



**EVALUASI PEMILIHAN POMPA FLUIDA SLURRY UNTUK PENGGANTI POMPA
EKSISTING YANG KURANG OPTIMAL PADA SLUDGE STORAGE POND**

PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar
Jl. Tanjung Awar-Awar, Ds. Wadung, Kec. Jenu, Tuban, 62352

Penulis:

Firnazzain Naufal Ramadhan
NRP. 10211910010021

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2022**



LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Magang di

PT. PJB UBJOM PLTU Tanjung Awar-Awar

Jl. Tanjung Awar-Awar, Ds. Wadung, Kec. Jenu, Tuban, 62352

Surabaya, 2 Juni 2022

Peserta Magang

Peserta

Firnazzain Naufal Ramadhan

NRP. 10211910010021

Mengetahui dan Menyetujui

Kepala Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi – ITS dan

Dosen Pembimbing Magang Industri



Dr. Ir. Heru Mirmanto, M.T.

NIP. 19620216 199512 1 001



LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Magang di

PT. PJB UBJOM PLTU Tanjung Awar-Awar

Jl. Tanjung Awar-Awar, Ds. Wadung, Kec. Jenu, Tuban, 62352

Tuban, 2 Juni 2022

Peserta Magang

Peserta

Firnazzain Naufal Ramadhan

NRP. 10211910010021

Menyetujui,

Pembimbing Lapangan
Supervisor Senior SO Common AUX




Novyoko Adisetvo Wicaksono

NID. 8911061JA

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat-Nya sehingga pada kesempatan kali ini kami dapat melaksanakan Magang Industri serta dapat menyelesaikan Laporan Magang Industri di Unit Common, PT. PJB Tanjung Awar-Awar

Kegiatan magang industri dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember dilakukan sebagai sarana untuk mengenalkan mahasiswa pada kondisi nyata di lapangan. Proses magang sekaligus suatu kewajiban bagi mahasiswa yang mana nantinya hasilnya berupa tulisan laporan Magang Industri yang digunakan sebagai syarat kelulusan Departemen Teknik Mesin Industri di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam kesempatan ini kami mengucapkan terimakasih atas bimbingan, arahan, dan dorongan serta bantuan moril maupun secara materil kepada pihak- pihak yang telah membantu sehingga kami dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik, oleh karena itu kami dengan hormat dan mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, M.T., sebagai Kepala Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi – ITS sekaligus Dosen Pembimbing Magang Industri.
2. Ibu Dr. Atria Pradityana, S.T., M.T., sebagai Koordinator Program Studi.
3. Bapak Mashuri, S.Si., M.T., selaku Koordinator Pelaksanaan Magang Industri.
4. Bapak Novendy Adisetyo Wicaksono sebagai Pembimbing Lapangan Magang Industri.
5. Bapak Hendri Nur Suwono, Bapak Ali Ridha, dan Bapak Rohadi sebagai anggota SO Common Aux yang telah mendampingi selama Magang Industri.
6. Seluruh karyawan PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar
7. Kedua orang tua yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan
8. Daffa Fairuz I'zaz dan Aprilia Rizqi Samudra selaku teman kelompok Magang Industri, serta teman-teman Warga HMDM ITS.

9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan Laporan Magang Industri.

Sadar bahwa Laporan Magang Industri ini masih jauh dari sempurna, dengan kerendahan hati kami mohon kritik dan saran yang sifatnya membangun guna penyempurnaan laporan ini.

Surabaya, Maret 2022

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Magang	1
1.2.1 Tujuan Umum	1
1.2.2 Tujuan Khusus	2
1.3 Manfaat	2
BAB II GAMBARAN UMUM PT. PJB TANJUNG AWAR-AWAR.....	3
2.1 Sejarah PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar	3
2.2 Struktur Organisasi PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar	4
2.2.1 General Manager.....	6
2.2.2 Manager Operasi	6
2.2.3 Manager Pemeliharaan.....	8
2.2.4 Manager Engineering & Quality Assurance	11
2.2.5 Manager Keuangan & Administrasi	12
2.2.6 Manajer Logistik	13
2.3 Visi dan Misi PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar.....	15
2.3.1 Visi.....	15
2.3.2 Misi	15
2.4 Kegiatan Produksi	15
BAB III PELAKSANAAN MAGANG.....	17
3.1 Pelaksanaan Magang.....	17
3.2 Metodologi Penyelesaian Tugas Khusus	19

3.2.1 Survei Lapangan dan Studi Literatur	19
3.2.2 Pengambilan Data pada Lapangan.....	20
3.2.3 Analisis Data	20
3.2.4 Menentukan Rekomendasi Pompa.....	20
3.2.5 Membandingkan Pompa Eksisting dan Pompa Rekomendasi	20
3.2.6 Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Khusus.....	21
BAB IV HASIL MAGANG	23
4.1 Pengertian dan Gambaran Umum Pembangkit Listrik Tenaga Uap.....	23
4.1.1 <i>Boiler</i>	26
4.1.2 Turbin Uap	27
4.1.3 Condenser	28
4.1.4 Generator.....	29
4.2 Bidang Kegiatan.....	30
4.2.2 Siklus Batu bara	30
4.2.2 Siklus Air dan Uap.....	40
4.2.4 Slurry Pond Waste Water Treatment	52
4.3 Pembahasan Tugas Khusus.....	54
4.3.1 Pompa Centrifugal	54
4.3.2 Sketsa Alur Air dan Lumpur (<i>Slurry</i>) pada <i>Sludge Pond</i>	64
4.3.3 Fluida pada <i>Sludge Pond</i>	64
4.3.4 Pompa yang Digunakan	68
4.3.5 Perpipaan pada Lapangan	70
4.3.6 Analisis Kondisi Lapangan <i>Transferring Pump</i> pada <i>Sludge Pond</i>	71
4.3.7 Rekomendasi Pompa.....	84
BAB V PENUTUP	87
5.1 Kesimpulan	87

5.2 Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN.....	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Organisasi PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar	5
Gambar 2. 2 Hukum Pertama Termodinamika	16
Gambar 2. 3 Single Line Diagram Transmisi PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar	16
Gambar 3. 1 Diagram Alur Metodologi Penyelesaian Tugas	22
Gambar 4. 1 Siklus PLTU	23
Gambar 4. 2 Siklus Komponen Utama PLTU	24
Gambar 4. 3 Siklus Rankine Ideal	24
Gambar 4. 4 Layout Khusus Siklus Rankine	26
Gambar 4. 5 Komponen Boiler	27
Gambar 4. 6 Komponen Turbin	28
Gambar 4. 7 Komponen Turbin	29
Gambar 4. 8 Komponen Generator	29
Gambar 4. 9 Siklus Batu Bara.....	30
Gambar 4. 10 <i>Ship Unloader</i>	31
Gambar 4. 11 <i>Coal Storage Yard</i>	32
Gambar 4. 12 <i>Stacker Reclaimer</i>	32
Gambar 4. 13 <i>Belt Conveyor C1A dan C1B</i>	33
Gambar 4. 14 <i>Belt Conveyor C5A dan C5B</i>	34
Gambar 4. 15 <i>Magnetic Separator pada Belt Conveyor C5A dan C5B</i>	35
Gambar 4. 16 <i>Magnetic Separator pada Transfer Tower</i>	37
Gambar 4. 17 <i>Crusher</i>	38
Gambar 4. 18 <i>Coal Handling System Process Flow Diagram</i>	39
Gambar 4. 19 <i>Triplet</i>	40
Gambar 4. 20 Silus Air dan Uap	42
Gambar 4. 21 <i>Siklus Water Treatment Plant</i>	45
Gambar 4. 22 Lokasi Titik Pemantauan Air Limbah <i>Slurry Discharge</i>	52
Gambar 4. 23 Alur <i>Slurry Waste Water Treatment</i>	53
Gambar 4. 24 <i>Sludge Pond</i>	53
Gambar 4. 25 <i>Slurry Transferring Discharge Pump</i>	54

Gambar 4. 26 Klasifikasi Pompa Berdasarkan Jenis Fluida <i>Solid Impurities</i>	55
Gambar 4. 27 Bagian-Bagian Utama Pompa Centrifugal.....	56
Gambar 4. 28 Grafik Effisiensi Pompa.....	62
Gambar 4. 29 Putaran Spesifik Pompa	63
Gambar 4. 30 Sketsa Air dan Lumpur	64
Gambar 4. 31 <i>In-Line Pump</i>	69
Gambar 4. 32 Spesifikasi Motor dan Pompa Sentrifugal.....	70
Gambar 4. 33 <i>Correction to Head K-factor</i>	79
Gambar 4. 34 Grafik Effisiensi Pompa.....	81
Gambar 4. 35 Hasil Putaran Specific Pompa	82
Gambar 4. 38 Kurva Karakteristik Pompa Rekomendasi 2	86
Gambar 4. 39 <i>Drawing</i> Pompa Rekomendasi 1.....	86

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Spesifikasi CWP	44
Tabel 4. 2 Spesifikasi Kondensor	47
Tabel 4. 3 Spesifikasi Generator	50
Tabel 4. 4 Spesifikasi Boiler	51
Tabel 4. 5 Faktor Cadangan (Sularso, 2006)	61
Tabel 4. 6 Efisiensi Transmisi (Sularso, 2006).....	62
Tabel 4. 7 <i>Recommended velocities of slurry</i>	68
Tabel 4. 8 <i>Fitting Suction</i>	70
Tabel 4. 9 <i>Fitting Discharge</i>	71
Tabel 4. 10 <i>Fitting Suction dan Discharge</i>	84

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan Vokasi diciptakan berdasarkan suatu konsep ketenagakerjaan yang mengarah pada pelaksanaan pembangunan khususnya melalui industrialisasi. Salah satu tantangan terhadap hasil pendidikan adalah menyiapkan lulusan yang memuaskan bagi pengguna jasa. Oleh karena itu peningkatan kualitas Sumber Daya Manusia merupakan prioritas kunci dalam peningkatan mutu, relevansi maupun efisiensi pendidikan. Menyikapi hal tersebut Departemen Teknik Mesin Industri (DTMI) Fakultas Vokasi ITS menerapkan program keterkaitan & kesepakatan (*Link & Match*), yaitu mengaitkan (*to link*) proses pendidikan dengan dunia kerja dan mengedepankan (*to match*) proses pendidikan dengan kebutuhan tenaga terampil yang sesuai dengan bursa ketenagakerjaan.

Berdasarkan hal tersebut, kami sebagai mahasiswa Teknik Mesin Industri ITS memilih PT. PJB Unit Bisnis Jasa Operasi dan Pemeliharaan PLTU Tanjung Awar Awar sebagai tempat pelaksanaan kerja praktik atau magang industri dengan pertimbangan PT. PJB Unit Bisnis Jasa Operasi dan Pemeliharaan PLTU Tanjung Awar Awar memiliki kualitas manajemen operasional yang baik sehingga dapat memberikan kami lebih banyak pengetahuan yang sesuai dengan bidang teknik mesin, terutama teknologi rekayasa konversi energi.

1.2 Tujuan Magang

1.2.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dilakukannya magang industri untuk :

1. Agar mahasiswa memiliki internalisasi sikap profesional dan budaya kerja yang sesuai serta diperlukan bagi IDUKA.
2. Agar mahasiswa memiliki pengetahuan yang belum/tidak dipelajari dalam proses perkuliahan di kampus.
3. Agar mahasiswa memperoleh keterampilan khusus/keahlian kerja dan/atau pengetahuan, ketrampilan umum.

4. Agar mahasiswa mempunyai gambaran nyata mengenai lingkungan kerjanya, mulai dari tingkat bawah sampai dengan tingkat yang lebih tinggi.
5. Agar kehadiran mahasiswa peserta magang diharapkan dapat memberikan manfaat dan wawasan baru bagi dirinya serta instansi tempat melaksanakan Magang.
6. Pada mahasiswa yang sudah mengenal lingkungan kerja akan memberikan keuntungan sekaligus sebagai bekal dalam memasuki dunia kerja dan karirnya.

1.2.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dilakukan magang industri untuk:

1. Mengenali lingkungan serta proses Pembangkit Listrik Tenaga Uap
2. Mempelajari siklus air dan uap
3. Mempelajari *coal handling system*
4. Mempelajari *water treatment plant flow process*
5. Mengevaluasi pemilihan pompa untuk *Slurry discharge system (Transferring Pump)*

1.3 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari magang industri ini antara lain:

1. Dapat mengenali lingkungan serta proses Pembangkit Listrik Tenaga Uap
2. Dapat memahami siklus air dan uap
3. Dapat memahami *coal handling system*
4. Dapat memahami *water treatment plant flow process*
5. Munculnya rekomendasi pemilihan pompa untuk *Slurry discharge system (Transferring Pump)*

BAB II

GAMBARAN UMUM PT. PJB TANJUNG AWAR-AWAR

2.1 Sejarah PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar

Pembangunan Proyek Percepatan Pembangkit Tenaga Listrik berbahan bakar batu bara berdasarkan pada Peraturan Presiden RI Nomor 71 tahun 2006 tanggal 5 Juli 2006 tentang penugasan kepada PT. PLN (Persero) untuk melakukan Percepatan Pembangunan Pembangkit Tenaga Listrik yang menggunakan batu bara. Peraturan Presiden ini menjadi dasar bagi pembangunan 10 PLTU di Jawa dan 25 PLTU di Luar Jawa Bali atau yang dikenal dengan nama Proyek Percepatan PLTU 10.000 MW. Pembangunan proyek-proyek PLTU tersebut guna mengejar pasokan tenaga listrik yang akan mengalami defisit sampai beberapa tahun mendatang, serta menunjang program diversifikasi energy untuk pembangkit tenaga listrik ke non bahan bakar minyak (BBM) dengan memanfaatkan batu bara rendah (4200 kcal/kg). Proyek-proyek pembangunan PLTU tersebut diharapkan siap beroperasi tahun 2009/2010.

Dalam pelaksanaan Pembangunan Proyek adalah PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar dengan kapasitas 2 x 350 MW ini, ditunjuk PT. PLN (Persero) Jasa PT. PLN (Persero) menunjuk PLN (Persero) unit Pembangkit Jawa Bali (UPJB) sebagai asset manager sesuai dengan surat Direktur Utama PLN (Persero) nomor 02732/121/DIRUT/2011, tanggal 22 Agustus 2011, tentang pekerjaan Jasa O&M PLTU 3 Jawa Timur (Tanjung Awar-Awar) dan Berita Acara Serah Terima Peningkatan Pelaksanaan Pekerjaan Jasa O&M PLTU 3 Jawa Timur PT PLN (Persero) Pembangkit Indramayu kepada PLN UPJB.

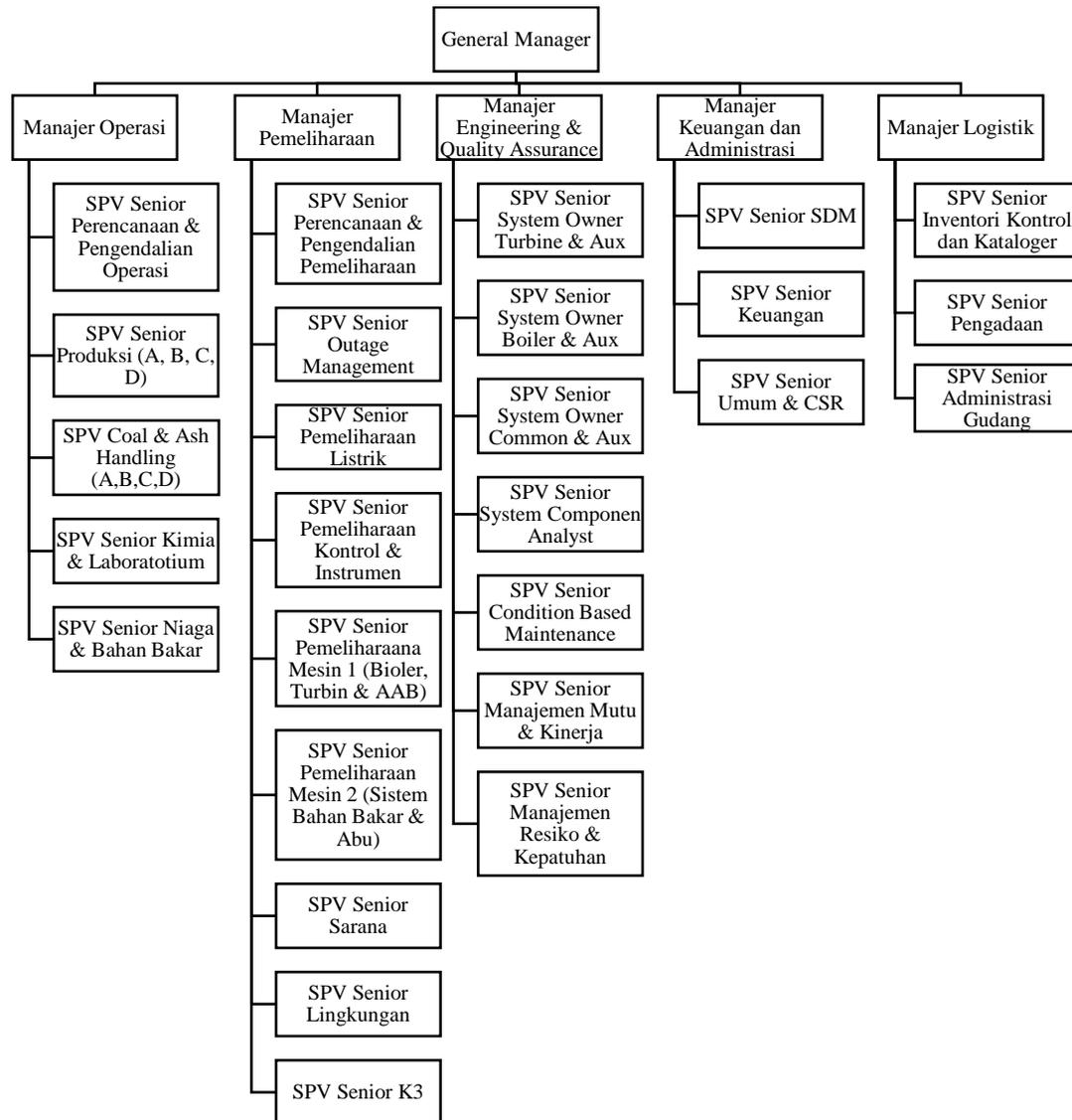
Kemudian dalam perkembangannya untuk mengoperasikan PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar, maka PT PLN (Persero) menunjuk PT Pembangkitan Jawa Bali sebagai asset operator sesuai surat Direktur Utama PLN (Persero) Nomor 049/122/DIRUT/2012 tanggal 6 Januari 2012 berdasarkan hal diatas PLN UPJB dan PT PJB menyetujui perjanjian induk jasa operasi dan pemeliharaan pusat listrik tenaga uap Tanjung Awar-Awar (2x350 MW) pada tanggal 10 September 2012 sebagai wujud kerja sama asset manager dan asset operator dalam pengelolaan PLTU Tanjung Awar-Awar. Didalam perjanjian Induk

PLN UPJB dan PJB telah menyepakati lingkup pekerjaan yang selanjutnya akan dibagi dalam 2 tahap perjanjian yaitu perjanjian tahan supporting dan perjanjian tahap *performance based*.

Pada unit 1 PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar COD (*Commercial Operation Date*) dilaksanakan pada tanggal 24 Januari 2014 dan unit 2 COD dilaksanakan pada 11 Februari 2016.

2.2 Struktur Organisasi PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar

PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar dipimpin oleh seorang *General Manager* yang membawahi lima bidang manajer, yang meliputi Manajer Operasi, Manajer Pemeliharaan, Manager *Engineering & Quality Assurance*, Manajer Keuangan dan Administrasi, dan Manajer Logistik. Masing-masing bidang manajer memiliki seperangkat anggota yang membantu bekerja selama PLTU beroperasi. Berikut adalah struktur organisasi PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar:



Gambar 2. 1 Struktur Organisasi PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar

General Manager (GM) sebagai pemimpin tertinggi memegang tanggung jawab penuh atas apa yang terjadi di PLTU, namun takkan bisa berjalan lancar tanpa kerja sama dengan bawahan yang telah dibagi menjadi beberapa bagian antara lain bidang operasi, perawatan, engineering & quality assurance, keuangan & administrasi, dan logistik. Masing-masing bagian dipimpin oleh seorang manajer yang bertanggung jawab kepada GM. Bidang operasi bertanggung jawab atas pengoperasian pembangkit unit 1 dan 2. Bidang perawatan bertanggung jawab dalam perawatan seluruh unit PLTU. Bidang engineering bertanggung jawab untuk

analisis data dan condition base maintenance (CBM). Bidang administrasi bertanggung jawab dalam bidang surat menyurat serta urusan kantor lainnya.

2.2.1 General Manager

Mengelola pembangkit tenaga listrik fokus pada operasi, pemeliharaan, dan engineering dengan mengoptimalkan seluruh potensi sumber daya dan menghasilkan kinerja unit andal, efisien, taat regulasi dengan mengacu prinsip-prinsip manajemen asset practices.

2.2.2 Manager Operasi

Mengelola kegiatan operasi pembangkit tenaga listrik dan unit dengan sasaran mutu, kehandalan, keamanan, keselamatan kerja, dan efisiensi yang optimal.

2.2.2.1 SPV Senior Rendal Operasi

- Melakukan evaluasi realisasi efisiensi drive dan kontrak kerja untuk tercapainya rencana bulanan, triwulan, dan tahunan.
- Melakukan fungsi monitoring seluruh equipment plant.
- Melakukan fungsi monitoring evaluasi perencanaan dan pelaksanaan performance test termasuk persiapan dan penyediaan peralatan produksi operasi.
- Melakukan analisis dan upaya untuk meningkatkan ketersediaan kehandalan optimasi, pembebanan peningkatan efisiensi pembangkit dan perbaikan komposisi heat rate.

2.2.2.2 SPV Senior Produksi

- Mengoperasikan, memonitoring, dan mengendalikan operasi unit pembangkit dari pusat kendali untuk memenuhi kebutuhan atau target produksi, kualitas, efisiensi, dan kestabilan sistem operasi unit pembangkit.
- Mengkoordinasi tugas operator lokal dalam rangka mengoperasikan peralatan utama dan peralatan bantu unit pembangkit agar tercapai kualitas dan efisiensi operasi unit pembangkit.

2.2.2.3 SPV Senior Coal&Ash Handling

- Memantau penanganan batubara yang masuk dan keluar dari stockpile termasuk control temperature untuk mengantisipasi self-heating.
- Mengelola dan memastikan keamanan proses pembongkaran batubara agar jangka waktu penimbunan tidak terlalu lama pada penurunan kualitas batubara, degradation, pemanasan batubara.
- Memastikan pengawasan yang ketat terhadap kontaminasi meliputi housekeeping dan inspeksi langsung serta memastikan ketepatan waktu penyerahan batubara untuk operasional unit pembangkit secara optimal.

2.2.2.4 SPV Niaga & Bahan Bakar

- Merencanakan kebutuhan dan pemakaian bahan bakar untuk operasi unit pembangkit sesuai rekap (mingguan, bulanan, dan tahunan) kondisi kehandalan dan efisiensi serta kondisi ketersediaan bahan bakar unit pembangkit untuk mencapai produksi maksimum dengan biaya operasi minimum.
- Melakukan pemantauan pasokan batubara serta mengembangkan sistem manajemen energi guna menunjang sistem pelaporan operasi pembangkit dan jual beli listrik dengan PT PLN.
- Melaksanakan download transfer energi secara berkala sesuai prosedur dan instruksi kerja untuk tercapainya dokumen transaksi jual beli tenaga listrik dengan PT PLN.
- Melakukan analisis dan evaluasi terkait kehandalan sistem material transfer energi dan jual beli tenaga listrik.
- Memberikan masukan data efisiensi, parameter operasi dan performance test dalam rangkai pengendalian kinerja unit, penyempurnaan sistem pengolahan, pengelolaan dan pengarsipan laporan dalam bentuk database.

2.2.2.5 SPV Kimia & Laboratorium

- Melaksanakan pengendalian kualitas air plant di pembangkit.

- Melaksanakan pengendalian, pemeriksaan, dan evaluasi kualitas bahan bakar, minyak pelumas, BBM, dan gas buang di pembangkit.
- Memberi saran pelindung instalasi dengan bahan kimia dan produk baru yang berkaitan dengan aspek kimia.

2.2.3 Manager Pemeliharaan

- Mengelola pemeliharaan pembangkitan pembangkit tenaga listrik dengan sasaran mutu, kehandalan, dan keselamatan kerja dan efisiensi secara optimal.
- Mengoordinasi seluruh kegiatan pemeliharaan pembangkit baik internal bidang pemeliharaan maupun pihak eksternal agar pengelolaan pemeliharaan pembangkit berjalan efektif dan efisien.

2.2.3.1 SPV Senior Rendal HAR

- Merencanakan anggaran pemeliharaan dan investasi.
- Merencanakan dan memonitor kegiatan pemeliharaan rutin (preventive, corrective, emergency, dan rekomendasi PAM).
- Memastikan terlaksananya tes kehandalan peralatan utama, peralatan emergency dan peralatan penunjang secara berkala dan commissioning pada saat kegiatan stamp sebelum dan sesudah dilaksanakan inspeksi.

2.2.3.2 SPV Senior Outage Management

- Mengkoordinir dan melaksanakan penyusunan terencana pemeliharaan overhaul unit pembangkit.
- Membuat rencana pemeliharaan besar non overhaul.
- Menyiapkan kebutuhan spare part, pelumas, dan jasa yang diperlukan untuk overhaul dan non overhaul.

2.2.3.3 SPV Senior Pemeliharaan Listrik

- Merencanakan dan mengkoordinasikan eksekusi pekerjaan corrective dan preventive maintenance mesin 2.
- Melaksanakan quality control (QC) pekerjaan overhaul.

- Mengelola pekerjaan dan mengelola perencanaan kebutuhan material dan jasa kebutuhan pendukung lainnya guna mengoptimalkan pemeliharaan.

2.2.3.4 SPV Senior Pemeliharaan Control & Instrument

- Merencanakan dan mengkoordinasikan eksekusi pekerjaan corrective dan preventive maintenance control & instrument.
- Melakukan quality control (QC) pekerjaan overhaul, menyelenggarakan pekerjaan pemeliharaan.
- Melakukan perencanaan dan evaluasi kebutuhan material dan jasa serta kebutuhan pendukung lainnya.
- Mengoptimalkan penggunaan (ManHour).
- Mengevaluasi kerusakan alat dan instrument dan mengembangkan cara penanggulangan untuk dilaksanakan dalam kegiatan pemeliharaan.

2.2.3.5 SPV Senior Pemeliharaan Mesin 1

- Merencanakan dan mengkoordinasikan eksekusi pekerjaan.
- Mengevaluasi kerusakan peralatan mesin 1 dan mengembangkan cara penanggulangannya.
- Mengevaluasi riwayat hasil pemeliharaan untuk peningkatan proses pemeliharaan, baik dari sisi optimalisasi pemakaian material, jasa, metodologi, maupun pengelolaan pekerjaan.

2.2.3.6 SPV Senior Pemeliharaan Mesin 2

- Merencanakan dan mengkoordinasikan eksekusi pekerjaan corrective dan preventive maintenance mesin.
- Mengevaluasi riwayat hasil pemeliharaan untuk peningkatan proses pemeliharaan, baik dari sisi optimalisasi pemakaian material, jasa, metodologi maupun pengelolaan pekerjaan.

2.2.3.7 SPV Senior Sarana

- Melakukan monitoring dan membuat rekomendasi pemeliharaan sarana untuk menjamin kualitas ketepatan waktu pemeliharaan sarana untuk

menjamin kualitas ketepatan waktu pemeliharaan, perbaikan, instalasi sipil, gedung, dan fasilitas pendukung lainnya di unit bisnis jasa O&M untuk mendukung pengoperasian unit dalam mencapai sasaran kinerja.

- Memberi laporan kegiatan pemeliharaan.
- Merencanakan, melaksanakan, dan mengendalikan kegiatan pengelolaan gedung, fasilitas pemadam kebakaran, dan perlengkapan gedung, serta fasilitas pendukung lainnya agar tepat waktu dan tepat guna.

2.2.3.8 SPV Senior Lingkungan

- Menyusun program dan anggaran lingkungan di unit sebagai masukan/analisis dan penyusunan kebijakan dan program pengelolaan lingkungan.
- Memonitoring pelaksanaan kebijakan dan program pengelolaan lingkungan dan mengevaluasi hasilnya sesuai standar yang berlaku untuk menyarankan perbaikan dan peningkatan efektivitas program.
- Brancmaking ke perusahaan pembangkit terkemuka bertaraf internasional
- Memelihara dan membudayakan kebijakan lingkungan melalui program sosialisasi yang efektif serta program AKHLAK.

2.2.3.9 SPV Senior K3

- Memberi usulan program K3 yang efektif di unit pembangkit sebagai masukan pertimbangan dalam penyusunan kebijakan dengan program K3 yang dituangkan pada RKAP.
- Melaksanakan pendampingan program risk management dalam melaksanakan implementasi self insurance.
- Memonitoring pelaksanaan program K3 dan mengevaluasi hasil sesuai standar yang berlaku untuk menyarankan perbaikan dan peningkatan efektivitas program.
- Brancemaking ke perusahaan pembangkit terkemuka bertaraf internasional serta memelihara dan membudayakan kebijakan K3 melalui program sosialisasi yang efektif.

2.2.4 Manager Engineering & Quality Assurance

- Mengevaluasi penyelenggaraan operasi dan maintenance pembangkit tenaga listrik serta instalasi pendukungnya.
- Merencanakan resource kegiatan failure defance problem (FDP).
- Merekomendasikan dan mengevaluasi kegiatan execution serta mengakomodasi dan memfasilitasi kegiatan perbaikan yang berkelanjutan.

2.2.4.1 SPV Senior System Owner Boiler & Aux

- Merencanakan, menyusun, dan melakukan monitoring implementasi system owner boiler & aux sehingga sistem lebih optimal.
- Menjamin tercapainya unit pembangkit yang lebih baik.

2.2.4.2 SPV Senior System Owner Turbine & Aux

- Merencanakan, menyusun, dan melakukan monitoring implementasi system owner turbine & aux sehingga sistem lebih optimal.
- Menjamin tercapainya unit pembangkit yang lebih baik.

2.2.4.3 SPV Senior System Owner Common & Aux

- Merencanakan, menyusun, dan melakukan monitoring implementasi system owner common & aux sehingga sistem lebih optimal.
- Menjamin tercapainya unit pembangkit yang lebih baik.

2.2.4.4 SPV Senior System Component Analyst

- Merencanakan lingkup pekerjaan stabilitas, refurbishment dan pengembangan lain termasuk dalam perhitungan dan perencanaan anggaran.
- Melaksanakan pemeriksaan kegiatan performance tranding (system owner dan rental op).

2.2.4.5 SPV Senior Based Maintenance

- Merencanakan dan mengkoordinasikan eksekusi pekerjaan corrective dan preventive maintenance control dan instrument.
- Melaksanakan quality control (QC) dan inspeksi pekerjaan overhaul.

2.2.4.6 SPV Senior Manajemen Mutu & Resiko

- Mengoordinasikan pelaksanaan proses *current* audit dan komprehensif pada semua bidang di perusahaan sesuai dengan kaidah-kaidah yang berlaku
- Memastikan konsistensi pelaksanaan kebijakan dan keuntungan perusahaan maupun peraturan perundang-undangan yang berlaku sehingga tercapainya pengelola yang sesuai dengan program *Good Corporate Covermance*

2.2.5 Manager Keuangan & Administrasi

- Mengelola sumber daya manusia dan mengembangkannya melalui program= m pelatihan yang sesuai kompetensi untuk memperoleh optimasi tenaga kerja.
- Mengelola hubungan industrial guna menciptakan suasana kerja yang kondusif.
- Merencanakan, mengkoordinasikan, dan mengevaluasi anggaran biaya kepegawaian dan fasilitas kerja.
- Mengelola pelaksanaan sistem manajemen kerja dan mengelola administrasi keuangan unit pembangkit sehingga berjalan sesuai dan memenuhi kebutuhan serta prinsip-prinsip mengenai keuangan.

2.2.5.1 SPV Senior SDM

- Menjamin pelaksanaan administrasi SDM yang sesuai dengan kebijakan perusahaan.
- Menganalisis dan mengelola SDM perusahaan secara tertib dan terkendali dari waktu ke waktu secara up to date.
- Merencanakan, mengkoordinasikan, dan mengevaluasi anggaran kepegawaian dan fasilitas kerja.
- Merencanakan, mengelola, dan mengevaluasi program pelatihan bagi SDM serta kunjungan dan bimbingan praktik kerja lapangan, tugas akhir serta pendidikan sistem dan sekolah, perguruan tinggi, dan lembaga lainnya.

2.2.5.2 SPV Senior Keuangan

- Melaksanakan penyusunan anggaran tahunan dan anggaran investasi unit yang dijadikan sebagai acuan keuangan unit pembangkit, mengelola administrasi keuangan unit pembangkit.
- Melakukan verifikasi terhadap proses-proses yang terkait dengan pembayaran.
- Pengendalian cash flow unit.
- Mengkoordinasikan pelaksanaan pembayaran dan penerimaan kas bank.

2.2.5.3 SPV Senior Sekretariat & Umum

- Mengelola administrasi kesekretariatan dan kearsipan untuk mendukung kerja unit.
- Merencanakan dan mengevaluasi kegiatan hubungan masyarakat dan penyampaian informasi perusahaan bagi kepentingan internal dan eksternal.
- Mengelola program CSR termasuk kegiatan penerimaan kunjungan tamu.
- Mengelola kegiatan kerumahtanggaan dan fasilitas kantor termasuk cleaning service.
- Menjamin terlaksananya kegiatan keamanan lingkungan dan objek vital nasional dengan baik sesuai kaidah sistem manajemen pengamanan (SMP)

2.2.6 Manajer Logistik

- Merencanakan, memonitoring, dan mengendalikan rencana stok atau material dengan menerapkan sistem inventory control dan manajemen material secara baik.
- Menyelenggarakan kegiatan pengaduan barang dan jasa berdasarkan permintaan bidang terkait.
- Menyelenggarakan kegiatan proses administrasi gudang serta material handling untuk semua material unit pembangkit.

2.2.6.1 SPV Senior Inventory Control dan Kataloger

- Mengkoordinir dan mengendalikan kegiatan rutin update katalog part material.
- Mengendalikan servis level perputaran material dan nilai gudang yang optimal meliputi pendapatan stock inventory per bulan.
- Memonitoring stok material yang diterima dan dikeluarkan bidang menerbitkan recommended order (RO).
- Mengklarifikasi dan update material berdasarkan critically, availability, dan usage value (ABC analisis) bersama bagian terkait.
- Memantau proses pengadaan material (AMP) bersama dengan bagian mencari data frekuensi pemakaian material.
- Menyiapkan data untuk update setting (ROP/ROQ)
- Membuat laporan inventory bulanan.

2.2.6.2 SPV Senior Pengadaan

- Menganalisis dan mengevaluasi proses pengadaan unit serta berkala guna meningkatkan kinerja pengadaan agar lebih efisien, efektif, dan tepat waktu, tepat kualitas, dan kuantitas sesuai dengan mekanisme aturan prosedur pengadaan.
- Mengelola tersedianya informasi data mengenai pengadaan material/jasa berdasarkan pola kebutuhan.

2.2.6.3 SPV Senior Administrasi Gudang

- Menyusun, mengelola, dan mengawasi secara berkala untuk mendukung terciptanya pengelolaan material yang efisien dengan berpedoman pada tata laksana pergudangan.
- Memonitoring scheduling dan mengendalikan material return secara terprogram dan terdokumentasi.
- Memastikan material diterima dari supplier, terkait jumlah dan kesesuaian material sesuai dengan purchase order (PO) yang ada pada berita acara pengiriman barang.

- Mengelola dan memonitoring masalah pemilihan dan pemisahaan material karantina, identitas material, nama harian (stock count) atau tahunan, penyimpanan, dan perawatan material.

2.3 Visi dan Misi PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar

2.3.1 Visi

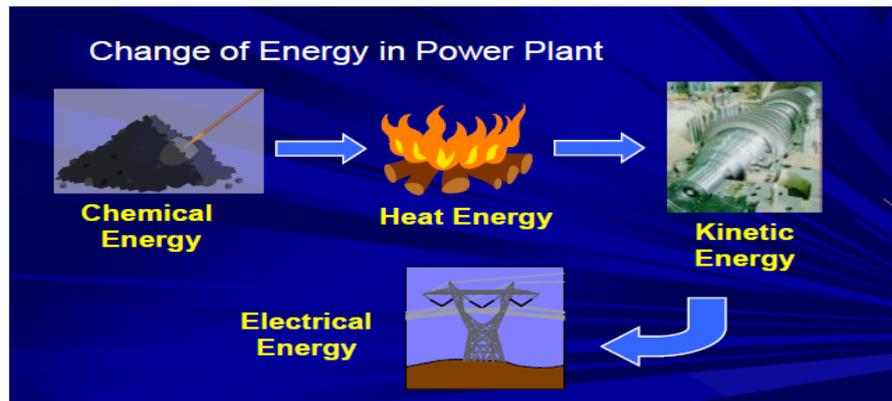
Menjadi perusahaan terdepan dan terpercaya dalam bisnis energi berkelanjutan di Asia Tenggara.

2.3.2 Misi

1. Menjalankan bisnis energi yang inovatif dan kolabortif, tumbuh dan berkelanjutan, serta berwawasan lingkungan.
2. Menjaga tingkat kinerja tertinggi untuk memberikan nilai tambah bagi *stakeholder*.
3. Menarik minat dan pengembangan talenta terbaik serta menjalankan organisasi yang *agile* dan adaptif.

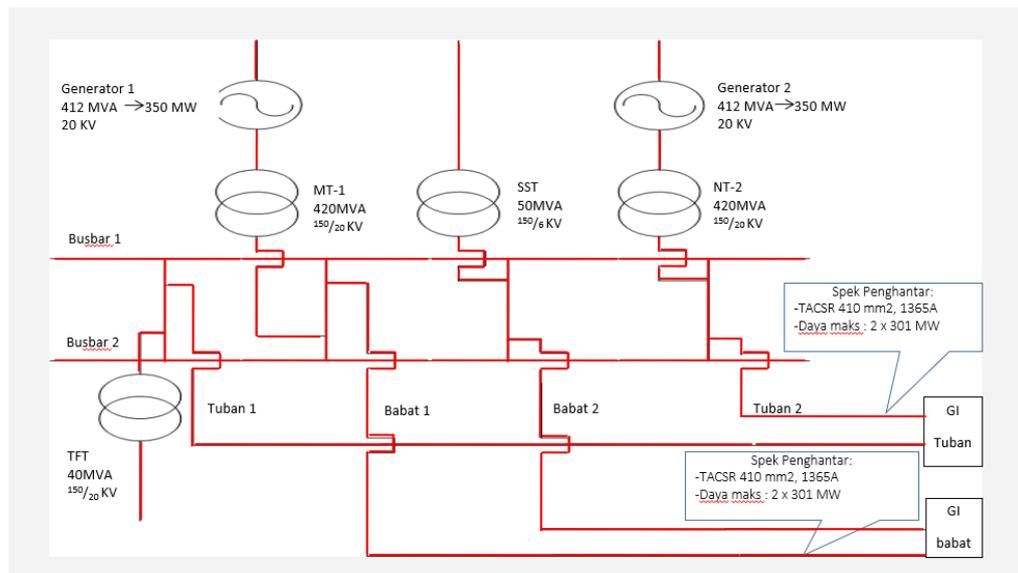
2.4 Kegiatan Produksi

PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar merupakan pembangkit listrik yang menghasilkan energi listrik dari bahan bakar berupa batu bara yang berasal dari Pulau Kalimantan dengan spesifikasi *Medium Rank Coal* (MRC) dan *Low Rank Coal* (LRC). Bahan bakar atau energi kimia yang melalui proses pembakaran menghasilkan energi panas yang digunakan untuk merubah fasa air menjadi uap di *boiler*. Selanjutnya uap panas diubah menjadi energi mekanik di turbin. Setelah itu energi mekanik diubah menjadi energi listrik di generator. Pada Gambar 2.2 di bawah ini diperlihatkan gambar perubahan energi dari bahan bakar menjadi listrik yang merupakan gambaran umum dari proses produksi di PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar.



Gambar 2. 2 Perubahan Energi dari Bahan Bakar Menjadi Listrik

Total kapasitas listrik yang diproduksi PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar sebesar 2×350 MW, dengan total karyawan sejumlah 304 orang dan mitra kerja sejumlah 469 orang. Pada Gambar 2.3 berikut merupakan *single line diagram* transmisi PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar.



Gambar 2. 3 Single Line Diagram Transmisi PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar

BAB III
PELAKSANAAN MAGANG

3.1 Pelaksanaan Magang

Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Magang (Logbook)

Hari ke-	Waktu	Jam Mulai	Jam Selesai	Kegiatan
1	3 Januari 2022	07.30	10.30	Administrasi dan K3 Induction
2	4 Januari 2022	07.30	11.30	Pengenalan Lingkungan Kerja (Ship Unloader, Transfer Tower14, Coal Yard)
3	5 Januari 2022	07.30	11.30	Pengenalan Lingkungan Kerja (Transfer Tower235, CA, CAC, Boiler, Crusher House)
4	6 Januari 2022	07.30	10.30	Pengenalan Lingkungan Kerja (WTP, SWRO)
5	7 Januari 2022	Studi Literatur PT PJB Tanjung Awar-Awar (WFH)		
6	10 Januari 2022	Studi Literatur PT PJB Tanjung Awar-Awar (WFH)		
7	11 Jsnuari 2022	Studi Literatur PT PJB Tanjung Awar-Awar (WFH)		
8	12 Januari 2022	Studi Literatur PT PJB Tanjung Awar-Awar (WFH)		
9	13 Januari 2022	07.30	11.00	Pengenalan Lanjutan Coal Pond, HSD Supply Pump, Sludge Pond
10	14 Januari 2022	07.30	10.30	Studi Literatur di Perpus

11	17 Januari 2022	07.30	16.00	Mempelajari Drawing dan Tugas Khusus
12	18 Januari 2022	07.30	16.00	Pengambilan data di HSD Supply Pump, Coal Pond, Sludge Pond
13	19 Januari 2022	07.30	11.30	Studi Literatur Coal Handling System di Perpustakaan
14	20 Januari 2022	08.00	12.00	Penyusunan Laporan (Coal Handling System)
15	21 Januari 2022	07.30	12.30	Studi Literatur dan Analisa Gambar WTP di Perpustakaan
16	24 Januari 2022	07.30	12.00	Penyusunan Laporan (WTP)
17	25 Januari 2022	08.00	11.30	Analisa data dan gambar Tugas Khusus (Transferring Discharge Pump)
18	26 Januari 2022	09.00	14.00	Pengerjaan Laporan BAB 1,2
19	27 Januari 2022	07.30	12.00	Perhitungan Tugas Khusus Rekomendasi Pompa
20	28 Januari 2022	08.00	13.00	Asistensi analisa data dan gambar dengan Dosen Lapangan
21	31 Januari 2022	08.00	12.30	Evaluasi dan Analisa Pengerjaan Tugas Khusus Gambar Instalasi
22	1 Februari 2022	08.00	12.30	Pengerjaan desain gambar dan laporan
23	2 Februari 2022	09.00	14.00	Pengerjaan desain gambar dan laporan

24	3 Februari 2022	09.00	14.00	Lanjutan perhitungan tugas khusus rekomendasi pompa
25	4 Februari 2022	09.00	14.00	Lanjutan perhitungan tugas khusus rekomendasi pompa
26	7 Februari 2022	08.30	12.30	Melengkapi data gambar
27	8 Februari 2022	08.30	12.30	Melengkapi data gambar dan survei HSD Supply Pump
28	9 Februari 2022	Pengerjaan laporan dan tugas khusus (WFH)		
29	10 Februari 2022	Pengerjaan laporan dan tugas khusus (WFH)		
30	11 Februari 2022	Pengerjaan laporan dan tugas khusus (WFH)		
31	14 Februari 2022	Pengerjaan laporan dan tugas khusus (WFH)		
32	15 Februari 2022	Pengerjaan laporan dan tugas khusus (WFH)		
33	16 Februari 2022	Pengerjaan laporan dan tugas khusus (WFH)		
34	17 Februari 2022	Pengerjaan laporan dan tugas khusus (WFH)		
35	18 Februari 2022	Pengerjaan laporan dan tugas khusus (WFH)		
36	21 Februari 2022	Pengerjaan laporan dan tugas khusus (WFH)		
37	22 Februari 2022	Pengerjaan laporan dan tugas khusus (WFH)		
38	23 Februari 2022	Pengerjaan laporan dan tugas khusus (WFH)		
39	24 Februari 2022	Pengerjaan laporan dan tugas khusus (WFH)		
40	25 Februari 2022	Pengerjaan laporan dan tugas khusus (WFH)		
41	28 Februari 2022	Pengerjaan laporan dan tugas khusus (WFH)		

3.2 Metodologi Penyelesaian Tugas Khusus

3.2.1 Survei Lapangan dan Studi Literatur

Survei lapangan di PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar dilakukan untuk menemukan permasalahan dan bisa dilanjutkan dengan

menentukan topik pembahasan tugas. Setelah dilakukan survei lapangan, selanjutnya adalah studi literatur terkait dengan hasil survei lapangan yang telah dilakukan.

3.2.2 Pengambilan Data pada Lapangan

Setelah studi literatur, maka sudah ditemukan data apa saja yang diperlukan untuk melanjutkan analisis terkait kondisi lapangan di PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar.

3.2.3 Analisis Data

Setelah data diambil, maka dilakukan analisis. Analisis data ini adalah melakukan perhitungan densitas fluida kerja, viskositas fluida kerja, kapasitas, *head* efektif, NPSHa, WHP, daya poros, daya motor, dan putaran spesifik yang mempengaruhi tipe *impeller*.

3.2.4 Menentukan Rekomendasi Pompa

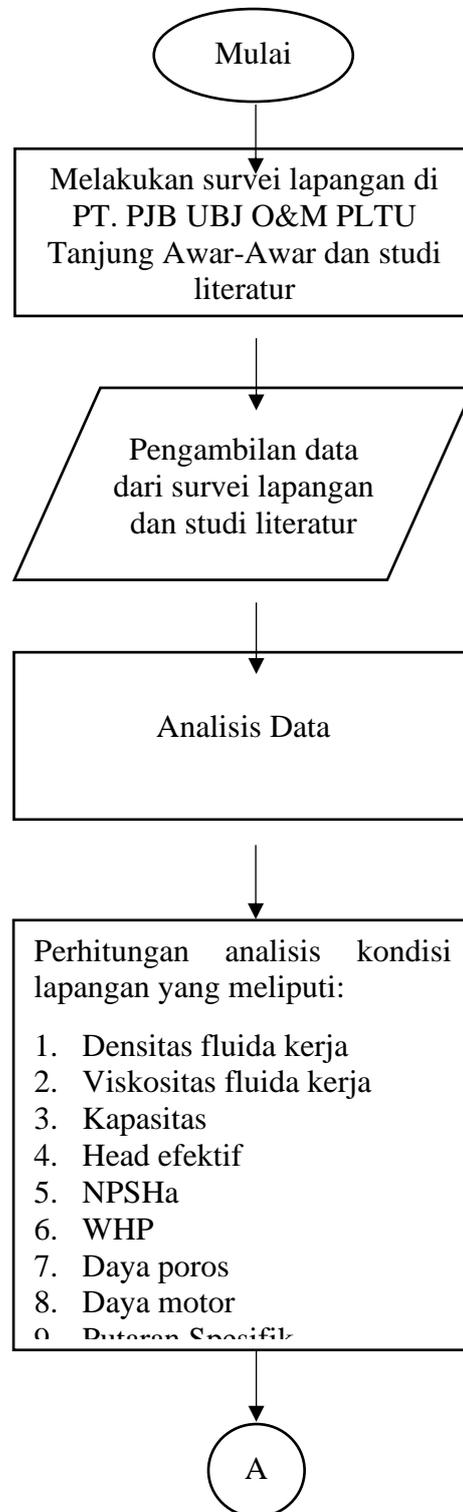
Rekomendasi pompa untuk fluida kerja pada kondisi lapangan bisa ditemukan setelah dilakukan analisis data yang sudah didapatkan.

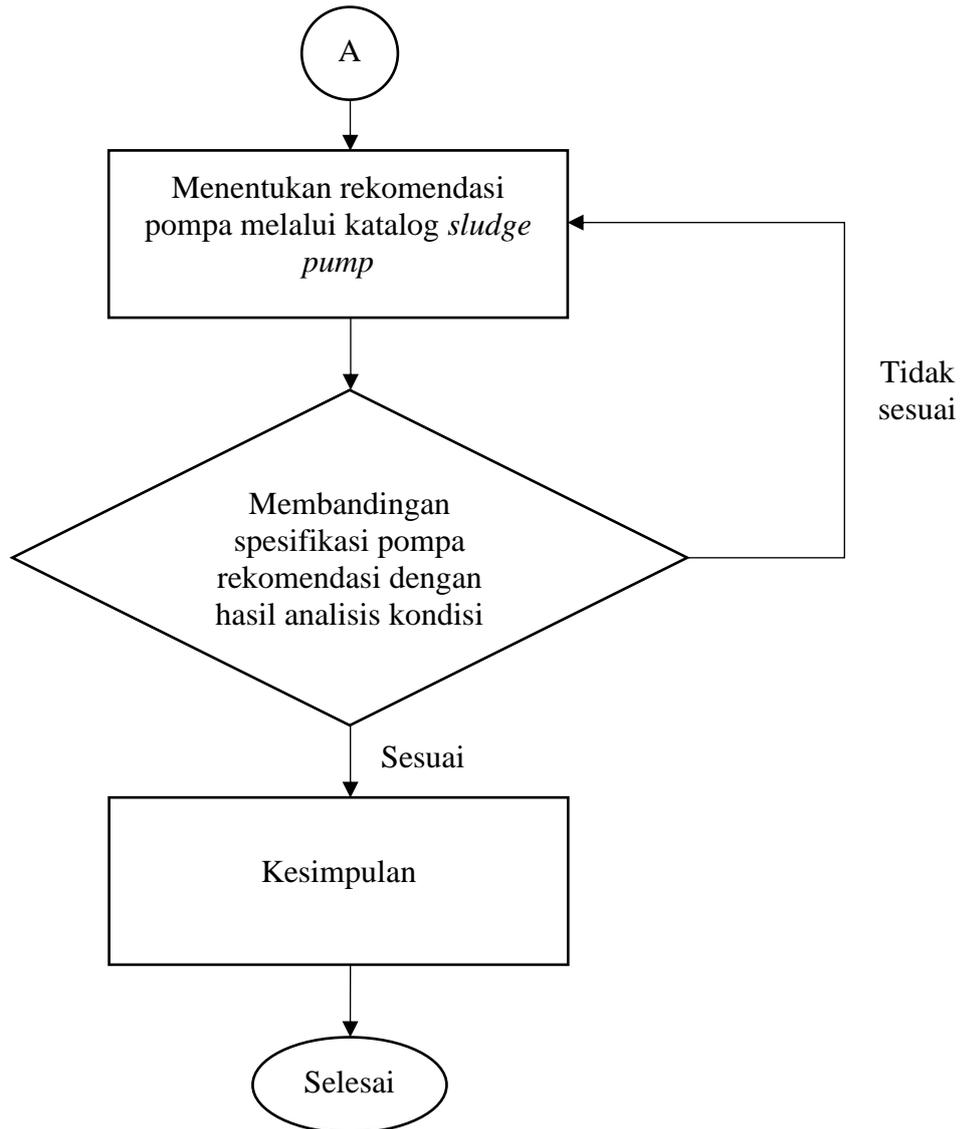
3.2.5 Membandingkan Pompa Eksisting dan Pompa Rekomendasi

Membandingkan pompa kondisi eksisting dan pompa rekomendasi dilakukan untuk mengetahui manakah yang lebih cocok digunakan untuk fluida kerja pada kondisi lapangan.

3.2.6 Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Khusus

Diagram alir metodologi penyelesaian tugas khusus magang industri di PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



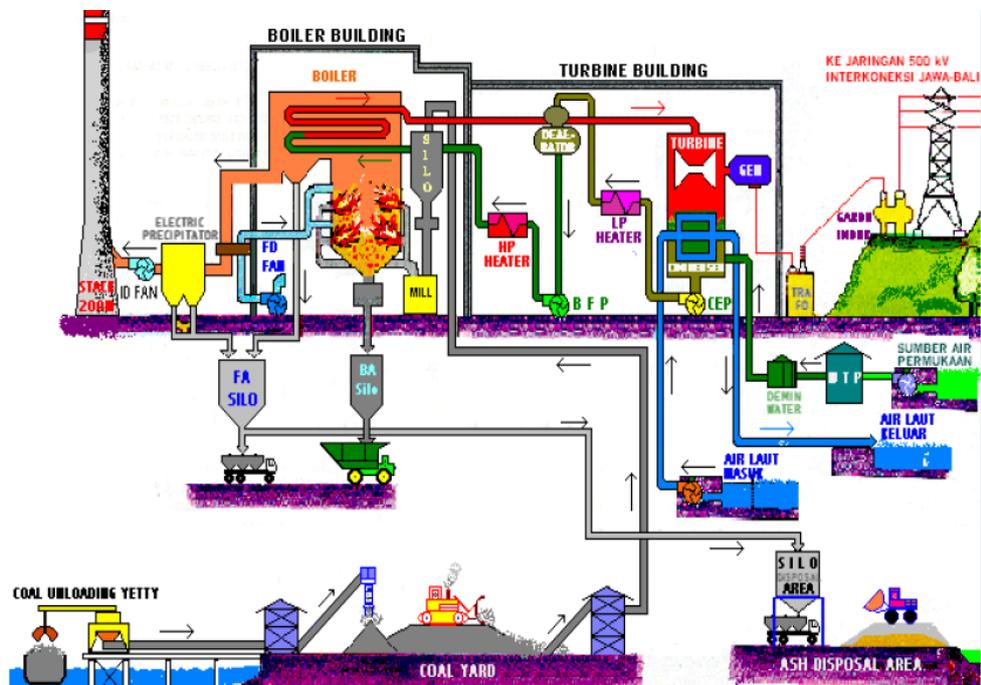


Gambar 3. 1 Diagram Alur Metodologi Penyelesaian Tugas

BAB IV HASIL MAGANG

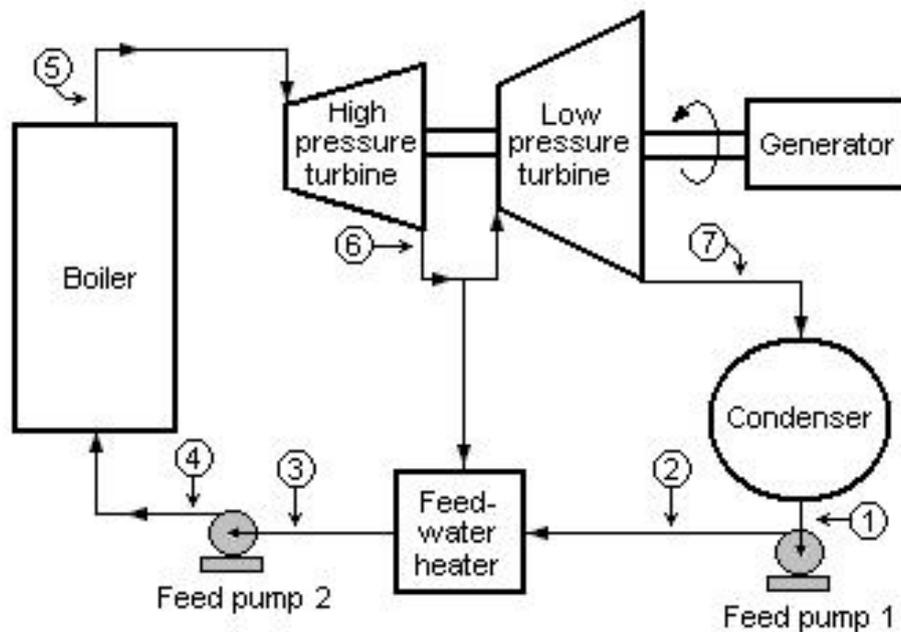
4.1 Pengertian dan Gambaran Umum Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah jenis pembangkit listrik yang memerlukan bahan bakar (energi kimia). Kemudian melalui proses pembakaran, bahan bakar dapat menghasilkan energi panas yang digunakan untuk merubah fasa air menjadi uap di boiler. Selanjutnya uap panas diubah menjadi energi mekanik di turbin. Setelah itu energi mekanik diubah menjadi energi listrik di generator. Gambar 4.1 berikut merupakan siklus PLTU.



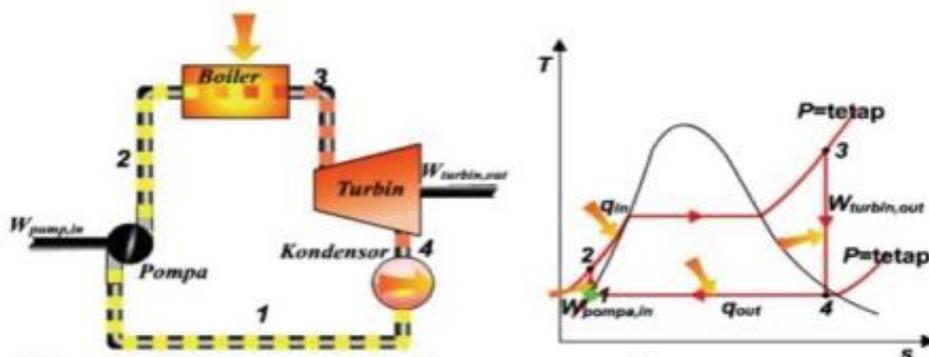
Gambar 4. 1 Siklus PLTU

PLTU merupakan salah satu jenis pembangkit yang banyak digunakan karena biaya bahan bakarnya lebih terjangkau serta dapat menghasilkan energi listrik yang besar. Komponen utama PLTU meliputi *boiler*, turbin, *condenser*, dan generator. Gambar 4.2 di bawah ini ditunjukkan siklus yang terjadi pada komponen utama PLTU.



Gambar 4. 2 Siklus Komponen Utama PLTU

Proses yang terjadi pada PLTU dapat digambarkan pada siklus Rankine, yaitu siklus tenaga uap paling sederhana yang merupakan modifikasi dari siklus Carnot, dimana proses pemanasan pendinginan pada siklus ini terjadi pada tekanan yang tetap. Siklus Rankine Ideal diperlihatkan pada Gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4. 3 Siklus Rankine Ideal

Siklus Rankine ideal tidak melibatkan *irreversible internal* dan terdiri dari 4 tahapan proses sebagai berikut:

- 1) Tahap 1 (proses 1 – 2)

Proses kompresi *isentropic* dalam kompresor, kondisi 1 adalah udara atmosfer dimana temperatur udara adalah hasil kompresi (proses pengisian drum).

2) Tahap 2 (proses 2 – 3)

Proses penambahan panas pada tekanan konstan dalam ruang bakar dimana panas yang ditambahkan dalam ruang bakar (proses pembakaran dalam *boiler*).

3) Tahap 3 (proses 3 – 4)

Proses ekspansi *isentropic* dalam turbin, selanjutnya temperature gas keluaran pada proses ekstraksi *steam* dari turbin.

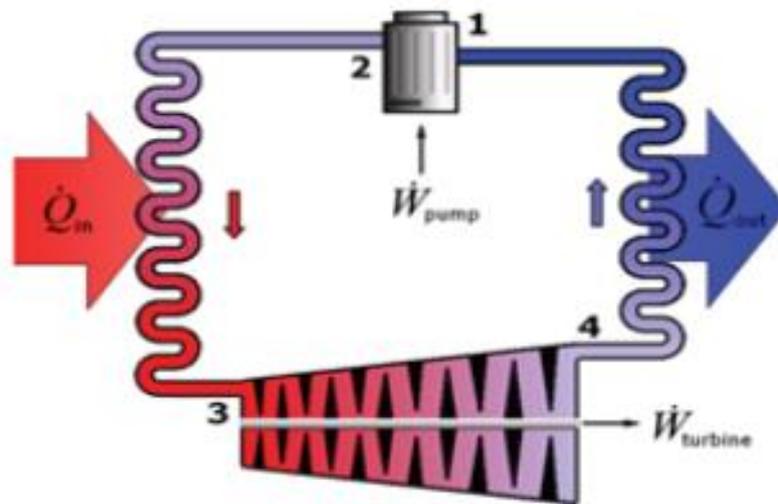
4) Tahap 4 (proses 4 – 5)

Proses pelepasan kalor (*heat rejection*) ke lingkungan pada tekanan konstan (proses di dalam *condenser*).

Air yang masuk ke pompa pada kondisi 1 sebagai cairan jenuh kemudian dikompresi sampai tekanan operasi *boiler*. Temperatur air akan meningkat selama kompresi *isentropic* melalui sedikit pengurangan dari volume spesifik air. Pada gambar 1, jarak vertical antara 1 – 2 pada diagram T – s biasanya dlebihkan untuk menjaga agar proses lebih aman. Air yang memasuki *boiler* sebagai cairan terkompresi pada kondisi 2 dan akan menjadi uap *superheated* pada kondisi 3, dimana panas yang diberikan oleh *boiler* ke air pada temperatur yang tetap.

Boiler dan seluruh bagian yang menghasilkan uap ini disebut sebagai generator uap. Uap *superheated* pada kondisi 3 kemudian akan memasuki turbin untuk diekspansi secara *isentropic* dan akan menghasilkan kerja untuk memutar *shaft* yang terhubung dengan generator listrik sehingga dihasilkan listrik. P dan T dari uap akan turun selama proses ini menuju keadaan 4 dimana uap akan masuk *condenser* dan biasanya sudah berupa uap jenuh. Uap ini akan dicairkan pada P konstan di dalam *condenser* dan akan meninggalkan *condenser* sebagai cairan jenuh yang masuk pompa untuk melengkapi siklus *Rankine*.

Data di bawah kurva proses pada diagram T – s menunjukkan transfer panas untuk proses reversibel internal. Area di bawah kurva proses 2 – 3 menunjukkan panas yang ditransfer ke *boiler* dan area di bawah kurva 4 – 1 menunjukkan panas yang dilepaskan di *condenser*. Perbedaan dari kedua aliran ini adalah kerja *netto* yang dihasilkan selama siklus. Gambar 4.4 di bawah ini ditunjukkan *layout* khusus siklus *Rankine*.

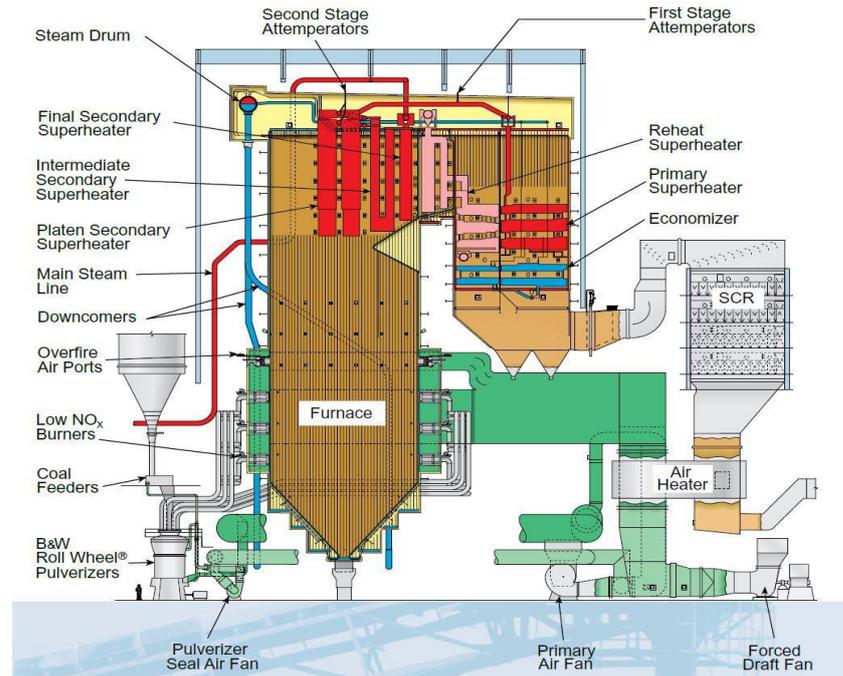


Gambar 4. 4 Layout Khusus Siklus Rankine

4.1.1 Boiler

Boiler adalah sebuah *vessel* tertutup yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap bertekanan dengan cara melakukan penambahan panas. *Vessel* terbuka yang menghasilkan uap bertekanan atmosfer tidak disebut sebagai *boiler*. Pada *furnace boiler*, bahan bakar (energi kimia) diubah menjadi energi panas. Kemudian panas dipindahkan ke air seefisien mungkin oleh *boiler*. Sehingga, fungsi utama *boiler* adalah untuk menghasilkan uap di atas tekanan atmosfer melalui penyerapan panas yang dihasilkan pada proses pembakaran (Ilmi, 2010).

Dalam proses operasinya ditunjang dengan alat bantu khusus yang meliputi: *Forced Draft Fan*, *Steam Air Heater*, *Burner System*, *Ignitor System*, *Stack*, *Control System*, *Feed Water System*, dll. Komponen *boiler* diperlihatkan pada Gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4. 5 Komponen Boiler

Berikut spesifikasi *boiler* yang digunakan pada PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar:

Model : HG1175/17.5-HM4

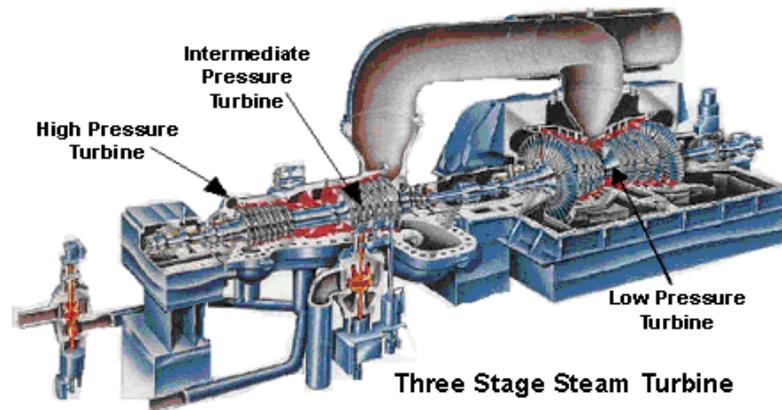
Type : *It is coal-fired drum boiler with sub-critical pressure, signal reheating, and signal furnace, which has natural circulation, balanced ventilation, solid de-slagging, and four-corner tangential firing mode*

Manufacturer : Harbin Factory

4.1.2 Turbin Uap

Turbin uap merupakan suatu mesin penggerak mula yang mengubah uap (energi potensial) menjadi energi kinetik yang kemudian diubah menjadi energi mekanik yang mampu menggerakkan poros turbin dengan massa uap. Poros turbin, langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi, dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan. Turbin uap terdiri dari beberapa bagian utama, meliputi: rumah turbin (*casing*), rotor, sudu-sudu yang dipasang pada

rotor dan *casing*, serta bantalan untuk menyanggah rotor. Komponen turbin diperlihatkan pada Gambar 4.6 di bawah ini.



Gambar 4. 6 Komponen Turbin

Berikut spesifikasi turbin uap yang digunakan pada PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar:

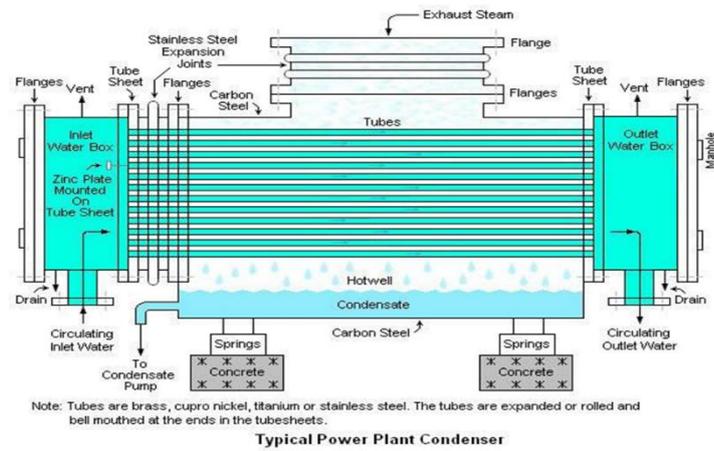
Model : N350—16.7/538/538

Type : *Single-shaft, double-cylinder, HP and IP combined cylinder, once intermediate reheating, double-exhaust, reaction, steam condensing type*

Manufacturer : Harbin Turbine Factory

4.1.3 Condenser

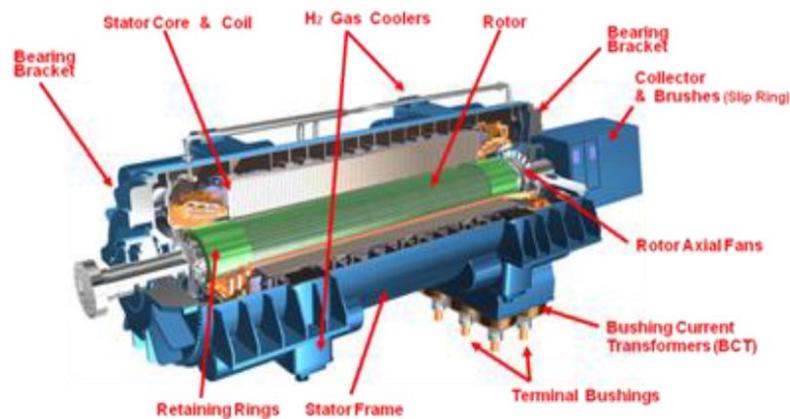
Condenser merupakan tempat kondensasi uap yang sudah digunakan untuk memutar *Low Pressure Turbine*. Uap yang sudah digunakan untuk memutar *LP Turbine* dikondensasi menjadi air yang nantinya akan digunakan kembali. Di dalam *condenser* berisi pipa-pipa yang di dalamnya dialiri air alur. Uap yang masuk ke dalam *condenser* akan bersentuhan dengan pipa tersebut sehingga timbul kondensasi. Hasil kondensasi uap menjadi air ini kemudian ditampung di *Hot Well*. Komponen *condenser* diperlihatkan pada Gambar 4.7 di bawah ini.



Gambar 4. 7 Komponen Turbin

4.1.4 Generator

Generator merupakan alat yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik yang berasal dari turbin menjadi energi listrik. Komponen utama generator terdiri atas *rotor* dan *stator*. Komponen generator diperlihatkan pada Gambar 4.8 di bawah ini.



Gambar 4. 8 Komponen Generator

Berikut spesifikasi generator yang digunakan pada PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar:

Model : QFSN-350-2

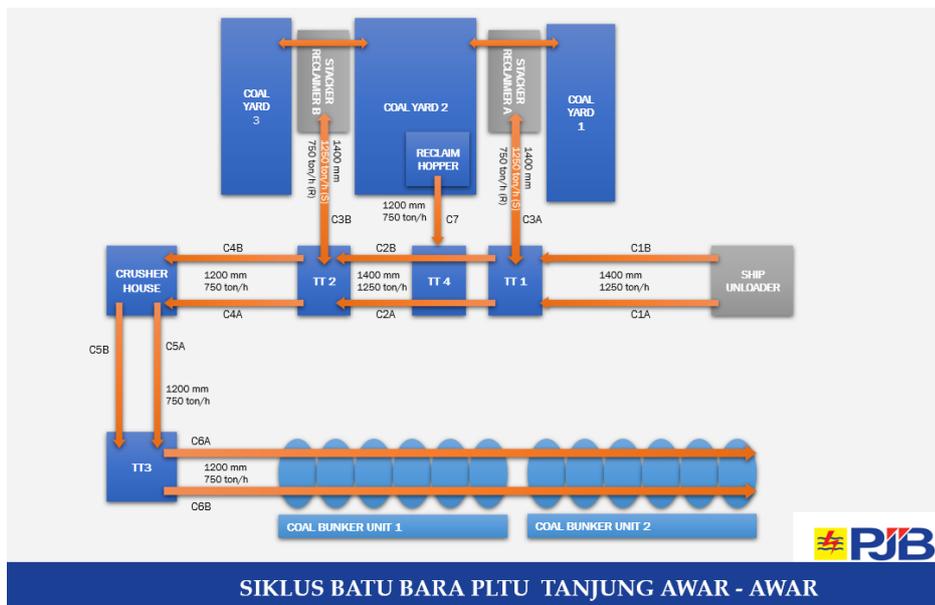
Type : Generator cooling type is water-hydrogen-hydrogen type.
Excitation type is self-shunt static excitation system. (Static excitation system)

Manufacturer : Harbin Factory

4.2 Bidang Kegiatan

4.2.2 Siklus Batu bara

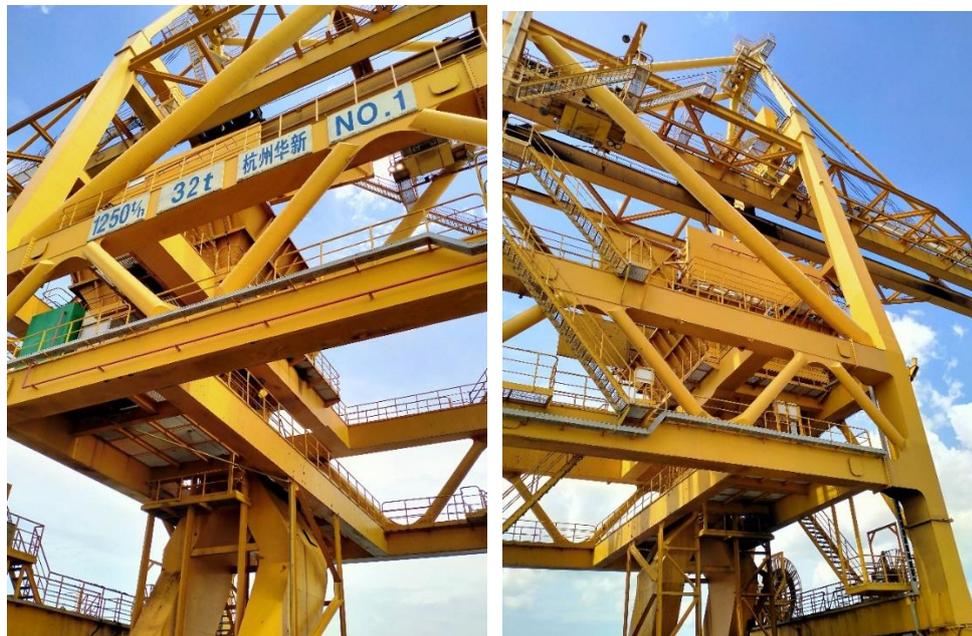
Siklus penanganan batu bara atau *coal handling system* adalah suatu proses penanganan batu bara yang berfungsi untuk mengelola batu bara mulai dari proses *unloading*, yaitu kedatangan batu bara dari tongkang di *jetty* (terminal khusus) hingga proses *loading*, kemudian disimpan ke *bunker* yang nantinya digunakan sebagai pembakaran pada *boiler*. Batu bara yang digunakan pada PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar berasal dari Kalimantan dengan spesifikasi *Medium Rank Coal (MRC)* dan *Low Rank Coal (LRC)*. *Equipment* pada proses *coal handling system* antara lain *ship unloader*, *coal storage yard*, *stacker reclaimer*, *belt conveyor*, *transfer tower*, *crusher house*, dan *bunker*. Siklus batu bara tersebut ditampilkan pada Gambar 4.9 di bawah ini.



Gambar 4. 9 Siklus Batu Bara

a) *Ship Unloader*

Ship Unloader merupakan alat yang berfungsi sebagai pembongkar batu bara dari kapal tongkang atau proses *unloading* menuju *conveyor* yang kemudian ditransfer menuju *coal yard*. PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar menggunakan dua *ship unloader* yang memiliki kapasitas 1250 ton/h. Akan tetapi dalam penggunaannya selalu di bawah 1250 ton/h, yaitu berkisar 900 ton/h hingga 1000 ton/h. Alasan digunakannya dua buah *ship unloader* adalah apabila salah *ship unloader* nomor 1 ada kendala atau sedang *stand by*, maka bisa digunakan *ship unloader* nomor 2. *Ship unloader* diperlihatkan pada Gambar 4.10 di bawah ini.



Gambar 4. 10 Ship Unloader

b) *Coal Storage Yard*

Coal storage yard merupakan tempat penyimpanan sementara batu bara sebelum menuju ke *Transfer Tower* yang ditransfer melalui *conveyor*. *Coal storage yard* menyimpan dua jenis kualitas batu bara, yaitu kualitas yang biasa (berwarna hitam) untuk bahan bakar pembangkit dan kualitas yang bagus (berwarna coklat) untuk keadaan darurat. Kapasitas penyimpanan *coal storage yard* pada PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar adalah 309.000 ton. *Coal storage yard* diperlihatkan pada Gambar 4.11 di bawah ini.



Gambar 4. 11 Coal Storage Yard

Stacker reclaimer merupakan *equipment* pada *coal handling system* yang berfungsi untuk meletakkan dan menata batu bara di *stock pile* atau *coal storage yard*. Selain itu, *stacker reclaimer* juga berfungsi untuk mengambil batu bara dari *stock pile* untuk ditransfer menuju silo melalui *belt conveyor*. *Stacker reclaimer* yang digunakan pada PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar berjumlah 2 buah. *Stacker reclaimer* diperlihatkan pada Gambar 4.12 di bawah ini.



Gambar 4. 12 Stacker Reclaimer

c) *Belt Conveyor*

Belt conveyor merupakan *equipment* yang digunakan untuk mengangkut batu bara dari *ship unloader* ke *coal storage yard* serta dari *transfer tower* ke *bunker*. PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar menggunakan 7 *belt conveyor*. Dimana masing-masing nomor *belt conveyor* terdapat 2 buah, misalnya C1A dan C1B, kecuali pada *belt conveyor* 7. Alasan digunakannya 2 buah *belt conveyor* sama seperti *ship unloader*, yaitu ketika *belt conveyor* A sedang terdapat kendala atau sedang *stand by*, maka bisa digunakan *belt conveyor* B dan sebaliknya. *Belt conveyor* 7 hanya digunakan pada saat keadaan darurat yang langsung mengarah ke *transfer tower* 4, sehingga hanya terdapat 1 buah saja.

Spesifikasi *belt conveyor* yang digunakan pada PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar antara lain:

1) *Belt Conveyor* C1A dan C1B



Gambar 4. 13 *Belt Conveyor* C1A dan C1B

Lebar : 1400 mm

Kapasitas : 1250 ton/h

Kecepatan : 2.5 m/s

Terdapat *dynamic calibration system*

2) *Belt Conveyor C2A dan C2B*

Lebar : 1400 mm

Kapasitas : 1250 ton/h

Kecepatan : 2.5 m/s

3) *Belt Conveyor C3A dan C3B*

Lebar : 1400 mm

Kapasitas : 1250 ton/h untuk *stacking*750 ton/h untuk *reclaiming*

Kecepatan : 2.5 m/s

Terdapat *magnetic separator* dengan tipe *belt* dan *motor-drive plough scarer (water scarer)*, dan *stacker-reclaimer*.

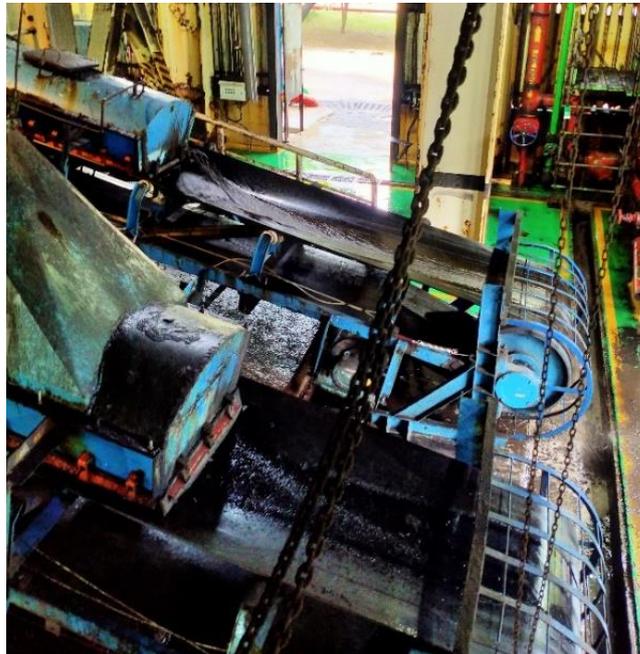
Memiliki 2 motor karena arah geraknya adalah 2 arah, tidak seperti *belt conveyor* lain yang arah geraknya hanya 1.

4) *Belt Conveyor C4A dan C4B*

Lebar : 1200 mm

Kapasitas : 750 ton/h

Kecepatan : 2.5 m/s

5) *Belt Conveyor C5A dan C5B*

Gambar 4. 14 *Belt Conveyor C5A dan C5B*

Lebar : 1200 mm

Kapasitas : 750 ton/h

Kecepatan : 2.5 m/s

Terdapat *magnetic separator* dengan tipe *disc, sampler, metal detector*, dan *dynamic calibration system*.



Gambar 4. 15 *Magnetic Separator* pada *Belt Conveyor C5A* dan *C5B*

6) *Belt Conveyor C6A* dan *C6B*

Lebar : 1200 mm

Kapasitas : 750 ton/h

Kecepatan : 2.5 m/s

Terdapat *motor-drive plough water (water scarer)*

7) *Belt Conveyor C7*

Lebar : 1200 mm

Kapasitas : 750 ton/h

Kecepatan : 2.5 m/s

Terdapat *reclaim hopper*

Belt conveyor C1, C2, C4, dan C5 arah gerakannya adalah ke utara dan selatan. Sedangkan pada *belt conveyor* C3, C6, dan C7 arah gerakannya adalah timur dan barat. Untuk semua *belt conveyor* hanya memiliki 1 arah gerak kecuali pada *belt conveyor* C3 yaitu memiliki 2 arah gerak untuk *stacking* dan *reclaiming*.

Terdapat 4 sistem pengaman pada *belt conveyor*, antara lain:

1. *Pull rope switch*
2. *Belt sway*
3. *Plugged chute*
4. *Hand ripper*

d) *Transfer Tower*

Transfer tower merupakan *equipment* yang berfungsi untuk mentransfer batu bara dari 1 *belt conveyor* ke *belt conveyor* yang lain. Dinamakan *tower* karena bangunannya adalah menara dimana terdapat beberapa tingkatan lantai yang di setiap lantainya terdapat perlakuan atau proses tertentu untuk batu bara sebelum ditransfer ke *conveyor* yang lain.

Pada PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar terdapat 4 *transfer tower*, yang diberi nama TT1, TT2, TT3, dan TT4. TT4 digunakan saat keadaan darurat yang mendapat transfer batu bara dari C7. TT4 terletak di antara TT1 dan TT2. Sedangkan TT1, TT2, dan TT3 digunakan untuk mentransfer batu bara mulai dari C1A dan C1B hingga ke *bunker*.

Pada TT1 terdapat *sampler* sebagai pengambil *sample* batu bara dari C1A maupun C1B untuk diperiksa kualitasnya, *magnetic separator* dengan tipe *belt* sebagai pemisah batu bara dengan logam, *electromotive three-way valve*, *surge roller*, *air lock obturator*, dan *dust collector*.



Gambar 4. 16 Magnetic Separator pada Transfer Tower

Pada TT2 hampir sama dengan TT1, bedanya adalah tidak terdapat *magnetic separator*. Pada TT3 terdapat *electromotive three-way valve*, *surge roller*, *air lock obturator*, dan *dust collector*. Yang terakhir pada TT4 dimana digunakan Ketika keadaan darurat, terdapat *magnetic separator* dengan tipe *belt*, *electromotive three-way valve*, *air lock obturator*, dan *dust collector*.

e) *Crusher House*

Crusher house merupakan tempat untuk menghancurkan atau menghaluskan batu bara sebelum ditransfer ke *bunker*. Ukuran batu bara yang masuk ke *crusher house* adalah ≤ 300 mm yang kemudian dihaluskan sampai dengan ukuran ≤ 30 mm. *Crusher house* pada PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar terletak di antara *transfer tower* TT2 dan TT3. Kapasitas *crusher house* adalah 650 ton/h dengan kapasitas maksimal 750 ton/h. pada *crusher house* ini terdapat *crusher*, *air lock obturator*, dan *dust collector*. Masing-masing terdapat 2 buah karena terdapat 2 *belt conveyor*.



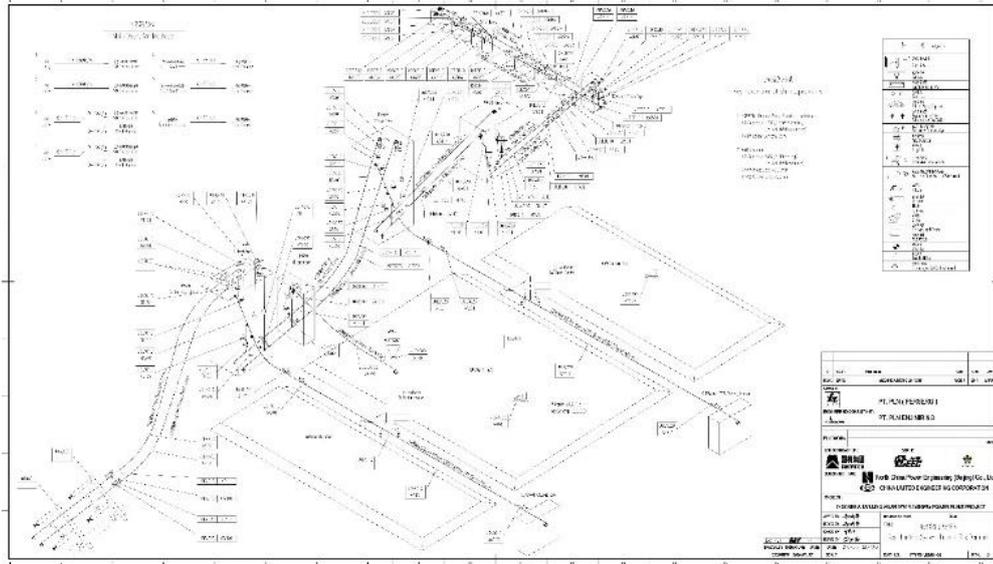
Gambar 4. 17 Crusher

f) *Bunker*

Bunker merupakan tempat penampungan terakhir batu bara sebelum digunakan untuk pembakaran *boiler*. Pada PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar terdapat 6 buah *bunker* untuk masing-masing *boiler*, dimana terdapat 2 buah *boiler*. Sehingga jumlah total *bunker* adalah 12 buah. Pada *belt conveyor* C6A dan C6B terdapat *coal plug* atau *triplet* untuk mengarahkan batu bara agar jatuh ke *bunker*.

4.2.2.1 Coal Handling System Process Flow Diagram

Batu bara dari kapal tongkang dibongkar oleh *ship unloader* (*unloading*) untuk ditransfer ke TT1 melalui C1A dan C1B. Pada TT1 batu bara dipisahkan dari logam menggunakan *magnetic separator* dengan tipe *belt*, kemudian batu bara diturunkan ke C2A dan C2B maupun C3A. Batu bara yang melalui C3A ditransfer ke *coal storage yard*, sedangkan batu bara yang melalui C2A dan C2B ditransfer ke TT2. Pada Gambar 4.18 di bawah ini diperlihatkan *coal handling system process flow diagram*.



Gambar 4. 18 Coal Handling System Process Flow Diagram

Pada TT2 batu bara diturunkan ke C4A dan C4B maupun C3B. Batu bara yang melalui C3B ditransfer ke *coal storage yard*, sedangkan batu bara yang melalau C4A dan C4B ditransfer ke *crusher house*. Pada *crusher house* terjadi proses penghancuran atau penghalusan batu bara dari ukuran ≤ 300 mm menjadi ≤ 30 mm.

Setelah dihancurkan di *crusher house*, batu bara kemudian ditransfer ke TT3 melalui C5A dan C5B. Pada C5A dan C5B terdapat *magnetic separator* dengan tipe *disc* untuk memisahkan batu bara dengan logam, serta *sampler* sebagai pengambil *sample* batu bara yang sudah dihancurkan untuk diperiksa kualitasnya. Setelah itu ditransfer ke TT3.

Batu bara pada TT3 ditransfer ke *bunker* di kedua unit melalui C6A dan C6B, yang masing-masing unit memiliki 6 buah *bunker*. Pada C6A dan C6B terdapat *coal plug* atau *triplet* yang digunakan untuk mengarahkan atau menjatuhkan batu bara dari *belt conveyor* ke *bunker*.



Gambar 4. 19 Triplet

Batu bara yang berada di *bunker* sudah siap untuk dibawa ke *coal pulverizer*.

Lalu untuk keadaan darurat, digunakan C7A dan C7B yang kemudian mentransfer ke TT4. Untuk penempatan *belt conveyor* dan *transfer tower* ini bukan berada di paling akhir atau paling ujung meskipun penomorannya terakhir. Hal ini dikarenakan mengikuti standar dari China.

4.2.2 Siklus Air dan Uap

Siklus air berisi penjelasan mengenai pengolahan air yang bersumber dari air laut hingga menjadi air demin, dan sebagainya. Siklus air berawal dari pengambilan air laut oleh pompa air laut (*sea water pump*). Pada awal pengolahan air dilakukan penyaringan terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran yang cukup besar. Selanjutnya dilakukan penginjeksian zat *chlorin* untuk memabukkan biota laut, agar biota tersebut tidak berkembang biak di pipa line CWP.

Air yang telah disaring akan dialirkan menuju *desalination plant*. *Desalination plant* yang digunakan pada PT PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar adalah RO (*Reverse Osmosis*). Proses dari RO ini bertujuan untuk menghilangkan kadar garam yang terdapat pada air aut. Prosesnya air

laut akan dipompakan menuju *vessel* yang didalamnya terdapat membran semi permeabel. Pada saat melalui membran tersebut, molekul garam akan tertahan dan hanya molekul air saja yang mengalir. Hasil air dari proses RO akan bersifat air tawar dan ditampung ke dalam *fresh water storage tank*.

Selanjutnya air tawar tersebut akan mengalami proses demineralisasi yang terjadi di WTP (*Water Treatment Plant*). Proses demineralisasi adalah proses penghilangan mineral yang terkandung di air tawar. Dimana terjadi pengikatan ion positif dan negatif dari *raw water* dengan adanya penambahan resin. Resin yang ditambahkan tersebut bermuatan positif dan negatif sehingga air yang memiliki ion positif akan diikat oleh resin bermuatan negatif sehingga air yang bermuatan ion negatif akan diikat oleh resin bermuatan positif. Hasil air dari WTP adalah dinamakan *demin water* (air bebas mineral) yang ditampung ke dalam *demin water tank*.

Demin water akan dipompakan menuju *condensate tank*, dimana air demin akan ditampung dan digunakan untuk penambahan air kondensat pada *condensor*. Setelah melalui *condenser*, air akan dipompakan menuju *low pressure heater* oleh *condensate pump*. *Low pressure heater* yang terdapat pada PT PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar berjumlah 4 *LP Heater*. Dimana untuk nilai masing-masing *heating surface LP Heater* 1 = 745m^2 , *LP Heater* 2 = 810m^2 , *LP Heater* 3 = 795m^2 , dan *LP Heater* 4 = 1030m^2 .

Prinsip kerjanya adalah air pengisi akan dialirkan didalam pipa dan uap panas akan mengalir diluar pipa. Selanjutnya air pengisi yang telah dipanaskan pada *LP heater* akan dialirkan menuju *deaerator*. Dimana akan terjadi proses penghilangan kandungan oksigen didalam air pengisi. Proses yang terjadi adalah air pengisi akan melakukan kontak langsung dengan uap sehingga akan memisahkan gas dari air pengisi. Uap yang digunakan berasal dari ekstrasi uap *IP turbine*.

Air yang telah melalui *deaerator* secara langsung dipompakan menuju *HP heater* melalui *boiler feed pump*. Fungsi dari air tersebut adalah untuk memanaskan air pengisi. Secara garis besar, prinsip dari *HP heater* dengan

LP heater sama, hanya terjadi perbedaan pada uap ekstrasi yang digunakan. Dimana HP heater menggunakan uap ekstrasi dari HP dan IP turbine. Dimana pada PT PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar terdapat 3 HP heater, yaitu : HP heater 1, HP heater 2, dan HP heater desuperheater. Selanjutnya air akan mengalir menuju ke economizer untuk dilakukan pemanasan terakhir sebelum masuk ke steam drum.

Steam drum merupakan komponen yang digunakan untuk menampung dan memisahkan air pengisi boiler yang masih berbentuk air dengan yang telah menjadi bentuk uap basah. Prinsip kerjanya terjadi secara alami dimana air yang telah menjadi uap basah akan berada di permukaan atas steam drum sedangkan yang berwujud cair akan berada dibagian bawah steam drum. Selanjutnya uap akan dialirkan menuju superheater sedangkan air akan turun melalui water wall untuk diuapkan dan kemudian diairkan ke superheater. Pada Gambar 4.20 di bawah ini ditunjukkan siklus air dan uap.



Gambar 4. 20 Silus Air dan Uap

Uap basah dan water wall di superheater akan dipanaskan untuk dijadikan uap kering. Uap kering tersebut akan dialirkan menuju HP turbine

untuk memutar sudu-sudu HP *turbine*. Setelah digunakan untuk memutar sudu-sudu HP *turbine*, uap kering tersebut akan mengalami penurunan tekanan dan temperatur sehingga perlu dipanaskan kembali di *boiler* melalui *reheater*. Uap yang telah dipanaskan pada tekanan konstan di *reheater* akan dialirkan menuju IP *turbine* untuk memutar sudu-sudu IP *turbine*. Setelah itu uap langsung dialirkan menuju ke LP *turbine*, tanpa dilakukan pemanasan kembali. Uap tersebut akan berfungsi untuk memutar LP *turbine*. Terakhir uap yang berasal dari LP *turbine* akan dialirkan menuju *condensor* untuk dikondensasikan menjadi air pengisi. Proses kondensasi melibatkan media pipa-pipa kecil yang dialiri oleh air laut sebagai pendinginnya. Air kondensat ini kemudian akan digunakan lagi sebagai air pengisi *boiler* dengan proses aliran yang sama.

Maka untuk siklus air dan uap PT PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar berada pada 4 area, antara lain :

4.2.2.1 CWS (Circulating Water System)

Area CWS merupakan area yang terdiri atas beberapa komponen yang memiliki fungsi sebagai pemberi *supply* air dari laut untuk kebutuhan unit. Komponen-komponen yang berada pada area CWP antara lain :

- ***Trash Rack***

Trash rack adalah komponen yang terletak pada bagian *intake* yang memiliki fungsi sebagai pemisah kotoran berukuran besar dari air laut yang nanti akan dipompa ke dalam siklus. Cara kerjanya adalah menahan kotoran pada air dengan *filter* yang terletak di bagian *intake*, lalu *trash rack* akan mengangkat kotoran tersebut supaya tidak menghalangi masuknya aliran air laut.

- ***Sea Water Supply Pump (SWSP)***

SWSP memiliki fungsi untuk memompa air laut yang telah dipisahkan dari kotoran yang kemudian dimasukkan ke dalam *sediment tank* sebelum disimpan pada *first fresh water tank* sebelum dilakukan *treatment* desalinasi menggunakan *reverse osmosis (RO)*.

- ***Backwash Pump***

Backwash pump memiliki fungsi utama ketika terjadi *circulating water pump* pertama kali dan jumlah air yang dipompa belum terpenuhi maka *backwash pump* akan memberi tambahan air pada CWP agar tidak terjadi *water hammer*. Selain itu air yang dipompakan oleh *backwash pump* juga berfungsi untuk membersihkan *screen* TWS.

- ***Circulating Water Pump (CWP)***

CWP adalah sebuah pompa besar yang berfungsi untuk memompakan air yang telah disaring menuju *tube-tube* kondensor. PT PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar memiliki 4 buah pompa CWP yang terpasang secara *vertical* dengan penggerak motor yang besar. Kapasitas dari CWP tersebut sebesar 29088 m³/h. Berikut merupakan spesifikasi dari CWP :

Tabel 4. 1 Spesifikasi CWP

<i>Items</i>	<i>Unit</i>	<i>Spesification</i>
<i>Model</i>		8lkxa-20.4
<i>Type</i>		<i>Upright, single-stage, single-suction, unclined-flow pump</i>
<i>Flow</i>	m ³ /s	8.08
<i>Head</i>	MH ₂ O	21
<i>Rotary Speed</i>	Rpm	370
<i>Efficiency</i>	%	86
<i>Minimum inundated depth</i>	M	4.1

4.2.2.2 Chlorination Plant

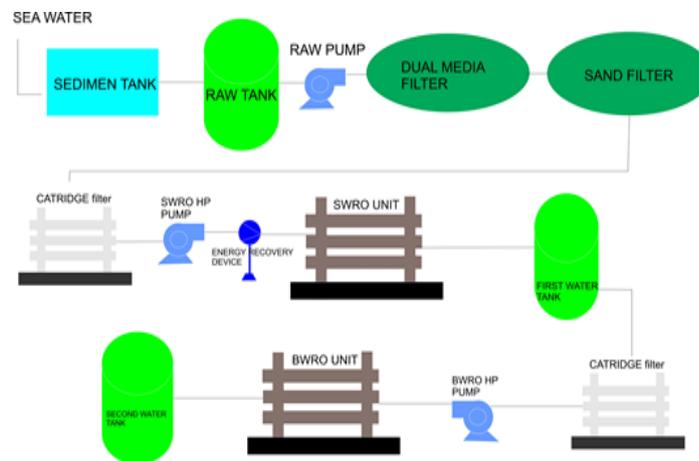
Chlorination plant adalah salah satu tempat untuk memproduksi *chlorine* dari air laut. Prinsip kerjanya yaitu air laut yang dipompa oleh *sea water pump* dibawa menuju *electrolyzer*.

Pada *electrolyzer* akan terjadi dua reaksi kimia yaitu elektrolisis dan chlorinasi. Dimana pada kedua reaksi kimia tersebut dihasilkan *Sodium Hypochlorite* (NaOCl). Zat NaOCl kemudian diinjeksikan menggunakan

chlorine pump menuju *intake* air laut untuk melumpuhkan biota laut sebelum menuju *trash rack* dan TWS (*Travelling Water Screen*).

4.2.2.3 Water Treatment Plant

Air merupakan produk utama dan kebutuhan pokok dalam proses menghasilkan energi listrik di PLTU. Perlu dilakukan tahap-tahap proses untuk menghasilkan air dengan *conductivity* dan pH yang diijinkan serta untuk menjaga peralatan pembangkit agar tidak terjadi korosi maupun kerusakan. Sumber air yang digunakan pada PLTU merupakan air laut, dimana diperlukan proses untuk mengubahnya menjadi air tawar melalui proses *desalination plant* atau *reverse osmosis* (RO).



Gambar 4. 21 Siklus Water Treatment Plant

Proses pengolahan air laut atau air baku menjadi air proses (air bebas mineral atau *demineral*) terjadi pada *water treatment plant*. Air *demineral* digunakan untuk memproduksi uap sebagai penggerak turbin uap. Air *demineral* pada siklus PLTU berfungsi sebagai media transfer energi yang terkandung dalam bahan bakar sampai dengan energi listrik yang dihasilkan oleh generator. Siklus ini bekerja pada kondisi tekanan dan temperatur yang tinggi serta peralatan yang presisi dan sisten yang kompleks. Sehingga air *demineral* harus diolah sesuai dengan kriteria.

4.2.2.4 Reverse Osmosis

Reverse osmosis adalah salah satu metode penjernihan air laut dengan memanfaatkan *membrane semipermeable* untuk menghilangkan

mineral maupun kontaminan yang ada pada air laut setelah tahap filterisasi yang telah dilakukan sebelumnya. Prinsip kerja dari *reverse osmosis* adalah dengan membalik peristiwa osmosis dengan memanfaatkan tekanan tinggi agar molekul air dapat terpisah dari kontaminannya saat melewati membran. Air hasil dari *reverse osmosis* merupakan air tawar dengan konduktivitas yang masih tinggi. Maka selanjutnya dilakukanlah proses *reverse osmosis* ke tahap berikutnya dengan menggunakan membran lain yang mampu menurunkan konduktivitas air tawar tersebut. Air hasil dari *reverse osmosis* akan dialirkan ke *mix bed* untuk menangkap ion positif dan ion negatif yang masih terkandung pada air menggunakan resin.

4.2.2.5 Unit Area

Pada unit area terbagi atas dua sistem unit, yaitu sistem turbin dan *boiler*.

- **Unit Turbin**

- *Condensate System*

- ***Condensate Extraction Pump (CEP)***

Condensate extraction pump adalah pompa yang berfungsi untuk mentransferkan air kondensat didalam kondenser menuju *deaerator*. Sebelum memasuki *deaerator* air akan melalui *LP heater* sebagai pemanas awal dan berfungsi sebagai umpan air kondensor pada sisi *hotwell* saat awal *start* unit. Selain itu CEP juga memiliki fungsi untuk *supply air* untuk *start cooling water system*. Ditiap unit PT PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar terdapat dua buah pompa yang tiap masing-masing memiliki memiliki kapasitas 100%.

- **Kondensor**

Kondensor merupakan komponen yang berfungsi untuk mengkondensasikan uap dari *LP turbine* dengan media pendingin air laut yang dipompa oleh CWP. Prinsip kerja dari kondensor adalah uap dari *LP turbine* mengalir di luar pipa kondensor melewati air laut yang mengalir di

dalam pipa kondensor. Berikut adalah tabel spesifikasi dari kondensor :

Tabel 4. 2 Spesifikasi Kondensor

<i>Items</i>	<i>Units</i>	<i>Spesifications</i>
<i>Model</i>		N-16000-2
<i>Type</i>		<i>Single-shell, single-flow, surface type</i>
<i>Cooling Area</i>	m ²	16000
<i>Cooling Water Temperature</i>	°C	30
<i>Circulating Water Temperature Rise (Design)</i>	°C	7
<i>Design pressure of the water room</i>	MPa	0.3
<i>Cooling Water Amount</i>	T/h	58169
<i>Back Pressure of The Kondensor</i>	MPa	0.0085

➤ ***Vacuum Pump***

Vacuum pump adalah pompa yang berfungsi untuk menghisap gas-gas yang tidak dapat terkondensasi yang mungkin ada didalam kondensor. Gas tersebut bercampur dengan uap air, dikarenakan memiliki sifat yang *non-condensable* dan dapat mengurangi kinerja kondensor maka harus dikeluarkan dari kondensor.

➤ ***Condensate Make Up Water Tank***

Condensate make up water tank adalah bak penampungan air kondensat dan air demin. Air tersebut digunakan sebagai *make up water*.

- ***Feed Water System***

➤ ***Low Pressure Heater (LP Heater)***

LP *heater* merupakan komponen sebagai pemanas awal air kondensat sebelum masuk pada *deaerator*. Media pemanasnya menggunakan uap yang diambil dari *low pressure turbine*. PT PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar memiliki 4 buah LP *heater*.

➤ ***Deaerator***

Fungsi dari alat ini digunakan sebagai pengurang atau dapat juga hingga menghilangkan kadar gas O₂ dari air umpan. Selain itu, *deaerator* juga berfungsi sebagai pemanas kontak langsung dengan air umpan karena uap dan air umpan sama-sama disemprotkan didalam *deaerator*. Uap akan memisahkan gas dari air umpan untuk kemudian gas-gas tersebut bergerak dengan cepat ke bagian atas *deaerator* dan selanjutnya dibuang ke atmosfer.

➤ ***Boiler Feed Pump (BFP)***

BFP merupakan pompa yang berfungsi untuk memompakan air umpan boiler dari *deaerator* menuju ke *economizer* dengan melewati HP *heater*. Pada PT PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar terdapat 3 pompa air umpan pada masing-masing unit. Satu pompa menggunakan penggerak motor (*Boiler Feed Pump Motor*) untuk *start up* dan kondisi darurat, dua lainnya menggunakan penggerak motor (*Boiler Feed Pump Turbine*).

➤ ***High Pressure Heater (HP Heater)***

HP *heater* merupakan alat pemanas kedua air umpan boiler setelah LP *heater*. Untuk prinsip kerja dari HP *heater* sama, uap yang digunakan merupakan uap yang berasal dari

ekstraksi uap HP *turbine* dan IP *turbine*, sehingga uap pada HP *heater* memiliki tekanan tinggi. Jumlah HP *heater* pada PT PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar adalah 3 buah, dan susunannya seri.

- **Turbine System**

➤ **High Pressure Turbine (HP Turbine)**

HP *turbine* adalah turbin uap bertekanan tinggi. Sudu HP *turbine* diputar oleh uap bertekanan tinggi yang berasal dari *boiler*. HP *turbine* satu poros dengan IP *turbine* (*Intermediate Pressure Turbine*). Uap yang keluar dari HP *turbine* terbagi menjadi dua jalur yaitu menuju HP *turbine* dan *reheater*. Namun lebih banyak uap yang mengalir pada *reheater* dikarenakan akan berfungsi untuk memutar sudu IP *turbine*. HP *turbine* memiliki 13 baris sudu (13 tingkat).

➤ **Intermediate Pressure Turbine (IP Turbine)**

IP *turbine* merupakan turbin dengan tekanan menengah. Untuk memutar sudu dari IP *turbine* adalah uap yang berasal dari HP *turbine* yang telah dipanaskan ulang pada *reheater*. Lalu uap yang keluar dari IP *turbine* akan masuk ke LP *turbine* dan sebagian diekstraksi menuju ke beberapa peralatan, seperti : HP *heater*, BFPT, dan *deaerator*. IP *turbine* terdiri dari 9 baris sudu.

➤ **Low Pressure Turbine (LP Turbine)**

LP *turbine* merupakan turbin bertekanan rendah yang mana porosnya langsung dikopel dengan poros generator. Sudu LP *turbine* akan diputar oleh uap hasil keluaran dari IP *turbine*, tanpa melewati proses *reheater*. Poros HP,IP, LP *turbine* dan generator dikopel jadi satu sehingga generator mendapatkan putaran 3000 rpm dan menghasilkan frekuensi 50 Hz.

Selanjutnya generator menghasilkan listrik setelah mendapat *supply* daya dari eksitasi. Uap keluaran dari LP

turbine sebagian akan diekstraksi untuk beberapa peralatan seperti *LP heater*, *gland steam condensor*. Lalu sebagian yang lain akan dialirkan ke *condensor* untuk dikondensasikan dan kemudian air kondensatnya digunakan lagi sebagai air umpan *boiler*. *LP turbine* ada dua buah dan masing-masing memiliki 7 baris sudu (7 tingkat).

➤ **Generator**

Generator merupakan komponen yang memiliki fungsi sebagai penghasil listrik. Generator dibantu oleh sistem eksitasi untuk memperkuat medan magnet pada generator. Berikut spesifikasi generator yang terdapat pada PT PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar :

Tabel 4. 3 Spesifikasi Generator

<i>Items</i>	<i>Units</i>	<i>Specifications</i>
<i>Type</i>		N-16000-2
<i>Rated Power</i>	MW	350
<i>Rated Voltage</i>	V	20000
<i>Rated Current</i>	A	11887
<i>Rated Speed</i>	rpm	3000
<i>Rated Frequency</i>	Hz	50
<i>Power Factor</i>		0.85
<i>Number of phases</i>		3
<i>Excitation Voltage</i>	V	368

• **Unit Boiler**

- **Boiler**

Boiler merupakan alat yang digunakan untuk menguapkan air pengisi dari fasa cair menjadi uap basah dan uap basah lalu diuapkan kembali menjadi uap panas lanjut. Didalam boiler terdapat beberapa alat diantaranya *economizer*, *steam drum*, *superheater*, dan juga *reheater*.

Menurut konstruksinya *boiler* dapat diklasifikasikan menjadi 2 macam, yakni *boiler* pipa api dan *boiler* pipa air. Jenis *boiler* yang terdapat pada PT PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar adalah *boiler* pipa air, dengan kapasitas maksimal uap yang dihasilkan sebesar 1025 ton/jam dimana air berada dalam pipa sedangkan api atau gas hasil pembakaran berada diluar pipa.

Bahan bakar utama dari *boiler* adalah batubara, sedangkan *high speed diesel* (HSD)/solar hanya digunakan untuk pembakaran awal ketika *start up* dan apabila memenuhi temperatur yang dikehendaki maka diganti dengan batubara. Berikut adalah spesifikasi dari boiler yang dimiliki oleh PT PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar :

Tabel 4. 4 Spesifikasi Boiler

<i>Items</i>	<i>Unit</i>	<i>Max. Load</i>	<i>Rated Load</i>
<i>Model</i>			
<i>Evaporation</i>	t/h	1175	1111.8
<i>Working pressure of drum</i>	MPa	18.9	18.64
<i>Outlet pressure of superheater</i>	MPa	17.5	17.4
<i>Outlet temperature of superheater</i>	°C	541	541
<i>Outlet pressure of reheater</i>	MPa	3.274	3.532
<i>Inlet temperature of reheat steam</i>	°C	336.9	330.6
<i>Outlet temperature of reheat steam</i>	°C	541	541

- **Economizer**

Economizer memiliki fungsi untuk memanaskan atau menguapkan air sebelum masuk ke *boiler (steam drum)*

- **Steam Drum**

Steam drum merupakan alat yang digunakan untuk menampung sekaligus memisahkan air umpan *boiler* yang masih berbentuk air dengan yang telah menjadi uap basah.

- **Superheater**

Superheater merupakan sebuah alat yang memiliki fungsi untuk memanaskan uap basah yang berasal dari *steam drum* untuk dipanaskan menjadi uap panas lanjut atau uap kering.

- **Reheater**

Reheater adalah bagian dari *boiler* yang fungsinya untuk memanaskan kembali uap yang keluar dari HP *turbine* pada tekanan tetap, sementara itu temperaturnya naik. Prinsip kerjanya adalah uap hanya dilewatkan lagi di ruang bakar.

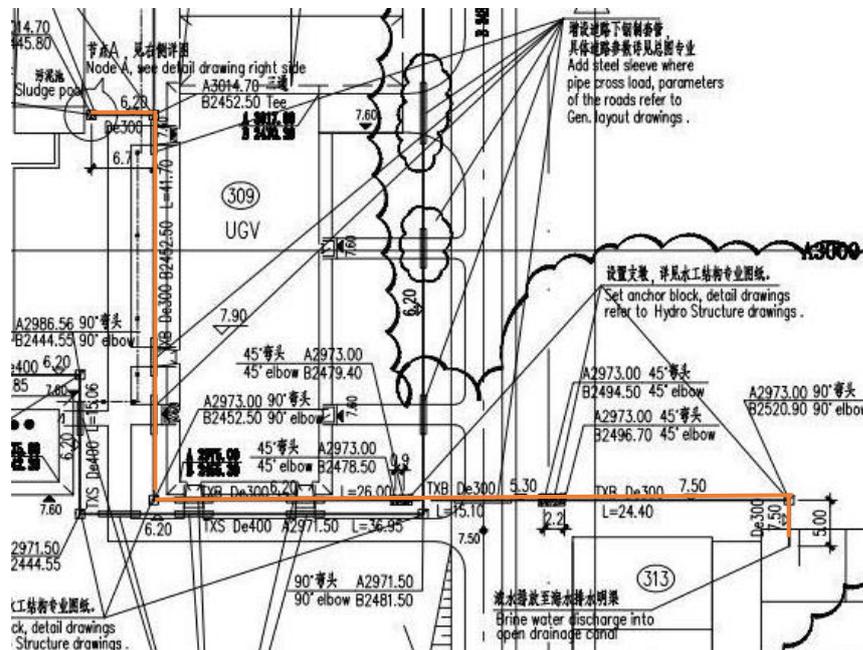
4.2.4 Slurry Pond Waste Water Treatment



Gambar 4. 22 Lokasi Titik Pemantauan Air Limbah *Slurry Discharge*

Coal waste water merupakan air yang berasal dari sisa penyaringan *Reverse Osmosis Slurry waste water* berfluida lumpur yang berasal dari proses koagulasi dan flokulasi yang terjadi pada proses *mixture and flocculant sediment*, sehingga jenis fluidanya adalah *slurry*. *Slurry waste water* ini

dikembalikan ke laut dengan *sludge transferring discharge pump*. Alur pada *Slurry waste water treatment* ditunjukkan pada Gambar 4.23



Gambar 4. 23 Alur Slurry Waste Water Treatment

Equipment yang ada pada *Slurry waste water treatment* antara lain:

- 1) *Sludge pond* dengan volume 240 m³ dan 2 buah pompa *slurry discharge pump*



Gambar 4. 24 Sludge Pond

- 2) 2 *Slurry Transferring Discharge Pump*

Saat ini terdapat 2 pompa untuk menghisap lumpur yang memiliki tipe yang berbeda 1 *In-Line Pump* dan 1 lagi *Centrifugal Pump*. Kedua pompa ini

dapat bekerja akan tetapi pompa dengan type *Centrifugal* kurang efisien dan motornya mendengung dikarenakan tidak kuat untuk membawa lumpur menuju pembuangan ke laut. Penyebab pompa ini mendengung dikarenakan pompa yang tidak sesuai spesifikasi *slurry* sehingga performanya tidak sesuai untuk membawa fluida *Slurry*. Kedua pompa eksisting diperlihatkan pada Gambar 4.25 di bawah ini.



Gambar 4. 25 *Slurry Transferring Discharge Pump*

4.3 Pembahasan Tugas Khusus

4.3.1 Pompa Centrifugal

4.3.1.1 Definisi Pompa *Centrifugal*

Pompa merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat yang rendah ke tempat lain yang lebih tinggi atau dari tempat yang bertekanan rendah ke tempat yang bertekanan tinggi atau dari tempat ke tempat lain yang jauh melalui sistem perpipaan. Prinsip kerja pompa ialah dengan menaikkan energi cairan dengan cara mentransfer energi mekanik dari sumber energi luar untuk dipindahkan ke fluida kerja, sehingga cairan dapat mengalir dari suatu tempat yang bertekanan rendah ke tempat yang bertekanan tinggi.

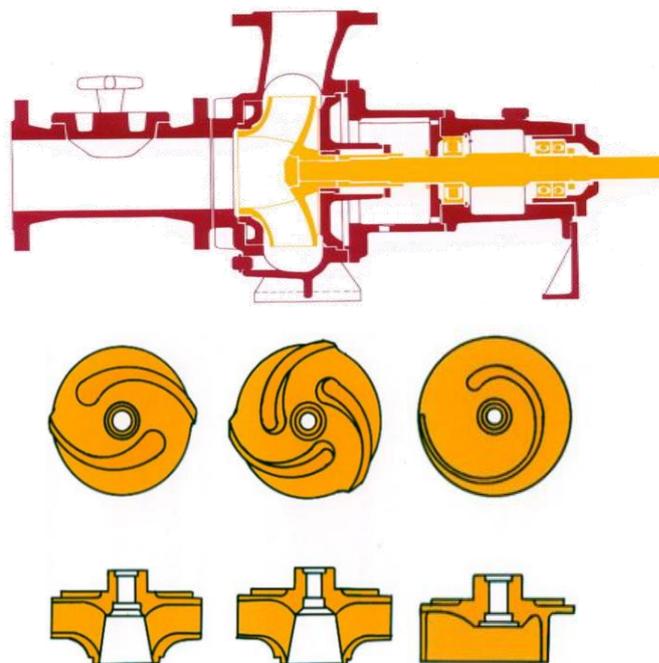
Pompa *centrifugal* adalah suatu mesin kinetik yang mengubah energi mekanik menjadi energi fluida menggunakan gaya sentrifugal (Sularso, 2004).

Pompa *centrifugal* terdiri dari sebuah *impeller* yang berputar di dalam sebuah rumah pompa (*casing*). Pada rumah pompa dihubungkan dengan saluran hisap dan saluran keluar. Sedangkan *impeller* terdiri dari sebuah cakram dan terdapat sudu-sudu, arah putaran sudu-sudu itu biasanya dibelokkan ke belakang terhadap arah putaran.

4.3.1.2 Klasifikasi Pompa *Centrifugal* berdasarkan Fluida Solid

Solid impurities

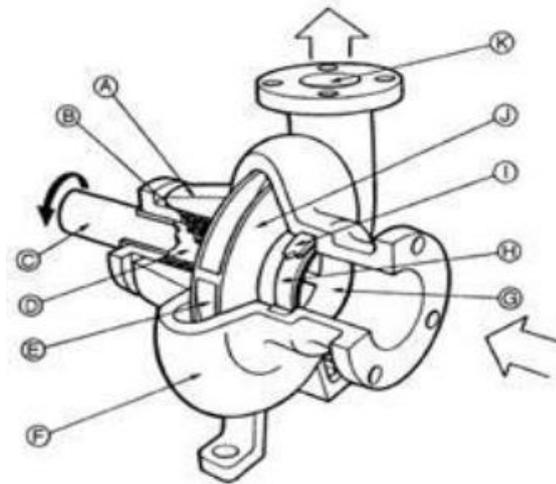
- Contoh: *pulp, drainage, sewerage & water treatment process, slurry*
- Harga lebih mahal
- *Simple grade sealing (gland packing)*
- *Low efficiency (large passage area)*



Gambar 4. 26 Klasifikasi Pompa Berdasarkan Jenis Fluida *Solid Impurities*

4.3.1.3 Bagian-Bagian Pompa *Centrifugal*

Secara umum bagian-bagian utama pompa *centrifugal* diperlihatkan Gambar berikut:



Gambar 4. 27 Bagian-Bagian Utama Pompa Centrifugal

A. *Stuffing Box*

Berfungsi untuk mencegah kebocoran pada area dimana poros pompa menembus *casing*.

B. *Packing*

Digunakan untuk mencegah dan mengurangi bocoran cairan dari *casing* pompa melalui poros. Biasanya terbuat dari asbes atau teflon.

C. *Shaft*

Berfungsi untuk meneruskan momen puntri dari penggerak selama beroperasi dan tempat dudukan *impeller* serta bagian-bagian berputar lainnya.

D. *Shaft Sleeve*

Berfungsi untuk melindungi poros dari erosi, korosi, dan aus pada *stuffing box*. Pada pompa *multi stage* dapat sebagai *leakage joint*, *internal bearing*, dan *interstage* atau *distance sleever*.

E. *Vane*

Sudu dari *impeller* sebagai tempat berlalunya cairan pada *impeller*.

F. *Casing*

Berfungsi sebagai:

- Pelindung dudukan elemen yang berputar
- Tempat duudkan *quide vane* atau *diffusor*, *inlet*, dan *outlet nozzle*

- Tempat yang memberikan arah aliran dari *impeller* dan mengkonversikan energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis (*single stage*)

G. *Eye of Impeller*

Bagian sisi masuk pada arah hisap *impeller*

H. *Impeller*

Berfungsi untuk mengubah energi mekanik dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang dipompakan secara kontinyu, sehingga cairan pada sisi hisap secara terus-menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya.

I. *Wearing Ring*

Berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan yang melewati bagian depan *impeller* maupun bagian belakang *impeller*, dengan cara memperkecil celah antara *casing* dengan *impeller*.

J. *Bearing*

Berfungsi untuk menumpu dan menahan beban dari poros agar dapat berputar, baik berupa beban radial maupun beban aksial. *Bearing* juga memungkinkan poros untuk dapat berputar dengan lancar dan tetap pada tempatnya, sehingga kerugian gesek menjadi kecil.

K. *Base Plate and Frame*

Berfungsi untuk mendukung seluruh bagian pompa terhadap pondasi. Untuk pompa yang dihubungkan langsung dengan penggerak maka unit penggerak dan pompa diletakkan di atas satu unit *base plate*. *Base plate* harus *rigid* dan kuat menahan beban.

L. *Seal*

Berfungsi untuk mencegah kebocoran yang berlebihan dari fluida *service* yang terjadi antara *casing* dan poros, baik ketika pompa sedang beroperasi maupun saat *stand by*.

4.3.1.4 Prinsip Kerja Pompa *Centrifugal*

Pompa *centrifugal* bekerja berdasarkan prinsip gaya sentrifugal, bahwa benda yang bergerak secara melengkung akan mengalami gaya

yang arahnya keluar dari titik pusat lintasan yang melengkung tersebut. Besarnya gaya sentrifugal yang timbul tergantung dari massa benda, kecepatan gerak benda, dan jari-jari lengkung lintasannya.

Pompa *centrifugal* dapat bekerja normal bila saluran *suction* sampai rumah pompa terisi cairan hingga penuh. Apabila poros diberikan daya dari luar, maka *impeller* akan berputar. Dengan berputarnya *impeller*, maka cairan yang ada di *impeller* akan terlempar keluar akibat mendapat gaya sentrifugal. Disana fluida akan mendapat energi kinetik. Karena bentuk *impeller* yang seperti *diffusor*, maka juga akan menghasilkan tekanan (fluida akan menghasilkan energi tekanan).

4.3.1.5 Performa Kerja Pompa *Centrifugal*

4.3.1.5.1 Kapasitas Pompa

Kapasitas pompa merupakan banyaknya volume cairan yang dapat dilayani pompa melalui pompa *discharge* per satuan waktu pada saat pompa bekerja

4.3.1.5.2 *Head*

Head adalah energi per satuan berat yang dikandung oleh zat cair yang mengalir. Energi ini berupa energi tekanan (*pressure head*). Satuan energi per satuan berat adalah ekuivalen dengan satuan Panjang (tinggi).

a) *Head Loss Mayor*

$$H_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{\bar{V}^2}{2g}$$

Untuk harga koefisien gesek data ditentukan dengan *Reynould Number* (RE):

$$Re = \frac{\bar{V} \times D}{\nu}$$

Dimana:

Re = Reynould Number

\bar{V} = Recommended velocities
 D = Diameter
 ν = Viskositas kinematik

Atau langsung mencari *moody friction factor*:

$$f_m = \frac{64 \mu}{D \bar{V} \rho}$$

Dimana:

f_m = Moody friction factor
 μ = Viskositas absolut
 D = Internal diameter
 \bar{V} = Recommended velocities
 ρ = Densitas

b) *Head Loss Minor*

Untuk harga K pada masing-masing aksesoris diperoleh dari tabel *minor losses coefficient pipe flow expert* untuk *Nominal Pipe Size* dan diameter .

$$H_{L\text{minor Total}} = K_{\text{total}} \times \frac{\bar{V}^2}{2g}$$

c) *Head Statis*

$$\sum H_{\text{statis}} = \left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma} \right) + (h_d - h_s)$$

d) *Head Dinamis*

$$\sum H_{\text{dinamis}} = \left(\frac{\bar{V}_d^2 - \bar{V}_s^2}{2g} \right) + \sum H_{L\text{total}}$$

4.3.1.5.3 Net Positive Suction Head Available (NPSHA)

NPSHA merupakan NPSH yang tersedia pada instalasi pompa yang besarnya dapat ditulis sebagai berikut:

$$NPSH_A = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - \sum H_{L \text{ suction}}$$

Dimana:

$NPSH_A$ = NPSH yang tersedia pada instalasi (m)

$\frac{P_a}{\gamma}$ = Tekanan absolut di atas permukaan cairan pada *suction reservoir* (m)

$\frac{P_v}{\gamma}$ = Tekanan uap cairan yang dipompa pada temperature pemompaan (m)

h_s = *Head suction* (m)

$\sum H_{L \text{ suction}}$ = *Head loss total suction* (m)

4.3.1.5.4 Daya Output Pompa / Daya Air (WHP)

Daya *output* pompa atau daya efektif pompa P_e untuk kapasitas nyata Q_r dan *head* efektif H_{eff} adalah:

$$WHP = \gamma \cdot Q_r \cdot H_{\text{eff}}$$

Dimana:

γ = Berat jenis fluida

Q_r = Kapasitas aktual

H_{eff} = *Head* efektif pompa

4.3.1.5.5 Daya Input Pompa (NSH)

Daya *input* pompa dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$NSH = V I \cos \varphi$$

Dimana:

V = Tegangan listrik

I = Arus listrik

$\cos \varphi$ = Faktor daya (0,8)

4.3.1.5.6 Daya Poros

Daya poros adalah daya yang diperlukan untuk menggerakkan sebuah pompa. Pada hal ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Sularso, 2006):

$$P_{shaft} = \frac{WHP}{\eta_p}$$

Dimana:

P_{shaft} = Daya poros

WHP = Daya *output*

η_p = Efisiensi

4.3.1.5.7 Daya Nominal Penggerak (Daya Motor)

Daya nominal penggerak yaitu daya nominal dari penggerak yang dipakai untuk menggerakkan pompa. Dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Sularso, 2006):

$$P_m = \frac{P_{shaft}(1 + \alpha)}{\eta_t}$$

Dimana:

P_m = Daya motor (kW)

P_{shaft} = Daya poros (kW)

α = Faktor cadangan

η_t = Efisiensi transmisi

Faktor cadangan bisa didapatkan melalui Tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4. 5 Faktor Cadangan (Sularso, 2006)

Jenis Penggerak	α
Motor induksi	0,1 – 0,2

Motor bakar kecil	0,15 – 0,25
Motor bakar besar	0,1 – 0,2

Efisiensi transmisi bisa didapatkan melalui Tabel 4.6 di bawah ini.

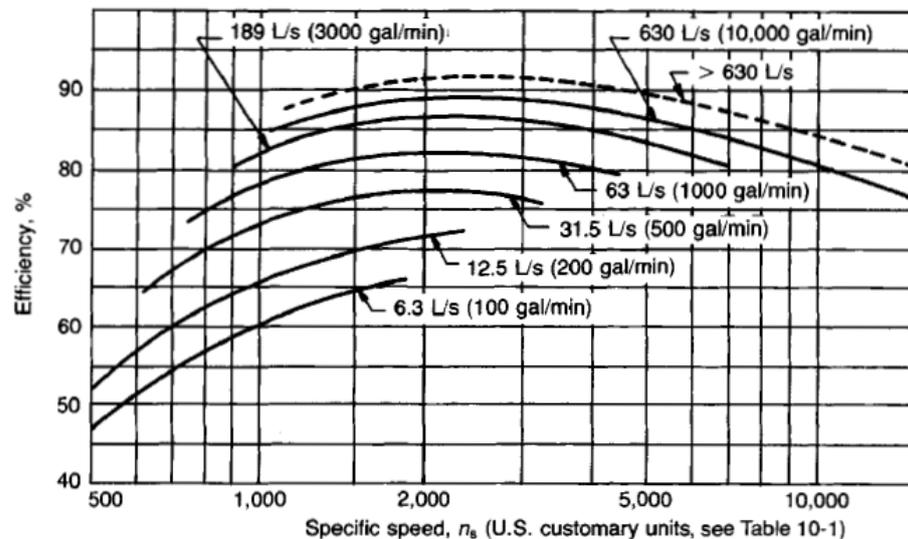
Tabel 4. 6 Efisiensi Transmisi (Sularso, 2006)

Jenis Transmisi		η_t
Sabuk Rata		0,9 – 0,93
Sabuk – V		0,95
Roda gigi	Roda gigi lurus satu tingkat	0,92 – 0,95
	Roda gigi miring satu tingkat	0,95 – 0,98
	Roda gigi kerucut satu tingkat	0,92 – 0,96
	Roda gigiplaniter satu tingkat	0,95 – 0,98
Kopling hidrolis		0,95 – 0,97

Faktor Cadangan (Sularso, 2006)

4.3.1.5.8 Efisiensi Total Pompa

Effisiensi Pompa didapatkan pada gambar 4.28 grafik efisiensi pompa



Gambar 4. 28 Grafik Effisiensi Pompa

4.3.1.5.9 Putaran Speisifik Pompa (n_s) terhadap Bentuk *Impeller*

Untuk putaran spesifik dihasilkan pada perhitungan yang menggunakan persamaan di bawah ini. kemudian hasil dari n_s dilihat pada Gambar ... untuk menentukan bentuk *impeller*.

$$n_s = \sqrt{\frac{\gamma}{75}} \times \frac{n \times \sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H^3}}$$

Dimana:

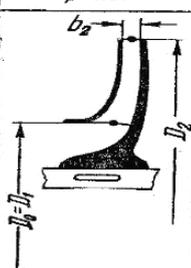
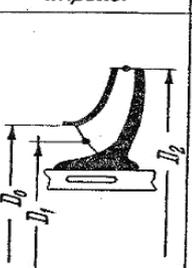
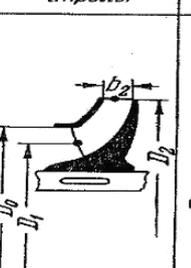
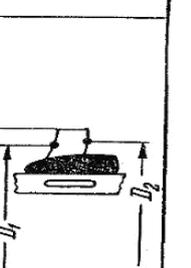
n_s = Putaran spesifik

γ = Berat spesifik

n = Putaran pompa

Q = Kapasitas

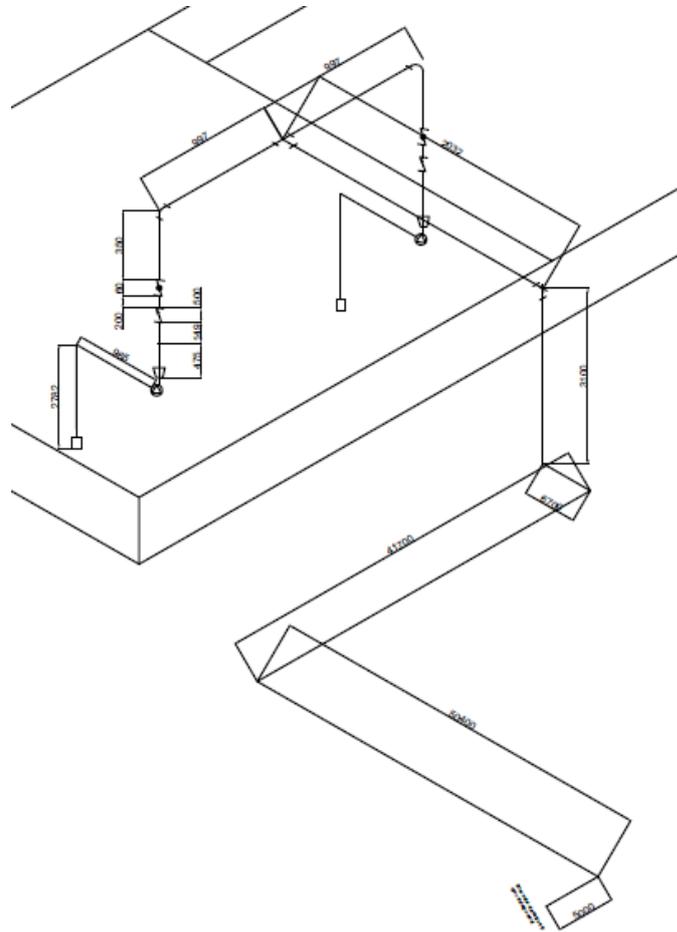
H = *Head* efektif

<i>Centrifugal pumps</i>			<i>Mixed-flow impeller</i>	<i>Axial-flow impeller</i>
<i>Low-speed impeller</i>	<i>Moderate-speed impeller</i>	<i>High-speed impeller</i>		
				
$n_{st} = 40-80$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 2.5$	$n_{st} = 80-150$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 2$	$n_{st} = 150-300$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 1.8-1.4$	$n_{st} = 300-600$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 1.2-1.1$	$n_{st} = 600-2000$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 0.8$

Gambar 4. 29 Putaran Spesifik Pompa

- 1) *Low speed impeller* : 40 – 80 rpm
- 2) *Moderat speed impeller* : 80 – 150 rpm
- 3) *High speed impeller* : 150 – 300 rpm
- 4) *Mixed flow impeller* : 300 – 600 rpm
- 5) *Axial flow impeller* : 600 – 2000 rpm

4.3.2 Sketsa Alur Air dan Lumpur (*Slurry*) pada *Sludge Pond*



Gambar 4. 30 Sketsa Air dan Lumpur

4.3.3 Fluida pada *Sludge Pond*

Lumpur hasil pengendapan dikategorikan sebagai *heterogenous flow* dengan konsentrasi partikel solid (C_w) 20% dengan ukuran butir solid kurang dari 40 μm . Dimana konsentrasi partikel solid ini akan mempengaruhi massa jenis dan viskositas. Berikut merupakan data fluida kerja pada *Sludge Discharge pond*

4.3.3.1 Massa jenis (ρ)

$$\rho_{solid} = 3108.73 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (\text{pada temp } 20^\circ\text{C})$$

$$\rho_{liquid} = 1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (\text{pada temp } 20^\circ\text{C})$$

$$\rho_{slurry} = \rho_m = \frac{100}{\frac{C_w}{\rho_s} + \frac{100 - C_w}{\rho_l}}$$

Dimana

ρ_m = Massa jenis *slurry*

C_w = Konsentrasi partikel solid

ρ_s = Massa jenis *solid*

ρ_l = Massa jenis *liquid*

$$\rho_m = \frac{100}{\frac{20}{3108.73 \frac{kg}{m^3}} + \frac{100 - 20}{1000 \frac{kg}{m^3}}}$$

$$\rho_m = 1183.68 \frac{kg}{m^3}$$

4.3.3.2 Specific gravity (SG)

$$SG_{solid} = 2.93$$

$$SG_{liquid} = 1.025$$

$$SG_m = \frac{SG_l}{1 - \frac{C_w (SG_s - SG_l)}{SG_l}}$$

Dimana

SG_m = Massa jenis *slurry*

SG_l = Massa jenis *liquid*

SG_s = Massa jenis *solid*

C_w = Konsentrasi partikel *solid*

$$SG_m = \frac{1.025}{1 - \frac{0,20 (2,93 - 1.025)}{1}}$$

$$SG_m = 1.631$$

4.3.3.3 Konsentrasi Volume *Solid* (C_v)

$$C_v = \frac{SG_m - SG_l}{SG_s - SG_l}$$

Dimana

C_v = Konsentrasi volume *solid*

SG_m = Massa jenis *slurry*

SG_l = Massa jenis *liquid*

SG_s = Massa jenis *solid*

$$C_v = \frac{1,631 - 1.025}{2,93 - 1.025}$$

$$C_v = 0,3181 \approx 31,8 \%$$

4.3.3.4 Vapor pressure (P_v)

Vapor pressure atau tekanan uap pada fluida kerja ini air laut, pada temperature 20°C sehingga

$$P_v = 2338.8 \text{ Pa}$$

4.3.3.5 Viskositas absolut (μ)

$$\frac{\mu_m}{\mu_l} = 1 + 2,5C_v$$

Dimana

μ_m = Viskositas absolut *slurry*

μ_l = Viskositas absolut *liquid*

C_v = Konsentrasi volume *solid*

$$\frac{\mu_m}{1.002 \times 10^{-3}} = 1 + 2,5(0,3181)$$

$$\mu_m = 1,7988 \times 10^{-3} \frac{kg}{ms} \quad (\text{pada temp } 20^\circ\text{C})$$

4.3.3.6 Viskositas kinematik (ν)

$$\nu_m = \frac{\mu_m}{\rho_m}$$

Dimana

ν_m = Viskositas kinematik *slurry*

μ_m = Viskositas absolut *slurry*

ρ_m = Massa jenis *slurry*

$$\nu_m = \frac{1,7988 \times 10^{-3} \frac{kg}{m \cdot s}}{1183,68 \frac{kg}{m^3}}$$

$$\nu_m = 1,51967478 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

4.3.3.7 Berat spesifik (γ)

$$\gamma = \rho \times g$$

Dimana

γ = Berat spesifik

ρ = Massa jenis

g = Percepatann gravitasi

$$\gamma = 1183.68 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$\gamma = 1183.68 \frac{kg}{m^3}$$

4.3.3.8 *Recommended Velocities* (\bar{V})

Batas kecepatan aliran untuk jenis fluida *slurry* dengan tipe solid *sludge* adalah pada rentang $2 \frac{m}{s}$ sampai dengan $3.25 \frac{m}{s}$.

Tabel 4. 7 Recommended velocities of slurry

Type of Solids	Size of Solids (Mesh No)	Minimum Flow Velocity	
		m/s	ft/s
Fine	over 200	1 - 1.5	3 - 5
Sand	200 - 20	1.5 - 2	5 - 7
Coarse	20 - 4	2 - 3.25	7 - 11
Sludge		0.6 - 3	2 - 9

Slurry Transport - Minimum Flow Velocities (Engineering ToolBox, 2003).

4.3.4 Pompa yang Digunakan

Pompa yang digunakan untuk menghisap lumpur (*In-Line pump*) pada *sludge pond* memiliki spesifikasi sebagai berikut:

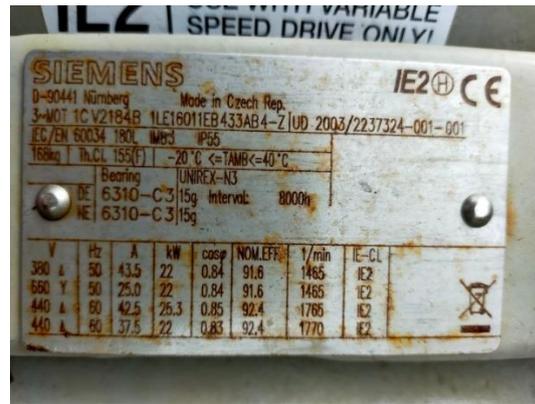
Seri	: BXG150WFB-BD2
Kapasitas	: 160 m ³ /h
Daya Pompa	: 37 kW
Daya Motor	: 37 kW
Putaran Pompa	: 1450 rpm
Putaran Motor	: 2900 rpm
Volt Motor	: 380 V
Jumlah	: 1 unit, dengan massa 89 kg



Gambar 4. 31 In-Line Pump

Adapula pompa yang digunakan untuk menghisap lumpur (*Centrifugal pump*) pada *sludge pond* memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Merk	: KSB Pump
Model	: KWPK 125-100-0403 DDDD10A
Seri	: 049-R1911162-001
Kapasitas	: 160 m ³ /h
Head Pompa	: 31 m
Daya Motor	: 22 kW
Putaran Pompa	: 1473 rpm
Putaran Motor	: 1465 rpm
Volt Motor	: 380 V
Jumlah	: 1 unit, dengan massa 89 kg



Gambar 4. 32 Spesifikasi Motor dan Pompa Sentrifugal

4.3.5 Perpipaan pada Lapangan

4.3.5.1 Suction

Kode	: (DN 150) D159×5
Diameter (<i>Nominal Pipe Size</i>)	: 150 mm
Panjang	: 3.75 m
Ketinggian	: 78.5 cm
Bahan	: <i>Galvanized Pipe Line</i>
<i>Fitting</i>	:

Tabel 4. 8 *Fitting Suction*

Nama <i>Fitting</i>	NPS (in)	K	Jumlah
Elbow 90 Flanged	6	0,45	1
Bottom Valve	6	6.3	1

4.3.5.2 Discharge

Kode	: (DN 125)
Diameter (<i>Nominal Pipe Size</i>)	: 125 mm
Panjang	: 112.661 m
Ketinggian	: 1.12 m
Bahan	: <i>Galvanized Pipe Line</i>
<i>Fitting</i>	:

Tabel 4. 9 Fitting Discharge

Nama <i>Fitting</i>	NPS (in)	K	Jumlah
Elbow 90 Flanged	5	0,49	6
Swing type rubber Check Valve	5	1.93	1
Branching Tee	5	0.97	1
Butterfly Valve	5	0.73	1

4.3.6 Analisis Kondisi Lapangan *Transferring Pump* pada *Sludge Pond*

4.3.6.1 Kecepatan Aliran pada Pipa *Suction* dan *Discharge*

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

4.3.6.1.1 Kecepatan Aliran Pipa

Kecepatan aliran pada pipa *suction* memiliki *nominal pipe size* diameter 150 mm, maka

$$V = \frac{4 (0.04)}{\pi (0.15 \text{ m})^2}$$

$$V = 2.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

4.3.6.1.2 Kecepatan Aliran Pipa Discharge

Kecepatan aliran pada pipa *discharge* memiliki *nominal pipe size* diameter 125 mm, maka

$$V = \frac{4 (0.04)}{\pi(0.125 \text{ m})^2}$$

$$V = 3.25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

4.3.6.2 Head Loss Instalasi

4.3.6.2.1 Head Loss Mayor pada Pipa Suction

Untuk besarnya head loss mayor dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$H_L = f \times \frac{L_{\text{suction}}}{D_{\text{suction}}} \times \frac{\bar{V}^2}{2g}$$

Untuk harga koefisien gesek dapat ditentukan dari Reynould Number (RE).

$$Re = \frac{\bar{V} \times D}{\nu}$$

Berdasarkan data sheet pompa telah diketahui nilai dari viskositas kinematik pada suhu 20°C adalah $1.51967478 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Untuk material pipa *Galvanized Steel* dengan kekerasan permukaan didapatkan nilai $\epsilon = 152 \times 10^{-3} \text{ m}$. Maka relative rougness,

$$\frac{\epsilon}{D_{\text{inside}}}$$

○ Head Loss Mayor pada Pipa Suction

Diketahui data-data sebagai berikut :

$$L_{\text{suction}} = 3.750 \text{ m}$$

$$D = 0.150 \text{ m}$$

$$\bar{V} = 2.6 \text{ m/s}$$

Sehingga, didapatkan nilai Re sebagai berikut :

$$Re = \frac{2.6 \frac{m}{s} \times 0.15 \text{ m}}{1.51967478 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$Re = 223074.0448 \text{ (Turbulence)}$$

$$\frac{\varepsilon}{D_{inside}} = \frac{152 \times 10^{-3} \text{ m}}{0.15 \text{ m}} = 1.0134$$

Dengan mengetahui nilai Re dan $\frac{\varepsilon}{D}$ maka untuk mendapatkan harga f dapat digunakan moody diagram didapat hasil $f = 0.02153$. Sehingga, untuk menghitung head loss mayor suction adalah :

$$H_{L\text{major suction}} = 0.02153 \times \frac{3.750 \text{ m}}{0.150 \text{ m}} \times \frac{(2.6 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$H_{L\text{major suction}} = 0.14 \text{ m}$$

○ **Head Loss Mayor pada Pipa Discharge**

Diketahui data-data sebagai berikut :

$$L_{\text{discharge}} = 112.661 \text{ m}$$

$$D_{\text{discharge}} = 0.125 \text{ m}$$

$$\bar{V} = 3.25 \text{ m/s}$$

Sehingga, didapatkan nilai Re sebagai berikut :

$$Re = \frac{3.25 \frac{m}{s} \times 0.125 \text{ m}}{1.51967478 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$Re = 267326.9343 \text{ (Turbulence)}$$

$$\frac{\varepsilon}{D_{inside}} = \frac{152 \times 10^{-3} m}{0.125 m} = 1.216$$

Dengan mengetahui nilai Re dan $\frac{\varepsilon}{D}$ maka untuk mendapatkan harga f dapat digunakan moody diagram didapat hasil $f = 0.022213$. Sehingga, untuk menghitung head loss mayor discharge adalah :

$$H_{L\text{ mayor discharge}} = 0.022213 \times \frac{112.661 m}{0.125 m} \times \frac{(3.25 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$H_{L\text{ mayor discharge}} = 11.74 m$$

4.3.6.2.2 Head Loss Minor

$$H_{L\text{ minor}} = K_{total} \times \frac{\overline{V}^2}{2g}$$

○ Head Loss Minor pada Pipa Suction

$$H_{L\text{ minor Suction}} = 6,75 \times \frac{(2,6 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9,81 \frac{m}{s^2}}$$

$$H_{L\text{ minor Suction}} = 2,32 m$$

○ Head Loss Minor pada Pipa Discharge

$$H_{L\text{ minor Discharge}} = 6,57 \times \frac{(3,25 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9,81 \frac{m}{s^2}}$$

$$H_{L\text{ minor Discharge}} = 3,53 m$$

4.3.6.2.3 Head Loss Total

$$\sum H_{L\ Total} = H_{L\ suction} + H_{L\ discharge}$$

a. *Head Loss Total Suction*

$$\sum H_{L\ Total\ Suction} = 0,14\ m + 2,32\ m = 2,46\ m$$

b. *Head Loss Total Discharge*

$$\sum H_{L\ Total\ Discharge} = 11,74\ m + 3,53\ m = 15,27\ m$$

c. *Head Loss Mayor Total*

$$\sum H_{L\ Mayor\ Total} = 0,14\ m + 11,74\ m = 11,88\ m$$

d. *Head Loss Minor Total*

$$\sum H_{L\ Minor\ Total} = 2,32\ m + 3,53\ m = 5,85\ m$$

e. *Head Loss Total*

$$\sum H_{L\ Total} = 2,46\ m + 11,88\ m = 14,34\ m$$

4.3.6.3 Net Positive Head Suction Available (NPSH_A)

$$NPSH_A = \frac{Pa}{\gamma} \times \frac{Pv}{\gamma} - h_s - \sum H_{L\ suction}$$

Perhitungan NPSH_A dianggap benar apabila memenuhi syarat. Berdasarkan data yang terdapat pada data sheet, nilai tekanan uap pada suhu 20°C yaitu :

$$\gamma = \rho \times g$$

Dimana

γ = Berat spesifik

ρ = Massa jenis

g = Percepatann gravitasi

$$\gamma = 1183.68 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$\gamma = 11611.9 \frac{kg}{m^2s^2}$$

$$\sum H_{LT\ suction} = 2.46\ m$$

$Pv = 2338.8\ Pa$ (Pada Temp 20°C)

$Pa = 101325\ Pa$

$Hs = 0.785\ m$

$$NPSH_A = \frac{Pa}{\gamma} - \frac{Pv}{\gamma} - (h_s) - \sum H_{L\ suction}$$

$$NPSH_A = \frac{(101325\ Pa - 2338.8\ Pa)}{11611.9 \frac{kg}{m^2s^2}} - 0.785\ m - 2.46\ m$$

$$NPSH_A = 5.279$$

4.3.6.4 Head Statis dan Head Dinamis

4.3.6.4.1 Head Statis

$$\sum H_{statis} = \frac{(P_2 - P_1)}{\gamma} + (h_d + h_s)$$

Diketahui data-data sebagai berikut :

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

$$P_2 = 0.25 \text{ MPa} = 250000 \text{ Pa}$$

$$H_s = 0.785 \text{ m}$$

$$H_d = 1.125 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\gamma = 11611.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}^2}$$

$$\sum H_{statis} = \frac{(P_2 - P_1)}{\gamma} + (h_d + h_s)$$

$$\sum H_{statis} = \frac{(250000 - 101325 \text{ Pa})}{11611.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}^2}} + (1.125 \text{ m} + 0.785 \text{ m})$$

$$\sum H_{statis} = 14.71 \text{ m}$$

4.3.6.4.2 Head Dinamis

$$\sum H_{dinamis} = \frac{\overline{V_d^2} - \overline{V_s^2}}{2g} + \sum H_{LT}$$

Diketahui data-data sebagai berikut :

$$V_s = 2.6 \text{ m/s}$$

$$V_d = 3.25 \text{ m/s}$$

$$H_s = 0.785 \text{ m}$$

$$H_d = 1.125 \text{ m}$$

$$\sum H_{LT} = 15.4631 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\sum H_{dinamis} = \frac{\overline{V_d^2} - \overline{V_s^2}}{2g} + \sum H_{LT}$$

$$\sum H_{dinamis} = \frac{\left(3.25 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 - \left(0 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + 17.73$$

$$\sum H_{dinamis} = 18.26 \text{ m}$$

4.3.6.5 Head Efektif Instalasi Pompa

Dengan diketahui data hasil perhitungan berupa head status dan head dinamis, maka didapatkan nilai head efektif :

$$H_{Eff} = H_{statis} + H_{dinamis}$$

$$H_{Eff} = 14.71 \text{ m} + 18.26 \text{ m}$$

$$H_{Eff} = 32.97 \text{ m}$$

4.3.6.7 Koreksi Performansi untuk Fluida *Slurry*

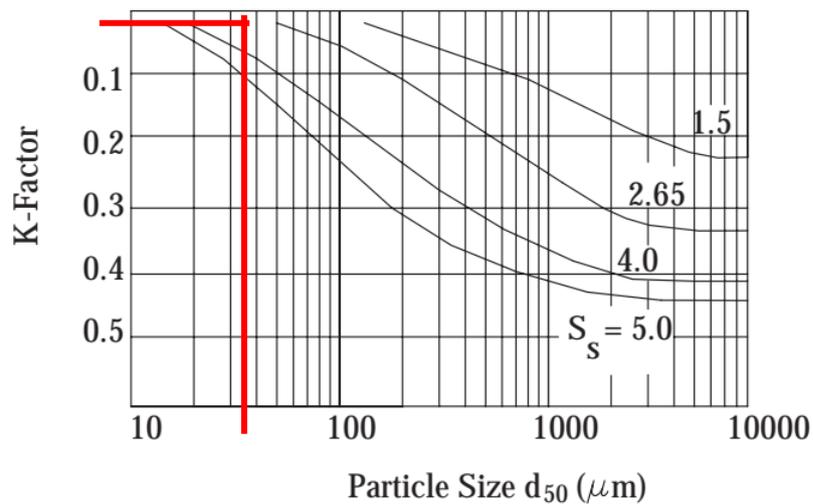
Fluida *slurry* adalah campuran anatar air dengan partikel solid dengan ukuran 40 μm . Sehingga perlu adanya koreksi untuk *head* dan efisiensi, koreksi tersebut diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$H_R = 1 - RH$$

$$\eta_R = 1 - R\eta$$

$$RH = R\eta = 5 \times K \times Cv$$

Sedangkan nilai K diperoleh dari Gambar 4.35 di bawah ini.



Gambar 4. 33 Correction to Head K-factor

Dengan ukuran butir solid $40 \mu\text{m}$ dan $SG_{\text{solid}} = 1.63$ maka diperoleh nilai $K = 0,015$.

Maka:

$$RH = R\eta = 5 \times K \times Cv$$

$$RH = R\eta = 5 \times 0,015 \times 0,3181$$

$$RH = R\eta = 0,024$$

Sehingga nilai H_R dan η_R didapat:

$$H_R = 1 - 0,024$$

$$H_R = 0,976$$

$$\eta_R = 1 - 0,024$$

$$\eta_R = 0,976$$

Nilai *head* pada pompa Ketika fluidanya *slurry* adalah:

$$H_w = H_m / H_R$$

$$H_w = 32,97 / 0,976 \text{ m}$$

$$H_w = 33,780 \text{ m}$$

4.3.6.8 Daya Fluida (*Water Horse Power (WHP)*)

$$WHP = \gamma \cdot Q_{actual} \cdot H_{eff}$$

Diketahui data-data sebagai berikut :

$$Q_{actual} = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{eff} = 33,780 \text{ m}$$

$$\gamma = \rho \times g$$

Dimana

γ = Berat spesifik

ρ = Massa jenis

g = Percepatann gravitasi

$$\gamma = 1183.68 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$\gamma = 11611.9 \frac{kg}{m^2s^2}$$

Sehingga didapatkan hasil WHP :

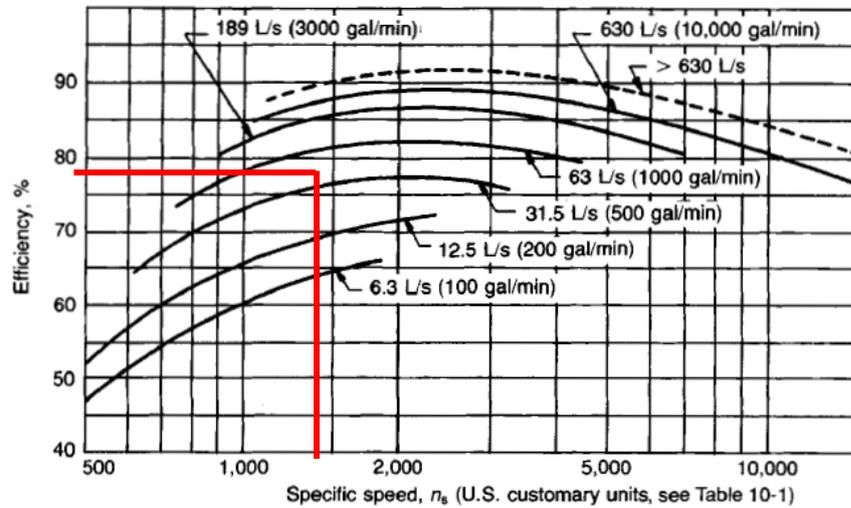
$$WHP = \gamma \cdot Q_{actual} \cdot H_{eff}$$

$$WHP = 11611.9 \frac{kg}{m^2s^2} \times 0.04 \frac{m^3}{s} \times 33.780 \text{ m}$$

$$WHP = 15689.9 \text{ W} = 15.689 \text{ kW}$$

4.3.6.9 Efisiensi Pompa

Nilai Efisiensi dapat dilihat pada Gambar 4.34 Grafik



Gambar 4. 34 Grafik Efisiensi Pompa

4.3.6.10 Daya Poros

$$P_{shaft} = \frac{WHP}{\eta_p}$$

$$P_{shaft} = \frac{16.689 \text{ kW}}{78 \%}$$

$$P_{shaft} = 21.396 \text{ kW}$$

4.3.6.11 Daya Motor

$$P_m = \frac{P_{shaft}(1 + \alpha)}{\eta_t}$$

$$P_m = \frac{21.396 \text{ kW} (1 + 0,1)}{0,98}$$

$$P_m = 22,9846 \text{ kW}$$

4.3.6.12 Putaran Spesifik Pompa (n_s) terhadap Bentuk *Impeller*

Untuk putaran spesifik dihasilkan pada perhitungan yang menggunakan persamaan di bawah ini. kemudian hasil dari n_s dilihat pada Gambar 4.31 untuk menentukan bentuk *impeller*.

$$n_s = 3.65 \times n_{pompa} \times \frac{(Q)^{\frac{1}{2}}}{(H_{eff})^{\frac{4}{3}}}$$

Diketahui data-data sebagai berikut :

$$n_{pompa} = 1450 \text{ rpm}$$

$$Q = 0.04 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$H_{eff} = 33,780 \text{ m}$$

$$n_s = \sqrt{\frac{\gamma}{75}} \times n_{pompa} \times \frac{(Q)^{\frac{1}{2}}}{(H_{eff})^{\frac{4}{3}}}$$

$$n_s = \sqrt{\frac{1183.68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{75}} \times 1450 \text{ rpm} \times \frac{(0.04 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}})^{\frac{1}{2}}}{(33,780 \text{ m})^{\frac{4}{3}}}$$

$$n_s = 3.97 \times 1450 \text{ rpm} \times \frac{(0.04 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}})^{\frac{1}{2}}}{(33,780 \text{ m})^{\frac{4}{3}}}$$

$$n_s = 82.23 \text{ rpm}$$

Centrifugal pumps			Mixed-flow impeller	Axial-flow impeller
Low-speed impeller	Moderate-speed impeller	High-speed impeller		
$n_{st} = 40-80$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 2.5$	$n_{st} = 80-150$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 2$	$n_{st} = 150-300$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 1.8-1.4$	$n_{st} = 300-600$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 1.2-1.1$	$n_{st} = 600-2000$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 0.8$

Gambar 4. 35 Hasil Putaran Specific Pompa

Dilihat pada Gambar 4.36 untuk jenis impeller pada kecepatan spesifik 82.23 rpm yaitu *modrate speed impeller*.

4.3.7 Rekomendasi Pompa

Pada diameter pipa *suction* 150 mm di pompa eksisting memenuhi *recommended velocities* fluida berjenis sludge pada rentang 2 m/s sampai dengan 3.25 m/s, karena kecepatannya ditemukan sebesar 2.6 m/s.

Pada diameter pipa *discharge* 125 mm di pompa eksisting memenuhi *recommended velocities* fluida berjenis sludge pada rentang 2 m/s sampai dengan 3.25 m/s, karena kecepatannya ditemukan sebesar 3.25 m/s.

Kedua pompa rekomendasi menggunakan pipa *suction* dan *discharge* dengan NPS 6 in atau 150 mm. sehingga nilai K pada *fitting* menjadi sebagai berikut:

Tabel 4. 10 *Fitting Suction dan Discharge*

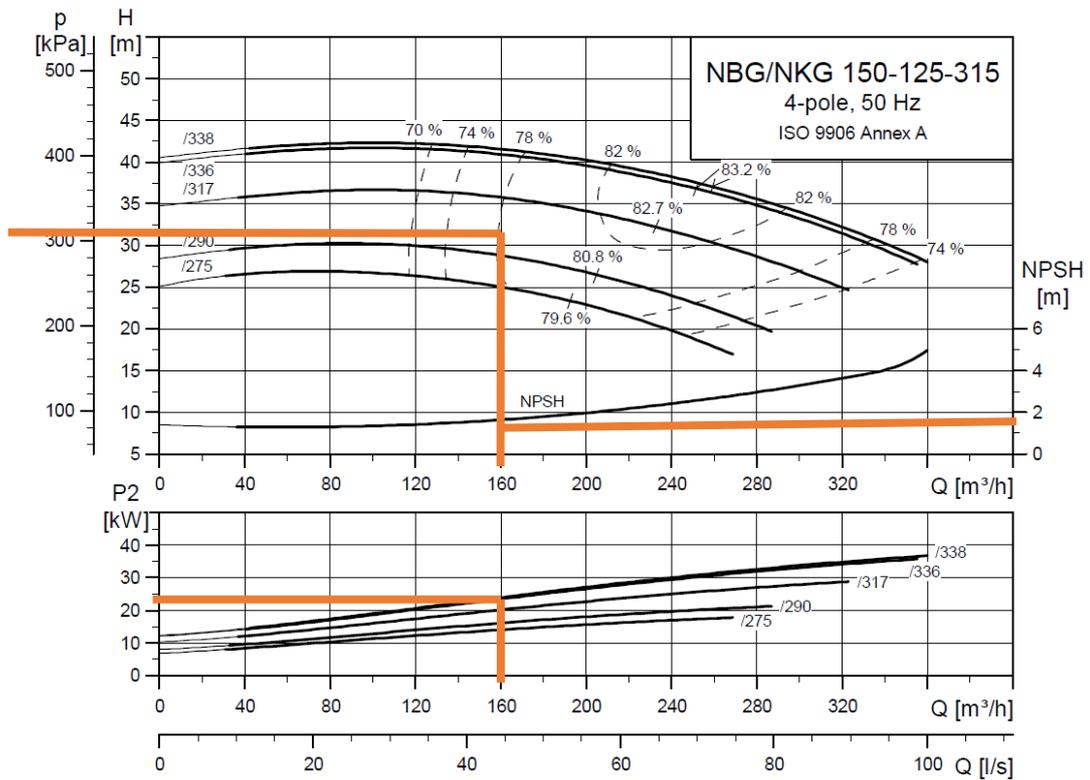
Nama <i>Fitting</i>	NPS (in)	K	Jumlah
<i>Suction</i>			
Elbow 90 Flanged	6	0,45	1
Bottom Valve	6	0.63	1
<i>Discharge</i>			
Elbow 90 Flanged	5	0,49	6
Swing type rubber Check Valve	5	1.93	1
Branching Tee	5	0.97	1
Butterfly Valve	5	0.73	1

4.3.7.1 Pompa Rekomendasi 1

Rekomendasi pompa didapatkan dari *website* Grundfos pada opsi pemilihan produk Grundfos, lalu memilih pompa berjenis *End Suction Close Coupled Single Stage*. Cara menentukan titik pada kurva karakteristik pompa dengan memasukkan nilai kapasitas, *head*, *head* statis, jenis fluida, viskositas fluida, dan densitas fluida. Pompa rekomendasi dengan merk Grundfos ini berjenis *End Suction Close Coupled Single Stage NBG 150-125-315/336 AAF2BESBAQERW3* dengan nomor seri 99117585 yang bisa digunakan untuk *wastewater treatment, water distribution, dan industrial process water treatment*.

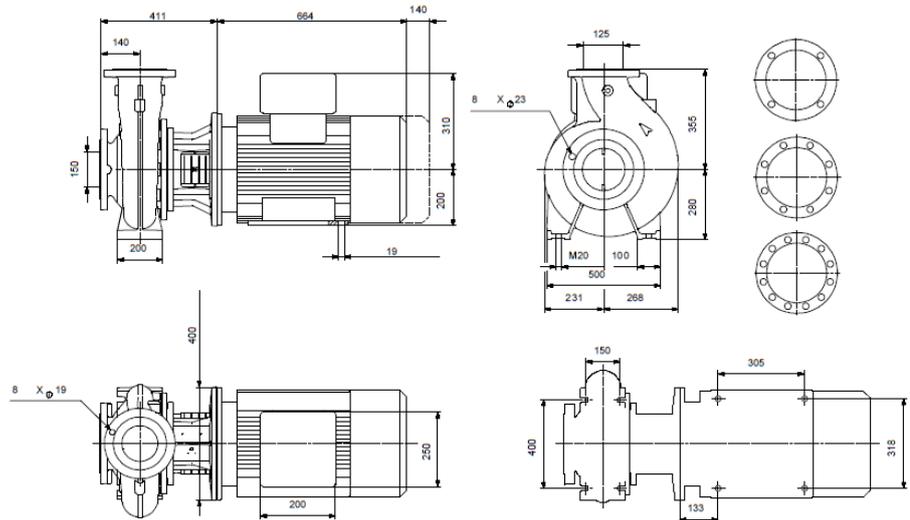
Pompa Grundfos *End Suction Close Coupled Single Stage NBG 150-125-315/336 AAF2BESBAQERW3* memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- 1) Kapasitas : 174.6 m³/h
- 2) *Head* : 40.45 m
- 3) Efisiensi : 77,9 %
- 4) Putaran : 1478 rpm
- 5) NPSH : 1,63 m
- 6) Tipe *liquid* : *Wastewater*
- 7) Temperatur *liquid* : 0°C – 120°C
- 8) Material *pump housing* : Cast Iron 35 EN-GJL-250
- 9) Ukuran Impeller : 336 mm
- 10) *Pump Inlet* : DN 150
- 11) *Pump outlet* : DN 125
- 12) Tekanan maksimal : 16 bar
- 13) Daya input motor : 37 kW
- 14) Frekuensi : 50 Hz
- 15) Efisiensi motor : 93.6 %
- 16) Berat : 459 kg
- 17) Kurva Karakteristik Pompa :



Gambar 4. 36 Kurva Karakteristik Pompa Rekomendasi 2

18) *Drawing* pompa :



Gambar 4. 37 Drawing Pompa Rekomendasi 1

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kondisi lapangan di *sludge pond* pada proses *waste water treatment*, ada dua rekomendasi pompa untuk fluida kerja *slurry*. Rekomendasi pompa yang pertama adalah pompa merk Grundfos *End Suction Close Coupled Single Stage* **NBG 150-125-315/336 AAF2BESBAQERW3**

5.2 Saran

Adapun saran dari hasil tugas khusus magang industry ini adalah perlu dilakukannya analisis lebih mendalam pada penelitian selanjutnya, terutama pada karakteristik fluida kerja dikarenakan tidak adanya *data sheet* karakteristik fluida kerja serta tidak adanya *data sheet* karakteristik pompa *Transferring Discharge pump* kondisi eksisting pada *Sludge Pond*.

DAFTAR PUSTAKA

Engineering ToolBox, (2003). Slurry Transport - Minimum Flow Velocities. [online] https://www.engineeringtoolbox.com/slurry-transport-velocity-d_236.html [Diakses pada 27 Januari 2022].

Plumbing Supply, (1995). Friction Loss Tables. [online] <https://www.plumbingsupply.com/plumbing-projects-and-information/friction-loss-tables> [Diakses pada 13 Februari 2022].

Anggriani, D. P. *et al.* (2012) ‘Pengendalian Frekuensi dengan Menggunakan Kontrol Fuzzy Prediktif pada Simulator Plant Turbin – Generator pada PLTU’, 1(1).

Anwar, K. (no date) ‘Efektivitas alat penukar kalor pada sistem pendingin generator plta’.

Al Asror, M. K. and Djoni, I. M. A. (no date) ‘Perancangan Centrifugal Slurry Booster Pump dengan Kapasitas 3000 Liter per Menit’, pp. 1–6.

Beeman, D. O. N. a L. D. (1955) *Systems Handbook*.

Chen, R. *et al.* (2011) ‘Preparation and rheology of biochar, lignite char and coal slurry fuels’, *Fuel*, 90(4), pp. 1689–1695. doi: 10.1016/j.fuel.2010.10.041.

Darmawan, F. A. (2021) *EVALUASI ULANG INSTALASI POMPA HEMIHYDRATE RECYCLE P-2402A PADA REACTION SECTION UNIT PRODUKSI PHOSPORIC ACID PABRIK III PT . PETROKIMIA GRESIK*
EVALUASI ULANG INSTALASI POMPA HEMIHYDRATE RECYCLE P-2402A PADA REACTION SECTION UNIT PRODUKSI PHOSPORIC ACID P.

EBARA (1995) ‘DL SUBMERSIBLE SEWAGE PUMPS - Non-clog with Quick Discharge Connector’, 298(5), pp. 373–389.

Fauziyyah, A. M. (2015) *ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA KONDENSOR UNIT IV PLTU DI PT . PJB UP PADA KONDENSOR UNIT IV PLTU DI PT*

. *PJB UP*.

- Hardiana, N. P. (2016) ‘Laporan Magang Industri Perhitungan Performansi Kerja Steam Turbine pada Departemen Pemeliharaan I PT. Petrokimia Gresik’, *Journal of Knowledge Management*, 2(2), pp. 1–18. Available at: <http://www.waset.org/publications/11070%0Ahttp://btd.egc.ufsc.br/%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jdmm.2015.12.005%0Ahttps://portal.aenormas.aenor.com/revista/pdf/abr16/10abr16.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.296%0Ahttps://pdfs.semanticscho>.
- Hariyono, F. R. and Djoni, I. M. A. (2013) ‘Perancangan Pompa Slurry Sentrifugal pada Unit Cement Mixer yang Mendukung Operasi Kerja Ulang Sumur dengan Kapasitas 3,5 BPM dan Head 30 Feet (Studi Kasus di PT. Energi Mega Persada Tbk)’, *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), pp. 37–40.
- Iswandi, C. T. K. and Firman, M. N. (2013) ‘ANALISIS KINERJA BOILER PADA PLTU UNIT 1 PT. SEMEN TONASA’, (1), pp. 74–85.
- KRISNAHADI, Y. (2016) ‘Analisa Pengaruh Variasi Conveying Rate Dan Luffing Konveyor Boom Pada Stacker Reclaimer Pltu Paiton Influence of Conveying Rate and Luffing Angle ’ S Variations To Vibration Response on Conveyor Drive’.
- PLTU Tanjung Awar-Awar, P. (no date) ‘Siklus Uap dan Air’, in, pp. 8–28.
- Prasetyo, F. (2017) ‘Analisis Pengujian Arus Pickup Relai Diferensial Tipe RCS-985G Pada Generator di PLTU 2 Jateng Adipala Cilacap 660 MW’, p. 70.
- Pravitasari, Y. *et al.* (2017) ‘Analisis Efisiensi Boiler Menggunakan Metode Langsung’, *Prisma Fisika*, V(01), pp. 9–12.
- PRIYANTORO, F. H. (2020) ‘Institut teknologi - pln optimasi coal blending terhadap efisiensi boiler di unit 1 pltu banten 3 lontar omu skripsi’.
- Pump, X. (no date) ‘Technical Data Included in This Brochure May Be Change From Time Manufacturer . the Company Reserves the Unconditional Rights To Xiandai Pump’.

- RISYAD NAUFAL, M. (2019) 'Pengaruh Suhu Empat Musim Terhadap Perhitungan Exergi Pada Turbin Uap', *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 3(1), pp. 40–44. doi: 10.24198/jiif.v3i1.20625.
- Setiawan, M. M. and Djoni, I. M. A. (2013) 'Perancangan Pompa Lumpur Sentrifugal Berkapasitas 0 . 14m³ / s Dengan Total Head 30 m', 2(1), pp. 2–6.
- Sianipar, R. M. T. (2020) 'Analisis Kerusakan Wire Rope Ship Unloader Type 6 x 29 F IWRC 1960 Pada PLTU Lestari Banten Energi 1 x 660 MW'.
- SN, W., Diantari, R. A. and Rahmatullah, T. M. (2017) 'ANALISA PROTEKSI DIFFERENSIAL PADA GENERATOR DI PLTU SURALAYA', 9(1), pp. 84–92.
- Sukarno, A., Bono and Prasetyo, B. (2014) 'ANALISIS PERUBAHAN TEKANAN VAKUM KONDENSOR TERHADAP KINERJA KONDENSOR DI PLTU TANJUNG JATI B', 10(2), pp. 65–71.
- Sularso and Tahara, H. (2000) *Pompa dan Kompresor: Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan, Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Sutjipto, R., Noer, I. and Pratiwi, W. (2021) 'Analisis Pengaruh Pengaturan Sudut Penyalaan Thyristor Pada Tegangan Eksitasi Terhadap Keluaran Daya Reaktif Generator di PT . PJB PLTU Gresik Unit 3', 8(3), pp. 53–58.
- Yu, Y., Liu, J. and Cen, K. (2014) 'Properties of coal water slurry prepared with the solid and liquid products of hydrothermal dewatering of brown coal', *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 53(11), pp. 4511–4517. doi: 10.1021/ie5000592.
- Zhang, S. and Xia, X. (2010) 'Optimal control of operation efficiency of belt conveyor systems', *Applied Energy*, 87(6), pp. 1929–1937. doi: 10.1016/j.apenergy.2010.01.006.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Penerimaan Magang dari PT. PJB Tanjung Awar-Awar



Nomor : DE0066335
Sifat : Biasa
Lampiran : -

Tuban, 10 Desember 2021

Kepada
Kepala Departemen Teknik Mesin Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Perihal : Penyampaian Persetujuan Praktik Kerja Lapangan Mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menindaklanjuti surat Kepala Departemen Teknik Mesin Industri :

Nomor : B/72435/IT2.IX.7.1.2/PM.02.00/2021
Tanggal : 22 November 2021
Perihal : -

Sehubungan dengan agenda kegiatan Praktik Kerja Lapangan Mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan peserta berikut :

No	Nama	Nrp	Program Studi
1	Daffa Fairuz I'zaz	10211910010010	Teknologi Rekayasa Konversi Energi
2	Firmazzain Naufal Ramadhan	10211910010021	
3	Aprilia Rizqi Samudra	10211910010022	

Dalam rangka antisipasi penyebaran virus COVID-19 dan sesuai ketentuan di PT PJB UBJOM PLTU Tanjung Awar-Awar dalam masa pandemi, berikut disampaikan ketentuan pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan :

1. Pelaksanaan dioptimalkan secara virtual kecuali saat pengenalan lingkungan Praktik Kerja Lapangan di awal dan di akhir kegiatan atau kondisi emergency yang membutuhkan WFO
2. Wajib menggunakan masker medis selama di lingkungan perusahaan
3. Wajib disiplin dalam menerapkan protokol kesehatan
4. Peserta wajib memiliki asuransi jiwa (BPJS Ketenagakerjaan)
5. Peserta dimohon menggunakan pakaian rapih selama sesi virtual class
6. Data dan informasi yang didapat selama kegiatan Kerja Praktik di PT PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar hanya digunakan untuk kepentingan pendidikan dan keilmuan

Apabila ketentuan kegiatan tersebut sesuai dengan yang dipersyaratkan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan saudara menyetujui, maka pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan dapat dimulai 3 Januari s/d 25 Februari 2022.

Demikian disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

GENERAL MANAGER UBJ O DAN M PLTU TANJUNG AWAR AWAR



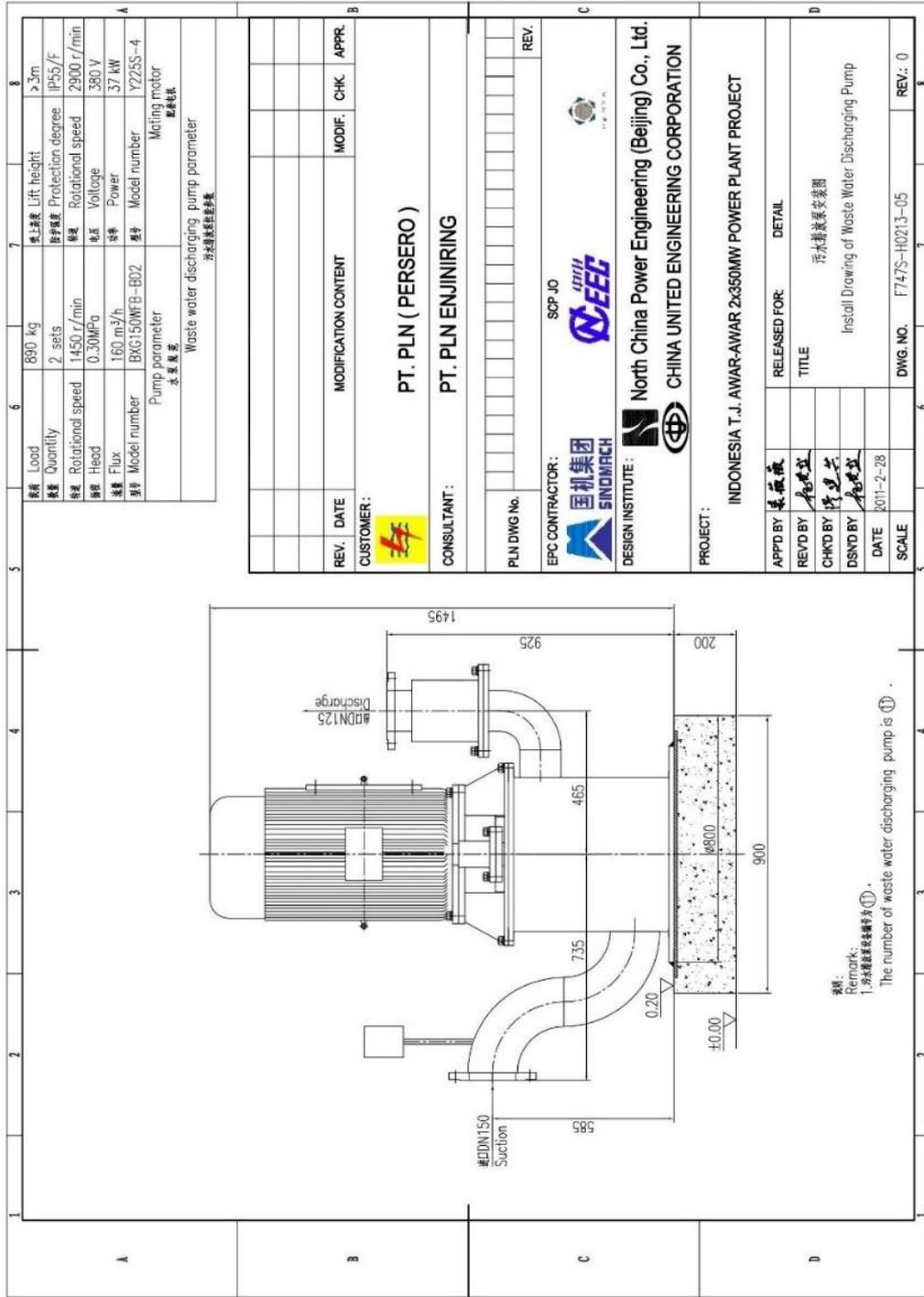
MOHAMMAD HERYONO

PT PEMBANGKITAN JAWA-BALI, UNIT BISNIS JASA OPERATIONS & MAINTENANCE TANJUNG AWAR-AWAR
Jl. Tanjung Awar-Awar, Desa Wadung, Kec. Jenu, Kab. Tuban 62352
Telp : (0356) 320320
Faks : (0356) 329090

Lampiran 2. Data

图号 Dwg No.		F747S-H0213-06(2/2)		版本 Edition		0	
综合材料表(续页) CONSOLIDATED MATERIAL SUMMARY SHEET INDONESIA TANJUNG AWAR-AWAR chemical Part 2x350MW POWER PLANT PROJECT工程 化学 专业 Volume 第 2 卷 Book 第 13册							
序号 No.	名称及规格 Name and specification	材料 Material	单位 Unit	数量 Qty.	重量 (kg) Weight(kg)		备注 Remarks
					单重 Single	总重 Total	
12	螺栓 Bolt						
	M20X180	镀锌 Galvanized	件 piece	16	0.66	10.56	
	M20X90	镀锌 Galvanized	件 piece	148	0.45	66.6	
	M20X90	玻璃钢 FRP	件 piece	16			
	M16X85	镀锌 Galvanized	件 piece	16	0.20	3.20	
	M12X50	镀锌 Galvanized	件 piece	8	0.10	0.80	
	说明: Note:						
	1.螺栓长度供参考,以实际为准。 Length of bolt is for reference.						
	2.以上材料由青岛双瑞防腐设备有限公司提供,不足部分由供货商补足。 Material is provided by QINGDAO SUNRUI ANTI-CORROSION & ANTI-FOULING Co.Itd.(SUNRUI), not enough part will also be supplied by SUNRUI.						
二	支架架安装用材料 Material for supports & hangers installation						
1	槽钢 Channel steel [10	Q235-B	m	1.2	10	12	
2	钢板 Steel $\delta=10$	Q235-B	m ²	0.5	78.50	39.25	
3	管道 Pipe						
	$\phi 219 \times 6$	Q235-B	m	6	31.6	189.6	
	$\phi 159 \times 4.5$	Q235-B	m	1.5	17.1	25.65	
4	扁钢 Flat steel -60X10	Q235-B	m	1	3.30	3.30	
5	膨胀螺栓 Inflation bolt M12/100	Q235-B	件 pcs.	20			
	说明: Note:						
	1.支架材料由中国电工设备总公司供货。 Material of Supporter is provided by CNEEC.						

<h2 style="margin: 0;">综合材料表(首页)</h2> <p style="margin: 0;">CONSOLIDATED MATERIAL SUMMARY SHEET(FIRST PAGE)</p>					图号 Dwg No.	F747S-H0213-06(1/2)	版本 Edition	0
					批准 APP'D	朱薇薇	校核 CHK'D	许建兴
					审核 REWD	朱薇薇	编写 DSWD	朱薇薇
INDONESIA TANJUNG AWAR-AWAR chemical Part Volume Book 2x350MW POWER PLANT PROJECT 工程 化学 专业 第 2 卷 第 13 册								
卷册名称 (Title)			污泥排放系统管路安装图 Installation Drawing of Sludge Transferring System			总重:(Total weight)~1310 (kg)		
序号 No.	名称及规格 Name and specification	材料 Material	单位 Unit	数量 Qty.	重量(kg) Weight(kg)		备注 Remarks	
					单重 Single	总重 Total		
1	管道安装用材料 Material for pipe installation							
	阀门 Valve							
	手动衬胶蝶阀 DN200 PN1.0 Manual rubber lined butterfly valve	组合件 Combined unit	套 set	2	33.0	66.0		
	旋启式衬胶止回阀 DN200 PN1.0 Swing type rubber lined check valve	组合件 Combined unit	套 set	2	95	190		
	底阀 DN150 PN1.0 Bottom valve	玻璃钢 FRP	套 set	2				
2	玻璃钢管 FRP pipe $\phi 159 \times 5$	玻璃钢 FRP	m	6				
3	玻璃钢90°弯头 FRP 90° elbow DN150 PN1.0	玻璃钢 FRP	件 piece	2				
4	玻璃钢法兰 FRP flange DN150 PN1.0	玻璃钢 FRP	件 piece	4				
5	衬塑直管道 $\phi 273 \times 7$ L=2070 Plastic lined straight pipe	钢衬塑 Plastic Lined	件 piece	1	123.22	123.22		
	$\phi 219 \times 6$ L=200	钢衬塑 Plastic Lined	件 piece	2	23.78	47.56		
6	衬塑90°弯头 DN250 L1=1546 L2=451 Plastic lined 90° elbow	钢衬塑 Plastic Lined	件 piece	1	124.1	124.1		
7	衬塑等径三通 DN250 L1=L2=711 L3=286 Plastic lined straight tee	钢衬塑 Plastic Lined	件 piece	1	110.5	110.5		
8	衬塑异径三通 Plastic lined reducer tee							
	DN250/200 L1=L2=286 L3=350	钢衬塑 Plastic Lined	件 piece	2	66.77	133.54		
	DN200/25 L1=165 L2=149 L3=190	钢衬塑 Plastic Lined	件 piece	2	25	50		
9	衬塑同心大小头 Plastic lined concentric reducer							
	DN300/250 L=320	钢衬塑 Plastic Lined	件 piece	1	43.02	43.02		
	DN200/125 L=292	钢衬塑 Plastic Lined	件 piece	2	21	42		
10	盲法兰 Blind flange DN250 PN1.0	钢衬塑 Plastic Lined	件 piece	2	14.52	29.04		
11	垫片 Gasket							
	DN300 d=3mm	耐酸橡胶 Acid proof rubber	件 piece	1				
	DN250 d=3mm	耐酸橡胶 Acid proof rubber	件 piece	7				
	DN200 d=3mm	耐酸橡胶 Acid proof rubber	件 piece	4				
	DN150 d=3mm	耐酸橡胶 Acid proof rubber	件 piece	4				
	DN125 d=3mm	耐酸橡胶 Acid proof rubber	件 piece	2				
	DN25 d=3mm	耐酸橡胶 Acid proof rubber	件 piece	2				



重量	Load	880 kg	提升高度	Lift height	>3m
数量	Quantity	2 sets	防护等级	Protection degree	IP55/F
转速	Rotational speed	1450 r/min	转速	Rotational speed	2900 r/min
扬程	Head	0.30MPa	电压	Voltage	380 V
流量	Flux	160 m ³ /h	功率	Power	37 kW
型号	Model number	BXG150WFB-B02	型号	Model number	Y225S-4
Pump parameter 水泵参数		Mating motor 匹配电机			
Waste water discharging pump parameter 污水排放泵参数					

REV.	DATE	MODIFICATION CONTENT	MODIF.	CHK.	APPR.
CUSTOMER: 					
PT. PLN (PERSERO)					
CONSULTANT: 					
PT. PLN ENJINIRING					

PLN DWG No. _____ REV. _____

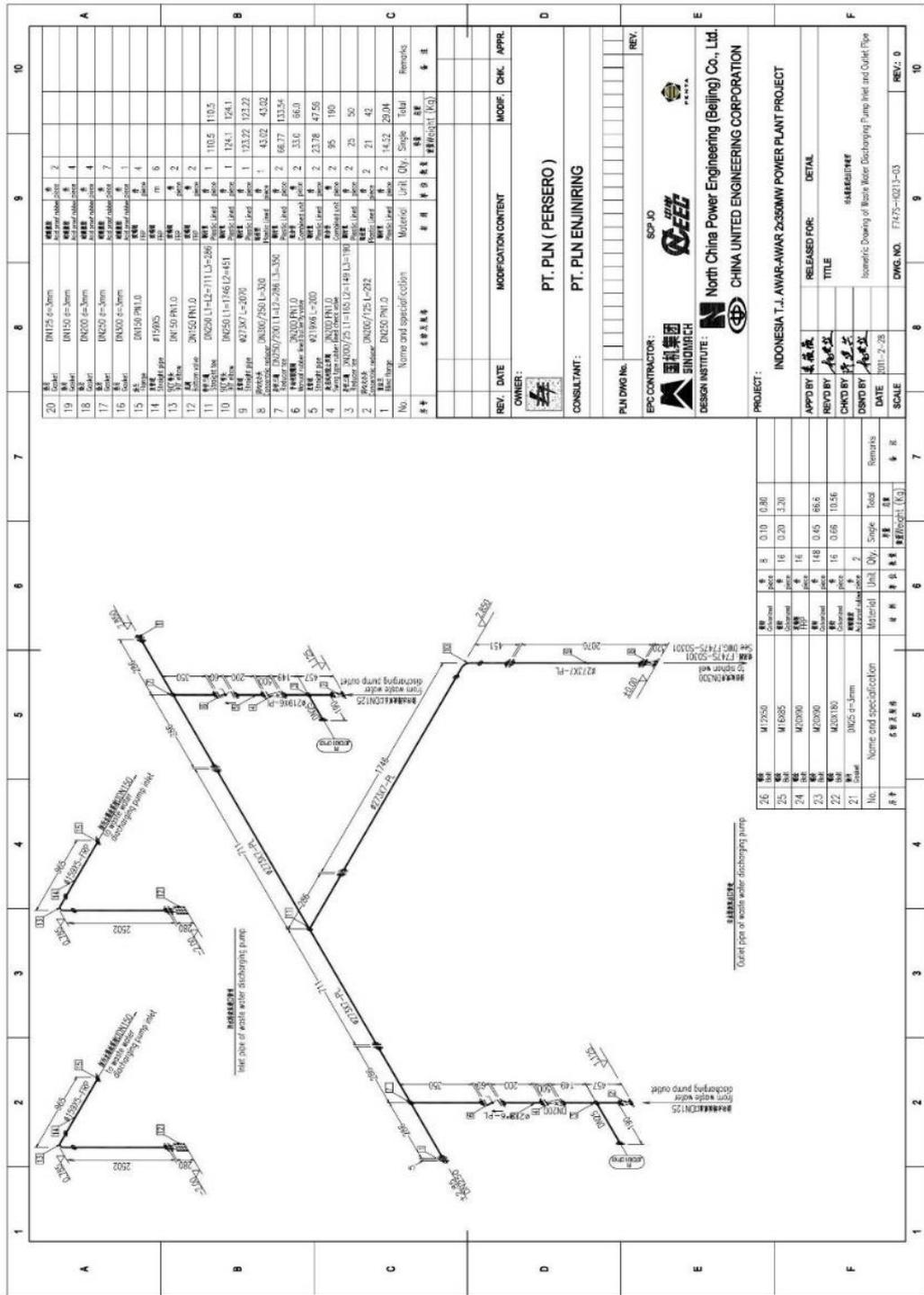
EPC CONTRACTOR:
国机集团
SINOMACH

SCP JO
EPC

DESIGN INSTITUTE:
North China Power Engineering (Beijing) Co., Ltd.
CHINA UNITED ENGINEERING CORPORATION

PROJECT:
INDONESIA T.J. AWAR-AWAR 2x350MW POWER PLANT PROJECT

APPD BY	吴成波	RELEASED FOR:	DETAIL
REVD BY	李成波	TITLE	污水排放泵安装图
CHKD BY	李成波	Initial Drawing of Waste Water Discharging Pump	
DSND BY	李成波		
DATE	2011-2-28		
SCALE		DWG. NO.	F747S-H0213-05
		REV.	0



No.	Name and specification	Material	Unit	Qty	Single	Total	Remarks
1	PIPE DN150 PN 0	Steel	m	2	14.52	29.04	
2	PIPE DN200 PN 0	Steel	m	2	21	42	
3	PIPE DN250 PN 0	Steel	m	2	25	50	
4	FLANGE DN200 PN 0	Steel	piece	2	25	50	
5	FLANGE DN250 PN 0	Steel	piece	2	25	50	
6	FLANGE DN300 PN 0	Steel	piece	2	25	50	
7	FLANGE DN150 PN 0	Steel	piece	2	25	50	
8	FLANGE DN200 PN 0	Steel	piece	2	25	50	
9	FLANGE DN250 PN 0	Steel	piece	2	25	50	
10	FLANGE DN300 PN 0	Steel	piece	2	25	50	
11	FLANGE DN150 PN 0	Steel	piece	2	25	50	
12	FLANGE DN200 PN 0	Steel	piece	2	25	50	
13	FLANGE DN250 PN 0	Steel	piece	2	25	50	
14	FLANGE DN300 PN 0	Steel	piece	2	25	50	
15	FLANGE DN150 PN 0	Steel	piece	2	25	50	
16	FLANGE DN200 PN 0	Steel	piece	2	25	50	
17	FLANGE DN250 PN 0	Steel	piece	2	25	50	
18	FLANGE DN300 PN 0	Steel	piece	2	25	50	
19	FLANGE DN150 PN 0	Steel	piece	2	25	50	
20	FLANGE DN200 PN 0	Steel	piece	2	25	50	

REV.	DATE	MODIFICATION CONTENT	MODE	CHK.	APPR.
OWNER:					
CONSULTANT:					
<p>PT. PLN (PERSERO)</p> <p>PT. PLN ENJINIRING</p>					

EPC CONTRACTOR: PT. PERSERO

DESIGN INSTITUTE: CHINA UNITED ENGINEERING CORPORATION

PROJECT: INDONESIA T.J. AWAR-AWAR 2x350MW POWER PLANT PROJECT

APP'D BY: [Signature]

CHK'D BY: [Signature]

DATE: 10/11/2025

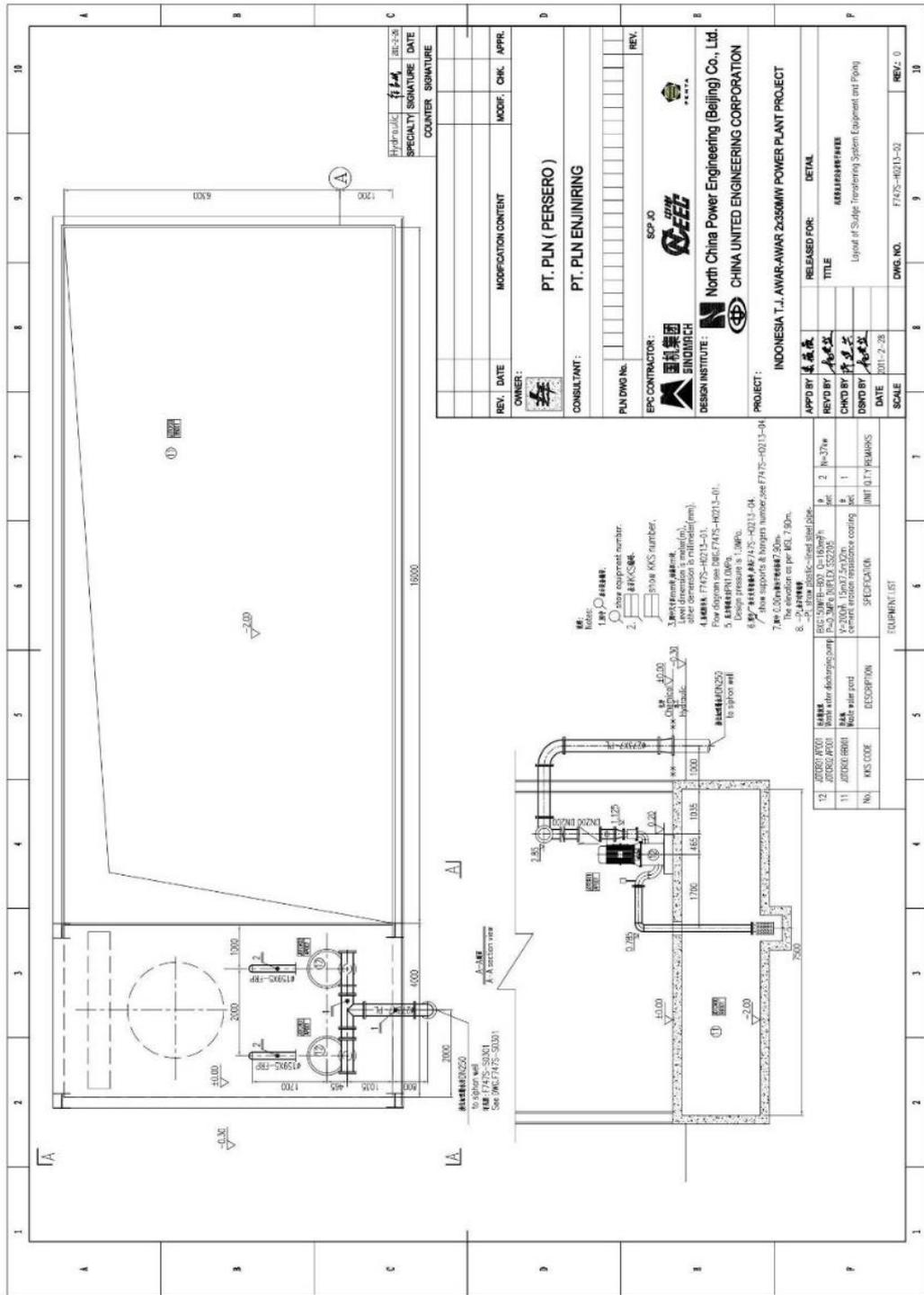
SCALE: 1:100

DWG. NO.: F7475-10211-03

REV.: D

PROJECT TITLE: Isometric Drawing of Waste Water Discharging Pump Inlet and Outlet Pipe

No.	Name and specification	Material	Unit	Qty	Single	Total	Remarks
21	PIPE DN150 PN 0	Steel	m	2	10.56	21.12	
22	PIPE DN200 PN 0	Steel	m	2	16.8	33.6	
23	PIPE DN250 PN 0	Steel	m	2	20.16	40.32	
24	PIPE DN300 PN 0	Steel	m	2	25.2	50.4	
25	FLANGE DN150 PN 0	Steel	piece	2	25.2	50.4	
26	FLANGE DN200 PN 0	Steel	piece	2	25.2	50.4	



REV.	DATE	MODIFICATION CONTENT	MODIF.	CHK.	APPR.

OWNER: PT. PLN (PERSERO)

CONSULTANT: PT. PLN ENJINIRING

PROJECT: INDONESIA T.J. AWAR-AWAR 2x350MW POWER PLANT PROJECT

DESIGN INSTITUTE: CHINA UNITED ENGINEERING CORPORATION

DESIGN CONTRACTOR: North China Power Engineering (Beijing) Co., Ltd.

REV.	DATE	MODIFICATION CONTENT	MODIF.	CHK.	APPR.

OWNER: PT. PLN (PERSERO)

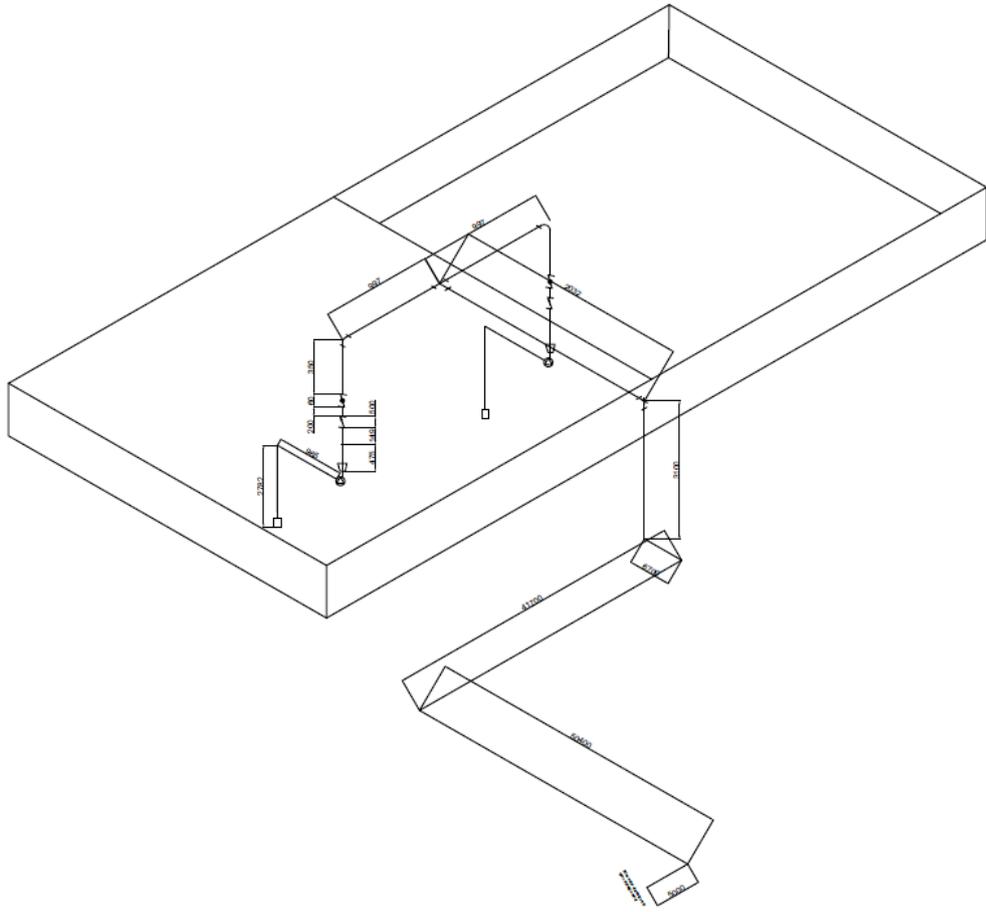
CONSULTANT: PT. PLN ENJINIRING

PROJECT: INDONESIA T.J. AWAR-AWAR 2x350MW POWER PLANT PROJECT

DESIGN INSTITUTE: CHINA UNITED ENGINEERING CORPORATION

DESIGN CONTRACTOR: North China Power Engineering (Beijing) Co., Ltd.

Lampiran 3. Hasil Magang



Lampiran 4. Logbook Magang**FORM BUKTI KEGIATAN MAGANG (LOGBOOK)**

Tahun : 2022

Periode Magang : 3 Januari sampai dengan 25 Februari

Tempat Magang : PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar

No.	Pekan ke-	Kegiatan	Keterangan
1	1	Pelengkapan administrasi, K3 <i>Induction</i> , dan pengenalan lingkungan kerja	<ul style="list-style-type: none"> - Pembuatan ID card - Mendapatkan pengarahan terkait K3 <i>induction</i> - <i>Ship unloader</i> - <i>Transfer tower</i>
2	2	Pengenalan lingkungan kerja	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Conveyor</i> - <i>Crusher house</i> - <i>Bunker</i> - WTP - SWRO - BWRO
3	3	Penentuan topik tugas khusus	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Transferring pump</i> - <i>Supply oil pump</i> - <i>Coal slurry waste water pump</i>
4	4	Studi literatur	<p>Mencari sumber literatur dari jurnal dan perpustakaan PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar mengenai:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Transferring pump</i> - <i>Supply oil pump</i> - <i>Coal slurry waste water pump</i>

5	5	Pengambilan data	Melakukan pengambilan data untuk tugas khusus magang industri pada kondisi lapangan PT. PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar mengenai: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Transferring pump</i> - <i>Supply oil pump</i> - <i>Coal slurry waste water pump</i>
6	6	Pengerjaan laporan magang industri	Mengerjakan laporan magang industri sesuai dengan tugas khusus magang industri menggunakan pedoman penulisan laporan dari Departemen Teknik Mesin Industri FV – ITS
7	7	Asistensi	Melakukan asistensi bersama pembimbing lapangan magang industri
8	8	Penyelesaian laporan magang industri	<ul style="list-style-type: none"> - Menyelesaikan laporan magang industri - Mempresentasikan hasil pengerjaan tugas khusus

Tuban, 2 Juni 2022

Pembimbing Lapangan Magang Industri



(Novendy Adisetyo Wicaksono)