

**STUDI ANALISA KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL
MOTOR PENGGERAK POMPA INJEKSI AIR
DI PT. PERTAMINA HULU ROKAN**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata (S-1) Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh:

RENDI FEBRIAN
NPM. 2210017111047



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG
2024**

LEMBARAN PENGESAHAN

**STUDI ANALISA KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL
MOTOR PENGGERAK POMPA INJEKSI AIR
DI PT. PERTAMINA HULU ROKAN**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan

Pendidikan Strata (S-1) Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Bung Hatta

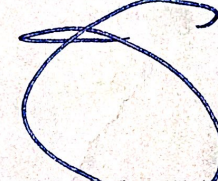
Oleh:

Rendi Febrian

NPM: 2210017111047

Disetujui Oleh:

Pembimbing



Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc.

NIK: 201 810 683

Diketahui Oleh

Fakultas Teknologi Industri

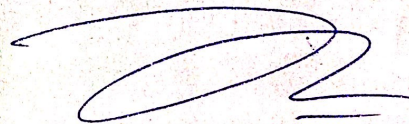
 **Dekan,**

Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T.

NIK: 990 500 496

Jurusan Teknik Elektro

Ketua,



Ir. Arzul, M.T.

NIK: 941 100 396

LEMBARAN PENGUJI

STUDI ANALISA KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL
MOTOR PENGGERAK POMPA INJEKSI AIR
DI PT. PERTAMINA HULU ROKAN

SKRIPSI

Oleh:

Rendi Febrian

NPM: 2210017111047

Dipertahankan di depan penguji Skripsi

Program Strata satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta

Hari: Jum'at, Tanggal: 31 Mei 2024

No. Nama

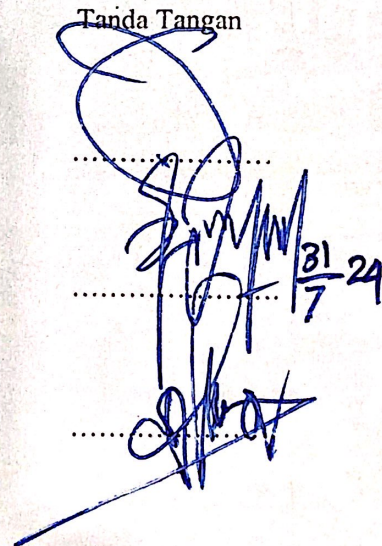
Tanda Tangan

1. Dr.Ir. Indra Nisja, M.Sc.
(Ketua dan Penguji)

2. Dr. Ir. Ija Darmana, MT, IPM
(Penguji)

3. Ir. Yani Ridal, M.T.
(Penguji)

.....
.....
.....



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan judul “***STUDI ANALISA KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL MOTOR PENGGERAK POMPA INJEKSI AIR DI PT. PERTAMINA HULU ROKAN***” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Padang, 31 Mei 2024

Rendi Febrian
NPM: 2210017111047

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang”

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).

Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.” (Q.S. AL-Insyirah: 6-8)

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah SWT. Yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, Sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi tepat waktu. Dan shalawat serta salam selalu turunkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW. Sebagai ungkapan terimakasih dan syukur, skripsi ini penulis persembahkan untuk:

❖ Orang tua tercinta

Ayah dan ibu, Saya berharap tuhan selalu memberikanmu kesehatan dan umur yang panjang sehingga disaat saya sukses nanti engkau bisa hidup lebih baik dan tidak seperti sekarang yang hanya berjuang dengan susah payah demi mewujudkan semua keinginan anak-anakmu. Terima kasih karena selalu menjaga dalam doa- doa ayah dan ibu serta selalu membiarkan saya mengejar impian saya apa pun itu. Skripsi ini saya persembahkan untuk ayah dan ibu yang telah mengisi dunia saya dengan begitu banyak kebahagiaan. Terima kasih atas semua cinta yang telah ayah dan ibu berikan kepada saya.

❖ Dosen pembimbing (Bapak Dr.Ir. Indra Nisja, M.Sc.)

Terimakasih yang tak terhingga untuk bapak Dr.Ir. Indra Nisja, M.Sc. selaku dosen pembimbing skripsi. Bapak yang telah memberikan banyak ilmu dan dengan sabar membimbing saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Tanpa bantuan bapak mungkin saya tidak bisa menyelesaikan skripsi ini. Saya sangat bersyukur menjadi salah satu mahasiswa bimbingan bapak,

Semoga tuhan selalu memberikan kesehatan dan mempermudah segala urusan bapak.

❖ Dosen Teknik Elektro Universitas Bung Hatta

Terimakasih untuk seluruh dosen Teknik Elektro Universitas Bung Hatta, ibu Ir. Arnita, M.T., bapak Ir. Arzul, M.T., bapak Ir. Cahayahati, M.T., bapak Dr. Ir. Hidayat, M.T., IPM, bapak Dr. Ir. Ija Darmana, M.T., IPM, bapak Dr. Ir. Indra Nisja, M.sc., bapak Mirzazoni, M.T. dan bapak Ir. Yani Ridal, M.T. Terimakasih untuk ilmu, nasehat, serta bimbingan nya selama saya mengikuti perkuliahan di Universitas Bung Hatta.

❖ Kelas mandiri teknik elektro 2022

Sukses buat kita semua teman-teman kelas mandiri teknik elektro 2022, terima kasih sudah mengisi dan saling membantu selama 3 semester bersama-sama. Meskipun kita belum saling bertemu, namun seiring dengan waktu dan nasib seperjuangan yang sama, kita saling membantu, memberikan dukungan, mendoakan dan peduli satu sama lain. Terimakasih keluarga “kelas mandiri teknik elektro 2022”.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur diucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini tepat pada waktunya.

Proposal Skripsi yang berjudul “***STUDI ANALISA MOTOR PENGGERAK UNTUK POMPA INJEKSI AIR DALAM MENENTUKAN KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL DI PT. PERTAMINA HULU ROKAN***”, ini penulis buat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik dari Universitas Bung Hatta khususnya Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro. Ucapan terima kasih dengan setulus hati penulis haturkan kepada:

1. Kedua orang tua dan saudara, yang telah banyak memberikan bantuan beserta dorongan moral, spiritual dan materil kepada penulis.
2. Bapak Dr.Ir. Indra Nisja, M.Sc. selaku Dosen pembimbing dalam pembuatan laporan proposal skripsi yang telah meluangkan waktunya serta mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan proposal skripsi.
3. Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta, Ibu Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, ST., M.T.
4. Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta Bapak Ir. Arzul, M.T.
5. Bapak Ir. Eddy Soesilo, M.Eng. selaku Dosen Penasehat Akademik.
6. Rekan dan teman seperjuangan dalam menyelesaikan Proposal Skripsi, Teknik Elektro Kelas Mandiri angkatan 2022. Terimakasih atas dukungan dan terus memberikan semangat serta masukan kepada penulis.
7. Selanjutnya, semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah banyak membantu selama proses penelitian dan penulisan proposal skripsi ini.

Dengan segala kerendahan hati, penulis berharap agar Proposal Skripsi ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca, terutama bagi pembaca yang mempunyai bidang keahlian yang sama dengan penulis. Amin ya rabbal'amin.

Pekanbaru, 31 Mei 2023

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping horizontal and diagonal strokes, followed by a small flourish at the end.

Rendi Febrian
2210017111047

ABSTRAK

Pompa injeksi air merupakan komponen kritis di PT. Pertamina Hulu Rokan. Keandalan operasional pompa ini sangat tergantung pada kualitas dan performa motor penggerak, serta kemampuan hantar arus kabel yang menyuplai daya listrik ke motor tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan hantar arus kabel motor penggerak pompa injeksi air di fasilitas PT. Pertamina Hulu Rokan. Metodologi penelitian melibatkan pengumpulan data teknis terkait motor penggerak dan kabel suplai motor, serta pengujian performa motor dan analisis kapasitas hantar arus kabel. Penelitian ini mengintegrasikan pendekatan eksperimental dan analitis untuk mengukur efisiensi, daya, dan parameter operasional motor penggerak. Selain itu, uji beban terhadap kabel dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan hantar arus kabel dalam kondisi operasional yang sebenarnya. Berdasarkan hasil perhitungan penghantar yang digunakan dengan luas penampang 350 MCM ini memiliki Kemampuan Hantar Arus sebesar 212,245 A. Sedangkan Arus nominal pada saat commissioning sebesar 154,33 A. Drop tegangan berdasarkan perhitungan yaitu sebesar 0,29% sedangkan Drop tegangan pada saat commissioning yaitu sebesar 0,25% dimana dengan hasil perhitungan masih dalam batas yang diizinkan, merujuk pada peraturan perusahaan besar drop tegangan adalah dibawah 3 %.

Kata kunci: *Pompa Injeksi Air, Motor Penggerak, Kemampuan Hantar Arus, Efisiensi Operasional.*

ABSTRACT

Water injection pumps are critical components in industrial systems, especially at PT. Pertamina Hulu Rokan. The operational reliability of this pump is very dependent on the quality and performance of the driving motor, as well as the current-carrying ability of the cable that supplies electrical power to the motor. This research aims to analyze the motor driving the water injection pump and evaluate the current carrying capacity of the cable used in facilities PT Pertamina Hulu Rokan. The research methodology involves collecting technical data related to the drive motor and cable system, as well as testing motor performance and analyzing the current carrying capacity of the cable. This research integrates experimental and analytical approaches to measure the efficiency, power and operational parameters of drive motors. In addition, a load test on the cable is carried out to evaluate the current carrying capacity of the cable under actual operational conditions. Based on the calculation results, the conductor used with a cross-sectional area of 350 MCM has a current carrying capacity of 212.245 A. Meanwhile, the nominal current at the time of commissioning is 154.33 A. The voltage drop at the time of commissioning is 0.25%, which according to the calculation results is still within the limits permitted, referring to large company regulations voltage drop is below 3%.

Keywords: *Water Injection Pump, Motor Drive, Ability Cable Current Carrying, Operational Efficiency.*

DAFTAR ISI

COVER	
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PENGUJI	
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	
HALAMAN PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Tinjauan Penelitian.....	5
2.2. Landasan Teori	6
2.2.1. Aliran Daya dalam Sistem Kelistrikan.....	6
2.2.2. Kemampuan Hantar Arus Kabel	6
2.2.3. Standar dan Peraturan Industri.....	7
2.2.4. Prinsip kerja motor induksi 3 fasa.....	7
2.2.5. Water Injection Pump	10
2.2.6. Single Line Diagram Water Injection Pump.....	11
2.2.7. Kabel Listrik	12
2.2.8. Bahan penghantar.....	16
2.2.9. Faktor Daya.....	17
2.2.10. Drop Tegangan dan Rugi-rugi Daya.....	19
2.2.11. Penyebab terjadinya drop tegangan	20
2.2.12. Energi listrik.....	21
2.2.13. Arus Rating	22
2.2.14. Luas Penampang Penghantar	22
2.2.15. Kemampuan Hantar Arus.....	23
2.3. Commisioning pompa WIP Petani GS	23

2.4	Hipotes.....	24
BAB III METODE PENELITIAN		25
3.1	Metode Penelitian.....	25
3.2	Alur Penelitian.....	25
3.3	Deskripsi Sistem Analisa.....	28
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		29
4.1.	Deskripsi Penelitian.....	29
4.2.	Data studi analisa motor penggerak untuk pompa injeksi air dalam menentukan kemampuan hantar arus (KHA) kabel.....	29
4.3.	Perhitungan arus nominal pada saluran.....	30
4.4.	Perhitungan arus rating pada saluran.....	30
4.5.	Perhitungan drop tegangan pada saluran.....	31
4.6.	Perhitungan rugi daya dan rugi energi pada saluran.....	31
4.7.	Hubungan panjang saluran dengan arus rating pada saluran.....	32
4.8.	Hasil data commisioning pompa WIP Petani GS	33
4.7	Rugi -rugi daya dan rugi – rugi energi saat commisioning.....	44
4.8	Drop tegangan saat commisioning.....	45
4.9.	Analisa data	46
4.10.	Kemampuan hantar arus	46
4.11.	Drop tegangan	46
4.12.	Rugi – rugi daya dan rugi -rugi energi	46
4.13.	Hasil commisioning terhadap nilai perhitungan	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		48
5.1.	Kesimpulan.....	48
5.2.	Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA		49
LAMPIRAN.....		50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Motor induksi	8
Gambar 2. 2 Motor Penggerak Water Injection Pump area WIP Petani GS.....	10
Gambar 2. 3 Single line diagram pompa PTNI - P – 2201	11
Gambar 2. 4 Konduktor kabel.....	13
Gambar 2. 5 Alat ukur AWG	13
Gambar 2. 6 Kabel NYA.....	14
Gambar 2. 7 Kabel NYM.....	14
Gambar 2. 8 Kabel NYY.....	15
Gambar 2. 9 Kabel NYFGbY.....	15
Gambar 2. 10 Kabel NYFGbY.....	16
Gambar 2. 11 Segitiga Daya	18
Gambar 3. 1 Flow Chart Penelitian.....	26
Gambar 4. 1 Lokasi WIP Petani GS	29
Gambar 4. 2 Grafik Arus vs Tegangan Motor WIP tanggal 22/12/23	40
Gambar 4. 3 Grafik Arus vs Tegangan Motor WIP tanggal 23/12/23	41
Gambar 4. 4 Grafik Arus vs Tegangan Motor WIP tanggal 24/12/23	42
Gambar 4. 5 Grafik Arus vs Tegangan Motor WIP tanggal 25/12/23	43

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Arus dan Tegangan Motor Pompa WIP Petani GS 22/12/23.....	34
Tabel 4. 2 Arus dan Tegangan Motor Pompa WIP Petani GS 23/12/23.....	35
Tabel 4. 3 Arus dan Tegangan Motor Pompa WIP Petani GS 23/12/23.....	36
Tabel 4. 4 Arus dan Tegangan Motor Pompa WIP Petani GS 24/12/23.....	37
Tabel 4. 5 Arus dan Tegangan Motor Pompa WIP Petani GS 24/12/23.....	38
Tabel 4. 6 Arus dan Tegangan Motor Pompa WIP Petani GS 25/12/23.....	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang Masalah

Perkembangan industri minyak dan gas di Indonesia, termasuk perusahaan PT. Pertamina Hulu Rokan, memerlukan penggunaan sistem peralatan yang kompleks untuk mendukung kelancaran operasionalnya. Salah satu peralatan penting dalam industri minyak dan gas adalah pompa injeksi air / *water injection pump* (WIP). Pompa ini digunakan untuk menyuplai air ke sumur-sumur minyak guna menjaga tekanan dalam reservoir dan memperoleh produksi minyak yang optimal.

Pompa injeksi air digerakkan oleh motor induksi. Motor induksi merupakan salah satu jenis motor listrik yang paling banyak digunakan di dunia industri. Motor ini bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik, dimana medan magnet yang berputar pada stator akan menghasilkan arus listrik pada rotor yang berputar, sehingga menghasilkan gerakan pada motor. Kinerja motor induksi sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti tegangan, frekuensi, kecepatan, dan luas penampang kabel yang digunakan. Faktor-faktor ini harus diatur dan dikendalikan secara tepat agar motor dapat bekerja dengan efektif dan efisien.

Motor penggerak pompa injeksi air memiliki kebutuhan daya yang tinggi dan menggunakan kabel listrik untuk menghubungkannya dengan sumber daya listrik. Namun, penggunaan kabel dengan kemampuan hantar arus (KHA) yang tidak memadai dapat menyebabkan penurunan tegangan yang signifikan, kerugian daya, dan bahkan kerusakan pada sistem. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi analisa untuk menentukan KHA kabel yang sesuai dengan kebutuhan daya pompa injeksi air.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan kemampuan hantar arus (KHA) kabel dengan

kapasitas motor 1500 HP (Horse Power) untuk kebutuhan pompa injeksi air di area WIP Petani GS PT. Pertamina Hulu Rokan?

2. Bagaimana penerapan studi analisa dalam menentukan kemampuan hantar arus berdasarkan ukuran kabel terhadap performa pompa WIP?
3. Bagaimana membandingkan hasil studi analisa KHA kabel dengan hasil commissioning pompa WIP Petani GS?

1.3. Batasan Masalah

1. Penelitian ini akan fokus pada studi analisa untuk menentukan kemampuan hantar arus berdasarkan ukuran kabel yang sesuai dengan kebutuhan daya pompa injeksi air di area WIP Petani GS PT. Pertamina Hulu Rokan.
2. Resistansi perhitungan berdasarkan pada nilai kabel jembo tipe MV-105 MC – HL 5/8Kv atau CU/XLPE/CTS/MC/PVC nilai resistansi sebesar 0,128 Ω /km.
3. Induktansi perhitungan berdasarkan pada nilai kabel jembo tipe MV-105 MC – HL 5/8Kv atau CU/XLPE/CTS/MC/PVC dengan mengambil nilai induktansi kabel jembo tipe NA2XSEFGbY dengan nilai resistansi 0,054 mH/km.
4. Faktor perubahan suhu lingkungan dan sistem pendinginan kabel tidak diperhitungkan dalam penelitian ini.
5. Pada penelitian ini faktor pengaruh kapasitor bank pada motor tidak diperhitungkan.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Melakukan studi analisa untuk menentukan kemampuan hantar arus pada kabel yang sesuai dengan kebutuhan daya motor untuk pompa injeksi air di area WIP Petani GS perusahaan PT. Pertamina Hulu Rokan.

2. Mengetahui penerapan kemampuan hantar arus berdasarkan ukuran kabel terhadap performa pompa WIP secara optimal.
3. Mengetahui perbandingan hasil analisa KHA dengan hasil aktual saat commissioning pompa WIP Petani GS.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan rekomendasi mengenai kemampuan hantar arus kabel yang sesuai dengan kebutuhan daya motor pompa injeksi air di area WIP Petani GS perusahaan PT. Pertamina Hulu Rokan.
2. Menyediakan pemahaman yang lebih baik tentang penerapan studi analisa dalam menentukan kemampuan hantar arus kabel pada sistem pompa injeksi air area WIP Petani GS perusahaan PT. Pertamina Hulu Rokan.
3. Memberikan kesesuaian data hasil analisa KHA dengan data hasil commissioning pompa WIP Petani GS.

1.6 Sistematika Penulisan

Skripsi ini disusun berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, Batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang penelitian-penelitian sebelumnya, teori-teori yang melandasi pokok permasalahan yang akan dibahas diantaranya pengelompokkan beban, klarifikasi daya listrik, faktor daya, penampang kabel, drop tegangan, dan rugi-rugi daya, dan juga menjelaskan pernyataan sementara atau dugaan menjawab permasalahan yang dibuktikan pada penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan secara rinci peralatan dan bahan-bahan yang dibutuhkan, menjelaskan tahapan-tahapan penelitian dalam bentuk flowchart, gambaran sistem perancangan yang akan diteliti.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan data-data penelitian, perhitungan drop tegangan, ukuran kabel, rugi-rugi daya, dan rugi-rugi energi serta membandingkan dengan data hasil commissioning pompa WIP Petani GS.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil analisa data dan juga berisi saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Penelitian

Dalam penulisan laporan proposal ini penulis merujuk pada penelitian yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya sebagai berikut:

Zhang, L., Wang, C., & Chen, Y., 2021 "*Investigation of Ampacity Calculation Methods for Cable Systems in Oil and Gas Industries.*" Jurnal ini menginvestigasi metode perhitungan ampacity kabel yang digunakan dalam industri minyak dan gas. Penulis melakukan studi perbandingan antara metode perhitungan yang umum digunakan dan mengusulkan metode baru yang lebih akurat. Temuan dari penelitian ini dapat memberikan panduan praktis dalam menentukan ampacity kabel yang tepat untuk sistem kelistrikan pada industri minyak dan gas [1].

N. Duraisamy dan A. Ukil.,2016 "*Kalkulasi dan analisis ampacity kabel untuk optimalisasi aliran daya*" Makalah ini menyajikan studi tentang faktor-faktor yang menentukan penyesuaian dan koreksi ampacity kabel pada jaringan distribusi listrik. Faktor tersebut berpengaruh terhadap pada luasnya daerah tersebut dan kekritisannya pengaruhnya terhadap kabel, dimana peringkat kabel akan disesuaikan berdasarkan asumsi rute. Konfigurasi dan aplikasi kabel listrik bahwa tanah terhadap efek suhu pada kabel. Perhitungan pesimis ini akan mengurangi ampacity kabel hingga tingkat yang lebih besar [2].

Bates, Carson & Malmadal, Keith & Cain, David,2015 "*Cable Ampacity Calculations: A Comparison of Methods*" Jurnal ini menginvestigasi metode perhitungan ampacity kabel. Penulis melakukan studi perbandingan antara metode perhitungan yang umum digunakan dan mengusulkan metode baru yang lebih akurat dengan menggunakan nilai resistivitas termal tanah. Temuan dari penelitian ini dapat memberikan panduan praktis dalam menentukan ampacity kabel yang tepat untuk sistem kelistrikan [3].

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Aliran Daya dalam Sistem Kelistrikan

Aliran daya adalah analisis yang penting dalam perencanaan, pengoperasian, dan pengendalian sistem kelistrikan. Pada dasarnya, aliran daya mengacu pada distribusi daya listrik dari sumber ke beban dalam jaringan distribusi. Studi aliran daya dilakukan untuk menghitung tegangan, arus, dan daya yang mengalir melalui setiap komponen dalam sistem kelistrikan. Dalam konteks penelitian ini, studi aliran daya digunakan untuk menentukan kemampuan hantar arus kabel yang sesuai dengan kebutuhan daya pompa injeksi air di perusahaan area WIP Petani GS PT. Pertamina Hulu Rokan.

Aliran daya adalah analisis yang penting dalam perencanaan, pengoperasian, dan pengendalian sistem kelistrikan. Pada dasarnya, aliran daya mengacu pada distribusi daya listrik dari sumber ke beban dalam jaringan distribusi. Studi aliran daya dilakukan untuk menghitung tegangan, arus, dan daya yang mengalir melalui setiap komponen dalam sistem kelistrikan. Dalam konteks penelitian ini, studi aliran daya digunakan untuk menentukan kemampuan hantar arus kabel yang sesuai dengan kebutuhan daya pompa injeksi air di perusahaan area WIP Petani GS PT. Pertamina Hulu Rokan.

2.2.2 Kemampuan Hantar Arus Kabel

KHA kabel merujuk pada kemampuan suatu kabel untuk menghantarkan arus listrik dengan aman tanpa terjadi penurunan tegangan yang signifikan. Pemilihan ampacity kabel yang tepat sangat penting untuk menjaga kinerja sistem kelistrikan dan mencegah kerusakan pada peralatan. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan ampacity kabel antara lain:

1. Beban listrik yang akan dihubungkan dengan kabel.
2. Suhu lingkungan di sekitar kabel.
3. Metode pendinginan kabel.
4. Tipe dan ukuran kabel yang digunakan.
5. Jenis isolasi kabel.

2.2.3 Standar dan Peraturan Industri

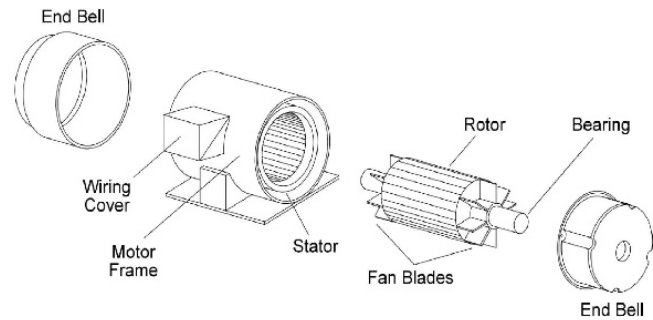
Dalam menentukan kemampuan hantar arus kabel, perlu memperhatikan standar dan peraturan industri yang berlaku. Beberapa standar dan peraturan yang relevan dalam industri kelistrikan adalah *National Electrical Code* (NEC), *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), *International Electrotechnical Commission* (IEC), Peraturan umum instalasi listrik (PUIL) 2000 dan ROKAN teknik standar (RTS). Standar dan peraturan ini memberikan pedoman tentang pemilihan kabel yang tepat berdasarkan beban, jarak, dan karakteristik sistem.

2.2.4 Prinsip kerja motor induksi 3 fasa

Motor induksi tiga fasa merupakan bagian paling utama bagi pendustrian yang dipakai untuk alat menggerakkan yang akan digunakan sebagai proses di dalam dunia pendustrian. Motor induksi tiga fasa merupakan komponen yang penting dari berbagai industri dan telah banyak digunakan di mesin-mesin industri sebagai penggerak. Hal ini dikarenakan motor induksi tiga fasa memiliki kelebihan dari segi teknis dan segi ekonomis. Motor induksi yang sudah digunakan pasti akan mengalami penurunan torsi dan efisiensi karena penurunan kemampuan nilai material. Permasalahan ini berpengaruh pada kinerja motor induksi. Bila hal itu dibiarkan dalam waktu yang panjang maka akan dapat mengganggu kinerja motor, dapat menimbulkan gangguan mekanis dan listrik, bahkan mengurangi efisiensi kerja motor induksi.

Motor induksi 3 fasa merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dengan prinsip induksi. Motor induksi dibagi menjadi dua berdasarkan jumlah fasanya, yaitu motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Semua jenis motor dan generator listrik mempunyai rotor dan stator, dimana rotor merupakan bagian yang berputar, sedangkan stator merupakan bagian yang diam (statis). Pada dasarnya untuk konstruksi mesin listrik, mesin induksi adalah yang memiliki konstruksi yang paling sederhana, yang merupakan dasar

diciptakannya mesin listrik lain (mesin sinkron dan mesin arus searah).



Gambar 2. 1 Motor induksi

(Sumber: <https://repository.pip-semarang.ac.id/517/17/15bab%20II.pdf>)

Stator bagian motor yang diam terdiri dari badan motor, inti stator, belitan stator, bearing dan terminal box. Rotor merupakan bagian motor yang berputar terdiri dari rotor sangkar, poros rotor. Pada motor induksi tidak ada bagian rotor yang bersentuhan dengan bagian stator.

Arus pada tiap fasa menghasilkan fluksi bolak-balik yang berubah-ubah. Amplitudo fluksi yang dihasilkan berubah secara sinusoidal dan arahnya tegak lurus terhadap belitan fasa. Akibat fluksi yang berputar timbul gaya gerak listrik pada stator motor yang besarnya adalah:

$$E_I = 4,44 \times f_I \times N_I \times \Phi_m \quad (2.1)$$

Keterangan:

E_I = Ggl pada stator (Volt)

f_I = Frekuensi stator (Hz)

N_I = Jumlah lilitan kumparan rotor

Φ_m = Fluksi maksimum (Wb)

Penjumlahan ketiga fluksi bolak-balik tersebut disebut medan putar yang berputar dengan kecepatan sinkron n_s , besarnya nilai n_s

ditentukan oleh jumlah kutub P dan frekuensi sumber tegangan f yang dirumuskan dengan:

$$n_s = \frac{120 \times f}{P} \quad (2.2)$$

Atau:

$$\omega_s = 2 \times \pi \times n_s \quad (2.3)$$

Keterangan:

n_s = Kecepatan medan putar stator (rpm)

ω_s = Kecepatan sudut stator (rad/s)

P = Jumlah kutub

f = Frekuensi tegangan masukan (Hz)

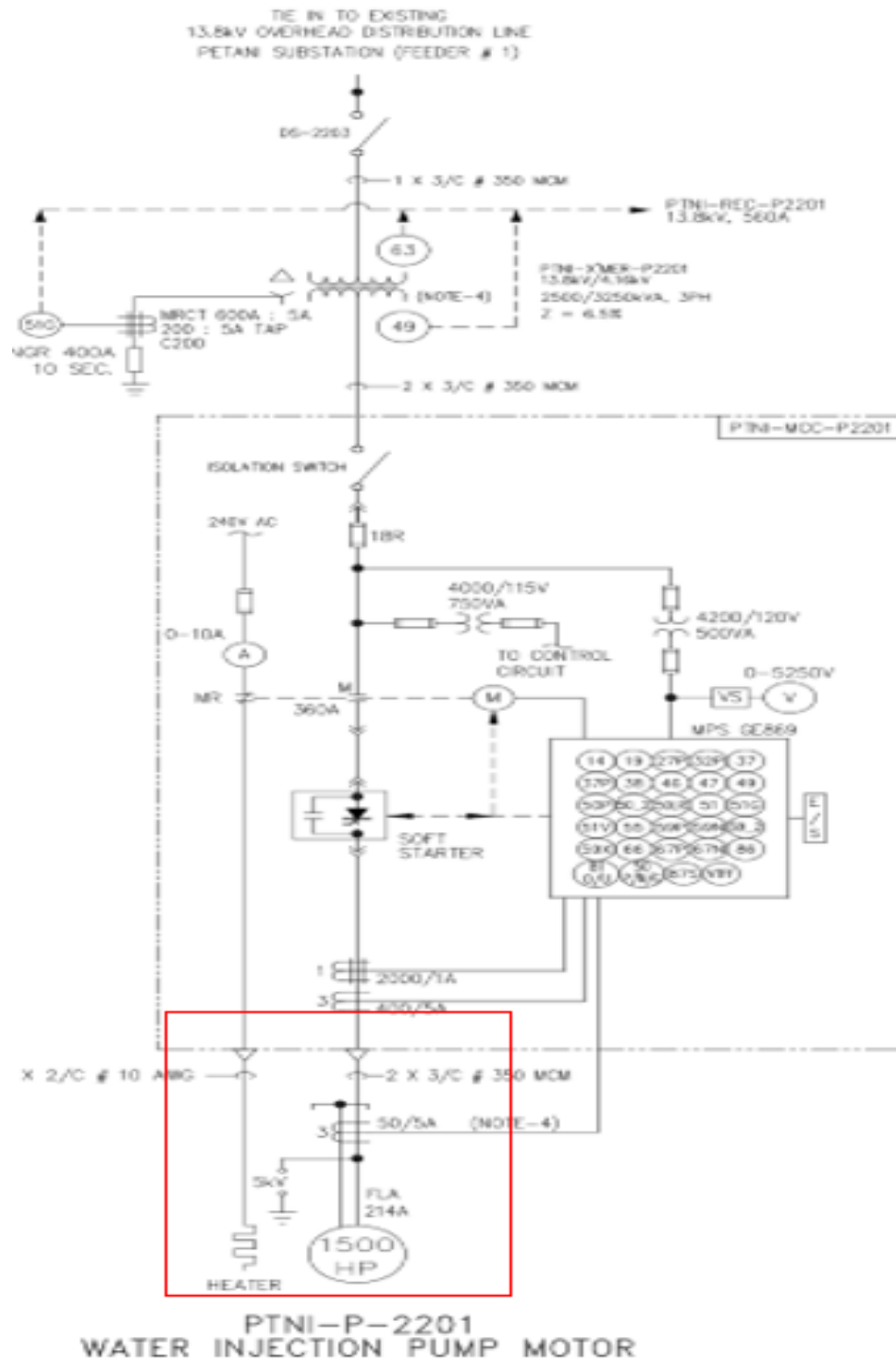
2.2.5 Water Injection Pump

Pompa injeksi air (water injection pump) adalah peralatan yang digunakan dalam industri minyak dan gas untuk menginjeksi air ke dalam reservoir melalui sumur-sumur injeksi guna menjaga tekanan dalam reservoir dan meningkatkan produksi minyak. Pompa yang digunakan pada penelitian ini di area WIP Petani GS PT. Pertamina Hulu Rokan. Pompa ini membutuhkan daya listrik yang tinggi untuk mengoperasikan motor penggeraknya. Penentuan kemampuan hantar arus kabel yang tepat untuk pompa injeksi air penting guna menjaga kelancaran operasionalnya dan mencegah kerusakan pada sistem.



Gambar 2. 2 Motor Penggerak Water Injection Pump area WIP Petani GS (Sumber: *Arsip pribadi*)

2.2.6 Single Line Diagram Water Injection Pump



Gambar 2. 3 Single line diagram pompa PTNI - P – 2201
(Sumber: *Drawing SLD proyek PHR*)

2.2.7 Kabel Listrik

Kabel listrik adalah media untuk menyalurkan energi listrik. Sebuah kabel listrik terdiri dari isolator dan konduktor. Isolator adalah bahan pembungkus kabel yang biasanya terbuat dari karet atau plastik, sedangkan konduktor terbuat dari serabut tembaga atau tembaga pejal. Kemampuan hantar sebuah kabel listrik ditentukan oleh KHA (kemampuan hantar arus) yang dimilikinya dalam satuan Ampere. Kemampuan hantar arus ditentukan oleh luas penampang konduktor yang berada dalam kabel listrik. Sedangkan tegangan listrik dinyatakan dalam Volt, besar daya yang diterima dinyatakan dalam satuan Watt.

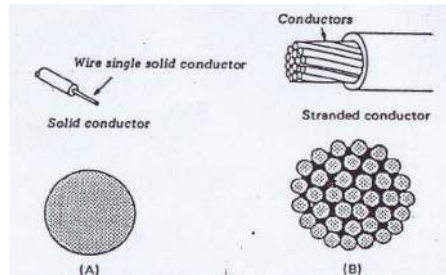
Kawat dan kabel listrik merupakan media penghantar tenaga listrik dari sumber tenaga listrik ke peralatan yang menggunakan tenaga listrik atau menghubungkan suatu peralatan listrik ke peralatan listrik lainnya. Berikut pengertiannya:

1. Kawat

Sebuah penghantar masif (single solid conductor) atau beberapa buah yang tergabung menjadi satu dan terbungkus oleh bahan isolasi.

2. Kabel

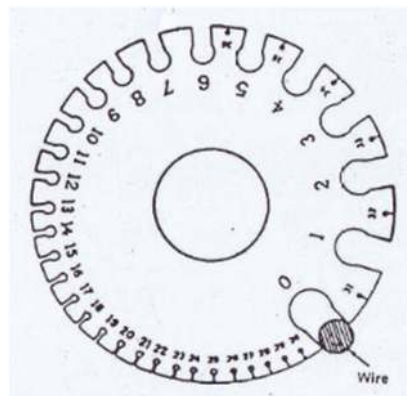
Penghantar listrik 2 atau lebih yang masing masing terbungkus bahan isolasi yang terpisah satu sama lainnya, kemudian bersama sama terbungkus isolasi (multi conductor cable). Penghantar listrik 2 atau lebih yang masing masing terbungkus bahan isolasi yang terpisah satu sama lainnya, kemudian dipilin bersama.



Gambar 2. 4 Konduktor kabel

(Sumber: <http://mumetlistrik.blogspot.com>)

Ukuran kawat dan kabel kawat atau kabel listrik dibuat seperti ketentuan ukuran seperti ketentuan AWG (American Wire Gage), dengan membesarnya ukuran diameter kawat atau kabel nomer ukurannya mengecil atau sebaliknya. Gambar alat untuk menentukan ukuran kawat atau kabel:



Gambar 2. 5 Alat ukur AWG

(Sumber: <http://mumetlistrik.blogspot.com>)

Kawat atau kabel yang akan diukur dimasukkan ke dalam celah (slot) dengan syarat dapat bebas bergerak radial tanpa dipaksa, ukuran kawat atau kabel tersebut tertera pada slot.

Adapun jenis-jenis kabel listrik adalah sebagai berikut:

1. Kabel NYA

Biasanya digunakan untuk instalasi rumah dan sistem tenaga. Dalam instalasi rumah digunakan ukuran 1,5 mm² dan 2,5 mm². Berinti tunggal, berlapis bahan isolasi PVC, dan seringnya untuk instalasi kabel udara. Kode warna isolasi ada warna merah, kuning, biru dan hitam. Kabel tipe ini umum

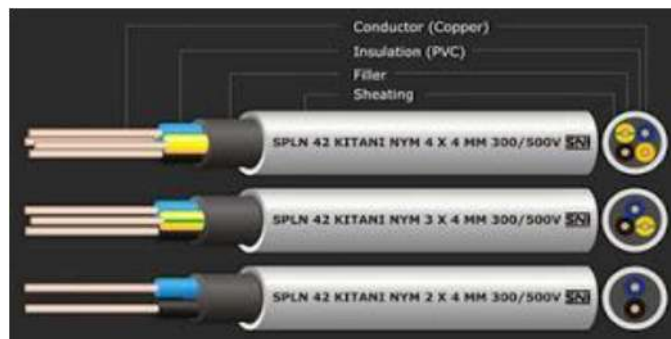
dipergunakan di perumahan karena harganya yang relatif murah. Lapisan isolasinya hanya 1 lapis sehingga mudah cacat, tidak tahan air dan mudah digigit tikus. Agar aman memakai kabel tipe ini, kabel harus dipasang dalam pipa/conduit jenis PVC atau saluran tertutup. Sehingga tidak mudah menjadi sasaran gigitan tikus, dan apabila ada isolasi yang terkelupas tidak tersentuh langsung oleh orang.



Gambar 2. 6 Kabel NYA (Sumber: <http://mumetlistrik.blogspot.com>)

2. Kabel NYM

Digunakan untuk kabel instalasi listrik rumah atau gedung dan sistem tenaga. Kabel NYM berinti lebih dari 1, memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna putih atau abu-abu), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYM memiliki lapisan isolasi dua lapis, sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA (harganya lebih mahal dari NYA). Kabel ini dapat dipergunakan dilingkungan yang kering dan basah, namun tidak boleh ditanam.

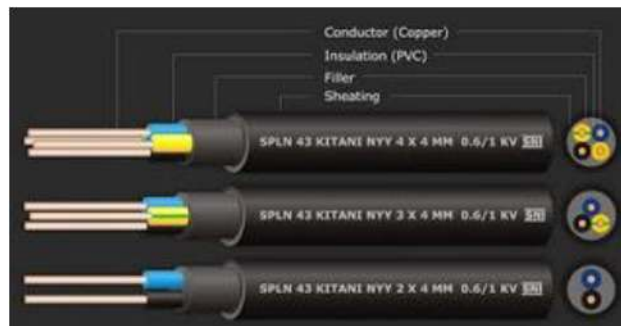


Gambar 2. 7 Kabel NYM

(Sumber: <http://mumetlistrik.blogspot.com/>)

3. Kabel NYY

Memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna hitam), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYY dipergunakan untuk instalasi tertanam (kabel tanah), dan memiliki lapisan isolasi yang lebih kuat dari kabel NYM (harganya lebih mahal dari NYM). Kabel NYY memiliki isolasi yang terbuat dari bahan yang tidak disukai tikus.



Gambar 2. 8 Kabel NYY

(Sumber: <http://mumetlistrik.blogspot.com/>)

4. Kabel NYFGbY

Kabel NYFGbY ini digunakan untuk instalasi bawah tanah, di dalam ruangan di dalam saluran-saluran dan pada tempat-tempat yang terbuka dimana perlindungan terhadap gangguan mekanis dibutuhkan, atau untuk tekanan rentangan yang tinggi selama dipasang dan dioperasikan.



Gambar 2. 9 Kabel NYFGbY

(Sumber: <http://mumetlistrik.blogspot.com/>)

5. Kabel MC-HL

Kabel ini dirancang untuk kinerja yang andal dalam berbagai aplikasi industri, komersial, dan utilitas termasuk aplikasi minyak dan gas yang memerlukan kabel lapis baja eksternal. Peringkat api yang luar biasa, ketahanan terhadap benturan, fleksibilitas, dan selubung logam yang tahan air. Pemasangan dapat dilakukan di lokasi basah atau kering, di tray, di saluran kabel, di tanam langsung atau tertanam di beton. Ini juga dapat digunakan diluar (tanpa penutup luar), dan saluran udara lainnya sesuai dengan NEC 2008 dan NEC 2011 Pasal 300.22.

Kabel MV-105 atau MC-HL dapat dipasang di lokasi berbahaya yang ditetapkan Kelas I, II & III, Divisi 1 & 2 sesuai dengan NEC 2008 dan NEC 2011 (Nilai HL).



Gambar 2. 10 Kabel NYFGbY

(Sumber: <http://mumetlistrik.blogspot.com/>)

2.2.8 Bahan penghantar

1. Tembaga

Tembaga yang digunakan untuk penghantar pada umumnya tembaga elektrolitis dengan pemurnian 99,9 %. Tahanan Jenis (p) yang telah dijadikan standar Internasional sama dengan 0,01785 Ohm mm²/meter pada suhu 20°C. [8]

Daya hantar tembaga sangat dipengaruhi oleh ketidakmurnian, campuran besi 0,02 % misalnya akan meningkatkan tahanan jenisnya kira-kira 10 %.[8]

Koefisien kekerasan tembaga juga mempengaruhi daya hantarnya. Tembaga lunak, dengan daya hantar 100 % IACS, memiliki kuat tarik 195 -245 N/mm². Daya hantar tembaga dengan kuat tarik 390 - 440 N/mm², hanya kira-kira 97 % IACS, jadi kira-kira lebih rendah daripada daya hantar tembaga lunak.[8]

2. Alumunium

Aluminium untuk bahan penghantar harus pula aluminium murni, yaitu dengan kemurnian sekurang-kurangnya 99,5 %, juga dengan tahanan jenis tidak boleh melebihi 0,028264 Ohm/meter. Daya hantar aluminium juga dipengaruhi oleh keadaan kekerasannya, tetapi tidak sebesar daya hantar tembaga. Aluminium lunak dengan daya hantar 61 % IACS, memiliki kuat tarik 60 - 70 N/mm². Daya hantar aluminium keras, dengan kuat tarik 150 -195 N/mm². Hanya kira-kira 1 % lebih rendah daripada daya hantar aluminium lunak.[8]

Koefisien suhu aluminium pada 20°C juga kira-kira 0,004 per derajat celcius, kira-kira sama dengan koefisien suhu tembaga. Aluminium jauh lebih ringan daripada tembaga.[8]

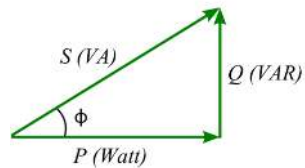
2.2.9 Faktor Daya

Faktor daya adalah adalah perbandingan antara daya aktif (P) dan daya semu (S), pergesaran faktor daya merupakan kosinus sudut antara tegangan dan arus.

$$\text{Faktor Daya} = P/S$$

Faktor daya yang baik adalah faktor daya yang bernilai besar. Pada teorinya, faktor daya dapat mencapai 100% tapi dalam kenyataan faktor daya tidak dapat mencapai 100% tapi ada peralatan untuk mengkoreksi faktor daya tersebut, halini di sebabkan karena setiap dalam rangkaian listrik terdapat induktansi dan kapasitansi

yang membutuhkan daya reaktif. Daya reaktif di butuhkan oleh system listrik arus bolak balik untuk menghasilkan daya yang berguna (*usefull work*), sehingga peralatan listrik AC dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Daya reaktif inilah yang menyebabkan faktor daya tidak dapat mencapai 100%.



Gambar 2. 11 Segitiga Daya

(Sumber: [https://www.google.mastermepengineering.wordpress.com./](https://www.google.mastermepengineering.wordpress.com/))

1. Daya aktif (Watt)

Daya aktif adalah daya yang dibutuhkan oleh beban resistif dan disebut juga dengan daya nyata. Pada kondisi DC (arus searah), hanya perkalian arus dan tegangan sedangkan kondisi AC (arus bolak-balik) telah melibatkan faktor daya dengan persamaan dibawah ini.

$$P = V \times I \times \cos\phi \text{ (1 phasa)} \quad (2.4)$$

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \text{ (3 phasa)} \quad (2.5)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi} \quad (2.6)$$

Dimana:

P = Daya aktif (watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Cos θ = Faktor daya

2. Daya reaktif (VAR)

Daya reaktif adalah daya imajiner yang dapat memperlihatkan adanya pergeseran gelombang sinusoidal arus dan tegangan listrik AC karena adanya beban reaktif.

Persamaan daya reaktif sebagai berikut.

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin\phi \text{ (3 phasa)} \quad (2.7)$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (2.8)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \sin\phi} \quad (2.9)$$

Dimana:

Q = Daya reaktif (VAR)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Sin ϕ = Faktor daya

3. Daya Semu (VA)

Daya semu adalah daya yang dapat diperoleh dari hasil perkalian antara tegangan (V) dan arus (I). Untuk persamaan daya semu terdapat dibawah ini.

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \text{ (3 phasa)} \quad (2.10)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V} \quad (2.11)$$

Dimana:

S = Daya semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

2.2.10 Drop Tegangan dan Rugi-rugi Daya

Drop tegangan atau disebut dengan susut tegangan merupakan perbedaan antara tegangan sumber dengan tegangan di beban, karena tegangan di beban tidak sama dengan tegangan sumber yaitu tegangan di beban lebih kecil dari tegangan sumber.

1. Drop tegangan (Vd)

$$V_d = \sqrt{3} \times I \times l \times Z \quad (2.12)$$

$$V_d = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \times \cos \phi + jx \sin \phi) \quad (2.13)$$

$$V_d = \sqrt{3} \times I \times l \times \left(\frac{\rho \times l}{A} \times \cos \phi + jxl \sin \phi \right) \quad (2.14)$$

2. Rugi -rugi daya

$$P_{loss} = 3 \times I^2 \times R \times l \quad (2.15)$$

Dimana:

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

A = Penampang penghantar (mm^2)

R = Tahanan (Ohm) menggunakan nilai 0,128 Ω/km (data sheet kabel jembo tipe MV-105 MC – HL 5/8Kv)

ρ = Hambatan jenis = 0,01785 $\Omega mm^2/m$ (0,01785 x 10⁻⁶ Ωm)

L = Panjang saluran (m)

P_{loss} = Rugi -rugi Daya (watt)

V_d = Drop tegangan (Volt)

$\cos \phi$ = Faktor daya

2.2.11 Penyebab terjadinya drop tegangan

Akibat adanya Impedansi saluran pada beban maka antara tegangan sumber (V_{sumber}) dan tegangan penerima (V_{terima}) ada perbedaan. Dimana tegangan penerima akan lebih kecil dari tegangan sumber ($V_{sumber} - V_{terima}$). Selisih tegangan tersebut disebut jatuh tegangan (V_d) [9]. Besar kecilnya jatuh tegangan oleh beberapa factor:

1. Tahanan saluran penghantar

Penghantar listrik memiliki peranan yang sangat penting dalam setiap instalasi listrik, oleh karena itu dibutuhkan suatu bahan yang memiliki nilai tahanan/hambatan (Resistan) yang sekecil mungkin untuk digunakan sebagai penghantar listrik. Semakin kecil tahanan atau hambatan dari penghantar tersebut, maka akan semakin kecil kerugian-kerugian listrik yang terjadi

dalam suatu instalasi listrik. Pada dasarnya jatuh tegangan adalah akibat dari impedansi seluruh jaringan itu sendiri. Impedansi jaringan tersebut dipengaruhi oleh besarnya hambatan (resistansi) serta reaktansinya.

2. Arus saluran penghantar

Semakni besar arus listrik yang mengalir pada penghantar, maka semakin besar kerugian tegangan atau tegangan jatuh terjadi.

3. Faktor Daya

Faktor daya adalah adalah perbandingan antara daya aktif (P) dan daya semu (S), pergeseran faktor daya merupakan kosinus sudut antara tegangan dan arus.

4. Panjang penghantar

Semakin panjang jarak suatu penghantar listrik yang terpasang akan semakin besar nilai tahanan atau hambatan penghantar tersebut oleh karena itu semakin panjang kabel penghantar yang digunakan, maka semakin besar kerugian tegangan atau jatuh tegangan yang terjadi.

5. Luas penampang penghantar

Semakin besar ukuran luas penampang penghantar yang digunakan, maka semakin kecil kerugian tegangan atau jatuh tegangan yang terjadi.

2.2.12 Energi listrik

Untuk menghitung energi listrik dapat digunakan persamaan matematis yakni:

1. Energi Listrik (watt-hour)

$$W = P \times t \quad (2.16)$$

2. Rugi – rugi energi (watt-hour)

$$W_{loss} = P_{loss} \times t \quad (2.17)$$

Dimana:

W = Energi listrik (watt-hour)

W_{loss} = Rugi- rugi energi (watt-hour)

P_{loss} = Daya listrik

t = Waktu (hour)

2.2.13 Arus Rating

Untuk menghitung arus rating maka diperlukan nilai daya yang terpakai pada masing-masing beban. Dengan mengetahui daya yang terpakai pada masing-masing beban maka arus nominal dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.6. Saat arus nominal pada masing – masing beban sudah didapatkan maka arus rating:

$$I_{Rating} = I_n \times k \quad (2.18)$$

Dimana:

P = Daya terpakai (watt)

V = Tegangan (Volt)

$\text{Cos}\phi$ = Faktor daya

I_n = Arus pengenalan (A)

I_{Rating} = Arus rating (A)

$k = 1,25$ (gawai proteksi)

2.2.14 Luas Penampang Penghantar

Luas penampang penghantar memiliki pengaruh yang cukup besar untuk memperbaiki drop tegangan. Pengaruh luas penampang penghantar dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$A = \frac{\rho \times l}{R} \quad (2.19)$$

Dimana:

R = Hambatan listrik (Ohm)

ρ = Hambatan jenis = $0,01785 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ($0,01785 \times 10^{-6}\Omega\text{m}$)

l = Panjang saluran (m)

A = Luas penampang (mm^2)

Semakin besar luas penampang maka hambatan listrik akan semakin berkurang sehingga akan memperkecil nilai drop tegangan.

2.2.15 Kemampuan Hantar Arus

"Yang dimaksud dengan Kemampuan hantar Arus adalah arus maksimum yang dapat dialirkan dengan kontinu oleh penghantar pada keadaan tertentu tanpa menimbulkan kenaikan suhu yang melampaui nilai tertentu"(PUIL 2000: 10).[9]

KHA Minimum Untuk Instalasi Daya

- Untuk Motor Tunggal

Penghantar akhir yang mensuplai motor tunggal tidak boleh mempunyai KHA kurang dari 125 % arus pengenal beban penuh. Di samping itu, untuk jarak jauh perlu digunakan penghantar yang cukup ukurannya hingga tidak terjadi susut tegangan yang menyimpang dari ketentuan di atas asalkan jenis dan penampang penghantar serta pemasangannya disesuaikan dengan daur kerja tersebut"(PUIL2000: 180).[8]

KHA Minimum = 1,25 x Inominal Motor

KHA Kontinyu >KHA minimum penghantar

- Untuk Motor Lebih Dari Satu

Penghantar sirkit akhir yang mensuplai dua motor atau lebih tidak boleh mempunyai KHA kurang dari jumlah arus beban penuh semua motor itu ditambah 25% dari arus beban penuh motor yang terbesar dalam kelompok tersebut. Yang dianggap motor terbesar ialah yang mempunyai arus beban penuh tertinggi". (PUIL2000: 180). [8]

KHA Minimum = Jumlah arus beban penuh nominal semua motor + 0,25 x (arus nominal motor terbesar)

KHA Kontinyu > KHA minimum penghantar.

2.3 Commisioning pompa WIP Petani GS

Commisioning merupakan aktifitas yang terkait dengan final tetsting dan pengoperasian fasilitas yang dilaksanakan, ditandai dengan masuknya fluida pertama kali aktifitas ini dilakukan dibawah pengawasan PT. Pertamina Hulu Rokan. Pengembangan pompa WIP Petani GS ini adalah untuk peningkatan air ke sumur minyak. Kebutuhan air akan di penuhi dari limbah

air sistem produksi. Yang bertujuan untuk mengurangi atau menurunkan debit limbah ke kanal sehingga mengurangi dampak lingkungan.

2.4 Hipotes

Dalam desain untuk supply listrik dari Trafo dan MCC menggunakan kabel jembo tipe MV-105 MC – HL 5/8Kv atau CU/XLPE/CTS/MC/PVC dengan ukuran 350MCM dengan dua kali tarikan kabel, sehingga total ukuran kabel adalah 2 x 350 MCM dan menggunakan nilai resistansi kabel sebesar 0,128 Ω /km.

Hipotesa pada analisa kemampuan hantar arus kabel motor penggerak pompa injeksi ini dengan megguakan 1 x 350 MCM akan cukup memadai untuk beban (motor) yang ada di lapangan adalah sebagai berikut:

a. Motor Penggerak Pompa Injeksi Air

Type : Motor Induksi

Daya : 1500 HP

Tegangan : 4 KV

Untuk mendukung hipotesa ini, saya akan melakukan studi analisa kemampuan hantar arus sebagai penentu ukuran kabel yang layak sesuai beban motor.

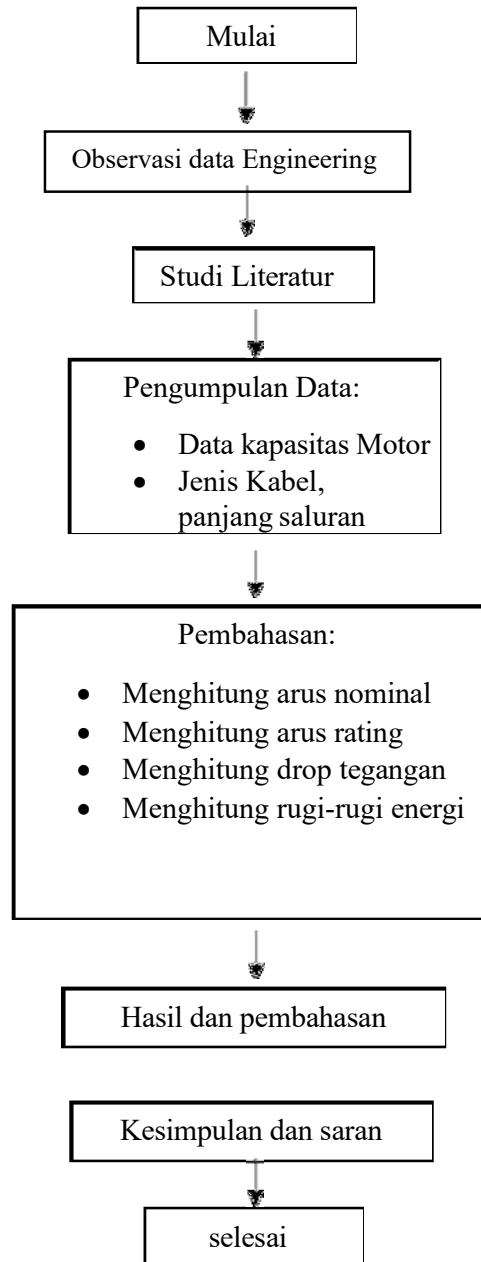
BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Adapun metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis metode kuantitatif yang bersifat deskriptif dan cenderung menggunakan analisis dengan menghitung data yang sudah ada. penelitian ini bertujuan untuk untuk melakukan analisa untuk menentukan kemampuan hantar arus pada pompa pompa WIP agar handal, aman.

3.2 Alur Penelitian

Dalam penyusunan dan penulisan penelitian ini, penulis melakukan identifikasi masalah, pengumpulan materi dari berbagai sumber, serta diskusi dan bimbingan. Adapun alur dari penelitian ini dapat kita lihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. 1 Flow Chart Penelitian

Langkah-langkah dalam Menyusun proposal ini adalah:

1. Observasi data engineering Pompa WIP Petani GS

Melakukan pengamatan mengenai data engineering seperti data *single line diagram* (SLD), RTS, data sheet kabel dan kalkulasi dokumen kabel.

2. Studi literatur

Yaitu menelaah, menggali, serta merencanakan teori-teori yang mendukung dalam pemecahan masalah yang diteliti. Teori-teori tersebut didapatkan baik dalam jurnal ilmiah, hasil penelitian sebelumnya, maupun dari buku-buku referensi yang mendukung penelitian ini. Selain di inginkan.

3. Pengumpulan data

Data penelitian diperoleh melalui data sheet dari pihak-pihak project yang bertanggung jawab dan mengetahui sistem kelistrikan pada project ini dan juga diperoleh sebagai perlengkapan meliputi data gambar electrical.

4. Perhitungan dan Analisa

Proses perhitungan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Perhitungan daya pengenal $3\phi = P_{in}$ (watt) dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 2.5.
- Perhitungan Arus Pengenal I_n (A) dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 2.6.
- Perhitungan I_{rating} , $K = 1.25$ (A) dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 2.18.
- Perhitungan Penampang kabel dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 2.19.
- Perhitungan tahanan penghantar (Ohm) dapat menggunakan persamaan:

$$R = \frac{\rho \times l}{A} \quad (3.1)$$

- Perhitungan panjang kabel (m) dapat menggunakan persamaan:

$$L = \frac{A \times R}{\rho} \quad (3.2)$$

- Perhitungan tahanan jenis (Ohm) dapat menggunakan persamaan:

$$\rho = \frac{R \times A}{l} \quad (3.3)$$

- Perhitungan drop tegangan (Volt) dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 2.12 dan menggunakan persamaan:

$$V_d \% = \frac{V_{\text{ kirim } - V_{\text{ drop }}}}{V_{\text{ kirim}}} \times 100\% \quad (3.4)$$

- Perhitungan daya losses (Watt) dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 2.15 dan menggunakan persamaan:

$$P_{loss}\% = \frac{P_{losses}}{P_{kirim}} \times 100 \quad (3.5)$$

- Perhitungan rugi-rugi energi (Watt) dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 2.17.

5. Hasil dan pembahasan

Pada hasil dan pembahasan ini membandingkan hasil perhitungan arus rating, arus nominal, drop tegangan, rugi – rugi daya dan rugi - rugi energi terhadap hasil commissioning pompa WIP Petani GS untuk memperoleh kesesuaian hasil perhitungan dengan dokumen engineering.

3.3 Deskripsi Sistem Analisa

Pencititan ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data – data yang telah ada dan data yang diperlukan adalah data beban yaitu beban motor pompa dan panjang saluran. Data ini nantinya akan dianalisis dengan persamaan yang telah di tentukan dan rancang. Ini memerlukan daata beban yang nantinya bisa mengetahui apakah jenis dan rating kabel ukuran kabel sesuai dengan apa yang direncanakan. Data yang dilakukan dalam perhitungan ini untuk mengetahui drop tegangan, rugi – rugi daya dan rugi - rugi energi sampai sistem kelistrikan, sehingga kelistrikan efisiensi handal.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Penelitian

Penelitian ini dilakukan guna menentukan kemampuan hantar arus pada pompa injeksi air di area WIP Petani GS PT. Pertamina Hulu Rokan, dimana data – data diperoleh dari Observasi data engineering Pompa WIP Petani GS.

Setelah data-data tersebut diperoleh maka akan dilakukan perhitungan arus rating, arus nominal, menghitung kemampuan hantar arus penampang kabel, drop tegangan, rugi – rugi daya dan rugi-rugi energi. Dalam penelitian ini akan membandingkan hasil perhitungan dengan data aktual saat commisioning.



Gambar 4. 1 Lokasi WIP Petani GS

Sumber: google.map

4.2. Data studi analisa motor penggerak untuk pompa injeksi air dalam menentukan kemampuan hantar arus (KHA) kabel

System kelistrikan pompa injeksi air pada penelitian ini direncanakan menggunakan motor, trafo dan kabel dengan data sebagai

berikut:

1. MOTOR

Kapasitas : 1500 HP = 1.119.000 watt

Tegangan : 4000 V \pm 10%

Frekuensi : 60 HZ

RPM : 3563 rpm

Arus : 192 Amp

Koneksi belitan : Bintang

2. KABEL

Kabel tipe : MV-105 MC-HL 5/8 KV

Size : 3 x 350 MCM + 3x6 AWG – 5 KV

: 350 MCM = 177 mm²

Panjang kabel : 335 m

Hambatan jenis = $\rho = 0,01785 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ($0,01785 \times 10^{-6}\Omega\text{m}$)

Resistansi konduktor: $0,128 \Omega/\text{km} = 0,000128 \Omega/\text{m}$ (data sheet kabel jembo tipe MV-105 MC – HL 5/8Kv)

4.3. Perhitungan arus nominal pada saluran

Untuk Arus nominal motor 1500 HP dimana 1 HP = 746 Watt, maka
 $P = 1500 \text{ HP} \times 746 \text{ watt} = 1.119 \text{ kW}$ Faktor daya = 0,9 (data didapat dari hasil pembacaan pada monitor HMI di MCC room) dimana nilai efisiensi yaitu $\eta = 94,6 \%$ (data didapat dari data sheet motor) maka:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta} \times \eta = \frac{1.119.000}{\sqrt{3} \times 4000 \times 0,9} \times 94,6\% = 169,769 \text{ A}$$

Arus nominal kabel pompa WIP Petani GS sebesar 169,769 A.

4.4. Perhitungan arus rating pada saluran

Dengan arus nominal kabel pompa WIP Petani GS sebesar 169,769 A maka,

$$I_{rating} = k \times I_n = 1,25 \times 169,796 = 212,245 \text{ A}$$

Arus rating kabel pompa WIP Petani GS sebesar 212,245 A.

4.5. Perhitungan drop tegangan pada saluran

Pada sisi MCC menuju Motor pompa jenis kabel yang digunakan yaitu kabel MV-105 MC-HL 5/8 KV or CU/XLPE/CTS/MC/PVC dengan panjang 335 meter. Berdasarkan katalog kabel didapatkan nilai resistansi (R) dan induktansi (L), maka nilai drop tegangannya adalah:

$$I_n = 169,769 \text{ A}$$

$$l = 335 \text{ meter}$$

$$R = 0,128 \text{ } \Omega/\text{km} = 0,000128 \text{ } \Omega/\text{m} \text{ (data sheet kabel jembo tipe MV-105 MC – HL 5/8Kv)}$$

$$L = 0,054 \text{ mH}/\text{km} = 0,000054 \text{ H}/\text{km}$$

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L = 2 \times 3,14 \times 60 \times 0,000054 \text{ H}/\text{km}$$

$$X_L = 0,02035 \text{ } \Omega/\text{km} = 0,00002035 \text{ } \Omega/\text{m}$$

Faktor daya = 0,9 (data didapat dari hasil pembacaan pada monitor HMI di MCC room)

$$V_d = \sqrt{3} \times I \times l \times Z \quad \text{dimana,}$$

$$Z = R \cdot \cos \phi + jx \sin \phi \quad \text{maka,}$$

$$V_d = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cdot \cos \phi + jx \sin \phi)$$

$$V_d = \sqrt{3} \times 169,769 \times 335 (0,000128 \times 0,9 + j 0,00002035 \times 0,435)$$

$$V_d = 98560,26 (0,0001152 + j 0,0000088523)$$

$$V_d = 11,35414 + j 0,8725 = 12,115 \angle 4,39^\circ \text{ Volt}$$

$$V_d \% = \frac{V_d}{V_k} \times 100 = \frac{12,115}{4160} \times 100 = 0,29 \%$$

Drop tegangan pada kabel pompa WIP Petani GS sebesar 0,29%.

4.6. Perhitungan rugi daya dan rugi energi pada saluran

Pada sisi MCC menuju Motor pompa jenis kabel yang digunakan yaitu kabel MV-105 MC-HL 5/8 KV or CU/XLPE/CTS/MC/PVC dengan panjang 335 meter. Berdasarkan katalog kabel didapatkan nilai resistansi

(R) sebesar 0,128 Ω /km, maka nilai rugi daya dan rugi energi adalah:

$$I_n = 169,769 \text{ A}$$

$$l = 335 \text{ meter}$$

$$R = 0,128 \text{ } \Omega/\text{km} = 0,000128 \text{ } \Omega/\text{m} \text{ (data sheet kabel jembo tipe MV-105 MC – HL 5/8Kv)}$$

Faktor daya = 0,9 (data didapat dari hasil pembacaan pada monitor HMI di MCC room)

$$t = 72 \text{ jam}$$

Maka rugi daya dapat dihitung dengan persamaan 2.15 yaitu:

$$P_{loss} = 3 \times I^2 \times R \times l$$

$$P_{loss} = 3 \times 169,769^2 \text{ A} \times 0,000128 \text{ } \Omega/\text{m} \times 335 \text{ m}$$

$$P_{loss} = 3.707,60 \text{ Watt}$$

$$P_{loss} \% = \frac{P_{losses}}{P_{kirim}} \times 100\%$$

$$P_{loss} \% = \frac{3.707,60}{1.119.000} \times 100 = 0,3313 \%$$

Rugi -rugi daya pada kabel pompa WIP Petani GS sebesar 0,3313%.

Maka rugi energi yang dihasilkan dalam 72 jam adalah:

$$W_{loss} = P_{loss} \times t$$

$$W_{loss} = 3.707,60 \times 72 = 266.947,2 \text{ Wh}$$

Rugi – rugi energi pada pompa WIP Petani GS sebesar 226.947,2 Wh.

4.7. Hubungan panjang saluran dengan arus rating pada saluran

Diketahui:

$$A = 350 \text{ MCM} = 177 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \text{Hambatan jenis} = 0,01785 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m} \text{ (} 0,01785 \times 10^{-6} \Omega\text{m)}$$

$$R = 0,128 \text{ } \Omega/\text{km} = 0,000128 \text{ } \Omega/\text{m} \text{ (data sheet kabel jembo tipe MV-105 MC– HL 5/8Kv)}$$

$$I_n = 212,245 \text{ A}$$

$$l = 335 \text{ meter}$$

Berikut perhitungan nilai hambatan dengan panjang aktual saluran:

$$R = \frac{\rho \times l}{A}$$

$$R = \frac{0,01785 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m} \times 335 \text{ m}}{177 \text{ mm}^2} = 0,033783 \text{ } \Omega/\text{m}$$

Berikut perhitungan panjang saluran dengan nilai hambatan sesuai dari data sheet kabel:

$$l = \frac{A \times R}{\rho}$$

$$R = \frac{177 \text{ mm}^2 \times 0,128 \text{ } \Omega/\text{km}}{0,01785 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}} = 1269,24 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui semakin panjang saluran maka semakin besar pula hambatan pada saluran. Besarnya hambatan saluran berbanding lurus dengan drop tegangan dan arus yang mengalir pada beban yang sama. Dengan demikian untuk meminimalkan hal tersebut diperlukan penampang kabel yang lebih besar seiring dengan bertambahnya panjang saluran dengan beban yang sama.

4.8. Hasil data commisioning pompa WIP Petani GS

Berdasarkan data engineering kemampuan hantar arus kabel pompa WIP Petani GS nilai arus sebesar 267,5 A dan tegangan sebesar 4000 V. Pada saat commisioning dilakukan monitoring pengukuran arus dan tegangan yang mana pencatatan dilakukan mulai dari tanggal 22 Desember 2022 sampai dengan 25 Desember 2023 adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Arus dan Tegangan Motor Pompa WIP Petani GS 23/12/23

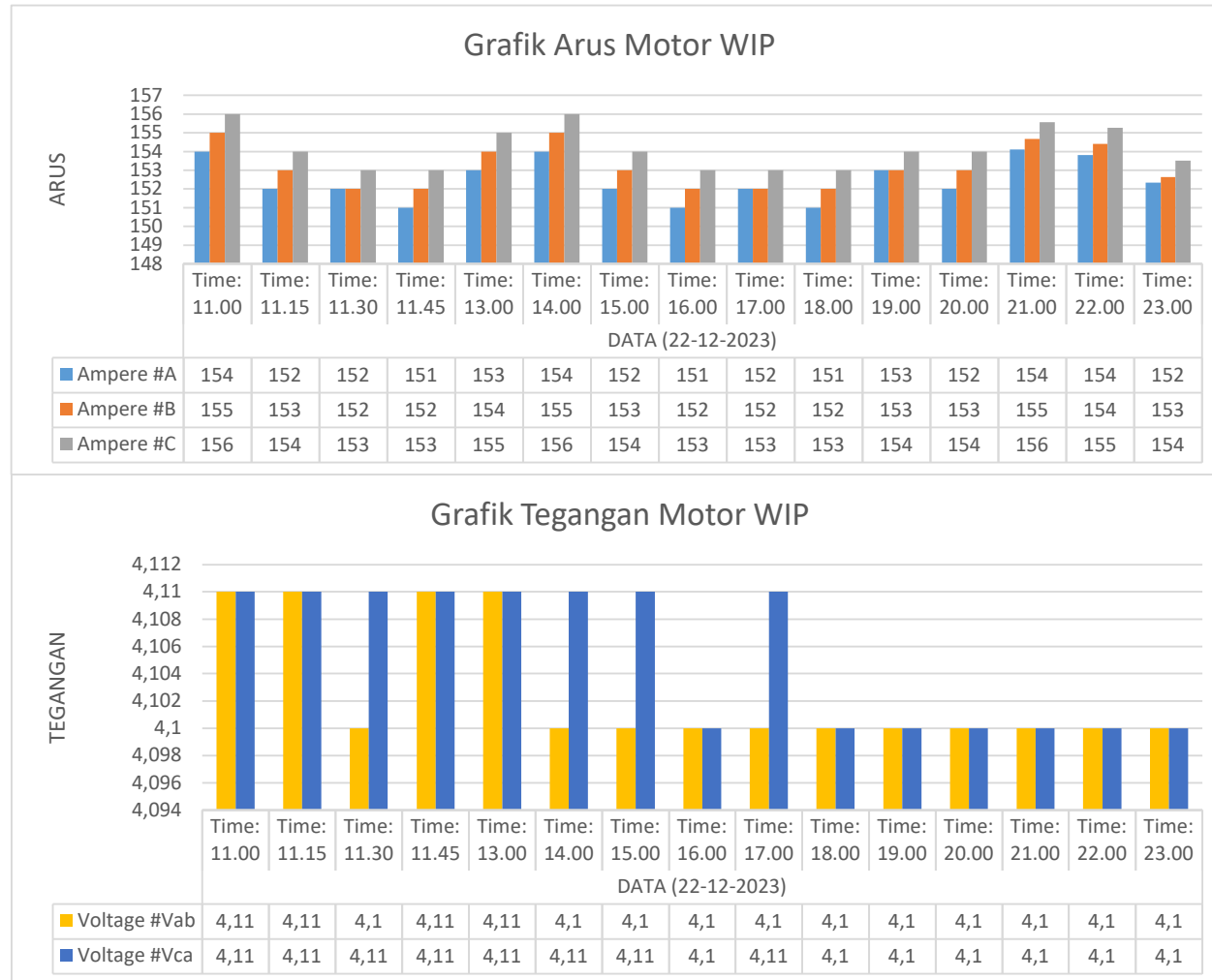
No.	TAG No.	DATA (23-12-2023)									
		Time: 14.00	Time: 15.00	Time: 16.00	Time: 17.00	Time: 18.00	Time: 19.00	Time: 20.00	Time: 21.00	Time: 22.00	Time: 23.00
1	Ampere #A	154	152	152	154	154	156	156	155	154	155
2	Ampere #B	155	153	152	154	155	157	156	156	154	156
3	Ampere #C	156	154	153	155	156	158	157	157	155	157
4	Voltage #Vab	4,11	4,1	4,1	4,1	4,11	4,1	4,09	4,09	4,11	4,1
5	Voltage #Vca	4,11	4,1	4,11	4,11	4,11	4,11	4,1	4,09	4,11	4,1
6	Voltage #Vbc	4,11	4,1	4,1	4,1	4,11	4,1	4,09	4,09	4,11	4,1

Tabel 4. 4 Arus dan Tegangan Motor Pompa WIP Petani GS 24/12/23

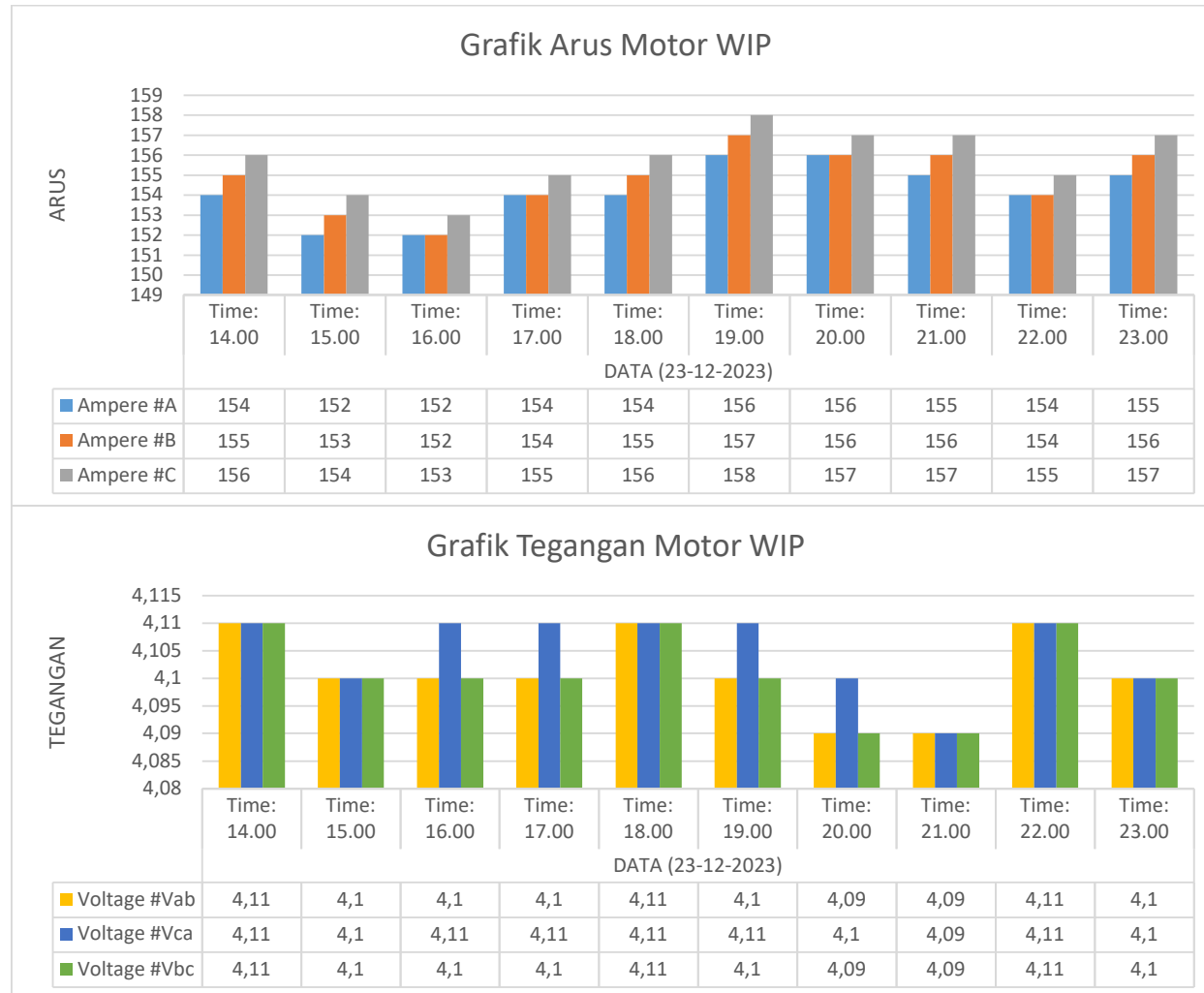
No.	TAG No.	DATA (24-12-2023)												
		Time: 00.00	Time: 01.00	Time: 02.00	Time: 03.00	Time: 04.00	Time: 05.00	Time: 06.00	Time: 07.00	Time: 08.00	Time: 09.00	Time: 10.00	Time: 11.00	Time: 12.00
1	Ampere #A	155	154	154	154	154	154	155	156	155	154	154	154	154
2	Ampere #B	155	155	154	154	154	155	156	156	156	155	155	154	154
3	Ampere #C	157	156	155	155	155	156	157	157	157	156	156	156	156
4	Voltage #Vab	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,12	4,11	4,12	4,11	4,11
5	Voltage #Vca	4,11	4,11	4,12	4,11	4,11	4,12	4,12	4,12	4,12	4,11	4,12	4,11	4,12
6	Voltage #Vbc	4,11	4,11	4,11	4,12	4,12	4,11	4,11	4,11	4,12	4,12	4,12	4,12	4,11

Tabel 4. 5 Arus dan Tegangan Motor Pompa WIP Petani GS 24/12/23

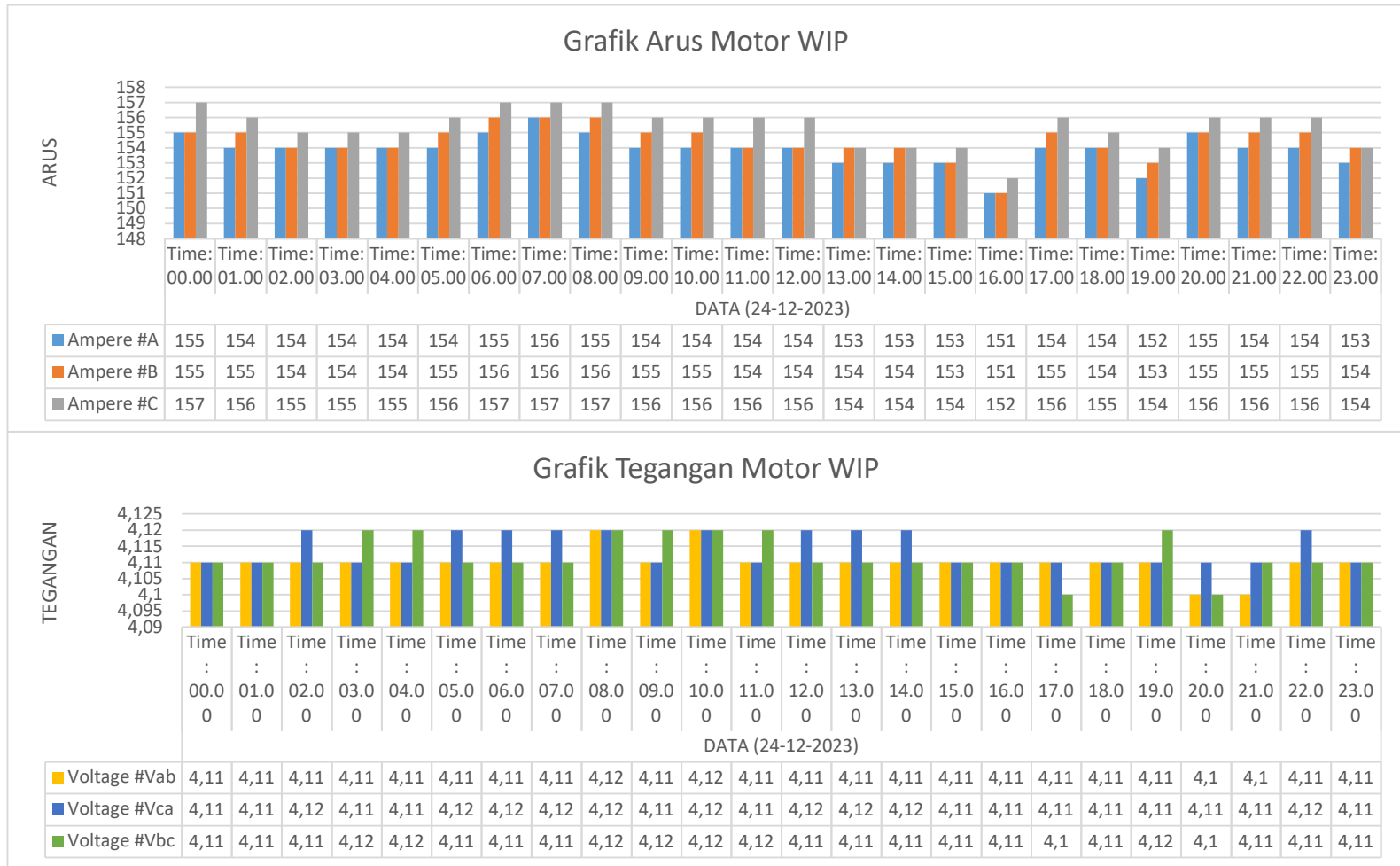
No.	TAG No.	DATA (24-12-2023)												
		Time: 13.00	Time: 14.00	Time: 15.00	Time: 16.00	Time: 17.00	Time: 18.00	Time: 19.00	Time: 20.00	Time: 21.00	Time: 22.00	Time: 23.00		
1	Ampere #A	153	153	153	151	154	154	152	155	154	154	153		
2	Ampere #B	154	154	153	151	155	154	153	155	155	155	154		
3	Ampere #C	154	154	154	152	156	155	154	156	156	156	154		
4	Voltage #Vab	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,1	4,1	4,11	4,11		
5	Voltage #Vca	4,12	4,12	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,12	4,11		
6	Voltage #Vbc	4,11	4,11	4,11	4,11	4,1	4,11	4,12	4,1	4,11	4,11	4,11		



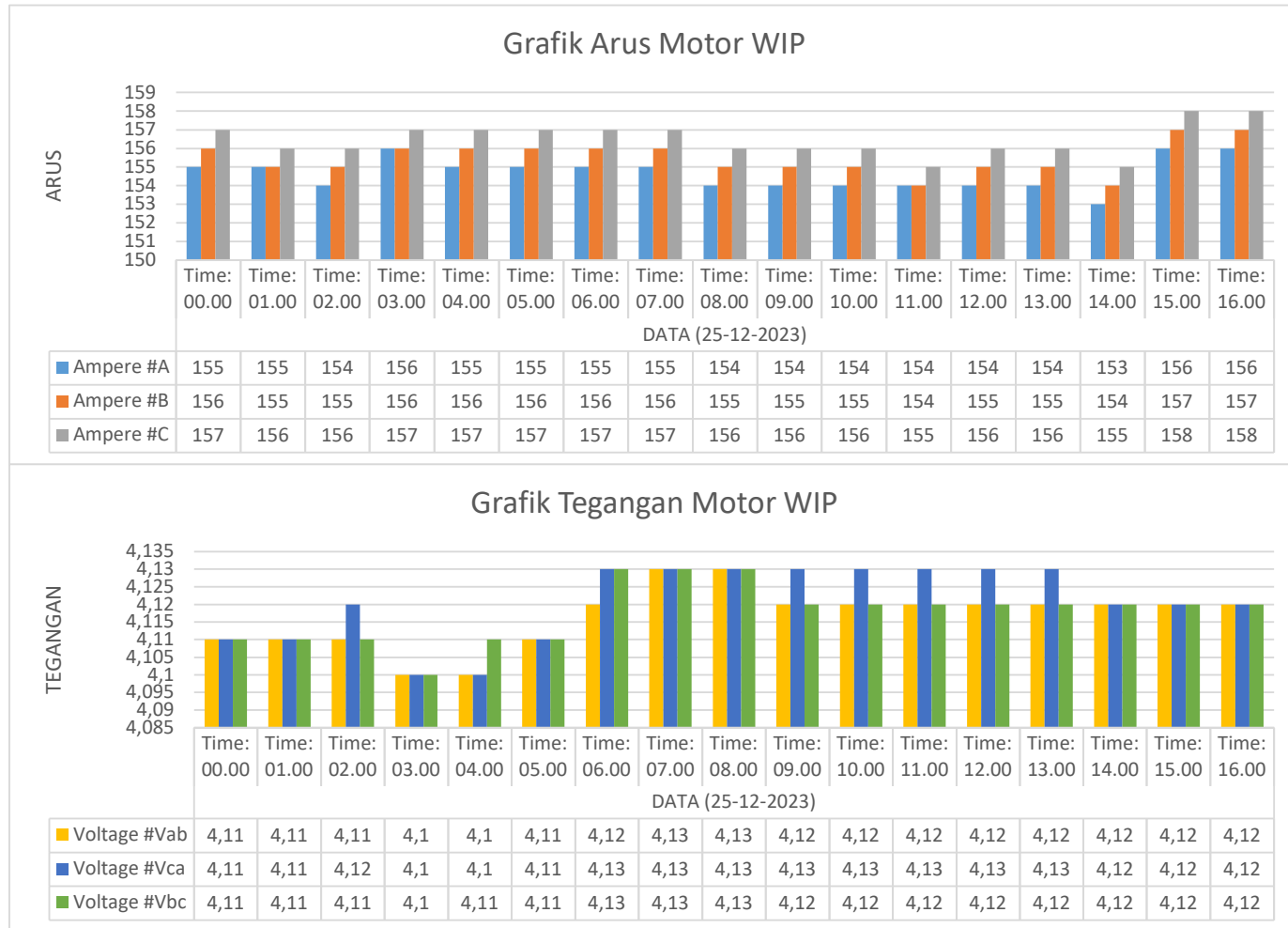
Gambar 4. 2 Grafik Arus vs Tegangan Motor WIP tanggal 22/12/23



Gambar 4. 3 Grafik Arus vs Tegangan Motor WIP tanggal 23/12/23



Gambar 4. 4 Grafik Arus vs Tegangan Motor WIP tanggal 24/12/23



Gambar 4. 5 Grafik Arus vs Tegangan Motor WIP tanggal 25/12/23

4.7 Rugi -rugi daya dan rugi – rugi energi saat commisioning

Pada sisi MCC menuju Motor pompa jenis kabel yang digunakan yaitu kabel MV-105 MC-HL 5/8 KV or CU/XLPE/CTS/MC/PVC dengan panjang 335 meter. Berdasarkan katalog kabel didapatkan nilai resistansi (R) sebesar 0,128 Ω /km, maka nilai rugi daya dan rugi energi adalah:

$I_n = 154,33$ A (adalah rata -rata arus nominal saat dilakukan commisioning)

$l = 335$ meter

$R = 0,128 \Omega/\text{km} = 0,000128 \Omega/\text{m}$ (data sheet kabel jembo tipe MV-105 MC – HL 5/8Kv)

$\text{Cos}\phi = 0,9$ (data didapat dari hasil pembacaan pada monitor HMI di MCC room)

$t = 72$ jam

Maka rugi daya dapat dihitung menggunakan persamaan (2.15) yaitu:

$$P_{loss} = 3 \times I^2 \times R \times l$$

$$P_{loss} = 3 \times 154,33^2 \text{ A} \times 0,000128 \Omega/\text{m} \times 335\text{m}$$

$$P_{loss} = 3.050,82 \text{ Watt}$$

$$P_{loss} \% = \frac{P_{losses}}{P_{kirim}} \times 100$$

$$P_{loss} \% = \frac{3.050,82}{986,880} \times 100 = 0,3091 \%$$

Rugi -rugi daya pada kabel pompa WIP Petani GS sebesar 0,3091%.

Maka rugi energi yang dihasilkan dalam 72 jam menggunakan persamaan (2.17) adalah:

$$W_{loss} = P_{loss} \times t$$

$$W_{loss} = 3.050,82 \times 72 = 219.659,04 \text{ Wh}$$

Rugi – rugi energi pada pompa WIP Petani GS sebesar 219.659,04 Wh.

4.8 Drop tegangan saat commisioning

Pada sisi MCC menuju Motor pompa jenis kabel yang digunakan yaitu kabel MV-105 MC-HL 5/8 KV or CU/XLPE/CTS/MC/PVC dengan panjang 335 meter. Berdasarkan katalog kabel didapatkan nilai resistansi (R) dan induktansi (L), maka nilai drop tegangannya adalah:

$I_n = 154,33$ A (adalah rata-rata arus nominal saat dilakukan commisioning)

$l = 335$ meter

$R = 0,128 \Omega/\text{km} = 0,000128 \Omega/\text{m}$ (data sheet kabel jembo tipe MV-105 MC – HL 5/8KV)

$L = 0,054 \text{ mH}/\text{km} = 0,000054 \text{ H}/\text{km}$

$X_L = 2 \times \pi \times f \times L = 2 \times 3,14 \times 60 \times 0,000054 \text{ H}/\text{km}$

$X_L = 0,02035 \Omega/\text{km} = 0,00002035 \Omega/\text{m}$

Faktor daya = 0,9 (data didapat dari hasil pembacaan pada monitor HMI di MCC room)

$V_d = \sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot Z$ dimana,

$Z = R \cdot \cos \theta + jx \sin \phi$ maka,

Untuk menghitung drop tegangan dengan menggunakan persamaan (2.13)

yaitu:

$$V_d = \sqrt{3} \times I \times l \cdot (R \cdot \cos \phi + jx \sin \phi)$$

$$V_d = \sqrt{3} \times 154,33 \times 335 \times (0,000128 \times 0,9 + j 0,00002035 \times 0,435)$$

$$V_d = 89441,95 \times (0,0001152 + j 0,0000088523)$$

$$V_d = 10,3037 + j 0,7918 = 10,334 \angle 4,39^\circ \text{ Volt}$$

$$V_d\% = \frac{V_d}{V_k} \times 100 = \frac{10,3037}{4160} \times 100 = 0,25 \%$$

Drop tegangan pada kabel pompa WIP Petani GS sebesar 0,25%.

4.9. Analisa data

Dari hasil perhitungan dapat dilakukan analisa data dengan membandingkan hasil perhitungan kemampuan hantar arus penampang kabel, drop tegangan, rugi – rugi daya dan rugi-rugi energi terhadap arus dan tegangan dari hasil commissioning.

4.10. Kemampuan hantar arus

Berdasarkan perhitungan arus nominal sebesar 169,769 A dan arus rating sebesar 212,245 A, maka KHA kabel dapat diterima karena dibawah nilai arus rating kabel dari data engineering sebesar 267,5 A dan berdasarkan katalog jumbo kabel tipe MV-105 MC-HL 5/8 KV atau CU/XLPE/CTS/MC/PVC sebesar 390 A.

4.11. Drop tegangan

Berdasarkan hasil perhitungan persentase drop tegangan yang diperoleh yaitu drop tegangan saat commissioning sebesar 0,25%, maka drop tegangan masih dibawah nilai perhitungan sebesar 0,29% serta sesuai ketentuan dari perusahaan dimana drop tegangan tidak lebih dari 3% merujuk dengan standart yang berlaku pada perusahaan yaitu rokan teknikal standart (RTS) [\[11\]](#).

4.12. Rugi – rugi daya dan rugi -rugi energi

Berdasarkan hasil perhitungan persentase rugi -rugi daya pada kabel yaitu 0,3313%. atau sama dengan 226.947,2 Wh selama 72 jam sedangkan berdasarkan data dari commissioning persentase rugi -rugi daya pada kabel yaitu 0,3091 % atau sama dengan 219.659,04 Wh selama 72 jam. Jadi rugi -rugi daya pada kabel saat commissioning lebih kecil dibandingkan dengan data perhitungan.

4.13. Hasil commisioning terhadap nilai perhitungan

Berdasarkan hasil commisioning dapat diketahui nilai arus sebesar 154,33A dengan rugi-rugi daya pada kabel pompa WIP Petani GS sebesar 0,3091%, serta drop tegangan pada kabel pompa WIP Petani GS sebesar 0,25%. Kemampuan kabel pompa WIP Petani GS dapat diterima dimana nilai hasil perhitungan kemampuan hantar arus jumbo kabel dan data engineering masih diatas nilai perhitungan dari data commisioning sehingga kabel tersebut layak untuk di gunakan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Bedasarkan hasil analisa data dan studi literatur mengenai studi analisa motor penggerak untuk pompa injeksi air dalam menentukan kemampuan hantar arus kabel pada pompa WIP Petani GS di PT. Pertamina Hulu Rokan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sesuai dengan perhitungan daya motor 1500 HP arus rating pompa WIP Petani GS sebesar 212,245 A, dengan ukuran kabel yang digunakan pada pompa WIP sebesar 350 MCM sudah sesuai dengan spesifikasi kebutuhan performa, dimana nilai arus rating pompa WIP dibawah nilai arus rating dari data engineering yaitu sebesar 267,5 A.
2. Drop tegangan saat commisioning pompa WIP Petani GS sudah sesuai dengan hasil perhitungan dan dokumen engineering dimana berdasarkan perhitungan drop tengana sebesar 0,29 % sedangkan drop tengangan pada saat commisioning sebesar 0,25 %.
3. Hasil pengetesan commisiong pompa WIP Petani GS sudah sesuai dengan hasil perhitungan dan dokumen engineering dimana berdasarkan perhitungan arus nominal sebesar 169,769 A sedangkan arus pada saat commisioning sebesar 154,33 A.

5.2. Saran

Dari penelitian ini, penulis menyarankan untuk analisa kemampuan hantar kabel pompa WIP Petani GS sebagai berikut:


1. Dalam perhitungan selanjutnya dapat memperhatikan faktor penggunaan kapasitor bank pada motor.
2. Faktor suhu dan perhitungan tahanan dapat menjadi perhatian dalam menganalisa kemampuan hantar arus kabel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zhang, L, Wang, C, & Chen, Y, "Investigation of Ampacity Calculation Methods for Cable Systems in Oil and Gas Industries." *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2021, 1-1.10.1109/TIA.2021.2375277.2021
- [2] N. Duraisamy dan A. Ukil, "Kalkulasi dan analisis ampacity kabel untuk optimalisasi aliran daya" *Konferensi Asia tentang Elektrifikasi Energi, Tenaga, dan Transportasi (ACEPT) 2016*, Singapura, 2016, hlm. 1-5, doi: 10.1109/ACEPT.2016.7811535. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7811535>
- [3] Bates, Carson & Malmedal, Keith & Cain, David. "Cable Ampacity Calculations: A Comparison of Methods". *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2015, 1-1. 10.1109/TIA.2015.2475244.2015 https://www.researchgate.net/publication/282515383_Cable_Ampacity_Calculations_A_Comparison_of_Methods/citation.
- [4] Atlanta, Georgia" *Power System Analysis*". New York .2002
- [5] Kiki Rosiana Dewi, Suyitno." Pengaruh Peningkatan suhu dan besaran arus terhadap tahanan penghantar kabel listrik tegangan rendah jenis NYM" *Jurnal of electrical and vocational education and technology 4.1* 2019
- [6] Li, X., Hu, Z., & Zhang, Y. "Investigation on Ampacity Calculation for Cable Systems Based on Thermal Analysis." *Electric Power Systems Research*. 157. 15-23.2018
- [7] Andi sofyhan, Heru Alham." Evaluasi Sistem Kelistrikan Pada Gedung Bertingkat Plaza Andalas Padang" *jurnal teknik elektro ITP* vol.6, no 1, p. 44.2017
- [8] Agit, Ahmad Purkani" *Analisa Sistem Kelistrikan Pada Instalasi Tenaga Listrik di Area RAW MILL PT. Semen Bosowa Maros*" Makasar,2017.
- [9] Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000, cetakan kedua, yayasan PUIL, Jakarta,2002.
- [10] Andika kurniawan" Pengaruh Luas Penampang kabel AAAC Terhadap drop Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 KV Feeder 3 Kudus", Semarang,2021.
- [11] Rokan Teknikal Standar (RTS) *PHR-ELC-SPC-101675 installation of electrical facilities*, Jakarta, septemer 2021
- [12] Rokan Teknikal Standar (RTS) *SLON-GATHPMTG-ELE-CAL-PHR-2002-00*. Rev 1,14 jan 2022.

LAMPIRAN

Lampiran. 1 Data sheet kabel



TENTANG KAMI PRODUK HUBUNGAN INVESTOR INFORMASI KARIR KONTAK

ID | Q

JEMBO CABLE

Copper conductor, XLPE Insulation, Copper Tape Screen with aluminium welded corrugated armoured and PVC Sheath

Construction :

- Compact circular stranded copper conductor
- Extruded semiconductive compound conductor screen
- Extruded EPR insulation
- Extruded strippable semiconductive compound insul screen
- Helically overlapped copper tape metallic screen
- Copper grounding conductors
- Polypropylene yarn filler & polyester tape binder
- Aluminium welded corrugated armour
- Extruded PVC 90°C grade outer sheath (yellow colour)

Identification of cores

Phase	:	identification by PE tape (Black, Red, Blue)
Grounding	:	Uninsulated
	:	Other colours are available on request


Special features on request :

- Oil resistance
- Flame retardant cat A, B, C
- Flame retardant non category
- Nylon coated

Symbol : MV-105 MC-HL 5/8 kV or CU/XLPE/CTS/MC/PVC

Applicable Standard	:	Rated Voltage : 5 kV
Specification	:	IEC 60502-2 ICEA S-93-639/NEMA WC74 UL 1072 Other Specification are available on request
Application	:	• Indoor and outdoor (wet or dry location) • Branch circuits for power distribution system • Installation direct burial • Installation cable tray • Approve for classes I,II and III Division 1 and 2, Class 1, Zones 1 and 2

Lampiran. 2 Data sheet kabel

 TENTANG KAMI PRODUK HUBUNGAN INVESTOR INFORMASI KARIR KONTAK 													
No. of Core	Size	Conductor			Grounding Conductor	Thickness Insulation	Diameter over Insulation	Overall Diameter Core	Overall Diameter Armour	Sheath Thickness	Approx Overall Diameter Cable	Approx Net. Weight	Standard Length
		Construction	No. of Wire										
	AWG kawat	mm ²			n x size (AWG)	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Kg/Km	m
3	8	8.4	cm	7	3 x 12	2.90	11.80	27.0	34.8	1.27	37.7	1593	1000
3	6	13.3	cm	7	3 x 10	2.90	12.60	28.7	36.5	1.27	39.4	1867	1000
3	4	21.2	cm	7	3 x 10	2.90	13.80	31.3	40.7	1.52	44.1	2395	1000
3	2	33.6	cm	7	3 x 10	2.90	15.20	34.3	43.7	1.52	47.1	2924	500
3	1	42.4	cm	19	3 x 8	2.90	16.00	36.1	45.5	1.52	48.9	3371	500
3	1/0	53.5	cm	19	3 x 8	2.90	17.00	38.2	47.6	1.52	51.0	3811	500
3	2/0	67.4	cm	19	3 x 8	2.90	18.00	40.4	51.6	1.52	55.0	4577	500
3	4/0	107	cm	35	3 x 7	2.90	20.60	46.0	57.2	1.52	60.6	6114	500
3	250	127	cm	35	3 x 7	2.90	21.60	48.2	59.4	1.52	62.8	6809	500
3	350	177	cm	35	3 x 6	2.90	24.10	53.6	67.2	1.91	71.4	8990	500
3	500	253	cm	35	3 x 5	2.90	27.20	60.2	74.4	1.91	78.6	11697	500
3	750	380	cm	56	3 x 4	2.90	31.40	69.3	83.5	2.16	88.2	16147	300

Lampiran. 3 Data sheet kabel

No. of Core	Size		Max. DC Conductor Resistance at 20° C	Max. AC Conductor Resistance at 90° C	Min. Insulation Resistance at 20° C	Current Carrying Capacity			Short Circuit Current at 1 sec	AC Voltage Test
	Awa	mm ²				Buried Direct in Ground at 20° C	In a Cable Try at 40° C	In Air at 40° C		
3	8	8.4	2.011	2.554	4000	90	58	66	1.2	18
3	6	13.3	1.323	1.686	4000	115	77	88	1.9	18
3	4	21.2	0.830	1.059	4000	150	100	115	3.0	18
3	2	33.6	0.521	0.665	4000	190	135	154	4.8	18
3	1	42.4	0.415	0.530	4000	215	155	180	6.0	18
3	1/0	53.5	0.328	0.419	4000	245	185	205	7.6	18
3	2/0	67.4	0.261	0.333	4000	280	210	240	9.5	18
3	4/0	107	0.164	0.210	4000	360	285	320	15.1	18
3	250	127	0.139	0.178	4000	395	315	355	17.9	18
3	350	177	0.099	0.128	4000	475	390	440	25.0	18
3	500	253	0.070	0.091	4000	570	475	545	35.7	18
3	750	380	0.046	0.053	4000	700	585	685	53.5	18

Lampiran. 5 Rokan teknikal standar (RTS)

- a. Air ambient Temperature : 65°F - 95°F
- b. Humidity : 30 - 100% non-condensing

5.2 Voltage Drop Criteria

Voltage drop criteria are as follows:

- Maximum voltage drop on main feeders at rated load is 2%
- Maximum voltage drop on Distribution feeders at rated load is 3%
- Maximum voltage drop on feeder DC system at rated load is 2%

5.3 Ampacity

Feeder and branch circuit conductors shall be sized based on the following multiplying factors applied to the full load current:

- Multiplying factor for Motor =1.25 as per NFPA 70 / NEC Recommended, article 430-22

5.4 Derating Factor

Installation method and design temperature raise a contribution for derating of cable current carrying capacity. The derating factor above ground installation shall be determines as below:

- **Ambient temperature**

Cable shall be design on 90°C conductor operating temperature and 35°C ambient temperature. For MV cable,a 0.89 correction factor and for LV cable, a 0,96 correction factor shall be applied to allowable cable ampacity (NEC Code Table 310.83 and NEC Code Table 310.60 respectively)

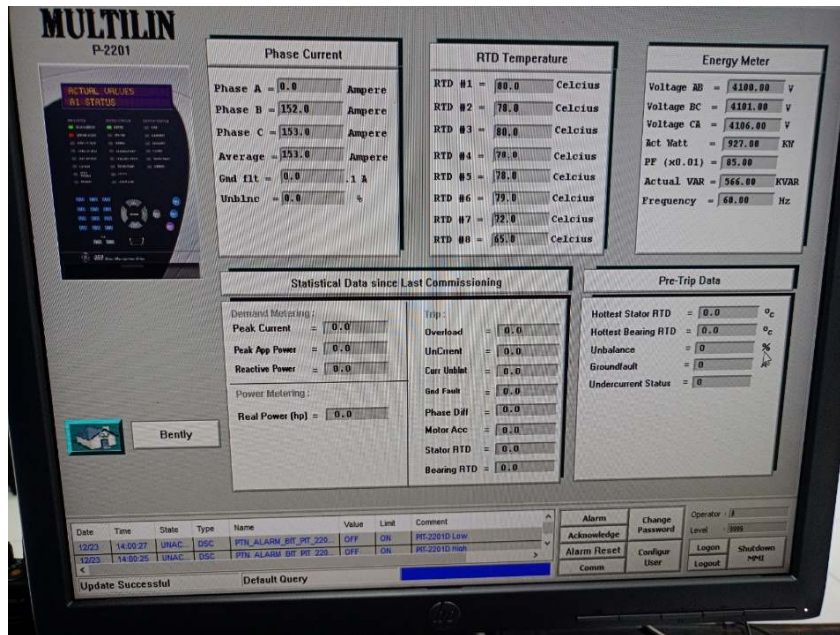
The correction factor is defined by the following equation

$$I_2 = I_1 \sqrt{\frac{TC - TA_2 - \Delta TD}{TC - TA_1 - \Delta TD}}$$

where:

- I_1 = ampacity from tables at ambient TA_1
- I_2 = ampacity at desired ambient TA_2
- TC = conductor temperature in degrees Celsius (°C)
- TA_1 = surrounding ambient from tables in degrees Celsius (°C)
- TA_2 = desired ambient in degrees Celsius (°C)
- ΔTD = dielectric loss temperature rise

Lampiran. 6 Gambar tampilan pada HMI monitor




Lampiran. 7 Gambar MCC pompa WIP petani GSPanel MCC pompa WIP Petani GS



Lampiran.Lampiran. 8 Pompa WIP P-2201 Petani GS



Lampiran. 9 Data sheet Motor

ABB Oy Motors & Generators		Classifying code or document type PERFORMANCE DATA OF MOTOR				
Department/Author PIE/A. Manninen	Date of issue 25.11.2022	Lang. En	Rev. date 1.12.2022	Our ref. 4394HH200		
Customer ref. WATER INJECTION PUMP ROKAN		Saving Ident MPDS-4394HH200EN-B		Rev./Changed by B/A. Manninen	Pages 1/3	

Driven equipment: Pump

Motor type code Motor type Type of Ex-protection Mounting designation Protected by enclosure Method of cooling Insulation Service factor	AMI 450L2A BSNH Squirrel cage motor Class I Division 2 Group D T3 F-1 TEAAC TEAAC Class F 1,0 TEMP RISE 80 °C RES 1,15 TEMP RISE 115 °C RES NEMA, NEC or CEC, CSA API 541 5th edition 2014 40 °C 3300 ft.a.s.l.			
Standards Specification Ambient temperature, max. Altitude, max.	Continuous Star 1500 HP 4000 V ±10 % 60 Hz 3564 rpm 192 Amps			
Duty type Connection of stator winding Rated output Voltage Frequency Speed Current	590 % (650 %) 70 % 270 % 57 Amps 2210 lb-ft			
Locked rotor Amps ¹⁾ Locked rotor torque Breakdown torque No load current Rated torque	Current Amps Efficiency % Power Factor 100 192 94,6 0,89 75 149 94,5 0,86 50 109 93,5 0,80			
Load characteristics	Direction of rotation Sound pressure level: (sinus supply, no load) Inertia rotor / load Bearings			
Direction of rotation Sound pressure level: (sinus supply, no load) Inertia rotor / load Bearings	Clockwise 82 dB(A), tol. + 3 dB(A), 3 ft Approx. 363 lb-ft ² / 23,4 lb-ft ² Sleeve self lubricated			
Maximum stalling time Starting time Number of consec. starts Maximum number of starts Warm-up time constant Cool-down time constant	8 s (warm) 2,5 s (U=100%) 4,5 s (U=80 %) 3 / 2 (cold/warm) 1000 / year 30 min 180 min			

Typical calculated values to NEMA. This performance data is final and the motor will be manufactured accordingly.

¹⁾ Guaranteed values in parenthesis.

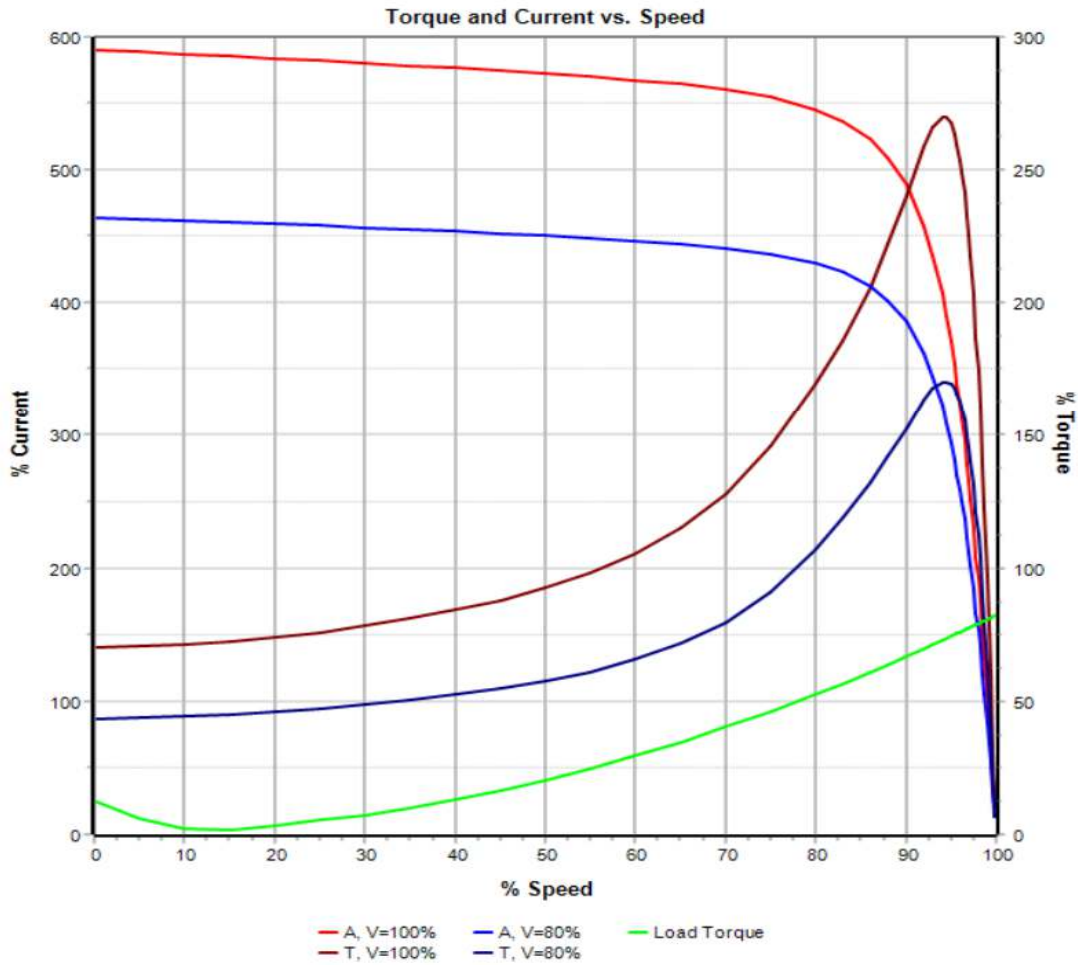
ABB Oy		Telephone	Telefax
Motors & Generators	Visiting Address	+358 10 222 000	+358 10 222 3565
	Strömbergintie 1 B		
	HELSINKI		
	FINLAND		
	Postal Address		
	P.O.Box 186		
	FIN-00381 HELSINKI		
	Finland		

Lampiran. 10 Data sheet Motor

ABB Oy Motors & Generators		Classifying code or document type PERFORMANCE DATA OF MOTOR			ABB	
Department/Author PIE/A. Manninen	Date of issue 25.11.2022	Lang. En	Rev. date 1.12.2022	Our ref. 4394HH200		
Customer ref. WATER INJECTION PUMP ROKAN	Saving Ident MPDS-4394HH200EN-B	Rev./Changed by B/A. Manninen	Pages 2/3			

Motor type code: AMI 450L2A BSNH

Rated output	1500 HP	Power Factor	0,89
Voltage	4000 V \pm 10 %	Rated torque	2210 lb-ft
Frequency	60 Hz	Locked rotor Amps ¹⁾	590 %
Speed	3564 rpm	Locked rotor torque	70 %
Current	192 Amps	Breakdown torque	270 %



Motor type code: AMI 450L2A BSNH

ABB Oy		Telephone	Telefax
Motors & Generators	Visiting Address	+358 10 222 000	+358 10 222 3565
	Strömbergintie 1 B		
	HELSINKI		
	FINLAND		
	Postal Address		
	P.O.Box 186		
	FIN-00381 HELSINKI		
	Finland		

RENDI FEBRIAN

Electrical and Instrument



Date of Birth : Pekanbaru, February 12, 1997

Education : **Final year of bachelor from Electrical Engineering of Bung Hatta University, West Sumatera , Indonesia**
Associate degree from Electrical Engineering of Riau University, West Riau , Indonesia

Address : **Lintas Timur km16, RT 02 / RW 06, Kel.Sialang Rampai, Kec. Kulim, Pekanbaru, Riau 28286**

Mobile : **0812 7682 2943**

Email : rendifebrianrf@gmail.com

QUALIFICATION

6 years experiences in various roles: Engineering ,Construction & Installation (EPCI) Projects, Maintenance, and Quality control.

Engineering: as Electrical and Instrument Engineer in Preparation front end engineering design, basic engineering, Preparation instruction to bidder document, procurement follow- up, FAT, site verification, construction, pre-commissioning and commissioning in oil and gas industry EPC Contractor.

QA and QC : as Electrical and Instrument QA/QC in Preparation Inspection Testing Procedure document, FAT, site verification, construction, pre-commissioning and commissioning in oil and gas industry EPC Contractor.

EMPLOYMENT

Oct 2022 – NOW : **PT. WAHANAKARSA SWANDIRI**
- QA/QC Electrical and Instrument

March 2022 – Dec 2022 : **PT. WAHANAKARSA SWANDIRI**
- QA/QC Electrical and Instrument

Feb 2019 – Nov 2021 : **PT. RIAU ANGGUN MANDIRI RS PRIMA PEKANBARU**
- Head Maintenace

March 2018 – Des 2018 : **PT. SEMEN BATU RAJA ,TBK**
- Electrical Technician

Feb 2017 – June 2017 : **PT. PKS PTPN V SUNGAI GALUH SIAK**
- Electrical Technician

COMPUTER ABILITY

- Familiar with Microsoft Software (i.e. Microsoft Excel, Microsoft Word, Microsoft Power Point, etc.).
- Familiar with Visio Software .
- Be able with software Etap.

LANGUAGES

- Bahasa Indonesia
- English

PROFESSIONAL EXPERIENCE

Summary of Duties :

- Technical/Engineering Hands-on experienced in the field of Electrical & Instrument Installation, Calibration, Inspection and Testing, Commissioning / Start-Up and Maintenance .
- Technical/Engineering Hands-on experienced in the Electrical work including Panel erection, cable laying and termination, Installation, Inspection and Testing, Commissioning / Start-Up and Maintenance .
- Monitor and Control demolition work for Local Panels, Control Panel, Junction Boxes, including field instruments' wiring and tubing work.
- Monitoring and Control of inspection, testing and all QC related activities.
- Experienced with Inspection/Testing for Loop, Function and Sequence Test from field primary Instruments to final controlling element, including its associated alarm and shut-down system, PLC and the DCS, based on P&ID, Loop Drawing and Logic diagrams.
- Experienced with Witness Inspection/Testing for pneumatic and hydraulic bench setting & stroking test of different types of control valves, controller tuning, calibration of transmitters, indicators, gauges and receivers, isolators, distributors, converters; setting of different type of switches and other instruments based on each Specifications and Data Sheet.
- Experienced and capable of troubleshooting problems caused by instrument failure based on Logic diagram, Loop diagram and P&ID to trace the signal failure. Repair / re-calibrate instrument equipment to prevent the process system failure.

MAINTENANCE EXPERIENCES

1. Feb 2019 – Nov 2021 PT.Riau Anggun Mandiri RS Prima Pekanbaru

RS. Prima Pekanbaru is one of the best referral hospitals so it requires maximum and excellent service. Because of that

Roles and responsibilities to achieve this are:

- Ensure that the medical control system functions properly in supplying oxygen to patients, if it is disturbed it will have a fatal impact on patient safety.
- Ensure the reliability of all automation system devices such as: Remote Terminal Unit (RTU), internet network, Communication System, Field Instrumentation etc.
- Prepare MEP maintenance schedules for medical buildings and equipment: weekly, monthly, 6 months and yearly.
- Develop maintenance procedures and checklists for all medical equipment.
- Manage the availability of replacement materials for medical devices according to specifications.

PROJECT EXPERIENCES

Mei 2024 – Present Working at P.T Wahana Karsaswandiri

1. Project :PENINGKATAN *INTERNAL FACTOR ANALYSIS SYSTEM (IFAS)*,
PUBLIC ADDRESS & GENERAL ALARM (PAGA) SYSTEM DAN
FASILITAS PENDUKUNG PADA SISTEM KESELAMATAN TANGKI
TIMBUN DAN FASILITAS PRODUKSI OPERASI *SUMATRA LIGHT*
WILAYAH KERJA (WK) ROKAN

(EPC)

- Location : Duri, Indonesia
Owner : Pertamina Hulu Rokan
Position : Electrical&Instrument Engineer
Responsible : - Preparation documentation
Specification, data sheets, requisition, technical
bid evaluation, cause& effect chart and vendor's
document review.
- Construction supervision Commissioning.
- Inspect , Testing And Calibration field instrument
supervision

Oct 2022 – April 2024 Working at P.T Wahana Karsaswandiri

2. Project : Fa cility Deconstraint Stage 2 Water injection
Pump (EPC)
Location : Duri, Indonesia
Owner : Pertamina Hulu Rokan
Position : QA/QC Electrical&Instrument
Responsible : - Preparation documentation
ITP,ITR and procedure followings: Specification,
data sheets, requisition, technical bid evaluation,
cause & effect chart and vendor's document
review.
- Construction supervision Commissioning.
- Inspect, Testing And Calibration field
instrument.

March 2022 – Des 2022 Working at P.T Wahana Karsaswandiri

3. Project : Relocated Pump Rokan (EPC)
Location : Duri, Indonesia
Owner : Pertamina Gas Negara
Position : QA/QC Electrical&Instrument
Responsible : - Preparation documentation
ITP,ITR and procedure followings: Specification,

data sheets, requisition, technical bid evaluation, cause & effect chart and vendor's document review.

- Construction supervision Commissioning.
- Inspect , Testing And Calibration field instrument.

March 2018 – Des 2018 Working at P.T Semen Batu Raja ,Tbk

4. Project : Upgrade PLC coal mill
Location : Semen Batu Raja, South Sumatra
Plant Owner : PT.Semen Batu Raja ,Tbk
Position : Technician
Responsible : Preparation of instrumentation data sheet, instrument loop diagram, bill of material, instrument index, cable schedule, wiring diagram etc.

Feb 2017 – June 2017 Working at P.T PKS PTPN V Sungai Galuh SIAK

5. Project : Upgrade PLC coal mill
Location : Semen Batu Raja, South Sumatra
Plant Owner : Total E&P Myanmar
Position : Technician
Responsible : Preparation of instrumentation data sheet, instrument loop diagram, bill of material, instrument index, cable schedule, wiring diagram etc.