



© 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



**EVALUASI KINERJA *PLATE HEAT EXCHANGER* (PHE)
BERDASARKAN *FOULING RESISTANCE* DAN *FOULING THICKNESS* PADA SISTEM CCW PLTGU XYZ**

SKRIPSI

Pengusul:

Zidan Ananta Siwi Anshori NIM. 2202431018

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

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

JUNI, 2026

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



**EVALUASI KINERJA *PLATE HEAT EXCHANGER* (PHE)
BERDASARKAN *FOULING RESISTANCE* DAN *FOULING
THICKNESS* PADA SISTEM CCW PLTGU XYZ**

SKRIPSI

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi
Jurusan Teknik Mesin

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

Zidan Ananta Siwi Anshori

NIM.2202431018

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

JUNI, 2026



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

EVALUASI KINERJA *PLATE HEAT EXCHANGER* (PHE) BERDASARKAN *FOULING RESISTANCE* DAN *FOULING THICKNESS* PADA SISTEM CCW PLTGU XYZ

Oleh:

Zidan Ananta Siwi Anshori

NIM.2202431018

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Skripsi telah distujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T.
NIP. 196605191990031002

Pembimbing 2

Belyamin, M.Sc., Eng., B.Eng., Dr.
NIP. 196301161993031001

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

EVALUASI KINERJA *PLATE HEAT EXCHANGER* (PHE) BERDASARKAN *FOULING RESISTANCE* DAN *FOULING THICKNESS* PADA SISTEM CCW PLTGU XYZ

Oleh:

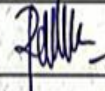
Zidan Ananta Siwi Anshori

NIM.2202431018

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan
Dewan Penguji pada tanggal 07 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Terapan
Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

NO	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Arifia Ekayuliana, S.T., M.T. NIP. 199107212018032001	Ketua		29/07/2026
2	Ir., Haolia Rahman, S.T., M.T. Ph.D NIP. 198406122012121001	Anggota		29/07/2026
3	Ratna Khoirunnisa, S.S., M.Hum. NIP. 199002252022032002	Anggota		21/07/2026

Depok, 29 Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

NIP. 197602252000121002

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Zidan Ananta Siwi Anshori

NIM : 2202431018

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

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

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Depok, 27 Juni 2026



Zidan Ananta Siwi Anshori

NIM. 2202431018



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

EVALUASI KINERJA *PLATE HEAT EXCHANGER* (PHE) BERDASARKAN *FOULING RESISTANCE* DAN *FOULING THICKNESS* PADA SISTEM CCW PLTGU XYZ

Zidan Ananta Siwi Anshori¹⁾, Cecep Slamet Abadi¹⁾, Belyamin¹⁾

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

Email: zidan.ananta.siwi.anshori.tm22@mhs.w.pnj.ac.id, cecep.slametabadi@mesin.pnj.ac.id

ABSTRAK

Plate Heat exchanger (PHE) pada sistem *Closed Cooling Water* (CCW) berfungsi menjaga kestabilan temperatur peralatan bantu pembangkit, namun kinerjanya dapat menurun akibat terbentuknya *fouling* selama operasi. Penelitian ini bertujuan mengetahui perubahan kinerja *heat exchanger* berdasarkan parameter perpindahan panas serta mengevaluasi performanya berdasarkan *fouling resistance* dan *fouling thickness* untuk memberikan rekomendasi teknis. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan analisis data historis operasi selama 121 hari. Parameter yang dianalisis meliputi *heat transfer rate* (Q), *overall heat transfer coefficient* (U), *log mean temperature difference* (LMTD), efektivitas, *fouling resistance* (Rf), dan *fouling thickness* (δf). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai U menurun dari sekitar 2050 menjadi 1850 W/m²·°C, Q menurun sekitar 16–17%, LMTD menurun dari 3,05 menjadi 2,80–2,90°C, dan efektivitas menurun dari 74% menjadi 66%. Di sisi lain, nilai Rf meningkat dari sekitar 0,00024 menjadi 0,00034 m²·°C/W dan δf meningkat dari 0,048 menjadi 0,068 mm. Peningkatan *fouling* menyebabkan bertambahnya hambatan termal sehingga menurunkan performa perpindahan panas. Oleh karena itu, direkomendasikan *maintenance preventif* melalui inspeksi berkala, *cleaning*, serta optimasi operasi untuk mempertahankan kinerja *plate heat exchanger*.

Kata Kunci: *Plate Heat exchanger*, *fouling resistance*, *fouling thickness*, perpindahan panas, efektivitas.



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

ABSTRACT

A Plate Heat exchanger (PHE) in the Closed Cooling Water (CCW) system plays a crucial role in maintaining the operating temperature of auxiliary equipment in a combined-cycle power plant. However, its thermal performance gradually deteriorates due to fouling accumulation during operation. This study aimed to evaluate the performance degradation of the heat exchanger based on heat transfer parameters and to assess its performance using fouling resistance and fouling thickness as the basis for technical maintenance recommendations. A quantitative method was employed using 121 days of historical operating data. The analyzed parameters included the heat transfer rate (Q), overall heat transfer coefficient (U), logarithmic mean temperature difference (LMTD), effectiveness, fouling resistance (R_f), and fouling thickness (δ_f). The results showed that the U value decreased from approximately 2050 to 1850 $W/m^2 \cdot ^\circ C$, the heat transfer rate declined by approximately 16–17%, the LMTD decreased from 3.05 to 2.80–2.90 $^\circ C$, and the effectiveness dropped from 74% to 66%. Meanwhile, the fouling resistance increased from approximately 0.00024 to 0.00034 $m^2 \cdot ^\circ C/W$, while the fouling thickness increased from 0.048 to 0.068 mm. The accumulation of fouling increased thermal resistance, resulting in reduced heat transfer performance. Therefore, preventive maintenance through periodic inspection, mechanical cleaning, and operational optimization is recommended to maintain the thermal performance of the plate heat exchanger.

Keywords: *Plate Heat exchanger, Fouling Resistance, Fouling Thickness, Heat Transfer, effectiveness*

**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

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Evaluasi Kinerja *Plate Heat exchanger* (PHE) Berdasarkan *Fouling Resistance* Dan *Fouling Thickness* Pada Sistem CCW PLTGU XYZ”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.SI., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Ibu Arifia Ekayuliana, S.T, M.T. selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi.
3. Bapak Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing penelitian skripsi ini.
4. Bapak Belyamin, M.Sc., Eng.,B.Eng., Dr. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing penelitian skripsi ini.
5. Terimakasih kepada Allah SWT karena dengan karunia dan rahmatnya penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan ridhonya
6. Kedua orang tua yang selalu mendoakan dan senantiasa memberikan dukungan kepada penulis.
7. Kepada Assyifa Putri, terimakasih atas segalanya untuk senantiasa menjalani proses ini bersama, semoga Allah SWT memberikan keberkahan dalam hidupnya.
8. Teman seperjuangan saya naga hitam, terimakasih telah membantu dan menemani proses selama masa kuliah, semoga Allah SWT memberikan keberkahan kepada kalian
9. Para mentor yang sudah membantu dalam memperoleh data serta membimbing penelitian skripsi ini.



© 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

10. Klub sepak bola *Real Madrid Club de Fútbol*, klub favorit Penulis, yang selama empat tahun masa perkuliahan telah menghadirkan berbagai momen kebahagiaan, motivasi, dan pelajaran tentang kerja keras, ketekunan, serta mental juara. Dukungan dan kecintaan Penulis terhadap klub ini menjadi salah satu penyemangat dalam menyelesaikan perjalanan akademik. "*Siempre Hala Madrid y nada más!*".
11. Semua pihak yang telah berkontribusi yang tidak dapat disebutkan satu per satu, namun tidak mengurangi rasa hormat penulis.
Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak terutama pada bidang pembangkit listrik.

Depok, 27 Juni 2026

Zidan Ananta Siwi Anshori

NIM. 2202431018

**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 ISI

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.3 Pertanyaan Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Landasan Teori.....	5
2.1.1 <i>Close Cooling Water System (CCW)</i>	5
2.1.2 <i>Heat exchanger</i> Berdasarkan Arah Aliran.....	6
2.1.3 <i>Plate Heat exchanger</i>	7
2.1.4 <i>Fouling</i>	8
2..1.5 Kinerja <i>Heat exchanger</i>	11
2.2 Kajian Literatur	17
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Jenis Penelitian	20
3.1.1 Diagram Alur Penelitian	21
3.2 Objek Penelitian	22
3.3 Metode Pengambilan Data	22



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

3.3.1 Metode Pengamatan Tidak Langsung.....	22
3.3.2 Metode Wawancara (<i>Interview Methode</i>).....	22
3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian.....	22
3.5 Metode Analisis Data	23
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil Penelitian.....	24
4.1.1 Data Spesifikasi <i>Heat exchanger</i> CCWS	24
4.1.2 Data Operasi <i>Heat exchanger</i> CCW	24
4.1.3 Perhitungan Efektivitas <i>Heat exchanger Close Cooling Water System</i>	27
4.2 Pembahasan Penelitian.....	31
4.2.1 Analisis <i>Fouling</i> pada <i>Heat Exchanger</i>	31
4.2.2 Analisis Performa Perpindahan Panas	33
4.2.3 Analisis Kinerja <i>Heat Exchanger</i>	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN.....	46



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur	17
Tabel 3. 1 Data <i>Design Plate Heat exchanger</i> Close Cooling Water System	22
Tabel 4.1 Data <i>Comissioning Plate Heat exchanger</i> Close Cooling Water System	24
Tabel 4.2 Data Operasi Harian <i>Plate Heat exchanger</i> CCW Selama Bulan Januari 2025 - Mei 2025	24





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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem <i>Close Cooling Water</i>	5
Gambar 2. 2 <i>Counter Flow</i>	6
Gambar 2. 3 <i>Parralel Flow</i>	7
Gambar 2. 4 <i>Cross Flow</i>	7
Gambar 2. 5 <i>Gasket Plate Heat exchanger</i>	8
Gambar 2. 6 <i>Fouling Pada Plate Heat Exchanger</i>	8
Gambar 2. 7 <i>Crystallization Fouling</i>	9
Gambar 2. 8 <i>Particulate Fouling</i>	10
Gambar 2. 9 <i>Biological Fouling</i>	10
Gambar 2. 10 <i>Corrosion Fouling</i>	11
Gambar 2. 11 <i>Chemical Reaction Fouling</i>	11
Gambar 2. 12 Arah Aliran <i>Counter Flow</i>	15
Gambar 3. 1 <i>Flow Chart</i> Penelitian	21
Gambar 4. 1 Grafik <i>Rf</i> selama bulan januari 2025 - Mei 2025.....	31
Gambar 4. 2 <i>Fouling</i> Berdasarkan Standard TEMA.....	32
Gambar 4. 3 Grafik Ketebalan <i>Fouling</i> Selama Bulan Januari 2025 - Mei 2025. 33	
Gambar 4. 4 Grafik <i>Overall heat transfer coeficient</i> Selama Bulan Januari 2025 - Mei 2025	34
Gambar 4. 5 Grafik <i>Rf</i> terhadap <i>U</i>	35
Gambar 4. 6 Grafik <i>Qactual</i> Selama Bulan Januari 2025 - Mei 2025.....	36
Gambar 4. 7 Grafik <i>Log Mean Temperature Different</i> Selama Bulan Januari 2025 - Mei 2025.....	37
Gambar 4. 8 Grafik Efektivitas HE Selama Bulan Januari 2025 - Mei 2025	38
Gambar 4. 9 Grafik <i>Rf</i> terhadap Efektivitas Heat exchanger	39
Gambar 4. 10 Grafik <i>U</i> terhadap Efektivitas Heat exchanger	40

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

Penurunan performa *heat exchanger* pada sistem industri pembangkit listrik masih menjadi permasalahan utama dalam proses perpindahan panas. khususnya akibat kualitas fluida air laut pada permukaan perpindahan panas. pada kondisi aktual lapangan, *heat exchanger* yang telah beroperasi dalam jangka panjang sering kali tidak mampu menstabilkan performa sesuai data commissioning pascaoverhaul yaitu 90% dari kondisi lapangan yaitu <70%. Padahal *heat exchanger* memiliki peran penting dalam menjaga kestabilan temperatur proses, efisiensi energi, dan kontinuitas operasi pada industri pembangkit listrik.

Fouling pada *heat exchanger* dalam sistem *Close Cooling Water* (CCW) merujuk kepada proses pengendapan material asing yang dapat memperburuk kinerja termal dari sistem pendingin ini. Proses *fouling* berlangsung secara kumulatif dan progresif bukan kejadian instan, sehingga dampaknya terhadap *heat exchanger* tidak selalu segera terlihat. *Fouling* dapat meningkatkan *thermal resistance* dari *heat exchanger* yang selanjutnya dapat menurunkan kinerja operasional PLTGU

Penelitian terdahulu yang membahas efektivitas *heat exchanger* ada pada penelitian (Shalsa et al., 2022) penelitian hanya berfokus pada variasi debit fluida dan belum membahas degradasi performa akibat *fouling* selama waktu operasi industri jangka panjang. Penelitian (Ajayi & Ogbonnaya, 2017) penulis menyatakan sebagian besar penelitian masih terbatas pada skala laboratorium dan belum banyak menggunakan data operasi aktual industri untuk mengevaluasi penurunan performa *heat exchanger*, Selanjutnya. Penelitian (Berce et al., 2021) penelitian lebih menitikberatkan pada mekanisme pembentukan *fouling* tetapi belum memberikan analisis performa *heat exchanger* berdasarkan parameter operasi aktual seperti U, LMTD, dan efektivitas.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini difokuskan pada evaluasi dari *fouling* terhadap performa *heat exchanger* melalui perhitungan parameter operasi aktual seperti overall heat transfer coefficient (U), LMTD, perpindahan panas aktual dan efektivitas *heat exchanger* selama waktu operasi. Penelitian dilakukan menggunakan data aktual operasi untuk mengetahui hubungan sebab akibat antara *fouling* dengan penurunan performa perpindahan panas. Penekanan utama penelitian ini bertujuan untuk menganalisis evaluasi performa *heat exchanger* agar dapat memberikan rekomendasi teknis berdasarkan parameter operasi aktual *heat exchanger* selama operasi berlangsung.

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

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang akan dirumuskan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Belum adanya evaluasi mengenai penurunan performa *heat exchanger* yang disebabkan karena *fouling*
2. Terjadinya pengotoran yang disebabkan karena air laut sehingga *heat exchanger* tidak bisa mencapai atau mendekati performa optimalnya di angka 90%

1.3 Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana perubahan kinerja *plate heat exchanger* (PHE) ditinjau dari parameter perpindahan panas meliputi *heat transfer rate* (Q), *overall heat transfer coefficient* (U), dan efektivitas (ϵ) selama periode operasi?
2. Bagaimana performa kinerja *heat exchanger* berdasarkan *fouling resistance* dan *fouling thickness* dan implikasinya terhadap kebutuhan *maintenance*?

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui perubahan kinerja *heat exchanger* berdasarkan parameter perpindahan panas meliputi *heat transfer rate* (Q), *overall heat transfer coefficient* (U), dan *log mean temperature difference* (LMTD)
2. Mengetahui performa kinerja *heat exchanger* berdasarkan *fouling resistance* dan *fouling thickness* serta memberi rekomendasi teknis berdasarkan analisis penurunan performa

1.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Praktis, penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan *cleaning heat exchanger* yang optimum berdasarkan kondisi aktual *fouling* yang terjadi selama operasi. Hasil penelitian juga dapat mendukung penerapan *predictive maintenance* melalui pemantauan tren penurunan kinerja *heat exchanger* secara lebih terukur, sehingga tindakan perawatan dapat dilakukan sebelum terjadi kerusakan atau penurunan performa yang signifikan. Selain itu, penelitian ini berkontribusi dalam mengurangi risiko *derating* unit akibat menurunnya kemampuan perpindahan panas, sehingga keandalan dan efisiensi operasi pembangkit dapat tetap terjaga.



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. Manfaat Akademis, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian ilmiah mengenai fenomena *fouling* pada *plate heat exchanger* (PHE) yang digunakan pada sistem *Close Cooling Water* (CCW) di PLTGU, khususnya terkait pengaruhnya terhadap kinerja termal dan efektivitas perpindahan panas. Selain itu, hasil penelitian dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berfokus pada pengembangan metode pemantauan (*monitoring*) kondisi *heat exchanger* secara digital, sehingga mendukung penerapan teknologi berbasis data dalam pengelolaan dan pemeliharaan peralatan penukar kalor.

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Dalam penulisan skripsi yang akan dijalankan, terdapat lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab I (satu) merupakan bab pendahuluan yang meliputi latar belakang penelitian skripsi ini dilakukan, rumusan masalah penelitian, pertanyaan penelitian untuk melengkapi perumusan dari masalah tersebut, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian setelah penelitian skripsi ini selesai dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II (dua) merupakan bab tinjauan pustaka yang berguna untuk memaparkan dasar teori yang digunakan dalam penelitian skripsi ini. Landasan teori serta kajian literatur yang digunakan didapatkan dari jurnal, buku, manual book, serta informasi kredibel dari internet.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab III (tiga) merupakan bab yang membahas mengenai metode yang digunakan untuk pemecahan masalah dalam penelitian yang meliputi prosedur, pengumpulan data, teknis pengolahan data, dan analisis data.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab IV (empat) merupakan bab yang berisi hasil penelitian serta pembahasan atau analisis yang akan menjelaskan langkah-langkah dalam mengolah data yang telah didapat sehingga data yang dihasilkan menjadi hasil yang diharapkan dan komprehensif.

BAB V PENUTUP

Bab V (lima) adalah bab terakhir dari skripsi yang akan dijalankan. Dalam bab terakhir berisi kesimpulan. Kesimpulan yang disebutkan nantinya merupakan

sebuah jawaban dari pertanyaan dan tujuan penelitan. Terdapat saran terhadap penelitian ini yang didapat dari studi literatur untuk menggugah pembaca untuk melanjutkan dan memperdalam penelitian skripsi ini.



© 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

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian dan perhitungan, penulis menyimpulkan beberapa hal yaitu:

1. Selama periode operasi, peningkatan *fouling* resistance dari sekitar 0,00024 menjadi 0,00034 $\text{m}^2\text{C}/\text{W}$ dan ketebalan *fouling* dari 0,048 menjadi 0,068 mm menyebabkan penurunan kinerja termal *Plate Heat exchanger* (PHE), yang ditandai dengan penurunan overall heat transfer coefficient (U) dari sekitar 2050 menjadi 1850 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{C}$, heat transfer rate aktual (Qactual) dari sekitar 3,0 MW menjadi 2,5 MW, LMTD dari sekitar 3,05°C menjadi 2,90°C
2. Performa *plate heat exchanger* mengalami penurunan akibat peningkatan *fouling resistance* dari sekitar 0,00024 $\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{W}$ menjadi 0,00034 $\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{W}$ dan *fouling thickness* dari sekitar 0,048 mm menjadi 0,068 mm, yang meningkatkan hambatan termal sehingga menurunkan kemampuan perpindahan panas dan efektivitas dari 74% menjadi 66%. Berdasarkan hasil evaluasi, direkomendasikan untuk melakukan penambahan strainer, menjaga kecepatan aliran fluida sesuai kondisi operasi, dan melakukan cleaning secara rutin

**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

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan mengembangkan sistem pemantauan *heat exchanger* berbasis teknologi digital melalui penerapan online monitoring, artificial intelligence (AI), simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD), dan digital twin guna meningkatkan akurasi prediksi *fouling*, optimasi jadwal cleaning, serta keandalan operasi sistem.





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

- Ajayi, O. O., & Ogbonnaya, S. K. (2017). Fouling Phenomenon and Its Effect on Heat Exchanger: A Review. *Frontiers in Heat and Mass Transfer*, 9. <https://doi.org/10.5098/hmt.9.31>
- Association, T. E. M. (2019). *Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association* (10th Edition). Tubular Exchanger Manufacturers Association.
- Berce, J., Zupančič, M., Može, M., & Golobič, I. (2021). A Review of Crystallization Fouling in Heat Exchangers. *Processes*, 9(8), 1356. <https://doi.org/10.3390/pr9081356>
- Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2020). *Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Diaz-bejarano, E., Behranvand, E., Coletti, F., Mozdianfard, M. R., & Macchietto, S. (2017). Organic and inorganic fouling in heat exchangers – Industrial case study : Analysis of fouling state. *Applied Energy*, 206(October), 1250–1266. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.018>
- Durán, P. P., Barba, P. D., López-Fernández, X. M., & Turowski, J. (2015). Electromagnetic and Thermal Parameter Identification Method for Best Prediction of Temperature Distribution on Transformer Tank Covers. *Compel the International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering*, 34(2), 485–495. <https://doi.org/10.1108/compel-08-2014-0217>
- Engineering, C., & Acr, C. P. (1992). *Plate heat exchangers-method of calculation , charts for selecting plate heat exchanger configurations*. 31, 49–56.
- Harrison, K. (2013). Building Resilient Communities. *M/C Journal*, 16(5). <https://doi.org/10.5204/mcj.716>
- Huda. (2022). *Study of Heat Exchanger Network Cleaning Schedule Design with Heuristic Algorithm*.
- Jradi. (2023). *Fouling Resistance Prediction Using Artificial Neural Network and Regression Models*.
- Kern, D. Q. (1950). *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill.
- Loyola-Fuentes. (2017). *Fouling in Heat Exchanger Networks*.
- Muhammad. (2018). *Redesign Plate Heat Exchanger pada Closed Cooling Water System PLTGU*.
- Navarro, H. A., & Cabezas-Gómez, L. (2007). Effectiveness-Ntu Computation With a Mathematical Model for Cross-Flow Heat Exchangers. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 24(4), 509–521. <https://doi.org/10.1590/s0104->



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

66322007000400005

- Pawar, A., Magadum, A., Patil, R., & Phadtare, M. T. C. M. R. (2016). Review of Experimental Analysis of Parallel and Counter Flow Heat Exchanger. *International Journal of Engineering Research And*, V5(02).
<https://doi.org/10.17577/ijertv5is020385>
- Shalsa, A., Wardhani, B., & Labumay, A. T. (2022). *Influence of Fluid Inflow Rate on Performance Effectiveness of Shell and Tube Type Heat Exchanger*.
<https://doi.org/10.31284/j.jmesi.2022.v2i1.2993>
- Sinnott, R. K., & Towler, G. (2009). Chemical Engineering Design: SI Edition. In *Coulson and Richardson's Chemical Engineering, Volume 6* (5th ed.). Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Sözen, A., Variyenli, H. İ., Özdemir, M., Gürü, M., & Aytaç, İ. (2016). Heat Transfer Enhancement Using Alumina and Fly Ash Nanofluids in Parallel and Cross-Flow Concentric Tube Heat Exchangers. *Journal of the Energy Institute*, 89(3), 414–424. <https://doi.org/10.1016/j.joei.2015.02.012>
- syukran, syukran. (2018). Kaji Efisiensi Temperatur Penukar Panas Dengan Variasi Aliran Untuk Aplikasi Pengering. *Jurnal Polimesin*, 16(2), 39.
<https://doi.org/10.30811/jpl.v16i2.562>
- Thomas, A., Maranzana, G., Didierjean, S., Dillet, J., & Lottin, O. (2012). Measurements of Electrode Temperatures, Heat and Water Fluxes in PEMFCs: Conclusions About Transfer Mechanisms. *Journal of the Electrochemical Society*, 160(2), F191–F204.
<https://doi.org/10.1149/2.006303jes>
- Walikrom. (2018). *Studi Kinerja Plate Heat Exchanger pada Sistem Pendingin PLTGU*.
- Watkinson, A. P. (1998). Fouling of Heat Exchangers. In *Handbook of Heat Transfer*. McGraw-Hill.



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

LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir F1

FORMULIR F1 LEMBAR KESEDIAAN MEMBIMBING TUGAS SKRIPSI

Dengan ini saya nama : Cecep Slamet Abadi, S.T, M.T.

menyatakan bersedia membimbing pembuatan Skripsi dan membimbing revisi Skripsi (jika ada) Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, berikut :

JUDUL TUGAS AKHIR / SKRIPSI	NAMA	PROGRAM STUDI
EVALUASI KINERJA PHE BERDASARKAN FOULING RESISTANCE DAN FOULING THICKNESS PADA SISTEM CCW PLTGU XYZ	Zidan Ananta Siwi Anshori	Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Demikian, atas perhatian dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Depok, 18 Juni 2026

Yang Menyatakan

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



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

FORMULIR F1
LEMBAR KESEDIAAN MEMBIMBING TUGAS SKRIPSI

Dengan ini saya nama : Belyamin, M.Sc., Eng.,B.Eng., Dr.

menyatakan bersedia membimbing pembuatanSkripsi dan membimbing revisi Skripsi (jika ada) Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, berikut :

JUDUL TUGAS AKHIR / SKRIPSI	NAMA	PROGRAM STUDI
EVALUASI KINERJA PHE BERDASARKAN FOULING RESISTANCE DAN FOULING THICKNESS PADA SISTEM CCW PLTGU XYZ	Zidan Ananta Siwi Anshori	Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Demikian, atas perhatian dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Depok, 19 Juni 2026

Yang Menyatakan

Belyamin, M.Sc., Eng.,B.Eng., Dr.

**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

Lampiran 2 Formulir F2

FORMULIR F2

LEMBAR KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI DAN KESIAPAN MENGIKUTI UJIAN

JUDUL SKRIPSI :

EVALUASI KINERJA PHE BERDASARKAN FOULING RESISTANCE DAN FOULING THICKNESS PADA SISTEM CCW PLTGU XYZ

NAMA MAHASISWA BIMBINGAN/NIM : Zidan Ananta Siwi Anshori / 2202431018

PROGRAM STUDI : Teknologi Rekayasa Konversi Energi.

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

No	Tanggal	Bahasan	Pembimbing	Panitia
1	12/02/2026	Membahas BAB I Sampai BAB III	GA	
2	19/02/2026	Membahas Revisi BAB I sampai BAB III	GA	
3	12/03/2026	Membahas BAB IV	GA	
4	09/04/2026	Membahas Revisi BAB IV	GA	
5	23/04/2026	Membahas BAB IV dan BAB V	GA	
6	30/04/2026	Membahas Revisi BAB IV dan BAB V	GA	
7	21/05/2025	Membahas BAB I Sampai BAB V	GA	
8	04/06/2026	Membahas Revisi BAB I Sampai V	GA	
9	18/06/2026	Minta Tanda Tangan Telah Selesai dan Syarat Sidang	GA	

Berdasarkan hasil pembimbingan mahasiswa diatas dinyatakan siap mengikuti ujian Skripsi.

Yang menyatakan
Pembimbing

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



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

FORMULIR F2

**LEMBAR KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI
DAN KESIAPAN MENGIKUTI UJIAN**

JUDUL SKRIPSI :

EVALUASI KINERJA PHE BERDASARKAN FOULING RESISTANCE DAN FOULING THICKNESS PADA SISTEM CCW PLTGU XYZ

NAMA MAHASISWA BIMBINGAN/NIM : Zidan Ananta Siwi Anshori / 2202431018

PROGRAM STUDI : Teknologi Rekayasa Konversi Energi.

PEMBIMBING : Belyamin, M.Sc., Eng., B.Eng., Dr.

No	Tanggal	Bahasan	Pembimbing	Panitia
1	23/02/2026	Membahas Penulisan BAB I		
2	11/05/2024	Membahas Revisi Penulisan BAB I		
3	18/05/2026	Membahas Penulisan BAB II		
4	25/05/2026	Membahas Revisi dan Penulisan BAB II		
5	08/06/2026	Membahas Penulisan BAB III Sesuai Buku Panduan		
6	15/06/2026	Membahas Revisi Penulisan BAB III Sesuai Buku Panduan		
7	16/06/2026	Membahas Penulisan Keseluruhan		
8	19/06/2026	Membahas Revisi Penulisan Sekaligus Minta Tanda Tangan Telah Selesai dan Syarat Sidang		

Berdasarkan hasil pembimbingan mahasiswa diatas dinyatakan siap mengikuti ujian Skripsi.

Yang menyatakan
Pembimbing


Belyamin, M.Sc., Eng., B.Eng., Dr.



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

Lampiran 3 Spesifikasi Heat Exchanger CCW

A. Particular

Equipment Name	ST Closed Cooling Water Heat Exchanger
Quantity	2 × 100% Duty / ST × 1ST
Type	Plate

B. Performance Data

Fluid Name		ST Closed Cooling Water	Sea Water
Inlet Temp.	[°C]	40.65	34.36
Outlet Temp.	[°C]	35.00	31.70
Flow Rate	[m³/h]	910	2000
Press Drop.	[bar]	0.21	0.98
Design Press.	[barG]	9.5	10
Design Temp.	[°C]	50	40

C. Construction

Surface Area		474.00 m²
Plate No.		239 pcs
Flow Direction		Counter Flow
Material	Plate	SB265 Gr.1
	Plate Gasket	NITRO-BUTADIENE RUBBER
	Frame	SA516 Gr.60

This document contains information proprietary to MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and is not to be reproduced, transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD.

32-44552 4

CONFIDENTIAL
IT IS THE PROPERTY OF MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD. (MHP) AND CONFIDENTIAL.

Lampiran 4 Data Operasi Heat Exchanger CCW

Close Cooling System											
43PGA01CT001	ST COWH EXCH Outlet Temp	deg C				32.41	32.21	32.31	32.21	32.41	32.31
43PGA02CT001	ST Close Cooling water pump Inlet Temp	deg C				37.86	37.66	37.66	37.66	37.76	37.76
43PGA01CP101	ST Close Cooling water pump Discharge Pr	bar				7.3	7.3	7.3	7.2	7.3	7.3
Circulating Water System											
40PAB01CT001	Cond A Inlet Circulating Water Temp	deg C				30.45	30.45	30.35	30.35	30.45	30.45



Lampiran 5 Perhitungan dan Pengolahan Data Penelitian

Tanggal	Qact (W)	LMTD (oC)	U (W/m ² C)	NTU	Qmax (W)	Efektivitas (%)	Rf (m ² C/W)	δf (m)
01/01/2025	2992006,02	3,05498106	2066,215424	1,777425094	4027912,34	0,742818057	0,000235838	0,0000471675
02/01/2025	2705478,74	2,89289635	1973,026463	1,697260947	3746895,2	0,722058824	0,000258697	0,0000517393
03/01/2025	2688948,32	2,88119176	1968,937588	1,693743565	3730364,78	0,720827179	0,000259749	0,0000519498
04/01/2025	2655887,48	2,87719321	1947,432007	1,675243771	3730364,78	0,711964549	0,000265358	0,0000530716
05/01/2025	2644867,2	2,86291691	1949,022196	1,676611703	3741385,06	0,706921944	0,000264939	0,0000529878
06/01/2025	2589765,8	2,83331787	1928,354384	1,658832585	3664243,1	0,706766917	0,000270438	0,0000540876
07/01/2025	2573235,38	2,83465945	1915,138914	1,647464212	3669753,24	0,701201201	0,000274016	0,0000548033
08/01/2025	2567725,24	2,82696366	1916,240355	1,648411707	3675263,38	0,698650675	0,000273716	0,0000547432
09/01/2025	2771600,42	2,89122302	2022,416892	1,739748186	3801996,6	0,728985507	0,000246319	0,0000492638
10/01/2025	2688948,32	2,88119176	1968,937588	1,693743565	3730364,78	0,720827179	0,000259749	0,0000519498
11/01/2025	2655887,48	2,87957625	1945,820379	1,673857397	3730364,78	0,711964549	0,000265783	0,0000531566
12/01/2025	2644867,2	2,86291691	1949,022196	1,676611703	3741385,06	0,706921944	0,000264939	0,0000529878
13/01/2025	2589765,8	2,83331787	1928,354384	1,658832585	3664243,1	0,706766917	0,000270438	0,0000540876
14/01/2025	2567725,24	2,80625012	1930,38454	1,660578991	3664243,1	0,70075188	0,000269893	0,0000539785
15/01/2025	2562215,1	2,81652275	1919,216551	1,650971927	3719344,5	0,688888889	0,000272907	0,0000545814
16/01/2025	2523644,12	2,81683334	1890,116691	1,625939289	3669753,24	0,687687688	0,000280929	0,0000561858
17/01/2025	2771600,42	2,89122302	2022,416892	1,739748186	3801996,6	0,728985507	0,000246319	0,0000492638
18/01/2025	2705478,74	2,89289635	1973,026463	1,697260947	3746895,2	0,722058824	0,000258697	0,0000517393
19/01/2025	2688948,32	2,88119176	1968,937588	1,693743565	3730364,78	0,720827179	0,000259749	0,0000519498
20/01/2025	2655887,48	2,87719321	1947,432007	1,675243771	3730364,78	0,711964549	0,000265358	0,0000530716
21/01/2025	2644867,2	2,86291691	1949,022196	1,676611703	3741385,06	0,706921944	0,000264939	0,0000529878
22/01/2025	2573235,38	2,83465945	1915,138914	1,647464212	3669753,24	0,701201201	0,000274016	0,0000548033
23/01/2025	2562215,1	2,81652275	1919,216551	1,650971927	3719344,5	0,688888889	0,000272907	0,0000545814
24/01/2025	2523644,12	2,81683334	1890,116691	1,625939289	3669753,24	0,687687688	0,000280929	0,0000561858
25/01/2025	2771600,42	2,89122302	2022,416892	1,739748186	3801996,6	0,728985507	0,000246319	0,0000492638
26/01/2025	2655887,48	2,87719321	1947,432007	1,675243771	3730364,78	0,711964549	0,000265358	0,0000530716
27/01/2025	2644867,2	2,86291691	1949,022196	1,676611703	3741385,06	0,706921944	0,000264939	0,0000529878

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 mengumunkan 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

28/01/2025	2589765,8	2,83331787	1928,354384	1,658832585	3664243,1	0,706766917	0,000270438	0,0000540876
29/01/2025	2589765,8	2,83331787	1928,354384	1,658832585	3664243,1	0,706766917	0,000270438	0,0000540876
30/01/2025	2567725,24	2,83061037	1913,771644	1,646288042	3664243,1	0,70075188	0,000274389	0,0000548779
31/01/2025	2562215,1	2,82070376	1916,371783	1,648524765	3719344,5	0,688888889	0,00027368	0,0000547361
01/02/2025	2523644,12	2,82099202	1887,3303	1,623542346	3669753,24	0,687687688	0,00028171	0,0000563420
02/02/2025	2655887,48	2,87719321	1947,432007	1,675243771	3730364,78	0,711964549	0,000265358	0,0000530716
03/02/2025	2644867,2	2,86291691	1949,022196	1,676611703	3741385,06	0,706921944	0,000264939	0,0000529878
04/02/2025	2589765,8	2,83331787	1928,354384	1,658832585	3664243,1	0,706766917	0,000270438	0,0000540876
05/02/2025	2567725,24	2,83061037	1913,771644	1,646288042	3664243,1	0,70075188	0,000274389	0,0000548779
06/02/2025	2562215,1	2,81652275	1919,216551	1,650971927	3719344,5	0,688888889	0,000272907	0,0000545814
07/02/2025	2523644,12	2,81683334	1890,116691	1,625939289	3669753,24	0,687687688	0,000280929	0,0000561858
08/02/2025	2518133,98	2,81652275	1886,197772	1,622568109	3675263,38	0,685157421	0,000282028	0,0000564056
09/02/2025	2474052,86	2,80343472	1861,830689	1,601606759	3642202,54	0,679273828	0,000288967	0,0000577934
10/02/2025	2694458,46	2,86558875	1983,715043	1,706455608	3752405,34	0,718061674	0,000255966	0,0000511931
11/02/2025	2655887,48	2,87719321	1947,432007	1,675243771	3730364,78	0,711964549	0,000265358	0,0000530716
12/02/2025	2644867,2	2,86291691	1949,022196	1,676611703	3741385,06	0,706921944	0,000264939	0,0000529878
13/02/2025	2589765,8	2,83331787	1928,354384	1,658832585	3664243,1	0,706766917	0,000270438	0,0000540876
14/02/2025	2567725,24	2,83061037	1913,771644	1,646288042	3664243,1	0,70075188	0,000274389	0,0000548779
15/02/2025	2562215,1	2,81652275	1919,216551	1,650971927	3719344,5	0,688888889	0,000272907	0,0000545814
16/02/2025	2523644,12	2,81683334	1890,116691	1,625939289	3669753,24	0,687687688	0,000280929	0,0000561858
17/02/2025	2518133,98	2,81652275	1886,197772	1,622568109	3675263,38	0,685157421	0,000282028	0,0000564056
18/02/2025	2644867,2	2,93430783	1901,603013	1,635820194	3757915,48	0,703812317	0,000277733	0,0000555466
19/02/2025	2655887,48	2,8642007	1956,265895	1,682842967	3719344,5	0,714074074	0,000263039	0,0000526078
20/02/2025	2650377,34	2,86023871	1954,911443	1,681677823	3713834,36	0,713649852	0,000263393	0,0000526786
21/02/2025	2644867,2	2,85888928	1951,767999	1,678973731	3741385,06	0,706921944	0,000264217	0,0000528434
22/02/2025	2589765,8	2,83331787	1928,354384	1,658832585	3664243,1	0,706766917	0,000270438	0,0000540876
23/02/2025	2567725,24	2,83061037	1913,771644	1,646288042	3664243,1	0,70075188	0,000274389	0,0000548779
24/02/2025	2523644,12	2,81683334	1890,116691	1,625939289	3669753,24	0,687687688	0,000280929	0,0000561858
25/02/2025	2507113,7	2,82294976	1873,667565	1,611789221	3658732,96	0,685240964	0,000285574	0,0000571147
26/02/2025	2655887,48	2,8642007	1956,265895	1,682842967	3719344,5	0,714074074	0,000263039	0,0000526078



© 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

27/02/2025	2644867,2	2,86291691	1949,022196	1,676611703	3741385,06	0,706921944	0,000264939	0,0000529878
28/02/2025	2589765,8	2,83331787	1928,354384	1,658832585	3664243,1	0,706766917	0,000270438	0,0000540876
01/03/2025	2567725,24	2,83061037	1913,771644	1,646288042	3664243,1	0,70075188	0,000274389	0,0000548779
02/03/2025	2562215,1	2,81652275	1919,216551	1,650971927	3719344,5	0,688888889	0,000272907	0,0000545814
03/03/2025	2523644,12	2,81683334	1890,116691	1,625939289	3669753,24	0,687687688	0,000280929	0,0000561858
04/03/2025	2518133,98	2,81652275	1886,197772	1,622568109	3675263,38	0,685157421	0,000282028	0,0000564056
05/03/2025	2474052,86	2,80343472	1861,830689	1,601606759	3642202,54	0,679273828	0,000288967	0,0000577934
06/03/2025	2655887,48	2,87719321	1947,432007	1,675243771	3730364,78	0,711964549	0,000265358	0,0000530716
07/03/2025	2644867,2	2,86291691	1949,022196	1,676611703	3741385,06	0,706921944	0,000264939	0,0000529878
08/03/2025	2589765,8	2,83331787	1928,354384	1,658832585	3664243,1	0,706766917	0,000270438	0,0000540876
09/03/2025	2567725,24	2,83061037	1913,771644	1,646288042	3664243,1	0,70075188	0,000274389	0,0000548779
10/03/2025	2562215,1	2,81652275	1919,216551	1,650971927	3719344,5	0,688888889	0,000272907	0,0000545814
11/03/2025	2523644,12	2,81683334	1890,116691	1,625939289	3669753,24	0,687687688	0,000280929	0,0000561858
12/03/2025	2518133,98	2,81652275	1886,197772	1,622568109	3675263,38	0,685157421	0,000282028	0,0000564056
13/03/2025	2517031,95	2,81165766	1888,634617	1,624664362	3696201,912	0,680977937	0,000281344	0,0000562688
14/03/2025	2645418,21	2,87549907	1940,898243	1,669623217	3718793,486	0,711364647	0,000267086	0,0000534173
15/03/2025	2644867,2	2,86291691	1949,022196	1,676611703	3741385,06	0,706921944	0,000264939	0,0000529878
16/03/2025	2589765,8	2,83331787	1928,354384	1,658832585	3664243,1	0,706766917	0,000270438	0,0000540876
17/03/2025	2567725,24	2,83061037	1913,771644	1,646288042	3664243,1	0,70075188	0,000274389	0,0000548779
18/03/2025	2562215,1	2,81652275	1919,216551	1,650971927	3719344,5	0,688888889	0,000272907	0,0000545814
19/03/2025	2523644,12	2,81683334	1890,116691	1,625939289	3669753,24	0,687687688	0,000280929	0,0000561858
20/03/2025	2518133,98	2,81652275	1886,197772	1,622568109	3675263,38	0,685157421	0,000282028	0,0000564056
21/03/2025	2474052,86	2,80343472	1861,830689	1,601606759	3642202,54	0,679273828	0,000288967	0,0000577934
22/03/2025	2649826,33	2,87282161	1945,944324	1,673964018	3724303,626	0,711495783	0,00026575	0,0000531501
23/03/2025	2644867,2	2,86291691	1949,022196	1,676611703	3741385,06	0,706921944	0,000264939	0,0000529878
24/03/2025	2589765,8	2,83331787	1928,354384	1,658832585	3664243,1	0,706766917	0,000270438	0,0000540876
25/03/2025	2584255,66	2,8376457	1921,316734	1,652778572	3663141,072	0,705475331	0,000272337	0,0000544675
26/03/2025	2562215,1	2,81652275	1919,216551	1,650971927	3719344,5	0,688888889	0,000272907	0,0000545814
27/03/2025	2523644,12	2,81683334	1890,116691	1,625939289	3669753,24	0,687687688	0,000280929	0,0000561858
28/03/2025	2518133,98	2,81652275	1886,197772	1,622568109	3675263,38	0,685157421	0,000282028	0,0000564056



© 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

29/03/2025	2517031,95	2,81165766	1888,634617	1,624664362	3696201,912	0,680977937	0,000281344	0,0000562688
30/03/2025	2644867,2	2,86291691	1949,022196	1,676611703	3741385,06	0,706921944	0,000264939	0,0000529878
31/03/2025	2589765,8	2,83331787	1928,354384	1,658832585	3664243,1	0,706766917	0,000270438	0,0000540876
01/04/2025	2567725,24	2,83061037	1913,771644	1,646288042	3664243,1	0,70075188	0,000274389	0,0000548779
02/04/2025	2562215,1	2,81652275	1919,216551	1,650971927	3719344,5	0,688888889	0,000272907	0,0000545814
03/04/2025	2647236,56	2,88337381	1936,927928	1,666207824	3730364,78	0,709645495	0,000268143	0,0000536285
04/04/2025	2584255,66	2,8376457	1921,316734	1,652778572	3663141,072	0,705475331	0,000272337	0,0000544675
05/04/2025	2562215,1	2,81652275	1919,216551	1,650971927	3719344,5	0,688888889	0,000272907	0,0000545814
06/04/2025	2518133,98	2,80700126	1892,59585	1,628071942	3697303,94	0,681073025	0,000280236	0,0000560472
07/04/2025	2649826,33	2,87282161	1945,944324	1,673964018	3724303,626	0,711495783	0,00026575	0,0000531501
08/04/2025	2644867,2	2,86291691	1949,022196	1,676611703	3741385,06	0,706921944	0,000264939	0,0000529878
09/04/2025	2589765,8	2,83331787	1928,354384	1,658832585	3664243,1	0,706766917	0,000270438	0,0000540876
10/04/2025	2584255,66	2,8376457	1921,316734	1,652778572	3663141,072	0,705475331	0,000272337	0,0000544675
11/04/2025	2562215,1	2,81652275	1919,216551	1,650971927	3719344,5	0,688888889	0,000272907	0,0000545814
12/04/2025	2518133,98	2,81652275	1886,197772	1,622568109	3675263,38	0,685157421	0,000282028	0,0000564056
13/04/2025	2517031,95	2,81165766	1888,634617	1,624664362	3696201,912	0,680977937	0,000281344	0,0000562688
14/04/2025	2474052,86	2,80343472	1861,830689	1,601606759	3642202,54	0,679273828	0,000288967	0,0000577934
15/04/2025	2679581,08	2,90740553	1944,388077	1,672625285	3792629,362	0,706523318	0,000266162	0,0000532323
16/04/2025	2688948,32	2,7913767	2032,289927	1,748241289	3768935,76	0,713450292	0,000243917	0,0000487834
17/04/2025	2699968,6	2,89313286	1968,847115	1,693665737	3840567,58	0,703012912	0,000259772	0,0000519545
18/04/2025	2705478,74	2,98066911	1914,926096	1,647281139	3851587,86	0,702432046	0,000274074	0,0000548149
19/04/2025	2572133,35	2,75114517	1972,430149	1,696747978	3696201,912	0,69588551	0,00025885	0,0000517700
20/04/2025	2512623,84	2,86175867	1852,320473	1,593425764	3691793,8	0,680597015	0,000291724	0,0000583449
21/04/2025	2474052,86	2,80343472	1861,830689	1,601606759	3642202,54	0,679273828	0,000288967	0,0000577934
22/04/2025	2472950,83	3,05129502	1709,83003	1,470850894	3756813,452	0,658257554	0,000336714	0,0000673429
23/04/2025	2562215,1	2,87239044	1881,887997	1,618860702	3735874,92	0,685840708	0,000283242	0,0000566485
24/04/2025	2644867,2	2,86291691	1949,022196	1,676611703	3741385,06	0,706921944	0,000264939	0,0000529878
25/04/2025	2595275,94	2,88764781	1896,098851	1,631085336	3675263,38	0,706146927	0,00027926	0,0000558519
26/04/2025	2523644,12	2,82099202	1887,3303	1,623542346	3669753,24	0,687687688	0,00028171	0,0000563420
27/04/2025	2496093,42	2,82569578	1863,618837	1,603144981	3680773,52	0,678143713	0,000288451	0,0000576903



© 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

28/04/2025	2523644,12	2,81683334	1890,116691	1,625939289	3669753,24	0,687687688	0,000280929	0,0000561858
29/04/2025	2518133,98	2,81652275	1886,197772	1,622568109	3675263,38	0,685157421	0,000282028	0,0000564056
30/04/2025	2474052,86	2,80343472	1861,830689	1,601606759	3642202,54	0,679273828	0,000288967	0,0000577934
01/05/2025	2551194,82	2,83928796	1895,639903	1,630690534	3796486,46	0,671988389	0,000279387	0,0000558775





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

Lampiran 6 Daftar Riwayat Hidup

Daftar Riwayat Hidup

- | | | |
|--------------------------|---|--|
| 1. Nama Lengkap | : | Zidan Ananta Siwi Anshori |
| 2. NIM | : | 2202431018 |
| 3. Tempat, Tanggal Lahir | : | Jakarta, 11 Mei 2004 |
| 4. Jenis Kelamin | : | Laki – Laki |
| 5. Alamat | : | Jl. Kemang 1 No.C52 Rt004/Rw008
Sukatani, Tapos, Depok, Jawa Barat |
| 6. Email | : | zidan.ananta.siwi.anshori.tm22@mhs.wpnj.ac.id
zidanananta2004@gmail.com |
| 7. Pendidikan | : | |
| SD (2008-2014) | : | SDIT Amal Mulia |
| SMP (2014-2017) | : | SMPIT Rahmadiyah Boarding School |
| SMA (2017-2020) | : | SMAN 4 Depok |
| 8. Program Studi | : | Teknologi Rekayasa Konversi Energi |
| 9. Bidang Peminatan | : | Perpindahan Panas |



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**