

**ANALISA HEADLOSS PADA DISTRIBUSI MAKE-UP WATER DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRESSURE DROP DARCY-WEISBACH  
DAN HAZEN WILLIAMS DI PT. PULP & PAPER**



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK3  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2023

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISA *HEADLOSS* PADA DISTRIBUSI *MAKE-UP WATER* DENGAN  
MENGUNAKAN *METODE PRESSURE DROP DARCY-WEISBACH*  
DAN *HAZEN WILLIAMS* DI PT. PULP & PAPER



Disusun oleh:

Nama : Joko Saputra, A.Md  
NIM : 41319120132  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
JUNI 2023

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISA HEADLOSS PADA DISTRIBUSI MAKE-UP WATER DENGAN  
MENGUNAKAN METODE PRESSURE DROP DARCY-WEISBACH DAN  
HAZEN WILLIAMS DI PT. PULP & PAPER**

Disusun oleh :

Nama : Joko Saputra, A.Md

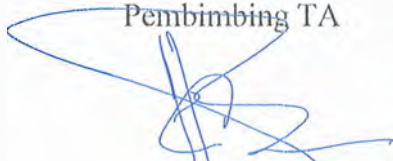
NIM : 41319120132

Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal: 15 Juni 2023

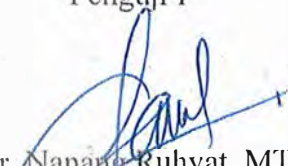
Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA



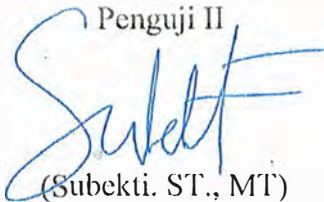
(Henry Carles. ST., MT)  
NIP. 0301087304

Penguji I



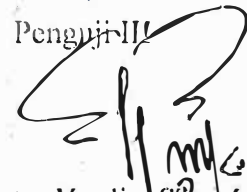
(Dr. Nanang Ruhyat, MT)  
NIP. 101730256

Penguji II



(Subekti. ST., MT)  
NIP. 118730612

Penguji III



(Rikko Putra Youlia, ST., M.Eng)  
NIP. 120930671

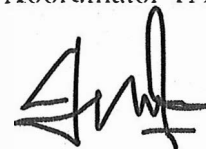
Mengetahui,

Ka.Prodi Teknik Mesin



(Dr. Eng. Imam Hidayat, ST,MT,)  
NIP. 112750348

Koordinator TA



(Gilang Awan Yudistira, ST., MT)  
NIP. 221900211

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Joko Saputra, A.Md

NIM : 41319120132

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : *ANALISA HEADLOSS PADA DISTRIBUSI MAKE-UP WATER DENGAN MENGGUNAKAN METODE PRESSURE DROP DARCY-WEISBACH DAN HAZEN WILLIAMS DI PT. PULP & PAPER*

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Jakarta, 15 Juni 2023



Joko Saputra, A.Md

## PENGHARGAAN



Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya dan memberikan kekuatan kepada penulis selama menyusun laporan tugas akhir ini sebagai pemenuhan salah satu syarat kelulusan di Universitas Mercu Buana dengan judul “ANALISA *HEADLOSS* PADA *DISTRIBUSI MAKE-UP WATER* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *PRESSURE DROP DARCY-WEISBACH* DAN *HAZEN WILLIAMS* DI PT. PULP & PAPER”. Dalam penyusunan laporan ini, penulis banyak mendapatkan pengarahan, bimbingan, dan mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Andi Adriansyah, M.Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Ibu Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, S.TP, MT selaku Dekan Fakultas Teknik.
3. Bapak Dr. Eng. Imam Hidayat, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin.
4. Bapak Gilang Awan Yudhistira, S.T, M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin.
5. Bapak Henry Carles ST., MT. Selaku Pembimbing Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana yang telah memberikan masukan, waktu dan persetujuan dalam penyusunan dan penyelesaian laporan ini.
6. Dosen dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
7. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang selalu mendukung dan memotivasi selama menempuh pendidikan di Universitas Mercu Buana.
8. Istri tercinta Wiwik Handayani S. Kep., dan putra ku tersayang Muhammad Albiansyah Al Akwa (7♥) dan Ibrahim Arzanka Al Fariz (6♥).
9. Rekan-rekan sesama mahasiswa dan mahasiswi Universitas Mercu Buana yang telah memberikan dukungan untuk terus menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Semua pihak yang turut membantu secara langsung dan tidak, semoga Allah SWT membalas atas segala kebaikan, aamiin ya rabbal alamin.

Jakarta, 15 Juni 2023

(Joko Saputra A.Md)

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>ii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. TUJUAN PENELITIAN	2
1.4. MANFAAT	3
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	3
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1. PEMBANGKIT LISTRIK	5
2.2. KETEL UAP ( <i>BOILER</i> )	6
2.3. TURBIN UAP ( <i>STEAM TURBINE</i> )	8
2.4. <i>CONDENSOR</i>	9
2.5. <i>COOLING TOWER</i>	10
2.6. PEMIPAAN ( <i>PIPING SYSTEM</i> )	11
2.6.1. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan pipa	12
2.6.2. Komponen sistem perpipaan	13
2.6.3. Sambungan pipa ( <i>joint welded</i> )	17
2.6.4. Sambungan ( <i>Fitting</i> )	20
2.6.5. Katup ( <i>Valve</i> )	24

2.6.6.	Pemasangan pipa	26
2.6.7.	Sifat aliran fluida pada pipa	27
2.6.8.	Penurunan tekanan ( <i>headloss</i> )	30
2.7.	POMPA	35
<b>BAB III METODOLOGI</b>		<b>40</b>
3.1.	DIAGRAM ALIR	40
3.2.	SPEKIFIKASI <i>EQUIPMENT</i>	41
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>52</b>
4.1.	LOKASI PENELITIAN	52
4.2.	DATA LAPANGAN	53
4.3.	PERHITUNGAN	54
4.3.1.	<i>Reynold number</i>	54
4.3.2.	Perbedaan elevasi – <i>static headloss</i>	55
4.3.3.	<i>Hazen-Williams</i> – <i>major dynamic headloss</i>	58
4.3.4.	<i>Darcy-Weisbach</i> – <i>minor dynamic headloss</i>	59
4.3.5.	Tekanan hidrostatik (persamaan fisika) – <i>Static Headloss</i>	61
<b>BAB V PENUTUP</b>		<b>63</b>
5.1.	KESIMPULAN	63
5.2.	SARAN	64
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>65</b>
<b>LAMPIRAN</b>		<b>67</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Siklus <i>boiler</i>	6
Gambar 2.2. Skema siklus <i>rankine</i>	7
Gambar 2.3. Siklus <i>rankine</i> sederhana	7
Gambar 2.4. <i>Steam turbine generator</i>	9
Gambar 2.5. <i>Condensor</i>	11
Gambar 2.6. Tipe <i>cooling tower</i>	11
Gambar 2.7. Sistem Perpipaan	12
Gambar 2.8. Pipa las spiral ( <i>spiral welding pipe</i> )	14
Gambar 2.9. Pipa tanpa sambungan ( <i>seamless steel</i> )	14
Gambar 2.10. Pipa dilas ( <i>butt-welded pipe</i> )	15
Gambar 2.11. <i>Pipe diameter</i>	15
Gambar 2.12. <i>Pipe thickness</i>	16
Gambar 2.13. Sambungan pipa	18
Gambar 2.14. <i>Socket Welding Type Flange (SW)</i>	20
Gambar 2.15. <i>Fittings</i>	21
Gambar 2.16. Ukuran pusat ke ujung dari <i>long radius elbow</i>	21
Gambar 2.17. <i>Elbow welded fittings-flange chart</i>	22
Gambar 2.18. <i>Long radius and short radius elbows</i>	22
Gambar 2.19. Ukuran pusat ke ujung dari <i>short radius elbow</i>	22
Gambar 2.20. <i>Eccentric and concentric reducer</i>	23
Gambar 2.21. <i>Reducer welding fittings-flange chart</i>	24
Gambar 2.22. <i>45° elbow</i>	24
Gambar 2.23. <i>Elbow welded fittings-flange chart</i>	24
Gambar 2.24. <i>Gate Valve</i>	25
Gambar 2.25. <i>Butterfly Valve</i>	25
Gambar 2.26. Skema aliran fluida	26
Gambar 2.27. Klasifikasi Pompa	36
Gambar 2.28. Pompa sentrifugal	37
Gambar 2.29. Komponen Pompa Sentrifugal	38
Gambar 2.30. Jenis <i>Impeller</i> sesuai dengan kecepatan spesifiknya	38
Gambar 3.1. Diagram alir	40



<i>Gambar 3.2. Cooling tower</i>	43
<i>Gambar 3.3. Spesifikasi cooling tower induced draft type</i>	44
<i>Gambar 3.4. Water threatment plant</i>	45
<i>Gambar 3.5. Simple prosess demin water system</i>	47
<i>Gambar 3.6. Pump name plate</i>	49
<i>Gambar 3.7. Pump drawing</i>	51
<i>Gambar 4.1. Peta lokasi penelitian</i>	52
<i>Gambar 4.2. Section drawing make-up water demin plant.</i>	53
<i>Gambar 4.3. Section drawing make-up water cooling tower.</i>	54



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. <i>Carbon steel pipe wall thickness</i>	16
Tabel 2.2. <i>Steel pipe dimensions chart</i>	17
Tabel 2.3. Viskositas dinamis dan viskositas kinematic	29
Tabel 2.4. <i>Roughness material</i>	29
Tabel 2.5. Koefisien kekasaran untuk pipa baru	32
Tabel 2.6. <i>Friction losses in pipe fittings</i>	34
Tabel 3.1. <i>Boiler consumption</i>	42
Tabel 3.2. <i>Cooling water consumption</i>	43
Tabel 3.3. Spesifikasi <i>cooling tower induced draft type</i>	44
Tabel 3.4. <i>Pruduct water quality</i>	45
Tabel 3.5. <i>Raw water quality</i>	46
Tabel 3.6. <i>Pruduct water quality output</i>	47
Tabel 3.7. <i>Basic design</i>	48
Tabel 3.8. <i>Raw condensate quality</i>	48
Tabel 3.9. <i>Diameter suction dan discharge nozzle</i>	50
Tabel 4.1. <i>Consumption make-up water pada demin plant</i>	51
Tabel 4.2. <i>Circulation make-up water dan losess pada cooling tower</i>	52
Tabel 4.3. Spesifikasi <i>make-up water pipeline system</i>	53
Tabel 4.4. Pipa naik dan turun <i>demin plant</i>	54
Tabel 4.5. Pipa naik dan turun <i>Cooling tower</i>	55
Tabel 4.6. Panjang pipa <i>vertical demin plant dan cooling tower</i>	56
Tabel 4.7. <i>Friction losses in pipe fittings Demin plant</i>	57
Tabel 4.8. <i>Friction losses in pipe fittings cooling tower</i>	58

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
PULP & PAPER	Sebuah perusahaan
Q	Jumlah hasil <i>steam</i> (kg/jam) <i>Flow rate</i> (m <sup>3</sup> /h)
q	Jumlah konsumsi bahan bakar (kg/jam)
H <sub>g</sub>	<i>Enthalpy steam</i> jenuh (kkal/kg)
H <sub>f</sub>	<i>Enthalpy</i> air umpan (kkal/kg)
h <sub>f</sub>	Kehilangan tekanan (m)
GCV	Nilai panas kotor bahan bakar (kkal/kg)
THR	<i>Heat rate turbine</i>
m <sub>1</sub>	Laju aliran masa fluida (kg/s)
h	Perbedaan elevasi
h <sub>1</sub>	<i>Enthalpy steam out boiler</i> (kJ/kg)
h <sub>2</sub>	<i>Enthalpy water in boiler</i> (kJ/kg)
η	Efisiensi turbin (%)
ρ	<i>Density</i> fluida / massa jenis
V	Kecepatan aliran fluida (m/s)
μ	Viskositas dinamik
ν	Viskositas kinematic
Re	<i>Reynolds number</i>
ε	<i>Relative pipe roughness</i>
C	Koefisien pipa
L	Panjang pipa
D/d	Diameter pipa
ΔP <sub>f</sub>	Kehilangan tekanan (Pa)
f	<i>Friction factor</i>
g	Gaya gravitasi (m/s <sup>2</sup> )
N <sub>s</sub>	Putaran spesifik
H	<i>Head</i> pompa ( m )
N	Putaran pompa ( rpm )

## DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Ketereangan
PLTG	Pembangkit Listrik Tenaga Gas
PLTGU	Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap
PLTA	Pembangkit Listrik Tenaga Air
PLTU	Pembangkit Listrik Tenaga Uap
PLTN	Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir
PLTP	Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi
PLTS	Pembangkit Listrik Tenaga Surya
PLTB	Pembangkit Listrik Tenaga Bayu
CT	<i>Cooling Tower</i>
WTP	<i>Water Threatment Plan</i>



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA