



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**ANALISIS KINERJA *COOLING TOWER* UNIT 4 JENIS
MECHANICAL DRAFT COUNTERFLOW DI
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI
PT.XYZ**

SKRIPSI

Oleh :

Anisa Fajriah Antoro
NIM. 2202431023

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**ANALISIS KINERJA *COOLING TOWER* UNIT 4 JENIS
MECHANICAL DRAFT COUNTERFLOW DI
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI
PT.XYZ**

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Diploma IV Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi,
Jurusan Teknik Mesin

Oleh :

Anisa Fajriah Antoro
NIM. 2202431023

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

“Skripsi ini saya persembahkan untuk diri saya sendiri, orang tua dan teman-teman saya yang sudah memberi support selama saya mengerjakan skripsi”





Hak Cipta:

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

HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI

ANALISIS KINERJA *COOLING TOWER* UNIT 4 JENIS *MECHANICAL DRAFT COUNTERFLOW* DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI PT.XYZ

Oleh:

Anisa Fajriah Antoro

NIM. 2202431023

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T.

NIP. 196605191990031002

Pembimbing 2

Bayun Matsaany, S.Stat., M.Sc.

NIP. 199404212023212044

Kepala Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Arifia Ekayuliana, S.T., M.T.

NIP. 199107212018032001



Hak Cipta:

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

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

ANALISIS KINERJA *COOLING TOWER* UNIT 4 *JENIS MECHANICAL DRAFT COUNTERFLOW* DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI PT.XYZ

Oleh:

Anisa Fajriah Antoro

NIM. 2202431023

Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 7 Juli 2026 dan diterima persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Bayun Matsuany, S.Stat., M.Sc. NIP. 199404212023212044	Ketua		17/7 '26
2.	Prof. Dr. Tatun Hayatun Nufus, M.si. NIP. 196604161995122001	Anggota		17/7 '26
3.	Ahmad Bustomi, S.T., M.Tr.T. NIP. 199107252024061001	Anggota		17/7 '26

Depok 7 Juli 2026

Disarankan Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.

NIP. 197602252000121002



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anisa Fajriah Antoro
NIM : 2202431023
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 7 Juli 2026



Anisa Fajriah Antoro

NIM. 2202431023



Hak Cipta :

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

ANALISIS KINERJA *COOLING TOWER* UNIT 4 JENIS *MECHANICAL DRAFT COUNTERFLOW* DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI PT.XYZ

Anisa Fajriah Antoro¹, Cecep Slamet Abadi², Bayun Matsaany³

¹Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI, Depok, 16424

²Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email : anisa.fajriah.antoro.tm22@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRAK

Cooling tower adalah salah satu elemen krusial dalam Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) yang berfungsi untuk mengeluarkan panas dari air kondensat sehingga bisa digunakan kembali dalam proses kondensasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perbandingan efektivitas *cooling tower* sebelum dan sesudah dilakukan *Overhaul*, mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas, dan menganalisis dampak suhu lingkungan. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif komparatif dan analisis korelasi dengan data operasional *cooling tower* jenis *mechanical draft counterflow* di PT. XYZ yang dikumpulkan pada Agustus 2025 (sebelum *Overhaul*) dan Oktober 2025 (setelah *Overhaul*). Analisis dilakukan melalui perhitungan range, approach, efektivitas, dan *makeup water* berdasarkan neraca massa *cooling tower*, selanjutnya diuji menggunakan *Paired Sample t-Test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata efektivitas meningkat dari 77,61% menjadi 83,53% atau meningkat sebesar 5,92% setelah dilakukan *Overhaul*, bersamaan dengan penurunan estimasi kebutuhan *makeup water* yang menunjukkan berkurangnya kehilangan air pada sistem pendingin. Hasil uji statistik memperoleh nilai $p = 5,55 \times 10^{-20}$.

Kata kunci : *Cooling tower*, efektivitas, *Overhaul*, PLTP



Hak Cipta :

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

***PERFORMANCE ANALYSIS OF THE MECHANICAL DRAFT
COUNTERFLOW COOLING TOWER FOR UNIT 4 AT PT. XYZ
GEOTHERMAL POWER PLANT***

Anisa Fajriah Antoro¹, Cecep Slamet Abadi², Bayun Matsaany³

¹Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI, Depok, 16424

²Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email : anisa.fajriah.antoro.tm22@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRACT

A cooling tower is one of the crucial elements in a geothermal power plant (GPP) that serves to remove heat from condensate water so that it can be reused in the condensation process. The objectives of this study are to analyze a comparison of the cooling tower's effectiveness before and after an Overhaul , identify the factors that influence its effectiveness, and analyze the impact of ambient temperature. This study employs a comparative quantitative method and correlation analysis using operational data from a mechanical draft counterflow cooling tower at PT. XYZ, collected in August 2025 (before the Overhaul) and October 2025 (after the Overhaul). The analysis was conducted by calculating the range, approach, efficiency, and makeup water based on the cooling tower mass balance, which was then tested using a Paired Sample t-Test. The results show that the average efficiency increased from 77.61% to 83.53%—an increase of 5.92%—after the Overhaul , accompanied by a decrease in the estimated makeup water requirement, indicating reduced water loss in the cooling system. The statistical test yielded a p-value of 5.55×10^{-20} .

Keywords: Cooling tower, efficiency, Overhaul , geothermal power plant



Hak Cipta :

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

KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur, penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, berkah, dan anugerah-Nya yang memungkinkan penulis menyelesaikan skripsi berjudul ”Analisis Kinerja *Cooling tower* Unit 4 Jenis *Mechanical Draft Counterflow* di Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi PT. XYZ”. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Terapan di Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Politeknik Negeri Jakarta.

Proses penyusunan skripsi ini memberikan banyak pengalaman dan pengetahuan berharga bagi penulis, baik dari sisi akademis maupun dalam memahami kondisi nyata lingkungan industri. Berbagai rintangan yang muncul selama penulisan skripsi ini dapat diatasi berkat dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak.

Dengan kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang mendalam kepada:

1. Allah SWT. yang telah memberikan kesehatan, kekuatan, dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan doa, dukungan, motivasi, dan semangat selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi. Skripsi ini merupakan salah satu wujud dari doa, perjuangan, dan kasih sayang yang telah diberikan. Semoga Allah Swt. Membalas segala kebaikan dengan rahmat, kesehatan, dan kebahagiaan yang berlimpah.
3. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
4. Bapak Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Ibu Bayun Matsaany, S.Stat., M.Sc. selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan selama penulisan skripsi.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

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

6. Ibu Arifia Ekayuliana, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan bantuan arahan dalam penulisan skripsi ini.
7. Bapak Mohammad Rayhan Hidayat Tadjri selaku *Junior Engineer Maintenance Rotating* dan selaku mentor selama peneliti mengumpulkan data.
8. Bapak Jajang Yana, Bapak Yopi, dan Bapak Utep, serta semua anggota tim teknisi dan pelaksana *Maintenance Rotating Equipment*, juga tim operator CCR atas dukungan dan kerjasamanya selama proses pengumpulan data.
9. Bapak Iman Nur Fauzi selaku *operation* PLTP dan selaku mentor selama penelitian.
10. Ardelia Cahya Salsabila selaku sahabat penulis yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, doa, serta semangat selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih telah menemani setiap langkah, menjadi tempat berbagi suka dan duka, serta memberikan kekuatan ketika penulis menghadapi berbagai tantangan dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Secara khusus, saya menyampaikan terima kasih kepada seseorang yang selalu hadir dengan ketulusan, kesabaran, dan dukungannya. Terima kasih telah menjadi tempat berbagai cerita, memberikan semangat saat merasa lelah, dan meyakinkan saya untuk terus melangkah hingga skripsi ini dapat terselesaikan. Kehadiranmu menjadi bagian penting dalam perjalanan akademik ini.
12. Penulis juga menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan doa, dukungan, bantuan, motivasi, serta kontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung selama proses penyusunan skripsi ini. Meskipun tidak dapat disebutkan satu per satu, setiap kebaikan, perhatian, dan bantuan yang telah diberikan memiliki arti yang sangat besar bagi penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT.



Hak Cipta:

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

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih memiliki beberapa kelemahan dan belum sepenuhnya sempurna. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan masukan dan saran yang membangun untuk meningkatkan kualitas penelitian ini di masa mendatang. Penulis berharap bahwa karya ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan, serta dapat menjadi acuan bagi penelitian berikutnya.

Depok, 7 Juli 2026

Anisa Fajriah Antoro

NIM. 2202431023





Hak Cipta :

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

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematik Penulisan Skripsi.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Landasan Teori.....	7
2.1.1 <i>Cooling tower</i>	7
2.1.2 Prinsip Kerja <i>Cooling tower</i>	8
2.1.3 Jenis dan Tipe <i>Cooling tower</i>	9
2.1.4 Komponen <i>Cooling tower</i>	16
2.1.5 Spesifikasi <i>Cooling tower</i>	25
2.1.6 Pemeliharaan <i>Cooling tower</i>	25
2.1.7 Perhitungan <i>Range</i>	27
2.1.8 Perhitungan <i>Approach</i>	28
2.1.9 Perhitungan Efektivitas.....	29
2.1.10 <i>Evaporation loss</i> (We).....	29
2.1.11 <i>Drift Loss</i> (Wd).....	30
2.1.12 <i>Blowdown</i> (Wb).....	30



Hak Cipta :

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

2.1.13 <i>Makeup Water Cooling tower</i>	30
2.1.14 Hubungan Efektivitas <i>Cooling tower</i> Terhadap Efisiensi Pembangkit	31
2.1.15 Uji Validasi Data Menggunakan <i>Z-Score</i>	32
2.1.16 Uji Stabilitas Data Menggunakan <i>Coefficient of Variation (CV)</i>	32
2.2 Kajian Literatur.....	33
2.3 Kerangka Pemikiran	37
2.4 Hipotesis	38
BAB III METODE PENELITIAN.....	39
3.1 Jenis Penelitian	39
3.2 Diagram Alir Penelitian	41
3.3 Objek Penelitian.....	42
3.4 Metode Pengambilan Sampel	42
3.5 Jenis dan Sumber Penelitian	43
3.6 Metode Pengumpulan Data.....	43
3.7 Metode Analisis Data.....	45
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Hasil Penelitian	47
4.2 Hasil Perhitungan.....	49
4.2.1 Sebelum <i>Overhaul</i>	49
4.2.2 Sesudah <i>Overhaul</i>	49
4.3 Validasi Data	50
4.3.1 Validasi data menggunakan <i>t-Test</i>	50
4.3.2 Uji Validasi Data Menggunakan <i>Z-Score</i>	52
4.3.3 Uji stabilitas Data Menggunakan <i>Coefficient of Variation (CV)</i>	55
4.4 Hasil Grafik <i>Evaporation loss</i>	55
4.4.1 Hasil Perhitungan <i>Evaporation Loss</i> Sebelum <i>Overhaul</i>	57
4.4.2 Hasil Perhitungan <i>Evaporation Loss</i> Sesudah <i>Overhaul</i>	57
4.5 Hasil Grafik <i>Drift Loss (Wd)</i>	57
4.5.1 Hasil Perhitungan <i>Drift Loss</i> Sebelum <i>Overhaul</i>	59
4.5.2 Hasil perhitungan <i>Drift Loss</i> Sesudah <i>Overhaul</i>	59
4.6 Hasil Grafik <i>Blowdown (Wb)</i>	59
4.6.1 Hasil Perhitungan <i>Blowdown</i> Sebelum <i>Overhaul</i>	61
4.6.2 Hasil Perhitungan <i>Blowdown</i> Sesudah <i>Overhaul</i>	61
4.7 Hasil Grafik <i>Makeup Water</i>	61



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

4.7.1 Hasil Perhitungan Estimasi Kebutuhan <i>Makeup Water</i> Sebelum <i>Overhaul</i>	63
4.7.2 Hasil Perhitungan Estimasi Kebutuhan <i>Makeup Water</i> Sesudah <i>Overhaul</i>	63
4.8 Pembahasan	63
4.8.1 Faktor yang memengaruhi efektivitas <i>cooling tower</i>	64
4.8.2 Kondisi <i>Fill Pack</i>	65
4.8.3 Kondisi <i>Fan Blade</i>	66
4.8.4 Kondisi <i>alignment</i> pada <i>Shaft</i>	67
4.8.5 Korelasi <i>Ambient Temperature</i>	69
4.9 Hasil Korelasi Menggunakan Excel	70
BAB V PENUTUP	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	80

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi <i>Cooling tower</i>	25
Tabel 2. 2 Kriteria CV	33
Tabel 2. 3 Kajian Literatur	33
Tabel 4. 1 t-Test: Paired Two Sample for Means	50
Tabel 4. 2 Uji Validasi Z-Score Before <i>Overhaul</i>	52
Tabel 4. 3 Uji Validasi Z-Score After <i>Overhaul</i>	53
Tabel 4. 4 Hasil Uji Stabilitas CV	55
Tabel 4. 5 Korelasi Ambient Temperature	69
Tabel 4. 6 Hasil Uji Korelasi Menggunakan Excel.....	70
Tabel 4. 8 Interpretasi Korelasi	71

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip Kerja <i>Cooling tower</i>	8
Gambar 2. 2 Crossflow <i>Cooling tower</i>	10
Gambar 2. 3 Counterflow <i>Cooling tower</i>	11
Gambar 2. 4 Natural Draft <i>Cooling tower</i>	12
Gambar 2. 5 Mechanical Draft <i>Cooling tower</i>	13
Gambar 2. 6 Casing <i>Cooling tower</i>	17
Gambar 2. 7 Fan Blade <i>Cooling tower</i>	17
Gambar 2. 8 Gearbox <i>Cooling tower</i>	18
Gambar 2. 9 Motor <i>Cooling tower</i>	19
Gambar 2. 10 Drive Shaft <i>Cooling tower</i>	20
Gambar 2. 11 Drift Eliminators <i>Cooling tower</i>	20
Gambar 2. 12 Spray Nozzle <i>Cooling tower</i>	21
Gambar 2. 13 Fill Section <i>Cooling tower</i>	22
Gambar 2. 14 Splash Fill.....	23
Gambar 2. 15 Film Fill.....	23
Gambar 2. 16 Basin <i>Cooling tower</i>	24
Gambar 2. 17 Range dan Approach <i>Cooling tower</i>	27
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	41
Gambar 3. 2 Objek <i>Cooling tower</i>	42
Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Before dan After <i>Overhaul</i>	47
Gambar 4. 2 Grafik Evaporation Loss	56
Gambar 4. 3 Grafik Drift Loss	58
Gambar 4. 4 Grafik Blowdown.....	60
Gambar 4. 5 Grafik Makeup Water.....	62
Gambar 4. 6 Kondisi Fill Pack.....	66
Gambar 4. 7 Kondisi Fan Blade.....	67
Gambar 4. 8 Kondisi Alignment pada Shaft	68



Hak Cipta :

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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan terhadap energi listrik di Indonesia terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan jumlah penduduk, proses urbanisasi, dan laju industrialisasi yang cepat. Situasi ini mendorong pemerintah untuk menemukan cara dalam memenuhi kebutuhan energi secara berkelanjutan tanpa menambah ketergantungan pada sumber energi fosil yang semakin menipis dan berdampak buruk bagi lingkungan. Sumber energi fosil dikenal sebagai penyebab utama emisi karbon dioksida dan gas rumah kaca (GRK), yang mempercepat perubahan iklim di seluruh dunia dan mengancam kualitas lingkungan. Oleh karena itu, peralihan menuju energi terbarukan menjadi suatu hal yang sangat penting dan tidak hanya menjadi petunjuk dalam agenda pembangunan nasional, tetapi juga berpatokan pada komitmen global untuk mengurangi emisi karbon dan mendukung pencapaian tujuan *Sustainable development Goals* (SDGs). (Dwi Putri Bonita, Ake Wihadanto, 2025)

Menurut (Komarudin et al., 2021) Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) merupakan pembangkit listrik yang menggunakan energi terbarukan, karena bahan utama yang digunakan untuk memutar turbin adalah uap basah dari dalam bumi, maka tidak memerlukan bahan bakar untuk menghasilkan uap. Menurut (Indah Mustika Hazaar, 2024) salah satu komponen utama dalam sistem PLTP adalah *cooling tower*, yang berfungsi untuk mendinginkan air kondensat hasil kondensasi uap. Air yang telah didinginkan tersebut nantinya akan digunakan kembali untuk proses kondensasi uap di dalam kondensor. Proses pelepasan panas dilakukan dengan menyemprotkan air seperti pola hujan, di mana aliran massa udara dingin yang naik dipicu oleh kinerja kipas. Dengan demikian, kinerja akan



Hak Cipta :

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

terpengaruh oleh aliran air dan udara yang melalui *cooling tower*. (Suamir et al., 2018)

Sejumlah peneliti terdahulu telah menganalisis kinerja *cooling tower* di berbagai industri dan pembangkit listrik. Penelitian yang dilakukan oleh (Kulo et al., 2023) pada *cooling tower* unit 2 di PLTP Lahendong menunjukkan bahwa pelaksanaan *Overhaul* dapat meningkatkan efisiensi *cooling tower* dari 59% menjadi 63%. Temuan dari peneliti ini menunjukkan bahwa keadaan komponen serta kegiatan *Overhaul* mempunyai dampak terhadap peningkatan kinerja sistem pendinginan.

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh (Putirulan et al., 2024) tentang *natural draft cooling tower* di PPSDM Migas Cepu menunjukkan bahwa *cooling tower* memiliki efektivitas aktual sebesar 82,61%, kapasitas pendingin sebesar 2.417,94 kJ/s, dan kebutuhan *make up water* sebanyak 24,03 m³/jam. Penelitian ini menekankan bahwa efektivitas, kapasitas pendinginan, dan kebutuhan air pengganti adalah indikator penting dalam menilai performa *cooling tower*.

Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh (Reyhan, 2024) mengenai *cooling tower* jenis *mechanical draft counterflow* di PLTU PT X, menunjukkan bahwa efisiensi aktual *cooling tower* hanya mencapai sekitar 63% dari efisiensi yang dirancang, yaitu 70%. Penurunan kinerja ini disebabkan oleh kondisi *fan* yang mengalami korosi, yang dapat mengurangi aliran udara dan menurunkan kemampuan perpindahan panas. Penelitian ini juga menganalisis kebutuhan *make up water* dan kapasitas pendinginan sebagai parameter tambahan untuk menilai kinerja *cooling tower*.

Walaupun sudah banyak studi yang meneliti kinerja *cooling tower* dengan menggunakan parameter efektivitas, kapasitas pendinginan, dan kebutuhan *make up water*, sebagian besar penelitian tersebut hanya menilai kondisi operasi pada satu waktu tertentu atau membandingkan kinerja sebelum dan sesudah *Overhaul* tanpa melakukan analisis menyeluruh



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

mengenai faktor-faktor yang menyebabkan perubahan kinerja. Selain itu, penelitian yang secara khusus mengamati perubahan efektivitas *cooling tower* dalam dua kondisi yang berbeda, yaitu sebelum dan sesudah dilakukan *Overhaul*, dengan dukungan analisis statistik untuk mengevaluasi tingkat signifikansi perubahan kinerja, masih cukup jarang dilakukan.

Penelitian sebelumnya umumnya mengaplikasikan pendekatan perhitungan termodinamika dan analisis deskriptif untuk menilai kinerja *cooling tower*. Namun, kajian yang menggabungkan data operasional nyata, hasil inspeksi kondisi peralatan, dan analisis dampak *Overhaul* terhadap peningkatan efektivitas *cooling tower* secara kuantitatif masih terbatas. Informasi tersebut sangat penting untuk memastikan bahwa kegiatan *Overhaul* yang dilakukan dapat menghasilkan dampak yang signifikan pada peningkatan kinerja *cooling tower*.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kekurangan tersebut dengan menganalisis perbandingan efektivitas *cooling tower* sebelum dan sesudah dilakukan kegiatan *Overhaul* berdasarkan data aktual operasional. Selain menghitung tingkat efektivitas, penelitian ini juga melakukan pengujian statistik terhadap data yang diterima untuk menilai signifikansi perubahan kinerja setelah *Overhaul*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi kontribusi dalam mengevaluasi efektivitas program *Overhaul*, mendukung pengambilan keputusan dalam kegiatan pemeliharaan, serta menjadi referensi dalam upaya peningkatan keandalan dan efisiensi operasi *cooling tower* di sektor industri terutama pada pembangkit listrik tenaga panas bumi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perbandingan efektivitas *cooling tower* sebelum dan sesudah *Overhaul* ?
2. Apa saja yang memengaruhi efektivitas *cooling tower*?



Hak Cipta :

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

3. Apakah ambient temperatur memengaruhi efektivitas *cooling tower*?

1.3 Pertanyaan Penelitian

1. Apakah terdapat perbedaan efektivitas *cooling tower* sebelum dan sesudah *Overhaul* ?
2. Variabel operasional apa saja yang memengaruhi efektivitas *cooling tower*?
3. Sejauh mana ambient temperatur memengaruhi efektivitas *cooling tower*?

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menentukan nilai efektivitas *cooling tower* jenis *mechanical draft counterflow* di PLTP sebelum dan sesudah *Overhaul* .
2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi efektivitas *cooling tower*.
3. Menganalisis pengaruh *ambient temperature* terhadap efektivitas *cooling tower*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini meliputi :

1. Manfaat Bagi Mahasiswa, penelitian ini dapat menambah wawasan dan pemahaman mengenai kinerja serta efektivitas pada *cooling tower*, meningkatkan kemampuan dalam menganalisis data operasional dan faktor-faktor yang memengaruhi kinerja *cooling tower*, menjadi sarana penerapan ilmu yang diperoleh selama perkuliahan.
2. Manfaat Bagi Politeknik Negeri Jakarta, penelitian ini dapat menjadi referensi pembelajaran mengenai analisis kinerja *cooling tower* dan kegiatan *Overhaul* pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi,
3. Manfaat Bagi Perusahaan, penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai perubahan efektivitas *cooling tower* , menjadi



Hak Cipta :

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

dasar pertimbangan dalam perencanaan kegiatan pemeliharaan dan *Overhaul* , memberikan gambaran mengenai faktor-faktor yang memengaruhi efektivitas *cooling tower*.

1.6 Sistematik Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan skripsi sebagai berikut :

a) Bagian Awal

- 1) Halaman sampul
- 2) Halaman judul
- 3) Halaman persembahan
- 4) Halaman persetujuan
- 5) Halaman pengesahan
- 6) Halaman pernyataan orisinalitas
- 7) Abstrak dalam bahasa Indonesia
- 8) Abstrak dalam bahasa Inggris
- 9) Kata pengantar
- 10) Daftar isi
- 11) Daftar tabel
- 12) Daftar gambar
- 13) Daftar lampiran
- 14) Daftar istilah
- 15) Daftar notasi
- 16) Ringkasan

b) Bagian Isi

1) BAB I PENDAHULUAN

- 1.1. Latar Belakang Penulisan Skripsi
- 1.2. Rumusan Masalah Penulisan Skripsi
- 1.3. Pertanyaan Penelitian
- 1.4. Tujuan Penelitian
- 1.5. Manfaat Penelitian
- 1.6. Sistematika Penulisan Skripsi



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

2) BAB II TINJAUAN PUSTAKA

- 2.1 Landasan Teori
- 2.2 Kajian Literatur
- 2.3 Kerangka Pemikiran
- 2.4 Hipotesis

3) BAB III METODE PENELITIAN

- 3.1 Jenis Penelitian
- 3.2 Diagram Alir Penelitian
- 3.3 Objek Penelitian
- 3.4 Metode Pengambilan Sampel
- 3.5 Jenis dan Sumber Data Penelitian
- 3.6 Metode Pengumpulan Data
- 3.7 Metode Analisis Data

4) BAB IV PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

- 4.1 Hasil Penelitian
- 4.2 Pembahasan

5) BAB V PENUTUP

- 5.1 Kesimpulan
- 5.2 Saran

c) Bagian Akhir

- 1) Daftar Pustaka
- 2) Lampiran



Hak Cipta :

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

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis kinerja *cooling tower* jenis *mechanical draft counterflow* pada unit 4 PLTP sebelum dan sesudah *Overhaul* , maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai efektivitas *cooling tower* sebelum dilakukan *Overhaul* berada pada kisaran 75,94% hingga 80,93%, sedangkan efektivitas *cooling tower* sesudah *Overhaul* berada pada kisaran 81,27% hingga 85,32%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terjadi peningkatan efektivitas *cooling tower* sebesar 5,92% setelah dilakukan *Overhaul* . Hasil uji statistik menggunakan *paired sample t-Test* menunjukkan nilai *p-value* sebesar $5,55 \times 10^{-20}$ yang lebih kecil dari tingkat signifikansi 0,05. Nilai *t Stat* sebesar 21,86 juga lebih besar dibandingkan dengan *t Critical* sebesar 2,04. Dengan demikian, hipotesis komparatif H_0 ditolak dan H_1 diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara efektivitas *cooling tower* sebelum dan sesudah *Overhaul* .
2. Faktor-faktor yang memengaruhi kinerja *cooling tower* meliputi kondisi komponen internal seperti *fill pack*, *fan blade*, *nozzle*, *gearbox*, *drive shaft*, dan distribusi aliran udara serta air. Setelah dilakukan *Overhaul* menyeluruh, kondisi komponen menjadi lebih baik, sehingga proses perpindahan panas menjadi lebih efektif dan meningkatkan kemampuan *cooling tower* untuk menurunkan suhu air yang bersirkulasi.
3. *Ambient temperature* memiliki dampak pada efektivitas *cooling tower* karena memengaruhi mekanisme perpindahan panas antara air dan udara. Fluktuasi temperatur lingkungan dapat memengaruhi nilai *TWB* serta kemampuan udara dalam menyerap panas, sehingga dapat memengaruhi nilai *range*, *approach*, dan efektivitas dari *cooling tower*.

**Hak Cipta :**

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

5.2 Saran

1. Pemantauan terhadap parameter operasional dan kondisi lingkungan, seperti suhu air masuk, suhu air keluar, *TWB*, *TDB*, serta tingkat kelembapan udara harus dilakukan secara teratur. Pemantauan tersebut dapat dijadikan sebagai dasar untuk mengevaluasi kinerja *cooling tower* sehingga tindakan perbaikan dapat segera diambil jika terjadi penurunan efektivitas sistem pendingin.
2. Perusahaan disarankan untuk melakukan kegiatan *preventive maintenance* dan *Overhaul* secara berkala sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan, serta melakukan pemeriksaan berkala pada komponen utama *cooling tower* seperti *fill pack*, *fan blade*, *gearbox*, dan sistem distribusi air. Tindakan ini sangat penting untuk mempertahankan efektivitas pendinginan dan menghindari penurunan kinerja saat beroperasi.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

DAFTAR PUSTAKA

- Ahluriza, P., Harmoko, U., Energi, M., Pascasarjana, S., Diponegoro, U., & Email, P. A. (2025). *Analisis Pemanfaatan Tidak Langsung Potensi Energi Panas Bumi di Indonesia*. 2(1), 53–59. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11075>
- Apriyanto, A., Alrasyid, H. Z., & Prayitno, H. (2026). *Evaluasi Kinerja Cooling tower Tipe Counter Flow Mechanical Induced Draft pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (Studi Kasus: PT Pertamina Geothermal Energy (Tbk), Area Ulubelu, Unit 4)*. 7(February), 1–8.
- Azis, M., Albar, J., & Nuhardin, I. (2024). *Evaluasi Kinerja Cooling tower Type Induced Draft Counter Flow Pada Sirkulasi Air Jernih Industri Baja Performance Evaluation of Cooling tower Type Induced Draft Counter Flow in Steel Industry Clear Water Circulation counter flow pada sirkulasi air jernih industri baja agar dapat mengetahui efektifitas kinerja mesin dan memberikan informasi serta solusi bagi operasional kegiatan produksi*. 9(1), 1–10.
- Basunanda, A. R. and A. (2014). *Modifikasi Cooling tower Tipe Induced Draft Aliran Counterflow (Modification Induced Draft Cooling tower Type Flow Counter FLOW)*. 7–27.
- Berina Delalic-Gurda, Dzana Kadric, N. D. (2020). *Performance Characteristics of Mechanical Draft Cooling towers in Thermal Power Plant*. 1–12.
- Busono, P., & Pujiarta, S. (2020). *Analisa Kebutuhan Make Up Water Cooling tower RSG-Gas Pada Daya 30 MW Setelah Revitalisasi*. XVII(1).
- Chen, S., Liu, Z., He, X., Zou, D., & Zhou, D. (2024). *Multi-mode fault diagnosis datasets of gearbox under variable working conditions*. 54, 110453. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.110453>
- Corpart, M., Restagno, F., & Boulogne, F. (2023). *Measuring relative humidity from evaporation with a wet-bulb thermometer : the psychrometer*.



Hak Cipta :

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

- Darma, S., Imani, Y. L., Shidqi, M. N. A., Riyanto, T. D., & Daud, M. Y. (2021). *Country Update : The Fast Growth of Geothermal Energy Development in Indonesia*. 27, 1–9.
- Dwi Putri Bonita, Ake Wihadanto, E. R. (2025). *Analisis Keberlanjutan Pemanfaatan Energi Panas Bumi di Kawasan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Uhumbu Nusa Tenggara Timur*. 4(11), 3372–3388.
- Hensley, J. C. (2009). *Cooling tower Fundamentals*. 116.
- Indah Mustika Hazaar. (2024). Perancangan *Cooling tower* Unit 5 PT Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang. *Jurnal Teknik Energi*, 13(1), 43–46. <https://doi.org/10.35313/.v13i1.4097>
- Jammu, S. K., Sekhar, C., Heriyani, O., Mugisidi, D., Conditions, C., Chen, Y. L., & Shi, Y. F. (2019). *Experimental Study of The Performance Characteristic an Induced Draft Cooling tower with Variates Fillings Experimental Study of The Performance Characteristic an Induced Draft Cooling tower with Variates Fillings*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/462/1/012027>
- Jianping, C., Yali, W., Chunxiao, Z., & Xing, L. (2014). *Failure Analysis and Preventive Measures of Cooling tower Fan Gearbox*. 994, 3302–3305. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.989-994.3302>
- Komarudin, Saputro, A., & Suparto, K. (2021). Analisis Performa Main Cooling Water Pump Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (Pltp) Pt.X. *Jurnal Tera*, 1(2), 253–267. <https://doi.org/10.59832/jt.v1i2.87>
- Kulo, F. A., Palilingan, R. N., & Bujung, C. A. N. (2023). *Perbandingan Efisiensi Cooling tower Unit 2 PLTP Lahendong Sebelum dan Sesudah Overhaul*. 4(1), 22–29.
- Li, X., Li, Y., & Seem, J. E. (2010). *Dynamic Modeling of Mechanical Draft Counter-Flow Wet Cooling tower With Modelica Department of Mechanical Engineering , University of Wisconsin-Milwaukee , Building Efficiency*



Hak Cipta :

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

Research Group , Johnson Controls , Inc ., 193–200.

Marinda Sari Sofiyana, Sukhori, Novita Aswan, Bangun Munthe, Lumastri Ajeng Wijayanti, Raodhatul Jannah, Sutresna Juhara, Tedy SK, Eunika Adonia Laga, Juli Antasari BR Sinaga, Achmad Rante Suparman, Imarotus Suaidah, Nikma Fitrisari, H. (2022). *Metodologi penelitian pendidikan*.

Meilani Putri, A., Asri, R., & Yunesti, P. (2025). Studi Pengaruh Metode Pengendalian Motor Terhadap Konsumsi Energi Pada Sistem *Cooling tower*. *Infotekmesin*, 16(2), 370–378. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v16i2.2796>

Mentari, D. (2017). *Analisis Pelaksanaan kegiatan pemeliharaan (Maintenance) terhadap kualitas produk pada CV Green Perkasa Pematangsiantar*. 3(1), 40–48.

Mohammad Azfijam Irawan, H. A. (2020). *Analisis Temperatur Lingkungan Terhadap Kinerja Cooling tower Tipe Induced Draft Unit 2*. 30(1), 18–23.

Mustafa, P. S., Gusdiyanto, H., Victoria, A., Masgumelar, N. K., Lestariningsih, N. D., Maslacha, H., Ardiyanto, D., Utama, H. A., Boru, M. J., Fachrozi, I., Isaci, E., Rodriquez, S., Prasetyo, T. B., & Romadhana, S. (n.d.). *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Penelitian Tindakan Kelas Dalam Pendidikan Olahraga*.

Mutiara Ghinaul Qalbi, Budi Suharto, & Sri Wuryanti. (2024). Analisis Efektivitas *Cooling tower* Sebelum dan Sesudah Pergantian Filler Pack. *Jurnal Surya Teknika*, 11(1), 394–399. <https://doi.org/10.37859/jst.v11i1.7326>

Nehme, C. (2023). *The Comprehensive Guide to Chilled Water Systems: Design, Operation, and Maintenance (second edition)*.

Nur Fadilah Fatma, Henri Ponda, dan R. A. K. (2020). *Analisis Preventive Maintenance Dengan Metode Menghitung Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time to Repair (MTTR)*. 87–94.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

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

- Purwadi, R., & Mardiyana, D. (2025). *Analisis Pengaruh Repitching Fan Blade Terhadap Performa Cooling tower Unit 500 di PLTP Salak*. 97–103.
- Putirulan, T., Waas, K., Loppies, L. S., Lopuhaa, A. O., Teknologi, P., Sistem, R., Migas, M., Ambon, P. N., Teknik, P., Migas, P., & Negeri, P. (2024). *Analisa Kinerja Natural Draft Cooling tower di PPSDM Migas Cepu*. 2(2), 115–124.
- Putra, E. L. R. (2011). *Realibility Centered Maintenance (RCM)*.
- Rahman, A. M. (2022). *Analisis kinerja cooling tower menggunakan metode range dan approach di PLTU Asam - Asam*. 4(2), 129–140.
- Reyhan, M. (2024). *Analisis Kinerja Cooling tower Jenis Mechanical Draft Counterflow PLTU di PT X*. 78.
- Reza, M., Fakhriy, N., & Syuriadi, A. (2024). *Analisa Kebutuhan Makeup Water Cooling tower Pada PLTU 150 MW*. 890–896.
- Srinivasan, S., Kanudia, A., Roshna, N., & Dharmala, N. (2018). *Impact of Power Sector Growth on Water Resources*. 33.
- Suamir, I. N., Ardita, I. N., & Rasta, I. M. (2018). Effects of *Cooling tower Performance to Water Cooled Chiller Energy Use : a Case Study toward Energy Conservation of Office Building*. *2018 International Conference on Applied Science and Technology (ICAST)*, 712–717. <https://doi.org/10.1109/iCAST1.2018.8751530>
- Sudirman, S., Sugina, I. M., Widianara, I. B. G., Valentine, I. M. R. D., & Watara, I. D. G. L. E. (2021). Studi ekeperimental aplikasi inverter pada pompa untuk optimasi energi *cooling tower*. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology*, 2(2), 60–65. <https://doi.org/10.31940/jametechn.v2i2.2710>
- Sugiyono. (2023). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*.
- Swapan Basu, A. K. D. (2015). *Power Plant Instrumental And Control Handbook*



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

Chapter II-Main Equipment (Issue 3). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800940-6.00002-2>

Wahyu, S., Mustain, A., & Rizky, M. A. (2023). *Analisa Perhitungan Efisiensi Cooling tower 32 T 821 Pada Utilitas II Produksi II B PT Petrokimia Gresik*. 9(9), 114–119.

Yusuf Dewantoro Herlambang, Irfan Mujahidin, Fatahul Arifin, N. A. (2025). *Neraca Massa dan Energi: untuk Rekayasa Termal dan Sistem Industri*.

Zheng, K., Watt, J., & Cho, Y. K. (2015). *Building Central Plant System Performance Optimization through A Virtual Ambient Wet-bulb Temperature Sensor*. 118, 384–390. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.438>

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta Milik Negeri

LAMPIRAN

Lampiran 1 Efektivitas *Before Overhaul*

Before Overhaul								
Date/Time	<i>T_{in}</i> (°C)	<i>T_{out}</i> (°C)	<i>T_{WB}</i> (°C)	<i>T_{DB}</i> (°C)	<i>Range</i> (°C)	<i>Approach</i> (°C)	Efektivitas (%)	Enthalphy kJ/kg
2025/08/01 10:00:00	51,52	25,18	18,19	21,73	26,34	6,98792648	79,03456423	50,8
2025/08/02 10:00:00	50,77	24,78	16,99	21,88	25,99	7,79482269	76,927194	44,72
2025/08/03 10:00:00	50,32	24,96	17,98	21,51	25,35	6,98656464	78,39690225	47,7
2025/08/04 10:00:00	50,32	24,95	18,17	21,38	25,37	6,78445053	78,89794418	50,8
2025/08/05 10:00:00	49,64	25,16	17,99	19,99	24,48	7,17124939	77,34377825	47,76
2025/08/06 10:00:00	50,38	25,54	19,69	21,94	24,84	5,85189056	80,93424366	54,02
2025/08/07 10:00:00	48,44	23,6	15,74	23,71	24,84	7,8663559	75,94501406	41,81
2025/08/08 10:00:00	52,1	25,78	18,78	19,91	26,32	6,99746704	78,99656772	50,86
2025/08/09 10:00:00	51,57	25,34	18,26	21,46	26,23	7,08673859	78,73105254	50,8
2025/08/10 10:00:00	49,87	24,42	17,22	21,21	25,45	7,20000839	77,94491109	47,7
2025/08/11 10:00:00	50,37	24,84	17,9	20,64	25,54	6,93523216	78,64264838	47,73
2025/08/12 10:00:00	50,02	24,91	17,82	18,87	25,11	7,09912109	77,95918986	47,79
2025/08/13 10:00:00	51,53	25,1	17,25	19,45	26,43	7,84638596	77,10729233	47,76
2025/08/14 10:00:00	49,52	24,24	16,24	16,46	25,28	7,99363708	75,97661454	44,86
2025/08/15 10:00:00	47,49	22,34	14,25	18,48	25,15	8,08539009	75,66977421	39,18
2025/08/16 10:00:00	50,16	24,66	17,42	19,18	25,49	7,24415779	77,87269308	47,76
2025/08/17 10:00:00	50,46	25,03	17,7	20,1	25,43	7,33449554	77,61679015	47,73
2025/08/18 10:00:00	50,95	24,85	17,58	19,97	26,09	7,27484703	78,19772535	47,76
2025/08/19 10:00:00	50,84	25,06	17,45	18,07	25,78	7,61462784	77,19889899	47,79
2025/08/20 10:00:00	49,87	25,09	17,88	20,58	24,77	7,20998955	77,45762381	47,73
2025/08/21 10:00:00	50,31	25,16	17,64	19,01	25,15	7,51451111	76,99669901	47,76
2025/08/22 10:00:00	50,69	25,68	18,8	20,44	25,01	6,88244057	78,42133058	50,83
2025/08/23 10:00:00	50,57	25,35	17,91	21,02	25,22	7,43520737	77,23098328	47,7
2025/08/24 10:00:00	49,7	25,01	18,13	21,07	24,69	6,8781395	78,21088492	50,8
2025/08/25 10:00:00	49,65	24,81	17,6	21,11	24,84	7,21571541	77,48671396	47,7
2025/08/26 10:00:00	48,96	24,14	16,32	19,31	24,82	7,81971741	76,04004539	44,78
2025/08/27 10:00:00	49,62	24,78	17,09	18,86	24,84	7,68890762	76,35936238	47,79
2025/08/28 10:00:00	49,65	24,92	17,4	18,71	24,73	7,52022552	76,67826573	47,79
2025/08/29 10:00:00	49,65	24,88	17,26	18,13	24,76	7,62577248	76,45475242	47,79
2025/08/30 10:00:00	49,24	24,44	17,03	17,01	24,8	7,41228104	76,98825837	47,82
2025/08/31 10:00:00	50,07	25,02	18,06	19,54	25,05	6,96319771	78,24818165	50,86



© Hak Cipta milik

lampiran 2 Efektivitas *After Overhaul*

- Hak Cipta**
1. Dilang
 - a. Pengu
 - b. Pengut
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

After Overhaul								
Date/Time	<i>T_{in}</i> (°C)	<i>T_{out}</i> (°C)	<i>T_{WB}</i> (°C)	<i>T_{DB}</i> (°C)	<i>Range</i> (°C)	<i>Approach</i> (°C)	Efektivitas (%)	Enthalpy kJ/kg
2025/10/01 10:00:00	50,42	23,41	18,32	21,78	27,01	5,09109116	84,14249711	50,8
2025/10/02 10:00:00	50,81	23,93	18,28	19,65	26,87	5,65416908	82,61750475	50,86
2025/10/03 10:00:00	49,18	22,18	16,39	21,64	27	5,79459	82,33170498	44,72
2025/10/04 10:00:00	48,52	21,78	16,16	24,34	26,74	5,61309433	82,65025075	44,64
2025/10/05 10:00:00	50,66	23,41	17,79	21,31	27,25	5,62063599	82,89870629	47,7
2025/10/06 10:00:00	50,27	22,9	17,57	24,47	27,37	5,33473206	83,69032341	47,61
2025/10/07 10:00:00	50,56	23,16	17,53	22,04	27,4	5,62578773	82,96478992	47,67
2025/10/08 10:00:00	50,65	23,37	18,13	21,87	27,28	5,24491119	83,87551804	50,8
2025/10/09 10:00:00	50	23,14	17,58	22,37	26,86	5,56187439	82,84290491	47,67
2025/10/10 10:00:00	50,67	23,66	18,66	23,03	27,01	5,00035858	84,38096595	50,73
2025/10/11 10:00:00	50,59	23,38	17,8	19,34	27,22	5,57736588	82,99217598	47,76
2025/10/12 10:00:00	51,04	23,83	18,1	22,31	27,22	5,72852516	82,61137827	50,76
2025/10/13 10:00:00	51,14	23,67	18,34	24,51	27,47	5,32849503	83,75177231	50,7
2025/10/14 10:00:00	51,55	24,22	19,25	23,6	27,33	4,96665573	84,6224993	53,96
2025/10/15 10:00:00	51,42	23,93	19,09	22,95	27,48	4,84166336	85,02229109	53,99
2025/10/16 10:00:00	51,57	24,1	18,95	21,98	27,47	5,14981461	84,21354945	50,8
2025/10/17 10:00:00	51,46	24,02	18,51	19,85	27,44	5,50245285	83,29748548	50,86
2025/10/18 10:00:00	51,1	24,07	18,74	22	27,03	5,33016205	83,52988742	50,76
2025/10/19 10:00:00	51,67	24,64	19,78	21,1	27,03	4,86474609	84,74576271	54,02
2025/10/20 10:00:00	51,29	24,15	19,17	22,43	27,14	4,98015594	84,49635767	53,99
2025/10/21 10:00:00	52,39	24,84	19,32	21,54	27,55	5,51769257	83,31458801	54,02
2025/10/22 10:00:00	52,2	24,42	19,17	21,13	27,78	5,24548531	84,1183966	54,02
2025/10/23 10:00:00	51,11	23,97	18,54	22,42	27,14	5,43119049	83,32636527	50,76
2025/10/24 10:00:00	51,78	24,13	19,06	21,09	27,64	5,07217026	84,49588441	54,02
2025/10/25 10:00:00	51,01	23,98	18,61	21,62	27,03	5,36680794	83,43540917	50,8
2025/10/26 10:00:00	50,67	23,79	18,7	22,67	26,87	5,08731079	84,0827995	50,76
2025/10/27 10:00:00	51,1	24,06	18,46	21,13	27,04	5,59859085	82,8459646	50,8
2025/10/28 10:00:00	51,93	24,27	17,9	18,84	27,66	6,37216377	81,27331937	47,79
2025/10/29 10:00:00	50,97	23,82	18,06	19,47	27,15	5,75485611	82,51303089	50,86
2025/10/30 10:00:00	51,14	23,99	19,32	22,25	27,15	4,66872978	85,3291957	53,99
2025/10/31 10:00:00	51,27	23,96	18,32	22,56	27,31	5,64175797	82,8772426	50,76

masalah.



PSYCHROMETRIC CHART

NORMAL TEMPERATURES

SI METRIC UNITS

Barometric Pressure 101,325 kPa

SEA LEVEL



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritis, atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menyalin, mengutip, atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

1. Lampiran 4 Makeup Water Before Overhaul

Before Overhaul						
Date/Time	Tin	Tout	We	Wd	Wb	Makeup Water
2025/08/01 10:00:00	51,52	25,18	150,94	1,35	74,12	226,41
2025/08/02 10:00:00	50,77	24,78	155,06	1,4	76,13	232,60
2025/08/03 10:00:00	50,32	24,96	149,51	1,39	73,37	224,26
2025/08/04 10:00:00	50,32	24,95	141,06	1,31	69,22	211,60
2025/08/05 10:00:00	49,64	25,16	143,24	1,38	70,24	214,86
2025/08/06 10:00:00	50,38	25,54	146,95	1,39	72,09	220,43
2025/08/07 10:00:00	48,44	23,6	150,4	1,42	73,77	225,59
2025/08/08 10:00:00	52,1	25,78	151,96	1,36	74,62	227,94
2025/08/09 10:00:00	51,57	25,34	150,33	1,35	73,82	225,50
2025/08/10 10:00:00	49,87	24,42	149,94	1,39	73,58	224,91
2025/08/11 10:00:00	50,37	24,84	152,51	1,41	74,85	228,77
2025/08/12 10:00:00	50,02	24,91	153,96	1,44	75,54	230,94
2025/08/13 10:00:00	51,53	25,1	161,53	1,44	79,33	242,29
2025/08/14 10:00:00	49,52	24,24	153,96	1,43	75,55	230,93
2025/08/15 10:00:00	47,49	22,34	148,91	1,39	73,06	223,37
2025/08/16 10:00:00	50,16	24,66	150,43	1,39	73,83	225,64
2025/08/17 10:00:00	50,46	25,03	141,3	1,31	69,34	211,94
2025/08/18 10:00:00	50,95	24,85	153,79	1,39	75,51	230,69
2025/08/19 10:00:00	50,84	25,06	150,59	1,37	73,92	225,89
2025/08/20 10:00:00	49,87	25,09	144,52	1,37	70,89	216,78
2025/08/21 10:00:00	50,31	25,16	149,89	1,4	73,54	224,83
2025/08/22 10:00:00	50,69	25,68	148,23	1,39	72,72	222,34
2025/08/23 10:00:00	50,57	25,35	154,3	1,44	75,71	231,46
2025/08/24 10:00:00	49,7	25,01	150,64	1,44	73,88	225,95
2025/08/25 10:00:00	49,65	24,81	146,26	1,39	71,74	219,39
2025/08/26 10:00:00	48,96	24,14	142,71	1,35	70	214,07
2025/08/27 10:00:00	49,62	24,78	143,97	1,36	70,62	215,96
2025/08/28 10:00:00	49,65	24,92	141,78	1,35	69,54	212,66
2025/08/29 10:00:00	49,65	24,88	146,78	1,39	72	220,17
2025/08/30 10:00:00	49,24	24,44	150,8	1,43	73,97	226,19
2025/08/31 10:00:00	50,07	25,02	149,66	1,41	73,42	224,49

Hak Cipta :

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



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

Diagram 5 Makeup Water After Overhaul

After Overhaul						
Date/Time	Tin	Tout	We	Wd	Wb	Makeup Water
2025/10/01 10:00:00	50,42	23,4	143,94	1,25	70,72	215,91
2025/10/02 10:00:00	50,81	23,9	145,33	1,27	71,39	218,00
2025/10/03 10:00:00	49,18	22,2	145,57	1,27	71,52	218,36
2025/10/04 10:00:00	48,52	21,8	140,27	1,23	68,9	210,40
2025/10/05 10:00:00	50,66	23,4	148,45	1,28	72,94	222,68
2025/10/06 10:00:00	50,27	22,9	139,56	1,2	68,58	209,34
2025/10/07 10:00:00	50,56	23,2	142,81	1,23	70,18	214,22
2025/10/08 10:00:00	50,65	23,4	144,34	1,24	70,92	216,51
2025/10/09 10:00:00	50	23,1	143,35	1,26	70,42	215,02
2025/10/10 10:00:00	50,67	23,7	144,99	1,26	71,23	217,48
2025/10/11 10:00:00	50,59	23,4	148,76	1,29	73,09	223,14
2025/10/12 10:00:00	51,04	23,8	139,14	1,2	68,37	208,71
2025/10/13 10:00:00	51,14	23,7	143,78	1,23	70,66	215,66
2025/10/14 10:00:00	51,55	24,2	144,06	1,24	70,79	216,09
2025/10/15 10:00:00	51,42	23,9	140,66	1,2	69,13	211,00
2025/10/16 10:00:00	51,57	24,1	144,94	1,24	71,23	217,41
2025/10/17 10:00:00	51,46	24	144,87	1,24	71,19	217,30
2025/10/18 10:00:00	51,1	24,1	137,84	1,2	67,72	206,76
2025/10/19 10:00:00	51,67	24,6	142,9	1,24	70,21	214,35
2025/10/20 10:00:00	51,29	24,2	144,95	1,26	71,22	217,42
2025/10/21 10:00:00	52,39	24,8	150	1,28	73,72	225,00
2025/10/22 10:00:00	52,2	24,4	152,5	1,29	74,96	228,75
2025/10/23 10:00:00	51,11	24	143,39	1,24	70,45	215,09
2025/10/24 10:00:00	51,78	24,1	149,56	1,27	73,51	224,34
2025/10/25 10:00:00	51,01	24	142,23	1,24	69,88	213,35
2025/10/26 10:00:00	50,67	23,8	145,38	1,27	71,41	218,06
2025/10/27 10:00:00	51,1	24,1	147,74	1,29	72,58	221,60
2025/10/28 10:00:00	51,93	24,3	146,69	1,25	72,1	220,03
2025/10/29 10:00:00	50,97	23,8	153,65	1,33	75,49	230,47
2025/10/30 10:00:00	51,14	24	149,1	1,29	73,26	223,65
2025/10/31 10:00:00	51,27	24	149,34	1,29	73,38	224,00