



© 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



**PENGARUH ENDAPAN GARAM DAN MINERAL PADA
TUBE BRINE HEATER TERHADAP EFEKTIFITAS
HEAT TRANSFER**

SKRIPSI

Oleh:

Dicky Marhan Alarick

NIM.1902421026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2023



© 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



**PENGARUH ENDAPAN GARAM DAN MINERAL PADA
TUBE BRINE HEATER TERHADAP EFEKTIFITAS
HEAT TRANSFER**

SKRIPSI

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana
Terapan Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

Dicky Marhan Alarick

NIM.1902421026

PROGRAM STUDI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2023



“Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk ayah ibu, bangsa dan almamater”

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

**HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**Pengaruh Endapan Garam dan Mineral Pada Tube Brine Heater Terhadap
Efektifitas Heat Transfer**

Oleh:

Dicky Marhan Alarick

NIM. 1902421026

Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr. Paulus Sukusno, M.T.

NIP. 1197111142006041001

Ir., Benhur Nainggolan, M.T.

NIP. 196605191990031002

Kepala Program Studi
Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik

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

NIP. 196605191990031002



© 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

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Pengaruh Endapan Garam dan Mineral Pada Tube Brine Heater Terhadap Efektifitas Heat Transfer

Oleh:

Dicky Marhan Alarick

NIM. 1902421026

Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal Agustus 2023 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Pembangkit
Tenaga Listrik Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dr. Paulus Sukusno, S.T., M.T.	Ketua		25-08-23
2.	Ir., Budi Santoso, M.T.	Anggota		25-08-23
3.	Ir., Emir Ridwan, M.T.	Anggota		25-08-23

Depok, - Agustus 2023

Disahkan Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T. IWE

NIP. 197707142008121005



© 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 : Dicky Marhan Alarick

NIM : 1902421026

Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Pembangkit Tenaga Listrik

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 dalam skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-bearnya.

Depok, Agustus 2023



Dicky Marhan Alarick

NIM.1902421026



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

PENGARUH ENDAPAN GARAM DAN MINERAL PADA TUBE BRINE HEATER TERHADAP EFESIENSI HEAT TRANSFER

Dicky Marhan Alarick ¹⁾, Dr. Paulus Sukusno S.T., M.T. ¹⁾,

Ir. Benhur Nainggolan, M.T. ²⁾

¹⁾ Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Kampus UI Depok, 16424

²⁾ Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Kampus UI Depok, 16424

Email: dicky.marhanalarick.tm19@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRAK

Pengendapan merupakan fenomena yang terjadi pada setiap pipa atau bagian lain pada alat penukar panas yang dialiri fluida. Pada penelitian ini akan membahas pengaruh dari endapan garam dan mineral pada sisi pipa pemanas air laut terhadap efektifitas perpindahan panas dari brine heater tersebut. Pemanas air laut merupakan alat penukar kalor yang berfungsi untuk memanaskan air laut menjadi suhu terbaik pemanas air laut yakni 108 °C sampai 109 °C. Nilai suhu terbaik pemanas air laut. Pengendapan garam dan mineral tersebut menyebabkan penebalan dinding pipa pemanas air laut. Oleh karena itu penulis berusaha untuk menganalisis pengaruh dari endapan garam dan mineral terhadap efektifitas dari pemanas air laut itu sendiri. Hasil analisis efektifitas pemanas air laut dimulai dari perhitungan nilai keseluruhan koefisien perpindahan panas dalam kondisi bersih sebesar 1153,8 W/m²K dan pada kondisi kotor sebesar 1131,13 W/m²K. Sedangkan hasil analisis efektifitas perpindahan panas pada pemanas air laut mengalami penurunan dari yang semula adalah 57,67% menjadi 56,44% penurunan ditaksir sebesar 1,23%. Penurunan yang tidak drastis dapat terjadi karena ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai efektifitas pemanas air laut. Namun dapat disimpulkan bahwa efektifitas perpindahan panas pada pemanas air laut mengalami penurunan akibat penebalan scaling pada dinding pipa pemanas air laut.



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 kunci: *Pengendapan, koefisien perpindahan panas, perpindahan panas, efektifitas*

EFFECT OF SALT AND MINERAL DEPOSITION ON TUBE BRINE HEATER PERFORMANCE IN HEAT TRANSFER

Dicky Marhan Alarick ¹⁾, Dr. Paulus Sukusno S.T., M.T. ¹⁾,

Ir. Benhur Nainggolan, M.T. ²⁾

¹⁾ Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Kampus UI Depok, 16424

²⁾ Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Kampus UI Depok, 16424

Email: dicky.marhanalarick.tm19@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRAK

Deposition or scaling is a phenomenon that occurs in every tube or other parts of a heat exchanger that is exposed to fluid flow. This study focuses on the influence of salt and mineral deposits on the tube side of a brine heater on the heat transfer efficiency of the heater. The brine heater is a heat exchanger designed to heat seawater to a Top Brine Temperature of 108 °C - 109 °C. The value of the top brine temperature is critical. Salt and mineral deposition causes the thickening of the brine heater tube walls. Hence, the author seeks to analyze the impact of salt and mineral deposits on the overall efficiency of the brine heater. The analysis results in an overall heat transfer coefficient value of 1153.8 W/m² K in clean conditions and 1131.13 W/m² K in fouled conditions. Additionally, the analysis of heat transfer efficiency in the brine heater indicates a decrease from the original 57.67% to 56.44%, estimated to be a decline of 1.23%. This modest decrease could be influenced by various factors affecting the brine heater's efficiency. Nonetheless, it can be concluded that the heat transfer efficiency of the brine heater is reduced due to scaling buildup on the tube walls of the brine heater.

Kata kunci: *Scaling, overall heat transfer coefficient, heat transfer, efektifitas*



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Endapan Garam dan Mineral Pada Tube Brine Heater Terhadap Efektifitas Heat Transfer**”. Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat membantu penelitian ini. Terima kasih kepada:

1. Bapak Eka Yogaswara dan Ibu Tita Sudiarti selaku orang tua yang saya sayangi dan cintai yang telah mendidik dan selalu mendukung segala kegiatan yang saya lakukan.
2. Bapak Dr. Eng., Muslimin, M.T., IWE selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
3. Bapak Dr. Paulus Sucusno, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Benhur Nainggolan, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan arahan hingga penelitian ini selesai.
4. Bapak Cecep Slamet Abadi, M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Pembangkit Tenaga Listrik.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing dan memberikan ilmu, pengalaman, dukungan moril, dan bantuan lainnya selama masa studi dan penelitian.
6. Bapak Edward Meidriansyah selaku mentor sekaligus penanggung jawab yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu kepada saya dalam pelaksanaan praktik kerja lapangan.
7. Bapak Wahyu Prasetyo, Bapak Seta dan Bapak Putut selaku mentor yang telah memberikan banyak ilmu kepada saya saat melakukan praktik kerja lapangan.
8. Seluruh tim pemeliharaan PT. PLN Indonesia Power Cilegon PGU yang telah menerima saya dengan baik dan mengayomi dalam pelaksanaan praktik kerja lapangan.
9. Bapak Jusuf Baharudin Prabowo selaku alumni almamater Politkenik Negeri Jakarta yang telah terbuka untuk diskusi tentang pekerjaan dan ilmu pengetahuan *engineering*.

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

10. Rizaldy Saputra Dharma Winata dan Muhammad Rafsya Firdaus sebagai teman yang selalu menjadi pemberi informasi akademik.
11. Aulia Putri selaku pendamping yang selalu memberikan semangat dan motivasi dalam proses penulisan penelitian ini.
12. Teman-teman seangkatan program studi saya yang senantiasa memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi Politeknik Negeri Jakarta maupun semua pembaca di seluruh dunia. Mohon maaf atas segala kekurangan. Terima kasih.



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 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
ABSTRAK.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.1.1 Sistem Desalinasi Pada Industri.....	5
2.1.2 Desalinasi Pada PT PLN Indonesia Power Cilegon PGU.....	5
2.1.3 Auxiliary Proses Pada Desalination Plant.....	8
2.1.4 Brine Heater	9
2.1.5 Pengendapan Garam dan Mineral	10
2.1.6 Sifat Koligatif Larutan	11
2.1.7 Heat Transfer.....	14
2.1.8 Overall Heat Transfer Coeficient.....	17
2.1.9 Fouling Factor dan LMTD.....	21
2.2 Kajian Literatur.....	24
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Jenis Penelitian.....	26
3.2 Objek Penelitian.....	28



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

3.3	Metode Pengambilan Sampel	28
3.4	Jenis dan Sumber Data Penelitian.....	29
3.5	Metode Pengumpulan Data Penelitian.....	29
3.6	Metode Analisis Data.....	30
BAB IV HASIL PENELITIAN.....		31
4.1	Hasil Penelitian	31
4.1.1	Analisis Endapan Garam dan Mineral terhadap Perpindahan Panas ...	31
4.1.2	Analisis LMTD Fouling Factor.....	41
4.1.3	Analisis Efisiensi Perpindahan Panas	42
4.2	Pembahasan.....	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		47
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA.....		49
LAMPIRAN		51

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2. 1 UNIT DESALINATION MSF-OT	6
GAMBAR 2. 2 MONITOR LOKAL DESALINATION 1-A	7
GAMBAR 2. 3 CARA KERJA DESALINATION MSF-OT	8
GAMBAR 2. 4 COUNTER FLOW HEAT EXCHANGER.....	9
GAMBAR 2. 5 GRAFIK PENURUNAN TEKANAN UAP	12
GAMBAR 2. 6 GRAFIK KENAIKAN TITIK DIDIH AIR LAUT	14
GAMBAR 2. 7 TUBE HEAT EXCHANGER	18
GAMBAR 2. 8 FOULING ASH.....	21
GAMBAR 3. 1 DIAGRAM ALIR.....	26
GAMBAR 4. 1 GRAFIK TEMPERATURE STEAM & BRINE	32
GAMBAR 4. 2 GRAFIK KOEFISIEN KONVEKSI AIR LAUT.....	37
GAMBAR 4. 3 GRAFIK KOEFISIEN KONVEKSI LP STEAM	38
GAMBAR 4. 4 DESUPERHEATER.....	39
GAMBAR 4. 5 GRAFIK OVERALL HEAT TRANSFER COEFFICIENT	40
GAMBAR 4. 6 LAJU PERPINDAHAN PANAS BERSIH DAN KOTOR	44
GAMBAR 4. 7 GRAFIK EFEKTIFITAS BRINE HEATER.....	45

Hak Cipta :

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

DAFTAR TABEL

TABEL 2. 1 SPESIFIKASI BRINE HEATER.....	9
TABEL 2. 2 PROPERTIES OF VAPOUR (SATURATED) PRESSURE OF SEAWATER.....	12
TABEL 2. 4 PROPERTIES OF BOILING POINT ELEVATION	13
TABEL 4. 1 DATA OPERASI DESALINATION MSF-OC 1A.....	31
TABEL 4. 2 PROPERTIES OF SEAWATER	33
TABEL 4. 3 PROPERTIES OF STEAM.....	34
TABEL 4. 4 HEAT TRANSFER COEFFICIENT	36
TABEL 4. 5 PERHITUNGAN LMTD	41
TABEL 4. 6 PERHITUNGAN CORRECTION FACTOR	41
TABEL 4. 7 LAJU PERPINDAHAN PANAS	43
TABEL 4. 8 EFEKTIFITAS BRINE HEATER	44

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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi pada perkembangan negara terutama pada sector rumah tangga dan sector industri akan semakin meningkat seiring dengan perkembangan zaman. Peningkatan infrastruktur dan fasilitas umum yang serba moderen dari tahun ke tahun. Selain itu, transformasi kendaraan dari sistem *Internal Combustion Engine* menjadi *Electric vehicle* ini merupakan langkah yang baik dalam mewujudkan kondisi lingkungan yang sehat dan bersih. Kemajuan tersebut berdampak kepada angka kebutuhan energi yang juga semakin meningkat. Peningkatan pasokan energi listrik dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Indonesia setiap harinya (Airlangga. 2023).

PT PLN Indonesia Power Cilegon PGU merupakan pembangkit berjenis PLTGU atau Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap. Pembangkit ini sudah berdiri sejak tahun 2004. PT PLN Indonesia Power Cilegon PGU beroperasi dengan satu blok pembangkit, dengan kapasitas produksi 1×740 MW. Pembangkit ini memanfaatkan gas turbin yang digerakan oleh ekspansi gas panas yang diarahkan menuju *blade turbine* sehingga dapat menggerakkan turbin. Panas buangan yang masih memiliki suhu tinggi dari hasil ekspansi gas panas yang telah melewati turbin ini dimanfaatkan kembali menggunakan HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*). Hasil dari sistem HRSG menghasilkan uap panas yang bisa dimanfaatkan untuk menggerakkan *steam turbine*(Chichirov et al., 2018).

Pada HRSG dibutuhkan air yang memiliki nilai konduktifitas yang kecil dan pH yang netral. Hal ini dilakukan untuk menjaga komponen krusial agar tetap dalam kondisi baik. Selain itu, kepentingan kualitas air yang dijaga ini bertujuan untuk menghindari adanya scaling, korosi, dan fouling pada bagian perpipaan dalam maupun pada *steam turbine* itu sendiri (Nengah. 2013). Maka dari itu, sistem pengolahan air pada sistem PLTGU merupakan hal yang juga krusial untuk membantu menjaga kualitas air sebelum masuk ke HRSG dan dijadikan fluida kerja pada *steam turbine* (Chichirov et al., 2018).



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

Untuk mengatasi permasalahan dari kebutuhan air yang besar dan kemurnian air diperlukan beberapa proses pemurnian air yang ada pada PT PLN Indonesia Power Cilegon PGU. Terdapat dua tahap pemurnian air sebelum digunakan sebagai fluida kerja. Tahap pemurnian air yang pertama adalah *Desalination Plant* yang bertujuan untuk mengangkat ikatan garam dan mineral yang ada pada air, dengan evaporasi dan penyaringan(El-Dessouky et al., 1999). Lalu, tahap pemurnian air yang kedua adalah *Demineralization Plant* yang bertujuan untuk mengangkat mineral-mineral yang masih terdapat pada air sehingga air memiliki nilai konduktifitas yang semakin rendah (Lin Teng Shee et al., 2005).

Proses pengolahan air yang akan dijanikan fluida kerja ini bersumber dari air laut. Air laut memiliki kandungan garam dan mineral yang cukup tinggi. Untuk mengatasi hal tersebut di adakanlah *Desalination Plant* sebagai unit yang digunakan untuk memisahkan antara garam dan mineral dengan air murni dari air laut. Air yang dihasilkan dari *Desalination Plant* disebut *Distillate water* yang akan di simpan pada *Raw Water Tank*. *Distillate water* yang dihasilkan sudah memiliki nilai konduktifitas yang relatif lebih rendah (Hawaidi & Mujtaba, 2010).

Pada *Desalination Plant tipe Multi Stage Flash* membutuhkan energi kalor untuk melakukan proses pemanasan suhu air laut sampai ke titik *top brine*. Proses perpindahan tersebut terjadi pada *Brine Heater* yang berbentuk *shell and tube*. Energi kalor yang akan dimanfaatkan bersumber dari buangan *High pressure steam turbine* yang masih memiliki suhu yang tinggi berupa *steam*. *Steam* tersebut dialirkan menuju *brine heater* untuk memanaskan air laut yang melalui tube. Proses tersebut akan membutuhkan lebih banyak energi apabila dinding *tube* mengalami pengendapan oleh garam dan mineral. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis lebih lanjut terkait pengaruh yang ditimbulkan dari endapan garam dan mineral tersebut terhadap efisiensi heat transfer pada brine heater.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Apa saja faktor yang mempengaruhi terjadinya pengendapan pada sisi *tube brine heater*?



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. Bagaimana cara menanggulangi pengendapan mineral dan garam pada sisi *tube brine heater*?
3. Bagaimana dampak pengendapan mineral dan garam pada kinerja sistem?

Agar penelitian tidak meluas jauh dalam segi pembahasan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berdasarkan data operasi efisiensi engineer dari PT PLN Indonesia Power Cilegon PGU.
2. Desalination plant yang digunakan adalah jenis *Multi Stage Flash – Once Through* pada PT PLN Indonesia Power Cilegon PGU unit 1-A.
3. Perhitungan koefisien konveksi dilakukan dengan menerapkan kondisi ideal dimana laju aliran air laut dianggap identic karena memiliki perbedaan yang kecil.

1.3 Pertanyaan Penelitian

Adapun pertanyaan penelitian dalam penelitian ini adalah:

1. Apa saja parameter yang dapat menjadi acuan dalam mengidentifikasi pengendapan garam dan mineral pada *tube brine heater*?
2. Hal apa saja yang dapat mempengaruhi terbentuknya endapan garam dan mineral pada *tube brine heater*?
3. Bagaimana dampak dari penebalan endapan mineral dan garam terhadap efisiensi perpindahan panas?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dari penulisan skripsi ini mempunyai tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh endapan garam dan mineral pada proses perpindahan panas Heat Exchanger.
2. Mengetahui pengaruh pengendapan garam dan mineral dari segi efisiensi perpindahan panas.
3. Mengetahui faktor utama terbentuknya pengendapan mineral dan garam pada sisi *tube brine heater*.



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. Mengetahui metode pemeliharaan yang tepat untuk menanggulangi penebalan endapan pada sisi *tube brine heater*.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat yang dapat dihasilkan dari penelitian ini, yaitu :

1. Dapat mengetahui pengaruh dari penebalan endapan mineral dan garam pada sisi *tube brine heater*
2. Mendapatkan pengetahuan dan penerapan ilmu bagi penulis dan dapat diaplikasikan di dunia industri atau saat dunia kerja khususnya di bidang pembangkit listrik.
3. Sebagai media pembelajaran dan referensi bagi mahasiswa atau perusahaan dalam mengatasi dan menanggulangi permasalahan endapan mineral dan garam

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

- **BAB I PENDAHULUAN**
Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.
- **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**
Bab ini menjelaskan tentang landasan teori yang berhubungan dalam penelitian literatur yang dapat membantu berjalannya penelitian ini.
- **BAB III METODE PENELITIAN**
Bab ini menjelaskan tentang jenis penelitian, objek penelitian, metode pengambilan sampel, jenis dan sumber data penelitian, alur penelitian, pengumpulan data penelitian, pengolahan data, dan analisis data.
- **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**
Bab ini berisikan uraian hasil rancangan, spesifikasi, dan konsep simulator serta membahas secara terperinci tujuan dari tugas akhir.
- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**
Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari hasil pengolahan data dan pembahasan serta saran bagian penelitian selanjutnya. Kesimpulan harus sesuai dengan tujuan penelitian dan bisa menyelesaikan rumusan masalah.



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

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa pada penelitian ini, maka didapatkan kesimpulan yaitu:

1. Pada hasil perhitungan nilai koefisien konveksi air laut dan nilai koefisien konveksi uap mengalami penurunan seiring dengan lamanya waktu operasi. Nilai koefisien konveksi air laut pada kondisi bersih adalah $1199,64 W/m^2K$ dan pada saat kondisi kotor adalah $1159,024 W/m^2K$. Sedangkan pada nilai koefisien konveksi uap pada kondisi bersih adalah $46074,09 W/m^2K$ dan pada kondisi kotor adalah $42457,02 W/m^2K$. Kedua parameter tersebut dapat mengalami penurunan karena beberapa hal diantaranya suhu, laju aliran massa, dan massa jenis. Adapun satu variable lagi yakni adalah geometri atau bentuk dari *heat exchanger* itu sendiri.
2. Pada hasil perhitungan nilai *overall heat transfer coefficient* mengalami penurunan seiring dengan waktu operasi pada bulan februari 2023 pada kondisi bersih atau sebagai data proyeksi dari bulan februari 2021 menunjukkan bahwa nilai *overall heat transfer coefficient* sebesar $1169,2 W/m^2K$. Sedangkan pada bulan agustus pada kondisi kotor atau sebagai data dimana bulan depannya adalah jadwal *overhaul* di dapat nilai *overall heat transfer coefficient* sebesar $1128,22 W/m^2K$. Penurunan nilai *overall heat transfer coefficient* disebabkan oleh penurunan nilai koefisien konveksi yang juga ikut menurun.
3. Laju aliran massa, suhu, dan salinitas adalah variable utama dari penelitian ini karena menjadi variabel yang sangat diperhitungkan untuk mencari nilai koefisien konveksi. Terlihat pada bulan oktober 2021 suhu steam inlet sebesar $118,64 ^\circ C$ hanya dapat memanaskan air laut hingga suhu $106,36 ^\circ C$. Laju aliran massa yang lebih kecil dari data operasi lain juga membuat nilai koefisien konveksi dan *overall heat transfer coefficient* menjadi lebih rendah dari data yang lain. Hal tersebut mengartikan dibutuhkan konfigurasi suhu *steam* agar dapat mengejar suhu *top brine temperature* yang sesuai dengan spesifikasi.



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

4. Pengendapan terjadi bukan hanya karena adanya proses perpindahan panas atau perubahan fase yang salah. Tapi juga dapat disebabkan karena ada air laut yang masih tersisa di dalam *tube brine heater* maupun *tube* lain pada *desalination plant*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada penelitian ini penulis memiliki beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian lebih mendalam tentang pembahasan pengaruh endapan garam dan mineral pada heat exchanger sebagai berikut.

1. Sebagaimana yang telah dilakukan pada penelitian ini apabila terdapat kekurangan data operasi pada tahun yang telah lalu dapat digunakan data pada tahun yang baru dengan kondisi operasi yang sama. Dengan maksud digunakan sebagai data proyeksi dari kondisi unit pada tahun yang telah lama beralalu dengan kondisi sekarang.
2. Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan excel atau menggunakan software simulasi untuk memudahkan peneliti dalam melakukan penelitian ini kedepannya.
3. Disarankan untuk melakukan drain pada setiap kali unit selesai beroperasi, melakukan flushing saat unit akan mulai running, serta memeriksa tekanan operasi yang disesuaikan dengan suhu *top brine temperature*. Hal tersebut bertujuan untuk mengurangi pembentukan endapan pada dinding *tube brine heater*.



DAFTAR PUSTAKA

- A review of resource recovery from seawater desalination brine* | SpringerLink.
(n.d.). Retrieved August 19, 2023, from
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11157-021-09570-4>
- A review on flash evaporation desalination: Desalination and Water Treatment: Vol 57, No 29.* (n.d.). Retrieved August 19, 2023, from
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19443994.2015.1070283>
- Analytical Definition Of The Overall Heat Transfer Coefficient* | SPE Western Regional Meeting | OnePetro. (n.d.). Retrieved August 18, 2023, from
<https://onepetro.org/SPEWRM/proceedings-abstract/79CRM/All-79CRM/134594>
- Applied Sciences* | Free Full-Text | A Review of the Water Desalination Technologies. (n.d.). Retrieved August 19, 2023, from
<https://www.mdpi.com/2076-3417/11/2/670>
- Auerbach, M. H., O'Neill, J. J., Reimer, R. A., & Walinsky, S. W. (1981). Foam Control Additives In MSF Desalination. *Desalination*, 38, 159–168.
[https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(00\)86062-2](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(00)86062-2)
- Baig, H., Antar, M. A., & Zubair, S. M. (2011). Performance evaluation of a once-through multi-stage flash distillation system: Impact of brine heater fouling. *Energy Conversion and Management*, 52(2), 1414–1425.
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.10.004>
- Benecke, J., Rozova, J., & Ernst, M. (2018). Anti-scale effects of select organic macromolecules on gypsum bulk and surface crystallization during reverse osmosis desalination. *Separation and Purification Technology*, 198, 68–78.
<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2016.11.068>
- Çengel, Y. A. (2000). *Heat and mass transfer*.
<http://103.62.146.201:8081/xmlui/handle/1/4693>
- Chichirov, A. A., Chichirova, N. D., Filimonova, A. A., & Gafiatullina, A. A. (2018). Qualitative and Quantitative Analysis of Organic Impurities in Feedwater of a Heat-Recovery Steam Generator. *Thermal Engineering*, 65(3), 168–173. <https://doi.org/10.1134/S0040601518030047>

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

- Al-Dessouky, H. T., & Ettouney, H. M. (2002). *Fundamentals of Salt Water Desalination*. Elsevier.
- Al-Dessouky, H. T., Ettouney, H. M., & Al-Roumi, Y. (1999). Multi-stage flash desalination: Present and future outlook. *Chemical Engineering Journal*, 73(2), 173–190. [https://doi.org/10.1016/S1385-8947\(99\)00035-2](https://doi.org/10.1016/S1385-8947(99)00035-2)
- FENOMENA KERAK DALAM DESALINASI DENGAN MULTI STAGE FLASH DISTILLATION (MSF) | Alimah | *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*. (n.d.). Retrieved August 19, 2023, from <https://jurnal.batan.go.id/index.php/jpen/article/view/1966>
- Hawaidi, E. A. M., & Mujtaba, I. M. (2010). Simulation and optimization of MSF desalination process for fixed freshwater demand: Impact of brine heater fouling. *Chemical Engineering Journal*, 165(2), 545–553. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.09.071>
- Lin Teng Shee, F., Angers, P., & Bazinet, L. (2005). Relationship between electrical conductivity and demineralization rate during electroacidification of cheddar cheese whey. *Journal of Membrane Science*, 262(1), 100–106. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2005.03.050>
- Nayar, K. G., Sharqawy, M. H., Banchik, L. D., & Lienhard V, J. H. (2016). Thermophysical properties of seawater: A review and new correlations that include pressure dependence. *Desalination*, 390, 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.02.024>
- Warsinger, D. M., Swaminathan, J., Guillen-Burrieza, E., Arafat, H. A., & Lienhard V, J. H. (2015). Scaling and fouling in membrane distillation for desalination applications: A review. *Desalination*, 356, 294–313. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2014.06.031>



© 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 1. *Properties of fluid*

1. *Steam Saturation Properties*

t (°C)	P	ρ_l	ρ_g	h_l	h_g	r	s_l	s_g	ϕ	v_l ($\times 10^3$)	v_g ($\times 10^3$)
0.01	0.0061173	999.78	0.004855	0.00	2500.5	2500.5	0.00000	9.1541	9.1541	1.00022	205990
	0.0065716	999.85	0.005196	4.18	2502.4	2498.2	0.01528	9.1277	9.1124	1.00015	192440
	0.0070605	999.90	0.005563	8.40	2504.2	2495.8	0.03064	9.1013	9.0707	1.00010	179760
	0.0075813	999.93	0.005952	12.61	2506.0	2493.4	0.04592	9.0752	9.0292	1.00007	168020
0.0081359	999.95	0.006364	16.82	2507.9	2491.1	0.06112	9.0492	8.9881	1.00005	157130	
5	0.0087260	999.94	0.006802	21.02	2509.7	2488.7	0.07626	9.0236	8.9473	1.00006	147020
	0.0093537	999.92	0.007265	25.22	2511.5	2486.3	0.09133	8.9981	8.9068	1.00008	137650
	0.0100209	999.89	0.007756	29.42	2513.4	2484.0	0.10633	8.9729	8.8666	1.00011	128940
	0.0107297	999.84	0.008275	33.61	2515.2	2481.6	0.12127	8.9479	8.8266	1.00016	120850
0.0114825	999.77	0.008824	37.80	2517.1	2479.3	0.13615	8.9232	8.7870	1.00023	113320	
10	0.012281	999.69	0.009405	41.99	2518.9	2476.9	0.15097	8.8986	8.7477	1.00031	106320
	0.013129	999.60	0.010019	46.18	2520.7	2474.5	0.16573	8.8743	8.7086	1.00040	99810
	0.014027	999.49	0.010668	50.36	2522.6	2472.2	0.18044	8.8502	8.6698	1.00051	93740
	0.014979	999.37	0.011353	54.55	2524.4	2469.8	0.19509	8.8263	8.6313	1.00063	88090
0.015988	999.24	0.012075	58.73	2526.2	2467.5	0.20969	8.8027	8.5930	1.00076	82810	
15	0.017056	999.09	0.012837	62.92	2528.0	2465.1	0.22424	8.7792	8.5550	1.00091	77900
	0.018185	998.93	0.013641	67.10	2529.9	2462.8	0.23873	8.7560	8.5173	1.00107	73310
	0.019380	998.76	0.014488	71.28	2531.7	2460.4	0.25317	8.7330	8.4798	1.00124	69020
	0.020644	998.58	0.015380	75.47	2533.5	2458.1	0.26757	8.7101	8.4426	1.00142	65020
0.021979	998.39	0.016319	79.65	2535.3	2455.7	0.28191	8.6875	8.4056	1.00161	61280	
20	0.023388	998.19	0.017308	83.84	2537.2	2453.3	0.29621	8.6651	8.3689	1.00182	57778
	0.024877	997.97	0.018347	88.02	2539.0	2451.0	0.31045	8.6428	8.3324	1.00203	54503
	0.026447	997.75	0.019441	92.20	2540.8	2448.6	0.32465	8.6208	8.2962	1.00226	51438
	0.028104	997.52	0.020590	96.39	2542.6	2446.2	0.33880	8.5990	8.2602	1.00249	48568
0.029850	997.27	0.021797	100.57	2544.5	2443.9	0.35290	8.5773	8.2244	1.00274	45878	
25	0.031691	997.02	0.023065	104.75	2546.3	2441.5	0.36696	8.5558	8.1889	1.00299	43357
	0.033629	996.75	0.024395	108.94	2548.1	2439.2	0.38096	8.5346	8.1536	1.00326	40992
	0.035670	996.48	0.025791	113.12	2549.9	2436.8	0.39492	8.5135	8.1185	1.00353	38773
	0.037818	996.20	0.027255	117.30	2551.7	2434.4	0.40884	8.4926	8.0837	1.00381	36690
0.040078	995.91	0.028791	121.49	2553.5	2432.0	0.42271	8.4718	8.0491	1.00411	34734	
30	0.042455	995.61	0.030399	125.67	2555.3	2429.7	0.43653	8.4513	8.0147	1.00441	32896
	0.044953	995.30	0.032084	129.85	2557.1	2427.3	0.45031	8.4309	7.9806	1.00472	31168
	0.047578	994.99	0.033849	134.04	2559.0	2424.9	0.46404	8.4107	7.9466	1.00504	29543
	0.050335	994.66	0.035696	138.22	2560.8	2422.5	0.47772	8.3906	7.9129	1.00537	28014
0.053229	994.33	0.037629	142.40	2562.6	2420.2	0.49137	8.3708	7.8794	1.00570	26575	
35	0.056267	993.99	0.039650	146.59	2564.4	2417.8	0.50496	8.3511	7.8461	1.00605	25220
	0.059454	993.64	0.041764	150.77	2566.2	2415.4	0.51851	8.3315	7.8130	1.00640	23944
	0.062795	993.28	0.043973	154.95	2568.0	2413.0	0.53202	8.3122	7.7802	1.00676	22741
	0.066298	992.92	0.046281	159.14	2569.8	2410.6	0.54549	8.2930	7.7475	1.00713	21607
0.069969	992.55	0.048691	163.32	2571.6	2408.2	0.55891	8.2739	7.7150	1.00751	20538	
40	0.073814	992.17	0.05121	167.50	2573.4	2405.9	0.57228	8.2550	7.6828	1.00789	19528
	0.077840	991.78	0.05383	171.69	2575.2	2403.5	0.58562	8.2363	7.6507	1.00829	18576
	0.082054	991.39	0.05657	175.87	2576.9	2401.1	0.59891	8.2177	7.6188	1.00869	17676
	0.086464	990.99	0.05943	180.05	2578.7	2398.7	0.61216	8.1993	7.5872	1.00909	16826
0.091076	990.58	0.06241	184.23	2580.5	2396.3	0.62537	8.1810	7.5557	1.00951	16023	
45	0.095898	990.17	0.06552	188.42	2582.3	2393.9	0.63853	8.1629	7.5244	1.00993	15263
	0.100938	989.74	0.06875	192.60	2584.1	2391.5	0.65166	8.1450	7.4933	1.01036	14545
	0.106205	989.32	0.07212	196.78	2585.9	2389.1	0.66474	8.1271	7.4624	1.01080	13866
	0.111706	988.88	0.07563	200.96	2587.6	2386.7	0.67778	8.1094	7.4317	1.01124	13222
0.117449	988.44	0.07928	205.14	2589.4	2384.3	0.69078	8.0919	7.4011	1.01170	12614	
50	0.12344	987.99	0.08308	209.33	2591.2	2381.9	0.70374	8.0745	7.3708	1.01215	12037
	0.12970	987.54	0.08703	213.51	2593.0	2379.5	0.71666	8.0573	7.3406	1.01262	11490
	0.13623	987.08	0.09114	217.69	2594.7	2377.0	0.72954	8.0401	7.3106	1.01309	10972
	0.14303	986.61	0.09541	221.87	2596.5	2374.6	0.74238	8.0232	7.2808	1.01357	10481
0.15012	986.13	0.09985	226.06	2598.3	2372.2	0.75518	8.0063	7.2511	1.01406	10015	

- 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

2. Viskositas kinematis air laut

Temp, °C	Salinity, g/kg													
	0	10	20	30	35	40	50	60	70	80	90	100	110	120
0	17.92	18.06	18.23	18.43	18.54	18.65	18.90	19.16	19.46	19.77	20.11	20.46	20.84	21.24
10	13.07	13.20	13.35	13.51	13.60	13.69	13.89	14.10	14.33	14.57	14.82	15.09	15.38	15.67
20	10.04	10.16	10.29	10.43	10.50	10.58	10.75	10.92	11.10	11.30	11.50	11.71	11.93	12.17
25	8.93	9.04	9.17	9.30	9.37	9.44	9.59	9.75	9.92	10.09	10.28	10.47	10.67	10.87
30	8.01	8.12	8.23	8.36	8.42	8.49	8.63	8.77	8.93	9.09	9.25	9.43	9.61	9.80
40	6.58	6.68	6.78	6.89	6.95	7.00	7.12	7.25	7.38	7.52	7.66	7.81	7.96	8.11
50	5.53	5.62	5.71	5.81	5.86	5.91	6.02	6.13	6.24	6.36	6.48	6.61	6.74	6.87
60	4.74	4.82	4.91	4.99	5.04	5.08	5.18	5.28	5.38	5.48	5.59	5.70	5.81	5.93
70	4.13	4.20	4.28	4.36	4.40	4.44	4.52	4.61	4.70	4.79	4.89	4.98	5.08	5.19
80	3.65	3.71	3.78	3.85	3.89	3.93	4.00	4.08	4.16	4.24	4.33	4.42	4.51	4.60
90	3.26	3.32	3.38	3.45	3.48	3.51	3.58	3.65	3.73	3.80	3.88	3.96	4.04	4.12
100	2.94	3.00	3.05	3.11	3.14	3.17	3.24	3.30	3.37	3.44	3.51	3.58	3.65	3.73
110	2.68	2.73	2.78	2.83	2.86	2.89	2.95	3.01	3.07	3.13	3.20	3.26	3.33	3.40
120	2.46	2.51	2.55	2.60	2.63	2.65	2.71	2.76	2.82	2.87	2.93	3.00	3.06	3.12

3. Massa jenis air laut

Temp, °C	Salinity, g/kg													
	0	10	20	30	35	40	50	60	70	80	90	100	110	120
0	999.9	1007.9	1016.0	1024.0	1028.0	1032.0	1040.0	1048.0	1056.1	1064.1	1072.1	1080.1	1088.1	1096.2
10	999.5	1007.4	1015.2	1023.0	1027.0	1030.9	1038.7	1046.6	1054.4	1062.2	1070.1	1077.9	1085.7	1093.6
20	998.0	1005.7	1013.4	1021.1	1024.9	1028.8	1036.5	1044.1	1051.8	1059.5	1067.2	1074.9	1082.6	1090.3
25	996.9	1004.5	1012.2	1019.8	1023.6	1027.4	1035.0	1042.6	1050.3	1057.9	1065.5	1073.1	1080.7	1088.4
30	995.6	1003.1	1010.7	1018.2	1022.0	1025.8	1033.4	1040.9	1048.5	1056.1	1063.6	1071.2	1078.7	1086.3
40	992.2	999.7	1007.1	1014.6	1018.3	1022.1	1029.5	1037.0	1044.5	1052.0	1059.4	1066.9	1074.4	1081.8
50	988.1	995.5	1002.9	1010.3	1014.0	1017.7	1025.1	1032.5	1039.9	1047.3	1054.7	1062.1	1069.5	1076.9
60	983.2	990.6	998.0	1005.3	1009.0	1012.7	1020.0	1027.4	1034.7	1042.1	1049.5	1056.8	1064.2	1071.5
70	977.8	985.1	992.5	999.8	1003.5	1007.1	1014.5	1021.8	1029.1	1036.5	1043.8	1051.2	1058.5	1065.8
80	971.8	979.1	986.5	993.8	997.5	1001.1	1008.5	1015.8	1023.1	1030.5	1037.8	1045.1	1052.5	1059.8
90	965.3	972.6	980.0	987.3	991.0	994.7	1002.0	1009.4	1016.8	1024.1	1031.5	1038.8	1046.2	1053.5
100	958.3	965.7	973.1	980.5	984.2	987.9	995.2	1002.6	1010.0	1017.4	1024.8	1032.2	1039.6	1047.0
110	950.9	958.3	965.8	973.2	976.9	980.6	988.1	995.5	1003.0	1010.4	1017.8	1025.3	1032.7	1040.2
120	943.0	950.6	958.1	965.6	969.3	973.1	980.6	988.1	995.6	1003.1	1010.6	1018.1	1025.6	1033.1

4. Prandtl Air Laut

Temp, °C	Salinity, g/kg													
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
0	13.18	13.19	13.22	13.27	13.34	13.43	13.54	13.67	13.82	13.99	14.19	14.40	14.625	14.865
10	9.32	9.35	9.39	9.45	9.52	9.60	9.70	9.80	9.92	10.05	10.19	10.35	10.510	10.670
20	6.95	6.99	7.04	7.10	7.17	7.24	7.32	7.41	7.50	7.61	7.72	7.83	7.959	8.095
30	5.40	5.45	5.50	5.55	5.61	5.68	5.74	5.82	5.90	5.98	6.07	6.16	6.262	6.368
40	4.34	4.38	4.42	4.47	4.53	4.59	4.65	4.71	4.78	4.85	4.92	5.00	5.075	5.150
50	3.57	3.61	3.65	3.70	3.74	3.80	3.85	3.90	3.96	4.02	4.08	4.15	4.213	4.276
60	3.00	3.04	3.08	3.12	3.16	3.21	3.25	3.30	3.35	3.40	3.45	3.51	3.566	3.621
70	2.57	2.60	2.64	2.68	2.71	2.75	2.79	2.84	2.88	2.93	2.97	3.02	3.070	3.120
80	2.23	2.26	2.30	2.33	2.36	2.40	2.44	2.48	2.51	2.55	2.60	2.64	2.680	2.720
90	1.97	2.00	2.03	2.06	2.09	2.12	2.15	2.19	2.22	2.26	2.29	2.33	2.370	2.410
100	1.76	1.78	1.81	1.84	1.86	1.89	1.92	1.95	1.99	2.02	2.05	2.09	2.120	2.150
110	1.59	1.61	1.63	1.66	1.68	1.71	1.74	1.76	1.79	1.82	1.85	1.88	1.916	1.952
120	1.447	1.466	1.487	1.509	1.532	1.556	1.581	1.606	1.633	1.660	1.688	1.717	1.747	1.777

5. Thermal Conductivity

Temp, °C	Salinity, g/kg													
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
0	0.572	0.571	0.570	0.570	0.569	0.569	0.568	0.568	0.567	0.566	0.566	0.565	0.565	0.565
10	0.588	0.588	0.587	0.587	0.586	0.585	0.585	0.584	0.584	0.583	0.583	0.582	0.582	0.582
20	0.604	0.603	0.602	0.602	0.601	0.601	0.600	0.600	0.599	0.599	0.598	0.598	0.598	0.597
30	0.617	0.617	0.616	0.616	0.615	0.615	0.614	0.614	0.613	0.613	0.612	0.612	0.612	0.611
40	0.630	0.629	0.629	0.628	0.628	0.627	0.627	0.626	0.626	0.625	0.625	0.624	0.624	0.624
50	0.641	0.640	0.640	0.639	0.639	0.638	0.638	0.637	0.637	0.636	0.636	0.635	0.635	0.635
60	0.650	0.650	0.649	0.649	0.648	0.648	0.647	0.647	0.647	0.646	0.646	0.645	0.645	0.645
70	0.658	0.658	0.658	0.657	0.657	0.656	0.656	0.655	0.655	0.655	0.654	0.654	0.653	0.653
80	0.665	0.665	0.665	0.664	0.664	0.663	0.663	0.662	0.662	0.662	0.661	0.661	0.661	0.661
90	0.671	0.671	0.670	0.670	0.670	0.669	0.669	0.668	0.668	0.668	0.667	0.667	0.667	0.667
100	0.676	0.675	0.675	0.675	0.674	0.674	0.674	0.673	0.673	0.673	0.672	0.672	0.672	0.672
110	0.679	0.679	0.679	0.678	0.678	0.678	0.677	0.677	0.677	0.676	0.676	0.676	0.676	0.675
120	0.682	0.681	0.681	0.681	0.680	0.680	0.680	0.679	0.679	0.679	0.679	0.678	0.678	0.678

Hak Cipta :

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



6. *Specific heat capacity of seawater*

Temp, °C	Salinity, g/kg												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
0	4185.4	4121.1	4059.3	4000.0	3943.1	3888.8	3836.9	3787.5	3740.6	3696.1	3654.2	3614.7	3577.7
10	4176.6	4117.0	4059.5	4004.0	3950.5	3899.1	3849.7	3802.3	3757.0	3713.6	3672.4	3633.1	3595.9
20	4170.2	4114.4	4060.2	4007.7	3956.9	3907.8	3860.3	3814.5	3770.3	3727.9	3687.0	3647.9	3610.4
30	4166.1	4113.1	4061.6	4011.4	3962.6	3915.2	3869.1	3824.5	3781.2	3739.3	3698.8	3659.6	3621.9
40	4164.3	4113.5	4063.8	4015.2	3967.8	3921.6	3876.6	3832.7	3790.0	3748.5	3708.1	3668.9	3630.8
50	4164.9	4115.4	4066.9	4019.4	3973.0	3927.6	3883.1	3839.7	3797.3	3755.9	3715.6	3676.2	3637.9
60	4167.7	4119.0	4071.2	4024.3	3978.4	3933.3	3889.2	3845.9	3803.6	3762.2	3721.8	3682.2	3643.5
70	4172.7	4124.3	4076.7	4030.1	3984.2	3939.2	3895.1	3851.8	3809.4	3767.9	3727.2	3687.3	3648.3
80	4179.9	4131.4	4083.7	4036.9	3990.9	3945.7	3901.4	3857.9	3815.2	3773.4	3732.4	3692.2	3652.9
90	4189.3	4140.4	4092.3	4045.1	3998.7	3953.1	3908.4	3864.5	3821.5	3779.3	3738.0	3697.5	3657.8
100	4200.9	4151.4	4102.7	4054.9	4007.9	3961.8	3916.6	3872.3	3828.8	3786.2	3744.4	3703.5	3663.5
110	4214.7	4164.4	4115.0	4066.5	4018.9	3972.3	3926.5	3881.6	3837.6	3794.6	3752.4	3711.1	3670.7
120	4246.1	4179.6	4129.5	4080.3	4032.1	3984.8	3938.4	3893.0	3848.5	3805.0	3762.4	3720.7	3680.0

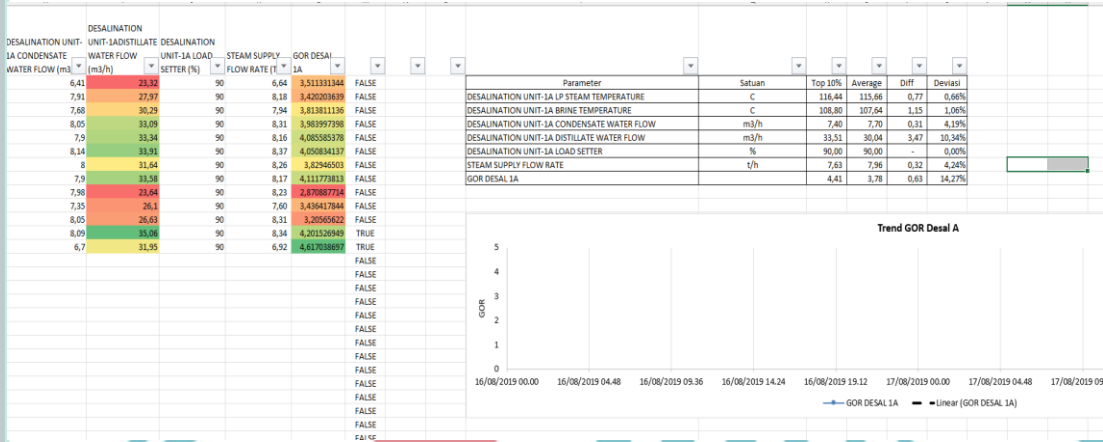


- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan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

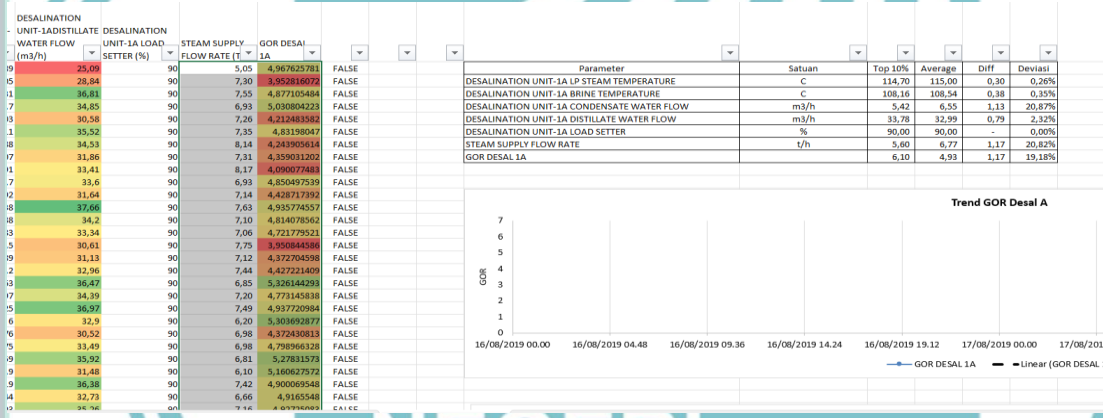


Lampiran 2. Data operasi Desalination Plant

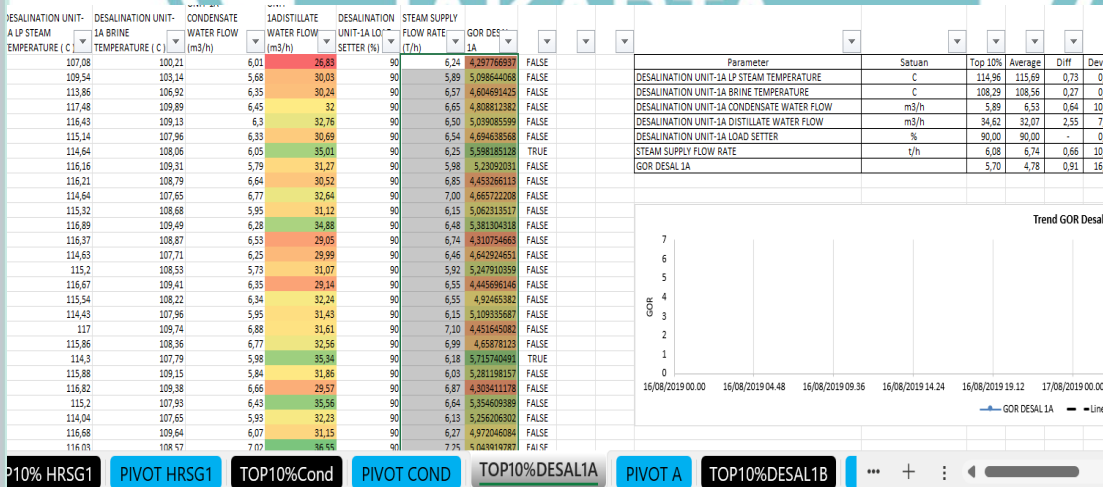
1. Februari 2023



2. Maret 2023



3. Juli 2023



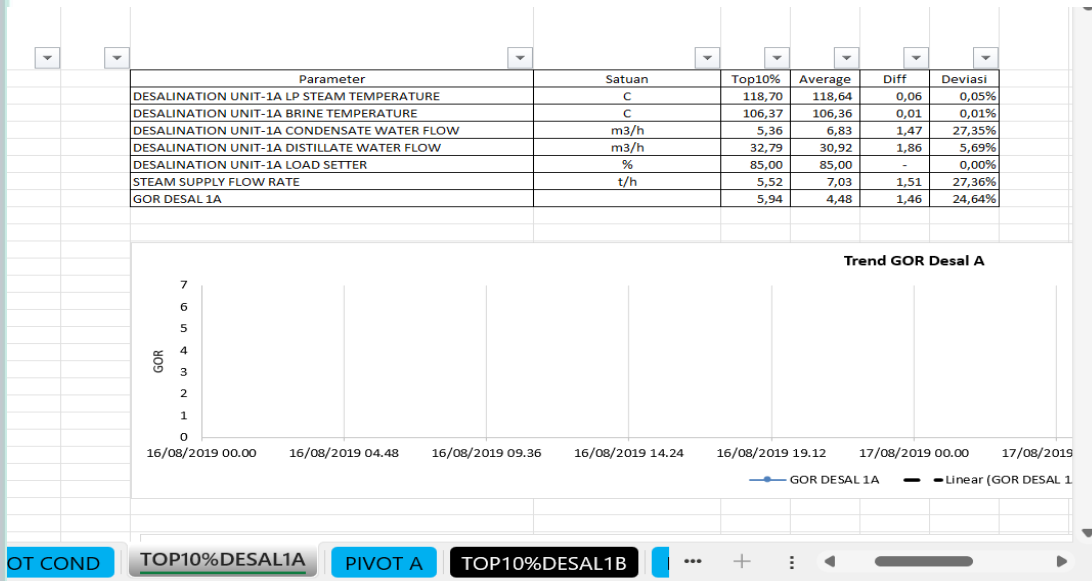
Hak Cipta :

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 satu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

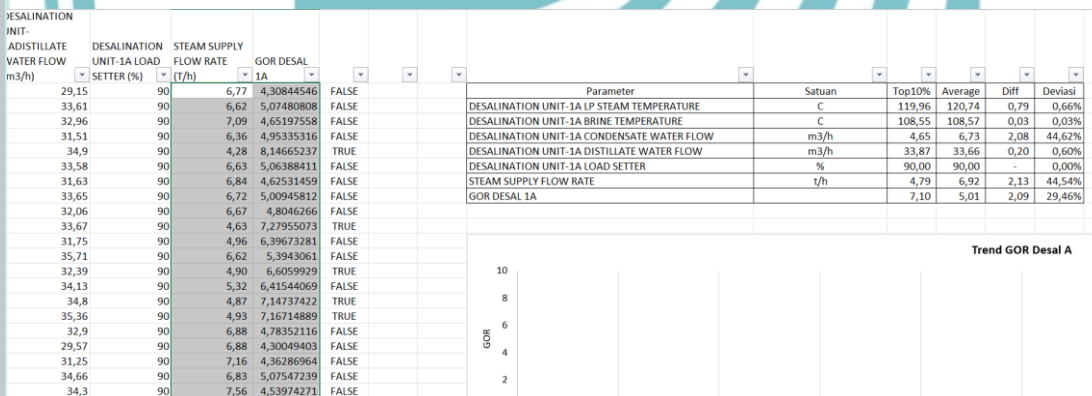
P10% HRSRG1 PIVOT HRSRG1 TOP10%Cond PIVOT COND TOP10%DESAL1A PIVOT A TOP10%DESAL1B ... + : <



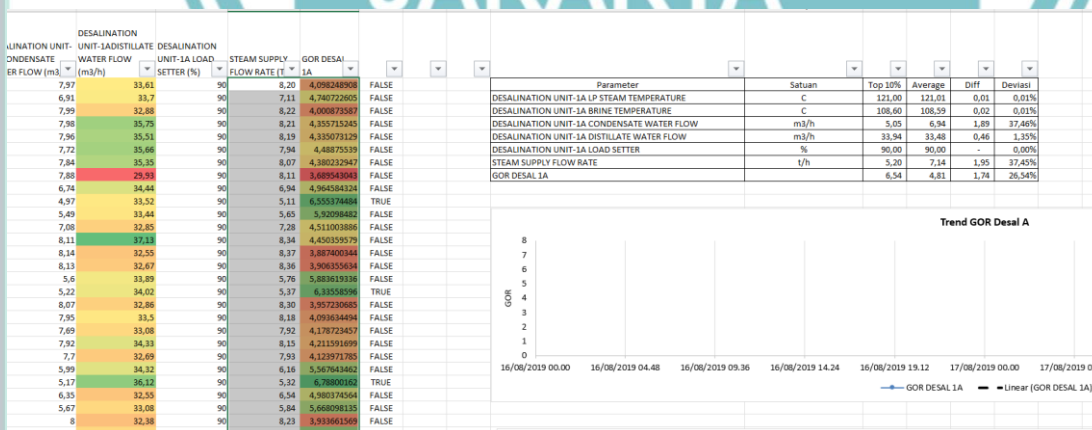
4. Oktober 2021



5. Januari 2022



6. Februari 2022



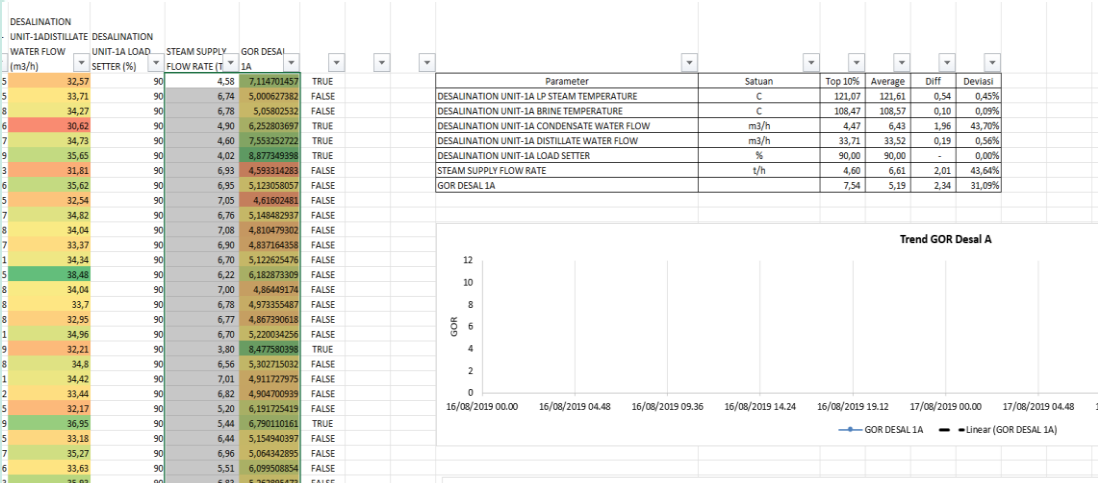
7. Apri 2022

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

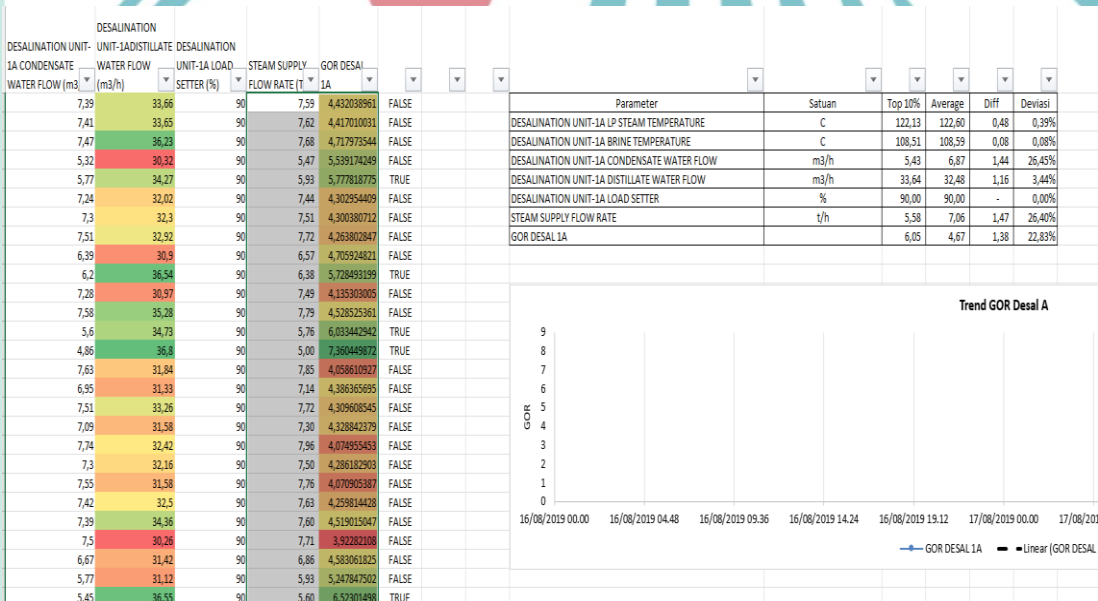


Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

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



8. Agustus 2022



JAKARTA

Lampiran 3. Wawancara dengan assitant manager Pemeliharaan mesin PT PLN Indonesia Power CILEGON PGU



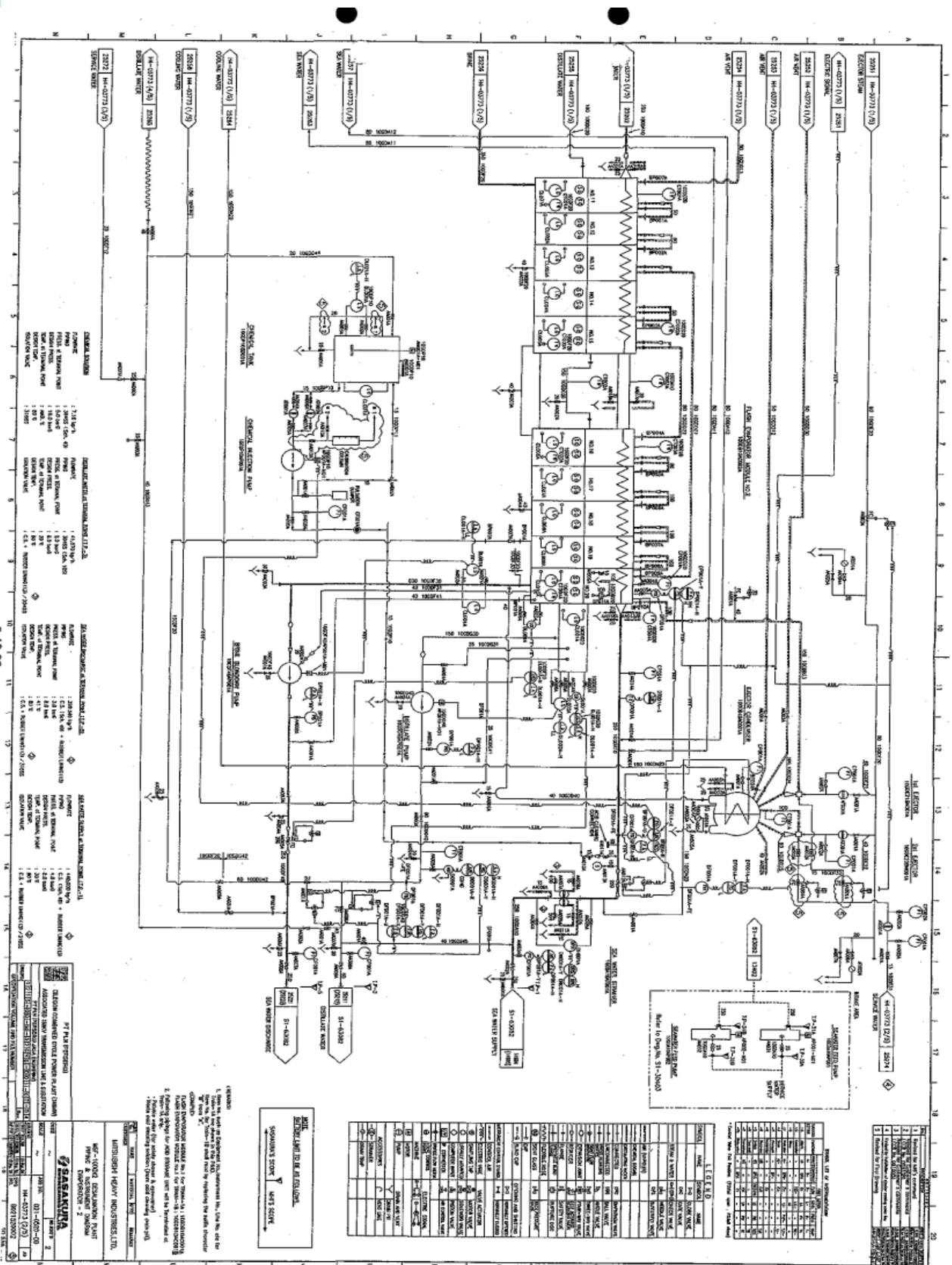
Hak Cipta :

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 satu 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

Lampiran 4. P&ID Desalination Plant



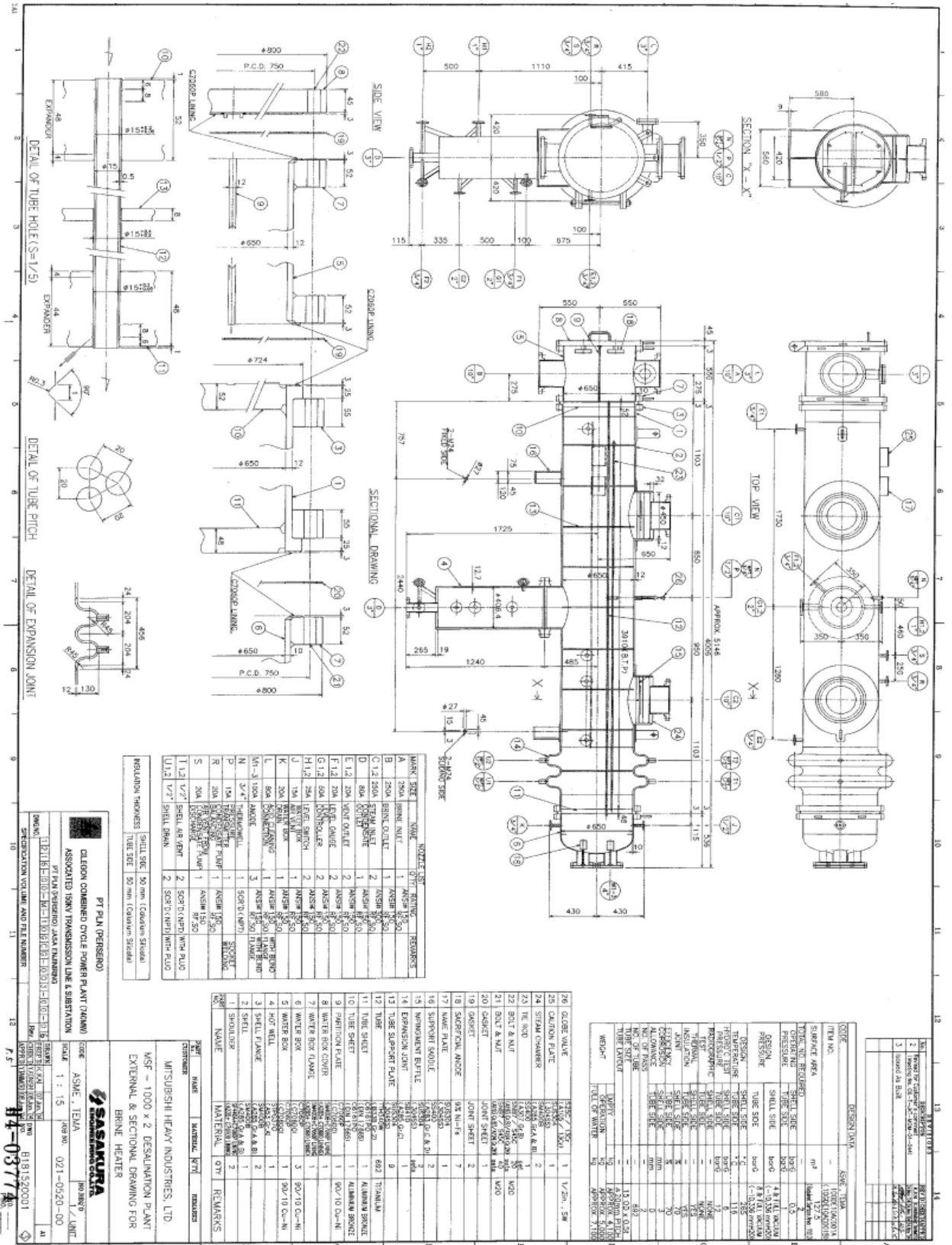
Hak Cipta :

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



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5 Brine Heater Drawing



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