

ANALISIS KINERJA *DESUPERHEATER* PADA PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA UAP PT. HUAYUE NICKEL COBALT



LAPORAN TUGAS AKHIR

ZULKARNAIN YUSUF

34221026

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONVERSI ENERGI

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

MAKSSAR

2024

## HALAMAN PENGESAHAN

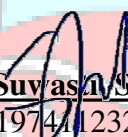
Laporan tugas akhir dengan judul **Analisis Kinerja Desuperheater Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT. Huayou Nickel Cobalt** oleh Zulkarnain Yusuf NIM 342 21 026 dinyatakan telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya (AM.d) pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Agustus 2024

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Prof. Ir. Nur Hamzah, M. T., Ph.d  
NIP196311111990031002

  
Sri Suyasa, S.ST., M.T.  
NIP197411232001122001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin,








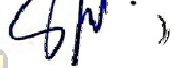
  
D. R. Syarifuddin Rasyid, M.T  
NIP1968051994031001

## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Kamis tanggal 08 agustus 2024, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang tugas akhir oleh Zulkarnain Yusuf NIM 342 21 026 dengan judul **“Analisis Kinerja *Desuperheater* Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT. Huayue Nickel Cobalt”**

Makassar, Agustus 2024

Tim Penguji Seminar Hasil Laporan Tugas Akhir :

- |   |               |   |
|---|---------------|---|
| 1. Yiyin Klistafani, S. T., M. T.                 | Ketua         |   |
| 2. Prof. A.M Shiddiq Yunus, S.T, M.eng.Sc., Ph.D. | Sekretaris    |  |
| 3. Nur Rahmah H. Anwar, S.T., M.T.                | Anggota I     |  |
| 4. Sukma Abadi, S.T., M.T.                        | Anggota II    |  |
| 5. Prof. Ir. Nur Hamzah, M.T., Ph.D               | Pembimbing I  |  |
| 6. Sri Suwasti, S.ST., M.T.                       | Pembimbing II |  |

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Kinerja *Desuperheater* Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT. Huayue Nickel Cobalt”.

Penulis menyadari bahwa dalam proses menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini banyak sekali pihak yang telah terlibat dan berperan serta untuk mewujudkan selesainya Laporan Tugas Akhir ini. Untuk itu, penghargaan dan terimakasih penulis berikan kepada :

1. Kedua orang tua yang penulis hormati dan cintai juga kepada saudara penulis atas dukungan doa, semangat, kasih sayang dan materinya yang tak terhingga nilainya.
2. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Ibu Sri Suwasti, S.ST., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Bapak Prof. Ir. Nur Hamzah, M. T., Ph.d selaku dosen pembimbing I dan Ibu Sri Suwasti, S.ST., M.T selaku dosen pembimbing II penyusunan laporan tugas akhir ini.

6. Bapak Abdul Rahman, S.T., M.T. selaku Wali Kelas III-A Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
7. Segenap Dosen Jurusan Teknik Mesin pada umumnya dan Program Studi Teknik Konversi Energi pada khususnya yang selama kurun waktu 3 tahun dengan ikhlas dan penuh kerelaan hati telah mendidik dan mengajar penulis, serta para staf dan teknisi Program Studi Teknik Konversi Energi.
8. Segenap karyawan PT. Huayue Nickel Cobalt yang telah membantu dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.
9. Rekan-rekan mahasiswa Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya kelas III-A Teknik Konversi Energi yang telah 3 tahun lamanya bersama-sama dalam menimba ilmu di Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah bersedia bekerja sama dan banyak memberikan bantuan serta semangat baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini demi perbaikan pada masa yang akan datang. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembacanya.

Makassar, Agustus 2024

penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PENERIMAAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR SIMBOL.....	viii
SURAT PERNYATAAN.....	ix
RINGKASAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar Belakang.....	1
1.2.Rumusan Masalah.....	3
1.3.Ruang Lingkup Kegiatan.....	3
1.4.Tujuan dan Manfaat Kegiatan.....	3
1.4.1.Tujuan Kegiatan.....	3
1.4.2.Manfaat kegiatan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).....	5
2.1.1 Bagian-Bagian PLTU.....	6
A. Bagian Utama.....	6
B. Bagian Penunjang.....	11
2.1.2 Jenis-Jenis Desuperheater.....	16
2.2 Efisiensi Desuperheater.....	21

2.3 Perpindahan Panas.....	21
BAB III METODE KEGIATAN.....	23
3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan.....	23
3.2 Prosedur Kegiatan.....	23
3.3 Diagram Alir Kegiatan.....	25
3.4 Skema PLTU PT.Huayue Nickel Cobalt.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Hasil Kegiatan.....	27
4.1.1 Data Kuantitatif .....	27
4.1.2 Analisis Data.....	28
4.2 Analisis Hasil Kegiatan.....	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1 Kesimpulan.....	34
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN.....	37

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Boiler.....	7
Gambar 2.2 Turbin.....	8
Gambar 2.3 Generator.....	9
Gambar 2.4 Kondensor.....	11
Gambar 2.5 Desalinasi.....	11
Gambar 2.6 Deaerator.....	12
Gambar 2.7 Desuperheater.....	13
Gambar 2.8 Superheater.....	14
Gambar 2.9 Cooling Tower.....	15
Gambar 2.10 Venturi Desuperheater.....	16
Gambar 2.11 Annular Desuperheater.....	17
Gambar 2.12 Annular Orifice Desuperheater.....	18
Gambar 2.13 Steam Ejector Atomizing Desuperheater.....	19
Gambar 2.14 Attemperator Desuperheater.....	19
Gambar 2.15 Mechanical Atomizing Desuperheater.....	20
Gambar 3.1 <i>Flowchart Analisa Efisiensi Desuperheater</i> .....	25
Gambar 3.2 Skema PLTU PT.Huayue Nickel Cobalt.....	26
Gambar 4.1 Skema Desuperheater PT. Huayue Nickel Cobalt.....	28
Gambar 4.2 Grafik Efisiensi Desuperheater .....	33



## DAFTAR SIMBOL

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
$\eta$	%	Efisiensi
$Q_{(des)}$	kW	Kapasitas perpindahan fluida panas desain
$Q_{(akt)}$	kW	Kapasitas perpindahan fluida panas desain
$\dot{m}_1$	kg/s	Massa fluida panas masuk
$\dot{m}_2$	kg/s	Massa fluida panas keluar
$\dot{m}_3$	kg/s	Massa fluida pendingin masuk
$\Delta\dot{m}$	kg/s	Kesetimbangan massa
$h_1$	kJ/kg	Enthalpi fluida panas masuk
$h_2$	kJ/kg	Enthalpi fluida panas keluar
$h_3$	kJ/kg	Enthalpi fluida panas masuk
$T_1$	°C	Suhu fluida panas masuk
$T_2$	°C	Suhu fluida panas keluar
$T_3$	°C	Suhu fluida Pendingin masuk
$P_1$	MPa	Tekanan fluida panas masuk
$P_2$	MPa	Tekanan fluida panas keluar
$P_3$	Mpa	Tekanan fluida Pendingin masuk

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : ZULKARNAIN YUSUF

Nim : 34221026

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini yang berjudul “Analisis Kinerja *Desuperheater* Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT. Huayue Nickel Cobalt” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar Pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, penulis siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Agustus 2024



ZULKARNAIN YUSUF

34221026

# **ANALISIS KINERJA DESUPERHEATER PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP PT. HUAYUE NICKEL COBALT**

## **RINGKASAN**

Desuperheater adalah alat yang menurunkan atau mengembalikan suhu *superheat* (uap super panas) ke kondisi jenuhnya. Desuperheater mengadopsi langkah-langkah pembatasan dalam pipa uap super panas untuk membentuk area berkecepatan tinggi dimana air pendingin disuntikkan.

Tujuan kegiatan ini ialah untuk mengetahui pengaruh suhu dan tekanan terhadap efisiensi *desuperheater*. Metode yang digunakan pada kegiatan ini yakni kuantitatif dengan cara pengumpulan data, data yang telah diperoleh dari *Distribution Control System (DCS)* selanjutnya diolah dengan menggunakan perhitungan analisis perpindahan panas dengan literatur *handbookn D.Q Kern (1998)* untuk mengetahui efisiensi alat *desuperheater* pengolahan data dan analisis data. Studi literatur dilakukan dengan tujuan mengumpul informasi agar memudahkan dalam mengetahui nilai efisiensi *Desuperheater*.

Dari hasil kegiatan didapatkan bahwa, nilai temperatur  $176,1^{\circ}\text{C}$  dengan nilai efisiensi *desuperheater* tertinggi 85,45% pada tekanan 5,68 MPa dan nilai efisiensi terendah 82,57% pada tekanan 5,67 MPa. Nilai suhu dan tekanan digunakan untuk memperoleh nilai entalpi, sehingga kinerja *desuperheater* pada pembangkit listrik tenaga uap PT. Huayue Nickel Cobalt dipengaruhi oleh suhu dan tekanan.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia adalah salah satu negara dengan sumber energi yang melimpah yang bisa di gunakan sebagai pembangkit listrik. Daya listrik di indonesia dapat diperoleh dari berbagai sumber energi terbarukan maupun tidak terbarukan. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi panas dari steam untuk memutar turbin sehingga dapat digunakan untuk pembangkitan energi listrik melalui generator. Steam yang dibangkitkan ini berasal dari perubahan fase air yang berada dalam boiler akibat mendapatkan energi panas dari bahan bakar.

PT. Huayue Nickel Cobalt merupakan salah satu perusahaan yang berada di kawasan PT Indonesia Morowali Industrial Park (IMIP) Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. Perusahaan ini bergerak di bidang pengolahan dan pemurnian laterit nikel dengan metode hidrometalurgi pertama di Indonesia dan mengadopsi teknologi High Pressure Acid Leaching (HPAL) generasi ke-3 terancang di dunia yang memiliki karakteristik ambang teknis tinggi, memiliki dampak signifikan bagi perkembangan industri, menerapkan konservasi energi yang ramah lingkungan dan pemurnian yang komprehensif untuk berbagai logam bernilai. PT. Huayue Nickel Cobalt telah mendapatkan rekor dunia untuk smelter dengan skala terbesar paling ramah lingkungan, konstruksi tercepat dan periode ramp-up

terpendek di antara proyek serupa.

PLTU PT. Huayue Nickel Cobalt adalah pembangkit listrik yang menggunakan belerang yang telah dicairkan hingga menjadi gas SO<sub>2</sub> sebagai bahan bakar dalam memanaskan air didalam boiler yang kemudian menjadi uap. Uap yang dihasilkan dari hasil pembakaran tersebut kemudian disalurkan ke turbin untuk memutar poros turbin yang telah dikopel dengan rotor generator untuk menghasilkan listrik. PLTU PT. Huayue Nickel Cobalt memiliki kapasitas 50 MW yang terdiri atas 2 unit generator masing-masing berkapasitas 25 MW yang difungsikan untuk membangkitkan energi listrik. PLTU ini memiliki tiga peralatan utama (main bulding) dalam sistem PLTU, yakni boiler, turbin dan generator. Boiler merupakan komponen yang berfungsi menghasilkan uap yang nantinya digunakan untuk memutar turbin, salah satu bagian dari boiler adalah Desuperheater, Dimana Desuperheater ini berfungsi untuk mereduksi uap sebesar 6,3 Mpa dan 450° C menjadi 0,9 Mpa dan 238°C untuk digunakan sebagai pemanas deaerator dalam sistem PLTU PT. Huayue Nickel Cobalt (PT. Huayue Nickel Cobalt,2024).

Desuperheater adalah alat yang menurunkan atau mengembalikan suhu *superheat* (uap super panas) ke kondisi jenuhnya. Desuperheater mengadopsi langkah-langkah pembatasan dalam pipa uap super panas untuk membentuk area berkecepatan tinggi dimana air pendingin disuntikkan. Proses ini membantu membangun kontak dekat antara uap dan air pendingin, sehingga dapat meningkatkan efisiensi proses *desuperheating* (Will,2020).

Berdasarkan latar belakang diatas penulis melakukan kegiatan dengan judul “Analisis Kinerja Desuperheater pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT. Huayue Nickel Cobalt”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Bagaimana pengaruh suhu dan tekanan terhadap efisiensi *Desuperheater*?

## **1.3 Ruang Lingkup Kegiatan**

Dalam kegiatan ini, penulisan memberikan batasan masalah untuk lebih memfokuskan kegiatan kegiatan sebagai berikut :

1. Kegiatan ini membahas efisiensi *Desuperheater* di pembangkit listrik tenaga uap PT. Huayue Nickel Cobalt.
2. Kegiatan dilakukan di department Acid Plant Divisi PLTU PT. Huayue Nickel Cobalt.

## **1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan**

### **1.4.1 Tujuan Kegiatan**

Tujuan kegiatan ini ialah untuk mengetahui pengaruh suhu dan tekanan terhadap efisiensi *desuperheater*.

### **1.4.2 Manfaat Kegiatan**

Adapun manfaat yang diharapkan dari hasil kegiatan ini ialah:

1. Dapat dijadikan sebagai acuan dalam pemeliharaan *Desuperheater* dan dapat mencegah terjadinya kerusakan pada alat.

2. Sebagai referensi untuk perusahaan PT. Huayue Nickel Cobalt dalam pengembangan alat.
3. Sebagai referensi bagi mahasiswa dan peneliti lain untuk kegiatan yang berkaitan dengan topik efisiensi *Desuperheater* .



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)**

Pembangkit Listrik Tenaga Uap adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah Generator yang dihubungkan ke turbin dan digerakkan oleh tenaga kinetik dari uap panas/kering. PLTU menggunakan bahan bakar seperti batu bara atau minyak untuk memanaskan dan menghasilkan uap yang kemudian digunakan untuk memutar turbin dan menghasilkan listrik.

PLTU menggunakan fluida kerja air uap yang bersirkulasi secara tertutup. Siklus tertutup artinya menggunakan fluida yang sama secara berulang-ulang. Urutan sirkulasinya secara singkat adalah sebagai berikut:

Pertama air diisikan ke boiler hingga mengisi penuh seluruh luas permukaan pemindah panas. Didalam boiler air ini dipanaskan dengan gas panas hasil pembakaran bahan bakar dengan udara sehingga berubah menjadi uap. Kedua, uap hasil produksi boiler dengan tekanan dan temperatur tertentu diarahkan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan daya mekanik berupa putaran. Ketiga, generator yang dikopel langsung dengan turbin berputar menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan magnet dalam kumparan, sehingga ketika turbin berputar dihasilkan energi listrik dari terminal output generator. Keempat, Uap bekas keluaran



turbin masuk ke kondensor untuk didinginkan dengan air pendingin agar berubah kembali menjadi air yang disebut air kondensat. Air kondensat hasil kondensasi uap kemudian digunakan lagi sebagai air pengisi boiler. Demikian siklus ini berlangsung terus menerus dan berulang-ulang (Aliah Pratiwi,2023).

### 2.1.1 Bagian-Bagian PLTU

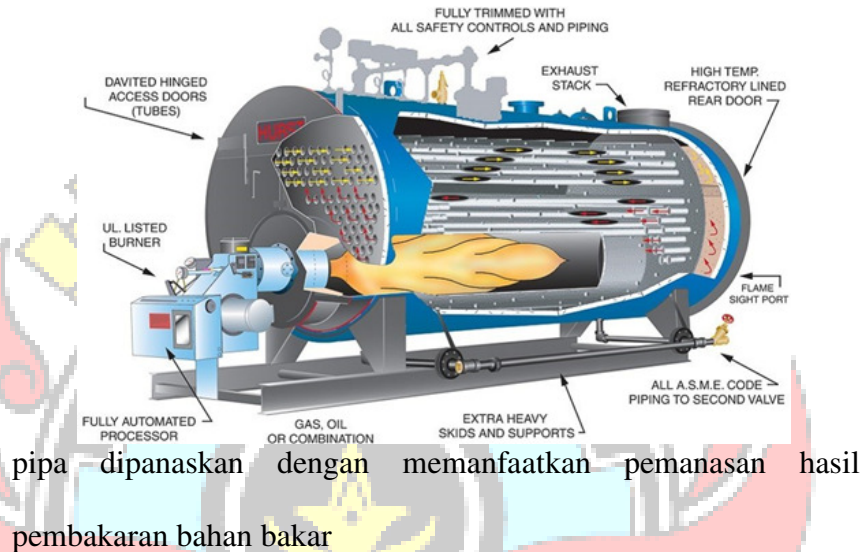
#### A. Bagian utama

##### 1. Boiler

Boiler adalah suatu perangkat mesin yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap. Proses perubahan air menjadi uap terjadi dengan memanaskan air yang berada dalam pipa-pipa dengan memanfaatkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Pembakaran dilakukan secara kontinu didalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dari luar. Pembakaran dilakukan secara *kontinu* di dalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar. Uap yang dihasilkan boiler adalah uap *superheat* dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan perpindahan panas, laju aliran, dan pembakaran yang diberikan.

Fungsi *boiler* adalah untuk mengubah air menjadi uap. Muhammad, dkk. (2023) dalam buku Pembangkit Tenaga Listrik menyebutkan bahwa boiler berfungsi untuk memanaskan dan mengubah zat cair menjadi uap bertekanan dan bersuhu tinggi.

Proses pemanasan terjadi pada pipa-pipa yang menyusun konstruksi *boiler*. Susunan pipa-pipa tersebut membentuk ruang bakar dan merupakan lokasi pembakaran air. Adapun air dalam



pipa dipanaskan dengan memanfaatkan pemanasan hasil pembakaran bahan bakar

Gambar 2.1 Boiler  
(sumber : Haikal & Reza, 2023)

## 2. Turbin

Turbin adalah suatu alat mesin penggerak dimana energi fluida kerja digunakan untuk memutar roda turbin. Turbin terdiri dari dua bagian yaitu rotor dan stator. Fungsi utama dari turbin adalah untuk melakukan pekerjaan ekspansi uap sub-tekanan temperatur menengah dari ketel uap melalui turbin uap bagian dalam. Uap dengan tekanan dan temperatur tinggi mengalir melalui *nozzle* sehingga kecepatannya naik dan mengarah dengan tepat untuk mendorong sudu- sudu turbin yang dipasang pada poros. Sudu turbin impuls menggerakkan rotor hingga berputar dan rotor

turbin uap menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. Uap yang telah melakukan kerja di turbin kemudian akan mengalami penurunan tekanan dan temperatur hingga kondisinya menjadi uap basah. Uap keluar turbin ini kemudian dialirkan ke dalam kondensator untuk didinginkan agar menjadi air kondensat.

Pada dasarnya turbin uap terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator dan rotor yang merupakan komponen utama pada turbin kemudian di tambah komponen lainnya yang meliputi pendukungnya seperti bantalan, kopling dan sistem bantu lainnya agar kerja turbin dapat lebih baik. Sebuah turbin uap memanfaatkan energi kinetik dari fluida kerjanya yang bertambah



akibat penambahan energi termal (Rico Litay, 2022).

*Gambar 2.2 Turbin  
(sumber : Purba, J. 2021)*

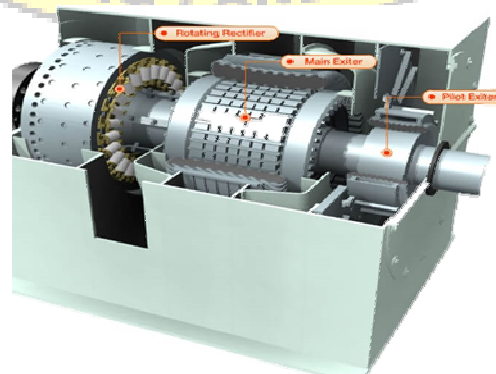
### 3. Generator

Generator adalah mesin listrik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pada PLTU energi mekanik berasal

dari turbin yang berputar. Turbin tersebut dipasang terhubung dengan generator. Sehingga saat turbin berputar maka generator akan menghasilkan energi listrik.

Generator arus bolak-balik sering disebut sebagai generator sinkron atau alternator. Prinsip kerja generator menggunakan hukum Faraday yang menyatakan bahwa jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah-ubah, maka pada penghantar ini akan terbentuk gaya gerak listrik. Besar tegangan generator kemudian akan sangat bergantung pada kecepatan putar ( $N$ ), jumlah kawat dikumparan yang memotong fluks ( $Z$ ), banyaknya fluks magnet yang kemudian dibangkitkan oleh medan magnet ( $\phi$ ) dan konstruksi generator.

Selain itu, generator juga mendorong muatan listrik untuk dapat bergerak melalui sebuah sirkuit listrik eksternal, namun generator tidak menciptakan listrik yang sudah ada di dalam lilitan kumparannya. Hal ini dapat dianalogikan dengan sebuah pompa air, yang kemudian menciptakan aliran air tetapi tidak menciptakan air



di dalamnya.

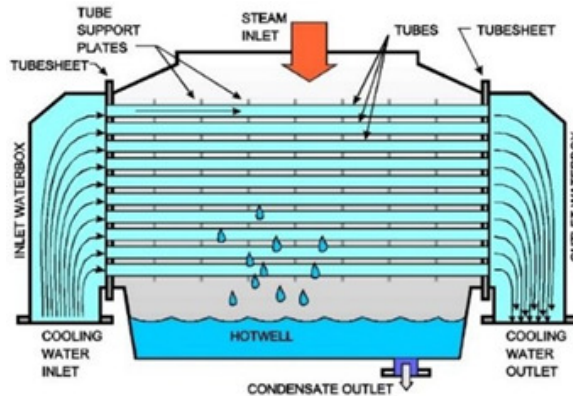
*Gambar 2.3 Generator*  
(sumber : Alief Rakhman. 2022)



#### 4. Kondensor

Kondensor adalah alat yang berfungsi untuk mengkondensasi uap keluaran dari turbin tingkat akhir hingga terkondensat. Kondensor ini bekerja untuk menjaga keseimbangan energi dan mengurangi tingkat kevakuman kondensor. Proses perubahan uap menjadi air dilakukan dengan cara mengalirkan uap ke dalam suatu ruangan yang berisi pipa-pipa (*tubes*). Uap mengalir di luar pipa-pipa (*shell side*) sedangkan air sebagai pendingin mengalir di dalam pipa-pipa (*tube side*) kondensor seperti ini disebut kondensor tipe *surface* (permukaan). Kebutuhan air untuk pendingin di kondensor sangat besar sehingga dalam perencanaan biasanya sudah diperhitungkan. Posisi kondensor umumnya terletak di bawah turbin sehingga memudahkan aliran uap keluaran turbin untuk masuk ke kondensor karena gravitasi.

Laju perpindahan panas tergantung pada aliran dan air pendingin, kebersihan pipa-pipa dan perbedaan suhu antara uap dan air pendingin. Proses perunahan uap menjadi air terjadi pada tekanan dan temperatur jenuh, dalam hal ini kondensor berada pada kondisi vakum. Karena temperatur air pendingin sama dengan temperatur udara luar, maka temperatur air kondensatnya maksimum mendekati temperatur udara luar. Apabila laju perpindahan terganggu, maka akan berpengaruh terhadap tekanan dan temperatur (Kamal N,2022)

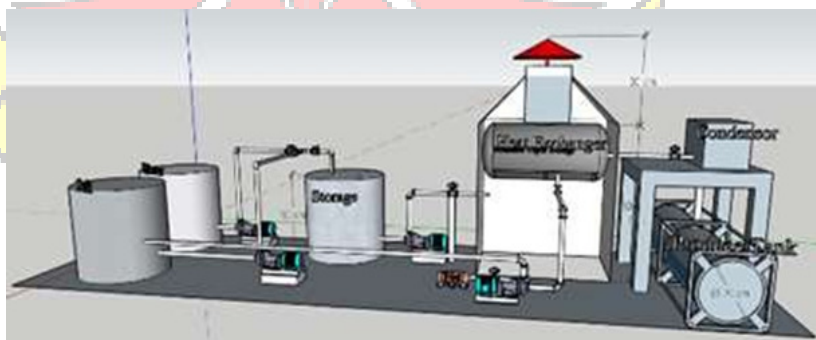


Gambar 2.4 Kondensor  
(sumber : STIKOM Yos Sudarso. 2020)

## B. Bagian Penunjang

### 1. Desalinasi

Tangki desalinasi adalah tangki yang memisahkan air laut dan air tawar yang diambil dari tangki pemasok air. Proses desalinasi dapat dilakukan dengan distilasi atau reverse osmosis. Proses pemisahan ini merupakan perubahan fase air, sedangkan reverse osmosis memisahkan air tawar dengan menggunakan



perbedaan tekanan dengan air semipermeable membran (Wei Wenbin,2022).

Gambar 2.5 Desalinasi  
(sumber : Gusti Ayu. 2018)

## 2. Deaerator

Tangki deaerator adalah alat yang berfungsi untuk menghilangkan oksigen dan gas-gas terlarut dalam air yang digunakan. Deaerator digunakan dalam pengolahan air umpan boiler agar tidak terjadi korosi pada boiler. Prinsip dari deaerasi dapat dijelaskan dengan menggunakan hukum Henry. Secara ringkas, hukum tersebut menyakakan bahwa penghilangan oksigen dan karbon dioksida dapat disempurnakan dengan pemanasan air umpan, yang akan menurunkan tekanan parsial oksigen dan karbon dioksida. Berdasarkan sifat oksigen yang kelarutannya akan berkurang karena kenaikan temperatur tersebut maka kadar oksigen pada deaerator akan berkurang. Sehingga temperatur air umpan merupakan variabel yang harus dijaga. Salah satu cara mengetahui karakteristik hubungan output-input pada



suatu proses yaitu dengan memahami model matematis sistem tersebut (Hariyatma dkk,2015).



*Gambar 2.6 Tangki Daerator  
(sumber : Wirdiyan, S. 2024)*



### 3. Desuperheater

Desuperheater adalah alat yang digunakan untuk mengontrol suhu uap *superheated* atau *reheated* dengan cara menyempatkan air pendingin. Desuperheater bekerja dengan cara mengalirkan air pendingin di antara pipa dan mencuci dinding luar pipa untuk melepaskan panas, sehingga uap yang melewati pipa tersebut didinginkan. Desuperheater digunakan untuk meningkatkan efisiensi konsumsi uap pada pembangkit listrik. Evaluasi dan analisis kinerja Desuperheater perlu dilakukan untuk mencegah kegagalan pipa Desuperheater yang dapat menurunkan



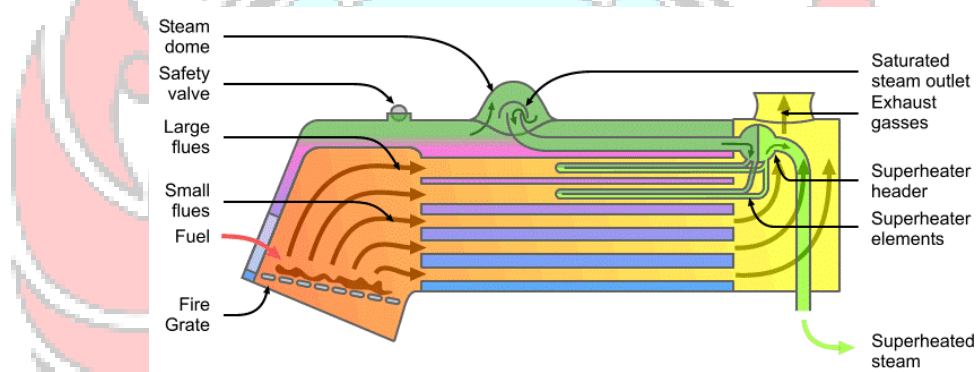
kualitas uap yang dihasilkan dan menyebabkan *overheat* (Wei Wenbin,2022).

*Gambar 2.7 Desuperheater  
(sumber : Etukudo, David. 2022)*

### 4. Superheater

*Superheater* merupakan suatu komponen dalam boiler yang digunakan untuk memanaskan lanjut uap saturasi sampai

dihasilkan uap yang benar-benar kering. Pada pengendalian temperatur *superheater* ini, temperatur harus dijaga supaya selalu mencapai *set point*, agar sesuai dengan temperatur yang digunakan untuk memutar turbin. Bila temperatur melebihi *set point*, maka akan menjadi uap kering yang membahayakan bagi turbin serta bahan bakar akan terbuang sia-sia. Oleh karena itu, jika temperatur melebihi *set point*, *desuperheater* (*superheater spray*) akan mengeluarkan air yang berfungsi untuk menurunkan



suhu *hot steam* hingga mencapai *set point* (Mardijah dkk,2010).

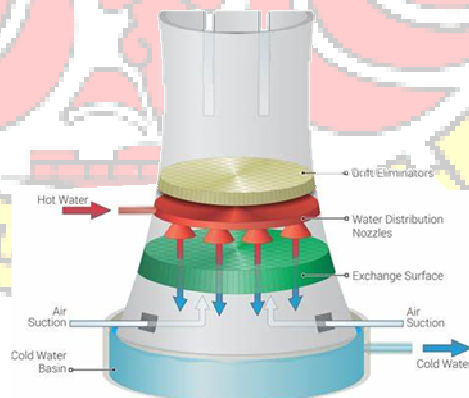
Gambar 2.8 Superheater  
(sumber : Emoscope. 2012)

##### 5. Menara pendingin (*Cooling Tower*)

Menara pendingin merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menurunkan suhu aliran air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan mengemisikannya ke atmosfer. Menara pendingin mengatasi masalah tersebut di atas, karena mampu menurunkan suhu air lebih dari peralatan- peralatan yang hanya menggunakan udara untuk membuang kalor. Konsumsi air dari suatu sistem menara pendingin hanya sekitar 5% dibandingkan

dengan sistem pengaliran air sekali lewat yang telah disebutkan di atas, sehingga merupakan sistem yang paling ekonomis dari segi konservasi air. Selain itu, jumlah air panas yang terbuang (blowdown) sangatlah kecil, sehingga efek terhadap ekologi juga sangat minim. Dalam dunia industri, menara pendingin bertanggung jawab terhadap hampir 80% kebutuhan air pendingin dalam suatu operasi pabrik.

Menara pendingin didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang fluida kerjanya adalah air dan udara yang berfungsi mendinginkan air kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap. Dalam kebanyakan menara pendingin yang bekerja pada sistem pendinginan udara menggunakan pompa sentrifugal untuk menggerakkan air ke atas



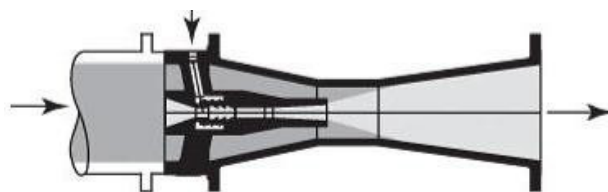
melintasi menara (Wei Wenbin,2022).

*Gambar2.9 Cooling Tower  
(sumber : Litay, Rico. 2018)*

## 2.1.2 Jenis-jenis Desuperheater

### 1. Venturi Desuperheater

Venturi Desuperheater adalah untuk atomisasi air pendingin dengan menyemprotkan kecepatan tinggi dan uap suhu tinggi. Air pendingin yang memasuki venturi Desuperheater disemprotkan ke dalam uap superpanas, menciptakan kontak langsung antara uap dan air pendingin. Hal ini membantu meningkatkan efisiensi proses *desuperheating*. Venturi Desuperheater dapat diinstal secara horizontal maupun vertikal, dengan instalasi vertikal dapat menghasilkan pencampuran yang lebih baik dan meningkatkan rasio *turndown*. Venturi Desuperheater juga dapat diubah menjadi tipe attemperator, yang tidak menggunakan bentuk venturi untuk pencampuran, dan umumnya digunakan ketika diperlukan ruang yang cukup dan rasio *turndown* yang sedikit lebih tinggi, namun biaya tambahan untuk tipe atomisasi uap tidak dapat dibenarkan menjadi tipe attemperator, yang tidak menggunakan bentuk venturi untuk pencampuran, dan umumnya digunakan ketika diperlukan ruang yang cukup dan rasio *turndown* yang sedikit lebih tinggi, namun



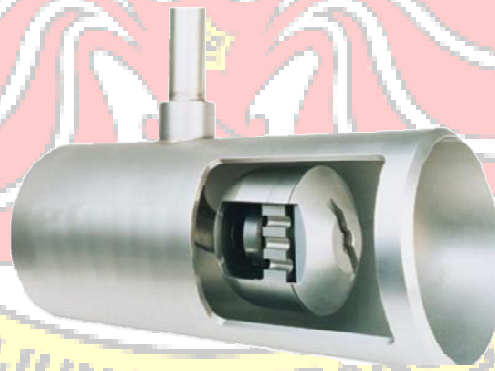
biaya tambahan untuk tipe atomisasi uap tidak dapat dibenarkan.

*Gambar 2.10 Venturi Desuperheater  
(sumber : schutte,koerting)*



## 2. Annular *Desuperheater*

Annular *Desuperheater* adalah jenis *Desuperheater* yang bekerja dengan menggunakan venturi untuk mengurangi suhu dan tekanan uap. Annular *Desuperheater* mengurangi suhu dan tekanan uap dengan membawa uap superheat langsung menjadi kontak dengan air, uap superheat diketapkan ke dalam ruang annular antara konus dan dinding pipa untuk meningkatkan kecepatan dan turbulensi. *Desuperheater* ini dapat dipasangkan horizontal atau vertikal, dan saat dipasangkan vertikal rasio *turndown* dapat diperbesar secara signifikan Annular *Desuperheater* ini memiliki kapasitas *turndown* yang tinggi dan cocok untuk digunakan dalam berbagai aplikasi industri

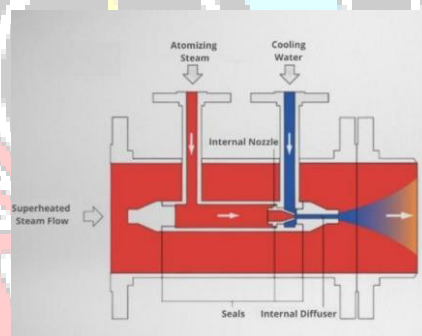


Gambar 2.11 Annular *Desuperheater*  
(Sumber : CELEROS)

## 3. Annular Venturi Orifice *Desuperheater*

Annular Venturi Orifice *Desuperheater* (AVOD) adalah jenis *Desuperheater* yang digunakan untuk mengurangi suhu uap dengan cara membawa uap ke dalam kontak langsung dengan air

pendingin pada titik terbatas di dalam pipa. AVOD menawarkan kapasitas panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Desuperheater* lain, tidak memiliki bagian yang bergerak dan dapat dipasang dalam posisi horizontal atau vertikal. *Desuperheater* ini direkomendasikan untuk digunakan dalam berbagai kondisi aliran yang stabil maupun bervariasi, serta cocok untuk dipasang di antara tahap superheater pada boiler atau di keluaran boiler. AVOD juga dapat meningkatkan rasio perubahan yang lebih baik ketika dipasang secara vertikal. *Desuperheater* ini dapat membantu



mengurangi akumulasi air yang tidak teruapkan dalam pipa uap.

Gambar 2.12 Annular Venturi Orifice *Desuperheater*  
(sumber: spirax sarco)

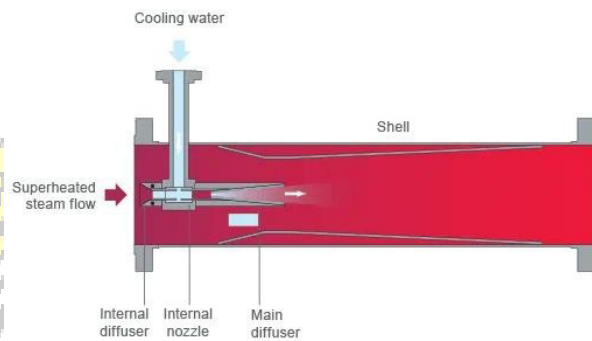
#### 4. Steam Ejector Atomizing *Desuperheater*

Steam ejector atomizing *Desuperheater* memaksimalkan efisiensi pencampuran dengan menyemprotkan air dan uap lebih kuat ke *nozzle* venturi di tengah body dengan pasokan uap tambahan bertekanan tinggi.

Pasokan uap bertekanan tinggi digunakan untuk



mengatomisasi air pendingin yang masuk. Tekanan uap tambahan harus lebih 1,5 kali dari tekanan yang masuk dengan tekanan minimum 3 barg. Steam ejector atomizing *Desuperheater* ini cocok

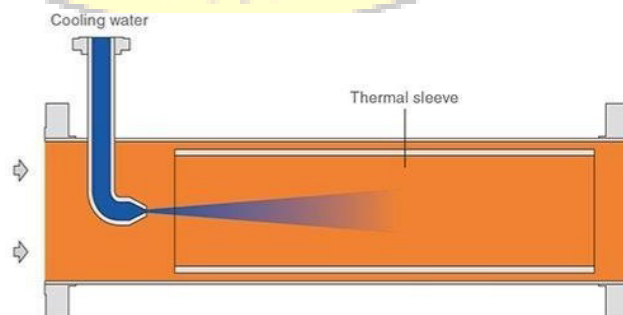


dipasang dimana laju aliran uap yang sangat bervariasi, misalnya di mesin pengurang tekanan gabungan dengan desuperheating.

Gambar 2.13 Steam ejector atomizing  
(sumber: Kawan Technology)

##### 5. Attemperator *Desuperheater*

Attemperator dan *Desuperheater* adalah dua perangkat yang digunakan dalam industri untuk mengontrol suhu uap. Attemperator digunakan untuk mengontrol suhu uap yang terlalu tinggi, sedangkan *Desuperheater* digunakan untuk menurunkan



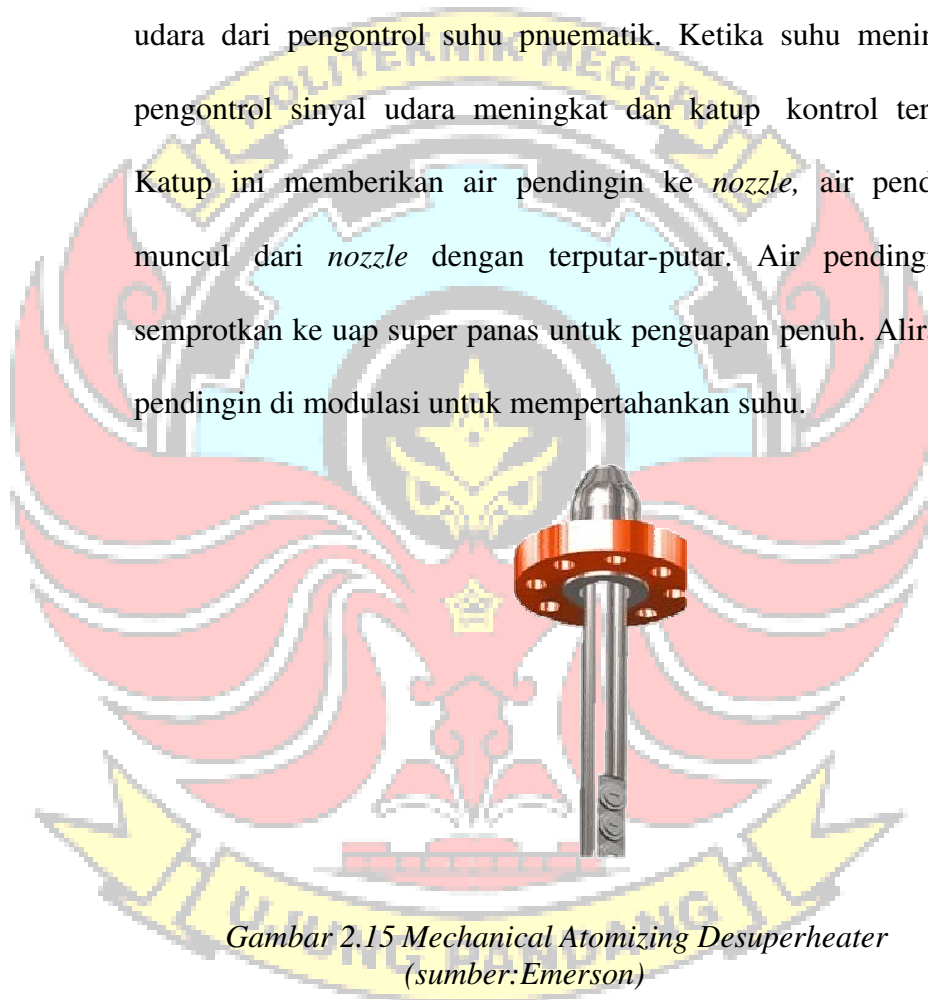
suhu uap terlalu panas dan mengembunkannya menjadi uap jenuh.

*Gambar 2.14 Attemperator Desuperheater  
(sumber: PlantDesign)*



## 6. Mechanical Atomizing *Desuperheater*

Mechanical atomizing *Desuperheater* dirancang untuk mengurangi dan mengontrol uap super panas menggunakan air pendingin. Prinsip kerja *Desuperheater* ini, yaitu katup kontrol memodulasi pendinginan air. Posisi katup ditentukan oleh sinyal udara dari pengontrol suhu pneumatik. Ketika suhu meningkat, pengontrol sinyal udara meningkat dan katup kontrol terbuka. Katup ini memberikan air pendingin ke *nozzle*, air pendingin muncul dari *nozzle* dengan terputar-putar. Air pendingin di semprotkan ke uap super panas untuk penguapan penuh. Aliran air pendingin di modulasi untuk mempertahankan suhu.



Gambar 2.15 Mechanical Atomizing *Desuperheater*  
(sumber:Emerson)

## 2.2 Efisiensi Desuperheater

Secara umum, efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara *output* terhadap *input* dalam suatu proses. Efisiensi merupakan salah satu persamaan yang penting dalam termodinamika untuk mengetahui seberapa baik *konversi* energi atau proses transfer yang terjadi (Cengel, 2006).

Untuk menghitung efisiensi suatu alat perpindahan panas dapat ditinjau dengan membandingkan antara kapasitas panas desain terhadap kapasitas aktual, persamaannya sebagai berikut :

$$\eta = \frac{Q_{(akt)}}{Q_{(des)}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

## 2.3 Perpindahan Panas

Proses panas bergerak dari satu objek ke objek yang lain disebut perpindahan panas. Perbedaan suhu mendefinisikan arah dimana panas mengalir ketika dua benda bersentuhan, panas selalu mengalir dari benda yang lebih panas ke benda yang suhunya lebih rendah. Perpindahan panas yang utama dapat terjadi dengan tiga cara yaitu; konduksi, konveksi dan radiasi. Perubahan suhu dapat merubah materi dan merubah fasa.

Ketika energi di tambahkan ke substansi dan tidak ada pekerjaan yang dilakukan, suhu zat biasanya naik yaitu zat yang dipanaskan; pengecualian untuk kasus dimana suatu zat mengalami perubahan fasa disebut juga fasa transisi, seperti penguapan, beku, sublimasi, dan lain lain . kapasitas panas (C) dari substansi adalah jumlah energi yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 oC atau 1 K. Kapasitas panas berbanding lurus dengan jumlah zat.

Adapun kapasitas panas spesifik adalah jumlah energi yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu satu gram atau satu mol substansi sebesar 1 oC atau 1 K. Dalam termodinamika, dua jenis panas didefinisikan, yaitu Cp untuk kapasitas panas pada tekanan konstan Cv untuk kapasitas panas pada volume konstan.(Geankoplis, 1978).

Untuk menghitung kapasitas perpindahan fluida panas suatu alat perpindahan panas dapat dihitung menggunakan rumus, sebagai berikut :

$$Q = \dot{m}_2 \times \Delta h \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\Delta h = h_1 + h_3 - h_2 \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

- Q : Kapasitas perpindahan fluida panas (kW)
- Δh : Perubahan Entalpi (kJ/kg)
- h<sub>1</sub> : Entalpi aliran fluida panas masuk (kJ/kg)
- h<sub>2</sub> : Entalpi aliran fluida pendingin masuk (kJ/kg )
- h<sub>3</sub> : Entalpi aliran fluida panas keluar (kJ/kg)
- $\dot{m}_2$  : Massa fluida panas Keluar (kg/s)

## BAB III

### METODE KEGIATAN

#### 3.1 Tempat Kegiatan

Lokasi pengambilan data “Efisiensi *Desuperheater* pada Divisi Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT. Huayue Nickel Cobalt”.

#### 3.2 Prosedur kegiatan

##### A. Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan dengan tujuan mengumpul informasi agar memudahkan dalam mengetahui nilai efisiensi *Desuperheater*. Referensi dikumpulkan dari berbagai jurnal, tugas akhir, buku dan halaman web yang dapat membantu proses penyelesaian tugas akhir ini

##### B. Pengumpulan Data

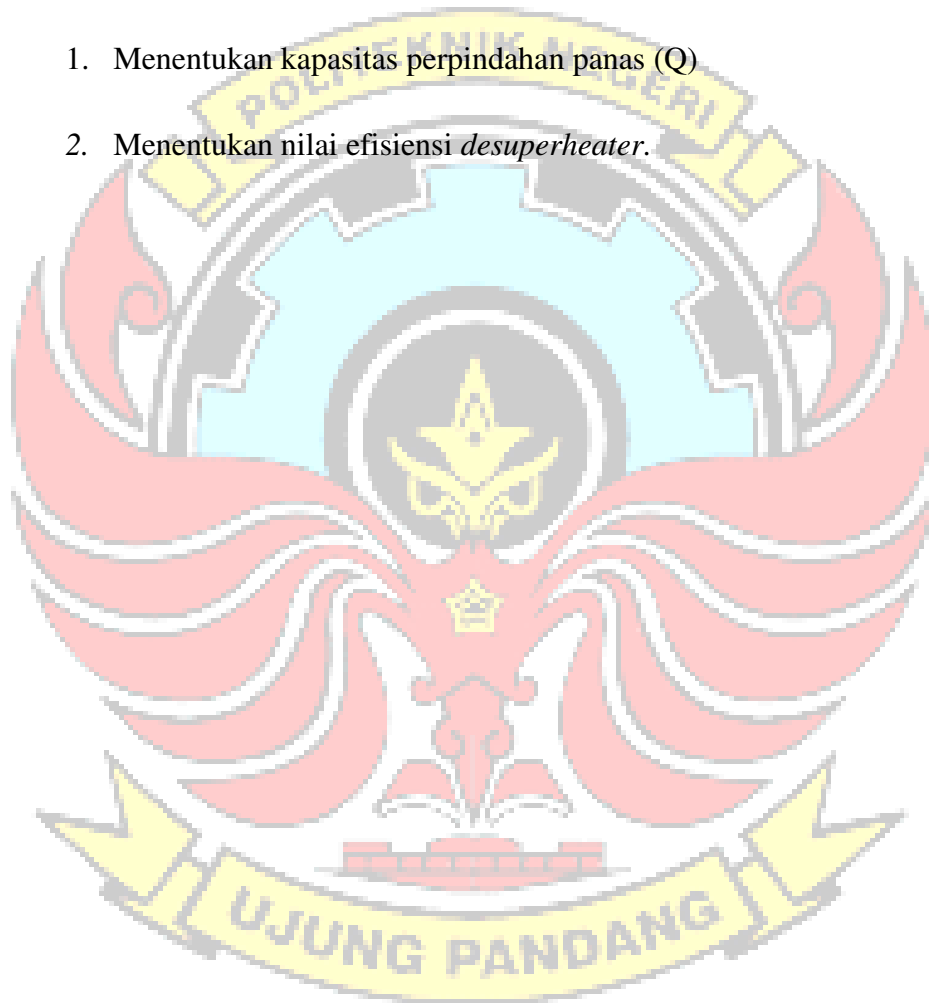
Pengumpulan data dilakukan untuk mempermudah dalam menghitung nilai efisiensi pada kegiatan ini. Data-data yang di ambil dalam kegiatan ini yaitu :

1. Suhu Fluida Panas Masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )
2. Suhu Fluida Panas Keluar ( $^{\circ}\text{C}$ )
3. Massa Fluida Panas Masuk (kg/s)
4. Massa Fluida Panas Keluar (kg/s)
5. Tekanan Fluida Panas Masuk (MPa)
6. Tekanan Fluida Panas Keluar (MPa)

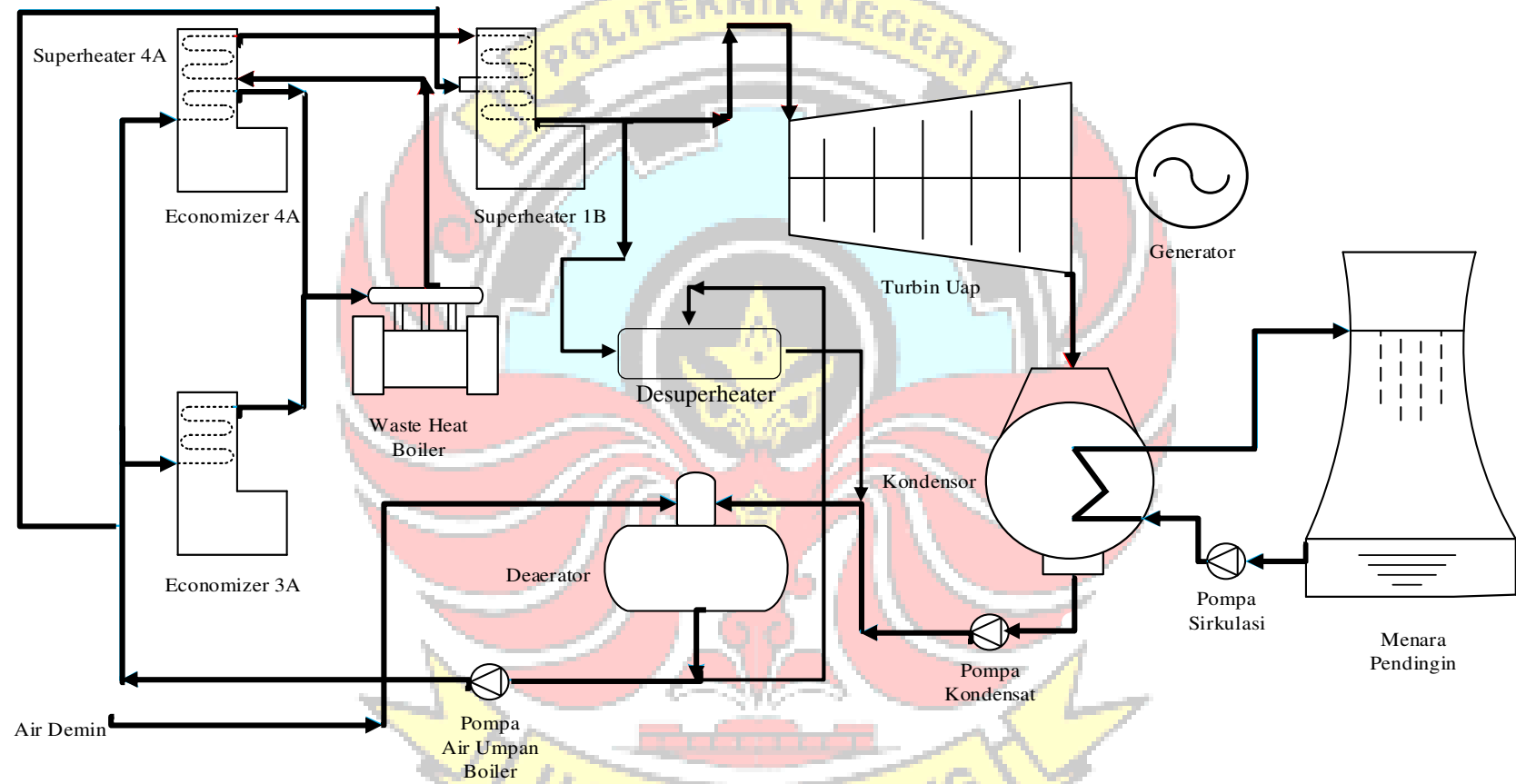
### C. Pengolahan Data dan Analisa Data

Data yang telah diperoleh dari *Distribution Control System (DCS)* selanjutnya diolah dengan menggunakan perhitungan analisis perpindahan panas dengan literatur *handbookn D.Q Kern (1998)* untuk mengetahui efisiensi alat *desuperheater*. Adapun tahapan perhitungan sebagai berikut:

1. Menentukan kapasitas perpindahan panas ( $Q$ )
2. Menentukan nilai efisiensi *desuperheater*.



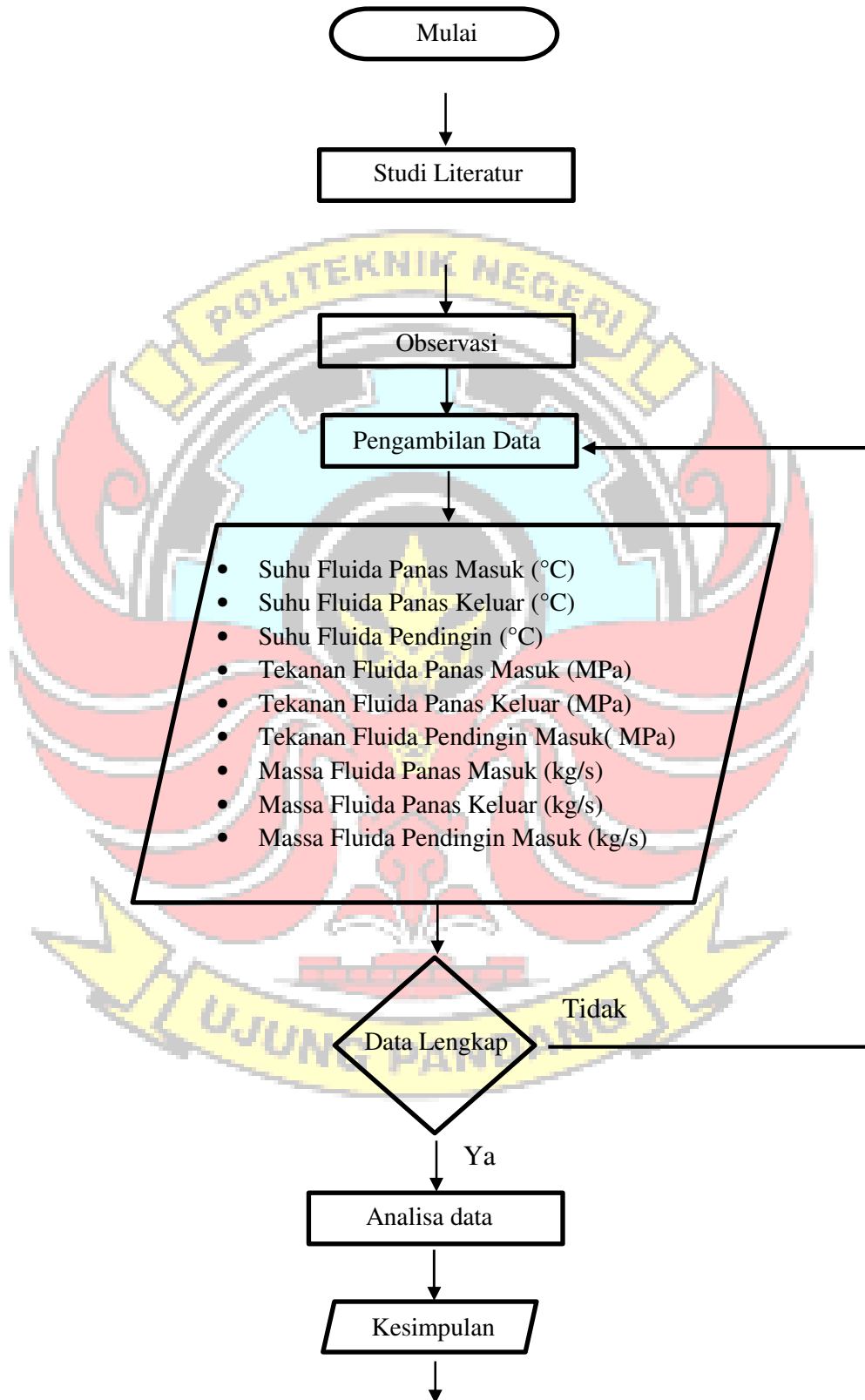
### 3.3 Skema PLTU PT.Huayue Nickel Cobalt



Gambar 3.2 Skema PLTU PT. Huayue Nickel Cobalt



### 3.4 Diagram Alir Kegiatan Tugas Akhir



Selesai

Gambar 3.1 *Flowchart Analisa Efisiensi Desuperheater*



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Kegiatan

##### 4.1.1 Data Kuantitatif

Setelah melakukan pengambilan data pada perhitungan efisiensi *desuperheater* didapatkan data kuantitatif yang disajikan dalam bentuk tabel dibawah ini :

Tabel 4. 1 Data Desain *Desuperheater*

T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	$\dot{m}_1$	$\dot{m}_2$	$\dot{m}_3$
(°C)	(°C)	(°C)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(ton/h)	(ton/h)	(ton/h)
435	238	135	6,1	0,9	9	70	90	18

Tabel 4. 2 Data Aktual *Desuperheater*

Hari Ke-	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	$\dot{m}_1$	$\dot{m}_2$	$\dot{m}_3$
	(°C)	(°C)	(°C)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(ton/h)	(ton/h)	(ton/h)
1	429,4	175,9	135	5,67	0,78	9	66,7	73,66	4,65
2	432,7	176,1	135	5,67	0,79	9	66,0	70,61	4,60
3	431,4	175,2	135	5,70	0,77	9	66,5	71,14	4,61
4	429,2	176,1	135	5,68	0,79	9	69,3	74,05	4,68
5	429,6	176,0	135	5,70	0,79	9	68,52	73,26	4,73
6	431,3	176,1	135	5,68	0,79	9	67,36	72,10	4,73
7	430,7	176,3	135	5,71	0,79	9	67,78	72,54	4,76

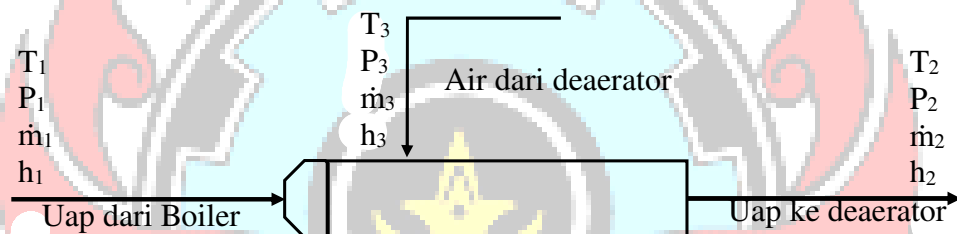
#### 4.1.2 Analisa Data

Berdasarkan data diatas maka digunakan untuk perhitungan efisiensi *desuperheater* :

1. Untuk menghitung efisiensi menurut Kern, 1998 dapat dihitung dengan persamaan (2.1).
2. Perhitungan kapasitas perpindahan panas desain *desuperheater* PT.

Huayue Nickel Cobalt menggunakan persamaan (2.2) :

Menghitung massa desain alat :



Gambar 4.1 Skema *Desuperheater* PT. Huayue Nickel Cobalt

- a. Berdasarkan data tabel 4.1 desain *desuperheater*  $T_1 = 435^\circ\text{C}$  dengan  $P_1 = 6,1 \text{ MPa}$  dan  $\dot{m}_1 = 70 \text{ ton/h} = 19,4 \text{ kg/s}$ , maka diperoleh nilai dari *steam tabel*  $h_1 = 3302,05 \text{ kJ/kg}$
- b. Berdasarkan data tabel 4.1 desain *desuperheater*  $T_2 = 238^\circ\text{C}$  dengan  $P_2 = 0,9 \text{ MPa}$  dan  $\dot{m}_2 = 90 \text{ ton/h} = 25 \text{ kg/s}$ , maka diperoleh nilai dari *steam tabel*  $h_2 = 2913,4 \text{ kJ/kg}$
- c. Berdasarkan data tabel 4.1 desain *desuperheater*  $T_3 = 135^\circ\text{C}$  dengan  $P_3 = 9 \text{ Mpa}$  dan  $\dot{m}_3 = 18 \text{ ton/h} = 5 \text{ kg/s}$ , maka diperoleh nilai dari *steam tabel*  $h_3 = 1363,7 \text{ kJ/kg}$ .

Jadi,

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_3 - \dot{m}_2 = 0 \dots\dots\dots (4.1)$$

$$19,4 \text{ kg/s} + 5 \text{ kg/s} - 25 \text{ kg/s} = -0,56 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_3 h_3 - \dot{m}_2 h_2 = 0 \dots\dots\dots (4.2)$$

$$(19,4 \text{ kg/s} \times 3302,05 \text{ kJ/kg}) + (5 \text{ kg/s} \times 1363,7 \text{ kJ/kg}) - (25 \text{ kg/s} \times 2913,4 \text{ kJ/kg}) + 1809,97 \text{ kJ/s} = 0$$

Angka 1809,97 kJ/s di asumsikan sebagai energi yang lebih agar kesetimbangan energi menjadi 0. Energi lebih tersebut bisa muncul karena beberapa faktor, seperti uap yang masuk ke dalam *desuperheater* lebih dari kapasitas desain dan lain-lain.

Berdasarkan persamaan (2.2) untuk mencari nilai kapasitas perpindahan fluida panas, maka :

Diketahui :

nilai  $\Delta h_{\text{desain}}$  :

$$h = h_1 + h_3 - h_2 \dots\dots\dots (4.3)$$

$$h = 3302,05 \text{ kJ/kg} + 1363,7 \text{ kJ/kg} - 2913,4 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta h_{\text{desain}} = 1752,35 \text{ kJ/kg}$$

Sehingga nilai kapasitas perpindahan fluida panas desain :

$$Q_{\text{desain}} = 25 \text{ kg/s} \times 1752,35 \text{ kJ/kg} = 43808,75 \text{ kW}$$

3. Perhitungan laju perpindahan panas aktual desuperheater PT. Huayue Nickel Cobalt menggunakan persamaan (2.2) :

- a. Berdasarkan data tabel 4.2 nilai aktual desuperheter  $T_1 = 429,4^\circ\text{C}$  dengan  $P_1 = 5,7 \text{ MPa}$  dan  $\dot{m}_1 = 66,7 \text{ ton/h} = 18,55 \text{ kg/s}$ , maka

diperoleh nilai dari *steam tabel*  $h_1 = 3249,05 \text{ kJ/kg}$

nilai  $m$  dan  $h$  aktual lainnya dapat dilihat pada tabel 4.3 dan 4.4.

Dengan menggunakan rumus (4.1), nilai kesetimbangan massa aktual :

$$18,55 \text{ kg/s} + 1,29 \text{ kg/s} - 19,84 \text{ kg/s} = 0$$

Dan menggunakan rumus (4.2) nilai kesetimbangan energi aktual,

$$(18,55 \text{ kg/s} \times 3249,05 \text{ kJ/kg}) + (1,29 \text{ kg/s} \times 1363,7 \text{ kJ/kg}) - (19,84 \text{ kg/s} \times 2753,65 \text{ kJ/kg}) - 7396,6345 \text{ kJ/s} = 0$$

Angka 7396,6345 kJ/s di asumsikan sebagai energi yang kurang agar kesetimbangan energi menjadi 0.

Berdasarkan persamaan (2.2), maka :

Diketahui

nilai  $h_{\text{aktual}}$  menggunakan rumus (4.3) :

$$h = 3249,05 \text{ kJ/kg} + 1363,7 \text{ kJ/kg} - 2753,65 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta h_{\text{aktual}} = 1859,10 \text{ kJ/kg}$$

Sehingga nilai kapasitas perpindahan fluida panas aktual :

$$Q_{h(\text{aktual})} = 19,48 \text{ kg/s} \times 1859,10 \text{ kJ/kg} = 36215,268 \text{ kW}$$

Maka nilai efisiensi *desuperheater* PT. Huayue Nickel Cobalt :

$$\eta = \frac{36215,268 \text{ kW}}{43808,75 \text{ kW}} \times 100\% = 82,67 \%$$

Pengambilan data dilakukan selama 7 hari dan ditentukan nilai kapasitas perpindahan fluida panas aktual dan nilai kapasitas perpindahan fluida panas desain menggunakan persamaan (2.1) dan (2.2). Hasil kalor desain dan kalor aktual masing masing hari kemudian dibuat grafik efisiensi terhadap hari.

Hari ke-	$h_1$ (kJ/kg)	$h_2$ (kJ/kg)	$h_3$ (kJ/kg)	$\Delta h$ (kJ/kg)
1	3249,05	2753,65	1363,7	1859,10
2	3273,2	2792,85	1363,7	1844,05
3	3262,75	2780,65	1363,7	1845,80
4	3249,05	2792,85	1363,7	1819,90
5	3259,6	2792,85	1363,7	1830,45
6	3273,2	2792,85	1363,7	1844,05
7	3259,6	2792,85	1363,7	1830,45

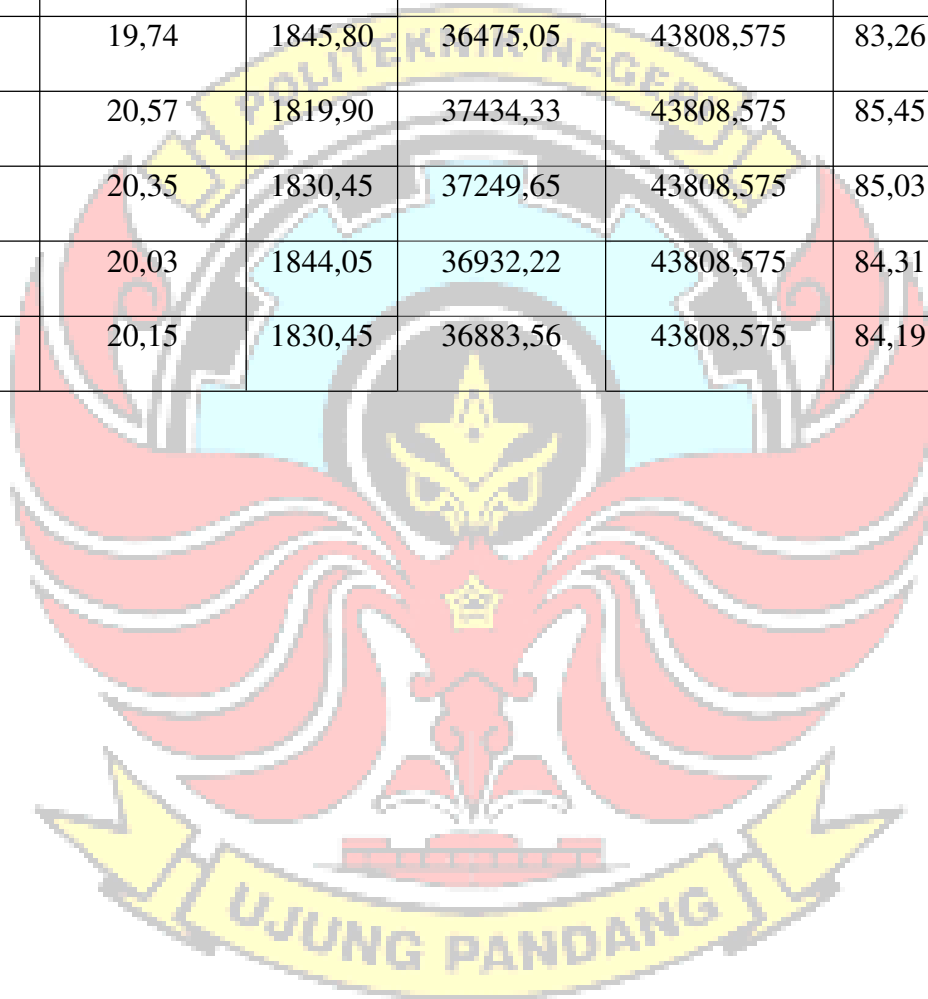
Tabel 4. 3 Data Hasil Perhitungan entalpi *Desuperheater*

Tabel 4. 4 Data Hasil Perhitungan Kesenimbangan Massa *Desuperheater*

Hari ke-	$\dot{m}_1$ (kg/s)	$\dot{m}_2$ (kg/s)	$\dot{m}_3$ (kg/s)	$\Delta \dot{m}$ (kg/s)
1	18,55	19,84	1,29	0
2	18,34	19,62	1,28	0
3	18,48	19,74	1,28	0
4	19,27	20,57	1,30	0
5	19,03	20,35	1,31	0
6	18,71	20,03	1,31	0
7	18,83	20,15	1,31	0

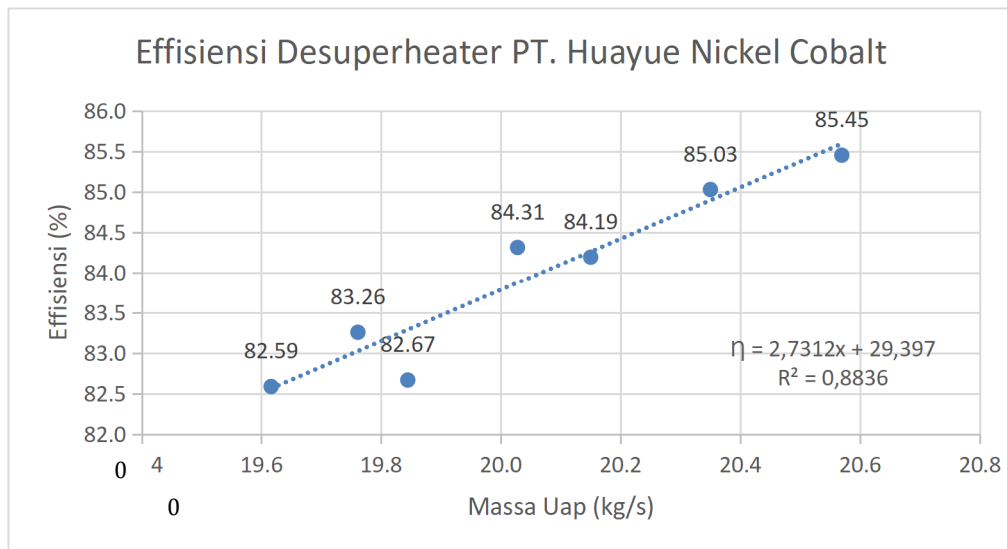
Tabel 4. 5 Data Hasil Perhitungan *Desuperheater*

Hari ke-	$\dot{m}_2$ (kg/s)	$\Delta h$ (kJ/kg)	$Q_{\text{aktual}}$ (kW)	$Q_{\text{Desain}}$ (kW)	Eff (%)
1	19,84	1859,10	36892,80	43808,575	82,67
2	19,62	1844,05	36173,08	43808,575	82,59
3	19,74	1845,80	36475,05	43808,575	83,26
4	20,57	1819,90	37434,33	43808,575	85,45
5	20,35	1830,45	37249,65	43808,575	85,03
6	20,03	1844,05	36932,22	43808,575	84,31
7	20,15	1830,45	36883,56	43808,575	84,19





## 4.2 Analisis Hasil Kegiatan



Gambar 4.2 Grafik efisiensi desuperheater PT. Huayue Nickel Cobalt

Pada grafik 4.2 efisiensi aktual tertinggi terdapat pada hari ke-4 dengan nilai 85,45% dan nilai laju alir massa uap 20,57 kg/s. efisiensi terrendah terdapat pada hari ke-2 dengan nilai 82,59% dan nilai laju alir massa uap 19,62 kg/s. Nilai efisiensi aktual bervariasi disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kebutuhan uap pada tangki deaerator, kualitas suhu uap yang diberikan oleh boiler cukup bervariasi yang menyebabkan nilai efisiensi aktual juga bervariasi dan kondisi alat yang sudah lama tidak dilakukan *maintenance*.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan terhadap Efisiensi Desuperheater dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi tertinggi desuperheater di PT. Huayue Nickel Cobalt adalah 85,45% dengan nilai temperatur sebesar 176.1 °C dengan tekanan 5.68 MPa dan nilai efisiensi terendah adalah 82,57% dengan nilai temperatur 176.1 °C dengan tekanan 5.67 MPa.

Dari hasil kegiatan didapatkan bahwa nilai temperatur dan tekanan hanya digunakan untuk mendapatkan nilai entalpi dan yang mempengaruhi nilai efisiensi *desuperheater* pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT. Huayue Nickel Cobalt adalah nilai massa.

#### 5.2 Saran

Untuk meningkatkan nilai efisiensi desuperheater dapat dilakukan dengan cara melakukan *maintenance* pada desuperheater, seperti mengganti katup kontrol yang sudah kurang bagus, mengganti isolasi desuperheater dan membersihkan kerak-kerak pada pipa desuperheater.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bulletin. 2021. "Spance Air-Operated Mechanical Atomizing Desuperheater".  
[www.SpanceValve.com](http://www.SpanceValve.com)
- Etukudo, David. 2022. "Attemperator-Working Principle And Desuperheater".  
<https://www.s-k.com/desuperheaters/attemperator-desuperheaters/>
- Hariyatma, dkk. 2015. "Identifikasi Sistem Temperatur Air Umpan Boiler Deaerator pada pembangkit Listrik Tenaga Uap". Jurnal Universitas Gadjah Mada.
- Haryadi & Mahmudi. 2018. Buku Bahan Ajar Perpindahan Panas. Bahan Ajar Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Litay, Rico. 2022. "Perhitungan Efisiensi Termal Pada Turbin PT. Geo Dipa Energi (PERSERO) Unit dieng. Laporan kp Universitas Pembangunan Nasional Yogyakarta".
- Mardijah, dkk. 2010. "Perancangan Sistem Kendali Temperatur Uap Superheater Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Sliding Mode Control". Jurnal Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.
- N, Kamal. 2022. "Pengertian Generator, Jenis-jenis, Prinsip Kerja dan Fungsinya". Artikel. <https://www.gramedia.com/literasi/pengertian-generator/>
- PT. Huayue Nickel Cobalt. Profil Perusahaan di LinkedIn. Diakses pada 2024
- Pratiwi, Aliah. 2023. "Proses Pembangkitan Listrik Tenaga Uap pada PLTU Jeneponto Existing 2 X 125 MW". Laporan PKL Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Wei Wenbin. 2022. “Standar Operasi Prosedur Menghidupkan Desuperheater”.

Makalah PT. Huayue Nickel Cobalt.

Wei Wenbin. 2022. “Prosedur Operasi Keamanan Air Bersih”. Makalah PT.

Huayue Nickel Cobalt.

Will Don. 2020. “Apa itu Desuperheater”. Artikel. [https://cncontrolvalve.com/what-](https://cncontrolvalve.com/what-is-a-desuperheater-and-how-does-it-differ-from-an-attemporator/)

[is-a-desuperheater-and-how-does-it-differ-from-an-attemporator/](https://cncontrolvalve.com/what-is-a-desuperheater-and-how-does-it-differ-from-an-attemporator/)

Zain, Rais., & Mustain, Asalil. 2020. “Evaluasi Efisiensi *Heat Exchanger* (HE – 4000) Dengan Metode Kern”. Jurnal Politeknik Negeri Malang.



**L**

**A**



**M**

**P**

**I**

**R**

**A**

**N**

## Lampiran 1

### Data Operasi dari PLTU PT. Huayue Nickel Cobalt

#### Data 1

Jam	Tekanan Uap masuk (Mpa)	Suhu Uap Masuk (C)	Suhu Uap Keluar (C)	Tekanan Uap Keluar (Mpa)	Massa Uap Keluar (t/h)	Massa Air Pendingin (t/h)	Massa uap masuk (t/h)
1,00	5,77	431,3	175,5	0,783	74,93	4,69	70,24
2,00	5,72	431,1	175,6	0,778	75,22	4,61	70,61
3,00	5,74	430,9	174,9	0,771	75,54	4,64	70,9
4,00	5,69	430,4	174,6	0,761	70,7	4,66	66,04
5,00	5,79	430,4	177,4	0,826	65,69	4,67	61,02
6,00	5,68	429,8	174	0,771	66,3	4,68	61,62
7,00	5,73	430,2	175,8	0,796	65,19	4,68	60,51
8,00	5,63	429,7	175,6	0,777	70,2	4,69	65,51
9,00	5,69	429,8	177,1	0,814	75,1	4,65	70,45
10,00	5,6	429	176,7	0,795	74,79	4,59	70,2
11,00	5,6	428,9	175,9	0,775	74,29	4,62	69,67
12,00	5,56	428,4	175,1	0,767	74,81	4,61	70,2
13,00	5,65	429,1	174,6	0,762	74,47	4,69	69,78
14,00	5,61	429,6	174,3	0,753	74,2	4,61	69,59
15,00	5,7	429,9	177,2	0,81	72,39	4,66	67,73
16,00	5,55	429,2	175,3	0,763	71,38	4,63	66,75
17,00	5,63	428,6	176,5	0,79	75,21	4,65	70,56
18,00	5,71	429,1	176,3	0,8	69	4,63	64,37
19,00	5,74	429,1	178,1	0,838	63,36	4,65	58,71
20,00	5,7	429,7	176,6	0,802	67,53	4,65	62,88
21,00	5,68	429,3	176,6	0,805	70,47	4,65	65,82
22,00	5,74	429,5	176,5	0,808	65,43	4,66	60,77
23,00	5,6	429,7	176,4	0,796	72,45	4,6	67,85
24,00	5,67	429,9	176,4	0,802	75,84	4,67	71,17
Rata-rata	5,7	429,4	176,0	0,79	71,44	4,65	66,79

## Lampiran 2

### Data Operasi dari PLTU PT. Huayue Nickel Cobalt

#### Data 2

Jam	Tekanan Uap masuk (Mpa)	Suhu Uap Masuk (C)	Suhu Uap Keluar (C)	Tekanan Uap Keluar (Mpa)	Massa Uap Keluar (t/h)	Massa Air Pendingin (t/h)	Massa uap masuk (t/h)
1,00	5,66	430,8	175,8	0,788	69,34	4,65	64,69
2,00	5,54	430,3	175,4	0,792	69,5	4,61	64,89
3,00	5,63	431,2	175,2	0,779	66,98	4,59	62,39
4,00	5,59	430,4	175,3	0,781	65,74	4,68	61,06
5,00	5,63	430,3	175,9	0,793	65,55	4,65	60,9
6,00	5,66	430,3	176,8	0,805	59,61	4,64	54,97
7,00	5,67	431,8	176	0,793	59,67	4,63	55,04
8,00	5,73	433,2	176,9	0,803	72,46	4,6	67,86
9,00	5,69	434,4	176,6	0,802	71,45	4,62	66,83
10,00	5,6	434,5	176,6	0,796	64,33	4,63	59,7
11,00	5,6	434,1	177,2	0,809	74,54	4,58	69,96
12,00	5,65	434,2	177	0,803	73,18	4,63	68,55
13,00	5,66	432,9	176,7	0,806	72,45	4,57	67,88
14,00	5,67	434,5	176,3	0,798	75,88	4,54	71,34
15,00	5,74	434,4	174,2	0,8	74,82	4,6	70,22
16,00	5,75	435,2	177,2	0,802	75,43	4,56	70,87
17,00	5,69	434,3	175	0,787	70,84	4,62	66,22
18,00	5,74	434,1	175,3	0,805	73,11	4,6	68,51
19,00	5,72	433	176,1	0,798	63,81	4,58	59,23
20,00	5,68	433,2	176,8	0,76	78,68	4,59	74,09
21,00	5,67	432,4	176,5	0,817	75,01	4,56	70,45
22,00	5,72	431,6	176,7	0,754	68,41	4,65	63,76
23,00	5,72	432,1	176	0,776	78,46	4,61	73,85
24,00	5,74	432,1	176,7	0,795	75,57	4,62	70,95
Rata-rata	5,67	432,721	176,2	0,793	70,618	4,609	66,009

### Lampiran 3

#### Data Operasi dari PLTU PT. Huayue Nickel Cobalt

##### Data 3

Jam	Tekanan Uap masuk (Mpa)	Suhu Uap Masuk (C)	Suhu Uap Keluar (C)	Tekanan Uap Keluar (Mpa)	Massa Uap Keluar (t/h)	Massa Air Pendingin (t/h)	Massa uap masuk (t/h)
1,00	5,72	431,6	176,7	0,806	70,71	4,61	66,1
2,00	5,64	432,3	174,1	0,752	77,98	4,66	73,32
3,00	5,74	432,2	176,7	0,802	75	4,67	70,33
4,00	5,75	432,1	174,6	0,766	76,58	4,69	71,89
5,00	5,73	431,8	175,8	0,75	74,58	4,62	69,96
6,00	5,78	431,4	175,1	0,78	64,68	4,64	60,04
7,00	5,75	431,5	176,9	0,807	63,15	4,65	58,5
8,00	5,67	431,8	176,5	0,8	73,56	4,63	68,93
9,00	5,77	432,6	176,7	0,809	69,76	4,59	65,17
10,00	5,56	428	170,3	0,688	58,13	4,61	53,52
11,00	5,58	429,6	170,6	0,676	57,32	4,58	52,74
12,00	5,65	433,5	176,3	0,787	75,52	4,57	70,95
13,00	5,67	433,6	176,6	0,792	75,21	4,62	70,59
14,00	5,72	433	174,8	0,757	73,94	4,52	69,42
15,00	5,71	431,5	176,5	0,795	73,92	4,59	69,33
16,00	5,73	432,5	174,6	0,758	72,4	4,61	67,79
17,00	5,7	430,8	175,2	0,771	74,4	4,6	69,8
18,00	5,76	430,5	174,8	0,767	72,99	4,61	68,38
19,00	5,72	431,4	176,9	0,82	62,32	4,59	57,73
20,00	5,73	431	175,3	0,772	64,74	4,65	60,09
21,00	5,77	430,5	176,1	0,791	78,62	4,61	74,01
22,00	5,69	430,4	175,6	0,783	75,3	4,6	70,7
23,00	5,66	430,8	174,5	0,763	73,78	4,6	69,18
24,00	5,74	430,8	174,8	0,77	72,97	4,63	68,34
Rata-rata	5,71	431,47	175,25	0,77	71,15	4,61	66,53



## Lampiran 4

### Data Operasi dari PLTU PT. Huayue Nickel Cobalt

#### Data 4

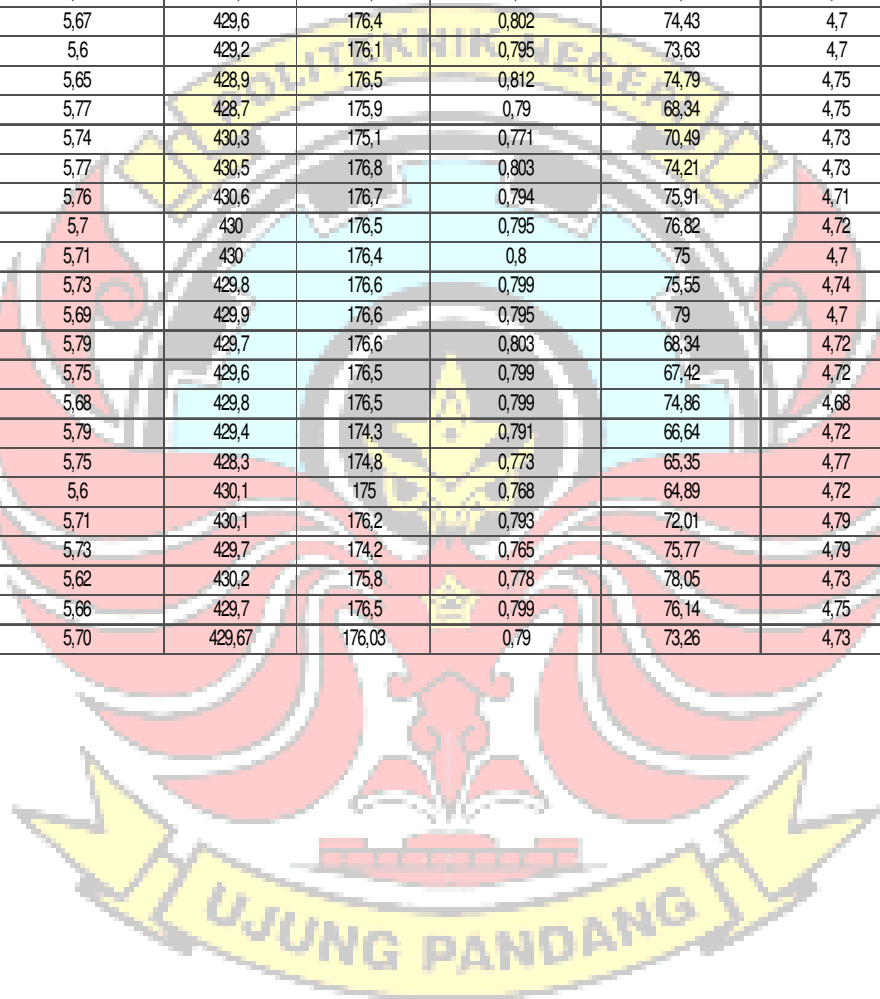
Jam	tekanan Uap masuk (Mpa)	Suhu Uap Masuk (C)	Suhu Uap Keluar (C)	tekanan Uap Keluar (Mpa)	Massa Uap Keluar (t/h)	Massa Air Pendingin (t/h)	Massa uap masuk (t/h)
1,00	5,66	429,5	176,9	0,811	70,95	4,58	66,37
2,00	5,57	428,9	176,6	0,803	75,42	4,61	70,81
3,00	5,65	428,7	176,6	0,805	71,78	4,63	67,15
4,00	5,62	429	177	0,811	75,01	4,65	70,36
5,00	5,56	428,3	176,2	0,795	78,62	4,69	73,93
6,00	5,7	429,5	176,5	0,803	74,72	4,76	69,96
7,00	5,77	430	175,7	0,784	66,12	4,68	61,44
8,00	5,68	429,3	176,1	0,792	71,29	4,65	66,64
9,00	5,67	429,7	178	0,823	76,74	4,67	72,07
10,00	5,66	430,3	175	0,762	74,69	4,6	70,09
11,00	5,66	433,1	175,8	0,773	72,13	4,65	67,48
12,00	5,65	430,8	177,5	0,818	80,37	4,65	75,72
13,00	5,7	430,6	175	0,77	77,2	4,7	72,5
14,00	5,69	429	176,4	0,796	78,94	4,64	74,3
15,00	5,65	426,3	176,1	0,786	75,26	4,67	70,59
16,00	5,75	427,3	174,8	0,785	73,19	4,75	68,44
17,00	5,74	428,1	176,5	0,794	70,39	4,74	65,65
18,00	5,76	428,9	175,2	0,772	75,62	4,76	70,86
19,00	5,77	427,9	175	0,788	63,48	4,73	58,75
20,00	5,72	429,1	176,2	0,789	71,79	4,7	67,09
21,00	5,7	429,5	175,7	0,8	75,18	4,74	70,44
22,00	5,7	429,1	176,5	0,786	75,15	4,7	70,45
23,00	5,65	429	176,6	0,807	74,61	4,67	69,94
24,00	5,73	429,9	176,4	0,768	78,75	4,72	74,03
Rata-rata	5,68	429,242	176,179	0,793	74,058	4,681	69,378

## Lampiran 5

### Data Operasi dari PLTU PT. Huayue Nickel Cobalt

#### Data 5

Jam	Tekanan Uap masuk (Mpa)	Suhu Uap Masuk (C)	Suhu Uap Keluar (C)	Tekanan Uap Keluar (Mpa)	Massa Uap Keluar (t/h)	Massa Air Pendingin (t/h)	Massa uap masuk (t/h)
1,00	5,69	429	176,1	0,789	76,26	4,74	71,52
2,00	5,69	429,5	176,2	0,796	78,18	4,78	73,4
3,00	5,66	429,5	176,5	0,8	76,07	4,74	71,33
4,00	5,67	429,6	176,4	0,802	74,43	4,7	69,73
5,00	5,6	429,2	176,1	0,795	73,63	4,7	68,93
6,00	5,65	428,9	176,5	0,812	74,79	4,75	70,04
7,00	5,77	428,7	175,9	0,79	68,34	4,75	63,59
8,00	5,74	430,3	175,1	0,771	70,49	4,73	65,76
9,00	5,77	430,5	176,8	0,803	74,21	4,73	69,48
10,00	5,76	430,6	176,7	0,794	75,91	4,71	71,2
11,00	5,7	430	176,5	0,795	76,82	4,72	72,1
12,00	5,71	430	176,4	0,8	75	4,7	70,3
13,00	5,73	429,8	176,6	0,799	75,55	4,74	70,81
14,00	5,69	429,9	176,6	0,795	79	4,7	74,3
15,00	5,79	429,7	176,6	0,803	68,34	4,72	63,62
16,00	5,75	429,6	176,5	0,799	67,42	4,72	62,7
17,00	5,68	429,8	176,5	0,799	74,86	4,68	70,18
18,00	5,79	429,4	174,3	0,791	66,64	4,72	61,92
19,00	5,75	428,3	174,8	0,773	65,35	4,77	60,58
20,00	5,6	430,1	175	0,768	64,89	4,72	60,17
21,00	5,71	430,1	176,2	0,793	72,01	4,79	67,22
22,00	5,73	429,7	174,2	0,765	75,77	4,79	70,98
23,00	5,62	430,2	175,8	0,778	78,05	4,73	73,32
24,00	5,66	429,7	176,5	0,799	76,14	4,75	71,39
Rata-rata	5,70	429,67	176,03	0,79	73,26	4,73	68,52



## Lampiran 6

### Data Operasi dari PLTU PT. Huayue Nickel Cobalt

#### Data 6

Jam	Tekanan Uap masuk (Mpa)	Suhu Uap Masuk (C)	Suhu Uap Keluar (C)	Tekanan Uap Keluar (Mpa)	Massa Uap Keluar (t/h)	Massa Air Pendingin (t/h)	Massa uap masuk (t/h)
1,00	5,66	430,2	176,1	0,795	78,2	4,75	73,45
2,00	5,74	430,2	176,9	0,811	78,35	4,74	73,61
3,00	5,66	424,8	176	0,8	78,44	4,7	73,74
4,00	5,57	428,1	175,6	0,792	78,39	4,77	73,62
5,00	5,68	430	175,1	0,786	80,91	4,73	76,18
6,00	5,77	429,9	174,6	0,771	66,43	4,79	61,64
7,00	5,68	429,7	177,2	0,822	62,87	4,73	58,14
8,00	5,67	431,2	175,7	0,789	69,92	4,7	65,22
9,00	5,71	432,9	176,5	0,809	65	4,71	60,29
10,00	5,65	432,7	176,2	0,796	76,21	4,76	71,45
11,00	5,67	434	175,5	0,779	78,14	4,72	73,42
12,00	5,68	432,6	176,7	0,802	74,99	4,75	70,24
13,00	5,72	432,5	176,4	0,8	67,41	4,74	62,67
14,00	5,66	433,1	176	0,792	61,45	4,72	56,73
15,00	5,7	432,5	176,9	0,809	73,96	4,72	69,24
16,00	5,68	432,2	176,4	0,778	65,97	4,74	61,23
17,00	5,67	432,6	176,3	0,796	73,33	4,71	68,62
18,00	5,71	431,8	176,9	0,8	65,16	4,74	60,42
19,00	5,81	432,2	176,2	0,795	64,44	4,77	59,67
20,00	5,64	432,3	175,9	0,801	67,43	4,74	62,69
21,00	5,62	432,3	176,4	0,796	71,19	4,73	66,46
22,00	5,67	431,7	176	0,798	78,24	4,77	73,47
23,00	5,64	431,3	176,3	0,807	76,83	4,73	72,1
24,00	5,73	430,7	176,7	0,796	77,28	4,75	72,53
Rata-rata	5,683	431,313	176,188	0,797	72,106	4,738	67,368

## Lampiran 7

### Data Operasi dari PLTU PT. Huayue Nickel Cobalt

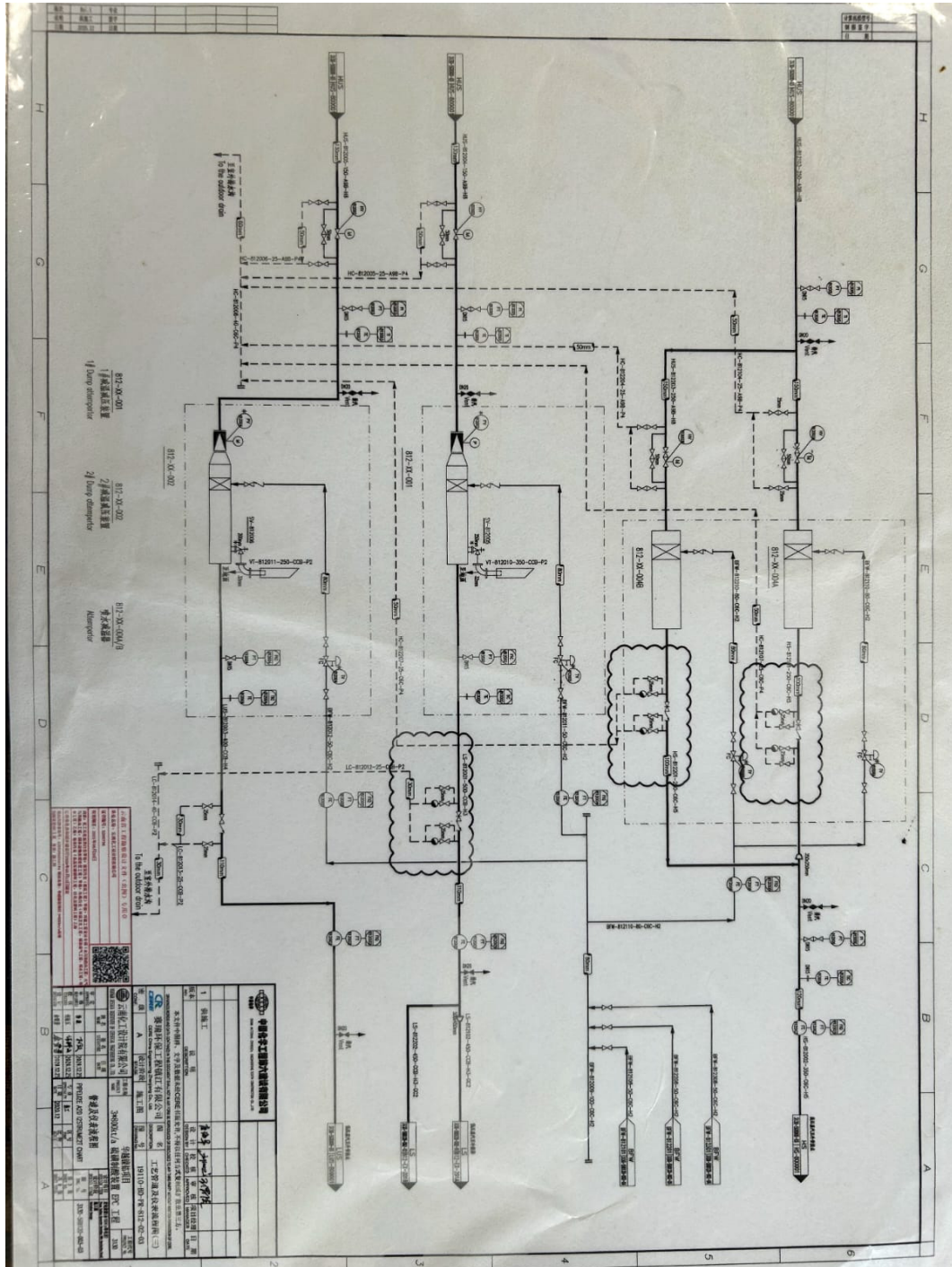
#### Data 7

Jam	Tekanan Uap masuk (Mpa)	Suhu Uap Masuk (C)	Suhu Uap Keluar (C)	Tekanan Uap Keluar (Mpa)	Massa Uap Keluar (t/h)	Massa Air Pendingin (t/h)	Massa uap masuk (t/h)
1,00	5,73	431,1	176,7	0,806	77,79	4,76	73,03
2,00	5,69	431,5	176	0,792	76,71	4,77	71,94
3,00	5,62	431,3	176,3	0,796	77,06	4,8	72,26
4,00	5,7	431,1	176,6	0,803	76,29	4,77	71,52
5,00	5,6	430,5	176,6	0,802	76,2	4,75	71,45
6,00	5,63	430,6	176,2	0,81	68,93	4,73	64,2
7,00	5,74	430,9	175,2	0,783	72,86	4,73	68,13
8,00	5,72	431,7	176,4	0,803	73,34	4,75	68,59
9,00	6,7	431,7	176,7	0,801	71,46	4,75	66,71
10,00	5,63	431,1	176,5	0,796	73,97	4,77	69,2
11,00	5,55	430,6	176,3	0,793	74,35	4,74	69,61
12,00	5,63	431,7	176,2	0,789	74,77	4,77	70
13,00	5,57	430,8	176,3	0,791	72,95	4,79	68,16
14,00	5,71	432,1	176,2	0,793	72,5	4,73	67,77
15,00	5,64	431,8	176,2	0,791	74,22	4,74	69,48
16,00	5,7	431,5	177,7	0,804	72,3	4,8	67,5
17,00	5,67	432	176,2	0,799	74,89	4,72	70,17
18,00	5,7	431	176	0,8	69	4,79	64,21
19,00	5,71	427,1	177,5	0,825	62,28	4,75	57,53
20,00	5,69	429,8	175,7	0,784	69,22	4,76	64,46
21,00	5,71	429,4	176,2	0,798	67,07	4,82	62,25
22,00	5,7	429,3	176,2	0,784	75,04	4,84	70,2
23,00	5,61	429,3	175,7	0,784	69,47	4,76	64,71
24,00	5,69	429,6	176,1	0,821	68,46	4,78	63,68
Rata-rata	5,710	430,729	176,321	0,798	72,547	4,765	67,782



Lampiran 8

Skema Desuperheater PT. Huayue Nickel Cobalt



Lampiran 9

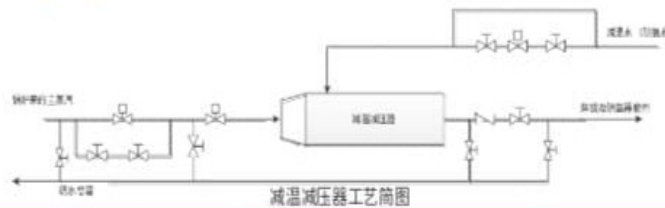
Data desain Desuperheater PT. Huayue Nickel Cobalt

- Massa uap masuk

03 Desuperheater dan peredam tekanan



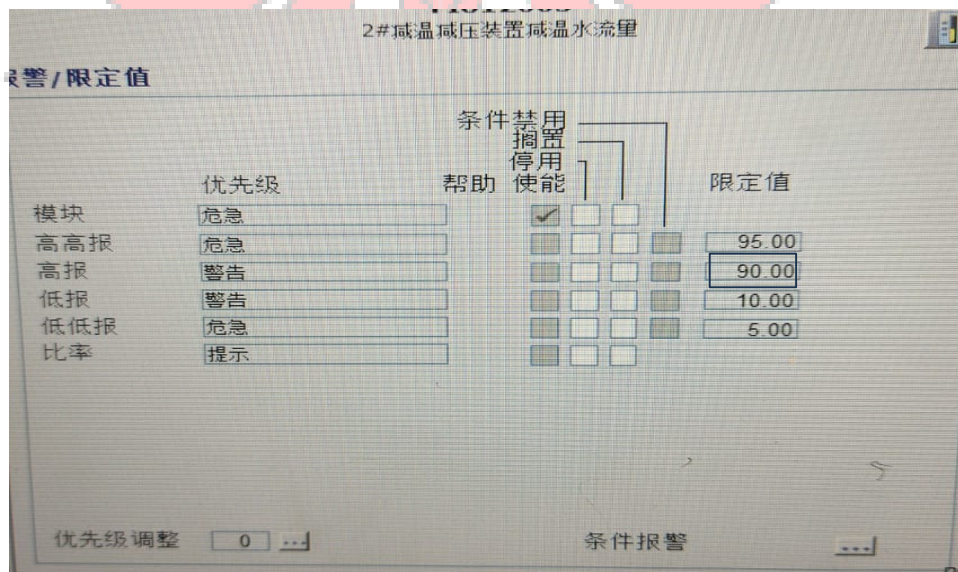
3.1 Pengenalan perangkat



Prinsip: semprot air untuk mendinginkan, throttle untuk mengurangi tekanan.  
 1# parameter peralatan pengurangan suhu dan tekanan: aliran uap/debit uap: 100t/jam; uap masuk: 6.1MPa, saluran masuk 435 °C; uap keluar: 0.7MPa, 165 °C; air desuperheating: 9MPa, 135 °C;  
 Fungsi: mengurangi suhu dan tekanan untuk menyediakan uap yang memenuhi syarat untuk digunakan kembali  
 2# parameter peralatan pengurangan suhu dan pengurangan tekanan: aliran uap/debit uap: 70t/jam; uap masuk: 6.1MPa, saluran masuk 435 °C; uap keluar: 0.9MPa, 238 °C; air desuperheating: 9MPa, 135 °C;  
 Fungsi: Menyediakan uap yang memenuhi syarat untuk likuisasi sulfur dan deaerator  
 Parameter peralatan desuperheating dan dekomresi sekunder/#2: aliran uap: 100t/jam; uap masuk: 0,6MPa, saluran masuk 165 °C; uap keluar: 0,02MPa, 60 °C; air desuperheating: 0,78MPa, 50 °C;  
 Fungsi: Menyediakan air yang memenuhi syarat untuk kondensator untuk penggunaannya

奋进2021 诚信 创新 责任 学习 激情

- Massa uap keluar



- Massa air pendingin masuk

详细信息

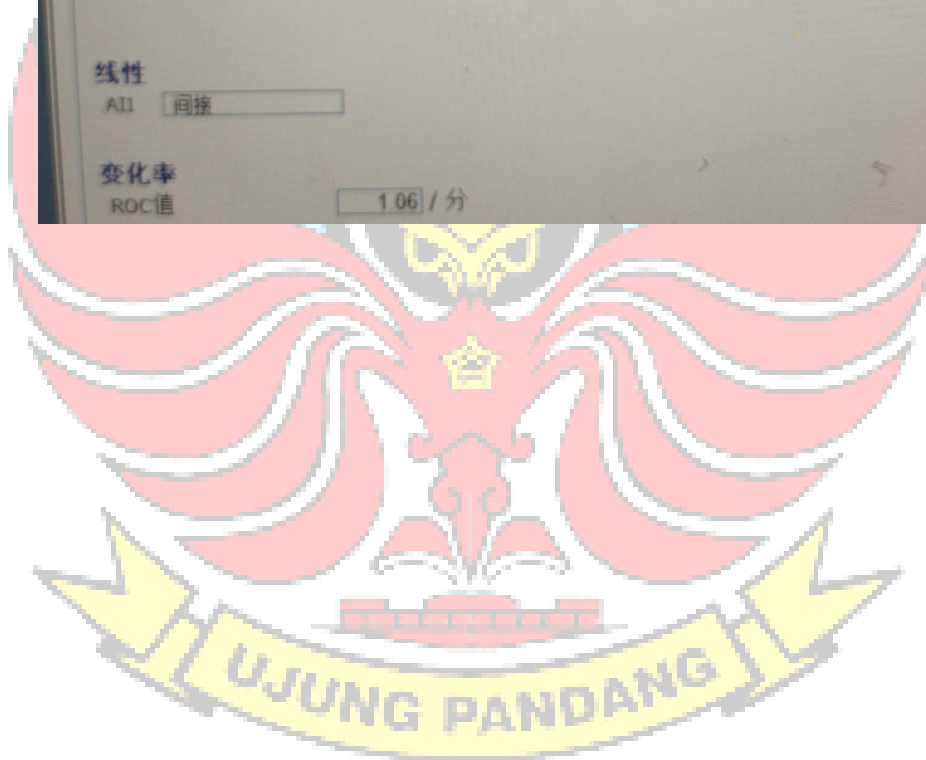
F1812005  
2#减温减压装置减温水流量

I/O

仿真	现场值	仿真使能	仿真值(PV)	EU0	EU100	单位
AI1	19.1	<input type="checkbox"/>	3.44	0.00	18.00	t/h

线性  
AI1

变化率  
ROC值



Lampiran 9

Steam table

Temp Fahr t	Lb per Sq In p	Sat. Liquid v <sub>f</sub>	Evap v <sub>fg</sub>	Sat. Vapor v <sub>g</sub>	Sat. Liquid h <sub>f</sub>	Evap h <sub>fg</sub>	Sat. Vapor h <sub>g</sub>	Sat. Liquid s <sub>f</sub>	Evap s <sub>fg</sub>	Sat. Vapor s <sub>g</sub>	Temp Fahr t
180.0	7.5110	0.016510	50.21	50.22	148.00	990.2	1138.2	0.2631	1.5480	1.8111	180.0
182.0	7.890	0.016522	48.172	48.189	150.01	989.0	1139.0	0.2662	1.5413	1.8075	182.0
184.0	8.203	0.016534	46.232	46.249	152.01	987.8	1139.8	0.2694	1.5346	1.8040	184.0
186.0	8.568	0.016547	44.383	44.400	154.02	986.5	1140.5	0.2725	1.5279	1.8004	186.0
188.0	8.947	0.016559	42.621	42.638	156.03	985.3	1141.3	0.2756	1.5213	1.7969	188.0
190.0	9.340	0.016572	40.941	40.957	158.04	984.1	1142.1	0.2787	1.5148	1.7934	190.0
192.0	9.747	0.016585	39.337	39.354	160.05	982.8	1142.9	0.2818	1.5082	1.7900	192.0
194.0	10.168	0.016598	37.808	37.824	162.05	981.6	1143.7	0.2848	1.5017	1.7865	194.0
196.0	10.605	0.016611	36.348	36.364	164.06	980.4	1144.4	0.2879	1.4952	1.7831	196.0
198.0	11.058	0.016624	34.954	34.970	166.06	979.1	1145.2	0.2910	1.4888	1.7798	198.0
200.0	11.526	0.016637	33.622	33.639	168.09	977.9	1146.0	0.2940	1.4824	1.7764	200.0
204.0	12.512	0.016664	31.135	31.151	172.11	975.4	1147.5	0.3001	1.4697	1.7698	204.0
208.0	13.568	0.016691	28.862	28.878	176.14	972.8	1149.0	0.3061	1.4571	1.7632	208.0
212.0	14.696	0.016719	26.782	26.799	180.17	970.3	1150.5	0.3121	1.4447	1.7566	212.0
216.0	15.901	0.016747	24.878	24.894	184.20	967.8	1152.0	0.3181	1.4323	1.7500	216.0
220.0	17.186	0.016775	23.131	23.148	188.23	965.2	1153.4	0.3241	1.4201	1.7442	220.0
224.0	18.556	0.016805	21.529	21.545	192.27	962.6	1154.9	0.3300	1.4081	1.7380	224.0
228.0	20.015	0.016834	20.056	20.073	196.31	960.0	1156.3	0.3359	1.3961	1.7320	228.0
232.0	21.567	0.016864	18.701	18.718	200.35	957.4	1157.8	0.3417	1.3842	1.7260	232.0
236.0	23.216	0.016895	17.454	17.471	204.40	954.8	1159.2	0.3476	1.3725	1.7201	236.0
240.0	24.968	0.016926	16.304	16.321	208.45	952.1	1160.6	0.3533	1.3609	1.7142	240.0
244.0	26.826	0.016958	15.243	15.260	212.50	949.5	1162.0	0.3591	1.3494	1.7085	244.0
248.0	28.796	0.016990	14.264	14.281	216.56	946.8	1163.4	0.3649	1.3379	1.7028	248.0
252.0	30.883	0.017022	13.358	13.375	220.62	944.1	1164.7	0.3706	1.3266	1.6972	252.0
256.0	33.091	0.017055	12.520	12.538	224.69	941.4	1166.1	0.3763	1.3154	1.6917	256.0
260.0	35.427	0.017089	11.745	11.762	228.76	938.6	1167.4	0.3819	1.3043	1.6862	260.0
264.0	37.894	0.017123	11.025	11.042	232.83	935.9	1168.7	0.3875	1.2933	1.6808	264.0
268.0	40.500	0.017157	10.358	10.375	236.91	933.1	1170.0	0.3932	1.2823	1.6755	268.0
272.0	43.249	0.017193	9.738	9.755	240.99	930.3	1171.3	0.3987	1.2715	1.6702	272.0
276.0	46.147	0.017228	9.162	9.180	245.08	927.5	1172.5	0.4043	1.2607	1.6650	276.0
280.0	49.200	0.017264	8.627	8.644	249.17	924.6	1173.8	0.4098	1.2501	1.6599	280.0
284.0	52.414	0.017300	8.1280	8.1453	253.3	921.7	1175.0	0.4154	1.2395	1.6548	284.0
288.0	55.795	0.01734	7.6634	7.6807	257.4	918.8	1176.2	0.4208	1.2290	1.6498	288.0
292.0	59.350	0.01738	7.2301	7.2475	261.5	915.9	1177.4	0.4263	1.2186	1.6449	292.0
296.0	63.084	0.01741	6.8299	6.8473	265.6	913.0	1178.6	0.4317	1.2082	1.6400	296.0
300.0	67.005	0.01745	6.4483	6.4658	269.7	910.0	1179.7	0.4372	1.1979	1.6351	300.0
304.0	71.119	0.01749	6.0855	6.1130	273.8	907.0	1180.9	0.4426	1.1877	1.6303	304.0
308.0	75.433	0.01753	5.7655	5.7830	278.0	904.0	1182.0	0.4479	1.1776	1.6256	308.0
312.0	79.953	0.01757	5.4866	5.4742	282.1	901.0	1183.1	0.4533	1.1676	1.6209	312.0
316.0	84.688	0.01761	5.1673	5.1849	286.3	897.9	1184.1	0.4586	1.1576	1.6162	316.0
320.0	89.643	0.01766	4.8961	4.9138	290.4	894.8	1185.2	0.4640	1.1477	1.6116	320.0
324.0	94.826	0.01770	4.5418	4.5595	294.6	891.6	1186.2	0.4692	1.1378	1.6071	324.0
328.0	100.245	0.01774	4.2030	4.2208	298.7	888.5	1187.2	0.4745	1.1280	1.6025	328.0
332.0	105.907	0.01779	4.1788	4.1966	302.9	885.3	1188.2	0.4798	1.1183	1.5981	332.0
336.0	111.820	0.01783	3.9681	3.9859	307.1	882.1	1189.1	0.4850	1.1086	1.5936	336.0
340.0	117.992	0.01787	3.7699	3.7878	311.3	878.8	1190.1	0.4902	1.0990	1.5892	340.0
344.0	124.430	0.01792	3.5834	3.6013	315.5	875.5	1191.0	0.4954	1.0894	1.5849	344.0
348.0	131.140	0.01797	3.4078	3.4258	319.7	872.2	1191.1	0.5006	1.0799	1.5806	348.0
352.0	138.138	0.01801	3.2423	3.2603	323.9	868.9	1192.7	0.5058	1.0705	1.5763	352.0
356.0	145.424	0.01806	3.0863	3.1044	328.1	865.5	1193.6	0.5110	1.0611	1.5721	356.0
360.0	153.010	0.01811	2.9392	2.9573	332.3	862.1	1194.4	0.5161	1.0517	1.5678	360.0
364.0	160.903	0.01816	2.8002	2.8184	336.5	858.6	1195.2	0.5212	1.0424	1.5637	364.0
368.0	169.113	0.01821	2.6691	2.6873	340.8	855.1	1195.9	0.5263	1.0332	1.5595	368.0
372.0	177.648	0.01826	2.5451	2.5633	345.0	851.6	1196.7	0.5314	1.0240	1.5554	372.0
376.0	186.517	0.01831	2.4279	2.4462	349.3	848.1	1197.4	0.5365	1.0148	1.5513	376.0
380.0	195.729	0.01836	2.3170	2.3353	353.6	844.5	1198.0	0.5416	1.0057	1.5473	380.0
384.0	205.294	0.01842	2.2120	2.2304	357.9	840.8	1198.7	0.5466	0.9966	1.5432	384.0
388.0	215.220	0.01847	2.1126	2.1311	362.2	837.2	1199.3	0.5516	0.9876	1.5392	388.0
392.0	225.516	0.01853	2.0184	2.0369	366.5	833.4	1199.9	0.5567	0.9786	1.5352	392.0
396.0	236.193	0.01858	1.9291	1.9477	370.8	829.7	1200.4	0.5617	0.9696	1.5313	396.0
400.0	247.259	0.01864	1.8444	1.8630	375.1	825.9	1201.0	0.5667	0.9607	1.5274	400.0
404.0	258.725	0.01870	1.7640	1.7827	379.4	822.0	1201.5	0.5717	0.9518	1.5234	404.0
408.0	270.600	0.01875	1.6877	1.7064	383.8	818.2	1201.9	0.5766	0.9429	1.5195	408.0
412.0	282.894	0.01881	1.6152	1.6340	388.1	814.2	1202.4	0.5816	0.9341	1.5157	412.0
416.0	295.617	0.01887	1.5463	1.5651	392.5	810.2	1202.8	0.5866	0.9253	1.5118	416.0
420.0	308.780	0.01894	1.4808	1.4997	396.9	806.2	1203.1	0.5915	0.9165	1.5080	420.0
424.0	322.391	0.01900	1.4184	1.4374	401.3	802.2	1203.5	0.5964	0.9077	1.5042	424.0
428.0	336.463	0.01906	1.3591	1.3782	405.7	798.0	1203.7	0.6014	0.8990	1.5004	428.0
432.0	351.00	0.01913	1.3026	1.3217	410.1	793.9	1204.0	0.6063	0.8903	1.4966	432.0
436.0	366.03	0.01919	1.2488	1.2680	414.6	789.7	1204.2	0.6112	0.8816	1.4928	436.0
440.0	381.54	0.01926	1.19761	1.21687	419.0	785.4	1204.4	0.6161	0.8729	1.4890	440.0
444.0	397.56	0.01933	1.14874	1.16806	423.5	781.1	1204.6	0.6210	0.8643	1.4853	444.0
448.0	414.09	0.01940	1.10212	1.12152	428.0	776.7	1204.7	0.6259	0.8557	1.4815	448.0
452.0	431.14	0.01947	1.05764	1.07711	432.5	772.3	1204.8	0.6308	0.8471	1.4778	452.0
456.0	448.73	0.01954	1.01518	1.03472	437.0	767.8	1204.8	0.6356	0.8385	1.4741	456.0







## LEMBAR REVISI JUDUL TUGAS AKHIR

Nama : Zulkarnain Yusuf

NIM : 34221026

### Catatan Daftar Revisi Penguji :

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	Sukma Abadi ST, MT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kesimpulan diperbaiki</li> <li>- Tambahkan grafik suhu &amp; tekanan</li> <li>- Persamaan (2.2) diperbaiki</li> <li>- Oh desain &amp; Aktual di bedakan persamaan</li> <li>- Oh dibedakan persamaan antara desain &amp; Aktual.</li> <li>- Tabel 4.1 &amp; 4.2 ditambahkan</li> <li>- Massa uap &amp; Tabel 4.1 &amp; 4.2 Ton/h. (Tapi ts diganti kg/s).</li> <li>- Hcl. 23 tambahkan ket tambahkan</li> </ul>	<p>14/08/24</p> 
2.	Nur Rahmah H. Anwar, ST, MT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gambar 3.2, simbol Turbin diperbaiki</li> <li>- Perbaiki Daftar Pustaka</li> </ul>	<p>14/08/2024</p> 
3.	Prof. A.M. Shiddiq Yuus, PhD	<ul style="list-style-type: none"> <li>- satuan dan kumy setiap Tabel.</li> <li>- Cari standar - fisicus Desuperheater</li> </ul>	<p>14/08/24</p> 
4.	Yiyin Klistafani ST, MT - Ringkasan ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Flowchart diperbaiki</li> <li>- Revisi detail ada di coretan di lembar TA</li> <li>- Revisi rumusan masalah</li> <li>- Simbol qur 3.2 di perbaiki</li> <li>- Daftar Pustaka di perbaiki</li> </ul>	 <p>14/08/24</p>

Makassar, 08 Agustus 2024

Ketua Ujian Sidang,



Yiyin Klistafani, S.T., M.T.

NIP 199005172015042001