konversi energi panas ini yang dibutuhkan untuk menggerakkan alat tersebut sehingga siklus dapat berulang secara berkesinambungan [14].
6. *Heat Exchanger* Larutan : Pada pipa aliran antara generator dan absorber dipasangkan Heat Exchanger. Heat Exchanger ini berfungsi untuk menjaga kestabilan suhu larutan. Sehingga pada pipa aliran tidak terjadi pengkristalan LiBr. Larutan LiBr bersuhu lebih rendah dikontakkan langsung dengan Libr bersuhu tinggi dari generator. Akibatnya pada siklus ini larutan dapat lebih mudah mengalir dan dijaga fasanya agar tidak mengkristal [14].

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

2.8 Hukum Termodinamika

Hukum – hukum termodinamika pada prinsipnya menjelaskan peristiwa perpindahan panas dan kerja pada proses termodinamika. Hukum – hukum ini menjadi salah satu hukum terpenting dalam fisika dan cabang ilmu lainnya yang berhubungan dengan termodinamika

2.8.1 Hukum Awal Termodinamika (*Zeroth Law*)

Hukum awal termodinamika menyatakan bahwa jika dua sistem termodinamika berada dalam kesetimbangan termal dengan sistem ketiga maka mereka berada dalam kesetimbangan termal satu sama lain [15].

Dua sistem dikatakan berada dalam hubungan kesetimbangan termal jika dihubungkan oleh dinding yang hanya dapat menyerap panas dan tidak berubah seiring waktu. Sistem terkadang juga dikatakan berada dalam kesetimbangan termal jika tidak dihubungkan sehingga dapat mentransfer panas satu sama lain. Hukum awal termodinamika berbunyi:[15]

"*Jika dua sistem berada dalam kesetimbangan termal dengan sistem ketiga, maka mereka berada dalam kesetimbangan termal satu sama lain"*[15]

2.8.2 Hukum Pertama Termodinamika

Termodinamika merupakan kajian fisika yang secara umum membahas fenomena termal yang di definisikan dalam parameter suhu, kalor, dan energi dalam. Hukum pertama Termodinamika merupakan suatu persamaan kekekalan energi yang melibatkan variabel kalor, usaha, dan energi dalam. Pada sistem di mana terjadi proses perubahan wujud atau pertukaran energi, termodinamika klasik tidak berhubungan dengan kinetika reaksi (kecepatan suatu proses reaksi berlangsung). Karena alasan ini, penggunaan istilah "termodinamika" biasanya merujuk pada termodinamika setimbang. Dengan hubungan ini, konsep utama dalam termodinamika adalah proses kuasistatik, yang diidealkan, proses "super pelan". Proses termodinamika bergantung-waktu dipelajari dalam termodinamika tak-setimbang. Karena termodinamika tidak berhubungan dengan konsep waktu, telah diusulkan bahwa termodinamika setimbang seharusnya dinamakan termostatik. Adapun bunyi hukum termodinamika pertama :[16]

"*Kenaikan energi internal dari suatu sistem termodinamika sebanding dengan jumlah energi panas yang ditambahkan ke dalam sistem dikurangi dengan kerja yang dilakukan oleh sistem terhadap lingkiunganny*"[16]

Berdasarkan bunyi hukum diatas, dalam berbagai referensi hukum termodinamika diformulasikan dengan persamaan:

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
UIN SUSKA RIAU

$$\bar{Q} = \Delta U + \dot{W} \quad (2.4)$$

Dimana,

$\bar{Q}$ = Kalor ($^{kJ}/_{s}$)

ΔU = Perubahan Energi Dalam ($^{kJ}/_{s}$)

$\dot{W}$ = Kerja ($^{kJ}/_{s}$)

Dalam berbagai referensi, seringkali ditekankan untuk memperhatikan apakah kalor dan usaha tersebut diberikan oleh sistem atau dihasilkan oleh sistem. Sehingga untuk membedakan kedua hal tersebut digunakan tanda positif dan negative. $\bar{Q}$ dan *W* bernilai positif bila terjadi penambahan energi ke dalam sistem. sebaliknya $\bar{Q}$ dan W bernilai negatif bila sistem melepas energi ke lingkungan. Sementara energi dalam memiliki kemungkinan dapat meningkat atau menurun. ΔU bernilai positif jika terjadi peningkatan dan bernilai negatif jika terjadi penurunan energi dalam [16].

2.8.3 Hukum Kedua Termodinamika

Hukum kedua termodinamika adalah hukum fisika yang menyatakan bahwa adalah tidak mungkin untuk membua sebuah mesin kalor yang bekerja dalam suatu siklus yang semata mata mengubah energi panas yang diperoleh dari suatu reservoir pada suhu tertentu sepenuhnya menjadi kerja mekanik. Hukum kedua termodinamika mengatakan bahwa aliran kalor memliki arah, dengan kata lain tidak semua proses adalah *irreversible.* Hukum termodinamika kedua berbunyi [17].

"Kalor mengalir secara spontan dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah dan tidak mengalir secara spontan dalam arah kebalikan" [17].

2.8.4 Hukum Ketiga Termodinamika

Hukum ketiga termodinamika berbunyi:

"*Suatu sistem yang mencapai temperatur nol absolut, semua prosesnya akan berhenti dan entropi sistem akan mendekati nilai minimum. Entropi benda berstruktur ktistal sempurna pada temperatur nol absolut bernilai nol."*[18]

Pada titik nol mutlak sistem harus berada dalam keadaan dengan energi seminimum munngkin, dan pada pernyataan hukum diatas karena Kristal sempurna hanya memiliki satu keadaan energi minimum. Entropi berhubungan dengan jumlah keadaan mikro yang mudah diakses, dan untuk sistem yang terdiri dari banyak partikel, mekanika kuantum menunjukan bahwa hanya ada satu keadaan unik disebut keadaan dasar. Jika sistem tidak memilikia tatanan

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
1. Dilarang menggunakan seluruh 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.

yang terdefinisi dengan baik, maka dalam praktiknya masih ada sedikit entropi karena sistem dibawa ke suhu yang sangat rendah akibatnya sistem menjadi terkunci dan konfigurasi dalam energi tidak minimal [18].

2.9 Potensi Panas Buang PLTG

Analisis potensi panas buang turbin gas dilakukan untuk melihat kemungkinan bahwa panas yang terbuang pada turbin gas cukup untuk menggerakkan *Chiller Absorbtion.*

Energi panas yang keluar pada turbin gas adalah nilai kalor yang bekerja pada keadaan laju massa pembakaran pada ruang bakar. Besarnya temperatur gas buang yang ada di PLTG Balai Pungut Duri adalah sebesar 400°C. Sehingga nilai kalor gas buang dapat ditentukan dengan persamaan kalor [19].

$$\bar{Q}_t = \dot{m}_{fuel}\ c_p\ \Delta T \qquad (2.5)$$

Dimana

$\bar{Q}_t$ = panas keluaran turbin ($^{kJ}/_{s}$)

$\dot{m}_{fuel}$ = laju massa bahan bakar ($^{kg}/_{s}$)

c_p = kalor jenis bahan bakar ($^{kJ}/_{kg\ K}$)

T_1 = Suhu awal lingkungan (K)

T_2 = Temperatur lingkungan yang meningkat akibat pembuangan gas (K)

2.10 Kebutuhan Pendingin Temperatur *Inlet* PLTG

Kebutuhan pendingin adalah nilai kalor yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu udara *Inlet* Pembangkit dari keadaan aktual 32°C hingga mencapai keadaan ISO 15°C, atau pada komponen Chiller Absorbtion dapat dikatakan sebagai nilai Q pada evaporator. Evaporator pada Chiller berfungsi untuk menyerap panas dari lingkungan dalam hal ini adalah Inlet Air Turbin Gas. Sehingga kebutuhan pendingin dapat dihitung dengan melihat selisih antara kondisi udara pada keadaan aktual dan kondisi udara pada keadaan ISO. Untuk menentukan kebutuhan pendingin diperlukan beberapa langkah berikut : [11]

2.10.1 Laju Massa Udara Kering

Nilai laju massa udara kering dibutuhkan untuk mengetahui nilai dari kebutuhan pendingin..Laju massa udara kering dapat dihitung dengan persamaan : [7]

$$\dot{m}_{udara\ kering} = \frac{V_{ISO}(m^3/s)}{Volume\ Spesifik(m^3/kg_{Udara\ kering})} \quad (2.6)$$

Dimana,

$\dot{m}_{udara\ kering}$ = Laju massa udara kering (kg/s)

V_{ISO} = Debit udara pada kondisi ISO (m^3/s)

$Volume\ Spesifik$ = Volume spesifik udara ($m^3/kg_{Udara\ kering}$)

2.10.2 Kebutuhan Pendingin

Kebutuhan pendingin adalah total energi yang harus diserap dari udara kering untuk dapat mengubah nilai entalpi dari keadaan aktual (h_1) menjadi (h_2) dalam keadaan ISO. Evaporator menjadi adalah komponen Chiller Absorption yang berfungsi menyerap energi dari lingkungan dalam hal ini adalah Inlet turbin gas itu sendiri. Sehingga kebutuhan pendingin dinyatakan dalam variabel Q_{evap}, [11]

$$\dot{Q}_{evap} = \dot{m}_{udara\ kering}\ (h_1 - h_2) \quad (2.7)$$

Dimana,

h_1 = entalpi udara pada keadaan aktual

h_2 = entalpi udara pada keadaan ISO

2.11 Temperatur pada masing – masing Komponen *Chiller Absorption*

Untuk melakukan analisis termodinamika pada Chiller Absorption perlu diketahuin nilai temperatur pada masing – masing komponen utama Chiller Absorption.

2.11.1 Temperatur Generator

Penentuan temperatur pada komponen diambil berdasarkan nilai (Coefisien of Performance) COP dari Chiller Absorption. COP adalah nilai perbandingan antara kalor yang dapat diserap dari lingkungan oleh Evaporator ($\dot{Q}_{evap}$) dengan kalor yang dibutuhkan untuk menghasilkan kerja tersebut. Dalam hal ini komponen yang bekerja adalah generator. Sehingga : [7]

$$COP = \frac{\dot{Q}_{evap}}{\dot{Q}_{gen}} \quad (2.8)$$

Dimana,

COP = *Coefficient of Performance*

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
UIN SUSKA RIAU

$\bar{Q}_{evap}$ = Kalor pada proses evaporasi ($^{kJ}/_{s}$)

$\bar{Q}_{gen}$ = Kalor yang diserap konsentrator *Chiller Absorption* ($^{kJ}/_{s}$)

Berdasarkan standar AHRI 560-2000 nilai COP dari *Chiller Absorption* adalah 6.0 hingga 7.5. Pada penelitian ini diambil angka COP 0.75 dengan asumsi bahwa komponen bekerja pada keadaan yang sangat prima. Sehingga dengan mengetahui nilai kalor yang diserap pada generator ($\bar{Q}_{gen}$), bisa ditentukan nilai kalor pada evaporator ($\bar{Q}_{gen}$).Dan pada angka COP senilai 0.75 suhu pada yaitu generator 65°C, dan suhu kondensor dan tabung absorbent pada keadaan temperatur kondensasi yang sama yaitu 24°C.

2.11.2 Temperatur Kondensor

Temperatur pada kondensor dapat ditentukan dengan bantuan tabel *Equilibrium Chart for Aquaous Lithium Bromide Solution* dengan input suhu generator dan kualitas larutan LiBr pada *Chiller Absorption* [7].

Sebelumnya perlu diketahui bahwa sifat LiBr yang dapat mengkristal jika berada pada konsentrasi 70%, hal ini disebut dengan *Crytical Condition*. *Crytical Condition* dapat menyebabkan terjadinya penumpukan LiBr pada pipa aliran LiBr menuju ke absorber. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut diberikan standar konsentrasi LiBr dari 45% hingga 70% [7].

Konsentrasi larutan yang terlalu encer juga menyebabkan jumlah LiBr pada proses penyerapan panas pada generator juga berkurang. Hal ini menyebabkan berkurangnya kemampuan LiBr untuk menyerap panas dari lingkungan. Sehingga beban kerja pada generator juga akan meningkat. Dengan kata lain, panas yang dibutuhkan generator untuk menggerakkan Chiller Absorption akan semakin banyak dan efisiensi penggunaan peralatan akan berkurang [7].

Pada penelitian ini, berdasarkan nilai COP 0.75, didapat temperatur kondensasi sebesar 24°C dan bekerja pada konsentrasi LiBr 0.60

2.11.3 Temperatur *Evaporator*

Evaporator adalah komponen yan berfungsi sebagai penyerap panas dari lingkungan, dalam hal ini adalah *inlet air* turbin gas sehingga temperatur pada evaporator adalah sama dengan suhu udara yang diserap pada kompressor pembangkit [7].

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. 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.
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

Dari nilai COP dapat ditentukan nilai kalor yang mampu diserap oleh evaporator dari lingkungan (*inlet air turbin gas)*. Persamaan untuk mengetahui temperatur *evaporator* dapat diturunkan Dari persamaan (2.8) dengan ini didapat persamaan : [7]

$$\dot{m}_u \, c_{pu} \, \Delta T = COP \, \{ \dot{m}_u \, c_{pu} \, (T_{gen} - T_1)\} \quad (2.9)$$

Dimana,

$\dot{m}_u$ = laju massa udara ($^{kg}/_{s}$)

c_{pu} = kalor jenis udara ($^{kJ}/_{kg\ K}$)

ΔT = selisih penurunan suhu udara pada evaporator (°C)

T_{gen} = temperatur pada generator (K)

T_1 = temperatur lingkungan awal (K)

2.11.4 Temperatur Tabung *Absorber*

Temperatur pada *absorber* adalah temperatur larutan LiBr pekat yang turun dari generator bercampur bercampur dengan uap refrigerant bersuhu rendah dari evaporator. Akibatnya larutan LiBr yang semula pekat akan menjadi encer dan suhunya akan berkurang [7].

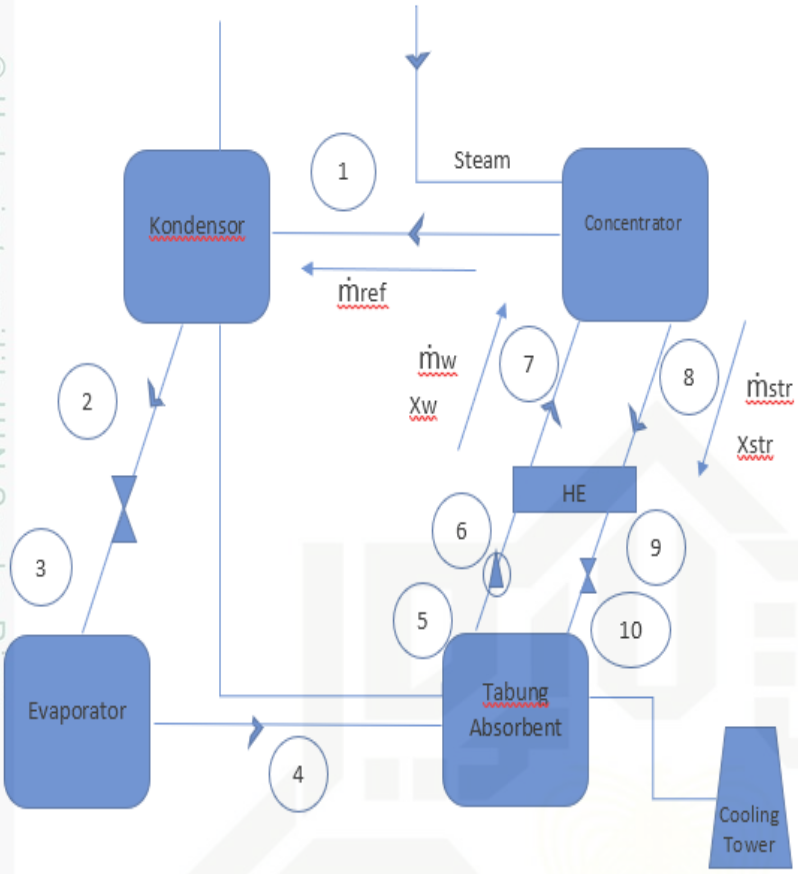
Temperatur larutan LiBr dan refrigerant yang tercampur pada tabung *absorber* dapat ditentukan dengan bantuan tabel *Equilibrium Chart for Aquaous Lithium Bromide Solution,* dengan input suhu generator, suhu refrigerant setelah melewati proses evaporasi dan konsentrasi larutan LiBr [7].

2.12 Kesetimbangan Massa dan Energi pada *Chiller Absorption*

Pada penelitian ini kesetimbangan massa dan energi pada seluruh komponen Chiller Absorption akan di hitung secara manual melalui metode matematis. Perhitungan termodinamik dilakukan dengan persamaan hukum termodinamika pertama. Berikut skema rangkaian Chiller Absorption [7].

UIN SUSKA RIAU
Hak cipta Dilindungi 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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU



Gambar 2.12 Skema Rangkaian *Chiller Absorption* [7]

2.12.1 Evaporator

Evaporator pada *Chiller Absorption* adalah komponen yang berfungsi untuk mendinginkan bagian inlet pada turbin gas dengan menghisap energi panas dari lingkungan (*inlet* turbin gas) dengan bantuan refrigerant bersuhu rendah. Sehingga dengan demikian Nilai kalor pada *evaporator* sama dengan niali kebutuhan pendingin ($\dot{Q}_{ev} = \dot{Q}_{inlet}$). Kesetimbangan energi pada *evaporator* dapat dinyatakan dengan persamaan: [7]

$$\dot{Q}_{ev} = \dot{m}\,(h_4 - h_3) \tag{2.10}$$

Dengan adanya nilai kalor evaporator, laju massa refrigerant dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\dot{m} = \frac{Q_{ev}}{(h_4 - h_3)} \tag{2.11}$$

Dimana,

$\bar{Q}_{ev}$ = Kalor proses evaporasi ($^{kJ}/_{s}$)

ṁ = Laju massa *refrigerant* ($^{kg}/_{s}$)

h_4 = Entalpi proses pada keadaan 4 ($^{kJ}/_{kg}$)

h_3 = Entalpi proses pada keadaan 3 ($^{kJ}/_{kg}$)

Pada kondisi diatas, keadaan h_6 adalah entalpi pada suhu kondensor dan h_9 adalah entalpi pada suhu evaporator. Keduanya dapat ditentukan pada tabel property termodinamika yaitu pada *TABLE A-4 Saturated water – temperature table.*

2.12.2 Tabung *Absorber*

Larutan bersuhu tinggi yang sebelumnya menyerap panas pada generator akan terpisah dengan refrigerant. Larutan ini akan menjadi pekat dan terkumpul pada tabung absorber. Pada bagian ini larutan pekat akan bercampur kembali dengan uap regriferant bersuhu rendah hasil evaporasi. Akibatnya larutan mengalami penurunan suhu dan konsentrasi larutan LiBr menjadi lebih rendah [7].

Dengan hukum termodinamika pertama, kesetimbangan energi pada absorber dapat ditentukan: [7]

$$\bar{Q}in_{ev} + \bar{Q}out_{gen} = \bar{Q}in_{gen} + \bar{Q}out_{abs} \quad (2.12)$$

Dimana,

$\bar{Q}in_{ev}$ = Kalor yang mengalir dari *evaporator* menuju tabung *absorbent* ($^{kJ}/_{s}$)

$\bar{Q}out_{gen}$ = Kalor yang mengalir dari *evaporator* menuju *consetrator* ($^{kJ}/_{s}$)

$\bar{Q}in_{gen}$ =Kalor yang mengalir dari *consentrator* menuju tabung *absorbent* ($^{kJ}/_{s}$)

$\bar{Q}out_{abs}$ = Kalor pada yang terjadi pada proses absorpsi ($^{kJ}/_{s}$)

Untuk menghitung kesetimbangan energi pada tabung absorber perlu diketahui kualitas larutan LiBr, laju massa larutan pekat ($\dot{m}_{str}$) dan laju massa larutan encer ($\dot{m}_{w}$), serta entalpi larutan LiBr pada keadaan (11) dan keadaan (14).

Hubungan antara kualitas dan laju massa pada tabung absorber dapat dinyatakan dalampersamaan:[7]

$$x_w . \dot{m}_w = x_{str} . \dot{m}_{str} \quad (2.13)$$

Dimana,

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
UIN SUSKA RIAU

x_w = Kualitas *refrigerant* pada keadaan encer

$\dot{m}_w$ = Laju massa refrigerant pada keadaan encer ($^{kg}/_{s}$)

x_{str} = Kualitas refrigerant pada keadaan pekat

$\dot{m}_{str}$ = Laju massa refrigerant pada keadaan pekat ($^{kg}/_{s}$)

Dan hubungan antara laju massa larutan pekat dan encer dapat dinyatakan dengan persamaan:[7]

$$\dot{m} = \dot{m}_w - \dot{m}_{str} \quad (2.14)$$

Dimana,

$\dot{m}$ = Laju massa *refrigerant* ($^{kg}/_{s}$)

$\dot{m}_w$ = Laju massa refrigerant pada keadaan encer ($^{kg}/_{s}$)

$\dot{m}_{str}$ = Laju massa refrigerant pada keadaan pekat ($^{kg}/_{s}$)

Sehingga dengan kedua persamaan diatas dapat ditemukan rasio perbandingan antara keduanya. Rasio dinyatakan dalam bentuk (λ) [7]

$$\lambda = \frac{\dot{m}_{str}}{\dot{m}} = \frac{x_w}{x_{str} - x_w} \quad (2.15)$$

Setelah mengetahui nilai rasio maka laju massa larutan pekat dapat ditentukan dengan: [10]

$$\dot{m}_{str} = \lambda \dot{m} \quad (2.16)$$

2.12.3 Entalpi Larutan LiBr

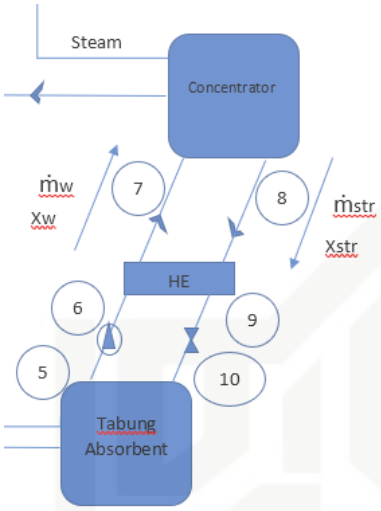
Entalpi larutan LiBr dapat ditentukan melalui *Thermophysical Properties of Li-Br* dengan input suhu dan konsentrasi larutan. Namun terlebih dahulu perlu diketahui temperature pada masing – masing keadaan sirkulasi larutan menggunakan tabel *Equilibrium Chart for Aquaous Lithium Bromide Solution.*

2.12.4 Heat Exchanger

Sifat larutan LiBr yang mengental akibat proses penyerapan panas mengakibatkan sirkulasinya menjadi kurang lancar sehingga berkemungkinan terjadinya penumpukan larutan

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

pada pipa yang terhubung antara generator dan absorber.Untuk mengurangi resiko tersebut dipasangkan heat exchanger sebagai penukar panas dari larutan LiBr bersuhu tinggi dengan LiBr bersuhu rendah. Sehingga dengan ini sirkulasi dapat lebih lancar dan kemungkinan terjadinya penumpukan akan lebih rendah[7].



Gambar 2.13 *Heat Exchanger* Pada *Chiller Absorption* [7]

Berdasarkan gambar diatas, kesetimbangan energi pada heat exchanger dapat ditentukan dengan persamaan: [7]

$$\dot{m}_w\,(h_7 - h_6) = \dot{m}_{str}\,(h_8 - h_9) \qquad (2.17)$$

Dimana,

$\dot{m}_w$ = Laju massa refrigerant pada keadaan encer $(^{kg}/_{s})$

h_7 = Entalpi proses pada keadaan 7 $(^{kJ}/_{kg})$

h_6 = Entalpi proses pada keadaan 6 $(^{kJ}/_{kg})$

$\dot{m}_{str}$ = Laju massa refrigerant pada keadaan pekat $(^{kg}/_{s})$

h_8 = Entalpi proses pada keadaan 8 $(^{kJ}/_{kg})$

h_9 = Entalpi proses pada keadaan 9 $(^{kJ}/_{kg})$

2.12.5 *Generator / Concentrator*

*Generato*r pada *Chiller Absorber* merupakan komponen penyerap panas gas buang turbin. Panas ini yang dibutuhkan untuk menggerakkan fluida sehingga terciptanya efek refrigerasi pada *evaporator*. Nilai kalor (Q_{in}) pada generator adalah panas yang dibutuhkan

Hak cipta dilindungi 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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

generator untuk meningkatkan suhu dari keadaan aktual T_1(32°) menjadi T_2(65°C). Pada bagian ini kebutuhan pendingin *Inlet* pembangkit. ditentukan berdasarkan nilai COP 0.75 dari nilai kalor yang diserap Generator ($\dot{Q}_{in}$). Sehingga kalor yang diserap Generator ($\dot{Q}_{in}$) dapat dinyatakan dalam persamaan (2.8) [7].

Pada generator larutan LiBr bercampur air menyerap panas dari lingkungan. Sifat LiBr sebagai penyerap dimanfaatkan untuk menyerap panas akibatnya air akan menjadi uap dan menuju kondensor dan terpisah dengan LiBr. Sementara larutan LiBr akan menjadi lebih pekat dan turun menuju absorber . Agar sirkulasi dapat berulang, pada komponen absorber dicampurkan uap hasil refrigerasi dengan larutan pekat dari generator dan dilairkan kembali menuju generator. Berikut kesetimbangan energi pada generator [7].

$$\dot{Q}_{in} + \dot{Q}in_{abs} = \dot{Q}_{cond} + \dot{Q}out_{abs} \quad (2.18)$$

Dimana,

$\dot{Q}_{in}$ = Kalor yang diserap *consentrator* dari lingkungan ($^{kJ}/_{s}$)

$\dot{Q}in_{abs}$ = Kalor yang mengalir dari tabung *absorbent* menuju *consetrator* ($^{kJ}/_{s}$)

$\dot{Q}_{cond}$ =Kalor yang mengalir dari *consentrator* menuju *condensor* ($^{kJ}/_{s}$)

$\dot{Q}out_{abs}$ = Kalor yang mengalir dari *consentrator* menuju tabung *absorbent* ($^{kJ}/_{s}$)

2.12.6 Kondensor

Uap superheated yang terpisah dengan LiBr akibat dari pemanasan pada generator menuju komponen kondensor. Pada bagian ini uap refrigerant diturunkan suhunya menggunakan bantuan cooling tower sehingga merubah fasa uap menjadi cair jenuh [7].

Melalui hukum termodinamika pertama kesetimbangan energi pada kondensor dapat dihitung dengan rumus:

$$q - w = \Delta h + \Delta E_k + \Delta E_p$$

$$q = \Delta h$$

$$q = h_1 - h_2 \quad (2.19)$$

Dimana,

q = Kalor

h_2 = Entalpi proses pada keadaan 2 ($^{kJ}/_{kg}$)

h_5 = Entalpi proses pada keadaan 5 ($^{kJ}/_{kg}$)

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak cipta dilindungi 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.

Hasil q akan bernilai negatif karena menunjukkan pelepasan energi ke lingkungan. Selanjutnya untuk menentukan kinerja kondensor perlu di kalikan dengan laju aliran. Dalam hal ini $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}$

Maka,

$$\bar{Q}out_{cond} = \dot{m}\,(h_1 - h_2) \quad (2.20)$$

Dimana,

$\bar{Q}_{cond}$ =Kalor yang pada proses kondensasi ($^{kJ}/_{s}$)

$\dot{m}$ = Laju massa *refrigerant* ($^{kg}/_{s}$)

h_1 = Entalpi proses pada keadaan 1 ($^{kJ}/_{kg}$)

h_2 = Entalpi proses pada keadaan 2 ($^{kJ}/_{kg}$)

2.12.7 Katup Ekspansi

Pada katup ekspansi terjadi proses adiabatik yaitu proses yang terjadi tanpa adanya pelepasan maupun penyerapan energi dari dan keluar lingkungan. Sehingga [7]

$$(\dot{m}.\ h_2) = (\dot{m}\ .\ h_3) \quad (2.21)$$

Dimana,

$\dot{m}$ = Laju massa *refrigerant* ($^{kg}/_{s}$)

h_2 = Entalpi proses pada keadaan 2 ($^{kJ}/_{kg}$)

h_3 = Entalpi proses pada keadaan 3 ($^{kJ}/_{kg}$)

2.12.8 Solution Pump

Solution Pump berfungsi sebagai pemompa cairan LiBr + H2o yang terkumpul di tabung absorber menuju ke generator untuk disirkulasi ulang. Kinerja *Solution Pump* dapat dinyatakan dalam persamaan berikut [7]

$$\dot{W}_p = \dot{m}_{ws}\ V_{LiBr}\ (\Delta P) \quad (2.22)$$

Dimana

$\dot{W}_p$ = Kerja pompa (kJ/s)

$\dot{m}_{ws}$ = Laju massa larutan campuran (kg/s)

V_{LiBr} = Volume spesifik 0.00055 $m^3/\ kg$

UIN SUSKA RIAU
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.

ΔP = Selisih tekanan kompressor dan tekanan evaporator (kPa)

Pada proses refrigerasi *Chiller Absorption* hanya ada dua tekanan yaitu pada proses kondensasi dan pada proses evaporasi sehingga P_6 adalah tekanan pada kompressor dan P_5 adalah tekanan pada evaporator [7].

2.12.9 Cooling Tower

Kesetimbangan energi pada Cooling Tower adalah proses perpindahan panas yang terjadi per satuan waktu (s) pada air pendingin (Cooling Tower) yang terhubung dengan dua komponen pembuang panas pada Chiller Absorbtion, yaitu kondensor dan absorber.

Air yang sudah didinginkan Cooling Tower dialirkan menuju absorber dan kondensor untuk membuang panas panas refrigerant dan larutan LiBr pada sirkulasi pendingin. Akibatnya terjadi penurunan panas pada cairan refrigerant sehingga Ciller mampu menurunkan temperature inlet turbin gas dengan bantuan heat exchanger.

Nilai panas yang keluar pada kondensor dan absorber diasumsikan sama dengan kemampuan Cooling tower menurunkan panas pada komponen tersebut, sehingga nilai panas Cooling Tower($\bar{Q}_{ct}$) adalah sama dengan jumlah panas yang keluar pada condenser ($\bar{Q}_{con}$) dan absorber ($\bar{Q}_{abs}$). Sehingga kesetimbangan energi pada proses ini adalah

$$\bar{Q}_{ct} = \bar{Q}_{con} + \bar{Q}_{abs} \quad (2.23)$$

Dimana,

$\bar{Q}_{ct}$ = Kalor pada *cooling tower* ($^{kJ}/_{s}$)

$\bar{Q}_{con}$ = Kalor yang pada proses kondensasi ($^{kJ}/_{s}$)

$\bar{Q}_{abs}$ = Kalor yang pada proses absorpsi ($^{kJ}/_{s}$)

2.12.10 Penentuan Variabel berdasarkan Katalog

Pada penelitian ini katalog yang digunakan adalah *Chiller Absorption* seri *WC2H Absorption Chiller Single Effect* dari *LG* dengan beban pendingin antara 1,614 kW hingga 2,900 kW. Variabel yang dibutuhkan untuk perhitungan konsumsi energi lisrik adalah *concentrator pump* (*absorbent pump 1*), *absorbent spray pump* (*absorbent pump 2*), *refrigerant pump* (*evaporator spray pump*), dan *purge pump*, dengan input nilai Laju aliran energi pada masing – masing *Chiller Absorption* yang akan diaplikasikan pada PLTG Balai Pungut. Berikut adalah tabel katalog *Chiller Absorption* seri *WC2H Absorption Chiller Single Effect*: [20]

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
UIN SUSKA RIAU

Tabel 2.1 Laju Aliran Energi *Chiller Absorption* Berdasarkan Nomor Seri

No. Seri	**Laju aliran energi pada masing – masing komponen *Chiller Absorption***			
	Evaporator	**Tabung *absorbent***	***Concentrator***	**Kondensor**
1	1,614 kJ/s – 1,803 kJ/s	1,806 kJ/s – 1,995 kJ/s	1,872 kJ/s – 2,856 kJ/s	1,606 kJ/s – 2,626 kJ/s
2	1,804 kJ/s – 2,109kJ/s	1,996 kJ/s – 2301 kJ/s	2,062 kJ/s – 2,857 kJ/s	1,796 kJ/s – 2627 kJ/s
3	2,110 kJ/s – 2,636 kJ/s	2,302 kJ/s – 2,828 kJ/s	2,332 kJ/s – 2,858 kJ/s	2,102 kJ/s – 2,628 kJ/s
4	2,637 kJ/s – 2,900 kJ/s	2,829 kJ/s – 3,091 kJ/s	2,859 kJ/s – 3,122 kJ/s	2,629 kJ/s – 2,892 kJ/s

Tabel 2.2 *Electrical Data Chiller Absorption* Berdasarkan Nomor Seri

Nomor Seri	***Electrical Data***				
	Power	***Abs Pump 1***	***Abs Pump 2***	***Refrigerant Pump***	***Purge Pump***
1	18.5 kW	6.7 kW	1.2 kW	0.4 kW	0.4 kW
2	26.6 kW	8.7 kW	3.0 kW	0.4 kW	0.4 kW
3	30.8 kW	10.5 kW	3.0 kW	0.4 kW	0.4 kW
4	36.9 kW	11.5 kW	4.0 kW	0.4 kW	0.4 kW

Konsumsi energi listrik total *Chiller Absorption* adalah jumlah keseluruhan konsumsi energi pada masing – masing komponen pumping unit *Chiller Absorption* yang dilambangkan dengan $\dot{E}_{ca}$.

$$\dot{E}_{ca} = Power + Ap_1 + Ap_2 + E_p + P_p \quad (2.24)$$

Dimana,

Ap_1 = konsumsi energi *absorbent pump 1*

Ap_2 = konsumsi energi *absorbent pump 2*

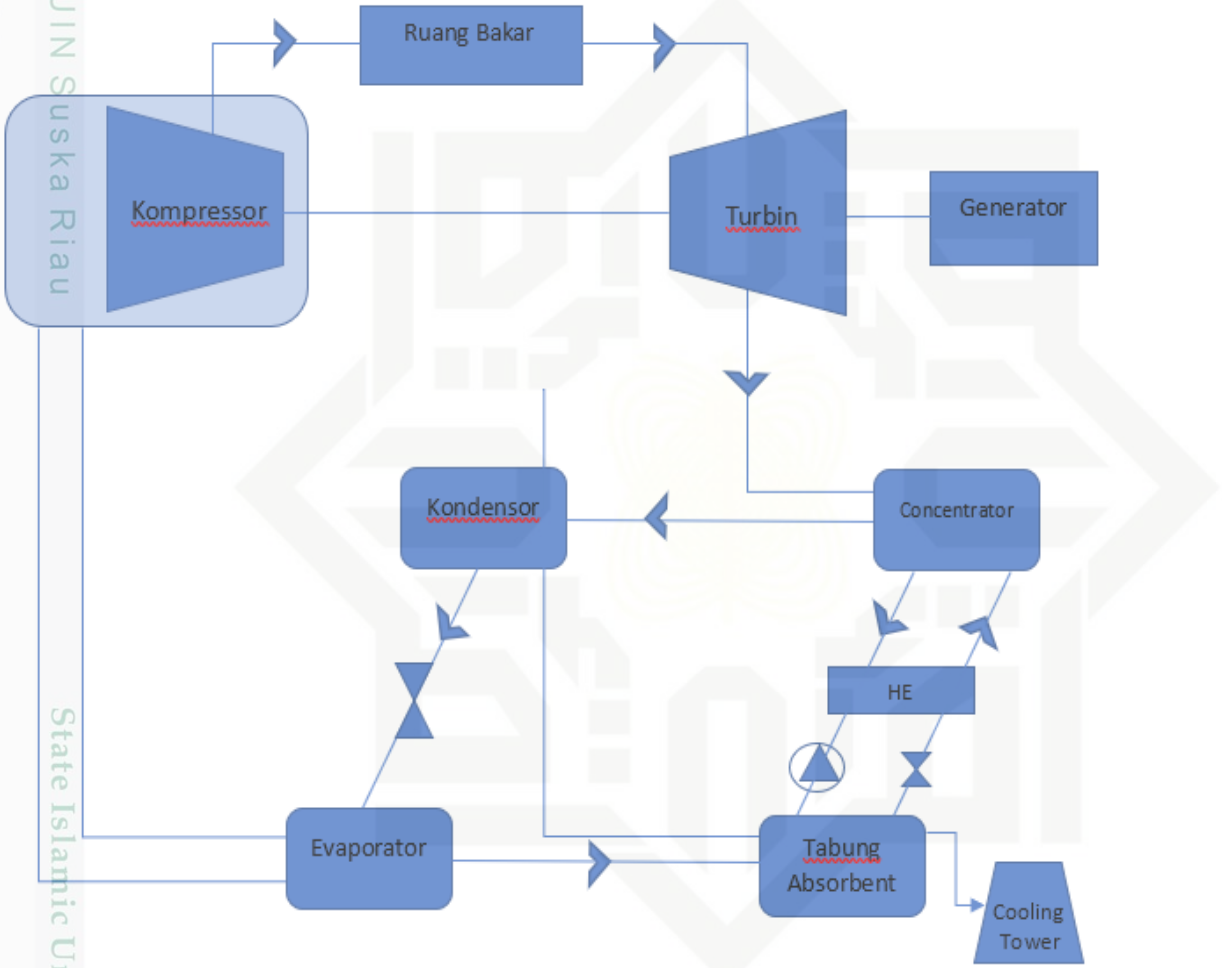
E_p = konsumsi energi *evaporator spray pump*

P_p = konsumsi energi *purge pump*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang menyebarluaskan dan 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. 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
UIN SUSKA RIAU

2.13 Kinerja PLTG setelah penggunaan *Chiller Absorption*

Pada bagian ini akan di hitung kinerja PLTG berdasarkan keadaan ISO, dimana keadaan ISO didapat dari hasil penggunaan *Chiller Absorption*. Perhitungan dilakukan dengan model matematis berdasarkan hukum termodinamika pertama. Berikut adalah rangkaian PLTG dengan penambahan *Chiller Absorption*.



Gambar 2.14 Skema Rangkaian PLTG Terintegrasi Dengan *Chiller Absorption* [10]

2.13.1. Kondisi Udara Lingkungan sesuai ISO

Kondisi ISO yang dimaksud adalah kondisi yang dijelaskan pada standar ISO 3977-2:1997 dimana kondisi udara masuk kompressor pada suhu 15°C, kelemababan relative 80%, dan tekanan pada permukaan laut (101.325kPa). Dengan input ketiga parameter tersebut dapat diketahui nilai:

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
UIN SUSKA RIAU

2.13.2. Laju Massa Udara pada Kondisi ISO

Laju massa udara pada kondisi ISO adalah nilai ṁ pada keadaan suhu 15°C dan kelebaban relatif 80%. Didapat melalui perkalian antara nilai debit dalam satuan (m^3/s) dengan massa jenis udara pada keadaan yang sama dalam satuan (kg/m^3). Sementara itu pada kompressor yang sama nilai debit tidak akan berubah karena volume kompressor yang digunakan untuk melakukan perhitungan debit pada keadaan aktual adalah sama dengan volume kompressor yang digunakan untuk menentukan laju massa pada keadaan ISO. Sehingga pada kondisi laju massa yang berbeda nilai debit pada kompressor adalah sama. Berdasarkan ketentuan tersebut maka didapat persamaan:

$$V_{aktual} = V_{ISO} \quad (2.25)$$

Dimana,

V_{aktual} = Debit udara pada keadaan aktual ($^{m^3}/_{s}$)

V_{ISO} = Debit udara ada keadaan ISO ($^{m^3}/_{s}$)

Dengan demikian laju massa udara pada keadaan ISO dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\dot{m}_{ISO} = V_{ISO}\ (\rho_2) \quad (2.26)$$

Dimana,

$\dot{m}_{ISO}$ = Laju massa udara pada keadaan ISO ($^{kg}/_{s}$)

V_{ISO} = Debit udara ada keadaan ISO ($^{m^3}/_{s}$)

ρ_2 = Massa jenis udara pada keadaan ISO ($^{kg}/_{m^3}$)

2.13.3. Kinerja Kompressor

Pada Kompressor dihitung kinerjanya melalui persamaan termodinamika pertama. Untuk menentukan nilai entalpi keluaran pada kompressor, terlebih dahulu perlu di ketahui nilai tekanan (P) dan suhu (T) keluaran kompressor melalui persamaan: [13]

$$T_{out} = T_{in}\ r^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad (2.27)$$

Dimana

r = rasio tekanan (P_{out} / P_{in})

γ = panas spesifik udara (γ = 1.4 moran)

Hak cipta milik UIN Suska Riau
1. Dilarang mengcopy 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
UIN SUSKA RIAU

Nilai P_{out} dapat ditentukan melalui ΔP = P_{out} - P_{in} , dimana ΔP adalah kesanggupan kompressor menaikkan tekanan udara. Nilai ΔP didapat dari jenis kompressor yang digunakan perusahaan.

Kerja kompressor dalam satuan (W) dapat dihitung dengan persamaan (2.1) hanya saja laju massa yang digunakan adalah laju massa udara yang berada pada kondisi ISO.

2.13.4. Kalor Ruang Bakar

Total laju massa keluaran pada ruang bakar adalah jumlah dari laju massa kompressor dan laju massa bahan bakar, sehingga [13]

$$\dot{m}_{bb} + \dot{m}_{comp} = \dot{m}_{rb} \quad (2.28)$$

Dimana,

$\dot{m}_{bb}$ = Laju massa bahan bakar ($^{kg}/_{s}$)

$\dot{m}_{comp}$ = Laju massa udara proses kompressi ($^{kg}/_{s}$)

$\dot{m}_{rb}$ = Laju massa ruang bakar ($^{kg}/_{s}$)

Energi yang bekerja pada ruang bakar dapat dihitung melalui persamaan Kalor (2.2)

Dari turunan persamaan (2.2), dapat ditentukan nilai temperatur keluaran ruang bakar dengan persamaan.

$$T_{out} = T_{in} \frac{(\dot{m}\,\mathrm{LHV})\text{bahan bakar}}{(\dot{m}\,c)\text{udara}} \quad (2.29)$$

Dimana

T_{in} adalah suhu udara masuk ruang bakar (K)

T_{in} adalah suhu udara keluar ruang bakar (K)

LHV adalah panas spesifik bahan bakar (kJ/kg)

2.13.5. Turbin Gas

Untuk menentukan kerja pada turbin gas, sebelumnya harus dihitung nilai Temperatur keluaran turbin untuk menenentukan nilai entalpi keluaran turbin dengan persamaan [13]

$$T_{out} = T_{in}\ r^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad (2.30)$$

Dimana

r = rasio tekanan (P_{out} / P_{in})

γ = panas spesifik udara (γ = 1.4 moran)

Dan kinerja turbin dalam satuan Joule dapat dinyatakan dalam persamaan (2.3)

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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

2.13.6. Generator

Energi keluaran pada PLTG adalah selisih antara kinerja pada Turbin dengan kinerja pada Kompressor [13]

$$\dot{W}_{net} = \dot{W}_t - \dot{W}_{comp} - \dot{E}_{ca} - \dot{W}_p \quad (2.31)$$

Dimana

$\dot{W}_{net}$ = Daya bersih PLTG ($^{kJ}/_{s}$)

$\dot{W}_t$ = Kerja turbin gas ($^{kJ}/_{s}$)

$\dot{W}_{comp}$ = Kerja kompressor ($^{kJ}/_{s}$)

$\dot{E}_{ca}$ = Konsumsi energi *chiller absortion* (kW)

$\dot{W}_p$ = Kerja katup ekspansi ($^{kJ}/_{s}$)

2.13.7. Efisisensi PLTG

Efisiensi PLTG adalah perbandingan antara kinerja keseluruhan PLTG dalam satuan (kJ) dengan bahan bakar yang dikonsumsi. Perhitungan efisiensi PLTG dapat dinyatakan dalam persamaan berikut: [13]

$$\eta = \frac{W_{net}}{Q} \text{ x } 100\% \quad (2.32)$$

Dimana

η = Efisiensi PLTG

W_{net} = Kerja keseluruhan PLTG (kJ)

Q = Kalor pada ruang bakar (kJ)

2.14 EngineeringEquation Solver (EES)

Engineering Equation Solver (EES) merupakan aplikasi perhitungan untuk solusi termodinamika dan perpindahan panas. Software ini juga dilengkapi dengan kemampuan mengetahui sifat suatu zat, menyediakan tabel *property* termodinamis, *psychrometric chart*, dan kemampuan lainnya untuk melakukan analisis perhitungan termodinamika.

Dalam melakukan analisa termodinamik, penulis dapat terlebih dahulu melakukan input data sesuai keadaan yang dibutuhkan. Kemudian menuliskan algoritma persamaannnya secara detail. Setelah itu dengan menekan *icon* "*solve*"secara otomatis akan menampilkan jawaban atas kasus yang dianalisa. Jika algoritma tidak berurutan atau terdapat unit yang tidak dikenal maka akan muncul pemberitahuan dan cara mengatasinya [8].

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
UIN SUSKA RIAU

Software EES juga dilengkapi *diagram window* untuk menghasilkan hasil analisa kasus secara virtual serta dilengkapi tabel parametik yang memungkinkan pengguna membandingkan sejumlah variabel dalam satu waktu dengan mengubah nilai input dalam berbagai variasi dengan persamaan yang sama. Hanya saja dalam versi *demo*, *software* ini hanya memungkinkan pengguna untuk mengakses penulisan algoritma saja [8].

Selain itu untuk memperkuat alasan penggunaan *software* dilakukan tahap validasi untuk mengetahui tingkat kelinear-an software. Software dinyatakan layak apabila memiliki persentase error dibawah 1%

UIN SUSKA RIAU
© 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.

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
UIN SUSKA RIAU

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Dalam melakukan penelitain ini, metode yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan didukung oleh sumber dari jurnal terkait, pengumpulan data – data mengenai pembangkitan, dan pengoperasian pada PLTG Pusat Listrik Balai Pungut Duri.

Pada penelitian ini akan difokuskan pada analisis performa PLTG secara keseluruhan dengan penggunaan *Chiller Absorption* yang memanfaatkan gas buang pada turbin meliputi analisis *output* peralatan *Chiller Absotption*, serta pengaruhnya terhadap peningkatan daya *output* dan efisiensi termal PLTG Balai Pungut Duri.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan hasil analisa yang aktual terhadap penggunaan *Chiller Absorption* sehingga diharapkan dapat menjadi sebuah rekomendasi pada perusahaan untuk meningkatkan performa unit pembangkit di PLTG Balai Pungut Duri.

Terkait dengan data yang telah didapatkan dilapangan bahwa PLTG sudah beroperasi dengan kapasitas yang dihasilkan sebesar 15MW. Sementara komponen generator dapat mampu beroperasi hingga pada angka 20 MW. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan disekitar PLTG yang memiliki temperature tinggi, akibatnya kandungan oksigen pada proses kompresi akan lebih sedikit ketika pada keadaan terik di siang hari. Sehingga proses pembakaran tidak bekerja secara maksimal. Maka untuk memaksimalkan kinerja unit PLTG akan dilakukan pemanfaatan gas buang turbin untuk menggerakkan *Chiller Absorption* sebagai alat perekayasa suhu udara *inlet* pada kompressor. Sehingga dengan ini, kerapatan oksigen pada saat proses kompresi akan meningkat dan meningkatkan proses pembangkitan secara keseluruhan.

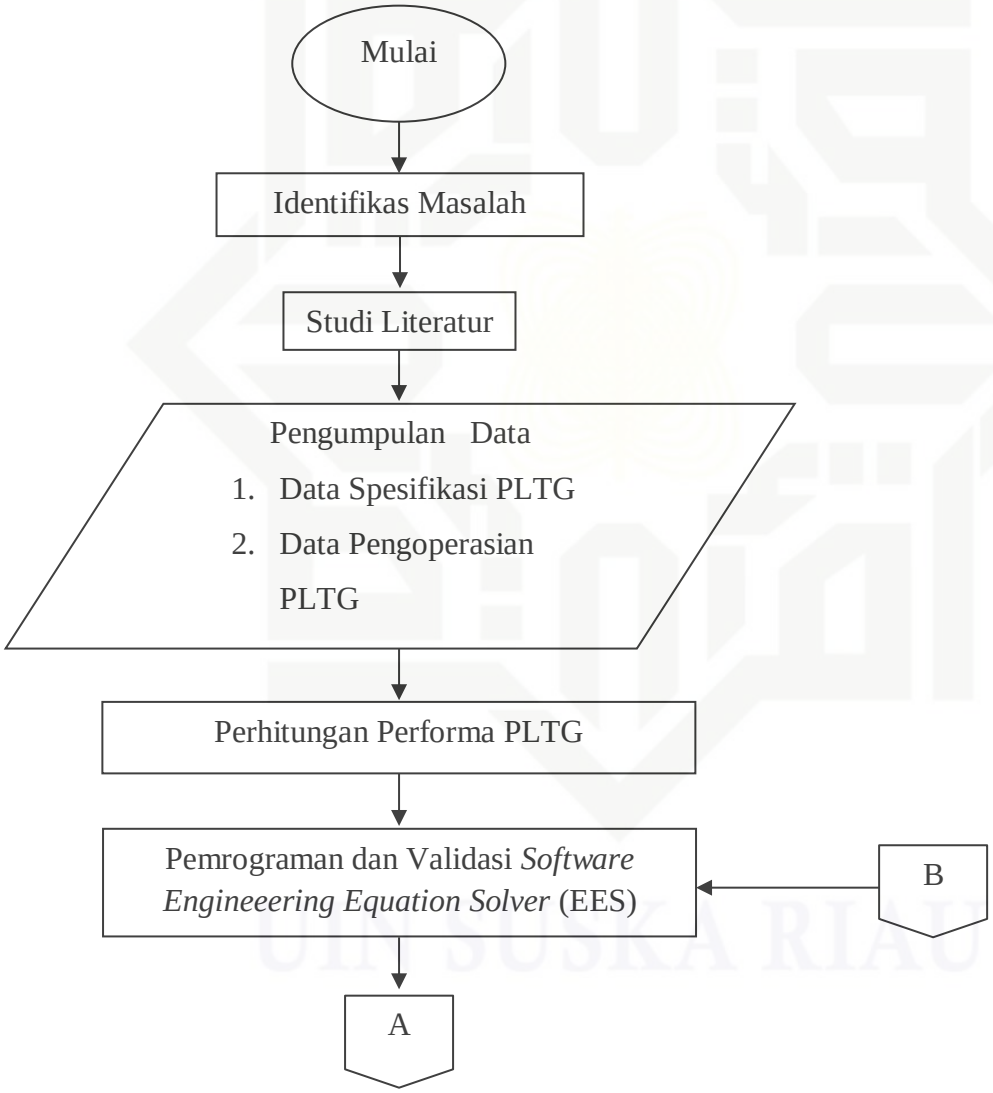
3.2 Prosedur penelitian

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literature untuk menemukan permasalahan yang kemudian akan diangkat. Sumber literatur didapat dari jurnal – jurnal terkait, *e-book*, serta beberapa sumber lainnya. Selanjutnya akan dilakukan observasi dan pengambilan data dilapangan. Observasi dilakukan dengan proses wawancara dan bertujuan untuk melihat seberapa mungkin permasalahan dapat diangkat menjadi topik permasalahan. Setelah itu dapat dilakukan proses pengambilan data. Data – data yang dibutuhkan meliputi kandungan gas buang turbin untuk menganalisa potensi gas buang pada turbin, spesifikasi

kompressor untuk menetukan laju massa udara yang diserap, serta kinerja komponen pembangkit secara keseluruhan selama beberapa bulan.

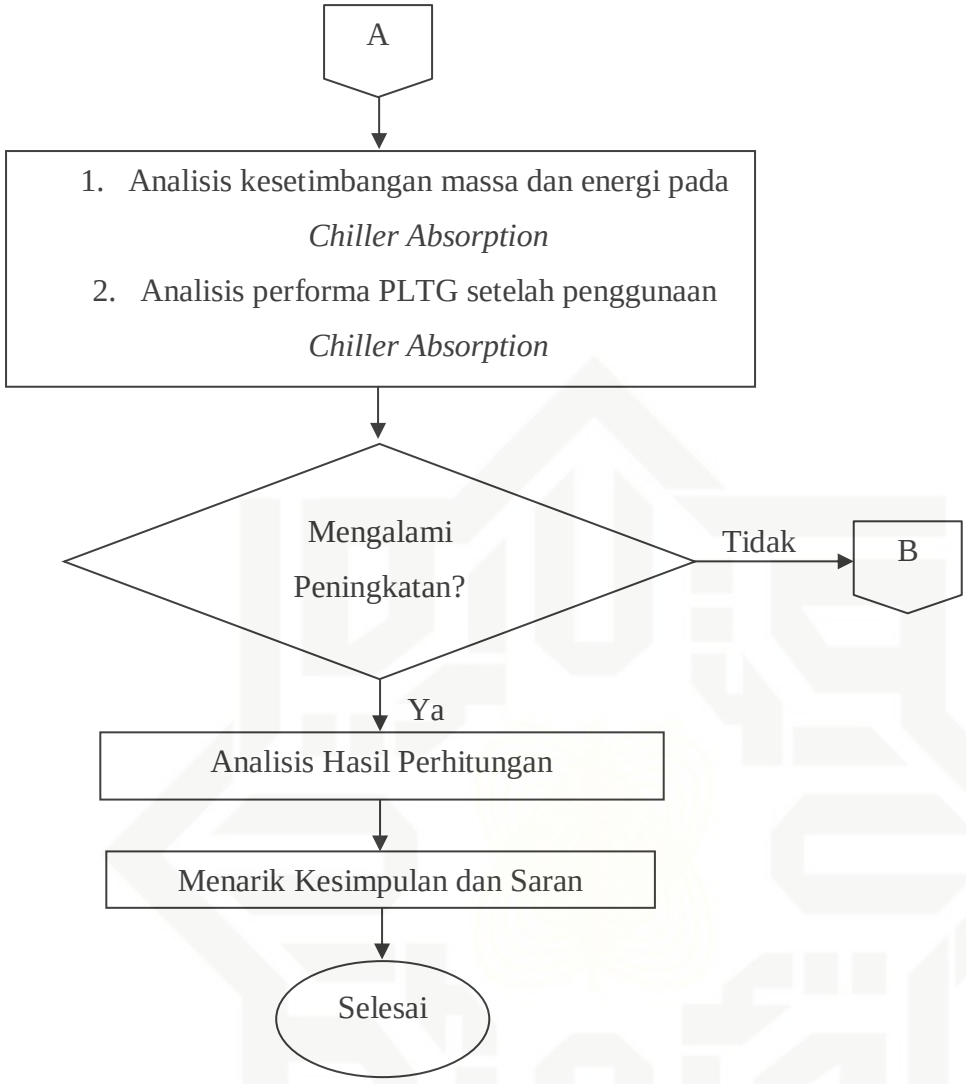
Setelah didapat kesimpulan bahwa gas buang turbin layak dimanfaatkan, selanjutnya dapat dilakukan proses pengolahan data untuk mengetahui performa PLTG secara keseluruhan. Kemudian melakukan analisa kesetimbangan energi pada *Chiller Absorbtion* untuk mengetahui keuntungan dari penggunaan alat ini. Setelah penggunaan *Chiller Absorption*, akan dilakukan kembali analisis perhitungan performa PLTG. Setelah semua proses dijalankan, akan didapat kesimpulan dari penelitian sehingga dinyatakan layak untuk menjadi sebuah saran dan rekomendasi ke Perusahaan.

Adapun tahapan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sesuai gambar



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



Gambar 3.1. *Flow Chart* Penelitian

3.3 Identifikasi Masalah

Pada tahap ini masalah yang diidentifikasi adalah terkait performa PLTG Balai Pungut Duri yang dipengaruhi oleh temperatur lingkungan. Bahwa semakin tinggi temperatur lingkungan, PLTG akan mengalami penurunan efisiensi dan daya *output.* Penggunaan teknologi IACTs sebagai metode perekayasa temperatur lingkungan diharapkan mampu meningkatkan nilai efisiensi dan daya output PLTG. Masalah lain yang diidentifikasi adalah belum adanya kebijakan yang memanfaatkan panas buang PLTG sehingga pemilihan *Chiller Absorption* sebagai salah satu teknologi IACTs adalah yang paling cocok digunakan. Hal ini karena *Chiller Absorption* beroperasi dengan memanfaatkan panas buang PLTG sebagai sumber energi penggerak fluida kerja.

3.4 Studi Literatur

Studi literatur adalah tahapan bagi penulis untuk mengumpulkan bahan – bahan yang akan dijadikan sebagai acuan pada penelitian ini. Bahan – bahan penelitian bersumber dari data *logsheet* PLTG Balai Pungut, Data Spesifikasi Komponen PLTG Balai Pungut, *e-book*, maupun jurnal bersangkutan yang sesuai dengan materi penelitian.

Studi Literatur dimulai dengan melakukan perhitungan awal performa PLTG pada kondisi aktual dengan output Daya *Netto* PLTG, dan menghitung penurunan performa PLTG ketika beroperasi pada musim kemarau., serta analisis perhitungan potensi panas buang PLTG Balai Pungut Duri.

Lalu dilakukan analisis perhitungan penggunaan *Chiller Absorption* pada PLTG Balai Pungut dengan cara menentukan beban pendingin *Chiller Absorption*, menentukan katalog berdasarkan beban pendingin, menetukan *variable* berdasarkan katalog yang telah dipilih, serta menghitung kesetimbangan massa dan energi *Chiller Absorption* dengan *output* laju energi pada masing – masing komponen *Chiller Absorption*.

Langkah terakhir pada tahap ini adalah menganalisis pengaruh penggunaan *Chiller Absorption* terhadap performa PLTG dengan *output* performa PLTG yang mengalami peningkatan

3.5 Pengumpulan Data

Untuk melakukan penelitian ini diperlukan data – data terkait kondisi aktual pada PLTG Balai Pungut. Data yang diperlukan adalah data spesifikasi peralatan, komsumsi bahan bakar dan pengoperasian PLTG pada masing – masing komponen. Data pengoperasian yang dimaksud adalah tekanan dan debit pada suhu awal kompressor, tekanan sebelum mamasuki ruang bakar, temperatur inlet kompressor serta daya bersih yang dihasilkan generator. Selain itu dibutuhkan data temperatur gas buang pada turbin untuk dapat mengetahui energi yang tersedia untuk dimanfaatkan. Pada bagian ini pengumpulan data diambil berdasarkan data skunder PLTG Balai Pungut.

3.5.1. Data Spesifikasi PLTG

Data spesifikasi komponen PLTG didapat dari data sekuder PLTG Balai Pungut Duri. Data ini dibutuhkan untuk menentukan beberapa *variable* yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan performa PLTG.

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

Tabel 3.1. Data Spesifikasi Komponen PLTG Balai Pungut

1	**KAPASITAS PEMBANGKIT**	
	Daya Terpasang	1 x 25 MW
	Daya Mampu *Netto*	1 x 15 MW
2	**TURBIN**	
	Merek	*ALSHTOM*
	Nomor Turbin	226104 TurcoT78
	Tipe	PG 5341 “P”
	Kecepatan	5100 rpm
3	**KOMPRESSOR**	
	Stage	17
	Kecepatan	5100 rpm
	Inlet Pressure	14.7 psi
	Outlet Pressure	119.5 psi
	Ratio Kompressi	8.12
4	**RUANG BAKAR**	
	Tipe	*Combustion Linier*
	Nomor	10
	Efisiensi	65%
5	**GENERATOR**	
	Tipe	*Brussless Excitation*
	Kapasitas	25 MVA
	Cos ϕ	0.8
	Frekuensi	50 Hz
	Pasang Kutub	1
	Kecepatan	3000 rpm
	Arus	1.3 KA
	Tegangan	KV

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

3.5.2. Data Pengoperasian PLTG

Untuk melakukan penelitian dibutuhkan data pengoperasian PLTG yang beroperasi pada musim kemarau. Data pengoperasian PLTG yang diambil adalah data *logsheet* PLTG pada bulan Juni 2019.

Tabel 3.2. Data Pengoperasian PLTG Balai Pungut Pada Bulan Juni 2019

Tanggal	Parameter (°K)			Parameter (kPa)	
	Temperatur masuk Kompressor (T_1)	Temperatur keluaran Kompressor (T_2)	Temperatur Keluaran Turbin (T_4)	Tekanan masuk Kompressor (P_1)	Tekanan Keluaran Kompressor (P_2)
01/06/2019	303.15	555.65	672.15	101.35	823.9
02/06/2019	303.15	553.65	648.15	101.35	823.9
03/06/2019	303.15	552.65	616.15	101.35	823.9
04/06/2019	303.15	551.65	606.15	101.35	823.9
05/06/2019	303.15	550.65	682.15	101.35	823.9
06/06/2019	303.15	550.15	689.15	101.35	823.9
07/06/2019	300.15	554.15	648.15	101.35	823.9
08/06/2019	300.15	555.15	686.15	101.35	823.9
09/06/2019	300.15	555.15	668.15	101.35	823.9
10/06/2019	302.15	557.15	677.15	101.35	823.9
11/06/2019	304.15	564.15	675.15	101.35	823.9
12/06/2019	305.15	568.15	672.15	101.35	823.9
13/06/2019	308.15	569.65	672.15	101.35	823.9
14/06/2019	308.15	574.65	672.15	101.35	823.9
15/06/2019	309.15	574.65	631.15	101.35	823.9
16/06/2019	308.15	570.65	677.15	101.35	823.9
17/06/2019	306.15	569.15	682.15	101.35	823.9
18/06/2019	305.15	565.15	678.15	101.35	823.9
19/06/2019	305.15	563.15	676.15	101.35	823.9
20/06/2019	305.15	561.65	672.15	101.35	823.9
21/06/2019	303.15	555.65	672.15	101.35	823.9
22/06/2019	302.15	555.65	677.15	101.35	823.9
23/06/2019	302.15	553.65	629.15	101.35	823.9

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

Tabel 3.2. Data Pengoperasian PLTG Balai Pungut Pada Bulan Juni 2019 (lanjutan)

24/06/2019	302.15	554.65	616.15	101.35	823.9
25/06/2019	303.15	566.15	616.15	101.35	823.9
26/06/2019	305.15	567.15	649.15	101.35	823.9
27/06/2019	306.15	565.65	672.15	101.35	823.9
28/06/2019	307.15	574.65	606.15	101.35	823.9
29/06/2019	306.15	565.65	603.15	101.35	823.9
30/06/2019	303.15	564.65	632.15	101.35	823.9
Rata – rata	305.15	561.36	655.85	101.35	823.9

3.5.3. Data Konsumsi Bahan Bakar

Data konsumsi bahan bakar yang diambil adalah pada tanggal yang sama dengan data pengoperasian. Karena setelah penggabungan sistem refrigerasi pada PLTG, akan dilakukan analisis performa PLTG setelah penggunaan *Chiller Absorption* berdasarkan data konsumsi bahan bakar yang sama

Tabel 3.3. Data Konsumsi Bahan Bakar Dan Beban Harian PLTG Balai Pungut Pada Bulan Juni 2019

Tanggal	**Pengoperasian (Jam/hari)**	**Nilai Kalor (Btu/SFC)**	**Konsumsi Bahan Bakar (MMBTU)**	***Heat Spesific* (Btu/Ib°K)**	**Daya *Output* PLTG (MW)**
01/06/2019	4	1,052.823	1,081.59	0.216731	13.5
02/06/2019	4	1,059.123	964.20	0.209460	11
03/06/2019	4	1,058.966	1,107.43	0.213574	10
04/06/2019	4	1,061.223	893.26	0.217394	10
05/06/2019	4	1,057.199	922.51	0.215683	10.1
06/06/2019	4	1,049.588	846.93	0.216938	13.45
07/06/2019	4	1,048.728	811.35	0.216849	13.45
08/06/2019	3	1,048.610	664.74	0.204521	13.45
09/06/2019	4	1,046.033	735.34	0.225643	13
10/06/2019	5	1,053.399	1,175.98	0.256093	13
11/06/2019	5	1,061.684	1,261.67	0.210435	13.5
12/06/2019	4	1,047.569	1,112.90	0.210244	13.5

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

Tabel 3.3. Data Konsumsi Bahan Bakar Dan Beban Harian PLTG Balai Pungut Pada Bulan Juni 2019 (lanjutan)

13/06/2019	5	1,046.932	1,346.08	0.214563	13
14/06/2019	5	1,049.426	1,112.44	0.211233	14.5
15/06/2019	4	1,045.985	1,088.78	0.204630	13.3
16/06/2019	5	1,047.202	1,314.81	0.203526	14.8
17/06/2019	4	1,049.389	1,146.16	0.205788	14.9
18/06/2019	5	1,051.352	2,241.74	0.205990	14.4
19/06/2019	5	1,051.967	1,329.53	0.216784	14.2
20/06/2019	2	1,045.841	185.86	0.217600	15
21/06/2019	1	1,048.145	29.93	0.213400	14.7
22/06/2019	4	1,051.184	1,275.80	0.216500	14.7
23/06/2019	3	1,041.917	793.13	0.218500	13
24/06/2019	4	1,045.744	1,060.07	0.218547	15
25/06/2019	4	1,052.008	1,106.34	0.217670	15.3
26/06/2019	4	1,052.045	1,071.59	0.214580	14
27/06/2019	5	1,046.557	1,194.69	0.216000	13.5
28/06/2019	4	1,047.202	1,121.55	0.216658	14
29/06/2019	4	1,047.918	1,121.08	0.216357	13.4
30/06/2019	4	1,051.922	978.05	0.214650	14
Rata – rata	4	1,046.019	1,036.51	0.217901	13.45

Adapun kisaran nilai AFR pada kandungan bahan bakar PLTG Balai Pungut diperlukan untuk menghitung laju aliran pada proses Isobarik.

Tabel 3.4. Data Kandungan Bahan Bakar

Jenis Gas	***Stoichiometric Air Fuel Ratio* (AFR)**
CO	2.87
H2	2.82
CH4	10.42
C2H2	12.43
C2H6	18.14
C2H8	26.11
Natural Gas	8.43
Total	81.26

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.
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

3.6 Perhitungan Performa PLTG

Sebelum dilakukan penggabungan sistem refrigerasi pada PLTG. Terlebih dahulu dilakukan perhitungan performa PLTG secara keseluruhan berdasarkan data aktual yang didapat. Perhitungan performa PLTG dilakukan berdasarkan siklus *brayton* dan menggunakan hukum termodinamika pertama pada masing – masing komponen PLTG. Berikut beberapa langkah perhitungan siklus PLTG.

a. Proses (1-2) merupakan proses kompresi udara secara isentropik pada kompresor. Proses ini terjadi secara adiabatik. Perhitungan proses kompresi dapat dilakukan dengan langkah berikut:
   1. Melakukan konversi satuan nilai laju massa udara menjadi unit (kg/s) berdasarkan tabel (3.3) dan (3.4)
   2. Menentukan nilai entalpi keluaran ideal kompressor menggunakan persamaan (2.27)
   3. Menentukan nilai entalpi proses pada keadaan 1-2 berdasarkan tabel properti termodinamis.
   4. Menghitung kinerja kompressor menggunakan persamaan (2.1)

b. Proses (2-3) merupakan proses penambahan panas secara isobarik pada ruang bakar. Bahan bakar bercampur dengan udara hasil kompresi bertekanan tinggi. Berikut langkah perhitungan proses (2-3):
   1. Melakukan konversi nilai laju massa bahan bakar dalam satuan (kg/s) dan LHV dalam satuan (kJ/kg) berdasarkan tabel (3.3)
   2. Panas yang bekerja pada ruang bakar serta efisiensi pembakaran dapat dihitung menggunakan persamaan (2.2)

c. Proses (3-4) merupakan proses konversi energi panas menjadi energi kinetik pada turbin gas. Pada bagian ini terjadi proses ekspansi secara isentropik akibat tekanan yang menurun setelah melewati sudu turbin. Berikut langkah perhitungan proses (3-4):
   1. Menentukan nilai laju massa pada keadaan (3-4) dengan penjumlahan laju massa gas dan laju massa udara.
   2. Menghitung nilai temperatur keluaran turbin gas menggunakan persamaan (2.29)
   3. Menghitung nilai temperatur keluaran ideal turbin gas menggunakan persamaan (2.30)

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

4. Menentukan nilai entalpi proses pada keadaan (3-4) menggunakan tabel properti termodinamis.
5. Menghitung kinerja turbin gas menggunakan persamaan (2.3)

d. Pada generator terjadi konversi energi kinetik menjadi energi listrik. Kinerja generator dapat dihitung menggunakan persamaan (2.31) serta nilai efisiensi termal PLTG dihitung menggunakan persamaan (2.32)

e. Potensi panas buang PLTG Balai Pungut.

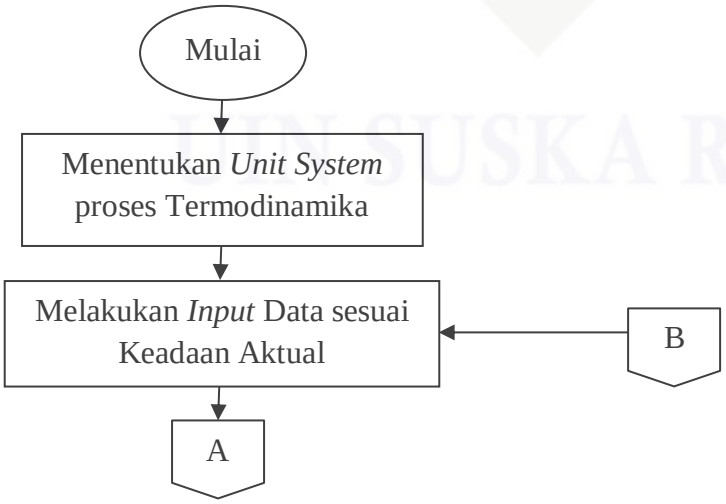
Analisis potensi panas buang turbin gas dilakukan untuk melihat kemungkinan bahwa panas yang terbuang pada turbin gas cukup untuk menggerakkan *Chiller Absorbtion.* Perhitungan potensi panas buang PLTG dilakukan dengan persamaan (2.5)

3.7 Pemrograman dan Validasi *Engineering Equation Solver* (EES)

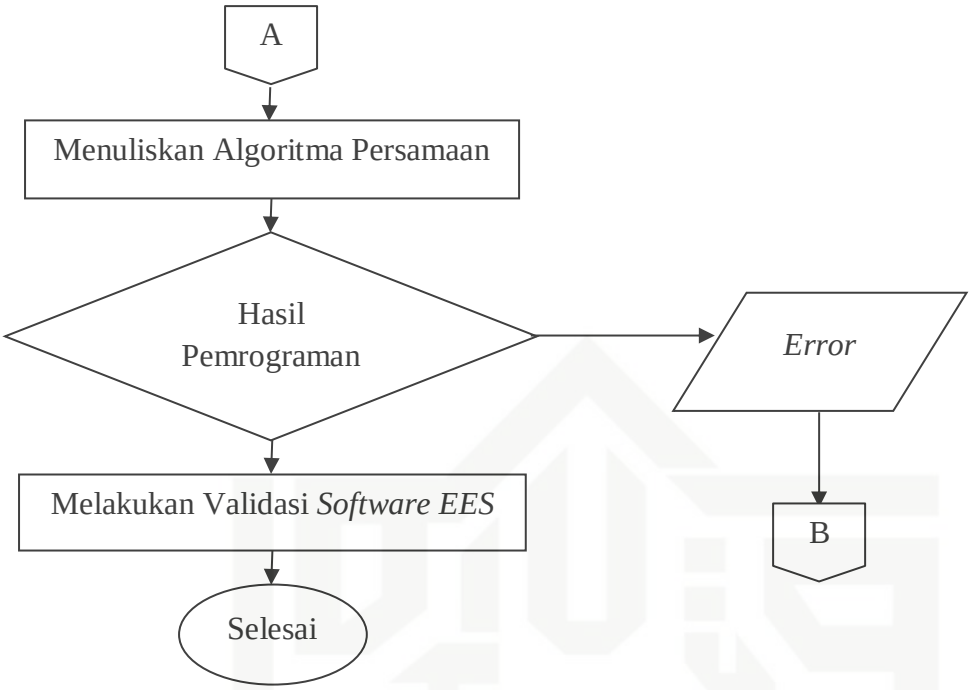
Perhitungan kesetimbangan massa dan energi pada *Chiller Absorption* dan siklus *Brayton* menggunakan software EES berdasarkan hukum termodinamika pertama. Sebelum penggunaan software dilakukan percobaan pemrograman dan validasi untuk melihat kelayakan *software*.

3.7.1. Pemrograman Engineering Equation Solver (EES)

Pada penelitian ini proses perhitungan kesetimbangan massa dan energi dilakukan menggunakan *Software Engineering Equation Solver (EES)*. EES adalah aplikasi perhitungan termodinamika berdasarkan data dan persamaan yang di input. Langkah yang dilakukan adalah dengan melakukan input data, menulis algoritma persamaan, lalu memperbaiki *error* jika terdapat *error* pada data maupun algoritma persamaan. Berikut *flowchart* pemrograman EES



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
UIN SUSKA RIAU



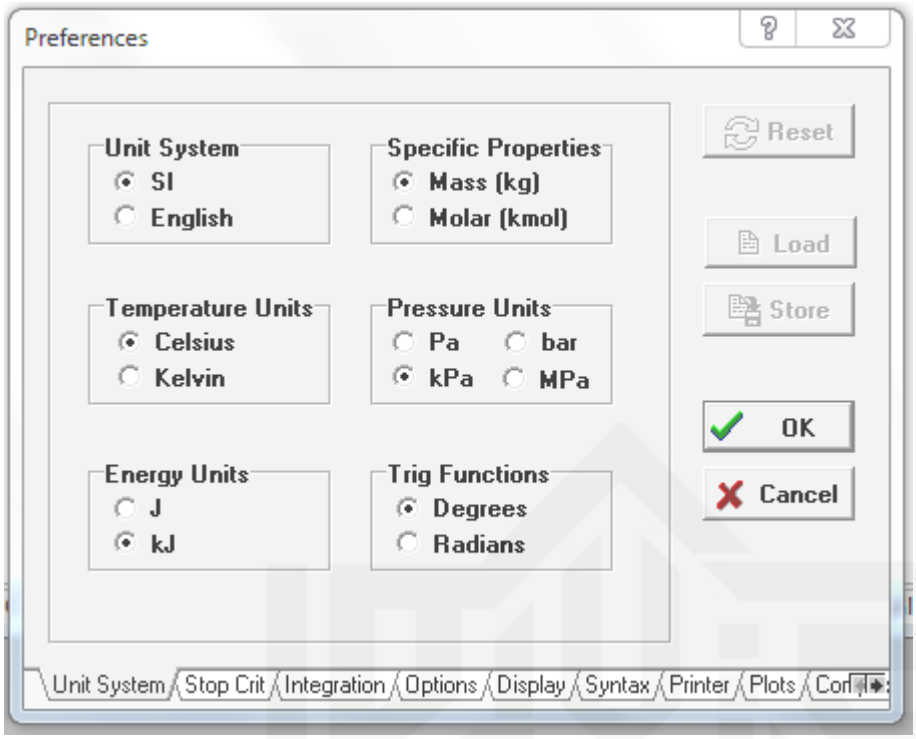
Gambar 3.2. *Flow Chart* Validasi *Software EES*

3.7.2. Menentukan *Unit System* proses Termodinamika

Sebelum melakukan pemrograman perlu ditentukan *Unit System* dari suatu keadaan. Untuk menentukan unit system dilakukan dengan meng-*click icon preferences, click* tombol *Unit System*, menentukan *Unit System* sesuai kebutuhan, lalu *click ok*.

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

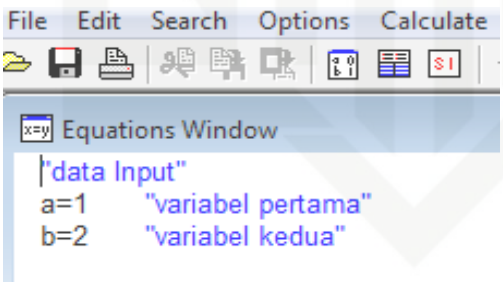
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan 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
UIN SUSKA RIAU



Gambar 3.3. *Unit System* Pemrograman EES

3.7.3. Melakukan Input Data sesuai Keadaan Aktual

Langkah pertama proses perhitungan adalah dengan melakukan input data sesuai kebutuhan. Input data dilakukan dengan memasukkan nilai suatu keadaan pada *icon equation window* . Tanda petik (“) digunakan untuk menyatakan suatu variabel dan tanda kurung siku ([ ]) digunakan untuk menyatakan satuan.

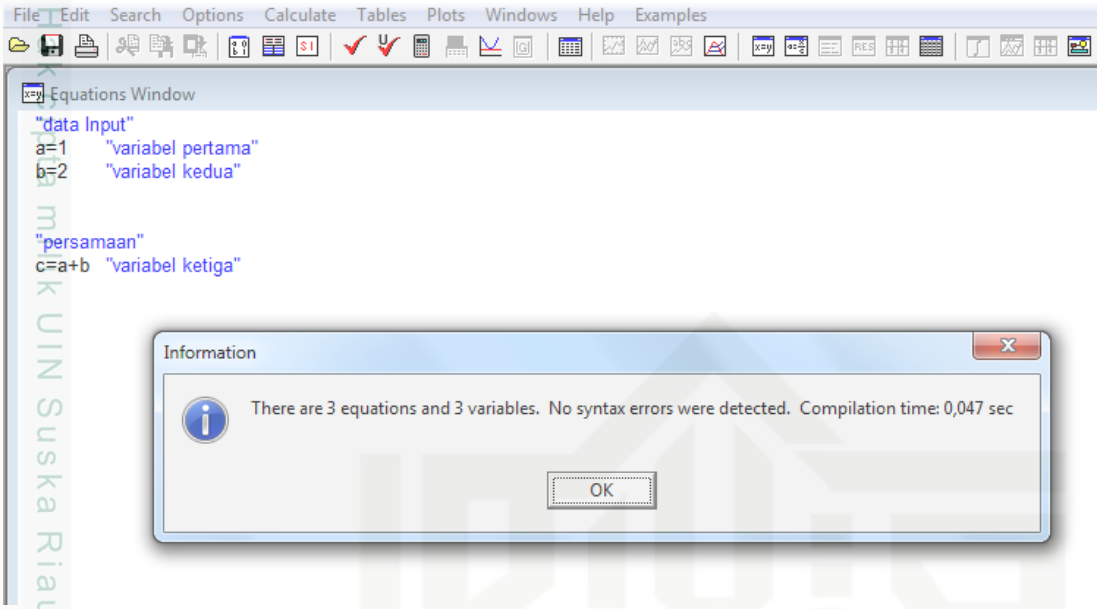


Gambar 3.4. Data *Input* Pemrograman EES

3.7.4. Menuliskan Algoritma Persamaan

Setelah melakukan input data, langkah selanjutnya adalah dengan menulis algoritma persamaan pada *equation window.* Untuk penjumlahan dan pengurangan digunakan simbol (+) dan (-) sementara perkalian dan pembagian digunakan simbol (*) dan (/). Selain itu dapat digunakan tanda kurung untuk menentukan perhitungan yang mana yang harus diselesaikan

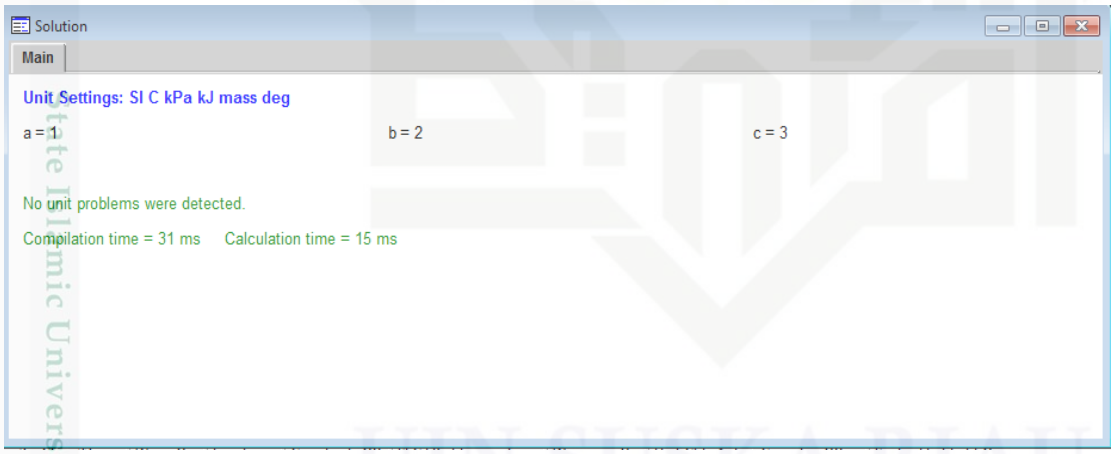
terlebih dahulu. Setelah penulisan algoritma persamaan selesai, klik *icon check equation* untuk mengetahui *error* dari persamaan.



Gambar 3.5. Algoritma Persamaan Pemrograman EES

3.7.5. Hasil Pemrograman

Hasil pemrograman didapat berdasarkan persamaan dan data di input pada *equation window*. Dengan meng-klik *icon solve* hasil pemrograman akan ditampilkan.

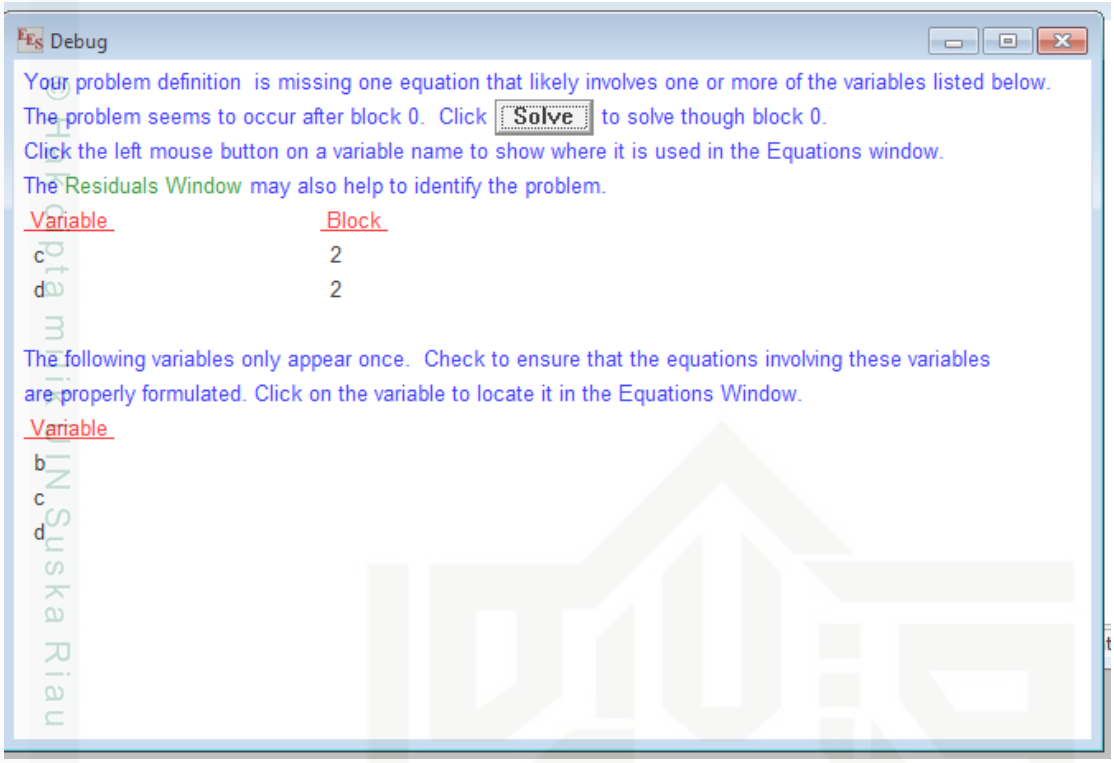


Gambar 3.6. Hasil Pemrograman EES

3.7.6. Error

Error adalah suatu kondisi dimana terdapat simbol atau data yang tidak dikenal pada proses pemrograman. Untuk mengetahui adanya error dapat meng-klik *icon check equation* atau *icon solve*. *Icon solve* akan memperlihatkan error dan cara mengatasinya.

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



Gambar 3.7. *Error* Pada EES

3.7.7. Melakukan Validasi *Software EES*

Validasi EES adalah proses mengetahui layak tidaknya software ini digunakan untuk melakukan perhitungan. EES dinyatakan layak jika menghasilkan nilai persentase *error* yang kecil. Atau pada penelitian ini peneliti mengasumsikan persentase error harus dibawah 1%. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil yang diolah peneliti berdasarkan jurnal rujukan. Jurnal rujukan yang digunakan adalah jurnal pada tahun 2019 yang berjudul "Pemanfaatan Pemanfaatan Panas Buang PLTG Pesanggaran Bali untuk Pendingin Ruangan menggunakan *Chiller Absorption*".

Pada jurnal rujukan diambil sampel pada salah satu sub bab yang melakukan perhitungan kesetimbangan massa dan energi pada *Chiller Absorption*. Berikut tahapan melakukan validasi.

3.8 Analisis Kesetimbangan Massa dan Energi pada *Chiller Absorption*

Analisis perhitungan kesetimbangan massa dan energi dilakukan menggunakan software EES berdasarkan hukum termodinamika pertama. Berikut langkah – langkah melakukan perhitungan:

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

3.8.1 Menentukan Unit Sistem *Chiller Absorption*

Unit sistem yang digunakan adalah unit sistem SI dengan satuan temperatur (˚C), energi (kJ), massa (kg), dan tekanan (kPa). Unit parameter ini kemudian di pilih pada tabel *preferences* EES.

3.8.2 Melakukan Input data dan pengolahan data *Chiller Absorption*

Data input yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan kesetimbangan massa dan energi *Chiller Absorption* adalah sebagai berikut:

1. Temperatur pada masing – masing komponen *Chiller Absorption.* Temperatur pada masing – masing keadaan ditentukan berdasarkan nilai COP 0.75 menggunakan tabel *Equilibrium Chart for Aqueous Lihtium Bromide Solution and Thermophysical Properties of LiBr and H2O*.
2. Tekanan pada proses refrigerasi. Tekanan pada proses refirgerasi ditentukan menggunakan tabel *Equilibrium Chart for Aqueous Lihtium Bromide Solution and Thermophysical Properties of LiBr and H2O* dengan input temperatur evaporasi dan kondensasi
3. Laju massa dan tekanan udara. Laju massa yang digunakan adalah laju massa udara sebelum proses kompresi PLTG, sementara tekanan udara diasumsikan bekerja pada keadaan tekanan atmosfer yaitu 101.35 kPa.
4. Kualitas larutan absorbent. Menentukan kualitas Larutan LiBr-H2O menggunakan *Equilibrium Chart for Aquaous Lithium Bromide Solution* dengan input temperatur dan tekanan pada masing – masing komponen *Chiller Absorption*
5. Entalpi proses keadaan 1, 2, 3, dan 4. Penentuan entalpi pada keadaan ini dilakukan menggunakan tabel properti EES dengan input temperatur dan tekanan.
6. Entalpi udara pada keadaan aktual 32˚C dan keadaan ISO 15˚C yang didapat dari tabel *Phsycrometric Chart* dengan input temperatur dan tekanan atmosfer atau menggunakan properti EES dengan input yang sama.
7. Menghitung Menghitung kebutuhan pendingin berdasarkan parameter yang sudah didapat yaitu laju aliran massa udara, entalpi keadaan aktual, dan entalpi keadaa ISO 15˚C menggunakan persamaan (2.9)
8. Menentukan laju massa refrigerant dengan persamaan (2.11)
9. Menentukan laju massa larutan encer dengan menggunakan persamaan (2.14)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Penggunaan 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
UIN SUSKA RIAU

10. Menentukan laju massa larutan encer dengan menggunakan persamaan (2.16)
11. Menentukan nilai entalpi proses pada keadaan 8. Entalpi pada refrigerant ditentukan menggunakan tabel *thermodynamic properties* dengan *input* suhu dan tekanan. Sedangkan penentuan nilai entalpi LiBr digunakan grafik *thermophysical properties* dengan *input* konsentrasi dan temperatur larutan.

3.8.3 Perhitungan Siklus Refrigerasi *Chiller Absorption*

Pada perhitungan matematis siklus refrigerasi digunakan persamaan hukum termodinamika pertama. Analisis perhitungan dilakukan menggunakan *software EES*. Persamaan dibawah di inputkan ke EES pada tahapan simulasi penulisan algoritma persamaan. Berikut langkah – langkah perhitungan kesetimbangan massa dan energi pada *Chiller Absorption*:

a) Proses (4-5) dan (2-7) merupakan proses adiabatik pada *refrigerant* dan larutan *absorbent*, kesetimbangan energi pada proses ini dapat ditentukan dengan persamaan (2.12)
b) Proses perpindahan panas secara adiabatik pada *heat exchanger* ditentukan menggunakan persamaan (2.17)
c) Proses (1-2) dan (1-3) merupakan penambahan panas secara isobarik pada komponen generator. Penambahan panas akan mengakibatkan refrigerant terpisah dengan larutan absorbent menuju kondensor pada tekanan yang sama. Untuk menghitung energi panas yang Diserap generator dapat dilakukan menggunakan persamaan. (2.18)
d) Proses (3-4) adalah proses kondensasi refrigerant secara isobarik. Energi panas yang dibuang keligkungan dapat dihitung menggunakan persamaan (2.20)
e) Proses (8-1) merupakan proses kompresi isentropik pada larutan campuran. Untuk menentukan kerja pompa dapat digunakan persamaan. (2.22)
f) Pada cooling tower terjadi penyerapan panas secara isobarik. Panas yang disepar bersumber dari kondensor dan tabung absorber. Energi panas yang diserap cooling tower dapat dihitung menggunakan persamaan (2.23)

3.8.4 Penentuan Variabel berdasarkan Katalog

Variabel yang ditentukan pada tahap ini adalah nilai *electrical data* yang dikonsumsi *chiller absorption* selama proses refrigerasi berlangsung. Data konsumsi listrik yang dibutuhkan adalah nilai *Power , concentrator pump (absorbent pump 1), absorbent pump 2,*

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.
© Hak cipta milik UIN Sultan Syarif Kasim Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

refrigerant pump, dan *purge pump*. Data konsumsi energi listrik ditentukan berdasarkan laju aliran energi pada masing – masing komponen *Chiller Absorption*, yaitu pada tabel 2.1 dan 2.2

3.9 Analisis Performa PLTG setelah penggunaan *Chiller Absorption*

Analisis perhitungan dilakukan pada masing – masing komponen PLTG dengan konsumsi bahan bakar yang sama sebelum penggunaan sistem refrigerasi *Chiller Absorption*. Analisis perhitungan dilakukan menggunakan software EES berdasarkan hukum termodinamika pertama. Berikut langkah perhitungan performa PLTG dengan penggunaan sistem refrigerasi *Chiller Absorption.*

3.9.1. Menentukan Unit Sistem PLTG

Unit sistem yang digunakan adalah unit sistem SI dengan satuan temperatur (K), energi (kJ), massa (kg), dan tekanan (kPa). Unit parameter ini kemudian di pilih pada tabel *preferences* EES.

3.9.2. Melakukan Input data dan pengolahan data PLTG

Berikut data – data yang di input pada *equation window EES* serta langkah – langkah pengolahannya :

1. Rasio kompressi didapat dari tabel spesifikasi (3.1)
2. Temperatur udara *inlet section* sesuai standar ISO 3977 – 2 – 1997 yaitu 288.15K
3. Konstatnta Moran senilai (k=1.4)
4. Laju massa udara dan laju massa bahan bakar
5. Kalor jenis udara dan kalor jenis bahan bakar. Nilai kalor jenis (c_p) di dapat dari tabel kandungan bahan bakar (3.3)
6. Massa jenis udara aktual dan massa jenis udara pada keadaan ISO yang di tentukan menggunakan properti EES dengan input temperatur dan tekanan atmosfer serta nilai kelembaban 80%
7. Menentukan nilai debit aliran kompressor menggunakan persamaan (2.25)
8. Menentukan nilai laju aliran massa udara pada keadaan ISO 15˚C menggunakan persamaan (2.26)

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

3.9.3. Perhitngan Performa PLTG

Perhitungan perfoma PLTG dibagi pada empat bagian komponen utama PLTG, yaitu kompressor, ruang bakar, turbin gas, dan generator

a. Kompressor

Perhitungan kinerja kompressor dimulai dari menghitung temperatur keluaran kompressor, termperatur keluaran ideal kompressor, entalpi keluaran ideal kompressor, serta entalpi pada keadaan 11 dan 12. Berikut langkah – langkah menghitung kinerja kompressor setelah penggunaan *Chiller Absorption*.

1. Menentukan temperatur keluaran kompressor

   Proses kompressi pada kompresor terjadi secara adiabatik dimana terjadi perubahan tekanan tanpa dipengaruhi perubahan nilai entropi ($s_1 = s_2$) sehingga dengan mengetahui nilai entropi keluaran proses kompressir (s_2), temperatur keluaran kompressor dapat ditentukan menggunakan properti EES dengan input entropi keluaran (s_2) dan tekanan keluran kompressor (P_2). Nilai entropi pada keadaan 1 (s_1) didapat dari tabel EES dengan input suhu dan tekanan sebelum proses kompressi.
2. Menghitung temperatur keluaran ideal kompressor

   Temperatur keluaran ideal kompressor dihitung mengunakan persamaan (2.27)
3. Menentukan entalpi keluaran ideal kompressor

   Entalpi keluaran ideal kompressor ditentukan menggunakan tabel properti EES dengan input temperatur dan tekanan keluaran kompressor
4. Menentukan entalpi proses pada keadaan 11 dan 12

   Entalpi pada keadaan 11 dan 12 ditentukan menggunakan tabel properti EES dengan input suhu dan tekanan pada masing – masing keadaan.
5. Menghitung efisiensi dan kerja kompressor menggunakan persamaan (2.1)

b. Ruang Bakar

Pada ruang bakar terjadi proses panambahan panas dari hasil pembakaran secara isobarik. Proses isobarik pada ruang bakar dihitung menggunakan persamaan (2.2). Setelah perhitungan energi panas pada ruang bakar, langkah berikutnya adalah menghitung kenaikan temperatur sistem yang disebabkan oleh gas pembakaran (T_3). Temperatur keluaran ruang bakar dihitung menggunakan turunan persamaan (2.5) dengan (T_3) sebagai *ouput* dari perhitungan.

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
UIN SUSKA RIAU

c. Turbin Gas

Perhitungan kinerja turbin gas dimulai dari menghitung nilai laju massa keluaran ruang bakar, temperatur keluaran turbin, temperature keluaran idealturbin, entalpi keluaran ideal turbin, serta entalpi pada keadaan 13 dan 14. Berikut langkah – langkah menghitung kinerja turbin gas.

1. Menghitung nilai laju masa keluaran ruang bakar menggunakan persamaan (2.28)
2. Menghitung temperatur keluaran turbin.

   Proses ekspansi pada turbin juga terjadi secara adiabatik dimana nilai ($s_3 = s_4$). Dengan mengetahui nilai entropi pada keadaan 3 (s_3), temperatur keluaran turbin gas dapat ditentukan nilainya dengan menggunakan properti EES dengan input (s_4) dan tekanan atmosfer (P_1). Nilai (s_3) ditentukan menggunakan properti EES dengan input temperatur (T_3) dan tekanan keluaran ruang bakar (P_2).
3. Menghitung temperatur keluaran ideal turbin menggunakan persamaan (2.30)
4. Menentukan nilai entalpi keluaran ideal turbin menggunakan properti EES dengan input temperatur dan tekanan keluaran ideal turbin.
5. Menentukan nilai entalpi pada keadaan 13 dan 14 menggunakan properti EES dengan input temperatur dan tekanan pada masing – masing keadaan.
6. Menghitung kinerja turbin gas menggunakan persamaan (2.3)

d. Generator

Setelah diketahui nilai kinerja pada masing – masing komponen utama PLTG, daya output dan efisiensi pembangkit dapat ditentukan menggunakan persamaan (2.30) dan (2.31).

3.10 Mengalami Peningkatan

Penggunaan *Chiller Absorption* pada PLTG bertujuan untuk meningkatkan performa PLTG hingga mendekati keadaan standar ISO 3977-2:1997. Penelitian dinyatakan mencapai tujuan jika performa PLTG mengalami peningkatan daya netto dan efisiensi termal meningkat sebesar 1% hingga 2%. Jika hasil perhitungan tidak menunjukkan peningkatan performa PLTG, maka proses penelitian akan kembali pada perhitungan performa PLTG sebelum penggunaan *Chiller Absorption*.

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

3.11 Analisis Hasil Penelitian

Pada bagian ini akan dilakukan analisis hasil perhitungan penelitian dengan mengkaji secara menyeluruh hasil penelitian. Sehingga akan terlihat faktor – faktor yang mempengaruhi kinerja PLTG maupun *Chiller Absorption*. Hasil yang akan dianalisis adalah perhitungan manual performa PLTG sebelum penggunaan *Chiller Absorption*, perhitungan kesetimbangan massa dan energi pada *Chiller Absorption*, lalu perhitungan performa PLTG setelah penggunaan *Chiller Absorption.*

3.12 Menarik Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dirangkum berdasarkan analisis hasil penelitian. Dengan adanya rangkuman tersebut diharapkan dapat menjadi sebuah saran atau rekomendasi agar diterapkan pada perusahaan. Pada bagian ini juga akan terlihat aspek – aspek yang perlu dipertimbangkan apabila metode ini akan diterapakan pada perusahaan.

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

UIN SUSKA RIAU

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa hasil dari penelitian ini didapat kesimpulan:

1. Dari perhitungan manual performa PLTG Balai Pungut Duri saat beroperasi pada bulan Juni 2019 dengan rata – rata temperatur lingkungan 32˚C didapat daya *output* PLTG sebesar 13.96 MW dengan efisiensi thermal 22.64%. Sementara pada data *logsheet* daya *output* PLTG senilai 13.45 MW dan efiseinsi thermal 22.33%. dengan waktu operasi yang sama. Hal ini menunjukkan pada perhitungan manual matematis, persamaan yang digunakan cukup kredibel dengan selisih perhitungan yang cukup kecil dengan keadaan aktual.
2. Panas yang terkandung dari gas buang PLTG Balai Pungut cukup untuk menggerakkan proses siklus refrigerasi *Chiller Absorption* dengan kapasitas pendingin sebesar 2,141 kJ/s serta mampu menjaga temperatur inlet turbin agar tetap berada pada standar ISO 15˚C dengan laju aliran energi pada tabung *absorbent* senilai 2,461 kJ/s, *concentrator* senilai 2,482 kJ/s dan kondensor senilai 2,267 kJ/, serta nilai laju aliran massa refrigerant sebesar 0.899 kg/s, laju aliran massa larutan pekat LiBr 3.22 kg/s, dan laju aliran massa larutan encer LiBr 4.12 kg/s.
3. PLTG Balai Pungut mengalami peningkatan daya *output* dari yang sebelumnya sebesar 13,969 kJ/s dengan efisiensi termal 22.64% menjadi 15,982 kJ/s dengan efisiensi termal 25.9% setelah menggunakan *Chiller Absorption* dengan nilai kalor pembakaran yang sama yaitu 61,700 kJ/s. Peningkatan juga terjadi pada kinerja kompressor dari yang sebelumnya sebesar 31,797 kJ/s menjadi 32,564 kJ/s, serta pada turbin gas dari yang sebelumnya 45,765 kJ/s menjadi 48,592 kJ/s.

5.2 Saran

Chiller Absorption menghasilkan panas buang yang cukup banyak ke lingkungan untuk melakukan proses refrigerasi. Apabila alat ini ingin diterapkan pada perusahaan, perlu dikaji aspek geografis terutama sumber air disekitar pembangkit sebagai media pembuang panas dari siklus.

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 Sultan Syarif Kasim Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), "Kepmen ESDM no.143K/20/MEM/2019". (Diakses Maret 2021)

[2] N. Gustia, "Analisa Efisiensi dan Pemanfaatan Gas Buang Turbin Gas Alsthom pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Kapasitas 20MW," Jurnal Sains, Teknologi dan Industri 14(2), 209-218, 2017

[3] M. Ahmadzadehtalatapeh, and H. Rashidi, "*Performance enhancement of gas turbine units by retrofitting with inlet air cooling technologies (IACTs): an hour-by-hour simulation study,*" *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* (2020) 42:139..

[4] E. Bellos, *and* C. Tzivanidis, "*CO2Transcritical Refrigeration Cycle with DedicatedSubcooling: Mechanical Compression vs. Absorption Chiller,*" *Thermal Department, School of Mechanical Engineering, National Technical University of Athens, Zografou,Heroon Polytechniou 9, 15780 Athens, Greece* (2019)

[5] PT. PLN (Persero) sektor pengendalian pembangkitan pekanbaru, "Laporan Tahunan PLTG Balai Pungut Duri 2019". (Diakses Maret 2021)

[6] C. Arora "*REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING*". *1st ed*. New Delhi : PHI Learning Private Limited, 2010

[7] G. Abhisenk, *and* S. Prashant, "*Thermodynamic Analysis of Lithium Bromide-Water (LiBr-H2O) Vapor Absorption Refrigeration System Based on Solar Energy,*" *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Vol 05, Issue 01* (Jan 2018).

[8] N. Qosim, P. M. Pamungkas, B. Fitriana, W. Pratomo, *and* M. Lassandy, "*Comparison Study of Analysis of Water Tower Structure Using Finite Element Method and Engineering Equation Solver,"* Jurnal Teknologi Terapan Vol. 04 No. 01, Jawa Barat (Maret 2018)

[9] Muhammad F, Iman, S, *and* Burmawi. "ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR UDARA MASUKAN TERHADAP KERJA TURBIN GAS DI PT PLN (PERSERO) SEKTOR PEMBANGKITAN PLTGU CILEGON," Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri UNIVERSITAS BUNG HATTA Jl. Gajah Mada No. 19, Gunung Pangilun Padang 25142 Sumatera Barat (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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

[10] M. Erkinjon, "*Gas turbine efficiency enhancement using absorption chiller. Casestudy for Tashkent CHP*," *Scientific-Technical Center with Constructional Bureau and Experimental Production of Academy of Sciences of Uzbekistan Republic, Durmon yuli str. 33,Tashkent, 100125, Uzbekistan* (2019).

[11] Dedi S, Nina, Agus D, *and* Khalif. "PEMANFAATAN PANAS BUANG PLTG PESANGGARAN BALI UNTUK PENDINGIN RUANGAN MENGGUNAKAN *CHILLER ABSORPTION*," Jurnal Ketenagalistrikan dan Energi Vol.18 No.01 (2019)

[12] PT. PLN (Persero) sektor pengendalian pembangkitan pekanbaru, "Data Logsheet dan Spesifikasi Peralatan PLTG Balai Pungut Duri 2019". (Diakses Maret 2021)

[13] A. Martin, *and* N. I. Rivai. "ANALISIS *EXERGY* PADA UNIT 2 PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS (PLTG) TELUK LEMBU KAPASITAS 21,6 MW," Jurnal Sains dan Teknologi 18 (1) 27 - 31, Riau (2019)

[14] L. Zhiqiang, Nan, *and* Y. Sheng, "*Thermodynamic and parametric analysis of coupled LiBr/H2O absorption chiller/ Kalina Cycle for cascade utilization of low grade heat," Energy Conversion and Management Vol* 205, 112370, (*February* 2020)

[15] T. Surungan. (2010,02,16). Hukum Thermodinamika (1st ed). Available : www.unhas.ac.id

[16] A. Pudjanarsa, and D. Nursuhut, "Mesin Konversi Energi". 1st ed. Yogyakarta: ANDI, 2013

[17] Yuberti, "Konsep Materi Fisika Dasar". 2nd ed. Bandar Lampung: Anugerah Utama Raharja (AURA), 2013

[18] G. Andika, (2016,05,13). Hukum III Termodinamika (1st ed). Available : www.scribd.com

[19] Bitar, (2020,10,08). Kalor. Available : www.gurupendidikan.co.id

[20] Gukjegeumyung, *and* Yeongdeungpo. *"LG HVAC SOLUTION CHILLER ABSORPTION" .2nd ed.* Seoul: *LG Electronics*, 2015

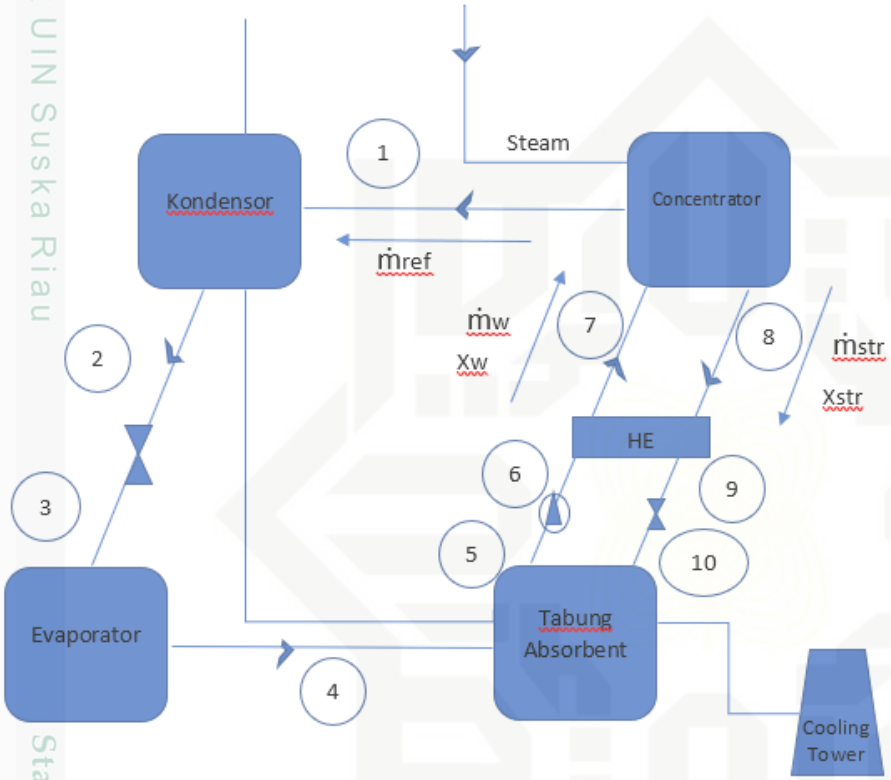
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan 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
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

LAMPIRAN A

1. Kesetimbangan Massa dan energi pada *Chiller Absorption*

Pada bagian ini dilakukan pergitungan termodinamika pada proses refrigerasi untuk mengetahui nilai laju aliran energi pada masing – masing komponen utama *Chiller Absorption*, yaitu *evaporator*, tabung *absorbent, heat exchanger*, *concentrato*r, kondensor, *solution pump* dan *cooling tower*. Entalpi proses pada proses refrigerasi ditentukan berdasarkan siklus berikut:



Perhitungan kesetimbangan massa dan energi pada *Chiller Absorption* dimulai dari menghitung beban pendingin, menentukan kualitas dan entalpi larutan LiBr menggunakan tabel *Equilibrium Chart for Aquaous Lithium Bromide Solution* dan *Thermophysical Properties of Li-Br*, serta perhitungan massa dan energi pada tiap – tiap komponen menggunakan persamaan hukum termodinamika pertama. Untuk melakukan analisis perlu diketahui data temperatur komponen *Chiller Absorption* sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data temperatur komponen *Chiller Absorption* berdasarkan nilai COP 0.75

Komponen	Temperatur	COP
Concentrator	65°C	0.75
Kondensor	24°C	
Evaporator	8°C	
Tabung *Absorbent*	24°C	

Berdasarkan data diatas, dengan menggunakan tabel *Equilibrium Chart for Aquaous Lithium Bromide Solution* didapat:

x_{str} = 0.6

x_w = 0.46

Kebutuhan Beban Pendingin

Kebutuhan beban pendingin adalah energi yang harus diserap oleh evaporator dari lingkungan aktual 32°C menjadi keadaan ISO 15°C. Kebutuhan beban pendingin dapat dihitung menggunakan persamaan 2.7

$\dot{Q}_{evap}$ = $\dot{m}_u$ $(h_{akt} - h_{ISO})$

Dengan bantuan tabel *Psychrometric Chart* didapat nilai entalpi udara pada keadaan aktual 32°C (h_{akt}) adalah sebesar $305.4 kJ/kg$ dan entalpi udara pada keadaan ISO 15°C (h_{ISO}) yaitu $288.3 kJ/kg$

$\dot{Q}_{evap}$ = 125.1 kg/s x $(305.4 kJ/kg - 288.3 kJ/kg)$

$\dot{Q}_{evap}$ = 2139.89 kJ/s

Entalpi Larutan LiBr dan *refrigerant* pada masing – masing keadaan

Untuk menentukan entalpi larutan LiBr digunakan tabel *Thermophysical Properties of Li-Br* dengan input suhu dan kualitas larutan.

Tabel 4.2. Entalpi Proses pada masing – masing keadaan sirkulasi sistem refrigerasi *Chiller Absorption*

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.
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Keadaan	Temperatur (°C)	Konsentrasi	Tekanan (kPa)	Entalpi (kJ/kg)
1	65	0.0	2.99	2,622.03
2	24	0.0	2.99	100.64
3	24	0.0	1.08	100.64
4	8	0.0	1.08	2,481.56
5	24	5.4	1.08	45.12
6	24	5,4	2.99	45.12
8	65	6.0	2.99	161.7
10	48	6.0	1.08	129

Dengan didapatnya nilai kalor evaporator, laju massa refrigerant dapat ditentukan dengan persamaan 2.12

$$\dot{m} = \frac{Q_{ev}}{(h_4 - h_3)}$$

$$\dot{m} = \frac{2139.89\ kJ/s}{\left(2481.56\frac{kJ}{kg} - 100.64 kJ/kg\right)}$$

$\dot{m}$ = 0.898kg/s

Berdasarkan hubungan antara laju massa dan kualitas larutan *absorbent Chiller Absorption* yaitu pada persamaan 2.14

$$x_w \,.\, \dot{m}_w = x_{str} \,.\, \dot{m}_{str}$$

Maka rasio laju massa dan konsentrasi dapat ditentukan berdasarkan turunan dari persamaan tersebut

$$\lambda = \frac{\dot{m}_{str}}{\dot{m}} = \frac{x_w}{x_{str} - x_w}$$

$$\lambda = \frac{x_w}{x_{str} - x_w} = \frac{0.46}{0.60 - 0.46} = 3.5$$

Setelah mengetahui nilai rasio maka laju massa larutan pekat dapat ditentukan dengan:

$\dot{m}_{str} = \lambda \dot{m}$ = 3.5 (0.91kg/s) = 3.2 kg/s

Laju massa larutan encer adalah jumlah laju massa larutan pekat dan laju massa *refrigerant*. Berdasarkan keadaan ini laju massa larutan encer dapat dihitung dengan persamaan 2.15

$\dot{m}_w = \dot{m} + \dot{m}_{str}$ = 0.91 kg/s + 3.2 kg/s = 4.11 kg/s

Tabung *Absorbent*

Laju aliran energi pada tabung *absorbent* dapat dihitung dengan persamaan 2.13

$\dot{E}_{in} = \dot{E}_{out}$

$\bar{Q}in_{ev} + \bar{Q}out_{gen} = \bar{Q}in_{gen} + \bar{Q}_{abs}$

Dari persamaan tersebut laju aliran energi pada tabung *absorbent* ($\bar{Q}_{abs}$) dapat dihitung dengan

$\bar{Q}_{abs} = (\dot{m}\ x\ h_4) + (\dot{m}_{str}\ x\ h_{10}) - (\dot{m}_w\ x\ h_5)$

Berdasarkan tabel 4.2 diketahui bahwa entalpi proses pada keadaan 4 (h_4), keadaan 10 (h_{10}) dan keadaan 5 (h_5) masing – masing adalah sebesar 2,481.56 kJ/kg, 129 kJ/kg, dan 45.12 kJ/kg. Serta dari perhitungan sebelumnya diketahui laju aliran massa *refrigerant* ($\dot{m}$) senilai 89 kg/s, laju aliran massa larutan LiBr pekat ($\dot{m}_{str}$) 3.2 kg/s, dan laju aliran massa larutan LiBr berkonsentrai lemah ($\dot{m}_w$) 4.11 kg/s

Dengan demikian, kesetimbangan energi pada tabung *absorbent* dapat ditentukan sebesar:

$\bar{Q}_{abs}$ = (0.89 kg/s x 2,481.56 kJ/kg) + (3.2 kg/s x 129 kJ/kg) – (4.11 kg/s x 45.12 kJ/kg)

$\bar{Q}_{abs}$ = 2,208.58 kJ/s + 412.8 kJ/s – 185.44kJ/s

$\bar{Q}_{abs}$ = 2435.94 kJ/s

Heat Exchanger

Kesetimbangan energi pada heat exchanger dapat ditentukan dengan persamaan 2.18:

$\dot{m}_w\ (h_7 - h_6) = \dot{m}_{str}\ (h_8 - h_9)$

Dalam hal ini entalpi pada keadaan 7 (h_7) adalah sama dengan entalpi pada keadaan 9 (h_9). Sehingga dapat diasumsikan

$h = h_7 = h_9$

Dengan ini persamaan menjadi

$\dot{m}_w\ (h - h_6) = \dot{m}_{str}\ (h_8 - h)$

Pada tabel 4.2 entalpi proses pada keadaan 6 (h_6) dan keadaan 8 (h_8) adalah masing – masing senilai 45.12 kJ/kg dan 161.7 kJ/kg. Maka berdasarkan persamaan 2.18 entalpi campuran (h) dari proses perpindahan panas adalah

4.11 kg/s $(h - 45.12\ kJ/kg) = 3.2\ kg/s\ (161.7\ kJ/kg - h)$

4.11h – 185.44 = 517.44 – 3.2h

7.31h = 702.88

$h = h_7 = h_9$ = 96.15 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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Goncentrator Chiller Absortion

Berdasarkan hukum termodinamika pertama energi panas yang diserap *concentrator* dapat dinyatakan dengan persamaan 2.19

$\dot{E}_{in} = \dot{E}_{out}$

$\bar{Q}_{gen} + \bar{Q}in_{abs} = \bar{Q}out_{cond} + \bar{Q}out_{abs}$

Dari persamaan tersebut dapat diturunkan menjadi

$\bar{Q}_{gen} = (\dot{m}\ x\ h_1) + (\dot{m}_{str}\ x\ h_8) - (\dot{m}_w\ x\ h_7)$

Dengan diketahui nilai entalpi proses pada keadaan 7 yang sudah ditentukan dari perhitungan sebelumnya yaitu (h_7) = 96.15 kJ/kg, serta nilai entalpi proses dari keadaan 1 (h_1) = $2{,}622.03 kJ/kg$ dan keadaan 8 (h_8) = $161.7\ kJ/kg$, maka panas yang dibutuhkan concentrator untuk melakukan proses refrigerasi dapat dihitung dengan

$\bar{Q}_{gen} = (0.89\ kg/s\ x\ 2{,}622.03 kJ/kg) + (3.2\ kg/s\ x\ 161.7\ kJ/kg) - (4.11\ kg/s\ x\ 96.15\ kJ/kg)$

$\bar{Q}_{gen}$ = 2,333.6 kJ/s + 517.44 kJ/s − 395.17 kJ/s

$\bar{Q}_{gen}$ = 2,455.87 kJ/s

Kondensor

Pada kondensor terjadi proses pembuangan panas ke lingkungan dengan bantuan fluida air yang terhubung ke cooling tower melalui pipa. Untuk menentukan panas keluaran pada proses kondensasi dapat dihitung dengan persamaan 2.20

$\bar{Q}_{cond} = \dot{m}\ (h_1 - h_2)$

Dimana h_1 merupakan entalpi proses pada refrigerant air yang masuk ke kondensor dan h_2 adalah entalpi proses yang keluar melalui kondensor. Dengan diketahui h_1 = 2,623.03kJ/kg dan h_2 = 100.64 kJ/kg, laju aliran energi pada proses kondensasi adalah sebagai berikut

$\bar{Q}_{cond}$ = 0.89 kg/s (2,623.03kJ/kg – 100.64 kJ/kg)

$\bar{Q}_{cond}$ = 2,264.2 kJ/s

Solution Pump

Solution pump merupakan pompa yang berfungsi menginjeksi kembali larutan LiBr menuju komponen *concentrator.* Kinerja dinyatakan dalam bentuk $\dot{W}_p$ dan dalam satuan kJ/s

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.
© Hak cipta milik UIN Sultan Syarif Kasim Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Kinerja *Solution Pump* dapat dinyatakan dalam persamaan 2.22

$\dot{W}_p = \dot{m}_w \; V_{LiBr}$ (ΔP)

Nilai volume spesifik (V_{LiBr}) ditentukan berdasarkan katalog *Chiller Absorption* seri *WC2H Absorption Chiller Single Effect* yaitu sebesar 0.00272 $m^3/\,kg$. Chiller Absorption jenis ini hanya bekerja pada dua tekanan yang berbeda yaitu tekanan yang diturunkan sebelum proses evaporasi dan tekanan yang dinaikkan sebelum proses kondensasi. Berdasarkan tabel *Equilibrium Chart for Aquaous Lithium Bromide Solution* nilai tekanan sebelum proses kondensasi adalah 2.99 kPa dan tekanan sebelum proses evaporasi adalah 1.08 kPa.

Dengan ini berdasarkan persamaan (2.23) dapat diketahui kinerja *solution pump* sebesar

$\dot{W}_p =$ 4.11 kg/s 0.00272 $m^3/\,kg$ (2.99 kPa – 1.08 kPa)

$\dot{W}_p$ = 0.0213 kJ/s

Cooling Tower

Pada *Cooling Tower*, jumlah panas yang diserap ($\bar{Q}_{ct}$) adalah sama dengan panas yang keluar dari kondenser ($\bar{Q}_{con}$) dan tabung *absorbent* ($\bar{Q}_{abs}$). Dari perhitungan sebelumnya panas yang keluar dari tabung *absorbent* ($\bar{Q}_{abs}$) yaitu sebesar 2435.94 kJ/s dan panas yang dihasilkan dari proses kondensasi ($\bar{Q}_{con}$) senilai 2,264.2 kJ/s.

Dengan ini berdasarkan persamaan 2.24 kesetimbangan energi pada proses ini adalah

$\bar{Q}_{ct} = \bar{Q}_{con} + \bar{Q}_{abs}$

$\bar{Q}_{ct}$ = 2,264.2 kJ/s + 2435.94 kJ/s

$\bar{Q}_{ct}$ = 4700.94 kJ/s

Konsumsi energi listrik *Chiller Absorption*

Energi listrik yang dikonsumsi *Chiller Absorption* di tentukan berdasarkan katalog *Chiller Absorption* seri *WC2H Absorption Chiller Single Effect* dari *LG.* Total keseluruhan konsumsi energi listrik *Chiller Absorption* adalah

$\dot{E}_{ca} = Power + Ap_1 + Ap_2 + E_p + P_p$

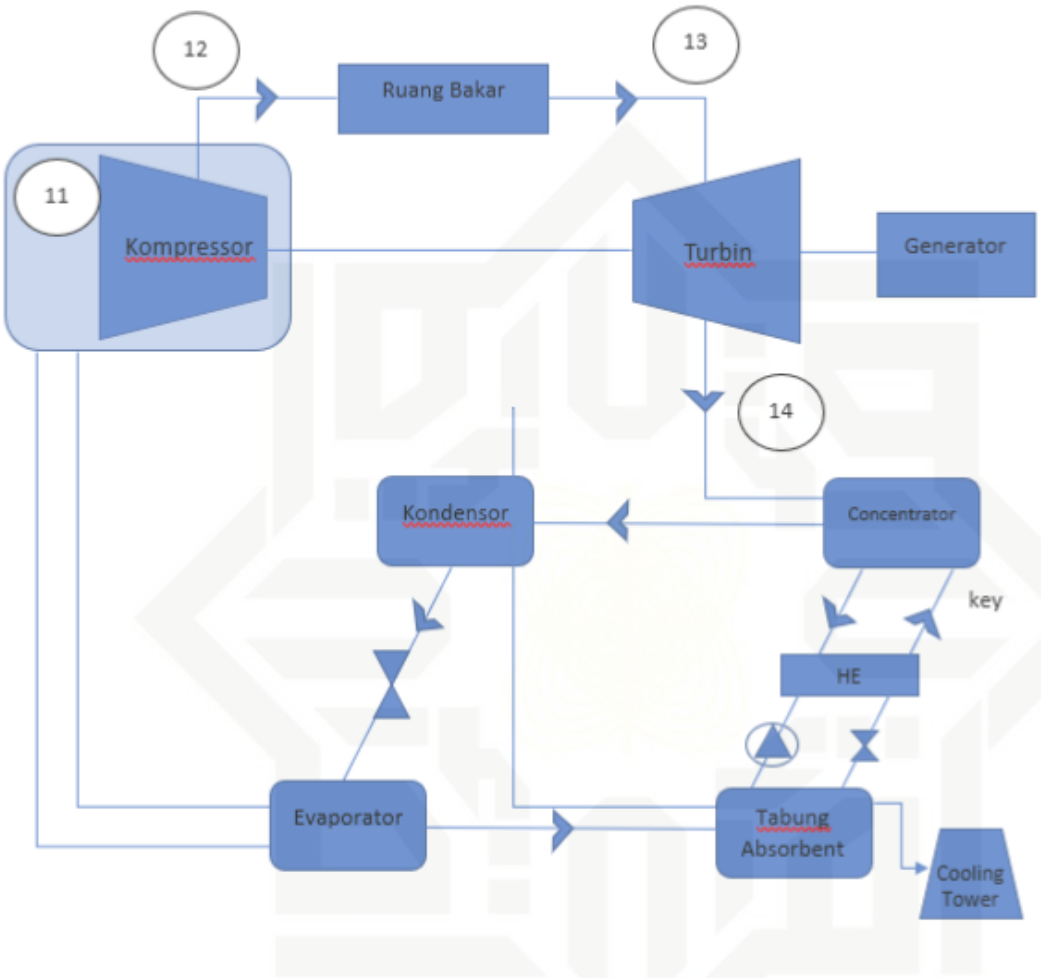
$\dot{E}_{ca} = 30.8\ ^{kJ}/_{s} + 10.5\ ^{kJ}/_{s} + 3\ ^{kJ}/_{s} + 0.4\ ^{kJ}/_{s} + 0.4\ ^{kJ}/_{s} = 45.1\ ^{kJ}/_{s}$

2. Performa PLTG setelah penggunaan *Chiller Absorption*

Pada bagian ini akan dilakukan perhitungan performa PLTG pada keadaan temperatur inlet 15°C dengan konsumsi bahan bakar yang sama pada saat sebelum penggunaan *Chiller Absorption*. Perhitungan dilakukan mulai dari kompressor, ruang bakar, turbin, dan generator

Hak Cipta Dilindungi 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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

menggunakan persamaan hukum termodinamika pertama. Serta diasumsikan kenaikan temperatur kompressor(ΔT_{comp}) adalah sama pada saat sebelum penggunaan *Chiller Absorption* dan selisih temperature masukkan dan keluaran turbin(ΔT_t) ditentukan berdasarkan ketentuan standar *Manual Book Alshtom Atlantique* yaitu senilai 105˚C atau setara dengan 378.15 ˚K. Berikut adalah gabungan siklus *brayton* dan refrigerasi *Chiller Absorption*:



Laju Massa Udara pada keadaan ISO 15˚C

Untuk menentukan besar laju massa udara pada keadaan ISO terlebih dahulu perlu diketahui nilai debit udara yang masuk masuk ke kompressor. Pada bagian ini parameter yang dibutuhkan adalah massa jenis dan volume spesifik udara yang ditentukan dengan menggunakan tabel *Psychrometric Chart* dengan input suhu dan tekanan atmosfir, didapat:

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
UIN SUSKA RIAU

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

Keadaan	Temperatur	Kelembaban Relatif	Volume Spesifik (m^3/ kg)	Massa Jenis (kg/m^3)
1	Aktual 32°C	80%	0.897	1.125
2	ISO 15°C	60%	0.823	1.22

Berdasarkan tabel diatas debit udara kompressor dapat dihitung menggunakan persamaan 2.25

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}_u}{\rho_1} = \frac{125.14\ kg/s}{1.125\ \text{kg}/m^3} = 111.23\ m^3/\text{s}$$

Dengan adanya nilai debit, laju massa udara pada kondisi ISO dapat ditentukan dengan persamaan 2.26

$\dot{m}_u$ISO = $\dot{V}$ (ρ_2) = 111.23 m^3/s x 1.22 kg/m^3 = 135.7 kg/s

Kompressor

Perhitungan kinerja kompressor dimulai dari menghitung temperatur keluaran kompressor, termperatur keluaran ideal kompressor, entalpi keluaran ideal kompressor, serta entalpi pada keadaan 11 dan 12.

Langkah awal menghitung kinerja kompressor adalah menghitung efisiensi isentropik kompressor. Untuk menghitung efisensi isentropik kompressor terlebih dahulu perlu diketahui temperatur keluaran ideal kompressor (T_{2s}), digunakan persamaan (2.27)

$$T_{2s} = T_{1ISO}\ r^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Dimana (T_{1ISO}) adalah temperatur masukkan pada keadaan ISO 15˚C atau setara dengan 288.15 °K, maka temperatur keluaran ideal kompressor senilai

T_{2s} = 288.15 °K ($8.12^{\frac{1.4-1}{1.4}}$)

T_{2s} = 524.43°K

Efisensi kompressor pada kondisi ISO dapat ditentukan dengan persamaan yang sama, dengan nilai ΔT_{comp} = 256.51 °K

$$\eta_{komp} = \frac{T_{2s} - T_1}{\Delta T_{comp}}\ 100\%$$

$$\eta_{komp} = \frac{524.43\ °\text{K} - 288.15\ °\text{K}}{256.51°\text{K}}\ 100\%$$

$\eta_{komp} = \frac{236.28}{256.51}$ 100%

η_{komp} = 92%

Temperatur keluaran kompressor (T_{2ISO}) tidak bisa dihitung secara manual dengan persamaan matematis sehingga untuk menentukan temperatur keluaran kompressor diasumsikan mengalami peningkatan yang sama seperti sebelum penggunaan *Chiller Absorption*, sehingga (T_{2ISO}) dapat dihitung berdasarkan penambahan temperatur udara pada kompressor yatiu (ΔT_{comp}).= 256.51°K, maka persamaan untuk menentukan nilai T_{2ISO} menjadi:

$T_{2ISO} = T_{1ISO} + \Delta T_{comp}$ = 288.15°K + 256.51°K = 544.66°K

Sebagai catatan, temperatur keluaran yang didapat tidak jauh berbeda dari perhitungan menggunakan EES. Untuk mendapatkan nilai entalpi pada keadaan 12 (h_{12}) dapat ditentukan menggunaka tabel properti termodinamis dengan input temperatur keluaran kompressor.

Dengan menggunakan tabel properti termodinamis didapat entalpi proses pada keadaan ISO 15˚C (h_{11}) dan entalpi proses keluaran kompressor (h_{12}) yaitu masing – masing senilai 288.5kJ/kg dan 549.48 kJ/kg. Lalu dengan demikian kerja kompressor dihitung menggunakan persamaan (2.1)

$\dot{W}_{comp} = \dot{m}_u$ISO $(h_{12} - h_{11})\ \eta_{komp}$

$\dot{W}_{comp}$ = 135.7 $^{kg}/_{s}$ x (549.48 $^{kJ}/_{kg}$ − 288.5 $^{kJ}/_{kg}$) 92%

$\dot{W}_{comp}$ = 135.7 $^{kg}/_{s}$ x 260.98 $^{kJ}/_{kg}$ x 92%

$\dot{W}_{comp}$ = 32,581.78 $^{kJ}/_{s}$ = 32.58 MW

Ruang Bakar

Konsumsi bahan bakar PLTG setelah penggunaan *Chiller Absorption* diasumsikan sama sebelum penggunaan *Chiller Absorption*, sehingga nilai kalor yang bekerja pada ruang bakar adalah sama dengan nilai kalor pada perhitungan sebelumnya, maka:

$\bar{Q}_{rb} = \dot{m}_{bb}\ x\ LHV$

$\bar{Q}_{rb}$ = 1.54 $^{kg}/_{s}\ x$ 40,064.94 $^{kJ}/_{kg}$

$\bar{Q}_{rb}$ = 61,700.007 $^{kJ}/_{s}$ = 61.70 MW

Temperatur keluaran gas pembakaran (T_{3ISO}) dihitung dari turunan persamaan kalor (2.5) yaitu:

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.
© Hak cipta milik UIN Sultan Syarif Kasim Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

$\dot{Q}_{rb} = \dot{m}_{bb}\ x\ c_p\ udara\ x\ \Delta T$

$\dot{m}_g\ x\ LHV = \dot{m}_{bb}\ x\ c_p\ udara\ x\ (T_{3ISO} - T_{2ISO})$

$T_{3ISO} = T_{2ISO} + \left(\frac{(\dot{m}_{bb})\text{LHV bahan bakar}}{(\dot{m}_g)c_p\ udara}\right)$

$T_{3ISO} = 544.66°K + \left(\frac{1.54 kg/s\ x\ 40{,}064.97\ kJ/kg}{137.24\ kg/s\ x\ 1.005\ kJ/kg°K}\right)$

$T_{3ISO} = 544.66°K + 447.34°K$

$T_{3ISO} = 992°K$

Turbin

Perhitungan kinerja turbin dimulai dari menghitung efisiensi turbin gas. Untuk menghitung efisiensi turbin gas terlebih dahulu perlu diketahui nilai temperatur keluaran ideal turbin gas (T_{4s}) dengan menggunakan persamaan 2.30

$T_{4s} = T_{3ISO}\ r^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$

$T_{4s} = 992°K\ (8.12)^{\frac{1.4-1}{1.4}}$

$T_{4s} = 545.11°K$

Dengan diketahui nilai kenaikan temperatur pada turbin sebesar (ΔT_t = 378.15°K) Efisensi turbin dapat dihitung menggunakan persamaan

$\eta_t = \frac{\Delta T_t}{T_{3ISO} - T_{4s}}\ 100\%$

$\eta_t = \frac{378.15°K}{992°K - 545.11°K}\ 100\%$

$\eta_t = \frac{378.15°K}{446.89°K}\ 100\%$

$\eta_t = 84.61\%$

Serta nilai laju massa keluaran ruang bakar dapat dihitung dengan persamaan (2.28)

$\dot{m}_g = \dot{m}_u ISO + \dot{m}_{bb}$

$\dot{m}_g = 135.7\ kg/s + 1.54\ kg/s = 137.24\ kg/s$

Berdasarkan tabel properti termodinamis entalpi proses masukkan turbin (h_{13}) senilai $1036.91\ kJ/kg$ dan entalpi proses keluaran turbin (h_{14}) yaitu senilai $621.93\ kJ/kg$ dan $549.48\ kJ/kg$. Sehingga untuk menghitung kerja turbin dapat digunakan persamaan (2.3)

$\dot{W}_t = \dot{m}_g\ (h_{13} - h_{14})\ \eta_t$

$\dot{W}_t = 137.24\ {}^{kg}/_{S}\ (1036.91\ kJ/kg - 621.93\ kJ/kg)\ 84.61\%$

$\dot{W}_t = 48{,}186.96\ {}^{kJ}/_{S} = 48.18\ MW$

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

Generator

Dengan didapatnya semua parameter yang dibutuhkan yaitu perhitungan kinerja kompressor setelah penggunaan *Chiller Absorption* sebesar 32,581.78 kJ/s , kinerja turbin setelah penggunaan *Chiller Absorption* sebesar 48,186.96 kJ/s, konsumsi energi listrik yang dibutuhkan untuk melakukan siklus refrigerasi sebesar 45.1 kJ/s , dan kerja unit *solution pump* sebesar 0.0213 kJ/s maka Daya Netto PLTG Balai Pungut dapat dihitung berdasarkan persamaan (2.31)

$\dot{W}_{net} = \dot{W}_t - \dot{W}_{comp} - \dot{W}_{ca} - \dot{W}_p$

$\dot{W}_{net} = 48{,}186.96\ {}^{kJ}/_{s} - 32{,}581.78\ {}^{kJ}/_{s} - 45.1\ {}^{kJ}/_{s} - 0.0213\ {}^{kJ}/_{s}$

$\dot{W}_{net} = 15{,}560.05\ {}^{kJ}/_{s} = 15.56$ MW

Sementara Efisiensi Termal Pembangkit setelah penggunaan *Chiller Absorption* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.32)

$\eta = \frac{W_{net}}{\dot{Q}_{rb}}$ x 100%

$\eta = \frac{15.56\ MW}{61.70\ MW}$ x 100%

$\eta = 25.2\%$

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

LAMPIRAN B

1. Data Logsheet PLTG Balai Pungut Duri Bulan Juni 2019

PT.PLN (Persero) UIK SBU
UPDK Pekanbaru
ULPLTG / MG DURI

LAPORAN PENGUSAHAAN

PLTG DURI UNIT 2 - RIAU

HARI :

TANGGAL :

Unit	Pembangkitan Brutto		Pembangkitan Netto		PS [Brutto-Netto] kWh	Daya Buta		Fuel Flow Meter		Pemakaian Sendiri	
	Stand	kWh	Stand	kWh		Stand	MVAR	Stand	Liter (m^3)	Stand	kW
2	463885118	64534				27047960	38	5292410	-	7490760	

Unit	HSD [Liter]	SFC Netto	SFC Brutto	SFC Netto	Heat Rate	PS. Selama Operasi			Gas Flow Meter		Fuel Flow Meter	
						Sesudah	Sebelum	kWh	Stand	4512336.3	Stand	
2						7490750	7490510	40	Pemakaian BBG [Mbtu]	1718.1	Pemakaian BBM [Liter]	
									SGC Brutto [Btu/kWh]		SFC Brutto [Liter/kWh]	
									SGC Netto [Btu/kWh]		SFC Netto [Liter/kWh]	
									Heat Rate [Kcal/kWh		Heat Rate [Kcal/kWh	

Jumlah Start Setelah		Jam Operasi	Jam	

Lap Peng Sheet 1 | Lap Peng Sheet 2 | Lap Peng Sheet 4 | Lap Peng Sheet 5 | Log Sheet 1 | Log ...

© 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. Data Konsumsi Bahan Bakar PLTG Balai Pungut Duri Bulan Juni 2019

PLN

KONSUMSI GAS PLTG UNIT 2
BULAN JUNI 2019

TGL	ENERGY EXPORT (KWH)		GAS CONSUMPTION [M3]		HASIL KALKULASI							TGI		HEAT SPESIFIC
	PEMBACAAN	HASIL	PEMBACAAN	HASIL	Press Atm (psia)	Press (Bar)	Temp (°C)	Volume (ft3)	Press (Psi)	Temp (°R)	Volume (scf)	Nilai Kalor (BTU/SCF)	MMBTU	Btu/lb.°K
01	463.885.118	57.112	4.512.336,30	1.503,90	14,73	19,00	21,00	53.109,72	275,57	529,47	1.027.323,06	1.052,823	1.081,59	0,216731
02	463.942.230	51.944	4.513.840,20	1.332,70	14,73	19,00	21,00	47.063,85	275,57	529,47	910.375,32	1.059,123	964,20	0,209460
03	463.994.174	59.091	4.515.172,90	1.530,90	14,73	19,00	21,00	54.063,22	275,57	529,47	1.045.766,92	1.058,966	1.107,43	0,213576
04	464.053.265	42.433	4.516.703,80	1.232,20	14,73	19,00	21,00	43.514,73	275,57	529,47	841.723,17	1.061,223	893,26	0,217394
05	464.095.698	47.247	4.517.936,00	1.277,40	14,73	19,00	21,00	45.110,95	275,57	529,47	872.599,56	1.057,199	922,51	0,215683
06	464.142.945	37.831	4.519.213,40	1.181,25	14,73	19,00	21,00	41.715,45	275,57	529,47	806.918,92	1.049,588	846,93	0,216938
07	464.180.776	39.361	4.520.394,65	1.132,55	14,73	19,00	21,00	39.995,62	275,57	529,47	773.651,66	1.048,728	811,35	0,216849
08	464.220.137	29.053	4.521.527,20	928,00	14,73	19,00	21,00	32.772,01	275,57	529,47	633.922,33	1.048,610	664,74	0,204521
09	464.249.190	36.290	4.522.455,20	1.029,10	14,73	19,00	21,00	36.342,32	275,57	529,47	702.984,35	1.046,033	735,34	0,225643
10	464.285.480	63.758	4.523.484,30	1.634,25	14,73	19,00	21,00	57.712,99	275,57	529,47	1.116.365,92	1.053,399	1.175,98	0,256093
11	464.349.238	67.562	4.525.118,55	1.739,65	14,73	19,00	21,00	61.435,15	275,57	529,47	1.188.365,29	1.061,684	1.261,67	0,210435
12	464.416.800	56.605	4.526.858,20	1.555,20	14,73	19,00	21,00	54.921,36	275,57	529,47	1.062.366,39	1.047,569	1.112,90	0,210244
13	464.473.405	70.970	4.528.413,40	1.882,20	14,73	19,00	21,00	66.469,26	275,57	529,47	1.285.742,04	1.046,932	1.346,08	0,214563
14	464.544.375	60.177	4.530.295,60	1.551,80	14,73	19,00	21,00	54.801,29	275,57	529,47	1.060.043,83	1.049,426	1.112,44	0,211233
15	464.604.552	57.031	4.531.847,40	1.523,80	14,73	19,00	21,00	53.812,48	275,57	529,47	1.040.916,86	1.045,985	1.088,78	0,204630
16	464.661.583	71.046	4.533.371,20	1.838,00	14,73	19,00	21,00	64.908,35	275,57	529,47	1.255.548,76	1.047,202	1.314,81	0,203526
17	464.732.629	60.564	4.535.209,20	1.598,90	14,73	19,00	21,00	56.464,61	275,57	529,47	1.092.218,12	1.049,389	1.146,16	0,205788
18	464.793.193	119.810	4.536.808,10	3.121,40	14,73	19,00	21,00	110.231,19	275,57	529,47	2.132.246,95	1.051,352	2.241,74	0,205990
19	464.913.003	72.418	4.539.929,50	1.850,15	14,73	19,00	21,00	65.337,42	275,57	529,47	1.263.848,50	1.051,967	1.329,53	0,216784
20	464.985.421	8.534	4.541.779,65	260,15	14,73	19,00	21,00	9.187,11	275,57	529,47	177.710,02	1.045,841	185,86	0,217600
21	464.993.955	104	4.542.039,80	41,80	14,73	19,00	21,00	1.476,15	275,57	529,47	28.553,83	1.048,145	29,93	0,213400
22	464.994.059	64.618	4.542.081,60	1.776,70	14,73	19,00	21,00	62.743,56	275,57	529,47	1.213.674,36	1.051,184	1.275,80	0,216500
23	465.058.677	41.509	4.543.858,30	1.114,35	14,73	19,00	21,00	39.352,89	275,57	529,47	761.219,13	1.041,917	793,13	0,218500
24	465.100.186	50.225	4.544.972,65	1.483,95	14,73	19,00	21,00	52.405,19	275,57	529,47	1.013.695,09	1.045,744	1.060,07	0,218547
25	465.150.411	59.824	4.546.456,60	1.539,50	14,73	19,00	21,00	54.366,92	275,57	529,47	1.051.641,63	1.052,008	1.106,34	0,217670
26	465.210.235	56.924	4.547.996,10	1.491,10	14,73	19,00	21,00	52.657,69	275,57	529,47	1.018.579,30	1.052,045	1.071,59	0,214580

Mei | Juni | Juli

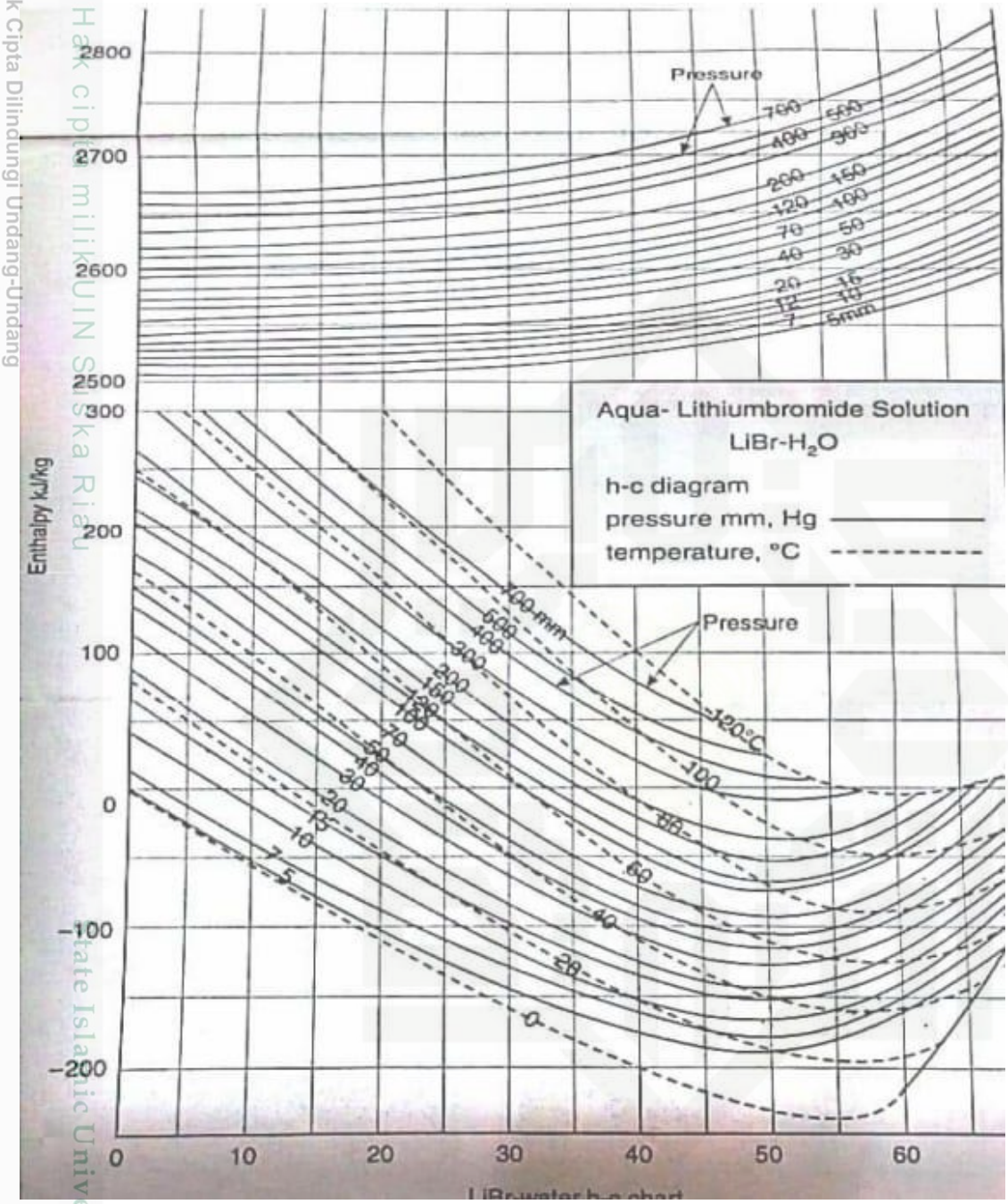
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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

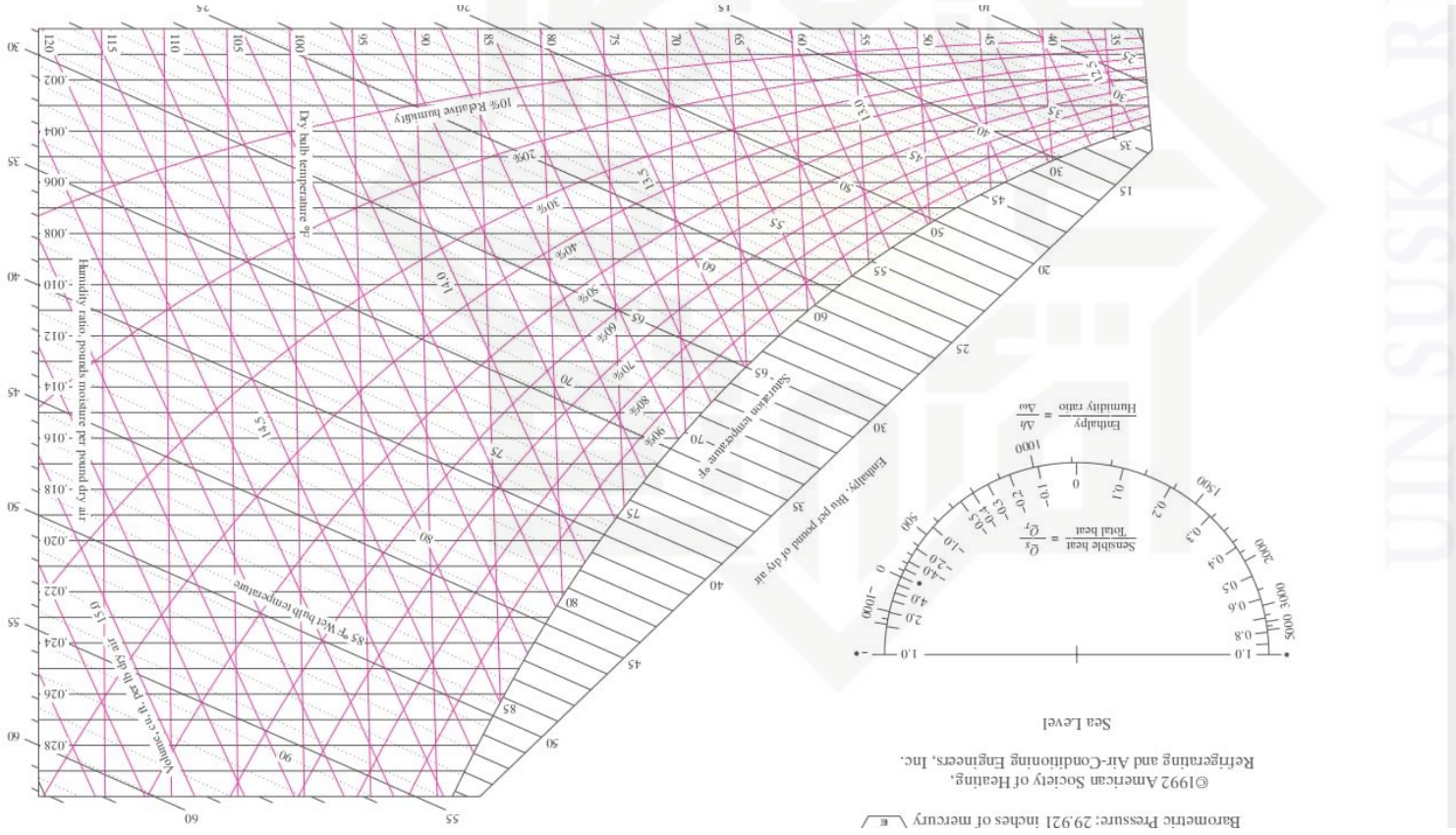
UIN SUSKA RIAU

3. *Enthalpy Chart LiBr-H2O*



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
UIN SUSKA RIAU

4. *Phsycrometric Chart*



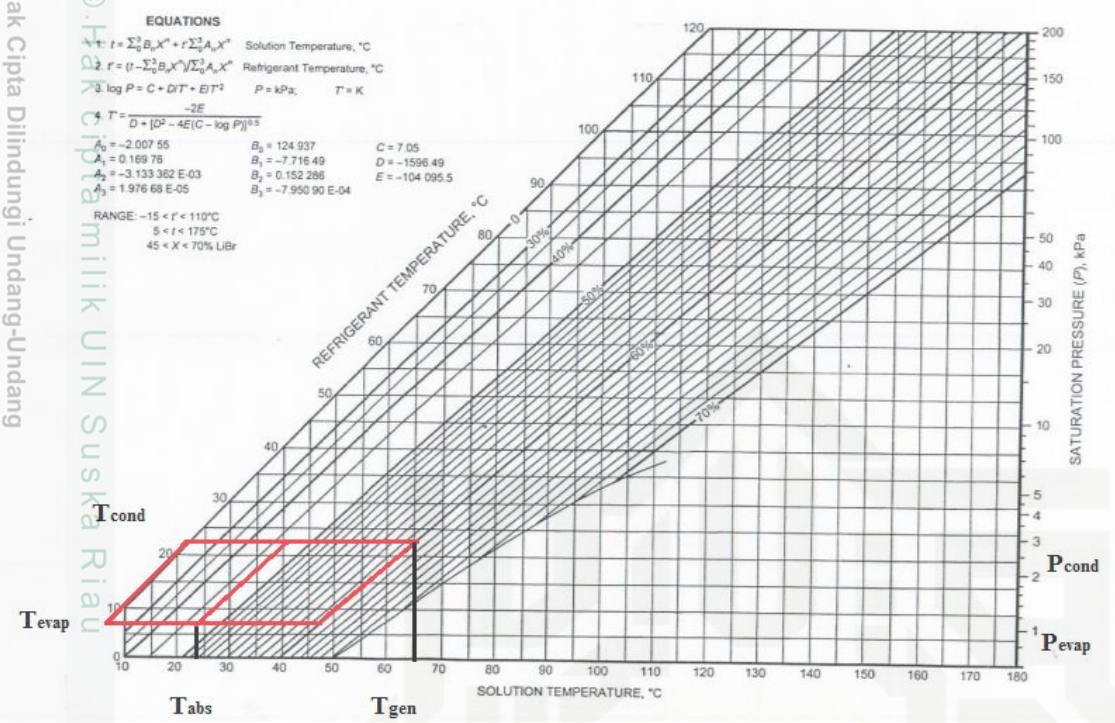
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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.

5. *Equilibrium Chart LiBr-H20*



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

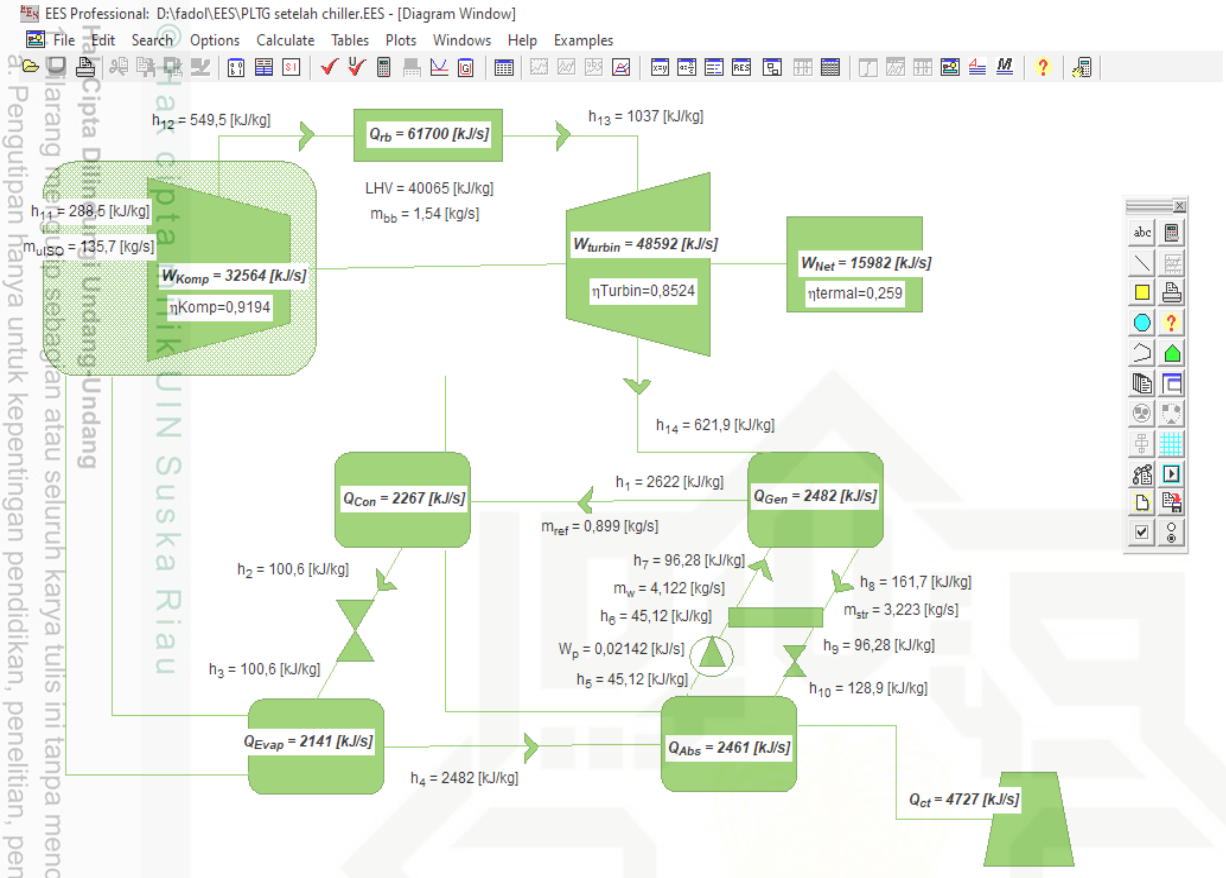
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan 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

UIN SUSKA RIAU

6. Flow Diagram PLTG – *Chiller Absorption*



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
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
UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

7. *Table Thermodynamics Properties*

TABLE A–5E

Saturated water—Pressure table

		Specific volume, ft³/lbm		Internal energy, Btu/lbm			Enthalpy, Btu/lbm			Entropy, Btu/lbm·R		
Press., P, psia	Sat. temp., T_{sat}, °F	Sat. liquid, v_f	Sat. vapor v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
1	101.69	0.01614	333.49	69.72	973.99	1043.7	69.72	1036.7	1106.4	0.13262	1.84495	1.9776
2	126.02	0.01623	173.71	94.02	957.45	1051.5	94.02	1021.7	1115.8	0.17499	1.74444	1.9194
3	141.41	0.01630	118.70	109.39	946.90	1056.3	109.40	1012.8	1122.2	0.20090	1.68489	1.8858
4	152.91	0.01636	90.629	120.89	938.97	1059.9	120.90	1006.0	1126.9	0.21985	1.64225	1.8621
5	162.18	0.01641	73.525	130.17	932.53	1062.7	130.18	1000.5	1130.7	0.23488	1.60894	1.8438
6	170.00	0.01645	61.982	138.00	927.08	1065.1	138.02	995.88	1133.9	0.24739	1.58155	1.8289
8	182.81	0.01652	47.347	150.83	918.08	1068.9	150.86	988.16	1139.0	0.26757	1.53800	1.8056
10	193.16	0.01659	38.425	161.22	910.75	1072.0	161.25	981.82	1143.1	0.28362	1.50391	1.7875
14.696	211.95	0.01671	26.805	180.12	897.27	1077.4	180.16	970.12	1150.3	0.31215	1.44441	1.7566
15	212.99	0.01672	25.797	181.16	896.52	1077.7	181.21	969.47	1150.7	0.31370	1.44441	1.7549
20	227.92	0.01683	20.093	196.21	885.63	1081.8	196.27	959.93	1156.2	0.33582	1.39606	1.7319
25	240.03	0.01692	16.307	208.45	876.67	1085.1	208.52	952.03	1160.6	0.35347	1.36060	1.7141
30	250.30	0.01700	13.749	218.84	868.98	1087.8	218.93	945.21	1164.1	0.36821	1.33132	1.6995
35	259.25	0.01708	11.901	227.92	862.19	1090.1	228.03	939.16	1167.2	0.38093	1.30632	1.6872
40	267.22	0.01715	10.501	236.02	856.09	1092.1	236.14	933.69	1169.8	0.39213	1.28448	1.6766
45	274.41	0.01721	9.4028	243.34	850.52	1093.9	243.49	928.68	1172.2	0.40216	1.26506	1.6672
50	280.99	0.01727	8.5175	250.05	845.39	1095.4	250.21	924.03	1174.2	0.41125	1.24756	1.6588
55	287.05	0.01732	7.7882	256.25	840.61	1096.9	256.42	919.70	1176.1	0.41958	1.23162	1.6512
60	292.69	0.01738	7.1766	262.01	836.13	1098.1	262.20	915.61	1177.8	0.42728	1.21697	1.6442
65	297.95	0.01743	6.6560	267.41	831.90	1099.3	267.62	911.75	1179.4	0.43443	1.20341	1.6378
70	302.91	0.01748	6.2075	272.50	827.90	1100.4	272.72	908.08	1180.8	0.44112	1.19078	1.6319
75	307.59	0.01752	5.8167	277.31	824.09	1101.4	277.55	904.58	1182.1	0.44741	1.17895	1.6264
80	312.02	0.01757	5.4733	281.87	820.45	1102.3	282.13	901.22	1183.4	0.45335	1.16783	1.6212
85	316.24	0.01761	5.1689	286.22	816.97	1103.2	286.50	898.00	1184.5	0.45897	1.15732	1.6163
90	320.26	0.01765	4.8972	290.38	813.62	1104.0	290.67	894.89	1185.6	0.46431	1.14737	1.6117
95	324.11	0.01770	4.6532	294.36	810.40	1104.8	294.67	891.89	1186.6	0.46941	1.13791	1.6073
100	327.81	0.01774	4.4327	298.19	807.29	1105.5	298.51	888.99	1187.5	0.47427	1.12888	1.6032
110	334.77	0.01781	4.0410	305.41	801.37	1106.8	305.78	883.44	1189.2	0.48341	1.11201	1.5954
120	341.25	0.01789	3.7289	312.16	795.79	1107.9	312.55	878.20	1190.8	0.49187	1.09646	1.5883
130	347.32	0.01796	3.4557	318.48	790.51	1109.0	318.92	873.21	1192.1	0.49974	1.08204	1.5818
140	353.03	0.01802	3.2202	324.45	785.49	1109.9	324.92	868.45	1193.4	0.50711	1.06858	1.5757
150	358.42	0.01809	3.0150	330.11	780.69	1110.8	330.61	863.88	1194.5	0.51405	1.05595	1.5700
160	363.54	0.01815	2.8347	335.49	776.10	1111.6	336.02	859.49	1195.5	0.52061	1.04406	1.5647
170	368.41	0.01821	2.6749	340.62	771.68	1112.3	341.19	855.25	1196.4	0.52682	1.03279	1.5596
180	373.07	0.01827	2.5322	345.53	767.42	1113.0	346.14	851.16	1197.3	0.53274	1.02210	1.5548
190	377.52	0.01833	2.4040	350.24	763.31	1113.6	350.89	847.19	1198.1	0.53839	1.01191	1.5503
200	381.80	0.01839	2.2882	354.78	759.32	1114.1	355.46	843.33	1198.8	0.54379	1.00219	1.5460
250	400.97	0.01865	1.8440	375.23	741.02	1116.3	376.09	825.47	1201.6	0.56784	0.95912	1.5270
300	417.35	0.01890	1.5435	392.89	724.77	1117.7	393.94	809.41	1203.3	0.58878	0.92289	1.5111
350	431.74	0.01912	1.3263	408.56	709.98	1118.6	409.79	794.65	1204.4	0.60690	0.89143	1.4973
400	444.62	0.01934	1.1617	422.70	696.31	1119.0	424.13	780.87	1205.0	0.62268	0.86350	1.4862
450	456.31	0.01955	1.0324	435.67	683.52	1119.2	437.30	767.86	1205.2	0.63695	0.83828	1.4752
500	467.04	0.01975	0.92819	447.68	671.42	1119.1	449.51	755.48	1205.0	0.64900	0.81521	1.4642
550	476.97	0.01995	0.84228	458.90	659.91	1118.8	460.93	743.60	1204.5	0.66107	0.79388	1.4550
600	486.24	0.02014	0.77020	469.46	648.88	1118.3	471.70	732.15	1203.9	0.67231	0.77400	1.4463

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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Mufadhdhal Musyary, lahir di Maridan, 29 Mei 1997 merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Marzuki dan Ramiati yang beralamat di Jl. Obor Utama No.38 RT.003 / RW.005, Kel. Duri Barat, Kec. Mandau, Kab. Bengkalis, Riau.

Email : mufadhalmusyary@gmail.com

HP : 0813-6575-6829

Jenjang pendidikan formal yang pernah ditempuh adalah SDN 09 Duri Barat, SMPN 01 Mandau, kemudian lanjut ke jenjang SMA Negeri 04 Mandau.

Pada tahun 2016 penulis mengikuti ujian masuk perguruan tinggi SBMPTN dan diterima sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim dengan NIM 11655101271. Kemudian penulis mengambil bidang konsentrasi Energi Terbarukan dan mengambil Tugas Akhir pada bidang yang sama.

Selama proses perkuliahan Penulis cukup aktif dalam mengikuti kegiatan yang bersifat akademis maupun non-akademis. Beberapa diantaranya adalah pernah menjadi asisten labor mata kuliah Fisika pada sub bab Rangkaian Listrik, Pelatihan Instalasi Listrik, Pelatihan Bahasa Inggris (Glints), kegiatan sosial Sanggar Teknik Elektro, kegiatan Seni “Suara Musik Tanpa Sound”, serta kegiatan sosial lainnya

Penulis menyelesaikan masa studi pada tahun 2022 dengan penelitian Tugas Akhir berjudul “**Peningkatan Performa Pembangkit Listrik Tenaga Gas Menggunakan *Chiller Absorption* (Studi Kasus : PLTG Balai Pungut Duri**)”