

**ANALISIS SISTEM INSTALASI LISTRIK KHUSUS PADA
GARBARATA BERDASARKAN PUIL 2011
(Studi Kasus di PT. Bukaka Teknik Utama)**



ABDULLAH AZZAM

5115 12 2595

**Skripsi ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2017**

ABSTRAK

Abdullah Azzam, *Analisis Sistem Instalasi Listrik Khusus pada Garbarata berdasarkan PUIL 2011 (Studi Kasus di PT. Bukaka Teknik Utama)*. Skripsi. Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2017. Dosen Pembimbing : Aris Sunawar, S.Pd., MT, Drs. Irzan Zakir, M.Pd.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kelayakan Sistem Instalasi Listrik Khusus Garbarata dengan standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 tanpa merubah sistem instalasi listrik yang ada.

Penelitian yang dilakukan di Garbarata R&D R3 18/36 Slopeless milik PT Bukaka Teknik Utama ini menggunakan metode deskriptif kualitatif. Pengambilan data dengan cara verifikasi dan inspeksi pada komponen instalasi listrik untuk mengetahui kualitas dan keandalan instalasi listrik, pengukuran terhadap diameter kabel, arus beban sirkit motor listrik dan tahanan isolasi terhadap kabel jaringan 3 fasa dan 1 fasa untuk kemudian dievaluasi hasilnya.

Hasil penelitian kualitas instalasi listrik berdasarkan PUIL 2011 Garbarata R&D Slopeless milik PT Bukaka Teknik Utama didapatkan, Gambar Instalasi atau *Single Line Diagram* pada *Garbarata R&D Slopeless* PT. Bukaka Teknik Utama dikatakan sesuai karena sudah memenuhi gambar instalasi listrik. Proteksi Panel terhadap sentuh langsung, tak langsung dan kebakaran sudah sesuai dengan kriteria, yaitu terdapat GPAS yang berupa penggunaan ELCB dengan sensitivitas $\leq 30\text{mA}$. Penghantar pada semua sirkit sudah sesuai dengan kebutuhan bebannya. Sirkit utama memiliki penampang diatas 4 mm^2 , sirkit cabang dan akhir walau memiliki penampang dibawah 4 mm^2 tetapi masih diatas ukuran $1,5\text{ mm}^2$, dan seluruh konduktor proteksi sudah terpisah pada seluruh sirkit. Identitas konduktor dan terminasi konduktor tidak sesuai dengan PUIL 2011 karena menggunakan JIS 1610. Hasil perhitungan plat nama motor dan pengukuran tang ampere, sirkit motor yang terpasang sudah sesuai antara FLA (*Full Load Ampere*) atau beban penuh motor dengan komponen pendukungnya. Hasil perhitungan tegangan jatuh dalam kawat penghantar didapatkan luas penampang yang terdapat di garbarata sudah sesuai dengan luas penampang minimum sesuai perhitungan dan yang disyaratkan oleh PUIL 2011 Hasil pengukuran diameter kabel menunjukkan bahwa kabel yang terpasang sudah sesuai dengan nomenklatur kabel yang tertera pada brosur spesifikasi kabel. Hasil pengukuran tahanan isolasi yang dilakukan pada 10 lokasi dengan 72 kali pengujian menunjukkan bahwa seluruh kabel yang dipasang pada sistem instalasi listrik garbarata dinyatakan sesuai dengan Standar 6A PUIL 2011, Standar IEEE 525 dan Standar Tegangan Kerja.

Sehingga bisa ditarik kesimpulan bahwa instalasi listrik khusus pada Garbarata R&D Slopeless milik PT Bukaka Teknik Utama secara garis besar sudah sesuai dengan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011

Kata Kunci : Garbarata, Instalasi Listrik Khusus, Megger Test, PUIL 2011 dan Tang Ampere

ABSTRACT

Abdullah Azzam, *Analysis of Special Electric Installation System on Garbarata based on PUIL 2011 (Case Study at PT Bukaka Teknik Utama)*. Essay. Electrical Engineering Education Study Program, Faculty of Engineering, Jakarta State University, 2017. Supervisor: Aris Sunawar, S.Pd., MT, Drs. Irzan Zakir, M.Pd.

The purpose of this study is to determine the feasibility of Garbarata Electric Installation System with the standard General Electrical Installation Requirements (PUIL) 2011 without changing the existing electrical installation system.

Research conducted in Garbarata R & D R3 18/36 Slopeless owned by PT Bukaka Teknik Utama is using qualitative descriptive method. Data collection by verification and inspection on electrical installation components to know the quality and reliability of electrical installation, measurement of cable diameter, electric motor circuit load current and isolation resistance to 3 phase and 1 phase network cable and then evaluated the result.

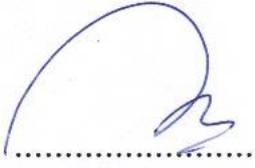
Results of quality electrical installation research based on PUIL 2011 Garbarata R & D Slopeless owned by PT Bukaka Teknik Utama obtained, Image Installation or Single Line Diagram at Garbarata R & D Slopeless PT. Bukaka Teknik Utama is said to be appropriate because it already meets the electrical installation image. Panel Protection against direct, indirect and fire touch is in accordance with the criteria, ie there is a GPAS in the form of ELCB usage with sensitivity $\leq 30\text{mA}$. Delivery on all circuits is in accordance with the needs of the load. The main circuit has a cross section above 4 mm^2 , branch circuit and end though has a cross section below 4 mm^2 but still above the size of 1.5 mm^2 , and all protective conductors are separated on all circuits. The conductor's identity and the conductor terminations are not in accordance with the PUIL 2011 as they are using JIS 1610. The motor nameplate and ampere meter measurements, the installed motor circuit is appropriate between the FLA (Full Load Ampere) or the full load of the motor with its supporting components. The result of calculation of voltage drop in the wire conductor found that the cross sectional area contained in the garbarata is in accordance with the minimum cross-sectional area as calculated and required by PUIL 2011 The cable diameter measurements indicate that the installed cable is in accordance with the nomenclature of the cable shown on the cable specification brochure. The results of the measurement of the isolation resistance performed at 10 sites with 72 times of test indicate that all cables installed on the electrical installation system of garbarata are declared in accordance with Standard 6A PUIL 2011, IEEE 525 Standard and Working Voltage Standard.

So it can be concluded that the special electrical installation on Garbarata R & D Slopeless owned by PT Bukaka Teknik Utama outline in accordance with the General Electrical Installation Requirements (PUIL) 2011

Keywords: Garbarata, Special Electrical Installation, Megger Test, PUIL 2011 and Clamp Meter

HALAMAN PENGESAHAN
ANALISIS SISTEM INSTALASI LISTRIK KHUSUS PADA GARBARATA
BERDASARKAN PUIL 2011
(STUDI KASUS DI PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA)
ABDULLAH AZZAM / 5115 12 2595

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Drs. Ir. Parjiman, MT (Ketua Penguji)		09-10-2017
Massus Subekti, MT (Sekretaris)		10-10-2017
Dr. Daryanto, MT (Dosen Ahli)		08-10-2017
Aris Sunawar, S.Pd., MT (Dosen Pembimbing I)		10-10-2017
Drs. Irzan Zakir, M.Pd. (Dosen Pembimbing II)		07/10/17
Tanggal Lulus : 9 Agustus 2017		

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Juli 2017

Abdullah Azzam



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan taufik dan hidayah-Nya, berkat ridha-Nya penulis memiliki kesempatan, kesehatan, serta kekuatan untuk dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **ANALISIS SISTEM INSTALASI LISTRIK KHUSUS PADA GARBARATA BERDASARKAN PUIL 2011 (Studi Kasus di PT. Bukaka Teknik Utama)**, yang merupakan salah satu persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Pendidikan Teknik Elektro pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

Penyusun telah banyak memperoleh bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Agus Dudung, M.Pd selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
2. Massus Subekti, S.Pd., MT selaku Koordinator Program Pendidikan Teknik Elektro.
3. Aris Sunawar. S. Pd, MT dan Drs. Irzan Zakir. M.Pd selaku Dosen Pembimbing
4. Denny Hendra G selaku Electric And Control Head BRB PT Bukaka Teknik Utama.
5. Endil Suardi dan Edy Kurniawan selaku Instruktur Lapangan
6. Kawan-kawan karyawan bagian Electric Research and Development BRB PT Bukaka Teknik Utama.
7. Ayah, Mamah dan Ummi disana serta keluarga yang selalu memberi dukungan baik finansial maupun material.
8. Kawan-Kawan RETRO 2012
9. Keluarga Besar *Kesatuan Aksi Mahasiswa Muslim Indonesia*, baik selama kepengurusan Komisariat UNJ maupun kepengurusan Tingkat Daerah Jakarta Timur
10. Keluarga Besar Dewan Pengurus Pusat “*One Day One Juz*”
11. Keluarga “*Pasukan Badar*” Management
12. Seluruh pihak yang membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Kritik dan saran yang membangun senantiasa penulis harapkan sebagai evaluasi dan perbaikan dalam penyusunan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun kalangan umum yang membutuhkan.

Jakarta, Juli 2017

Abdullah Azzam
5115 12 2595

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	6
1.3. Pembatasan Masalah	6
1.4. Perumusan Masalah.....	7
1.5. Tujuan Penelitian.....	7
1.6. Kegunaan Penelitian.....	7
BAB 2 KAJIAN TEORITIK DAN KERANGKA BERPIKIR	
2.1. Sistem Mekanik Dan Kelistrikan Garbarata.....	9
2.1.1. Deskripsi Komponen Mekanik Garbarata	9
2.1.1.1. Rotunda.....	10
2.1.1.2. Terowongan Teleskopik	10
2.1.1.3. Kolom Lift Vertikal dan Roda Boogie .	11
2.1.1.4. Akses Pelayanan	12
2.1.1.5. Kabin.....	13
2.1.2. Deskripsi Komponen Kelistrikan Garbarata	13
2.1.2.1. Panel Sub Distribusi	14
2.1.2.2. Panel Distribusi Tenaga.....	14
2.1.2.3. Konsol Kontrol	14
2.1.2.4. Penerangan.....	15
2.1.2.5. Perangkat Keamanan	15
2.2. Instalasi Listrik Tenaga	15
2.2.1. Prinsip – Prinsip Dasar Instalasi Listrik.....	16
2.3. Desain Instalasi Listrik.....	18
2.3.1. Susunan Umum.....	18
2.4. Kabel Listrik.....	18
2.4.1. Identifikasi Kabel Dengan Warna.....	19
2.5. Pemilihan Luas Penampang Konduktor	20
2.6. Proteksi Sistem Tenaga Listrik.....	22
2.6.1. <i>Moulded Case Circuit Breaker</i>	22
2.6.2. <i>Mini Circuit Breaker</i>	23
2.6.3. <i>Earth Leakage Circuit Breaker</i>	24
2.6.4. <i>Thermal Over Load Relay</i>	26
2.7. Motor Listrik Induksi 3 Fasa	26
2.7.1. Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Fasa	27
2.7.2. Sirkuit Motor.....	28

	2.7.2.1. Proteksi Beban Lebih.....	29
	2.7.2.2. Nilai Pengenal atau Setelan Gawai Proteksi	30
	2.8. Perangkat Hubung Bagi (PHB)	31
	2.9. Rugi Tegangan dalam Kawat Penghantar	32
	2.10. Analisis Instalasi Listrik Khusus.....	34
	2.10.1. Instalasi Listrik Khusus	35
	2.11. Indikator Kesesuaian Instalasi Listrik.....	36
	2.11.1. Gambar Instalasi Listrik	37
	2.11.2. Proteksi Terhadap Sentuh Langsung, Tak Langsung dan Kebakaran	37
	2.11.3. Identitas Terminasi Konduktor dan Konduktor.....	39
	2.11.4. Penghantar	39
	2.11.5. Sirkit Motor	39
	2.11.6. Perlengkapan Listrik	41
	2.12. Tahanan Isolasi	41
	2.12.1. Nilai Minimum Tahanan Isolasi	43
	2.13. Kerangka Berpikir.....	44
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	
	3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	46
	3.2. Metode Penelitian.....	46
	3.3. Instrumen Penelitian.....	47
	3.4. Tahapan Penelitian	48
	3.5. Teknik Pengumpulan Data	49
	3.5.1. Verifikasi Instalasi Listrik.....	49
	3.5.2. Inspeksi Instalasi Listrik	49
	3.5.3. Pengujian Instalasi Listrik.....	50
	3.5.4. Metode Observasi	50
	3.6. Teknik Analisis Data	50
BAB 4	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
	4.1. Hasil Penelitian.....	59
	4.1.1. Gambaran Garbarata Penelitian	59
	4.1.2. Data Hasil Observasi Indikator Kesesuaian.....	60
	4.1.3. Data Hasil Pengukuran Diameter Kabel	65
	4.1.4. Data Hasil Pengukuran Arus Beban Motor	66
	4.1.5. Data Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Dan Jenis Kabel Pada Setiap Lokasi Pengujian	66
	4.1.5.1. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian A.....	66
	4.1.5.2. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian B	68
	4.1.5.3. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian C	68
	4.1.5.4. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian D1	69
	4.1.5.5. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian D2.....	69

4.1.5.6.	Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian TH1	70
4.1.5.7.	Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian TH2	71
4.1.5.8.	Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian TH3	71
4.1.5.9.	Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian TH4	72
4.1.5.10.	Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian TH5	73
4.2.	Pembahasan Hasil Penelitian	74
4.2.1.	Pembahasan Hasil Observasi	74
4.2.1.1.	Gambar Instalasi	74
4.2.1.2.	Panel Instalasi Listrik	75
4.2.1.2.1.	Proteksi Bahaya Kebakaran, Sentuh Langsung Dan Sentuh Tak Langsung	76
4.2.1.2.2.	Panel Sub Distribusi.....	77
4.2.1.2.3.	Panel Distribusi Tenaga	78
4.2.1.2.4.	Panel Penghubung.....	79
4.2.1.3.	Identitas Terminasi Konduktor Dan Konduktor	79
4.2.1.4.	Penghantar/Konduktor	80
4.2.1.5.	Sirkuit Motor	83
4.2.1.6.	Standard Perlengkapan Listrik.....	90
4.2.2.	Perhitungan Drop Voltase (Jatuh Tegangan dalam Kawat Penghantar)	92
4.2.3.	Pembahasan Hasil Pengukuran Arus Beban Motor	94
4.2.4.	Pembahasan Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi	96
4.2.4.1.	Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi.....	98
BAB 5	KESIMPULAN	
5.1	Kesimpulan.....	101
5.2	Saran.....	102
DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN	105
CURRICULUM VITAE	141

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Luas Penampang Minimum Konduktor (52-5).....	21
Tabel 2.2. Penempatan Unsur Pengindera Proteksi Arus Lebih (510.5-1) .	29
Tabel 2.3. Rekomendasi Pemilihan Sistem TN	38
Tabel 2.4. Nilai Tahanan Isolasi Minimum	43
Tabel 3.1 Keterangan Alat Ukur Penelitian	47
Tabel 3.2 Keterangan Gambar Instalasi	52
Tabel 3.3 Keterangan Proteksi Panel Terhadap Sentuh Langsung, Tak Langsung dan Bahaya Kebakaran Akibat Listrik.....	53
Tabel 3.4 Keterangan Identitas Terminasi Konduktor dan Konduktor.....	53
Tabel 3.5 Keterangan Penghantar Saluran/Sirkuit Utama	54
Tabel 3.6 Keterangan Penghantar Saluran/Sirkuit Cabang.....	54
Tabel 3.7 Keterangan Penghantar Saluran/Sirkuit Akhir.....	54
Tabel 3.8 Keterangan Penghantar Bumi	55
Tabel 3.9 Keterangan Sirkuit Motor	55
Tabel 3.10 Keterangan Sirkuit Motor (Lanjutan)	56
Tabel 3.11 Keterangan Perlengkapan Listrik.....	56
Tabel 3.12 Daftar Komponen dan Kejelasan letak Komponen.....	57
Tabel 3.13 Kelengkapan Sistem Proteksi TN di Garbarata	57
Tabel 3.14 Notasi Konduktor dan Identitas Warna Konduktor pada Garbarata	57
Tabel 3.15 Daftar Lokasi Kabel, Nomenklatur dan Ukurannya pada Garbarata	57
Tabel 3.16 Keterangan Motor pada Garbarata.....	57
Tabel 3.17 Daftar Komponen dan Besaran pengenalan pada Sirkuit Motor Garbarata	58
Tabel 3.18 Daftar Nama Komponen Instalasi Listrik pada Garbarata dan Standarnya.....	58
Tabel 3.19 Tabel Pengukuran Diameter Kabel	58
Tabel 3.20 Tabel Pengukuran Arus Beban Motor	58
Tabel 3.21 Tabel Pengujian Resistansi Insulasi.....	58
Tabel 4.1 Keterangan Gambar Instalasi	60
Tabel 4.2 Keterangan Proteksi Panel Terhadap Sentuh Langsung, Tak Langsung dan Bahaya Kebakaran Akibat Listrik.....	61
Tabel 4.3 Keterangan Identitas Terminasi Konduktor dan Konduktor.....	61
Tabel 4.4 Keterangan Penghantar Bumi	61
Tabel 4.5 Keterangan Penghantar Saluran/Sirkuit Utama	62
Tabel 4.6 Keterangan Penghantar Saluran/Sirkuit Cabang.....	62
Tabel 4.7 Keterangan Penghantar Saluran/Sirkuit Akhir.....	63
Tabel 4.8 Keterangan Sirkuit Motor	63
Tabel 4.9 Keterangan Sirkuit Motor (Lanjutan)	64
Tabel 4.10 Keterangan Perlengkapan Listrik.....	65
Tabel 4.11 Data Hasil Pengukuran Diameter Kabel	65
Tabel 4.12 Data Hasil Pengukuran Arus Beban Motor	66
Tabel 4.13 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian A ..	67
Tabel 4.14 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian B...	68
Tabel 4.15 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian C...	68

Tabel 4.16 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian D1	69
Tabel 4.17 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian D2	70
Tabel 4.18 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian TH1	70
Tabel 4.19 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian TH2	71
Tabel 4.20 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian TH3	72
Tabel 4.21 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian TH4	72
Tabel 4.22 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengujian TH5	73
Tabel 4.23 Daftar Komponen dan Kejelasan letak Komponen.....	75
Tabel 4.24 Kelengkapan Sistem Proteksi TN di Garbarata	76
Tabel 4.25 Perbandingan Identitas warna Kabel.....	80
Tabel 4.26 Notasi Konduktor dan Identitas Warna Konduktor pada Garbarata	80
Tabel 4.27 Daftar Lokasi Penggunaan Kabel, Nomenklatur dan Ukurannya pada Garbarata.....	82
Tabel 4.28 Perbandingan Kabel Garbarata dengan Standar PUIL 2011.....	83
Tabel 4.29 Daftar Komponen dan Besaran Pengenal pada Sirkuit Motor Garbarata	84
Tabel 4.30 Tabel Perhitungan Kesesuaian Sirkuit Motor Berdasarkan Name Plate Motor	85
Tabel 4.31 Tabel Perhitungan Kesesuaian Sirkuit Motor Berdasarkan Name Plate Motor (Lanjutan)	86
Tabel 4.32 Perbandingan Standar PUIL 2011 dan Komponen yang terpasang pada Sirkuit Motor Garbarata	89
Tabel 4.33 Keterangan Motor pada Garbarata.....	90
Tabel 4.34 Daftar Nama Komponen Instalasi Listrik pada Garbarata dan Standarnya.....	92
Tabel 4.35 Hasil Perhitungan Luas Penampang Minimum Kabel.....	94
Tabel 4.36 Luas Penampang Kabel menurut Lampiran D PUIL 2011	94
Tabel 4.37 Tabel Perhitungan Kesesuaian Sirkuit Motor Berdasarkan Pengukuran Arus Beban Motor.....	95
Tabel 4.38 Rekapitulasi Data Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi (M Ω) Pada Tanggal 12/07/2017.....	96
Tabel 4.39 Tabel hasil perhitungan menurut IEEE 525	98
Tabel 4.40 Tabel 6A PUIL 2011	98
Tabel 4.41 Standard Nilai Isolasi berdasarkan Tegangan Kerja	98
Tabel 4.42 Perbandingan Hasil Pengukuran Tanggal 12/07/2017 dengan Standar Kelayakan.....	99
Tabel 4.43 Perbandingan Hasil Pengukuran Tanggal 12/07/2017 dengan Standar Kelayakan (Lanjutan).....	100

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Rotunda	10
Gambar 2.2. Terowongan Teleskopik.....	10
Gambar 2.3. Kolom Lift Vertikal dan Roda Boogie.....	11
Gambar 2.4. Akses Pelayanan.....	12
Gambar 2.5. Kabin	13
Gambar 2.6. <i>Moulded Case Circuit Breaker</i>	23
Gambar 2.7. <i>Mini Circuit Breaker</i>	24
Gambar 2.8. <i>Earth Leakage Circuit Breaker</i>	25
Gambar 2.9. <i>Thermal Over Load Relay (TOLR)</i>	26
Gambar 2.10. Pengujian Tahanan Isolasi.....	42
Gambar 4.1 Sistem Pembumian TN-S	77
Gambar 4.2 Logo CE	90
Gambar 4.3 Logo VDE	91

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Surat Permohonan Izin Penelitian	106
Lampiran 2. Surat Balasan Permohonan Penelitian	107
Lampiran 3. Surat Keterangan Telah Selesai Penelitian.....	108
Lampiran 4. [PUIL 2011] Tabel 7.3-4 KHA terus menerus yang diperbolehkan untuk kabel instalasi berinsulasi dan berselubung PVC, serta kabel fleksibel dengan voltase pengenal 230/400 (300) volt dan 300/500 (400) volt pada suhu ambien 30° C, dengan suhu konduktor maksimum 70° C	109
Lampiran 5. [BS 7671] Tabel 32-4 : <i>Current Rating Capacities for Multicore Cables having PVC Insulation</i>	110
Lampiran 6. <i>TeSys Contactor Selection Guide</i>	111
Lampiran 7. <i>TeSys Motor Starter</i>	112
Lampiran 8. SNI IEC 60445:2013	113
Lampiran 9. Perhitungan Luas Penampang Kabel.....	114
Lampiran 10. Perhitungan Sirkuit Motor Garbarata Berdasarkan Name Plat Motor	115
Lampiran 11. Perhitungan Sirkuit Motor Garbarata Berdasarkan Pengukuran Arus Beban Penuh	117
Lampiran 12. Perhitungan Tegangan Jatuh dalam Kawat Penghantar	122
Lampiran 13. Diagram Evaluasi Drop Voltase	124
Lampiran 14. Perhitungan Standar IEEE 525	125
Lampiran 15. Foto – Foto Garbarata Penelitian dan Ukurannya	128
Lampiran 16. Foto – Foto Panel Sub Distribusi dan Panel Distribusi Tenaga	129
Lampiran 17. Foto – Foto Pengukuran Diameter Kabel	130
Lampiran 18. Foto – Foto Pengukuran Arus Beban Motor Menggunakan Megger Tester pada Tanggal 12/07/2017....	131
Lampiran 19. Foto – Foto Pengukuran Tahanan Isolasi Menggunakan Tang Ampere pada Tanggal 07/02/17	132
Lampiran 20. Foto – Foto Name Plat Motor.....	133
Lampiran 21. <i>Electrical (IEC) Symbols</i>	134
Lampiran 22. Diagram Pengukuran Tahanan Isolasi (A3)	135
Lampiran 23. Diagram Perhitungan Jatuh Tegangan (A3)	136
Lampiran 24. Diagram Utama Motor 3 Fasa (A3).....	137
Lampiran 25. Diagram Utama Motor 3 Fasa Dengan Perhitungan (A3)....	138
Lampiran 26. Diagram Kendali Motor 3 Fasa (A3).....	139
Lampiran 27. Gambar Mekanik Garbarata (A3).....	140

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya dunia teknologi yang demikian pesat, serta persaingan yang semakin ketat, maka dituntutlah suatu proses yang serba cepat, tanpa terkecuali dalam pelayanan jasa bandara. Untuk memberikan kenyamanan, kemudahan kepada pengguna jasa, maka pengelola bandara sudah sewajarnya memasang dan mengoperasikan peralatan - peralatan penunjang penerbangan yang dapat mengakomodasi kebutuhan pengguna jasa tersebut, diantaranya adalah Garbarata.

Garbarata merupakan salah satu peralatan penunjang penerbangan untuk pelayanan jasa di bandar udara yang berfungsi untuk memberikan kenyamanan kepada pengguna jasa, terutama untuk penumpang dan kru udara sehingga dapat terlindung dari panas, debu, hujan badai dan hembusan mesin pesawat. Dengan adanya garbarata, maka penumpang dan kru udara tidak perlu lagi naik - turun tangga pesawat, karena pemasangan garbarata tersebut didesain sedemikian rupa yang dapat menghubungkan terminal gedung bandara dengan pesawat udara.

Menurut Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara SKEP / 302 / V / 2011 Bab 1 Pasal 1 No 14. Garbarata adalah fasilitas berupa lorong yang menghubungkan pesawat udara dengan gedung terminal bandara, yang dipergunakan untuk naikturunnya penumpang ke dan dari pesawat udara atau ke dan dari gedung terminal bandar udara.

Dalam proses penggunaan Garbarata di pandang lebih baik dari penggunaan tangga pendaratan yang sebelumnya banyak digunakan selain daripada itu

kemudahan pengoperasian alat ini dengan penggunaan sistem elektronik yang ditunjang dengan penggunaan komputer sebagai pusat kontrol pengoperasian

Sebagai produk Jasa Aeronautika, Garuda terdapat beberapa fungsi produk jasa angkutan udara yang harus tercapai :

a) Keselamatan

Perusahaan penerbangan harus mengutamakan faktor keselamatan di atas segala-galanya dalam pengoperasian pesawat dari suatu rute tertentu ke rute tertentu. Seluruh penumpang, awak pesawat, dan barang-barang selama penerbangan harus benar-benar diperhatikan keselamatannya agar perusahaan itu mendapat kepercayaan dari masyarakat.

b) Kenyamanan

Dalam hal ini perusahaan berusaha semaksimal mungkin agar penumpang mendapat kenyamanan selama penerbangan berlangsung. Dengan demikian, penumpang harus mendapat pelayanan yang sebaik mungkin dari petugas perusahaan yang bersangkutan. Pelayanan yang dimaksud di sini adalah pada saat calon penumpang mengadakan hubungan dengan perusahaan sampai penumpang tiba di tempat tujuannya. Bilamana hal ini dapat dipertahankan, penumpang tersebut akan terkesan pada perusahaan penerbangan yang bersangkutan. Dengan demikian, perusahaan penerbangan tersebut akan dapat mencapai kesuksesannya.

c) Keteraturan

Dalam mengoperasikan pesawat udara harus dilaksanakan sesuai dengan jadwal penerbangan yang telah ditentukan secara tepat dan teratur serta sesuai dengan waktu yang diinginkan oleh penumpang. Hal tersebut sangat diperlukan untuk

menjamin kepuasan penumpang dan citra perusahaan penerbangan sehingga dapat mempertahankan kelangsungan hidup perusahaan. Untuk dapat melaksanakan operasi penerbangan tepat waktu, diperlukan disiplin dan koordinasi antara bagian produksi atau operasi dengan bagian pemeliharaan pesawat, pemasaran, dan bagian lainnya.

d)Keuntungan untuk Perusahaan

Bilamana keamanan dan kenyamanan telah berjalan dengan baik, tibalah saatnya bagi perusahaan menikmati hasil dari pengoperasian pesawat terbang. Di samping mengadakan penghematan biaya di segala bidang serta adanya pegawai yang cakap dan terampil, penjualan yang tinggi akan menimbulkan perbandingan antara pendapatan dan belanja yang menonjol. Profit semaksimal mungkin akan tercapai dan efisiensi perusahaan akan selalu meningkat sehingga asas kontinuitas perusahaan dapat dipertahankan. Hal ini akan dapat mengadakan ekspansi (perluasan) perusahaan tersebut, seperti pembaruan armada, meningkatkan frekuensi penerbangan dalam maupun luar negeri, dan sebagainya.

Keempat fungsi jasa angkutan udara tersebut di atas dilaksanakan secara cepat agar jasa angkutan udara yang dihasilkan harus mencapai tiga sasaran, yaitu kualitas pelayanan memberikan kepuasan kepada penumpang atau pemakai jasa angkutan (*users*), biaya operasi penerbangan yang seminimal mungkin, serta tepat waktu (sesuai dengan jadwal penerbangan). Apabila suatu perusahaan penerbangan melaksanakan keempat fungsi jasa angkutan secara efektif serta mencapai ketiga sasaran dalam menghasilkan jasa angkutan udara, maka daya saing dan pendapatan perusahaan penerbangan akan meningkat.

Sistem instalasi listrik pada bangunan diperlukan suatu perencanaan yang baik yaitu sistem instalasi listrik yang mengacu pada peraturan dan ketentuan yang berlaku sesuai dengan standar yang ada, hal ini bertujuan agar sistem tersebut bekerja efektif dan efisien serta mampu mengatasi suatu gangguan yang terjadi pada proses pendistribusian dan pemanfaatan tenaga listrik.

Namun, menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Pasal 132 h.8. perancangan instalasi juga mempertimbangkan fungsi utama dari instalasi tersebut serta memperhitungkan kemungkinan adanya renovasi dimasa mendatang. Sehingga instalasi jaringan tersebut dapat sesuai dengan kebutuhannya. Dalam desain instalasi listrik, faktor berikut harus diperhitungkan untuk memberikan:

- a) Proteksi manusia, ternak dan harta benda sesuai dengan persyaratan yang dimaksudkan untuk memastikan keselamatan manusia dan ternak serta keamanan harta benda dari bahaya dan kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh penggunaan instalasi listrik secara wajar;
- b) Fungsi yang tepat dari instalasi listrik sesuai dengan maksud penggunaannya.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Pasal 134.2.1 h.16. Instalasi listrik harus diverifikasi (diperiksa dan diuji) sebelum dioperasikan dan/atau setelah mengalami perubahan penting untuk membuktikan bahwa pekerjaan pemasangan telah dilaksanakan sebagaimana semestinya sesuai dengan PUIL dan/atau standar lain yang berlaku.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Pasal 61.1 h.449-450. Setiap instalasi harus diverifikasi selama pemasangan, sejauh dapat

dipraktikkan dengan wajar, dan pada saat penyelesaian, sebelum difungsikan dalam pelayanan oleh penggunanya. Verifikasi awal harus mencakup perbandingan dari hasil dengan kriteria yang relevan untuk memastikan bahwa persyaratan PUIL telah terpenuhi. Tindakan pencegahan harus diambil untuk memastikan bahwa verifikasi tidak menyebabkan bahaya pada orang atau ternak dan tidak menyebabkan kerusakan pada milik orang dan perlengkapan bahkan jika sirkit rusak.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Pasal 61.2 h.450. Inspeksi dalam verifikasi awal harus mendahului pengujian dan biasanya harus dilakukan sebelum energisasi instalasi. Inspeksi harus dilakukan untuk memastikan bahwa perlengkapan listrik yang merupakan bagian dari instalasi magun adalah : sesuai dengan persyaratan keselamatan standar perlengkapan yang relevan; dipilih dan dipasang menurut PUIL dan menurut petunjuk pabrikan; tidak terlihat adanya kerusakan yang dapat mengurangi keselamatan.

Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu analisis sistem kelistrikan guna mengetahui sistem instalasi listrik khusus yang terpasang pada *Passenger Boarding Bridge*, maka diangkat masalah ini dalam penulisan skripsi dengan judul; **“ANALISIS SISTEM INSTALASI LISTRIK KHUSUS PADA GARBARATA BERDASARKAN PUIL 2011 (Studi Kasus di PT. Bukaka Teknik Utama)”**.

Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 36 Tahun 2014. Tentang Pemberlakuan Standar Nasional Indonesia 0225:2011. Yaitu Pemberlakuan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011. Yang mencabut Keputusan Menteri ESDM No. 2046 Tahun 2001 Tentang Pemberlakuan PUIL 2000 dan No.008 Tahun 2007 Tentang Pemberlakuan PUIL 2000 Amandemen 1.

Membuat semua standar instalasi listrik diperbaharui dari segi Persyaratannya mengacu ke PUIL 2001 dikarenakan PUIL 2000 sudah dinyatakan tidak berlaku. Sehingga dalam Penelitian ini menggunakan **SNI 0225:2011** atau **Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011**.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan diatas maka ada beberapa masalah yang dapat diidentifikasi, yaitu :

1. Apakah pemilihan perlengkapan pada sistem instalasi listrik khusus pada Garbarata sudah sesuai dengan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011?
2. Apakah pemasangan perlengkapan listrik yang terpasang sudah sesuai dengan persyaratan keselamatan standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011?

1.3. Pembatasan Masalah

Untuk membatasi permasalahan yang ada dalam menganalisis dan agar permasalahan tidak terlalu melebar maka diperlukan pembatasan masalah sebagai berikut

1. Dalam penelitian ini hanya untuk menganalisis instalasi listrik khusus yang terhubung dalam sistem instalasi listrik Garbarata tanpa merubah sistem instalasi listrik yang ada.
2. Objek yang akan dianalisis adalah Garbarata yang berada dalam lapangan uji coba PT. Bukaka Teknik Utama.

3. Penelitian ini hanya melakukan observasi pada gambar instalasi listrik, proteksi sirkit, penghantar, sirkit motor, identitas penghantar dan keterangan perlengkapan listrik dengan melihat keterangan setiap komponen.
4. Penelitian ini hanya melakukan pengukuran diameter kabel, tahanan isolasi kabel dan arus beban motor.
5. Penelitian ini hanya melakukan perhitungan tegangan jatuh dalam kawat penghantar dan sirkit motor berdasarkan plat nama motor dan hasil pengukuran arus beban.
6. Data yang didapat diperoleh dari hasil observasi, pengukuran dan perhitungan yang dilakukan di PT. Bukaka Teknik Utama.

6.1. Perumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah yang telah diuraikan. Maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah “Apakah Sistem Instalasi Listrik Khusus pada Garbarata sudah sesuai dengan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011?”

6.2. Tujuan Penelitian

Dalam sebuah penelitian, tujuan merupakan salah satu indikator untuk mengetahui sejauh mana penelitian ini berjalan sesuai dengan apa yang direncanakan sebelumnya. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pemilihan dan pemasangan perlengkapan Sistem Instalasi Listrik Khusus Garbarata berdasarkan PUIL 2011.

6.3. Kegunaan Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik dari segi teoritis maupun segi praktis. Adapun kegunaannya sebagai berikut :

1. Dari segi keilmuan, hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan kontribusi khususnya pada pengembangan ilmu di bidang kelistrikan yang berhubungan dengan PUIL 2011, Instalasi Listrik Khusus dan Instalasi Listrik pada Garbarata .
2. Dari segi praktis, hasil penelitian ini diharapkan menjadi referensi bagi masyarakat dalam mengetahui pengaplikasian PUIL 2011 dalam Instalasi Listrik dari Garbarata.

BAB II

KAJIAN TEORI DAN KERANGKA BERFIKIR

2.1. Sistem Mekanik Dan Kelistrikan Garbarata

Garbarata adalah suatu alat yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan penumpang pesawat terbang dan kru udara, sehingga dapat melindungi penumpang dan kru udara dari gangguan hujan, angin, hembusan mesin pesawat, kebisingan, debu, dan juga sebagai pemisah antara penumpang dan petugas di darat.

Garbarata merupakan jembatan penghubung antara bangunan terminal penumpang dengan pesawat. Garbarata dibuat berbentuk lorong, dipasang pada sebuah bangunan terminal bandar udara. Melalui lorong jembatan inilah penumpang secara leluasa berpindah dari atau menuju pesawat. Jembatan penyeberangan ini akan melindungi penumpang dari hujan, salju, hembusan mesin pesawat, suara bising, dan debu.

Garbarata pada dasarnya merupakan suatu terowongan teleskopik yang digunakan sebagai penghubung gedung terminal keberangkatan penumpang dengan pesawat terbang. Pergerakan garbarata dikendalikan oleh petugas AMC (*Apron Movement Control*) melalui konsol kontrol yang dipasang pada panel kemudi.

2.1.1. Deskripsi Komponen Mekanik Garbarata

Komponen mekanik Garbarata terdiri dari ; 1) Rotunda. 2) Terowongan Teleskopik. 3) Kolom Lift Vertikal dan Roda Boogie. 5) Akses Pelayanan. 6) Kabin.

2.1.1.1. Rotunda



Gambar 2.1. Rotunda

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Rotunda seperti yang terlihat pada gambar 2.1. Merupakan pusat sumbu gerakan vertikal dan horizontal garbarata. Rotunda juga berfungsi sebagai penghubung antara garbarata ke terminal. Selama pengoperasian, kolom rotunda, lantai, langit-langit dan panel dinding koridor yang berbatasan dengan terminal tidak bergerak (statis), sedangkan bingkai kaku rotunda dan atap akan berputar menyesuaikan pergerakan kolom.

2.1.1.2. Terowongan Teleskopik



Gambar 2.2. Terowongan Teleskopik

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Terowongan Teleskopik seperti yang terlihat pada gambar 2.2. Dimulai dari arah rotunda, terowongan dinamakan dengan terowongan A, B dan C untuk garbarata 3 terowongan (A dan B untuk 2 terowongan). Terowongan Teleskopik berbentuk persegi empat dengan ukuran terowongan paling besar yang berada dekat dengan pesawat terbang.

Semua terowongan terbuat dari plat berombak dengan pinggiran roda penyangga. Lubang-lubang dibor pada atap pinggiran roda sehingga air dapat mengalir kebawah. Saluran air di buat pada setiap sisi lantai garbarata, sebelah dalam terowongan B dan C.

2.1.1.3. Kolom Lift Vertikal dan Roda Boogie

Seperti yang terlihat pada gambar 2.3. Kolom lift vertikal merupakan kolom penggerak naik dan turun garbarata. Kolom lift vertikal terdiri dari sekrup bola yang terpasang didalam tabung besi kotak, termasuk juga motor penggerak vertikal, sistem penahan, tempat kabel, dan saklar pembatas.



Gambar 2.3. Kolom Lift Vertikal dan Roda Boogie

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Roda Boogie terdiri dari frame, ban padat, rantai penggerak, motor listrik, kotak saklar pembatas, dan kabel-kabel listrik. Setiap rantai penggerak dihubungkan dengan gear motor. Motor 3 phase ini menggunakan rem elektromagnetik, yang melepaskan daya remnya bersamaan dengan diaktifkannya motor tersebut. Rem tersebut juga dapat dilepaskan secara manual, ini dibutuhkan dalam keadaan darurat, jika garbarata perlu di tarik/pindah pada saat tidak ada daya listrik.

2.1.1.4. Akses Pelayanan



Gambar 2.4. Akses Pelayanan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Akses Pelayanan seperti yang terlihat pada gambar 2.4. merupakan pintu pelayanan yang terbuat dari baja dan dilengkapi dengan jendela kaca, lantai platform dan tangga yang terpasang pada frame baja galvanis dan pada kedua sisi tangga ini terpasang handrail. Tangga dapat menyesuaikan ketinggiannya menurut

posisi naik turunnya garbarata dan terletak pada sisi kanan kabin. Akses Pelayanan ini memberi jalan dari apron untuk kru darat.

2.1.1.5. Kabin

Kabin seperti yang terlihat pada gambar 2.5. Terbuat dari baja, bagian eksterior dilapisi dengan cat dasar epoxy dan bagian interior dengan penutup lantai, langit-langit dan penerangan. Motor listrik dipasang di bagian bawah kabin berfungsi untuk memutar kabin. Pada kabin juga terdapat tirai samping, pintu ayun, konsol kontrol, panel distribusi, dan penyamaratakan otomatis.



Gambar 2.5. Kabin

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2.1.2. Deskripsi Komponen Kelistrikan Garbarata

Bagian ini menggambarkan pengoperasian sistem kontrol dan elektrik garbarata setahap demi setahap. Untuk setiap tahapan ditunjukkan pada diagram skematik dan tabel-tabel untuk nomor kabel tertentu, dan tegangan-tegangan yang dapat digunakan pada diagram pengkabelan garbarata. Gambaran ikhtisar pada sistem kelistrikan digambarkan dengan gambar instalasi listrik. Komponen

kelistrikan Garbarata terdiri dari; 1) Panel Sub Distribusi. 2) Panel Distribusi Tenaga. 3) Konsol Control. 4) Penerangan. 5) Perangkat Keamanan.

2.1.2.1. Panel Sub Distribusi

Panel Sub Distribusi terletak tepat dibawah Rotunda pada Garbarata. Sebagai tempat penyaluran tegangan rendah 380 VAC dan 220 VAC yang melewati PMT MCCB dan diperuntukkan untuk : a) Tenaga Utama Garbarata. b) Tenaga Utama Kontrol Dan Penerangan. c) Pendingin Udara Terowongan A. Dan d) Pendingin Udara Terowongan C. Serta memiliki lampu indikator (Merah, Kuning, Hijau) sebagai tanda adanya aliran listrik yang berasal dari gedung menuju garbarata.

2.1.2.2. Panel Distribusi Tenaga

Panel Distribusi Tenaga terletak didalam cabin pada garbarata. Sebagai tempat penyaluran tegangan rendah 380VAC dan 220VAC yang melewati Pemutus Tegangan (PMT) dan diperuntukkan untuk : a) Sumber tenaga untuk lampu dalam tunnel. b) Sumber tenaga untuk konsol kontrol. c) Sumber tenaga untuk stop kontak di tunnel. d) Inverter. Dalam Panel Distribusi Tenaga ini terdapat pengaman thermal dan saklar magnetik untuk membalik putaran motor (dari CW ke CCW dan sebaliknya) yang dikontrol oleh Program Logika Kendali.

2.1.2.3. Konsol Kontrol

Garbarata dikendalikan dan dikontrol melalui console ini. Konsol kontrol memuat monitor layar sentuh yang menampilkan indikator-indikator, saklar kontrol, relay, sekering, dan komponen Program Logika Kendali. Unit ini diberi tegangan melalui pemutus tegangan (PMT).

2.1.2.4. Penerangan

Tenaga listrik untuk lampu datang dari Panel Sub Distribusi dan Panel Distribusi Tenaga. Lampu – lampu yang terdapat pada garbarata terdiri dari lampu interior dan eksterior.

Lampu interior terdiri dari : a) Lampu terowongan (jumlah disesuaikan pada jumlah terowongan dan tipe garbarata). b) Lampu darurat untuk setiap terowongan. c) Lampu untuk kabin

Lampu eksterior terdiri dari : a) Lampu kabut untuk terowongan. b) Lampu kabut untuk kabin. c) Lampu neon untuk tangga pendaratan. d) Lampu *obstruction*. e) Lampu *rotary* berwarna kuning.

2.1.2.5. Perangkat Keamanan

Perangkat Keamanan adalah saklar pembatas dan komponen kelistrikan lainnya yang dipakai sebagai perangkat keamanan pada garbarata. Semua saklar pembatas memiliki posisi default *Normally Close* (NC), yang berarti jika aliran ke saklar pembatas putus, sistem yang terpengaruh akan secara otomatis berhenti sampai saklar pembatas yang bermasalah diperbaiki.

2.2. Instalasi Litrik Tenaga

Instalasi Listrik Tenaga adalah pemasangan komponen peralatan listrik untuk melayani perubahan energi listrik menjadi tenaga mekanis.

Menurut Pasal 1 Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 437 Tahun 2003 yang merubah Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No. 01 P Tahun 1990 tentang Instalasi Ketenaga Listrik.

a) **Instalasi Tenaga Listrik** yang selanjutnya disebut Intalasi adalah bangunan sipil, elektromekanik, mesin, peralatan, saluran dan perlengkapannya yang

digunakan untuk pembangkitan, konversi, transmisi, distribusi dan pemanfaatan tenaga listrik.

- b) **Tenaga Listrik** adalah suatu bentuk energi sekunder yang dibangkitkan, ditransmisikan, dan didistribusikan untuk segala macam keperluan, tidak termasuk listrik yang dipakai untuk komunikasi atau elektronika atau isyarat.
- c) **Pengamanan Instalasi** adalah segala kegiatan, sistem, perlengkapannya untuk mencegah bahaya terhadap keamanan Instalasi, keselamatan kerja dan keselamatan umum, baik yang diakibatkan oleh Instalasi maupun oleh lingkungan.
- d) **Pemeriksaan Instalasi** adalah segala kegiatan untuk mengadakan penilaian terhadap suatu Instalasi dengan cara mencocokkan terhadap persyaratan dan spesifikasi teknis yang ditentukan.
- e) **Pengujian Instalasi** adalah segala kegiatan yang bertujuan untuk mengukur dan menilai unjuk kerja suatu Instalasi.

2.2.1. Prinsip – Prinsip Dasar Instalasi Listrik

Menurut Sumardjati, dkk. (2008:77). Agar instalasi listrik yang dipasang dapat digunakan secara optimum, maka ada beberapa prinsip dasar yang perlu sebagai bahan pertimbangan yaitu paling tidak memenuhi 5K+E (Keamanan, Keandalan, Ketersediaan, Ketercapaian, Keindahan dan Ekonomis)

1. **Keamanan.** Instalasi harus dibuat sedemikian rupa, sehingga tidak menimbulkan kecelakaan. Aman dalam hal ini berarti tidak membahayakan jiwa manusia dan terjaminnya peralatan listrik dan benda-benda disekitarnya dari suatu kerusakan akibat adanya gangguan-gangguan seperti hubung singkat, arus lebih, tegangan lebih dan sebagainya. Oleh karena itu pemilihan peralatan yang

digunakan harus memenuhi standar dan teknik pemasangannya sesuai dengan peraturan yang berlaku

2. **Keandalan** atau kelangsungan kerja dalam mensuplai arus listrik ke beban/konsumen harus terjamin dengan baik. Untuk itu pemasangan instalasi listriknya harus dirancang sedemikian rupa, sehingga kemungkinan terputusnya aliran listrik akibat gangguan ataupun karena untuk pemeliharaan dapat dilakukan sekecil mungkin yaitu diperbaiki dengan mudah dan cepat atau diisolir pada daerah gangguan saja sehingga konsumen pengguna listrik tidak terganggu.
3. **Ketersediaan.** Artinya kesiapan suatu instalasi dalam melayani kebutuhan pemakaian listrik lebih berupa daya, peralatan maupun kemungkinan pengembangan/perluasan instalasi, apabila konsumen melakukan perluasan instalasi, tidak mengganggu sistem instalasi yang sudah ada, dan mudah menghubungkannya dengan sistem instalasi yang baru (tidak banyak merubah dan mengganti peralatan yang ada).
4. **Ketercapaian.** Penempatan dalam pemasangan peralatan instalasi listrik relatif mudah dijangkau oleh pengguna, mudah mengoprasikannya dan tidak rumit.
5. **Keindahan.** Pemasangan komponen atau peralatan instalasi listrik dapat ditata sedemikian rupa, selagi dapat terlihat rapi dan indah dan tidak menyalahi aturan yang berlaku.
6. **Ekonomis.** Perencanaan instalasi listrik harus tepat sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan bahan dan peralatan seminim mungkin, mudah pemasangannya maupun pemeliharannya, segi-segi daya listriknya juga harus diperhitungkan sekecil mungkin. Dengan demikian hanya keseluruhan instalasi

listrik tersebut baik untuk biaya pemasangan dan biaya pemeliharannya bisa dibuat semurah mungkin

2.3. Desain Instalasi Listrik

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 2.1.1.1. h.46. Desain instalasi listrik harus memenuhi ketentuan PUIL dan peraturan lain yang berlaku. Desain instalasi listrik harus berdasarkan persyaratan dasar yang ditentukan dalam PUIL dan memperhitungkan serta memenuhi proteksi untuk keselamatan yang sudah ditentukan dalam peraturan

2.3.1. Susunan Umum

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 2.2.1.1. h.47. Susunan umum bagi perlengkapan dan proteksi sirkit harus sedemikian sehingga instalasi beroperasi dengan memuaskan sehubungan dengan hal – hal berikut : a) Pemilihan kabel dan konduktor. b) Susunan sirkit. c) Pengendalian sirkit dengan penyakelaran yang memadai. d) Proteksi sirkit terhadap keadaan beban lebih dan hubung pendek. e) Pemilihan, desain dan penempatan PHB dan Panel kendali. f) Pemilihan gawai proteksi arus sisa. g) Pembumian sistem dan proteksi. h) Bahaya kebakaran dan ledakan. i) Kondisi lingkungan.

2.4. Kabel Listrik

Kabel listrik adalah media untuk mengantarkan arus listrik. Bahan dari kabel ini beraneka ragam, khusus sebagai pengantar arus listrik, umumnya terbuat dari tembaga dan umumnya dilapisi dengan pelindung. Selain tembaga, ada juga kabel yang terbuat dari serat optik, yang disebut dengan *fiber optic cable*.

Menurut Linsley (2004:61). Kebanyakan kabel dapat dianggap tersusun dari tiga bagian: bagian konduktor yang harus berpenampang lintang yang sesuai untuk

dialiri beban arus; bagian isolator yang memiliki warna atau nomor kode untuk identifikasi; dan bagian lapisan luar yang dapat mengandung sesuatu untuk memberi perlindungan terhadap kerusakan mekanis.

Konduktor suatu kabel dibuat dari tembaga ataupun aluminium dan bias berupa serabut maupun pejal. Konduktor pejal hanya digunakan dalam pengkabelan instalasi tetap dan biasanya dibentuk dalam kabel yang besar. Konduktor serabut lebih fleksibel dan berukuran dari 4,0 mm² hingga 25 mm² yang mengandung tujuh serabut. Kabel fleksibel memiliki banyak serabut yang terbuat dari kabel yang sangat halus, sehalus sehelai rambut manusia. Ini memberikan kualitas fleksibilitas tinggi bagi kabel.

2.4.1. Identifikasi Kabel dengan Warna

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 134.1.3. h.13. Konduktor harus diidentifikasi sesuai dengan IEC 60446. Dan bila identifikasi terminal diperlukan, terminal harus diidentifikasi sesuai IEC 60445. Sudah terdapat dalam SNI IEC 60445:2013 bisa dilihat di Lampiran 8 halaman 113

1. Konduktor Netral atau Kawat Tengah

Jika dalam sebuah sirkuit terdapat konduktor netral, maka ia harus diidentifikasi dengan warna biru terang (lebih baik biru terang). Biru terang merupakan warna yang digunakan untuk mengidentifikasi konduktor aman secara umum dan tidak boleh digunakan untuk tipe konduktor lainnya.

Warna biru digunakan untuk menandai konduktor netral atau kawat tengah, pada instalasi listrik dengan konduktor netral. Untuk menghindari kesalahan, warna biru tersebut tidak boleh digunakan untuk menandai konduktor lainnya.

2. Konduktor AC Phase

Warna yang lebih baik digunakan untuk Konduktor AC Phase adalah:

- L1: coklat
- L2: hitam
- L3: abu – abu
- Untuk AC 1 Phase : coklat

3. Konduktor Proteksi

Kombinasi warna hijau/kuning selalu digunakan oleh konduktor proteksi. Pada panjang 15 m dari konduktor manapun, salah satu dari 2 warna yang harus menutupi/melindungi 30% dan 70% dari permukaan dan sisa permukaan lainnya.

Warna hijau loreng kuning hanya boleh digunakan untuk menandai konduktor pembumian, konduktor proteksi, dan konduktor yang menghubungkan ikatan ekuipotensial ke bumi.

4. Konduktor Pembumian dan Netral

Penyekatan konduktor PEN (kombinasi antara Konduktor pembumian dan netral di sistem TN-C) harus ditandai:

- Kabel hijau/kuning sepanjang keseluruhan kabel dengan tanda biru terang diujungnya,
- Atau biru terang sepanjang keseluruhan kabel dengan tanda hijau/kuning diujungnya.

Kabelnya harus memiliki persilangan sepanjang 16 mm^2 atau lebih besar.

2.5. Pemilihan Luas Penampang Konduktor

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 2.2.2. h.47. Kabel dan konduktor harus dipilih dengan mempertimbangkan kriteria

berikut; a) KHA ditentukan dengan melihat pada jenis insulasi dan cara pemasangannya dan persyaratan dalam kuat hantar arus. b) Drop Voltase.

Setiap konduktor harus mempunyai KHA seperti yang ditentukan dalam bagian pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik – sistem perkawatan dan konduktor dan pemasangannya dan tidak kurang dari arus yang mengalir didalamnya. Untuk maksud ini, KHA harus dianggap tidak kurang dari kebutuhan maksimum yang ditentukan dalam perhitungan kebutuhan maksimum di sirkit utama dan sirkit cabang, atau dalam penentuan kebutuhan maksimum sirkit utama dan sirkit cabang dengan cara pengukuran atau pembatasan atau untuk sirkit akhir.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 524 h.282. Luas penampang konduktor lin dalam sirkit a.b. dan konduktor aktif dalam sirkit a.s. tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan dalam Tabel PUIL 52-5 yang terdapat dalam Tabel 2.1. Luas penampang Konduktor netral, jika ada, harus mempunyai luas penampang yang sama seperti konduktir lin.

Tabel 2.1. Luas Penampang Minimum Konduktor (52-5)

Jenis sistem perkawatan		Penggunaan sirkit	Konduktor	
			Bahan	Luas penampang (mm ²)
Instalasi magun (terpasang tetap)	Kabel dan konduktor berinsulasi	Sirkit daya dan pencahayaan	Tembaga Alumunium	1,5 2,5 (Catatan 1)
		Sirkit sinyal dan kendali	Tembaga	0,5 (Catatan 2)
	Konduktor polos	Sirkit daya	Tembaga Alumunium	10 16
		Sirkit sinyal dan kendali	Tembaga	4
Hubungan fleksibel dengan konduktor berinsulasi dan kabel		Untuk piranti spesifik	Tembaga	Seperti ditentukan dalam standar IEC yang relevan
		Untuk setiap penerapan lain		0,75*
		Sirkit voltase ekstra rendah untuk penerapan khusus		0,75
CATATAN 1 Konektor yang digunakan untuk terminasi konduktor alumunium harus diuji dan disahkan untuk penggunaan spesifik ini. CATATAN 2 Para sirkit sinyal dan kendali yang dimaksudkan untuk perlengkapan elektronik, diizinkan menggunakan luas penampang kendali minimum 0,1 mm ² * Pada kabel fleksibel multi inti yang berisikan tujuh inti atau lebih, berlaku Catatan 2.				

Sumber : BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 h.282.

Untuk sirkit polifase jika setiap konduktor fase mempunyai luas penampang lebih dari 16 mm² tembaga atau 25 mm² aluminium, konduktor netral dapat mempunyai luas penampang lebih kecil dari konduktor lin, jika kondisi berikut secara serentak dipenuhi: 1) Arus maksimum yang diperkirakan termasuk harmonik, jika ada, pada konduktor netral selama pelayanan normal tidak lebih besar dari KHA luas penampang konduktor netral yang dikurangi. 2) Konduktor netral diproteksi terhadap arus lebih menurut persyaratan proteksi konduktor netral. 3) Ukuran konduktor netral sekurangnya sama dengan 16 mm² tembaga atau 25 mm² aluminium.

2.6. Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Menurut Linsley (2004:165). Setiap peralatan elektronik harus mengandung suatu cara untuk melindungi terhadap arus berlebih. Istilah “arus berlebih” dapat dibagi menjadi arus beban lebih (*overload*) dan arus hubung pendek (*short circuit*). Beban lebih dapat didefinisikan sebagai arus yang melebihi nilai tingkatan dalam suatu rangkaian yang normalnya sehat dan hubung pendek didefinisikan sebagai kelebihan arus akibat dari kerusakan dengan impedansi yang kecil antara konduktor – konduktor. Beban lebih dapat mengakibatkan arus dua atau tiga kali lebih besar dari nilai arus, sedangkan arus hubung pendek ratusan kali lebih besar daripada nilai arus. Dalam kedua kasus persyaratan dasar keamanan, arus yang rusak harus dihentikan secepatnya dan rangkaian diisolasi dari suplai.

2.6.1. Moulded Case Circuit Breaker

Menurut Sumardjati, dkk. (2008:46). MCCB seperti yang terlihat pada gambar 2.6, merupakan salah satu alat pengaman yang dalam proses operasinya mempunyai dua fungsi yaitu sebagai pengaman dan sebagai alat untuk penghubung.

Jika dilihat dari segi pengaman, maka MCCB dapat berfungsi sebagai pengaman gangguan arus hubung singkat dan arus beban lebih. Pada jenis tertentu pengaman ini, mempunyai kemampuan pemutusan yang dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 2.6. Moulded Case Circuit Breaker

Sumber : <http://www.schneider-electric.com/en/product-image/63272-compact-nxx>. Diakses 12 Agustus 2017

2.6.2. Mini Circuit Breaker

Menurut Sumardjati, dkk. (2008:45). MCB seperti yang terlihat pada gambar 2.7, adalah suatu rangkaian pengaman yang dilengkapi dengan komponen termis (bimetal) untuk pengaman beban lebih dan juga dilengkapi relay elektromagnetik untuk pengaman hubung singkat. MCB banyak digunakan untuk pengaman sirkit satu fasa dan tiga fasa. Keuntungan menggunakan MCB, yaitu :

1. Dapat memutuskan rangkaian tiga fasa walaupun terjadi hubung singkat pada salah satu fasanya.
2. Dapat digunakan kembali setelah rangkaian diperbaiki akibat hubung singkat atau beban lebih.
3. Mempunyai respon yang baik apabila terjadi hubung singkat atau beban lebih.



Gambar 2.7. Mini Circuit Breaker

Sumber: <http://www.schneider-electric.com/en/product-image/75267-acti-9-ic60-1-ma>. Diakses 12 Agustus 2017

Pada MCB terdapat dua jenis pengaman yaitu secara termis dan elektromagnetis, pengaman termis berfungsi untuk mengamankan arus beban lebih sedangkan pengaman elektromagnetis berfungsi untuk mengamankan jika terjadi hubung singkat.

Pengaman termis pada MCB memiliki prinsip yang sama dengan thermal overload yaitu menggunakan dua buah logam yang digabungkan (bimetal), pengamanan secara termis memiliki kelambatan, ini bergantung pada besarnya arus yang harus diamankan, sedangkan pengaman elektromagnetik menggunakan sebuah kumparan yang dapat menarik sebuah anker dari besi lunak.

MCB dibuat hanya memiliki satu kutub untuk pengaman satu fasa, sedangkan untuk pengaman tiga fasa biasanya memiliki tiga kutub dengan tuas yang disatukan, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu kutub maka kutub yang lainnya juga akan ikut terputus.

2.6.3. Earth Leakage Circuit Breaker

ELCB seperti yang terlihat pada gambar 2.8. Produk ini hanya mempunyai satu fungsi, mendeteksi arus bocor. Tidak terdapat pengaman thermal dan magnetis,

sehingga ELCB harus diamankan terhadap hubung singkat oleh MCB sisi atasnya. ELCB tidak boleh dipasang apabila kemungkinan hubung singkat melebihi 6kA. ELCB dapat dipadukan dengan alat bantu (*auxiliary*) seperti : OFS, MX, MN yang menyediakan fasilitas signaling jarak jauh dan trip jarak jauh. ELCB mempunyai mekanisme trip tersendiri dan juga dapat dioperasikan secara manual seperti saklar. Alat ini digunakan jika pengamanan arus bocor dibutuhkan pada sekelompok sirkit yang maksimum terdiri dari 4 sirkit.



Gambar 2.8. Earth Leakage Circuit Breaker

Sumber: <http://www.schneider-electric.co.uk/en/product-image/218405-idpn-vigi>. Diakses 12 Agustus 2017

DPNa Vigi (kombinasi MCB / ELCB) DPNa Vigi merupakan kombinasi dari MCB (Ph + N) dan pendeteksi arus bocor. DPNa Vigi sangat berguna apabila pengamanan penuh terhadap hubung singkat, beban lebih dan arus bocor dibutuhkan pada sirkit tunggal. Kapasitas pemutusan maksimum 4,5 kA (SPLN 108 / SLI 175) atau 6 kA (IEC 60947-2)

Modul Vigi (rele arus bocor) Diklasifikasikan sebagai alat bantu MCB. Pendeteksi arus bocor tambahan yang dikombinasikan dengan MCB. Modul Vigi tidak mempunyai mekanisme trip. Modul Vigi mengirimkan perintah secara mekanis ke MCB seperti alat bantu lainnya. Modul Vigi dapat dipasang di

lapangan. Alat ini digunakan pada bangunan komersial dan aplikasi industri jika hubung singkat tinggi dan MCB harus dipasang dengan baik.

2.6.4. Thermal Over Load Relay

Thermal Over Load Relay (TOLR) seperti yang terlihat pada gambar 2.9, adalah suatu pengaman beban lebih. Menurut PUIL 2011 Ayat 510.5.4.1 Proteksi beban lebih (arus lebih) dimaksudkan untuk melindungi motor, dan perlengkapan motor, terhadap pemanasan berlebihan sebagai akibat beban lebih atau akibat motor tak dapat diasut. Beban lebih atau arus lebih pada waktu motor beroperasi, bila bertahan cukup lama, akan mengakibatkan kerusakan atau pemanasan yang berbahaya pada motor tersebut.



Gambar 2.9. Thermal Over Load Relay (TOLR)

Sumber:

http://www.tracepartsonline.net/PartsDefs/Production/SCHNEIDER_ELECTRIC_DISTRI/10-03022014-112285/pictures/10-03022014-112285L.gif. Diakses 12 Agustus 2017

TOLR memiliki rating yang berbeda-beda tergantung dari kebutuhan, biasanya tiap-tiap TOLR mempunyai batas rating yang dapat diatur.

2.7. Motor Listrik Induksi 3 Fasa

Menurut Linsley (2004:145). Jika sebuah sumber 3 fasa dihubungkan dengan 3 buah belitan yang terpisah namun terdistribusi merata di sepanjang stator

dari sebuah mesin listrik, maka akan mengalir arus bolak-balik yang bersikulasi di dalam belitan yang akan membangkitkan fluks magnetik. Medan magnet yang dibangkitkan oleh sumber tiga fasa ini akan berputar searah jarum jam di sepanjang stator tadi. Medan magnet yang putar yang dibangkitkan oleh sumber 3 fasa ini akan berputar dengan kecepatan yang sama dengan frekuensi suplai.

Menurut Van Harten (1985:59). Karena itu oleh pabrik-pabrik motor listrik di negara-negara MEE (Masyarakat Ekonomi Eropa) telah dibuat ketentuan sebagai berikut. Arah putar sebuah motor, dilihat dari menghadap sisi porosnya, akan ke kanan kalau terminal U dihubungkan dengan fasa R, terminal V dengan fasa S dan terminal W dengan fasa T.

2.7.1. Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Fasa

Menurut Linsley (2004:146). Jika suatu suplai tiga fasa diberikan pada belitan stator suatu motor induksi, akan dibangkitkan suatu fluks magnetik putar. Fluks magnetik putar ini akan memotong melewati kawat-kawat penghantar dari belitan/kumparan motor sehingga sesuai dengan hukum Faraday akan dibangkitkan GGL (Gerak Gaya Listrik) induksi pada kawat – kawat penghantar belitan rotor ini. GGL induksi ini akan mengakibatkan terjadinya aliran arus pada kawat – kawat penghantar dari belitan rotor yang selanjutnya akan membangkitkan fluks magnetik yang berinteraksi dengan fluks magnetik stator. Interaksi kedua fluks magnetik ini mengakibatkan terjadinya gaya pada kawat – kawat penghantar rotor yang akan memutar rotor.

Menurut Ibrahim (1994:123). Prinsip kerja motor induksi 3 fasa berdasarkan induksi elektromagnetis, yakni bila belitan/kumparan stator diberi sumber tegangan bolak-balik 3 fasa maka arus akan mengalir pada kumparan

tersebut, menimbulkan medan putar (garis-garis gaya fluks) yang berputar dengan kecepatan sinkron dan akan mengikuti persamaan 2.1.

$$N_s = \frac{120 \times f}{P} rpm \quad \text{Pers (2.1)}$$

Sumber : Ibrahim Berahim. Teknik Tenaga Listrik. (1994). h.123.

Dimana

N_s = kecepatan putar dari medan putar stator dalam rpm

f = Frekuensi arus

P = banyaknya kutub

Garis-garis gaya fluks dari stator tersebut yang berputar akan memotong penghantar-penghantar rotor sehingga pada penghantar-penghantar tersebut timbul EMF (*Elektro Motoric Force*) atau Gerak Gaya Listrik (GGL) atau tegangan induksi.

2.7.2. Sirkuit Motor

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 510.5.3.2. h.400. Konduktor sirkuit akhir yang menyuplai 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.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 510.5.3.3. h.400. Bila pemanasan konduktor berkurang karena motor bekerja dengan daur kerja tertentu, seperti pembebanan singkat, intermiten, atau karena tidak semua motor bekerja bersamaan, dapat digunakan konduktor utama yang

lebih kecil daripada yang ditentukan paragraf diatas, asalkan konduktor tersebut mempunyai KHA cukup untuk beban maksimum yang ditentukan oleh ukuran dan jumlah motor yang disuplai, sesuai dengan sifat beban dan daur kerjanya.

2.7.2.1. Proteksi Beban Lebih

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 510.5.4.4.1. h.401. Jika sekering digunakan sebagai proteksi beban lebih, sekering itu harus dipasang pada setiap konduktor fase. Seperti yang terdapat dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Penempatan Unsur Pengindera Proteksi Arus Lebih (510.5-1)

Jenis motor	Sistem suplai	Jumlah dan tempat unsur pengindera
Fase tunggal a.b. atau a.s. Fase tunggal a.b.	2 kawat, fase tunggal a.b. atau a.s. tidak dibumikan 2 kawat, fase tunggal a.b. atau a.s., 1 konduktor dibumikan	1, pada salah satu konduktor 1, pada konduktor yang tak dibumikan
Trifase a.b	Setiap sistem trifase	2, pada dua konduktor fase
Jika motor disuplai melalui transformator yang dihubungkan dalam segitiga bintang atau bintang segitiga, instalasi berwenang dapat mengharuskan pemasangan tiga unsur sensor, satu pada setiap konduktor.		

Sumber : BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011) h.401.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 510.5.4.4.2. h.401. Jika digunakan gawai proteksi yang bukan sekering, tabel berikut menentukan penempatan dan jumlah minimum unsur pengindera seperti kumparan trip, relai, dan pemutus termal.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 510.5.4.7. h.402. Proteksi arus lebih untuk motor yang digunakan pada sirkit cabang serba guna harus diselenggarakan sebagai berikut:

- a) Satu motor atau lebih tanpa proteksi beban lebih dapat dihubungkan pada sirkit cabang serba guna, hanya apabila syarat yang ditentukan untuk setiap dua motor atau lebih dalam PUIL 2011 Ayat 510.5.6 terpenuhi.

- b) Motor dengan nilai pengenal lebih dari yang ditentukan dalam PUIL 2011 Ayat 510.5.6 dapat dihubungkan pada sirkit cabang serba guna, hanya apabila tiap motor diproteksi beban lebih.
- c) Jika motor dihubungkan pada sirkit akhir serba guna hanya dengan kontak tusuk, dan setiap proteksi beban lebih ditiadakan menurut butir a) diatas, nilai pengenal tidak boleh lebih dari 16A pada 125V atau 10A pada 250V. Jika proteksi beban lebih tersendiri, butir b) di atas mensyaratkan proteksi tersebut harus merupakan bagian dari motor atau peranti motor yang dilengkapi tusuk kontak.
- d) GBPL, yang melindungi sirkit akhir tempat motor atau peranti bermotor dihubungkan, harus mempunyai waktu tunda yang memungkinkan motor diasut dan mencapai putaran penuh.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 510.5.4.8. h.402. GBPL yang dapat mengulang asut secara otomatis setelah jatuh karena arus lebih, tidak boleh dipasang, kecuali bila hal itu diperbolehkan untuk motor yang diproteksi. Motor yang setelah berhenti dapat diulang asut secara otomatis, tidak boleh dipasang bila ulang asut otomatis itu dapat mengakibatkan kecelakaan.

2.7.2.2. Nilai Pengenal atau Setelan Gawai Proteksi

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 510.5.5.2.2. h.402. Untuk sirkit akhir yang menyuplai motor tunggal, nilai pengenal atau setelan proteksi arus hubung pendek tidak boleh melebihi nilai yang bersangkutan.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 510.5.5.3. h.402. Jumlah dan penempatan unsur pengindra gawai proteksi hubung

pendek harus sesuai dengan persyaratan mengenai gawai proteksi beban lebih dalam tabel 510.5-1.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 510.5.5.4. h.402. Gawai proteksi hubung pendek harus dengan serentak memutuskan konduktor tak dibumikan yang cukup jumlahnya untuk menghentikan arus ke motor.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 510.5.5.5. h.403. Jika tempat hubungan suatu cabang ke saluran utama tak dapat dicapai, proteksi arus lebih sirkit motor boleh dipasang di tempat yang dapat dicapai, asal konduktor antara sambungan dan proteksi mempunyai KHA sekurang – kurangnya $\frac{1}{3}$ KHA saluran utama, tetapi panjangnya tidak boleh lebih dari 10 m, dan dilindungi terhadap kerusakan mekanis.

2.8. Perangkat Hubung Bagi (PHB)

Menurut Sumardjati, dkk. (2008:43). PHB adalah panel hubung bagi / papan hubung bagi / panel berbentuk lemari, yang dapat dibedakan sebagai :

- a) Panel Utama : Panel Distribusi Utama
- b) Panel Cabang : Panel Sub Distribusi
- c) Panel Beban : Panel Sub Sub Distribusi

Untuk PHB sistem tegangan rendah, hantaran utamanya merupakan kabel pengumpan dan biasanya menggunakan NYFGBY

Di dalam panel biasanya busbar / rel dibagi menjadi dua segmen yang saling berhubungan dengan saklar pemisah, yang satu mendapat saluran masuk dari APP (pengusaha ketenagalistrikan) dan satunya lagi dari sumber listrik sendiri (genset). Dari kedua busbar didistribusikan ke beban secara langsung atau melalui SDP dan

atau SSDP. Tujuan busbar dibagi menjadi dua segmen ini adalah jika sumber listrik dari PLN mati akibat gangguan ataupun karena pemeliharaan, maka suplai ke beban tidak akan terganggu dengan adanya sumber listrik sendiri (genset) sebagai cadangan.

Peralatan pengaman arus listrik untuk penghubung dan pemutus terdiri dari :

- a) *Circuit Breaker (CB)*, seperti: MCB (*Miniatur Circuit Breaker*), MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*), NFB (*No Fuse Circuit Breaker*), ACB (*Air Circuit Breaker*), OCB (*Oil Circuit Breaker*), VCB (*Vacuum Circuit Breaker*), SF6CB (*Sulfur Circuit Breaker*)
- b) Sekering dan pemisah, seperti : *Switch* dan *Disconnecting Switch (DS)*
- c) Peralatan tambahan dalam PHB antara lain : Rele proteksi, - trafo tegangan, trafo arus, alat-alat ukur besaran listrik : amperemeter, voltmeter, frekuensi meter, cos meter, lampu-lampu tanda, dll.

2.9. Rugi Tegangan dalam Kawat Penghantar

Menurut Suryatmo (2002:96). Kerugian tegangan dalam kawat penghantar adalah tegangan yang hilang atau tegangan yang tak dapat dimanfaatkan. Dan kerugian ini disebabkan adanya kuat arus yang mengalir melalui penghantar. Jika tegangan yang terdapat pada transformator diberi simbol E_1 (U_1) dan tegangan pada alat pemakai diberi simbol E_2 (U_2), dimana $U_1 > U_2$ atau $E_1 > E_2$ (dibaca E_1 lebih besar daripada E_2).

Sehingga rugi tegangan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$E_r(U_r) = E_1 - E_2 \text{ dalam satuan Volt}$$

$$\text{Atau} \quad = U_1 - U_2$$

Disamping rugi tegangan dapat dinyatakan dalam Volt juga dapat dinyatakan dengan persen (%) dalam persamaan 2.2

$$\varepsilon = \frac{U_1 - U_2}{U_1} \times 100 \quad \text{Pers (2.2)}$$

Sumber : Suryatmo, F. Dasar-Dasar Teknik Listrik. (2002). h.97.

U_1 = tegangan transformator (volt)

U_2 = tegangan pada alat pemakai (volt)

Untuk menghitung besarnya rugi tegangan dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.3

$$U_r = \frac{2 \times I \times \rho \times l}{q} \quad \text{Pers (2.3)}$$

Sumber : Suryatmo, F. Dasar-Dasar Teknik Listrik. (2002). h.98.

Dimana

U_r = Tegangan rugi dalam satuan Volt

I = Kuat arus dalam satuan ampere

2 = Konstanta banyaknya kawat

ρ = Tahanan jenis dalam satuan Ω mm/m

l = Panjang kawat dalam satuan m

q = Penampang kawat dalam satuan mm^2

Karena $\rho = \frac{1}{g}$, maka pers 2.3 diatas dapat diubah menjadi pers 2.4

$$U_r = \frac{2 \times I \times l}{g \times q} \quad \text{Pers (2.4)}$$

Rumus mencari besaran penampang kawat minimum dalam pers 2.5

$$q = \frac{2 \times I \times \rho \times l}{U_r} \quad \text{Pers (2.5)}$$

Sumber : Suryatmo, F. Dasar-Dasar Teknik Listrik. (2002). h. 101.

Dimana

- q = Penampang kawat dalam satuan mm^2
 2 = Konstata banyaknya kawat
 I = Kuat arus dalam satuan ampere
 ρ = Tahanan jenis dalam satuan $\Omega \text{ mm/m}$
 l = Panjang kawat dalam satuan m
 U_r = Tegangan rugi yang diizinkan dalam satuan Volt

2.10. Analisis Instalasi Listrik Khusus

Analisis menurut KBBI adalah ana.li.sis : penyelidikan terhadap suatu peristiwa (karangan, perbuatan, dan sebagainya) untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya (sebab musabab, duduk perkaranya, dan sebagainya). Analisis bisa berarti juga penguraian suatu pokok atas berbagai bagiannya dan penelaahan bagian itu sendiri serta hubungan antarbagian untuk memperoleh pengertian yang tepat dan pemahaman arti keseluruhan. Sehingga bisa disimpulkan bahwa analisis instalasi listrik khusus adalah penyelidikan terhadap suatu instalasi listrik khusus untuk mengetahui keadaan atau kondisi yang sebenarnya atau penjelasan instalasi listrik khusus atas berbagai bagian dan sub-bagiannya serta penjelasan dari bagian atau sub-bagian itu sendiri untuk kemudian dihubungkan antar bagian dari instalasi listrik tersebut sehingga diperoleh gambaran dan pemahaman utuh terhadap instalasi listrik khusus tersebut. Analisis disini adalah kesesuaian, sehingga hanya melakukan pengamatan, pengukuran dan perhitungan dan kemudian dilihat kesesuaiannya dengan indikator dari Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011.

2.10.1. Instalasi Listrik Khusus

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 8.1. h.548. Instalasi khusus adalah instalasi listrik dengan karakteristik tertentu sehingga penyelenggaraannya memerlukan ketentuan tersendiri, misalnya instalasi derek, instalasi lampu pencahayaan tanda dan bentuk, dan lain-lain.

Instalasi menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 adalah “rakitan perlengkapan listrik yang memiliki karakteristik terkoordinasi untuk memenuhi keperluan spesifik. Khusus dalam KBBI artinya /khu·sus/ a khas; istimewa; tidak umum. Sehingga bisa diartikan, Instalasi Listrik Khusus adalah rakitan perlengkapan yang memiliki karakteristik yang tidak umum. Tidak seperti instalasi listrik rumah yang memiliki karakteristik instalasi dasar seperti adanya saklar biasa, kotak kontak biasa, lampu dan kabel yang biasa digunakan oleh khalayak umum. Instalasi listrik khusus berada dalam lingkup yang tidak dimiliki atau tidak digunakan dalam instalasi listrik dasar. Sehingga penyelenggaraannya membutuhkan ketentuan tersendiri yang tidak ada dalam instalasi listrik dasar, seperti instalasi derek, lift, instalasi listrik pada bandara dan instalasi listrik pada garbarata.

Garbarata disebut Instalasi Listrik Khusus disamping dikarenakan adanya penggunaan derek dan lift listrik yang dimana memerlukan pengaturan lebih khusus dalam instalasinya. Garbarata juga merupakan pengembangan dari terowongan yang terdiri dari bagian statis dan dinamis yang bisa bergerak maju – mundur, naik – turun dan kanan – kiri menggunakan motor – motor listrik.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 8.14. h.564. Bagian derek dan lift yang dapat dimasuki orang, harus dirancang sedemikian rupa sehingga sentuhan terhadap kolektor atau saluran kontak tidak

mungkin terjadi. BKT (Bagian Konduktor Terbuka) dari derek dan lift harus dilengkapi dengan konduktor proteksi yang baik atau ditempuh cara proteksi lain yang setaraf, untuk mencegah terjadinya voltase sentuh yang berbahaya.

PHBK (Papan Hubung Bagi dan Kendali) pada instalasi derek dan lift harus berbentuk lemari tertutup atau berbentuk lain yang setaraf. PHBK dengan relai otomatis, baik sebagai pengendali jauh maupun sebagai pengendali lain yang sejenis, boleh dipasang menyimpang dari ketentuan di atas, asalkan PHBK itu dipasang dalam ruang lain yang terpisah. Selain itu ia harus diamankan pula terhadap sentuh tak langsung, misalnya dengan insulasi proteksi sebagaimana yang telah ditentukan.

Derek harus dapat langsung dimatikan dari tempat operator, selain itu suplai tenaga harus dapat dimatikan pula dengan pemutus sirkit yang letaknya di lantai ruang kerja tidak jauh dari tempat operator bekerja.

Konduktor berinsulasi karet atau bahan yang setaraf harus dipasang dalam pipa instalasi atau jalur konduktor tertutup dan tahan kerusakan mekanis. Konduktor jenis lain harus diberi perlindungan yang setaraf. Konduktor fleksibel yang sering dipindah-pindahkan, hanya boleh digunakan jika berinsulasi karet dengan konstruksi kuat, konduktor berinsulasi lain yang setaraf dengan perisai logam yang fleksibel.

2.11. Indikator Kesesuaian Instalasi Listrik

Sebuah sistem instalasi listrik bisa dikatakan sesuai jika terpenuhinya persyaratan yang ditentukan atau harus ada. Sesuai dapat diartikan sebagai sesuatu yang sejalan dengan syarat serta aman dan dipakai. Instalasi listrik dikatakan sesuai apabila hasil verifikasi kesesuaiannya relevan dengan peraturan yang berlaku.

2.11.1. Gambar Instalasi Listrik

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 2.1.2.3.

Poin (B) dan (D) Bagian 2. h.46. Gambar instalasi listrik meliputi:

1. Desain tata letak yang menunjukkan dengan jelas letak perlengkapan listrik beserta sarana kendalinya (Pelayanannya), seperti titik lampu, kotak kontak, sakelar, motor listrik, PHBK dan lain-lain;
2. Desain hubungan perlengkapan listrik dengan gawai kendalinya seperti hubungan lampu dengan sakelarnya, motor dengan pengasutnya, dan dengan gawai pengatur kecepatannya, yang merupakan bagian akhir dari sirkit;
3. Gambar hubungan antara bagian sirkit akhir tersebut dalam butir (2.) dan PHBK yang bersangkutan, ataupun pemberian tanda dan keterangan yang jelas mengenai hubungan tersebut;
4. Tanda ataupun keterangan yang jelas setiap perlengkapan listrik.

Gambar garis tunggal meliputi:

1. Keterangan mengenai jenis dan besar beban yang terpasang dan pembagiannya;
2. Sistem pembumian dengan mengacu pada **PUIL 2011 Bag 3 – 312.2**;
3. Ukuran dan jenis konduktor yang dipakai.

2.11.2. Proteksi Terhadap Sentuh Langsung, Tak Langsung dan Kebakaran

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Lampiran E MOD E.1.1. h.143. GPAS yaitu gawai yang digunakan sebagai pemutus, yang peka terhadap arus sisa, yang dapat secara otomatis memutuskan sirkit termasuk penghantar netralnya, dalam waktu tertentu bila arus sisa yang timbul karena terjadinya kegagalan isolasi melebihi nilai tertentu sehingga bertahannya tegangan sentuh yang terlalu tinggi dapat dicegah. GPAS direkomendasi apabila proteksinya

lengkap, hanya tidak direkomendasikan untuk instalasi yang peka terhadap masalah KEM (kesesuaian elektromagnet). Rekomendasi pemilihan proteksi dalam sistem TN bisa dilihat di Tabel 2.3 yang mengacu pada BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Lampiran F MOD F.2. h.145.-

Tabel 2.3. Rekomendasi Pemilihan Sistem TN

Sistem Pembumian	Proteksi terhadap sentuh langsung	Proteksi terhadap sentuh tak langsung	Proteksi terhadap bahaya kebakaran
Sistem TN-S	$GPAS \leq 30 \text{ mA}$	GPAL atau GPAS	$GPAS \leq 500 \text{ mA}$

Sumber : BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011) h.145.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Lampiran E MOD E.1.2.1. h.143. Proteksi tambahan terhadap sentuh langsung adalah menggunakan GPAS dengan arus operasi sisa pengenalan maksimum 30 mA.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Lampiran E MOD E.1.2.2 Poin B . h.143. Proteksi tambahan terhadap sentuh tak langsung untuk Sistem TN-S berlaku PUIL 2011 Ayat 411.4.5 yaitu, dalam sistem TN, gawai proteksi berikut dapat digunakan untuk proteksi gangguan (proteksi terhadap sentuh tak langsung); a) Gawai Proteksi Arus Lebih (GPAL). b) Gawai Proteksi Arus Sisa (GPAS).

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Lampiran E MOD E.1.2.3. h.143. Proteksi dari bahaya kebakaran adalah menggunakan GPAS dengan arus operasi sisa pengenalan maksimum 500 mA.

2.11.3. Identitas Terminasi Konduktor dan Konduktor

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 134.1.3. h.13. Konduktor harus diidentifikasi sesuai dengan IEC 60446. Bila identifikasi terminal diperlukan, terminal harus diidentifikasi sesuai IEC 60445.

2.11.4. Penghantar

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 2.5.1. h.70. Penampang minimum pada konduktor sirkit masuk harus mempunyai penampang tidak kurang dari 4mm^2 untuk konduktor berinsulasi dan berpenyangga.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 2.6.1. h.71. Semua sirkit cabang dan sirkit akhir harus bermula pada PHBK utama atau PHBK distribusi. Semua konduktor fase dari suatu sirkit cabang atau sirkit akhir harus bermula dari satu PHBK.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 2.6.2. h.71. Penampang minimum sirkit cabang harus diperhitungkan semua beban sirkit akhir yang terhubung padanya. Direkomendasikan sebaiknya penampang sirkit cabang minimum 4mm^2 untuk mengantisipasi kebutuhan beban mendatang.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 312.2.1.1. h.98. Sistem TN-S, digunakan konduktor proteksi yang terpisah pada seluruh sistem.

2.11.5. Sirkit Motor

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 510.5.5. h.402. Setiap motor harus diproteksi tersendiri terhadap arus lebih yang diakibatkan oleh hubung pendek.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 510.5.5.2.1. h.402. Nilai pengenal atau setelan gawai proteksi arus hubung pendek

harus dipilih sehingga motor dapat diasut, sedangkan konduktor sirkit akhir, gawai kendali, dan motor, tetap diproteksi terhadap arus hubung pendek. Untuk sirkit akhir yang menyuplai motor tunggal, nilai pengenal atau setelan proteksi arus hubung pendek tidak boleh melebihi nilai yang bersangkutan.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 510.5.3. h.400. Konduktor sirkit akhir yang menyuplai motor tunggal tidak boleh mempunyai KHA kurang dari 125% arus pengenal beban penuh.

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 510.5.8 h.407. Subpasal motor harus dilengkapi syarat bagi sarana pemutus, yakni gawai yang memutuskan hubungan motor dan kendali dari sirkit sumber dayanya. Sarana pemutus harus dapat menunjukkan dengan jelas apakah sarana tersebut pada kedudukan terbuka atau tertutup. Sarana pemutus harus mempunyai kemampuan arus sekurang-kurangnya 115% dari arus beban penuh motor

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 510.5.4. h.400. Proteksi beban lebih (arus lebih) dimaksudkan untuk melindungi motor, dan perlengkapan kendali motor, terhadap pemanasan berlebihan sebagai akibat beban lebih atau sebagai akibat motor tak dapat diasut. Gawai proteksi beban lebih motor terdiri atas GPAL dan GPHP. Arus pengenal GPAL motor sekurang-kurangnya 110% - 115% arus pengenal motor. Arus pengenal GPHP harus dikoordinasikan dengan KHA kabel. Gawai proteksi beban lebih yang bukan sekering, pemutus termal atau proteksi termal, harus memutuskan sejumlah konduktor fase yang tak dibumikan secara cukup serta menghentikan arus ke motor. Pemutus termal, relai arus lebih, atau gawai proteksi beban lebih lainnya, yang tidak

mampu memutuskan arus hubung pendek, harus diproteksi secukupnya dengan GPHP.

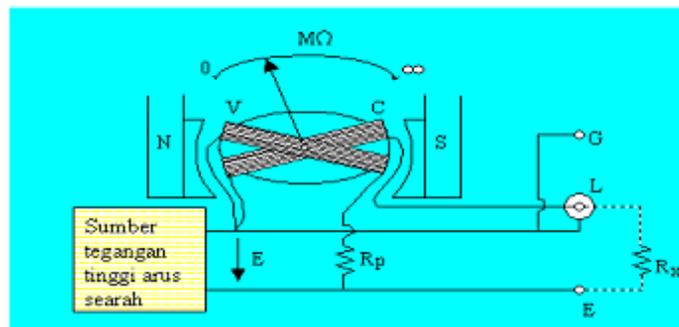
Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 510.5.1. h.398. Pada pelat nama setiap motor harus terdapat keterangan atau tanda mengenai hal berikut : Nama pembuat; Voltase pengenalan; Arus beban pengenalan; Daya pengenalan; Frekuensi pengenalan dari jumlah fase untuk motor arus bolak balik; Putaran permenit pengenalan; Suhu lingkungan pengenalan dan kenaikan suhu pengenalan; Kelas insulasi; Voltase kerja dan arus beban penuh sekunder untuk motor induksi rotor lilit; Jenis lilitan : shunt, kompon, atau seri untuk motor a.s; dan Daur kerja.

2.11.6. Perlengkapan Listrik

Menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Ayat 133. h.11. Setiap jenis perlengkapan listrik yang digunakan dalam instalasi listrik harus memenuhi standard SNI/IEC dan/atau standard lain yang berlaku. Jika tidak ada standard yang dapat diterapkan, maka jenis perlengkapan terkait harus dipilih dengan kesepakatan khusus antara orang yang menentukan spesifikasi instalasi dan instalatur.

2.12. Tahanan Isolasi

Menurut Scaddan (2005:60). Pengujian tahanan isolasi dilakukan untuk memastikan bahwa insulasi konduktor, aksesoris, dan perlengkapan berada dalam kondisi bagus, dan akan mencegah arus bocoran yang berbahaya di antara konduktor yang satu dengan konduktor yang lain dan di antara konduktor dengan tanah. Pengujian ini juga memperlihatkan apakah terdapat hubung-singkat.



Gambar 2.12. Pengukuran Tahanan Isolasi

Sumber : Sri Waluyanti, dkk (2008:210)

Menurut Waluyanti, dkk (2008:210). Tahanan isolasi adalah tahanan yang terdapat diantara dua kawat saluran yang diisolasi satu sama lain atau tahanan antara satu kawat saluran dengan tanah (*ground*). Pengukuran tahanan isolasi seperti yang terlihat pada gambar 2.12. Digunakan untuk memeriksa status isolasi rangkaian dan perlengkapan listrik, sebagai dasar pengendalian keselamatan.

Variasi tegangan tidak akan berpengaruh banyak terhadap harga pembacaan, karena hasilnya tidak ditentukan dari sumber tegangan arus searah. Sumber tegangan arus searah adalah sumber tegangan tinggi, yang dihasilkan dari pembangkit yang diputar dengan tangan. Umumnya tegangannya adalah 100, 250, 500, 1000 atau 2000 V. Sedangkan daerah pengukuran yang efektif adalah 0,02 sampai 20 M Ω dan 5 sampai 5.000 M Ω . Tetapi sekarang pengujian tahanan isolasi menggunakan sumber tegangan tinggi dari tegangan tetap sebesar 100 sampai 1.000 V yang didapat dari baterai sebesar 8 sampai 12 V dan disebut alat pengujian tahanan isolasi dengan baterai. Alat ini membangkitkan tegangan tinggi lebih stabil dibanding dengan yang menggunakan generator diputar dengan tangan.

2.12.1. Nilai Minimum Tahanan Isolasi

Menurut Scaddan (2005:62). Tabel 2.4 memberikan tegangan pengujian dan nilai-nilai minimum resistansi insulasi system ELV dan LV.

Tabel 2.4. Nilai Resistansi Insulasi Minimum

System	Tegangan Uji	Resistansi Insulasi Minimum
SELV dan PELV	250 V DC	0,25 M Ω
LV hingga 500 V	500 V DC	0,5 M Ω
Diatas 500 V	1000 V DC	1 M Ω

Sumber : Brian Scaddan, Sistem Pengawatan dan Pencarian Kesalahan (2005)

Jika tercatat nilai yang kurang dari 2 M Ω , ini merupakan tanda terjadinya suatu kesalahan, tetapi masih tetap memenuhi nilai izin minimumnya. Dalam hal ini, setiap rangkaian harus diuji secara terpisah untuk mengetahui rangkaian yang mengalami kesalahan.

Menurut Waluyanti, dkk (2008:210). Pengukuran tahanan isolasi untuk perlengkapan listrik menggunakan pengujian tahanan isolasi, yang mana pengoperasiannya pada waktu perlengkapan rangkaian listrik tidak bekerja atau tidak dialiri arus listrik. Secara umum bahan isolasi yang digunakan sebagai pelindung dalam saluran listrik atau sebagai pengisolir bagian satu dengan bagian lainnya harus memenuhi syarat-syarat yang sudah ditentukan. Harga tahanan isolasi antara dua saluran kawat pada peralatan listrik ditetapkan paling sedikit adalah 1000 x harga tegangan kerjanya. Misal tegangan yang digunakan adalah 220 V, maka besarnya tahanan isolasi minimal sebesar : $1000 \times 220 = 220.000 \Omega$ atau 220 K Ω . Ini berarti arus yang diizinkan di dalam tahanan isolasi 1 mA/V.

Apabila hasil pengukuran nilai lebih rendah dari syarat minimum yang sudah ditentukan, maka saluran/kawat tersebut kurang baik dan tidak dibenarkan kalau digunakan. Waktu melakukan pengukuran tahanan isolasi gunakan tegangan

arus searah sebesar 100 V atau lebih, ini disebabkan untuk mengalirkan arus yang cukup besar dalam tahanan isolasi. Di samping untuk menentukan besarnya tahanan isolasi, nilai tegangan ukur yang tinggi juga untuk menentukan kekuatan bahan isolasi dari saluran yang akan digunakan. Walaupun bahan - bahan isolasi yang digunakan cukup baik dan mempunyai tahanan isolasi yang tinggi, tetapi masih ada tempat-tempat yang lemah lapisan isolasinya, maka perlu dilakukan pengukuran.

2.13. Kerangka Berpikir

Kajian teknis bertujuan untuk menganalisis suatu rencana kegiatan atau proyek pembangunan ditinjau dari sudut teknologi. Teknologi yang dimaksud di sini difokuskan dalam bidang ketenagalistrikan.

Standarisasi suatu instalasi listrik berkaitan dengan persyaratan umum instalasi listrik yang sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 36 Tahun 2014. Tentang Pemberlakuan Standar Nasional Indonesia 0225:2011. Yaitu Pemberlakuan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 dan pengaplikasiannya untuk mengetahui instalasi listrik khusus pada Garbarata.

Penelitian ini dimaksudkan pengambilan data kualitas instalasi listrik yang digunakan di lapangan dengan cara mengisi tabel kriteria instalasi listrik yang diteliti dan dilakukan pengukuran diameter kabel, arus beban dan tahanan isolasi kemudian hasil data yang didapat, disesuaikan dengan kriteria pemasangan instalasi listrik berdasarkan PUIL 2011.

Bagian-bagian yang diamati antara lain adalah gambar instalasi listrik, proteksi panel terhadap sentuh langsung, tak langsung dan bahaya kebakaran akibat listrik, lalu penghantarnya dari saluran/sirkuit utama, saluran/sirkuit cabang, saluran/sirkuit akhir, dan penghantar bumi berikut warna identitas penghantar

tersebut. Lalu keterangan sirkit motor, dimulai dari pengaman hubung pendeknya, penghantar sirkit akhir, sarana pemutus tegangan, pengaman beban lebih dan keterangan motornya itu sendiri. Dan yang terakhir memeriksa keterangan perlengkapan listriknya.

Serta melakukan pengukuran terhadap diameter kabel menggunakan mikrometer sekrup untuk mendapatkan luas penampang kabel yang terpasang di instalasi, pengukuran arus beban motor menggunakan *Tang Ampere* untuk kemudian dianalisis kesesuaiannya. Dan pengukuran tahanan isolasi menggunakan *Megger Tester* untuk dianalisis kesesuaiannya.

Disamping itu juga memberikan pengetahuan terkait dengan sistem instalasi listrik khusus yang ada pada Garbarata dan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Peneliti mengangkat tema "Analisis Sistem Instalasi Listrik Khusus pada Garbarata Berdasarkan PUIL 2011 (Studi Kasus di PT. Bukaka Teknik Utama)". Tempat penelitian akan dilakukan di PT. Bukaka Teknik Utama Divisi Boarding Bridge di Cileungsi Bogor, dimana Garbarata ini dirakit dan dibuat. Adapun waktu penelitian dimulai Bulan Agustus 2016 sampai September 2016 dan dilaksanakan penelitian ulang pada Bulan Juli 2017.

3.2. Metode Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian deskriptif. Pada penelitian deskriptif ini penelitian hanya memaparkan saja gambaran yang terjadi pada fenomena yang dalam hal ini kegiatan yang diteliti. Kemudian diambil kesimpulan.

Penelitian deskriptif disini lebih menekankan pada penelitian evaluasi. Penelitian evaluasi menuntut persyaratan yang harus dipenuhi yaitu adanya kriteria, tolak ukur atau standard yang digunakan sebagai pembanding bagi data yang diperoleh (Arikunto : 2010, h.36).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survey dengan cara observasi. Observasi akan dilakukan pada objek yang diteliti yaitu Garbarata di PT. Bukaka Teknik Utama, dengan mengamati secara langsung dan mengambil data dengan cara inspeksi dan pengujian sistem instalasi listrik pada objek penelitian. Setelah memperoleh data, maka akan melakukan evaluasi dengan cara membandingkan data yang diperoleh dilapangan dengan kriteria atau standard yang telah ditetapkan. Dalam hal ini Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011.

Dengan metode penelitian yang digunakan, diharapkan dapat menentukan keberhasilan dalam melaksanakan penelitian guna untuk menjawab permasalahan yang terdapat dalam penelitian.

3.3. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah suatu alat yang digunakan mengukur fenomena alam maupun sosial yang diamati yang berguna dalam pengumpulan data secara sistematis.

1. Mega Ohm Meter (Megger Tester)

Alat ukur yang digunakan adalah Megger. Meger adalah alat untuk mengukur besarnya nilai tahanan isolasi. Pengukuran tahanan isolasi untuk perlengkapan listrik dapat menggunakan megger, yang mana pengoperasiannya pada waktu perlengkapan rangkaian listrik tidak bekerja atau tidak dialiri arus listrik. Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdapat dalam tabel 3.1

2. Digital Clamp Meter (Tang Ampere)

Alat ukur yang digunakan adalah Clamp Meter atau Tang Ampere untuk mengukur arus beban penuh (A) dalam sirkit motor dan sirkit listrik lainnya. Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdapat dalam tabel 3.1

3. Mikrometer Sekrup

Alat ukur yang digunakan adalah Mikrometer Sekrup untuk mengukur diameter kabel. Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdapat dalam tabel 3.1

Tabel 3.1 Keterangan Alat Ukur Penelitian

No.	Nama Alat	Merk dan Type
1.	Megger Tester	HIOKI 3119 - 11 Digital MΩ Hi Tester HIOKI 1993 No. 1015537
2.	Digital Clamp Meter/Tang Ampere	Digital Clamp Meter Merk VIP Model 3902
3.	Mikrometer Sekrup 0 - 25 x 0.01 mm	Tricle Band

4. Tabel Indikator Kesesuaian Instalasi Listrik

Tabel ini berisi item uji pemeriksaan kelengkapan komponen instalasi listrik pada Garbarata dan indikator yang bisa dilihat di tabel 3.2 sampai 3.11.

5. Tabel Keterangan Observasi Lapangan

Tabel ini berisi hasil observasi kelengkapan komponen instalasi listrik yang terdapat pada Garbarata secara terperinci dan yang seharusnya terpasang sesuai PUIL 2011 sesuai dengan indikator yang ada pada tabel 3.2 sampai 3.11. Tabel ini bisa dilihat pada tabel 3.12 sampai 3.18

6. Tabel Pengukuran Diameter Kabel

Tabel pengukuran diameter kabel pada Garbarata yang bisa dilihat di tabel 3.19

7. Tabel Pengukuran Arus Beban Motor Listrik

Tabel pengukuran arus beban pada beban motor Garbarata yang bisa dilihat di tabel 3.20.

8. Tabel Pengukuran Tahanan Isolasi

Tabel pengukuran tahanan isolasi pada kabel – kabel instalasi listrik Garbarata yang bisa dilihat di tabel 3.21.

3.4. Tahapan Penelitian

A. PERSIAPAN

- Memulai Penelitian
- Pengurusan Izin Administrasi
- Survey Objek Garbarata Penelitian

B. PELAKSANAAN

- Mendeskripsikan Objek Garbarata Penelitian
- Observasi kelayakan komponen Instalasi Listrik

- Pengukuran diameter kabel menggunakan mikrometer sekrup
- Pengukuran tahanan isolasi menggunakan Megger Tester
- Pengukuran arus beban sirkit motor menggunakan Tang Ampere

C. PELAPORAN

- Menjabarkan hasil Inspeksi Instalasi Listrik
- Analisis hasil pengukuran diameter kabel
- Analisis hasil uji Resistansi Insulasi
- Analisis hasil Pengukuran arus beban sirkit motor
- Penarikan kesimpulan kesesuaian instalasi listrik dengan PUIL 2011

3.5. Teknik Pengumpulan Data

3.5.1. Verifikasi Instalasi Listrik

Yang dimaksud dengan Verifikasi menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011) Ayat 6.3.1 h.449. Adalah “semua tindakan untuk memeriksa kesesuaian instalasi listrik dengan persyaratan yang relevan dari PUIL”.

Setiap instalasi harus diverifikasi selama pemasangan, sejauh dapat dipraktikkan dengan wajar, dan pada saat penyelesaian, sebelum difungsikan dalam pelayanan oleh penggunanya. Verifikasi awal harus mencakup perbandingan dari hasil dengan kriteria yang relevan untuk memastikan bahwa persyaratan PUIL telah terpenuhi.

3.5.2. Inspeksi Instalasi Listrik

Yang dimaksud dengan Inspeksi menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011) Ayat 6.3.2 h.449. adalah “pemeriksaan instalasi listrik dengan menggunakan semua indera guna memastikan pemilihan yang benar dan pemasangan yang tepat dari perlengkapan listrik”.

3.5.3. Pengujian Instalasi Listrik

Yang dimaksud dengan Pengujian menurut BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011) Ayat 6.3.3 h.450. Adalah “implementasi tindakan pada instalasi listrik untuk membuktikan keefektifan instalasi tersebut”. Inspeksi tindakan ini mencakup pemastian nilai dengan sarana instrumen ukur yang sesuai, yang nilainya tidak dapat dideteksi dengan inspeksi.

3.5.4. Metode Observasi

Metode observasi yang digunakan untuk mengetahui sistem instalasi listrik beserta komponennya apakah sudah sesuai dengan standard yang ada dalam hal ini PUIL 2011, pada Sistem Mekanikal dan Elektrikal pada *Passenger Boarding Bridge*. Peneliti akan melakukan pengamatan secara langsung kepada objek yang diteliti dan hal yang akan dilakukan adalah dengan melakukan pengukuran pada sistem instalasi listrik pada Garbarata.

3.6. Teknik Analisis Data

Menurut kutipan Bogdan yang diterjemahkan dalam buku berjudul Metode Penelitian Kombinasi oleh Sugiyono, analisis data adalah proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil wawancara, catatan lapangan (observasi), dan bahan-bahan lain sehingga mudah difahami dan temuannya dapat diinformasikan ke orang lain. Analisis data dilakukan dengan mengorganisasikan data, menjabarkan ke dalam unit-unit, melakukan sintesa, menyusun ke dalam pola, memilih mana yang penting dan membuat kesimpulan yang dapat diceritakan kepada orang lain.

Analisis data kualitatif adalah bersifat induktif, yaitu suatu analisis berdasarkan data yang diperoleh, selanjutnya dikembangkan. Proses analisis data sebagai berikut :

1. Melakukan analisis pembagian data, dimulai dari analisis data hasil observasi, analisis hasil pengukuran dan analisis hasil perhitungan.
2. Membuat analisis keseluruhan dengan membuat hubungan antar aspek yang berkaitan lalu disesuaikan dengan standar PUIL 2011 yang ada.

TABEL INDIKATOR KESESUAIAN INSTALASI LISTRIK

Tabel 3.2 Keterangan Gambar Instalasi

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
Gambar Instalasi Gambar instalasi sesuai dengan yang terpasang Menurut PUIL 2011 - 2.1.2.3. Poin (B) dan (D) Bagian 2 Gambar instalasi listrik meliputi:	Desain tata letak yang menunjukkan dengan jelas letak perlengkapan listrik beserta sarana kendalinya (Pelayanannya), seperti titik lampu, kotak kontak, sakelar, motor listrik, PHBK dan lain-lain;		Dengan melihat gambar instalasi listrik dan tabel kejelasan letak perlengkapan listrik
	Desain hubungan perlengkapan listrik dengan gawai kendalinya seperti hubungan lampu dengan sakelarnya, motor dengan pengasutnya, dan dengan gawai pengatur kecepatannya, yang merupakan bagian akhir dari sirkit;		Dengan melihat gambar instalasi listrik dan diagram kendali motor
	Gambar hubungan antara bagian sirkit akhir tersebut dalam butir (2.) dan PHBK yang bersangkutan, ataupun pemberian tanda dan keterangan yang jelas mengenai hubungan tersebut;		Dengan melihat gambar instalasi listrik
	Tanda ataupun keterangan yang jelas setiap perlengkapan listrik.		Dengan melihat gambar instalasi listrik dan tabel identitas komponen dan pengenalnya
Diagram garis tunggal sesuai dengan yang terpasang Gambar garis tunggal meliputi:	Keterangan mengenai jenis dan besar beban yang terpasang dan pembagiannya;		Dengan melihat gambar instalasi listrik dan tabel identitas komponen dan pengenalnya
	Sistem pembumian dengan mengacu pada PUIL 2011 Bag 3 – 312.2 ;		Dengan melihat gambar instalasi listrik
	Ukuran dan jenis konduktor yang dipakai.		Dengan melihat gambar instalasi listrik dan tabel ukuran serta jenis konduktor pada lokasi yang telah ditentukan

Tabel 3.3 Keterangan Proteksi Panel Terhadap Sentuh Langsung, Tak Langsung dan Bahaya Kebakaran akibat Listrik

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
Proteksi Sentuh Langsung	Menurut PUIL 2011 – LAMPIRAN E MOD E.1.2.1 Bag 4-41 “GPAS dengan arus operasi sisa pengenal maksimum 30 mA ($GPAS \leq 30$ mA)”		Dengan melihat ada/tidak nya komponen proteksi dan <i>nameplate</i>
Proteksi sentuh tak langsung	Menurut PUIL 2011 – LAMPIRAN E MOD E.1.2.2 Bag 4-41 Poin B “Untuk Sistem TN-S berlaku PUIL 2011 – 411.4.5 ” “Dalam sistem TN, gawai proteksi berikut dapat digunakan untuk proteksi gangguan (proteksi terhadap sentuh tak langsung) <ul style="list-style-type: none"> • Gawai Proteksi Arus Lebih (GPAL) • Gawai Proteksi Arus Sisa (GPAS) Diterangkan juga dalam PUIL 2011 – LAMPIRAN F MOD Bag 4 Poin 2		Dengan melihat ada/tidak nya komponen proteksi dan <i>nameplate</i>
Proteksi bahaya kebakaran akibat listrik	Menurut PUIL 2011 – LAMPIRAN E MOD E.1.2.3 Bag 4-41 “GPAS dengan arus operasi sisa pengenal maksimum 500 mA ($GPAS \leq 500$ mA)”		Dengan melihat ada/tidak nya komponen proteksi dan <i>nameplate</i>

Tabel 3.4 Keterangan Identitas Terminasi Konduktor dan Konduktor

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
Identitas Konduktor 1P LINE 3 P LINE L1 L2 L3 NETRAL PE	Menurut PUIL 2011 –134.1.3 Bag 1 “Konduktor harus diidentifikasi sesuai dengan IEC 60446. Bila identifikasi terminal diperlukan, terminal harus diidentifikasi sesuai IEC 60445.” Menurut PUIL 2011 - 5210.1 MOD Bag 5-52 Warna kabel loreng hijau-kuning untuk menandai konduktor pembumian, dan warna kabel biru untuk menandai konduktor netral atau kawat tengah		Dengan melihat identitas komponen/warna identitas konduktor fasa, netral dan pembumian serta didokumentasikan dalam bentuk foto

Tabel 3.5 Keterangan Penghantar Saluran/Sirkuit Utama

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
PENGHANTAR (mm ²) Menurut PUIL 2011 – 2.5.1 Bag 2	Penampang minimum pada konduktor sirkuit masuk harus mempunyai penampang tidak kurang dari 4mm² untuk konduktor berinsulasi dan berpenyangga		Dengan melihat nameplate ukuran kabel, tabel <i>selection guide</i> perhitungan arus beban, pengukuran diameter kabel dan perhitungan drop voltase
Hubungan Sirkuit Menurut PUIL 2011 – 2.6.1 Bag 2	Semua sirkuit cabang dan sirkuit akhir harus bermula pada PHBK utama atau PHBK distribusi. Semua konduktor fase dari suatu sirkuit cabang atau sirkuit akhir harus bermula dari satu PHBK		Dengan melihat gambar instalasi listrik

Tabel 3.6 Keterangan Penghantar Saluran/Sirkuit Cabang

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
PENGHANTAR (mm ²) Menurut PUIL 2011 – 2.6.2 Bag 2	Penampang minimum sirkuit cabang haru diperhitungkan semua beban sirkuit akhir yang terhubung padanya. Direkomendasikan sebaiknya penampang sirkuit cabang minimum 4 mm² untuk mengantisipasi kebutuhan beban mendatang.		Dengan melihat nameplate ukuran kabel, tabel <i>selection guide</i> perhitungan arus beban, pengukuran diameter kabel dan perhitungan drop voltase
Hubungan Sirkuit Menurut PUIL 2011 – 2.6.1 Bag 2	Semua sirkuit cabang dan sirkuit akhir harus bermula pada PHBK utama atau PHBK distribusi. Semua konduktor fase dari suatu sirkuit cabang atau sirkuit akhir harus bermula dari satu PHBK		Dengan melihat gambar instalasi listrik

Tabel 3.7 Keterangan Penghantar Saluran/Sirkuit Akhir

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
PENGHANTAR (mm ²) Menurut PUIL 2011 – 524.1	Luas penampang konduktor lin dalam sirkuit a.b. dan konduktor aktif dalam sirkuit a.s.tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan dalam Tabel 52-5.		Dengan melihat nameplate ukuran kabel, tabel <i>selection guide</i> perhitungan arus beban, pengukuran diameter kabel dan perhitungan drop voltase
Hubungan Sirkuit Menurut PUIL 2011 – 2.6.1 Bag 2	Semua sirkuit cabang dan sirkuit akhir harus bermula pada PHBK utama atau PHBK distribusi. Semua konduktor fase dari suatu sirkuit cabang atau sirkuit akhir harus bermula dari satu PHBK		Dengan melihat gambar instalasi listrik

Tabel 3.8 Keterangan Penghantar Bumi

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
Hubungan Sirkit Menurut PUIL 2011 – 312.2.1.1 Bag 3	Sistem TN-S, digunakan konduktor proteksi yang terpisah pada seluruh sistem		Dengan melihat gambar instalasi listrik

Tabel 3.9 Keterangan Sirkit Motor

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
PENGAMAN HUBUNG PENDEK Menurut PUIL 2011 - 510.5.5 Bag 5-10	Setiap motor harus diproteksi tersendiri terhadap arus lebih yang diakibatkan oleh hubung pendek (PUIL 2011 - 510.5.5.1)		Dengan melihat ada/tidaknya komponen proteksi dan <i>nameplate</i>
	Untuk sirkit akhir yang menyuplai motor tunggal, nilai pengenalan atau setelan proteksi arus hubung pendek tidak boleh melebihi nilai yang bersangkutan dalam PUIL 2011 - TABEL 5105-2 Bag 5		Dengan melihat ada/tidaknya komponen proteksi dan <i>nameplate</i> , melakukan perhitungan arus beban dan melakukan perbandingan dengan tabel <i>Selection Guide</i>
SIRKIT MOTOR Menurut PUIL 2011 - 510.5.3 Bag 5-10	Konduktor sirkit akhir yang menyuplai motor tunggal tidak boleh mempunyai KHA kurang dari 125% arus pengenalan beban penuh. (PUIL 2011 - 510.5.3.1)		Dengan melihat ada/tidaknya komponen proteksi dan <i>nameplate</i> , melakukan perhitungan arus beban dan melakukan perbandingan dengan tabel <i>Selection Guide</i>
SARANA PEMUTUS Menurut PUIL 2011 - 510.5.8 Bag 5-10	Subpasal motor harus dilengkapi syarat bagi sarana pemutus, yakni gawai yang memutuskan hubungan motor dan kendali dari sirkit sumber dayanya (PUIL 2011 - 510.5.8.1)		Dengan melihat ada/tidaknya komponen proteksi dan <i>nameplate</i>
	Sarana pemutus harus dapat menunjukkan dengan jelas apakah sarana tersebut pada kedudukan terbuka atau tertutup (PUIL 2011 - 510.5.8.3.2)		Dengan melihat ada/tidaknya dan kedudukan komponen proteksi (NO/NC) dan <i>nameplate</i>
	Sarana pemutus harus mempunyai kemampuan arus sekurang-kurangnya 115% dari arus beban penuh motor (PUIL 2011 - 510.5.8.3.3)		Dengan melihat ada/tidaknya komponen proteksi dan <i>nameplate</i> , melakukan perhitungan arus beban dan melakukan perbandingan dengan tabel <i>Selection Guide</i>

Tabel 3.10 Keterangan Sirkit Motor (Lanjutan)

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
PENGAMAN BEBAN LEBIH Menurut PUIL 2011 - 510.5.4 Bag 5-10	Proteksi beban lebih (arus lebih) dimaksudkan untuk melindungi motor, dan perlengkapan kendali motor, terhadap pemanasan berlebihan sebagai akibat beban lebih atau sebagai akibat motor tak dapat diasut (PUIL 2011 - 510.5.4.1)		Dengan melihat ada/tidak nya komponen proteksi dan <i>nameplate</i>
	Gawai proteksi beban lebih motor terdiri atas GPAL dan GPHP. Arus pengenal GPAL motor sekurang-kurangnya 110% - 115% arus pengenal motor. Arus pengenal GPHP harus dikoordinasikan dengan KHA kabel. (PUIL 2011 - 510.5.4.3)		Dengan melihat ada/tidak nya komponen proteksi dan <i>nameplate</i> , melakukan perhitungan arus beban dan melakukan perbandingan dengan tabel <i>Selection Guide</i>
MOTOR Menurut PUIL 2011 - 510.5.1 Bag 5-10 Pada pelat nama setiap motor harus terdapat keterangan atau tanda mengenai hal berikut :	Nama pembuat; (Merk)		Dengan melihat ada/tidak nya tanda keterangan pada <i>nameplate</i> motor
	Voltase pengenal; (V)		
	Arus beban pengenal; (A)		
	Daya pengenal; (kW)		
	Frekuensi pengenal dari jumlah fase untuk motor arus bolak balik; (Hz)		
	Putaran permenit pengenal; (1/Min)		
	Suhu lingkungan pengenal dan kenaikan suhu pengenal; (°C)		
	Kelas insulasi; (Th Cl)		
Daur kerja.			

Tabel 3.11 Keterangan Perlengkapan Listrik

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
Keterangan Perlengkapan MCCB MCB TOLR MC TERMINAL PENGHANTAR	Menurut PUIL 2011 - 133.1 Bag 1 MOD (2.4.1.1) “Setiap jenis perlengkapan listrik yang digunakan dalam instalasi listrik harus memenuhi standard SNI/IEC dan/atau standard lain yang berlaku. Jika tidak ada standard yang dapat diterapkan, maka jenis perlengkapan terkait harus dipilih dengan kesepakatan khusus antara orang yang menentukan spesifikasi instalasi dan instalatur.”		Dengan melihat keterangan setiap komponen dan <i>nameplate</i>

TABEL OBSERVASI KESESUAIAN INSTALASI LISTRIK

Tabel 3.12 Daftar Komponen dan Kejelasan letak Komponen

Komponen	Identifikasi Komponen	Tata Letak (Jelas/Tidak)
Pemutus Tegangan		
KHA Penghantar		
Pengaman Thermal		
Kontaktor Kendali		
Motor Listrik		
Panel Hubung Bagi dan Kendali		
Penerangan		

Tabel 3.13 Kelengkapan Sistem Proteksi TN di Garbarata

Sistem Pembumian	Proteksi terhadap sentuh langsung	Proteksi terhadap sentuh tak langsung	Proteksi terhadap bahaya kebakaran	Kelengkapan Komponen
Sistem TN-S	GPAS \leq 30 mA	GPAL atau GPAS	GPAS \leq 500 mA	Ada/Tidak

Tabel 3.14 Notasi Konduktor dan Identitas Warna Konduktor pada Garbarata

Notasi Konduktor	Identitas Warna
R	
S	
T	
G	
L ₁	
N	
L ₂	

Tabel 3.15 Daftar Lokasi Kabel, Nomenklatur dan Ukurannya pada Garbarata

Sirkuit	Lokasi Kabel	Nomenklatur Kabel	Ukuran
Sirkuit Utama			
Sirkuit Cabang			
Sirkuit Akhir			

Tabel 3.16 Keterangan Motor pada Garbarata

Item Uji	Motor Horizontal	Motor Vertical	Motor Cabin
Nama Pembuat			
Voltase Pengenal			
Arus Beban Pengenal			
Daya Pengenal			
Frekuensi Pengenal			
Putaran Pengenal			
Suhu Lingkungan Pengenal			
Kelas Insulasi			
Daur Kerja			

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Gambaran Garbarata Penelitian

Sebelum menganalisa kesesuaian teknis sistem instalasi listrik khusus pada Garbarata, terlebih dahulu menggambarkan bentuk fisik dan data Garbarata seperti yang terdapat pada lampiran 15 yang terdapat pada halaman 128.

Pada penelitian kali ini, Garbarata yang menjadi objek penelitian adalah milik Departemen Penelitian dan Pengembangan Divisi *Boarding Bridge* PT. Bukaka Teknik Utama yang berada di lapangan uji coba. Garbarata ini berfungsi untuk melakukan riset dan pengembangan dengan tujuan menciptakan Garbarata yang memiliki teknologi termutakhir pada zamannya, sehingga proses percobaan demi percobaan untuk mencoba teknologi teknologi terbaru diujicobakan pada garbarata ini.

Salah satu jenis yang sedang dikembangkan adalah teknologi “*slopeless*”, yaitu teknologi permukaan yang rata didalam terowongannya, tidak ada sekat antara permukaan lantai didalam terowongannya.

Garbarata ini sudah memasuki 2 tahun pengoperasian dari semenjak dipasang di lapangan uji coba memiliki spesifikasi R3 18/36, artinya garbarata ini mempunyai 3 terowongan dengan panjang dalam keadaan *retract* \pm 18 meter dan panjang dalam keadaan *extend* \pm 36 meter. Artinya garbarata ini melakukan *travel* sepanjang \pm 18 meter.

4.1.2. Data Hasil Observasi Indikator Kesesuaian

Tabel 4.1 Keterangan Gambar Instalasi

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
Gambar Instalasi Gambar instalasi sesuai dengan yang terpasang Menurut PUIL 2011 - 2.1.2.3. Poin (B) dan (D) Gambar instalasi listrik meliputi:	Desain tata letak yang menunjukkan dengan jelas letak perlengkapan listrik beserta sarana kendalinya (Pelayanannya), seperti titik lampu, kotak kontak, sakelar, motor listrik, PHBK dan lain-lain;	√	1) Gambar Mekanik terdapat pada Lampiran 27 2) Tabel 4.23 Daftar Komponen dan Kejelasan Letak Komponen
	Desain hubungan perlengkapan listrik dengan gawai kendalinya seperti hubungan lampu dengan sakelarnya, motor dengan pengasutnya, dan dengan gawai pengatur kecepatannya, yang merupakan bagian akhir dari sirkit;	√	1) Gambar Instalasi Listrik terdapat pada Lampiran 22, 26 dan 26
	Gambar hubungan antara bagian sirkit akhir tersebut dalam butir (2.) dan PHBK yang bersangkutan, ataupun pemberian tanda dan keterangan yang jelas mengenai hubungan tersebut;	√	1) Gambar Instalasi Listrik terdapat pada Lampiran 22 dan 24
	Tanda ataupun keterangan yang jelas setiap perlengkapan listrik.	√	1) Gambar Instalasi Listrik terdapat pada Lampiran 24 2) Tabel 4.23 Daftar Komponen dan Besaran Pengenal
Diagram garis tunggal sesuai dengan yang terpasang Gambar garis tunggal meliputi:	Keterangan mengenai jenis dan besar beban yang terpasang dan pembagiannya;	√	1) Gambar Instalasi Listrik terdapat pada Lampiran 25 2) Tabel 4.23 Daftar Komponen dan Besaran Pengenal
	Sistem pembumian dengan mengacu pada PUIL 2011 Bag 3 – 312.2 ;	√	1) Gambar Instalasi Listrik terdapat pada Lampiran 22 dan 24
	Ukuran dan jenis konduktor yang dipakai.	√	1) Gambar Instalasi Listrik terdapat pada Lampiran 22 dan 25 2) Tabel 4.27 Daftar Lokasi Penggunaan Kabel, Nomenklatur dan Ukurannya

Tabel 4.2 Keterangan Proteksi Panel Terhadap Sentuh Langsung, Tak Langsung dan Bahaya Kebakaran akibat Listrik

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
Proteksi Sentuh Langsung	Menurut PUIL 2011 – LAMPIRAN E MOD E.1.2.1 Bag 4-41 “GPAS dengan arus operasi sisa pengenalan maksimum 30 mA (GPAS \leq 30 mA)”	√	1) Tabel 4.24 Kelengkapan Sistem Proteksi TN
Proteksi sentuh tak langsung	Menurut PUIL 2011 – LAMPIRAN E MOD E.1.2.2 Bag 4-41 Poin B “Untuk Sistem TN-S berlaku PUIL 2011 – 411.4.5 ” “Dalam sistem TN, gawai proteksi berikut dapat digunakan untuk proteksi gangguan (proteksi terhadap sentuh tak langsung) <ul style="list-style-type: none"> • Gawai Proteksi Arus Lebih (GPAL) • Gawai Proteksi Arus Sisa (GPAS) Diterangkan juga dalam PUIL 2011 – LAMPIRAN F MOD Bag 4 Poin 2	√	1) Tabel 4.24 Kelengkapan Sistem Proteksi TN
Proteksi bahaya kebakaran akibat listrik	Menurut PUIL 2011 – LAMPIRAN E MOD E.1.2.3 Bag 4-41 “GPAS dengan arus operasi sisa pengenalan maksimum 500 mA (GPAS \leq 500 Ma)”	√	1) Tabel 4.24 Kelengkapan Sistem Proteksi TN

Tabel 4.3 Keterangan Identitas Terminasi Konduktor dan Konduktor

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
Identitas Konduktor 1P LINE 3 P LINE L1 L2 L3 NETRAL PE	Menurut PUIL 2011 –134.1.3 Bag 1 “Konduktor harus diidentifikasi sesuai dengan IEC 60446. Bila identifikasi terminal diperlukan, terminal harus diidentifikasi sesuai IEC 60445.” Menurut PUIL 2011 - 5210.1 MOD Bag 5-52 Warna kabel loreng hijau-kuning untuk menandai konduktor pembumian, dan warna kabel biru untuk menandai konduktor netral atau kawat tengah	X	1) Tabel 4.26 Notasi Konduktor dan Identitas Warna Konduktor 2) Foto bisa dilihat pada Lampiran 16

Tabel 4.4 Keterangan Penghantar Bumi

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
Hubungan Sirkuit Menurut PUIL 2011 – 312.2.1.1 Bag 3	Sistem TN-S, digunakan konduktor proteksi yang terpisah pada seluruh sistem	√	1) Gambar Instalasi Listrik terdapat pada Lampiran 22 dan 24

Tabel 4.5 Keterangan Penghantar Saluran/Sirkuit Utama

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
PENGHANTAR (mm ²) Menurut PUIL 2011 – 2.5.1 Bag 2	Penampang minimum pada konduktor sirkuit masuk harus mempunyai penampang tidak kurang dari 4mm² untuk konduktor berinsulasi dan berpenyangga	√	1) Tabel 4.27 Daftar Lokasi Penggunaan Kabel, Nomenklatur dan Ukurannya 2) Tabel <i>selection guide</i> pada Lampiran 4 dan 5 3) Tabel 4.11 Pengukuran diameter kabel 4) Tabel 4.30, 4.31, dan 4.37 perhitungan kesesuaian sirkuit 5) Tabel 4.35 Luas Penampang Minimum Kabel
Hubungan Sirkuit Menurut PUIL 2011 – 2.6.1 Bag 2	Semua sirkuit cabang dan sirkuit akhir harus bermula pada PHBK utama atau PHBK distribusi. Semua konduktor fase dari suatu sirkuit cabang atau sirkuit akhir harus bermula dari satu PHBK	√	1) Gambar Instalasi Listrik terdapat pada Lampiran 22

Tabel 4.6 Keterangan Penghantar Saluran/Sirkuit Cabang

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
PENGHANTAR (mm ²) Menurut PUIL 2011 – 2.6.2 Bag 2	Penampang minimum sirkuit cabang haru diperhitungkan semua beban sirkuit akhir yang terhubung padanya. Direkomendasikan sebaiknya penampang sirkuit cabang minimum 4 mm² untuk mengantisipasi kebutuhan beban mendatang.	√	1) Tabel 4.27 Daftar Lokasi Penggunaan Kabel, Nomenklatur dan Ukurannya 2) Tabel <i>selection guide</i> pada Lampiran 4 dan 5 3) Tabel 4.11 Pengukuran diameter kabel 4) Tabel 4.30, 4.31, dan 4.37 Perhitungan kesesuaian sirkuit 5) Tabel 4.35 Luas Penampang Minimum Kabel
Hubungan Sirkuit Menurut PUIL 2011 – 2.6.1 Bag 2	Semua sirkuit cabang dan sirkuit akhir harus bermula pada PHBK utama atau PHBK distribusi. Semua konduktor fase dari suatu sirkuit cabang atau sirkuit akhir harus bermula dari satu PHBK	√	1) Gambar Instalasi Listrik terdapat pada Lampiran 22

Tabel 4.7 Keterangan Penghantar Saluran/Sirkuit Akhir

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
PENGHANTAR (mm ²) Menurut PUIL 2011 – 524.1	Luas penampang konduktor lin dalam sirkuit a.b. dan konduktor aktif dalam sirkuit a.s.tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan dalam Tabel 52-5.	√	1) Tabel 4.27 Daftar Lokasi Penggunaan Kabel, Nomenklatur dan Ukurannya 2) Tabel <i>selection guide</i> pada Lampiran 4 dan 5 3) Tabel 4.11 Pengukuran diameter kabel 4) Tabel 4.30, 4.31, dan 4.37 Perhitungan kesesuaian sirkuit 5) Tabel 4.35 Luas Penampang Minimum Kabel
Hubungan Sirkuit Menurut PUIL 2011 – 2.6.1 Bag 2	Semua sirkuit cabang dan sirkuit akhir harus bermula pada PHBK utama atau PHBK distribusi. Semua konduktor fase dari suatu sirkuit cabang atau sirkuit akhir harus bermula dari satu PHBK	√	1) Gambar Instalasi Listrik terdapat pada Lampiran 22

Tabel 4.8 Keterangan Sirkuit Motor

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
PENGAMAN HUBUNG PENDEK Menurut PUIL 2011 - 510.5.5 Bag 5-10	Setiap motor harus diproteksi tersendiri terhadap arus lebih yang diakibatkan oleh hubung pendek (PUIL 2011 - 510.5.5.1)	√	1) Tabel 4.29 Daftar Komponen dan Besaran Pengenal
	Untuk sirkuit akhir yang menyuplai motor tunggal, nilai pengenalan atau setelan proteksi arus hubung pendek tidak boleh melebihi nilai yang bersangkutan dalam PUIL 2011 - TABEL 5105-2 Bag 5	√	1) Tabel 4.29 Daftar Komponen dan Besaran Pengenal 2) Tabel 4.30, 4.31 Perhitungan Sirkuit Motor Berdasarkan Nameplat
SIRKIT MOTOR Menurut PUIL 2011 - 510.5.3 Bag 5-10	Konduktor sirkuit akhir yang menyuplai motor tunggal tidak boleh mempunyai KHA kurang dari 125% arus pengenalan beban penuh. (PUIL 2011 - 510.5.3.1)	√	1) Tabel 4.29 Daftar Komponen dan Besaran Pengenal 2) Tabel 4.30, 4.31 Perhitungan Sirkuit Motor Berdasarkan Nameplat

Tabel 4.9 Keterangan Sirkit Motor (Lanjutan)

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
SARANA PEMUTUS Menurut PUIL 2011 - 510.5.8 Bag 5-10	Subpasal motor harus dilengkapi syarat bagi sarana pemutus, yakni gawai yang memutuskan hubungan motor dan kendali dari sirkit sumber daya nya (PUIL 2011 - 510.5.8.1)	√	1) Tabel 4.29 Daftar Komponen dan Besaran Pengenal
	Sarana pemutus harus dapat menunjukkan dengan jelas apakah sarana tersebut pada kedudukan terbuka atau tertutup (PUIL 2011 - 510.5.8.3.2)	√	1) Tabel 4.29 Daftar Komponen dan Besaran Pengenal
	Sarana pemutus harus mempunyai kemampuan arus sekurang-kurangnya 115% dari arus beban penuh motor (PUIL 2011 - 510.5.8.3.3)	√	1) Tabel 4.29 Daftar Komponen dan Besaran Pengenal 2) Tabel 4.30, 4.31 Perhitungan Sirkit Motor Berdasarkan Nameplat
PENGAMAN BEBAN LEBIH Menurut PUIL 2011 - 510.5.4 Bag 5-10	Proteksi beban lebih (arus lebih) dimaksudkan untuk melindungi motor, dan perlengkapan kendali motor, terhadap pemanasan berlebihan sebagai akibat beban lebih atau sebagai akibat motor tak dapat diasut (PUIL 2011 - 510.5.4.1)	√	1) Tabel 4.29 Daftar Komponen dan Besaran Pengenal
	Gawai proteksi beban lebih motor terdiri atas GPAL dan GPHP. Arus pengenal GPAL motor sekurang-kurangnya 110% - 115% arus pengenal motor. Arus pengenal GPHP harus dikoordinasikan dengan KHA kabel. (PUIL 2011 - 510.5.4.3)	√	1) Tabel 4.29 Daftar Komponen dan Besaran Pengenal 2) Tabel 4.30, 4.31 Perhitungan Sirkit Motor Berdasarkan Nameplat
MOTOR Menurut PUIL 2011 - 510.5.1 Bag 5-10 Pada pelat nama setiap motor harus terdapat keterangan atau tanda mengenai hal berikut :	Nama pembuat; (Merk)	√	1) Tabel 4.33 Keterangan Motor
	Voltase pengenal; (V)	√	
	Arus beban pengenal; (A)	√	
	Daya pengenal; (kW)	√	
	Frekuensi pengenal dari jumlah fase untuk motor arus bolak balik; (Hz)	√	
	Putaran permenit pengenal; (1/Min)	√	
	Suhu lingkungan pengenal dan kenaikan suhu pengenal; (°C)	√	
	Kelas insulasi; (Th Cl)	√	
Daur kerja.	√		

Tabel 4.10 Keterangan Perlengkapan Listrik

ITEM UJI	STANDARD PUIL 2011	S/TS	Keterangan
Keterangan Perlengkapan MCCB MCB TOLR MC TERMINAL PENGHANTAR	Menurut PUIL 2011 - 133.1 Bag 1 MOD (2.4.1.1) “Setiap jenis perlengkapan listrik yang digunakan dalam instalasi listrik harus memenuhi standard SNI/IEC dan/atau standard lain yang berlaku. Jika tidak ada standard yang dapat diterapkan, maka jenis perlengkapan terkait harus dipilih dengan kesepakatan khusus antara orang yang menentukan spesifikasi instalasi dan instalatur.”	√	1) Tabel 4.34 Daftar Nama Komponen dan Standarnya

4.1.3. Data Hasil Pengukuran Diameter Kabel

Untuk mendapatkan data pengukuran diameter kabel, dilakukan pemilihan kabel terlebih dahulu, sehingga kabel yang diukur adalah kabel yang digunakan dalam sirkit 3 Fasa saja, yaitu NYAF 1,5 mm², NYAF 2,5 mm², dan NYAF 16 mm². Karena ini adalah kabel serabut, maka pengukuran dilakukan pada tembaganya saja dengan melepas selubung nya lalu kabel serabutnya dipilin agar tidak terjadi kesalahan dalam pengukuran.

Pengukuran mendapatkan hasil panjang diameternya dalam bentuk millimeter, lalu dilakukan perhitungan untuk mendapatkan luas dalam bentuk millimeter persegi dan disesuaikan dengan nomenklaturnya, jika hasil pengukuran dan perhitungan luas penampang sesuai dengan nomenklatur maka kabel tersebut dianggap sesuai.

Tabel 4.11 Tabel Pengukuran Diameter Kabel

Nomenklatur Kabel	Diameter Kabel	Luas Penampang	S/TS
NYAF 1,5 mm ²	1,41 mm	1,56 mm ²	S
NYAF 2,5 mm ²	1,8 mm	2,54 mm ²	S
NYAF 16 mm ²	4,61 mm	16,7 mm ²	S

Hasil pengukuran diameter kabel mendapatkan hasil luas yang sesuai dengan nomenklatur kabel yang tertera pada plat nama spesifikasi kabel, sehingga kabel –

kabel yang digunakan pada Garbarata dinyatakan sesuai dan untuk memudahkan dalam penyebutannya di hasil analisis selanjutnya, maka dilakukan penyebutan nomenklatur saja tanpa ukuran luas penampang sebenarnya.

4.1.4. Data Hasil Pengukuran Arus Beban Motor

Untuk mendapatkan data hasil pengukuran arus beban motor, maka terlebih dahulu melakukan pembagian jumlah perlakuan setiap motor, sehingga semua motor mendapatkan perlakuan pengukuran yang sama. Semua motor yang terdapat pada garbarata diuji masing – masing dua kali, secara maju – mundur, naik – turun dan ke kanan – ke kiri. Sehingga diketahui arus beban ketika sedang beroperasi dan diambil rata – rata nya untuk dianalisis lebih lanjut.

Tabel 4.12 Data Hasil Pengukuran Arus Beban Motor

PENGUKURAN Motor	I			
	R	S	T	Rata - rata
Horizontal Kanan Maju	6	6,5	6,1	6,2
Horizontal Kanan Mundur	6,2	6,6	6,1	6,3
Horizontal Kiri Maju	6	6,3	6,1	6,1
Horizontal Kiri Mundur	6	6,2	6,6	6,3
Vertikal Kanan Naik	4,4	4	4,4	4,3
Vertikal Kanan Turun	3	3,1	3,3	3,1
Vertikal Kiri Naik	4,4	4	4,4	4,3
Vertikal Kiri Turun	3	3,1	3,3	3,1
Kabin ke Kanan	0,7	0,7	0,7	0,7
Kabin ke Kiri	0,7	0,7	0,7	0,7

4.1.5. Data Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi dan Jenis Kabel pada Setiap

Lokasi Pengujian

Untuk mendapatkan data hasil pengukuran tahanan isolasi, maka dilakukan pembagian kelompok ukur menjadi 10 titik dengan rincian 6 titik ukur 3 fasa dan 4 titik ukur 1 fasa. Diagram pengukuran tahanan isolasi bisa dilihat di lampiran 22 Halaman 135. Jumlah total pengukuran sebanyak 72 kali meliputi pengukuran N-R, N-S, N-T, R-S, R-T, S-T, E-N, E-R, E-S, dan E-T untuk pengukuran 3 fasa dan

N-L, L-E, E-N untuk pengukuran 1 fasa. R, S dan T adalah konduktor AC 3 fasa dan L adalah konduktor AC 1 fasa, N adalah konduktor Netral/Kawat Tengah dan E adalah konduktor Proteksi/*Earth*/Pembumian.

Termasuk melakukan identifikasi jenis, ukuran dan panjang masing – masing kabel pada setiap lokasi pengukuran. Sehingga didapatkan data hasil pengukuran di setiap titik untuk dianalisis hasilnya.

4.1.5.1. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran A

Pengukuran tahanan isolasi pada lokasi (A) dengan metode pengukuran Tahanan Isolasi 3 Fasa, yaitu dengan cara 3 tahap. Tahap pertama menguji kabel Netral (N) dengan kabel 3 Fasa, R, S dan T. Lalu menguji kabel antar fasa, R dengan S, S dengan T dan T dengan R. Lalu menguji kabel pembumian/*Earth* (E) dengan semua kabel Netral (N) dan 3 Fasa, R, S dan T.

Tabel 4.13 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran A

Tahap Pengukuran	Hasil Pengukuran (M Ω)
N-R	1056
N-S	1028
N-T	1106
R-S	360
R-T	440
S-T	235
E-N	698
E-R	267
E-S	220
E-T	198

Pada lokasi pengukuran (A) jaringan 3 fasa pada kabel NYAF 4C X 16 mm² dengan total panjang 62 m. Kabel menghubungkan antara panel sub distribusi yang berada dibawah tiang rotunda, menuju ke panel distribusi tenaga yang berada didalam kabin, melewati panel penghubung A, B, C1 dan C2, melalui kotak kabel yang melintang menempel dibawah terowongan teleskopik. Hasil pengukuran terdapat pada tabel 4.13.

4.1.5.2. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran B

Pengukuran tahanan isolasi pada lokasi (B) dengan metode pengukuran tahanan isolasi 1 Fasa, yaitu dengan cara 1 tahap. dengan cara menguji kabel netral (N) dengan kabel Line (L1), lalu kabel Line (L1) dengan kabel pembumian (E), lalu kabel pembumian (E) dengan kabel Netral (N)

Tabel 4.14 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran B

Tahap Pengukuran	Hasil Pengukuran (M Ω)
N-L	370
L-E	230
E-N	537

Pada lokasi pengukuran (B) jaringan 1 fasa pada kabel NYAF 7C X 4 mm² dengan total panjang 62 m. Kabel menghubungkan antara panel sub distribusi yang berada dibawah tiang rotunda, menuju ke panel distribusi tenaga yang berada didalam kabin, melewati panel penghubung A, B, C1 dan C2, melalui kotak kabel yang melintang menempel dibawah terowongan teleskopik. Hasil pengukuran terdapat pada tabel 4.14.

4.1.5.3. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran C

Pengukuran tahanan isolasi pada lokasi (C) dengan metode pengukuran tahanan isolasi 1 Fasa, yaitu dengan cara 1 tahap. dengan cara menguji kabel netral (N) dengan kabel line (L2), lalu kabel line (L2) dengan kabel pembumian (E), lalu kabel pembumian (E) dengan kabel netral (N)

Tabel 4.15 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran C

Tahap Pengukuran	Hasil Pengukuran (M Ω)
N-L	424
L-E	234
E-N	475

Pada lokasi pengukuran (C) jaringan 1 fasa pada kabel NYAF 7C X 4 mm² dengan total panjang 62 m. Kabel menghubungkan antara panel sub distribusi yang

berada dibawah tiang rotunda, menuju ke panel distribusi tenaga yang berada didalam cabin, melewati panel penghubung A, B, C1 dan C2, melalui kotak kabel yang melintang menempel dibawah terowongan teleskopik. Hasil pengukuran terdapat pada tabel 4.15.

4.1.5.4. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran D1

Pengukuran tahanan isolasi pada lokasi (D1) dengan metode pengukuran tahanan isolasi 1 fasa, yaitu dengan cara 1 tahap. Dengan cara menguji kabel netral (N) dengan kabel line (L), lalu kabel line (L) dengan kabel pembumian (E), lalu kabel pembumian (E) dengan kabel netral (N)

Tabel 4.16 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran D1

Tahap Pengukuran	Hasil Pengukuran (M Ω)
N-L	798
L-E	850
E-N	1397

Pada lokasi pengukuran (D1) jaringan 1 fasa pada kabel NYAF 3C X 2,5 mm² dengan panjang 8,5 M. Kabel menghubungkan antara panel distribusi tenaga yang berada didalam cabin, menuju ke sistem penerangan terowongan yang kontaknya berada di konsol kontrol di kabin, tanpa melewati panel penghubung apapun. Hasil pengukuran terdapat pada tabel 4.16.

4.1.5.5. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran D2

Pengukuran tahanan isolasi pada lokasi (D2) dengan metode pengukuran tahanan isolasi 1 fasa, yaitu dengan cara 1 tahap. Dengan cara menguji kabel netral (N) dengan kabel line (L), lalu kabel line (L) dengan kabel pembumian (E), lalu kabel pembumian (E) dengan kabel netral (N)

Pada lokasi pengukuran (D2) jaringan 1 fasa pada kabel NYAF 3C X 2,5 mm² dengan panjang 8,5 M. Kabel menghubungkan antara panel distribusi tenaga yang

berada didalam cabin, menuju ke stop kontak khusus yang kontaknya berada di konsol kontrol di kabin, tanpa melewati panel penghubung apapun. Hasil pengukuran terdapat pada tabel 4.17.

Tabel 4.17 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran D2

Tahap Pengukuran	Hasil Pengukuran (M Ω)
N-L	765
L-E	734
E-N	965

4.1.5.6. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran TH1

Pengukuran tahanan isolasi pada lokasi (TH1) dengan metode pengukuran tahanan isolasi 3 fasa, yaitu dengan cara 3 tahap. Tahap pertama menguji kabel Netral (N) dengan kabel 3 Fasa, R, S dan T. Lalu menguji kabel antar fasa, R dengan S, S dengan T dan T dengan R. Lalu menguji kabel pembumian (E) dengan semua kabel Netral (N) dan 3 Fasa, R, S dan T.

Tabel 4.18 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran TH1

Tahap Pengukuran	Hasil Pengukuran (M Ω)
N-R	1329
N-S	1348
N-T	1233
R-S	559
R-T	685
S-T	487
E-N	342
E-R	443
E-S	452
E-T	463

Pada lokasi pengukuran (TH1) jaringan 3 fasa pada kabel NYAF 7C X 2,5 mm² dengan panjang 17 M. Kabel menghubungkan antara panel distribusi tenaga yang berada didalam kabin, menuju ke sirkit motor horizontal kanan, melewati panel penghubung C2, melalui kotak kabel yang berada di kolom lift vertikal dan berakhir di motor horizontal. Hasil pengukuran terdapat pada tabel 4.18.

4.1.5.7. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran TH2

Pengukuran tahanan isolasi pada lokasi (TH2) dengan metode pengukuran tahanan isolasi 3 fasa, yaitu dengan cara 3 tahap. Tahap pertama menguji kabel Netral (N) dengan kabel 3 Fasa, R, S dan T. Lalu menguji kabel antar fasa, R dengan S, S dengan T dan T dengan R. Lalu menguji kabel pembumian (E) dengan semua kabel Netral (N) dan 3 Fasa, R, S dan T.

Tabel 4.19 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran TH2

Tahap Pengukuran	Hasil Pengukuran (M Ω)
N-R	1427
N-S	1034
N-T	1316
R-S	543
R-T	548
S-T	531
E-N	368
E-R	407
E-S	311
E-T	356

Pada lokasi pengukuran (TH2) jaringan 3 fasa pada kabel NYAF 7C X 2,5 mm² dengan panjang 17 M. Kabel menghubungkan antara panel distribusi tenaga yang berada didalam kabin, menuju ke sirkit motor horizontal kiri, melewati panel penghubung C2, melalui kotak kabel yang berada di kolom lift vertikal dan berakhir di motor horizontal. Hasil pengukuran terdapat pada tabel 4.19.

4.1.5.8. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran TH3

Pengukuran tahanan isolasi pada lokasi (TH3) dengan metode pengukuran tahanan isolasi 3 fasa, yaitu dengan cara 3 tahap. Tahap pertama menguji kabel Netral (N) dengan kabel 3 Fasa, R, S dan T. Lalu menguji kabel antar fasa, R dengan S, S dengan T dan T dengan R. Lalu menguji kabel pembumian (E) dengan semua kabel Netral (N) dan 3 Fasa, R, S dan T.

Pada lokasi pengukuran (TH3) jaringan 3 kasa pada kabel NYAF 5C X 2,5 mm² dengan panjang 14 M. Kabel menghubungkan antara panel distribusi tenaga yang berada didalam kabin, menuju ke sirkit motor vertikal kanan, melewati panel penghubung C2, dan D kanan melalui kotak kabel yang berada di kolom lift vertikal dan berakhir di motor vertikal yang berada di atas kolom lift vertikal. Hasil pengukuran terdapat pada tabel 4.20.

Tabel 4.20 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran TH3

Tahap Pengukuran	Hasil Pengukuran (MΩ)
N-R	915
N-S	825
N-T	812
R-S	413
R-T	528
S-T	398
E-N	314
E-R	287
E-S	284
E-T	287

4.1.5.9. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran TH4

Tabel 4.21 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran TH4

Tahap Pengukuran	Hasil Pengukuran (MΩ)
N-R	875
N-S	615
N-T	562
R-S	485
R-T	465
S-T	255
E-N	323
E-R	341
E-S	199
E-T	112

Pengukuran tahanan isolasi pada lokasi (TH4) dengan metode pengukuran tahanan isolasi 3 fasa, yaitu dengan cara 3 tahap. Tahap pertama menguji kabel Netral (N) dengan kabel 3 Fasa, R, S dan T. Lalu menguji kabel antar fasa, R dengan S, S dengan T dan T dengan R. Lalu menguji kabel pembumian (E) dengan semua kabel Netral (N) dan 3 Fasa, R, S dan T.

Pada lokasi pengukuran (TH4) Jaringan 3 fasa pada kabel NYAF 5C X 2,5 mm² dengan panjang 14 M. Kabel menghubungkan antara panel distribusi tenaga yang berada didalam kabin, menuju ke sirkit motor vertikal drive kiri, melewati panel penghubung C2, dan D kiri melalui kotak kabel yang berada di kolom lift vertikal dan berakhir di motor vertikal yang berada di atas kolom lift vertikal. Hasil pengukuran terdapat pada tabel 4.21.

4.1.5.10. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran TH5

Tabel 4.22 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Lokasi Pengukuran TH5

Tahap Pengukuran	Hasil Pengukuran (MΩ)
N-R	1257
N-S	1135
N-T	1032
R-S	813
R-T	849
S-T	687
E-N	319
E-R	625
E-S	462
E-T	521

Pengukuran tahanan isolasi pada lokasi (TH5) dengan metode pengukuran tahanan isolasi 3 fasa, yaitu dengan cara 3 tahap. Tahap pertama menguji kabel Netral (N) dengan kabel 3 Fasa, R, S dan T. Lalu menguji kabel antar fasa, R dengan S, S dengan T dan T dengan R. Lalu menguji kabel pembumian (E) dengan semua kabel Netral (N) dan 3 Fasa, R, S dan T.

Pada lokasi pengukuran (TH5) jaringan 3 fasa pada kabel NYAF 5C X 1,5 mm² dengan panjang 10 M. Kabel menghubungkan antara panel distribusi tenaga yang berada didalam kabin, menuju ke sirkit motor kabin, melewati konsol kontrol dan berakhir di motor kabin yang berada dibawah kabin. Hasil pengukuran terdapat pada tabel 4.22.

4.2. Pembahasan Hasil Penelitian

4.2.1. Pembahasan Hasil Observasi Jobsheet

4.2.1.1. Gambar Instalasi

Gambar Instalasi Listrik pada *Garbarata R&D Slopeless* PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA dikatakan sesuai dengan PUIL 2011. Karena menunjukkan desain tata letak. Diawali dari gambar mekanikal yang terdapat di lampiran 27 yang terdapat pada halaman 140, pada umumnya secara general sehingga terlihat bentuk garbaratanya. Lalu diagram 3 fasa yang terdapat pada lampiran 22 dan 24 secara general yang terdapat pada halaman 135 dan 137 dan dan diagram kendali yang terdapat pada lampiran 26 yang terdapat pada halaman 139.

Lalu masuk ke desain tata letak perlengkapan listrik beserta sarana kendalinya yang kesemuanya digambar secara detail di setiap bagian. Letak titik lampu baik di dalam terowongan maupun titik lampu yang berada diluar garbarata seperti lampu badai pun ada. Letak dan desain dari motor listrik pun digambarkan sedemikian rupa sehingga instalatir tidak sulit untuk melakukan instalasi listrik pada garbarata ini.

Gambar Instalasi Listrik pada PHBK (Panel Hubung Bagi dan Kendali) pun digambarkan secara detail, dari ukuran dan jenis kabel yang dipakai, besaran pengenalan komponen yang terpasang baik *MCCB*, *MCB*, *ELCB* dan lain sebagainya.

Gambar Instalasi Listrik pada Garbarata ini meliputi juga identitas konduktor baik secara Kode PUIL, IEC, maupun kode yang disepakati oleh instalatir setempat yakni oleh Bagian *Electrical R&D* itu sendiri, sehingga setiap kabel yang ada pada garbarata mempunyai fungsi dan peruntukan yang jelas dari sirkit awal hingga sirkit akhirnya.

Berikut didapatkan daftar komponen yang ada pada garbarata dan tata letaknya bisa dilihat di tabel 4.23.

Tabel 4.23 Daftar Komponen dan Kejelasan letak Komponen

Komponen	Identifikasi Komponen	Tata Letak (Jelas/Tidak)
Pemutus Tegangan	MCCB1	Jelas
	MCCB2	Jelas
	MCCB3	Jelas
	MCCB4	Jelas
KHA Penghantar	KHA0	Jelas
	KHA1	Jelas
	KHA2	Jelas
	KHA3	Jelas
	KHA4	Jelas
	KHA5	Jelas
Pengaman Thermal	TH1	Jelas
	TH2	Jelas
	TH3	Jelas
	TH4	Jelas
	TH5	Jelas
Kontaktor Kendali	K0	Jelas
	K1	Jelas
	K2	Jelas
	K3	Jelas
	K4	Jelas
	K5	Jelas
	K6	Jelas
Motor Listrik	Motor Horizontal Kanan	Jelas
	Motor Horizontal Kiri	Jelas
	Motor Vertikal Kanan	Jelas
	Motor Vertikal Kiri	Jelas
	Motor Kabin	Jelas
Panel Hubung Bagi dan Kendali	Panel Sub Distribusi	Jelas
	Panel Distribusi Tenaga	Jelas
	Panel Penghubung A	Jelas
	Panel Penghubung B	Jelas
	Panel Penghubung C1	Jelas
	Panel Penghubung C2	Jelas
Penerangan	Lampu Interior	Jelas
	Lampu Eksterior	Jelas
	Lampu Obs	Jelas
	Lampu Rotary	Jelas

4.2.1.2. Panel Instalasi Listrik

Panel instalasi listrik yang terdapat pada garbarata diidentifikasi menjadi 2 jenis, yaitu panel distribusi dan panel penghubung. Maka setiap panel dilihat komponennya dan jenis proteksinya serta peruntukannya. Didapatkan juga lokasi dimana panel tersebut berada. Adapun letaknya bisa dilihat pada lampiran 16 Halaman 129.

4.2.1.2.1. Proteksi Bahaya Kebakaran, Sentuh Langsung Dan Sentuh Tak

Langsung

Proteksi pada sirkit diperiksa kelengkapannya, ada atau tidaknya komponen lalu dilihat plat nama nya untuk di sesuaikan dengan persyaratan PUIL 2011. Instalasi listrik Garbarata memakai 2 buah ELCB dengan peruntukannya masing – masing. Kelengkapan sistem proteksi bisa dilihat di tabel 4.24.

Tabel 4.24 Kelengkapan Sistem Proteksi TN di Garbarata

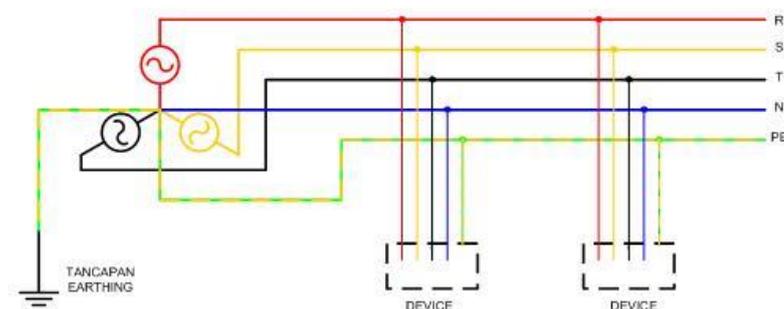
Sistem Penumaian	Proteksi terhadap sentuh langsung	Proteksi terhadap sentuh tak langsung	Proteksi terhadap bahaya kebakaran	Kelengkapan Komponen
Sistem TN-S	GPAS \leq 30 mA	GPAL atau GPAS	GPAS \leq 500 mA	Ada/Tidak
ELCB 1 16 A	√	Ada GPAS	√	Ada
ELCB 2 16 A	√	Ada GPAS	√	Ada

ELCB1 dengan arus pengenal 16 A mengalirkan aliran listrik dari Panel Distribusi Tenaga menuju konsol kontrol untuk menyuplai tenaga listrik terhadap konsol kontrol. ELCB2 dengan arus pengenal 16 A mengalirkan aliran listrik dari Panel Distribusi Tenaga menuju stop kontak yang berada di konsol konstrol. Kedua ELCB yang terpasang sudah memiliki sensitifitas \leq 30 mA sehingga dinyatakan sesuai untuk digunakan dan dioperasikan dalam penggunaannya sehari-hari.

Proteksi terhadap bahaya kebakaran ialah dengan menggunakan gawai penguat arus sisa (GPAS) dengan spesifikasi arus kurang dari 500 mA atau berupa ELCB dengan spesifikasi \leq 500mA. Di instalasi listrik Garbarata ini terdapat ELCB dengan jenis proteksi terhadap bahaya kebakaran dan terhadap sentuh langsung.

Proteksi terhadap sentuh langsung ialah instalasi yang dilengkapi dengan gawai penguat arus sisa (GPAS) \leq 30mA berupa ELCB. Pada instalasi listrik Garbarata terdapat pengaman tambahan berupa ELCB.

Sistem Kelistrikan Garbarata sebagai Sikir akhir pada Sistem Kelistrikan Bandara menganut sistem Pembumian TN-S (Terra-Neutral-Separated) seperti yang terlihat di gambar 4.1. Pada sistem ini, jalur netral dan jalur earthing dipisahkan. Setiap device atau panel distribusi dalam sistem earthingnya dihubungkan dengan jalur earthing utama. Huruf tambahan S pada kode TN-S ini berarti separated (earthing dan netral terpisah di jaringan). Diagram bisa dilihat di Lampiran 22.



Gambar 4.1 Sistem Pembumian TN-S

Sumber : <https://akirajunto.files.wordpress.com/2011/07/tn-s.jpg>. Diakses 13 Agustus 2017

Pada Sistem Kelistrikan Garbarata, sebelum Panel Sub Distribusi, oleh PT Bukaka Teknik Utama disiapkan kabel sepanjang 5 meter untuk menyambungkan dengan instalasi listrik bandara dengan spesifikasi Kabel Fasa 3 buah yaitu R, S dan T, lalu Kabel N (Netral) dan kabel G (Ground). Dan di setiap terminal penyambungan Panel baik Panel Penghubung maupun Panel Distribusi Tenaga, terdapat penghantar proteksi PE hingga menuju ke beban.

4.2.1.2.2. Panel Sub Distribusi

Panel Sub Distribusi seperti yang bisa dilihat pada lampiran 16 no.1 berada dibawah tiang rotunda. Menjadi sirkit awal dari sistem kelistrikan Garbarata ini karena persambungan dari bandara menuju ke garbarata melalui Panel ini. Panel ini memiliki MCCB Utama yang mensuplai Jaringan 3 Fasa dan 1 Fasa dari Garbarata, serta terdapat MCB yang langsung menuju ke pendingin udara Terowongan A.

Garbarata mendapatkan suplai tenaga langsung dari Bandara, masuk melalui terminal masuk di SDP, lalu masuk ke MCCB 3 Fasa dan MCCB 1 Fasa lalu keluar melalui terminal keluar menuju ke Panel Penghubung A dan seterusnya.

4.2.1.2.3. Panel Distribusi Tenaga

Panel Distribusi Tenaga seperti yang bisa dilihat pada lampiran 16 no.2, yaitu Panel Utama yang membagi tegangan dari SDP menuju ke beban. Dipanel ini terdapat Terminal masuk dan keluar, MCCB 3 Fasa, MCB 1 Fasa dan ELCB 1 Fasa sebagai PMT, terdapat juga kontaktor magnetik sebagai sarana kendali terhadap beban motor dan juga kontaktor magnetic penerangan sebagai sarana kendali penerangan dalam Terowongan.

Dalam panel ini terdapat 2 jenis tegangan, yaitu 380 VAC 3 Fasa dan 220 VAC 1 Fasa. Tegangan 380 VAC 3 Fasa dipergunakan untuk Motor Horizontal Kanan 5,5 kW, Motor Horizontal Kiri 5,5 kW, Motor Vertikal Kanan 3,7 kW, Motor Vertikal Kiri 3,7 kW, Motor Kabin 0,75 kW.

Adapun Tegangan 220 VAC 1 Fasa dipergunakan untuk stop kontak, tenaga konsol kontrol, dan tenaga penerangan. Dan keluarannya dibagi menjadi 3 aliran yaitu untuk Penerangan Terowongan A & Rotunda, Penerangan Terowongan B, dan Penerangan Terowongan C & Kabin. Dan terdapat aliran khusus untuk Penerangan Darurat Terowongan A, B, C.

Panel Distribusi Tenaga tidak bisa lepas dari 2 Panel lainnya, yaitu Panel Penghubung C2 dan juga Meja Konsol. Dari Panel Penghubung C2 dialirkan 2 jenis tegangan yaitu 380 VAC 3 Fasa yang diperuntukkan untuk menggerakkan motor dan untuk menyalakan pendingin udara Terowongan C. Lalu tegangan 220 VAC 1 Fasa dengan untuk Penerangan dan Instalasi lainnya.

4.2.1.2.4. Panel Penghubung

Panel Penghubung terdiri dari Panel Penghubung A yang terdapat dibawah Terowongan A, Panel Penghubung B yang terdapat dibawah Terowongan B, Panel Penghubung C1 dan Panel Penghubung C2 yang terdapat dibawah Terowongan C. Lalu ada juga Panel Penghubung D Kiri yang berada di Kolom Lift Vertikal Kiri dan Panel Penghubung D Kanan yang berada di Kolom Lift Vertikal Kanan. Dan Panel Penghubung E yang berada dibawah Kabin.

Setiap Panel Penghubung hanya berisi terminal trip saja, baik yang menghubungkan jaringan 3 fasa, 1 fasa, maupun jaringan kontrol, dan lain sebagainya tanpa adanya pengaman apapun, karena sifat dari Panel Box ini hanyalah penghubung antar bagian pada garbarata. Baik dari rotunda, Terowongan A, B dan C, lalu ke kabin hingga ke kolom lift vertikal. Dan berfungsi untuk melakukan perakitan dan pelepasan setiap bagian dari garbarata untuk keperluan pengapalan dan perbaikan.

4.2.1.3. Identitas Terminasi Konduktor Dan Konduktor

Sebagai produsen dari Produk yang dipakai baik oleh konsumen domestik maupun konsumen internasional. Garbarata dari PT. Bukaka Teknik Utama menyesuaikan dengan Standar Elektrikal setempat. Identitas konduktor sebagai bentuk tanda yang menjadi hal penting dalam sebuah instalasi pun mengikuti dengan peraturan setempat.

Dalam produk domestik atau dalam negeri. Garbarata masih mengacu kepada PUIL 2000 yaitu dengan Warna Merah, Kuning, Hitam sebagai penanda 3 Fasa. Hitam sebagai penanda Netral. Walaupun sudah ada pembaharuan peraturan yang

ditetapkan oleh PUIL 2011, dimana penanda 3 Fasa adalah Hitam, Abu-abu, Coklat, dan Biru sebagai Netral belum sepenuhnya diterapkan.

Tabel 4.25 Perbandingan Identitas Warna Kabel

Konduktor	Notasi	PUIL 2000	PUIL 2011	JIS C 1610
Line 1	R	Merah	Hitam	Merah
Line 2	S	Kuning	Coklat	Putih
Line 3	T	Biru	Abu-abu	Biru
Neutral	N	Hitam	Biru	Hitam
Earth	PE	Kuning – Hijau	Kuning - Hijau	Kuning – Hijau

Sumber : PUIL 2000, PUIL 2011, JIS 1610

Produk luar negeri mengikuti Standar setempat. Dalam penelitian ini, objek yang diteliti adalah Garbarata kerjasama dengan Pihak Jepang, sehingga menggunakan JIS C 1610 sebagai Standar identitas konduktor nya yaitu Warna Merah, Putih, Biru sebagai penanda 3 Fasa nya. Perbandingan identitas warna kabel bisa dilihat di tabel 4.25.

Dalam observasi penelitian yang dilihat dari semua panel instalasi listrik didapatkan identitas warna konduktor baik pada terminal income dan outcomenya dan pada setiap komponen instalasi listriknya seperti yang terlihat pada Lampiran 16 yang terdapat pada halaman 129 dan dirangkum pada tabel 4.26.

Tabel 4.26 Notasi Konduktor dan Identitas Warna Konduktor pada Garbarata

Notasi Konduktor	Identitas Warna
R	Merah
S	Putih
T	Biru
G	Kuning – Hijau
L ₁	Merah
N	Hitam
L ₂	Merah

4.2.1.4. Penghantar/Konduktor

Pada Garbarata, semua instalasi menggunakan jenis kabel Kabel NYAF (kabel berinti kuningan fleksibel berselubung PVC). Serabut Fleksible, tidak seperti instalasi pada gedung atau rumah yang memakai jenis kabel tunggal yang kaku.

Dikarenakan semua instalasinya memerlukan jenis kabel yang fleksibel sehingga memudahkan untuk instalasi dan garbarata untuk bergerak.

Menurut PUIL 2011 Ayat 2.5.1 mensyaratkan ukuran penampang tidak kurang dari 4 mm^2 untuk sirkit masuk dan cabang serta memperhitungkan beban sirkit akhir untuk menentukan beban sirkit akhir. Dan dalam PUIL 2011 Ayat 524 mensyaratkan luas penampang minimum konduktor berinsulasi untuk sirkit daya dan pencahayaan dengan bahan tembaga $1,5 \text{ mm}^2$. Sehingga menjadi standar ukuran minimal adalah sebagai berikut;

1. Konduktor Sirkit Utama berpenampang minimum 4 mm^2
2. Konduktor Sirkit Cabang berpenampang minimum 4 mm^2 untuk mengantisipasi kebutuhan mendatang
3. Konduktor Sirkit Akhir berpenampang minimum $1,5 \text{ mm}^2$ dengan memperhitungkan beban sirkit akhir dan tegangan jatuh
4. Konduktor Netral berpenampang sama seperti konduktor AC
5. Konduktor Proteksi berpenampang sama seperti konduktor AC dan terpisah pada seluruh sistem

Menurut PUIL 2011, Sirkit akhir adalah sirkit listrik yang dimaksudkan untuk menyuplai secara langsung arus listrik ke pemanfaat listrik atau ke kotak kontak. Sirkit cabang adalah sirkit listrik keluar dari PHBK yang menyuplai satu atau lebih panel distribusi atau PHBK lain. Dan Sirkit Utama adalah sirkit yang menghubungkan sakelar utama ke PHBK utama.

Dari hasil observasi, didapatkan data lokasi kabel, nomenklatur dan ukuran kabel yang terdapat di garbarata seperti yang terlihat di tabel 4.27. lalu dipilah

berdasarkan hubungan sirkitnya dan disesuaikan dengan persyaratan yang terdapat pada PUIL 2011.

Tabel 4.27 Daftar Lokasi Kabel, Nomenklatur dan Ukurannya pada Garbarata

Sirkit	Lokasi Kabel	Nomenklatur Kabel	Ukuran
Sirkit Utama	PSD – P.H.A 3 Fasa	NYAF	4 X 16 mm ²
	PSD – P.H.A 1 Fasa	NYAF	7 X 4 mm ²
Sirkit Cabang	P.H.A – P.H.C1 3 Fasa	NYAF	4 X 16 mm ²
	P.H.A – P.H.C1 1 Fasa	NYAF	7 X 4 mm ²
	P.H.C1 – PDT 3 Fasa	NYAF	4 X 16 mm ²
	P.H.C1 – PDT 1 Fasa	NYAF	7 X 4 mm ²
Sirkit Akhir	PDT 1 Fasa	NYAF	3 X 2,5 mm ²
	KHA1 dan KHA2	NYAF	7 X 2,5 mm ²
	KHA3 dan KHA4	NYAF	5 X 2,5 mm ²
	KHA5	NYAF	3 X 1,5 mm ²

Pada Sirkit awal dimana Dari Panel Sub Distribusi menuju ke Panel Penghubung A yang berada dibawah Terowongan A, menggunakan kabel NYAF 7 X 4 mm² untuk jaringan 1 Fasa 7G4 dan untuk jaringan 3 Fasa menggunakan kabel NYAF 4 X 16 mm².

Lalu dari Panel Junction A ke B dan ke C1 yang berada dibawah Terowongan B dan C menggunakan NYAF 4 X 16 mm² untuk jaringan 3 Fasa dan NYAF 7 X 4 mm² untuk jaringan 1 Fasa. Dimana kabel ini mempunyai selubung Karet yang mempunyai tingkat kelenturan yang sangat tinggi sehingga cocok untuk peruntukan Garbarata yang bisa memanjang dan memendek sesuai kebutuhan. Kabel jenis ini dikaitkan dalam rel yang bergerak bebas sehingga bisa mengikuti pergerakan garbarata.

Setelah dari Panel Penghubung C1, masuk ke Kotak Kabel untuk menuju Junction C2 dan langsung masuk ke terminal masuk di Panel Distribusi Tenaga menggunakan kabel NYAF 7 X 4 mm² untuk jaringan 1 Fasa dan untuk jaringan 3 Fasa menggunakan kabel NYAF 4 X 16 mm².

Setelah masuk ke terminal masuk di Panel Distribusi Tenaga, untuk jaringan 1 Fasa yang mensuplai ke beban lampu dan lain sebagainya menggunakan Jenis kabel NYAF 3 X 2,5 mm², untuk jaringan 3 Fasa yang mensuplai ke beban Motor Kabin diidentifikasi dengan nama KHA5 menggunakan Jenis kabel NYAF 3 X 1,5 mm², untuk jaringan 3 Fasa yang mensuplai ke beban Motor Horizontal diidentifikasi dengan nama KHA1 dan KHA2 menggunakan Jenis kabel NYAF 7 X 2,5 mm² dan untuk jaringan 3 Fasa yang mensuplai ke beban Motor Vertikal diidentifikasi dengan nama KHA3 dan KHA4 menggunakan Jenis kabel NYAF 5 X 2,5 mm².

Dari data – data diatas, bisa ditarik kesimpulan dan dibandingkan dengan standar PUIL 2011 seperti yang terdapat pada tabel 4.28.

Tabel 4.28 Perbandingan Kabel Garbarata dengan Standar PUIL 2011

Sirkuit	Jaringan	Ukuran (Aktual)	PUIL 2011 (minimum)	S/TS
Sirkuit Utama	3 Fasa	16 mm ²	4 mm ²	Sesuai
	1 Fasa	4 mm ²	4 mm ²	Sesuai
Sirkuit Cabang	3 Fasa	16 mm ²	4 mm ²	Sesuai
	1 Fasa	4 mm ²	4 mm ²	Sesuai
Sirkuit Akhir	1 Fasa	2,5 mm ²	1,5 mm ²	Sesuai
	3 Fasa	2,5 mm ²	1,5 mm ²	Sesuai
	3 Fasa	1,5 mm ²	1,5 mm ²	Sesuai

4.2.1.5. Sirkit Motor

Sirkit motor adalah sirkit yang mensuplai dan mengendalikan motor listrik 3 fasa yang berada di garbarata. Berdasarkan fungsi nya motor listrik di garbarata terdapat 5 buah motor, yaitu: Motor Horizontal Kanan 5,5 kW; Motor Horizontal Kiri 5,5 kW; Motor Vertikal Kanan 3,7 kW; Motor Vertikal Kiri 3,7 kW; dan Motor Kabin 0,75 kW. Diagram sirkit motor bisa dilihat di lampiran 24 halaman 137.

Dalam pembahasan ini ada 5 Poin penting, yaitu Pemutus Tegangan Sirkit Motor, KHA Penghantar, Pengaman Thermal, Kontaktor Kendali dan Motor dari

Garbarata itu tersendiri. Daftar komponen serta identifikasi komponen dan besaran pengenal nya yang terdapat di Garbarata bisa dilihat di tabel 4.29.

Table 4.29 Daftar Komponen dan Besaran Pengenal pada Sirkuit Motor Garbarata

Komponen	Identifikasi Komponen	Besaran Pengenal
Pemutus Tegangan	MCCB1	80 A
	MCCB2	32 A
	MCCB3	25 A
	MCCB4	2,5 A
KHA Penghantar	KHA0	16 mm ²
	KHA1	2,5 mm ²
	KHA2	2,5 mm ²
	KHA3	2,5 mm ²
	KHA4	2,5 mm ²
	KHA5	1,5 mm ²
Pengaman Thermal	TH1	13 A
	TH2	13 A
	TH3	10 A
	TH4	10 A
	TH5	2,5 A
Kontaktor Kendali	K0	80 A
	K1	25 A
	K2	9 A
	K3	25 A
	K4	25 A
	K5	9 A
	K6	9 A
Motor Listrik	Motor Horizontal Kanan	5,5 kW / 11,2 A & Break 0,3 A
	Motor Horizontal Kiri	5,5 kW / 11,2 A & Break 0,3 A
	Motor Vertikal Kanan	3,7 kW / 7,8 A
	Motor Vertikal Kiri	3,7 kW / 7,8 A
	Motor Kabin	0,75 kW / 1,94 A

Sirkuit Motor Garbarata terdiri dari 5 motor dengan lokasi penempatan yang berbeda-beda yang disesuaikan dengan peruntukannya. Motor Horizontal terletak di Roda Boogie untuk mengatur jalan maju mundur serta belok kanan maupun kiri dari Garbarata, Motor Vertikal terletak diatas Kolom Lift Vertikal untuk mengatur naik turunnya Garbarata, dan Motor Kabin terletak dibawah Kabin untuk mengatur arah ke kanan maupun kekiri.

Kesesuaian sirkuit motor dilakukan perhitungan berdasarkan plat nama motor bisa dilihat di tabel 4.30 dan 4.31. Lalu disesuaikan dengan standar PUIL 2011 sebagai berikut

1. Untuk KHA kabel, 125% dari arus pengenal beban penuh motor dan dipilih berdasarkan Tabel 7.3-4 PUIL 2011 di Lampiran 4 yang terdapat di halaman 109 dan 5 yang terdapat di halaman 110.
2. Untuk sarana pemutus, 115% dari arus beban penuh motor dan dipilih menggunakan *TeSys Motor Starter* di lampiran 7 yang terdapat di halaman 112.
3. Untuk pengaman beban lebih, 115% dari arus pengenal beban penuh motor dan dipilih menggunakan *TeSys Motor Starter* di lampiran 7 yang terdapat di halaman 112.
4. Untuk sarana kendali, disesuaikan dengan beban dan dipilih menggunakan *TeSys Contactor Selection Guide* di lampiran 6 yang terdapat di halaman 111.
5. Untuk sarana pengaman yang menyuplai 2 motor atau lebih, nilai jumlah arus beban penuh semua motor ditambah 25% dari arus beban terbesar dalam kelompok tersebut dan dipilih menggunakan *TeSys Motor Starter* di lampiran 7 yang terdapat di halaman 112.

Tabel 4.30 Tabel Perhitungan Kesesuaian Sirkuit Motor Berdasarkan Name Plate Motor

PENGHITUNGAN BERDASARKAN NAMEPLAT MOTOR							
Motor	Horizontal		Vertikal		Kabin		
	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri			
P	5,5 kW	5,5 kW	3,7 kW	3,7 kW	0,75 kW		
Cos ϕ	0.84	0.84	0.86	0.86	0.76		
I_N	11.2	11.2	7.8	7.8	1.94		
Kabel Sirkuit Akhir Motor	mm²	125% I_N	14.00	14.00	9.75	9.75	2.43
		Standar	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
		Aktual	2.5	2.5	2.5	2.5	1.5
		S/TS	S	S	S	S	S
Pengaman Sirkuit Akhir	A	115% I_N	12.9	12.9	9.0	9.0	2.2
		Aktual	9...14	9...14	6...10	6...10	1,6...2.5
		S/TS	S	S	S	S	S
Saklar Kendali	A	I_N M₁ + M₂	22.4		15.6	15.6	1.94 1.94
		Standar	25		18	18	9 9
		Aktual	32		25	25	9 9
		S/TS	S		S	S	S S

Tabel 4.31 Tabel Perhitungan Kesesuaian Sirkuit Motor Berdasarkan Name Plate Motor (Lanjutan)

Pengaman Sirkuit Cabang		GPHP Cabang	25.2	17.6	1.94
		Aktual	32	25	2.5
		S/TS	S	S	S
Kabel Sirkuit Utama	mm ²	125% I _N	53.43		
		Standar	10.0		
		Aktual	16.0		
		S/TS	S		
Saklar Kendali	A	I _N M ₁ + M ₂ + M _n	67,5		
		Standar	80		
		Aktual	80		
		S/TS	S		
Pengaman Sirkuit Utama	A	GPHP Utama	67.5		
		Aktual	80		
		S/TS	S		

1. Motor Horizontal Kanan dan Kiri memiliki arus beban penuh 11,2 A pada masing - masing motor dipasang pada konfigurasi hubungan segitiga dimana motor ini menggerakkan roda boogie yang berada dibawah garbarata untuk menggerakkan maju, mundur, kekanan dan kekiri.
 - a. Menurut PUIL 2011 – 510.5.4.3 sirkuit motor harus memiliki GPAL (diambil dari 115% dari Arus Penuh Motor) sebesar 12,9 A. Sehingga TH1 dan TH2 sebagai *Thermal Over Load Relay* yang terpasang pada sirkuit ini dipasang pada ukuran 13A pada masing masing motor.
 - b. KHA1 dan KHA2 masing masing kabel sirkuit akhir motor menurut PUIL 2011 – 510.5.3.1 (Diambil dari 125% dari Arus Penuh Motor) sebesar 14 A sehingga diambil lah ukuran 2,5 mm² sesuai dengan Tabel 7.3-4 pada PUIL 2011.
 - c. Adapun GPHP atau MCCB2 yang mensuplai kedua motor ini memiliki nilai menurut PUIL 2011 – 510.5.3.2 (Nilai jumlah arus beban penuh semua motor ditambah 25% dari arus beban terbesar dalam kelompok tersebut) yaitu 11,2 A + 11,2 A + 2,8A = 25,2 A. Dipasang pada nilai 32A.

2. Motor Vertikal kanan dan kiri memiliki arus beban penuh 7,8 A pada masing – masing motor dipasang pada konfigurasi hubungan bintang dimana motor ini menggerakkan lift column yang berada disisi kanan dan kiri garbarata untuk menggerakkan naik dan turun.
 - a. Menurut PUIL 2011 – 510.5.4.3 sirkit motor harus memiliki GPAL (diambil dari 115% dari Arus Penuh Motor) sebesar 9 A. Sehingga TH3 dan TH4 sebagai *Thermal Over Load Relay* yang terpasang pada sirkit ini dipasang pada ukuran 10 A pada masing masing motor.
 - b. KHA3 dan KHA4 masing masing kabel sirkit akhir motor menurut PUIL 2011 – 510.5.3.1 (Diambil dari 125% dari Arus Penuh Motor) sebesar 9,75 A sehingga diambil lah ukuran 2,5 mm² sesuai dengan Tabel 7.3-4 pada PUIL 2011.
 - c. Adapun GPHP atau MCCB3 yang mensuplai kedua motor ini memiliki nilai menurut PUIL 2011 – 510.5.3.2 (Nilai jumlah arus beban penuh semua motor ditambah 25% dari arus beban terbesar dalam kelompok tersebut) yaitu 7,8 A + 7,8 A + 1,95 A = 17,6 A. Dipasang pada nilai 25A.
3. Motor Kabin memiliki arus beban penuh 1,94 A dipasang pada konfigurasi hubungan bintang dimana motor ini menggerakkan kabin ke kanan dan kiri.
 - a. Menurut PUIL 2011 – 510.5.4.3 memiliki GPAL (diambil dari 115% dari Arus Penuh Motor) sebesar 2,2 A. Sehingga TH5 sebagai *Thermal Over Load Relay* yang terpasang pada sirkit ini. Dipasang pada ukuran 2,5A pada masing masing motor.
 - b. KHA5 kabel sirkit akhir motor menurut PUIL 2011 – 510.5.3.1 (Diambil dari 125% dari Arus Penuh Motor) sebesar 2,43 A sehingga diambil lah ukuran 1,5 mm² sesuai dengan Tabel 7.3-4 pada PUIL 2011.

- c. Adapun GPHP atau MCCB4 yang mensuplai motor ini adalah tunggal tanpa adanya tambahan motor lainnya, maka dipasang pada nilai 2,5 A.
4. GPHP Utama Atau MCCB1 yang mensuplai aliran listrik menuju ke MCCB2, MCCB2 dan MCCB4. Memiliki nilai menurut PUIL 2011 – 510.5.3.2 (Nilai jumlah arus beban penuh semua motor ditambah 25% dari arus beban terbesar dalam kelompok tersebut) yaitu $32A + 25A + 2,5A + 8A = 65,7A$, maka dipasang pada nilai 80A. Adapun KHA0, yaitu kabel utama yang mensuplai aliran listrik memiliki nilai yaitu $11,2 A + 11,2 A + 7,8 A + 7,8 A + 1,94 A + 2,8A = 42,74 A \times 125\% = 53,43 A$ maka diambil 16 mm^2 sesuai dengan Tabel 7.3-4 pada PUIL 2011.
5. Untuk kendali motor menggunakan *TeSys Contactor Selection Guide* yang dikeluarkan oleh Schneider Electric sebagai tabel petunjuk pemilihan rating kontaktor. Dilihat dari fungsinya untuk pengaturan motor maka digunakan kontaktor dengan Tipe AC3. Lalu disesuaikan dengan arus beban penuh motor, dan tegangan kerjanya.
 - a. Motor Horizontal sejumlah 2 buah dengan arus beban masing – masing sebesar 11,2 A, dalam tegangan 380 VAC dan mempunyai arus *brake/rem* 0,3A dibutuhkan kontaktor dengan arus pengenal 22,4 A dan dipasang 32 A sejumlah 1 buah pada K1 untuk suplai tenaga motor dan kontaktor 0,6 A dan dipasang 9 A sejumlah 1 buah pada K2 untuk pengereman motor.
 - b. Motor Vertikal sejumlah 2 buah dengan arus beban masing – masing sebesar 7,8 A dan dalam tegangan 380 VAC dibutuhkan kontaktor dengan arus pengenal 15,6 A dan dipasang 25 A sejumlah 2 buah pada K3 dan K4 berdampingan dengan sistem *forward – reverse*.

- c. Motor kabin dengan arus beban sebesar 1,94 A dan dalam tegangan 380 VAC dibutuhkan kontaktor dengan arus pengenal 1,94 A dan dipasang 9 A sejumlah 2 buah pada K5 dan K6 berdampingan dengan sistem *forward – reverse*.
- d. Kontaktor utama yang menjadi sakelar utama dengan nilai $32A + 25A + 2,5A + 8A = 65,7 A$ maka dipasang pada kontaktor nilai 80A sejumlah 1 buah pada K0

Dari penjelasan diatas, diambil kesimpulan kesesuaian komponen berdasarkan PUIL 2011 dan dibandingkan dengan komponen yang dipasang di garbarata. daftar perbandingan bisa dilihat di table 4.32.

Tabel 4.32 Perbandingan Standar PUIL 2011 dan Komponen yang Terpasang pada Sirkuit Motor Garbarata

Identifikasi Komponen	Standar Mininum	Aktual	S/TS
MCCB1	67,5 A	80 A	Sesuai
MCCB2	22,4 A	32 A	Sesuai
MCCB3	14,7 A	25 A	Sesuai
MCCB4	1,5 A	2,5 A	Sesuai
KHA0	10 mm ²	16 mm ²	Sesuai
KHA1	1,5 mm ²	2,5 mm ²	Sesuai
KHA2	1,5 mm ²	2,5 mm ²	Sesuai
KHA3	1,5 mm ²	2,5 mm ²	Sesuai
KHA4	1,5 mm ²	2,5 mm ²	Sesuai
KHA5	1,5 mm ²	1,5 mm ²	Sesuai
TH1	11,5 A	9...14 A	Sesuai
TH2	11,5 A	9...14 A	Sesuai
TH3	7,5 A	6...10 A	Sesuai
TH4	7,5 A	6...10 A	Sesuai
TH5	1,7 A	1,6...2,5 A	Sesuai
K0	65,7 A	80 A	Sesuai
K1	22,4 A	32 A	Sesuai
K2	0,6 A	9 A	Sesuai
K3	15,6 A	25 A	Sesuai
K4	15,6 A	25 A	Sesuai
K5	1,94 A	9 A	Sesuai
K6	1,94 A	9 A	Sesuai

Plat nama motor listrik yang disyaratkan dalam PUIL 2011 sudah dijelaskan pada table 4.9 Keterangan Motor, maka didapatkan data keterangan masing –

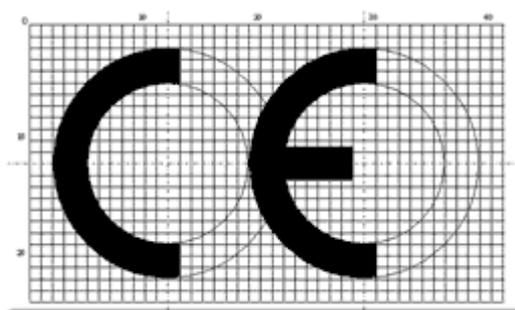
masing item uji di motor listrik yang terdapat pada garbarata, dokumentasi terdapat pada lampiran 20 halaman 133 dan diterangkan dalam tabel 4.33.

Tabel 4.33 Keterangan Motor pada Garbarata

Item Uji	Motor Horizontal	Motor Vertical	Motor Cabin
Nama Pembuat	Ada	Ada	Ada
Voltase Pengenal	380-420 Δ	380 Y	380-420 Y
Arus Beban Pengenal	11.2 A	7.80 A	1.94 A
Daya Pengenal	5.5 kW	3.7 kW	0.75 kW
Frekuensi Pengenal	50	50	50
Putaran Pengenal	1420	1420	1420
Suhu Lingkungan Pengenal	40 ° C	40 ° C	40° C
Kelas Insulasi	F	F	F
Daur Kerja	S1	S2-15 MIN	S1

4.2.1.6. Standar Perlengkapan Listrik

Sebagai perusahaan dengan konsumen kelas dunia, tentu saja PT. Bukaka Teknik Utama memilih Perlengkapan Komponen dengan Standar masing masing negara, secara garis besar mengacu ke PUIL, IEC, JIS (*Japan Industrial Standar*) dan BS (*British Standar*). Kesemua komponen kelistrikan memiliki label SNI, CE, VDE



Gambar 4.2 Logo CE

Sumber : <https://ec.europa.eu/growth/sites/growth/files/ce-mark.gif>. Diakses pada 22 Agustus 2017

Tanda CE (CE Mark) atau *Conformite Europeenne* adalah tanda kesesuaian wajib pada banyak produk yang ditempatkan dikawasan ekonomi eropa (EEA). Istilah awal yang digunakan adalah “EC Mark” masih digunakan, tapi itu bukan istilah resmi.

Dengan membubuhkan tanda CE, produsen, wakil yang ditunjuk atau orang yang menempatkan produk di pasar dan memasukkannya ke dalam layanan menegaskan bahwa item tersebut memenuhi semua persyaratan penting dari arahan listrik Uni Eropa 73/23/ECC & 93/68/ECC dan bahwa prosedur penilaian kesesuaian yang berlaku telah diterapkan. Tanda CE adalah tanda untuk menunjukkan kesesuaian dengan persyaratan kesehatan, keselamatan dan perlindungan konsumen yang diatur dalam arahan Eropa. Lebih mirip dengan UL atau NEC di Amerika Serikat.

Oleh karena itu tanda CE menunjukkan bahwa produk ini dapat diterima dan aman digunakan dalam masyarakat. Perusahaan US menghendaki penandaan produk dan komponen CE ketika menggunakan produk akhir yang akan dikirim atau digunakan di Eropa.



Gambar 4.3 Logo VDE

Sumber :

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c6/German_conformity_mark_VDE.JPG.

Diakses pada 22 Agustus 2017

VDE adalah Standar untuk inovasi dan keselamatan. Sejak pertama Standar elektro teknis VDE 0100 disahkan pada 23 November 1895 di Benteng Warlborg di Eisenach, Jerman. Standar VDE telah menjadi bagian tak terpisahkan dari perkembangan teknologi di bidang teknik listrik, teknik informasi dan perlindungan konsumen.

Berikut daftar nama komponen instalasi listrik yang terdapat pada garbarata dan juga standar yang tertera baik pada kotak penyimpanan, brosur spesifikasi maupun yang tertera pada produknya, bisa dilihat pada tabel 4.34.

Tabel 4.34 Daftar Nama Komponen Instalasi Listrik pada Garbarata dan Standarnya

Nama Komponen	Standar	S/TS
MCCB1	CE	Sesuai
MCCB2	CE	Sesuai
MCCB3	CE	Sesuai
MCCB4	CE	Sesuai
KHA0	VDE	Sesuai
KHA1	VDE	Sesuai
KHA2	VDE	Sesuai
KHA3	VDE	Sesuai
KHA4	VDE	Sesuai
KHA5	VDE	Sesuai
TH1	CE	Sesuai
TH2	CE	Sesuai
TH3	CE	Sesuai
TH4	CE	Sesuai
TH5	CE	Sesuai
C1	CE	Sesuai
C2	CE	Sesuai
C3	CE	Sesuai
C4	CE	Sesuai
C5	CE	Sesuai
C6	CE	Sesuai

4.2.2. Perhitungan Drop Voltase (Jatuh Tegangan dalam Kawat Penghantar)

Dalam penghitungan jatuh tegangan pada garbarata, penghitungan mengikuti panjang kabel dari bangunan menuju beban yang bisa dilihat pada lampiran 23 halaman 136. Sehingga didapat ada 6 lokasi penghitungan jatuh tegangan. Yaitu pada M1, M2, M3, M4, M5 dan A.

M1 menyambungkan Jaringan 3 Fasa 380 VAC yang mempunyai panjang total 84 Meter . Kabel terhubung dari bangunan menuju Panel Sub Distribusi lalu menuju Panel Distribusi Tenaga dan menuju ke Sirkit Motor Horizontal Kanan yang memiliki arus beban penuh 11,2 A.

M2 menyambungkan Jaringan 3 Fasa 380 VAC yang mempunyai panjang total 84 Meter . Kabel terhubung dari bangunan menuju Panel Sub Distribusi lalu menuju Panel Distribusi Tenaga dan menuju ke Sirkuit Motor Horizontal Kiri yang memiliki arus beban penuh 11,2 A.

M3 menyambungkan Jaringan 3 Fasa 380 VAC yang mempunyai panjang total 81 Meter . Kabel terhubung dari bangunan menuju Panel Sub Distribusi lalu menuju Panel Distribusi Tenaga dan menuju ke Sirkuit Motor Vertikal Kanan yang memiliki arus beban penuh 7,8 A.

M4 menyambungkan Jaringan 3 Fasa 380 VAC yang mempunyai panjang total 81 Meter . Kabel terhubung dari bangunan menuju Panel Sub Distribusi lalu menuju Panel Distribusi Tenaga dan menuju ke Sirkuit Motor Vertikal Kiri yang memiliki arus beban penuh 7,8 A

M5 menyambungkan Jaringan 3 Fasa 380 VAC yang mempunyai panjang total 77 Meter . Kabel terhubung dari bangunan menuju Panel Sub Distribusi lalu menuju Panel Distribusi Tenaga dan menuju ke Sirkuit Motor Vertikal Kanan yang memiliki arus beban penuh 1,9 A

A menyambungkan Jaringan 3 Fasa 380 VAC yang mempunyai panjang total 67 Meter . Kabel terhubung dari bangunan menuju Panel Sub Distribusi hanya sampai ke Panel Distribusi Tenaga yang memiliki arus akumulasi beban penuh 42,74 A

Untuk menentukan luas penampang minimum menggunakan rumus yang terdapat pada pers 2.5 pada Bab 2 sehingga didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut yang terdapat pada tabel 4.35 dan dibandingkan dengan kabel yang terpasang

Tabel 4.35 Hasil Perhitungan Luas Penampang Minimum Kabel

Loc	2	I (A)	p	L (m)	Ur (V)	q (mm ²)	Aktual (mm ²)	L/TL
M1	2	11.2	0.0175	84	15.2	2.166	2.5	L
M2		11.2		84		2.166	2.5	L
M3		7.8		81		1.455	2.5	L
M4		7.8		81		1.455	2.5	L
M5		1.94		77		0.344	1.5	L
A		42.74		67		6.594	16	L

Atau dengan menggunakan cara lain, yaitu. Untuk menentukan luas penampang dari Panjang kabel maksimum untuk drop voltase 4 % pada 400 V a.b. voltase nominal dan 55°C suhu perkawatan. Sistem perkawatan trifase, kabel berinsulasi PVC, perkawatan tembaga. Digunakan tabel lampiran D PUIL 2011 yang terdapat pada lampiran 13. Dengan melihat Arus Beban (A) dan Panjang Kabel Maksimum (m) bisa didapatkan Luas penampang (mm²)

Sehingga bisa didapatkan luas penampang kabel sebagai berikut dan dibandingkan dengan yang terpasang dilapangan sehingga bisa dilihat kesesuaiannya pada tabel 4.36.

Tabel 4.36 Luas Penampang Kabel menurut Lampiran D PUIL 2011

Loc	I (A)	L (m)	(mm ²)	Aktual (mm ²)	S/TS
TH1	11.2	84	2.5	2.5	Sesuai
TH2	11.2	84	2.5	2.5	Sesuai
TH3	7.8	81	1.5	2.5	Sesuai
TH4	7.8	81	1.5	2.5	Sesuai
TH5	1.94	77	1.5	1.5	Sesuai
A	42.74	67	10	16	Sesuai

Dari pembahasan diatas bisa disimpulkan bahwa luas penampang kabel yang dipasang sudah sesuai dengan perhitungan tegangan jatuh dan mengikuti luas penampang minimum yang disyaratkan oleh PUIL 2011.

4.2.3. Pembahasan Hasil Pengukuran Arus Beban Motor

Pada pembahasan ini akan dibandingkan antara hasil pengukuran arus beban motor dengan komponen sirkit motor. Sehingga bisa diketahui keandalan sirkit

motor berdasarkan hasil pengukuran arus beban motor. Hasil pengukuran bisa dilihat pada tabel 4.12. sementara sirkit motor bisa dilihat dari tabel 4.30 dan 4.31.

Hasil rekapitulasi pengukuran arus beban akan dilihat kesesuaian antara beban dengan komponen sirkit motor bisa dilihat ditabel 4.37. Dengan hasil pengukuran arus beban dihitung dan dibandingkan dengan sirkit yang ada, baik KHA, GPAL, Saklar Kendali dan GPHP nya.

Tabel 4.37 Tabel Perhitungan Kesesuaian Sirkit Motor Berdasarkan Pengukuran Arus Beban Motor

Motor		Horizontal Kanan Maju	Horizontal Kanan Mundur	Horizontal Kiri Maju	Horizontal Kiri Mundur	Vertikal Kanan Naik	Vertikal Kanan Turun	Vertikal Kiri Naik	Vertikal Kiri Turun	Kabin ke Kanan	Kabin ke Kiri	
Arus Beban Motor Berdasarkan Pengukuran	I _{AVG}	R	6	6.2	6	6	4.4	3	4.4	3	0.7	0.7
		S	6.5	6.6	6.3	6.2	4	3.1	4	3.1	0.7	0.7
		T	6.1	6.1	6.1	6.6	4.4	3.3	4.4	3.3	0.7	0.7
		AVG	6.2	6.3	6.1	6.3	4.3	3.1	4.3	3.1	0.7	0.7
Kabel Sirkit Akhir Motor	mm ²	125% I _{AVG}	8	8	8	8	5.33	5.33	5.33	0.88	0.88	
		Standar	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
		Aktual	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1.5	
		S/TS	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
Pengaman Sirkit Akhir	A	115% I _{AVG}	7.2	7.2	7.2	7.2	4.9	4.9	4.9	0.8	0.8	
		Aktual	9...14	9...14	9...14	9...14	6...10	6...10	6...10	6...10	1,6...2,5	
		S/TS	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
Saklar Kendali	A	I _N M ₁ + M ₂	12.6			8.5		8.5		0.7	0.7	
		Standar	18			9		9		9	9	
		Aktual	32			25		25		9	9	
		S/TS	S			S		S		S	S	
Pengaman Sirkit Cabang	A	GPHP Cabang	14.1			9.6		9.6		0.7	0.7	
		Aktual	32			25		25		2.5	2.5	
		S/TS	S			S		S		S	S	
Kabel Sirkit Utama	mm ²	125% I _N	29.22									
		Standar	10.0									
		Aktual	16.0									
		S/TS	S									
Saklar Kendali	A	I _N M ₁ + M ₂ + M _n	67.5									
		Standar	80									
		Aktual	80									
		S/TS	S									
Pengaman Sirkit Utama	A	GPHP Utama	67.5									
		Aktual	80									
		S/TS	S									

Pengukuran ini mencatat angka dimana ketika motor sudah berjalan stabil.

Pemasangan *Circuit Breaker*, *Contactora* dan *Thermal Overload Relay* pada Garbarata berasal dari rekomendasi yang diberikan oleh vendor komponen *motor*

starters serta hasil penelitian dan pengembangan yang dilaksanakan oleh Departemen terkait. Sedangkan untuk pemasangan KHA kabel pun berasal dari rekomendasi yang diberikan oleh vendor komponen kabel itu sendiri, bisa mengacu pada Tabel 7.3-4 PUIL 2011 pada lampiran 4 halaman 109 ataupun pada Tabel 32-4 BS 7671 y pada lampiran 5 halaman 110. Dan pemilihan rating pengenalan pengaman dan kendali bisa dilihat pada lampiran 6 dan 7 halaman 111 dan 112.

4.2.4. Pembahasan Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi

Pengukuran pada tanggal 12/07/2017 dilakukan dengan Alat *Megger Tester* yaitu HIOKI 3119 - 11 Digital MΩ Hi Tester HIOKI 1993 No. 1015537 dan diukur pada tegangan 500 VDC. Pengukuran Tahanan Isolasi pada Garbarata dilaksanakan pada tanggal 12/07/2017 dibawah bimbingan instruktur lapangan dari Bukaka.

Dalam setiap pengukuran, dilakukan beberapa prosedur penting seperti ; a) Melakukan pengecekan baterai dan kalibrasi dari alat *Megger Tester* itu sendiri. b) Melepas rangkaian listrik dari sumber listrik PLN dan seluruh beban motor. c) Melepas rangkaian listrik dari peralatan elektronik yang tidak diizinkan untuk dilakukan pengukuran tahanan isolasi

Tabel 4.38 Rekapitulasi Data Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi (MΩ) Pada Tanggal 12/07/2017

LOC		A	B	C	D1	D2	TH3	TH4	TH1	TH2	TH5	
TES	3P	N-R	1056				915	875	1329	1427	1257	
		N-S	1028				825	615	1348	1034	1135	
		N-T	1106				812	562	1233	1316	1032	
		R-S	360				413	485	559	543	813	
		R-T	440				528	465	685	548	849	
		S-T	235				398	255	487	531	687	
		E-N	698				314	323	342	368	319	
		E-R	267				287	341	443	407	625	
		E-S	220				284	199	452	311	462	
	E-T	198				287	112	463	356	521		
	1P	N-L		370	424	798	765					
		L-E		230	234	850	734					
		E-N		537	475	1397	965					

Hasil pengukuran bisa dilihat pada tabel 4.38. Dalam analisisnya hasil setiap pengukuran di masing – masing titik dibandingkan dengan beberapa standar, yaitu;

1. IEEE 525 tentang *Minimum Acceptable Insulation Resistance Value*
2. Standar PUIL 2011
3. Standar Tegangan Kerja

Dan jika hasil pengukuran berada diatas masing – masing Standar, maka kabel tersebut dinyatakan sesuai untuk dipakai.

Menurut IEEE 525 tentang Nilai tahanan isolasi minimum yang dapat diterima yang dikeluarkan oleh IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*). Didapatkan rumus untuk mencari nilai Tahanan Isolasi minimum yang dapat diterima untuk digunakan dalam aplikasi lapangan.

$$R_{Insulation} = (V_{Rated} + 1) \times \left(\frac{304.8}{L}\right) \quad \text{Pers (4.1)}$$

Sumber : IEEE 525.

Dimana :

$R_{Insulation}$ adalah nilai tahanan isolasi yang diperbolehkan, dalam mega-ohm ;

V_{Rated} adalah rating tegangan kerja dari kabel itu sendiri, biasanya di print di kabel atau dalam katalog kabel, dalam kilo-volt ; dan

L adalah panjang dari kabel itu sendiri, dalam meters

Lokasi pengukuran A, B, C, D1, D2, TH1, TH2, TH3, TH4, dan TH5 dilakukan pengukuran panjang kabel maksimum tanpa dilepas dari *terminal junction* nya. Lalu tegangan kerja disamaratakan menjadi 3 kV karena dalam dalam pengujiannya terdapat sambungan kabel dalam terminal yang tidak dilepas. Sehingga hasil pengukuran dinyatakan sesuai apabila nilai tahanan isolasinya diatas nilai R menurut IEEE 525. Maka berdasarkan persamaan 4.1 dan data panjang kabel, didapatkan nilai R menurut IEEE 525 yang terdapat pada table 4.39.

Tabel 4.39 Tabel hasil perhitungan menurut IEEE 525

Location	V (kV)	1	304,8	L (m)	R (M Ω)
A	3	1	304,8	62	19,7
B	3	1	304,8	62	19,7
C	3	1	304,8	62	19,7
D1	3	1	304,8	8,5	143,4
D2	3	1	304,8	8,5	143,4
TH1	3	1	304,8	17	71,7
TH2	3	1	304,8	17	71,7
TH3	3	1	304,8	14	87,1
TH4	3	1	304,8	14	87,1
TH5	3	1	304,8	10	121,9

Nilai tahanan isolasinya minimum dianalisis juga dengan data tegangan kerja masing – masing kabel pengukuran yang terdapat dalam katalog, dan menurut Standar 6A PUIL 2011 yang dinyatakan dalam table 4.40.

Tabel 4.40 Standar 6A PUIL 2011

VOLTASE UJI DC (V)	TAHANAN ISOLASI MINIMUM (M Ω)
250	$\geq 0,5$
500	$\geq 1,0$
1000	$\geq 1,0$

Dimana pengukuran dilakukan dalam Voltase Uji 500 VDC dan 600 VDC sehingga hasil pengukuran dinyatakan sesuai apabila nilai tahanan isolasinya $\geq 1,0$ (M Ω).

Dan yang terakhir dilakukan perbandingan dengan tegangan kerja dari masing masing kabel itu sendiri yang dimana tahanan minimum adalah $1000 \times$ tegangan kerja seperti yang bisa dilihat di tabel 4.41.

Tabel 4.41 Standar Nilai Isolasi berdasarkan Tegangan Kerja

V Kerja		R (Ω)	R (M Ω)
380	$\times 10000$	380000	0,38
220		220000	0,22

4.2.4.1. Hasil Pengukuran Tahanan isolasi

Rekapitulasi hasil pengukuran pada tanggal 12/07/2017 dan dibandingkan dengan Standar dari IEEE 525 yang terdapat pada tabel 4.39, Standar PUIL 2011 yang terdapat pada tabel 4.40 dan Tegangan Kerja yang terdapat pada tabel 4.41.

Dengan jumlah total lokasi pengukuran sebanyak 10 titik yang bisa dilihat di lampiran 22 dan jumlah total 72 kali pengukuran. Bisa dilihat di tabel 4.42 dan tabel 4.43.

Tabel 4.42 Perbandingan Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Tanggal 12/07/2017 dengan Standar Kesesuaian

REKAPITULASI HASIL PENGUKURAN TAHANAN ISOLASI 12/7/2017									
No.	HASIL PENGUKURAN			IEEE 525		PUIL 2011		V KERJA	
	LOC	TES	MΩ	R (MΩ)	L/TL	R (MΩ)	L/TL	R (MΩ)	L/TL
1	A	N-L1	1056	19.7	L	1	L	0.38	L
2		N-L2	1028	19.7	L	1	L	0.38	L
3		N-L3	1106	19.7	L	1	L	0.38	L
4		L1-L2	360	19.7	L	1	L	0.38	L
5		L1-L3	440	19.7	L	1	L	0.38	L
6		L2-L3	235	19.7	L	1	L	0.38	L
7		E-N	698	19.7	L	1	L	0.38	L
8		E-L1	267	19.7	L	1	L	0.38	L
9		E-L2	220	19.7	L	1	L	0.38	L
10		E-L3	198	19.7	L	1	L	0.38	L
11	B	N-L	370	19.7	L	1	L	0.22	L
12		L-E	230	19.7	L	1	L	0.22	L
13		E-N	537	19.7	L	1	L	0.22	L
14	C	N-L	424	19.7	L	1	L	0.22	L
15		L-E	234	19.7	L	1	L	0.22	L
16		E-N	475	19.7	L	1	L	0.22	L
17	D1	N-L	798	143.4	L	1	L	0.22	L
18		L-E	850	143.4	L	1	L	0.22	L
19		E-N	1397	143.4	L	1	L	0.22	L
20	D2	N-L	765	143.4	L	1	L	0.22	L
21		L-E	734	143.4	L	1	L	0.22	L
22		E-N	965	143.4	L	1	L	0.22	L
23	TH3	N-L1	915	87.1	L	1	L	0.38	L
24		N-L2	825	87.1	L	1	L	0.38	L
25		N-L3	812	87.1	L	1	L	0.38	L
26		L1-L2	413	87.1	L	1	L	0.38	L
27		L1-L3	528	87.1	L	1	L	0.38	L
28		L2-L3	398	87.1	L	1	L	0.38	L
29		E-N	314	87.1	L	1	L	0.38	L
30		E-L1	287	87.1	L	1	L	0.38	L
31		E-L2	284	87.1	L	1	L	0.38	L
32		E-L3	287	87.1	L	1	L	0.38	L
33	TH4	N-L1	875	87.1	L	1	L	0.38	L
34		N-L2	615	87.1	L	1	L	0.38	L
35		N-L3	562	87.1	L	1	L	0.38	L
36		L1-L2	485	87.1	L	1	L	0.38	L
37		L1-L3	465	87.1	L	1	L	0.38	L
38		L2-L3	255	87.1	L	1	L	0.38	L
39		E-N	323	87.1	L	1	L	0.38	L
40		E-L1	341	87.1	L	1	L	0.38	L
41		E-L2	199	87.1	L	1	L	0.38	L
42		E-L3	112	87.1	L	1	L	0.38	L

Tabel 4.43 Perbandingan Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Tanggal 12/07/2017 dengan Standar Kesesuaian (Lanjutan)

REKAPITULASI HASIL PENGUKURAN TAHANAN ISOLASI 12/7/2017										
No.	HASIL PENGUKURAN			IEEE 525		PUIL 2011		V KERJA		
	LOC	TES	MΩ	R (MΩ)	L/TL	R (MΩ)	L/TL	R (MΩ)	L/TL	
43	TH1	N-L1	1329	71.7	L	1	L	0.38	L	
44		N-L2	1348	71.7	L	1	L	0.38	L	
45		N-L3	1233	71.7	L	1	L	0.38	L	
46		L1-L2	559	71.7	L	1	L	0.38	L	
47		L1-L3	685	71.7	L	1	L	0.38	L	
48		L2-L3	487	71.7	L	1	L	0.38	L	
49		E-N	342	71.7	L	1	L	0.38	L	
50		E-L1	443	71.7	L	1	L	0.38	L	
51		E-L2	452	71.7	L	1	L	0.38	L	
52		E-L3	463	71.7	L	1	L	0.38	L	
53		TH2	N-L1	1427	71.7	L	1	L	0.38	L
54			N-L2	1034	71.7	L	1	L	0.38	L
55	N-L3		1316	71.7	L	1	L	0.38	L	
56	L1-L2		543	71.7	L	1	L	0.38	L	
57	L1-L3		548	71.7	L	1	L	0.38	L	
58	L2-L3		531	71.7	L	1	L	0.38	L	
59	E-N		368	71.7	L	1	L	0.38	L	
60	E-L1		407	71.7	L	1	L	0.38	L	
61	E-L2		311	71.7	L	1	L	0.38	L	
62	E-L3		356	71.7	L	1	L	0.38	L	
63	TH5	N-L1	1257	121.9	L	1	L	0.38	L	
64		N-L2	1135	121.9	L	1	L	0.38	L	
65		N-L3	1032	121.9	L	1	L	0.38	L	
66		L1-L2	813	121.9	L	1	L	0.38	L	
67		L1-L3	849	121.9	L	1	L	0.38	L	
68		L2-L3	687	121.9	L	1	L	0.38	L	
69		E-N	319	121.9	L	1	L	0.38	L	
70		E-L1	625	121.9	L	1	L	0.38	L	
71		E-L2	462	121.9	L	1	L	0.38	L	
72		E-L3	521	121.9	L	1	L	0.38	L	

Dari tabel 4.42 dan tabel 4.43 diatas, disimpulkan bahwa hasil pengukuran dari Tahanan Isolasi pada tanggal 12/07/2017 di Garbarata R&D Bukaka dinyatakan sesuai dengan Standard IEEE 525, Standard 6A PUIL 2011 dan Tegangan Kerja pada 10 titik lokasi pengukuran dan 72 kali pengukuran.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari data-data yang telah dianalisis di bab IV dapat ditarik kesimpulan :

1. Gambar Instalasi atau *Single Line Diagram* pada *Garbarata R&D Slopeless* PT. Bukaka Teknik Utama dikatakan sesuai karena sudah memenuhi kriteria desain tata letak, desain hubungan perlengkapan listrik, tanda perlengkapan, keterangan jenis beban, sistem pembumian dan ukuran serta jenis konduktor yang dipakai.
2. Proteksi Panel terhadap sentuh langsung, tak langsung dan kebakaran sudah sesuai dengan kriteria, yaitu terdapat GPAS yang berupa penggunaan ELCB dengan sensitivitas $\leq 30\text{mA}$.
3. Penghantar pada semua sirkit sudah sesuai dengan kebutuhan bebannya. Sirkit utama memiliki penampang diatas 4 mm^2 , sirkit cabang dan akhir walau memiliki penampang dibawah 4 mm^2 tetapi masih diatas ukuran $1,5 \text{ mm}^2$, dan seluruh konduktor proteksi sudah terpisah pada seluruh sirkit.
4. Identitas konduktor dan terminasi konduktor tidak sesuai dengan PUIL 2011 karena menggunakan JIS 1610 sehingga warna identitas konduktornya adalah R: Merah; S: Putih; T: Biru; N: Hitam dan PE: Kuning – Hijau.
5. Hasil perhitungan plat nama motor dan pengukuran tang ampere, sirkit motor yang terpasang sudah sesuai antara FLA (*Full Load Ampere*) atau beban penuh motor dengan KHA (Kuat Hantar Arus) kabel, pengaman beban lebih, kontaktor kendali dan pengaman hubung pendek dan sarana pemutusny.

6. Hasil perhitungan tegangan jatuh dalam kawat penghantar didapatkan luas penampang yang terdapat di garbarata sudah sesuai dengan luas penampang minimum sesuai perhitungan dan yang disyaratkan oleh PUIL 2011
7. Hasil pengukuran diameter kabel menunjukkan bahwa kabel yang terpasang sudah sesuai dengan nomenklatur kabel yang tertera pada brosur spesifikasi kabel.
8. Hasil pengukuran tahanan isolasi yang dilakukan pada 10 lokasi dengan 72 kali pengujian. Tahanan isolasi seluruh kabel yang dipasang pada sistem instalasi listrik garbarata dinyatakan sesuai dengan Standar 6A PUIL 2011, Standar IEEE 525 dan Standar Tegangan Kerja.

5.2 Saran

Setelah melakukan analisis – analisis terhadap sistem instalasi listrik khusus pada Garbarata PT Bukaka Teknik Utama, maka dapat disarankan:

1. Penelitian kesesuaian sistem instalasi listrik khusus pada Garbarata selanjutnya perlu dikembangkan lagi. Diperlukan penelitian kelayakan terhadap garbarata yang sudah terpasang di bandara untuk diketahui keandalannya.
2. Dari hasil penelitian, dimana didapatkan hasil sesuai pada seluruh item uji, maka diperlukan perawatan dan pemeliharaan agar keandalan komponen instalasi listrik tetap terjaga keamanannya selama penggunaannya, baik perawatan berkala maupun penggantian suku cadang.
3. PT Bukaka Teknik Utama untuk melakukan penelitian berkelanjutan terhadap syarat – syarat kelayakan instalasi listrik sehingga prinsip 5K+E, terpenuhi dengan baik guna menjaga kualitas mutu pada setiap produknya dan kepercayaan terhadap konsumennya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011)*. Jakarta : BSN
- Badan Standarisasi Nasional. (2000). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*. Jakarta : BSN
- Berahim, Ir. Hamzah. (1994). *Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Penerbit Andi Offset.
- Buku Katalog LAPPGROUP. *The World Of Lapp*. Asia Pasific Catalogue 2015.
- Giek. J. (1985). *Kumpulan Rumus Teknik*. Terjemahan oleh Mukhlison Mas'udi & Jaka Sundan. 1994. Jakarta : Elex Media Komputindo
- Hendriyadi, Rahmat. (2009). *Analisa Autolevel Garbarata Dalam Mengatur Ketinggian Cabin Pesawat [Skripsi]*. Jakarta. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Mercu Buana
- [IEEE] Institute of Electrical and Electronics Engineers. *Guide for the Design and Installation of Cable Systems in Substations*. IEEE 525. From Nexans Insulation Testing of Low Voltage Cables in the Field (2010): http://www.berktek.us/eservice/US-en_US/fileLibrary/Download_540198890/US/files/Nexans%20Insulation%20Testing%20of%20Low%20Voltage%20Cables%20in%20the%20Field%20-%202010-06-25.pdf. Diakses pada 23 Januari 2017
- Linsley, Trevor. (2004). *Instalasi Listrik Dasar*. Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga.
- Linsley, Trevor. (2004). *Instalasi Listrik Tingkat Lanjut*. Edisi Ketiga Jakarta: Erlangga.
- Paul Cook. Spring (2004). HARMONISED COLOURS AND ALPHANUMERIC MARKING By IEE Wiring Matters. <http://electrical.theiet.org/wiring-regulations/cable-colours/harmonised.cfm?type=pdf>. Diakses pada 28 Juni 2016
- PT.Bukaka Teknik Utama. (2008). *Product of Tomorrow, Available Today*.
- PT.Bukaka Teknik Utama. (2008). *General Specification Passenger Boarding Bridge*.
- Scaddan, Brian. (2005). *Sistem Pengawatan dan Pencarian Kesalahan untuk Instalator Listrik*. Jakarta. Erlangga.
- Sumardjati, Prih. (2008). *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 1, 2, 3 untuk SMK*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.

Sumitomo Drive Technologies Always on the Move. (2010). *Cyclo 6000 Series Gearmotor & Speed Reducer*. No. C2001E-7.5

Sugiyono. (2009). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Jakarta : Alfabeta

Suryatmo, F. (2002). *Dasar-Dasar Teknik Listrik*. Jakarta : PT Rineka Cipta

Van Harten, E. Setiawan. (1981). *Instalasi Listrik Arus Kuat Jilid 1, 2, 3*. Bandung : Bina Cipta

Waluyanti, Sri. (2008) *Alat Ukur dan Teknik Pengukuran Jilid 1, 2, 3 untuk SMK* Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.

Gambar MCCB Schneider Electric: <http://www.schneider-electric.com/en/product-image/63272-compact-nsx>. Diakses 12 Agustus 2017

Gambar MCB Schneider Electric: <http://www.schneider-electric.com/en/product-image/75267-acti-9-ic60-l-ma>. Diakses 12 Agustus 2017

Gambar ELCB Schneider Electric: <http://www.schneider-electric.co.uk/en/product-image/218405-idpn-vigi>. Diakses 12 Agustus 2017

Gambar TOLR Schneider Electric: http://www.tracepartsonline.net/PartsDefs/Production/SCHNEIDER_ELECTRIC_DISTRI/10-03022014-112285/pictures/10-03022014-112285L.gif. Diakses 12 Agustus 2017

Gambar Logo CE Mark: <https://ec.europa.eu/growth/sites/growth/files/ce-mark.gif>. Diakses pada 22 Agustus 2017

Gambar Logo VDE: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c6/German_conformity_mark_VDE.JPG. Diakses pada 22 Agustus 2017

Schneider Electric CH5 Contactor Selection Guide: http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/228000/FA228499/ko_KR/CH5%20Contactors.pdf. Diakses pada 16 Agustus 2017

Schneider Electric CH1 TeSys Motor Starter Selection Guide: http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/228000/FA228499/ko_KR/CH1%20TeSys%20motor%20starters%20-%20open%20version.pdf. Diakses pada 16 Agustus 2017

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Permohonan Penelitian



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

Kampus Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon/Faximile : Rektor : (021) 4893854, PR I : 4895130, PR II : 4893918, PR III : 4892926, PR IV : 4893982
BAUK : 4750930, BAAK : 4759081, BAPSI : 4752180
Bagian UHTP : Telepon. 4893726, Bagian Keuangan : 4892414, Bagian Kepegawaian : 4890536, Bagian HUMAS : 4898486
Laman : www.unj.ac.id

Nomor : 3029/UN39.12/KM/2016
Lamp. : -
Hal : Permohonan Izin Mengadakan Penelitian
untuk Penulisan Skripsi

27 Juli 2016

Yth. Kepala Departemen Pendidikan dan Pelatihan
PT. Bukaka Teknik Utama

Kami mohon kesediaan Saudara untuk dapat menerima Mahasiswa Universitas Negeri Jakarta :

Nama : **Abdullah Azzam**
Nomor Registrasi : 5115122595
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro
Fakultas : Teknik Universitas Negeri Jakarta
No. Telp/HP : 085776655696

Dengan ini kami mohon diberikan ijin mahasiswa tersebut, untuk dapat mengadakan penelitian guna mendapatkan data yang diperlukan dalam rangka penulisan skripsi dengan judul :

"Kajian Teknis Kelayakan Sistem Eletrikal Pada Passanger Boarding Bridge"
(Studi Survey Pada Sistem Instalasi Listrik Khusus Garbarata di PT. Bukaka Teknik Utama)

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami sampaikan terima kasih.

Kepala Biro Administrasi
Akademik dan Kemahasiswaan



Tembusan :
1. Dekan Fakultas Teknik
2. Kaprog Pendidikan Teknik Elektro

Drs. Syaifullah
NIP 195702161984031001

Lampiran 2. Surat Balasan Permohonan Penelitian

BUKAKA

Cileungsi, 12 Agustus 2016

Nomor : 160/PKL-BTU/BLI/VIII/2016

Hal : Balasan Permohonan Penelitian

Kepada Yth :

Drs. Syaifullah
Kepala Biro Administrasi
Akademik dan Kemahasiswaan
Universitas Negeri Jakarta

Dengan Hormat,

Menindaklanjuti surat bapak nomor 3029/UN39.12/KM/2016 tentang Permohonan Izin Mengadakan Penelitian untuk Penulisan Skripsi di PT. Bukaka Teknik Utama, Tbk atas nama :

1. Abdullah Azzam Pendidikan Teknik Elektro

Dengan ini kami informasikan bahwa mahasiswa atas nama tersebut diterima untuk melaksanakan penelitian tersebut di PT. Bukaka Teknik Utama Tbk untuk tanggal 01 Agustus 2016 – 02 September 2016.

Sebagai tindak lanjut hal tersebut di atas, kepada mahasiswa yang bersangkutan dapat menghubungi bagian *Bukaka Learning Institute* PT. Bukaka Teknik Utama di (021) 823 2323 Ext. 363. Demikian atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Hormat Kami,
PT. Bukaka Teknik Utama


Bambang Indradi
Head of Bukaka Learning Institute

PT BUKAKA TEKNIK UTAMA Tbk

BUKAKA INDUSTRIAL ESTATE Jl. Raya Narogong-Bekasi Km 19.5 Limusnunggal, Cileungsi, Bogor, Jawa Barat 16820 - Indonesia
P: +62-21-823 2323 (Hunting) F: +62-21-823 1150 www.bukaka.com

Lampiran 3. Surat Keterangan Telah Selesai Penelitian

BUKAKA

SURAT KETERANGAN

Nomor : 254/BTU-PKL/BLI/II/2017

Yang bertanda tangan di bawah ini Head of Bukaka Learning Institute PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA menerangkan bahwa:

N a m a	: Abdullah Azzam
NIM	: 5115128595
Bidang/Jurusan	: Teknik Elektro
Perguruan Tinggi	: Universitas Negeri Jakarta

Nama tersebut di atas telah melaksanakan Penelitian/Riset di PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA periode 1 Agustus – 2 September 2016 dengan judul "*Kajian Teknis Kelayakan Sistem Elektrikal Pada Passenger Boarding Bridge (Studi Survey Pada Sistem Instalasi Listrik Khusus Garbarata di PT Bukaka Teknik Utama Tbk)*".

Demikian surat keterangan ini kami buat dengan sebenarnya agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Cileungsi, 3 Februari 2017
PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA TBK



Bambang Indradi
Head of Bukaka Learning Institute

Lampiran 4. [PUIL 2011] Tabel 7.3-4 KHA terus menerus yang diperbolehkan untuk kabel instalasi berinsulasi dan berselubung PVC, serta kabel fleksibel dengan voltase pengenal 230/400 (300) volt dan 300/500 (400) volt pada suhu ambien 30° C, dengan suhu konduktor maksimum 70° C

Jenis Kabel	Luas Penampang	KHA terus menerus	KHA Pengenal gawai proteksi
	(mm ²)	A	A
	1,5	18	10
	2,5	26	20
	4	34	25
	6	44	35
NYIF	10	61	50
NYIFY	16	82	63
NYPLYw	25	108	80
NYM/NYM-0	35	135	100
NYRAMZ	50	168	125
NYRUZY			
NYRUZYr	70	207	160
NHYRUZY	95	250	200
NHYRUZYr	120	292	250
NYBUY			
NYLRZY, dan	150	335	250
Kabel fleksibel	185	382	315
berinsulasi PVC	240	453	400
	300	504	400
	400	-	-
	500	-	-

Sumber : BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011) Tabel 7.3-4 h.523

Lampiran 5. [BS 7671] Tabel 32-4 : *Current Rating Capacities for Multicore Cables having PVC Insulation*

Conductor Crosssectional Area (mm ²)	2-Core cables* 1 Phase ac or dc A	3 or 4 core cables* 3 Phase ac A
1	11	10
1,5	14	13
2,5	18,5	17,5
4	25	23
6	32	29
10	43	39
16	57	52
25	75	68
35	90	83
50	110	99
70	139	125
95	167	150
120	192	172
150	219	196
185	248	223
240	291	261
300	334	298
400	-	-

Reference From British Standard 7671

Lampiran 6. TeSys Contactor Selection Guide

Rated operational current le max.AC-3 (Ue ≤ 440 V) le AC-1 (θ ≤ 60 °C)	9 A 20/25 A	12 A	18 A 25/32 A	25 A 25/40 A	32 A 50 A	38 A
Rated operational voltage	690 V on ~ and ...					
Number of poles	3 or 4		3 or 4		3	
Rated operational power in AC-3	2.2 kW 4 kW 5.5 kW 5.5 kW	3 kW 5.5 kW 5.5 kW 7.5 kW	4 kW 7.5 kW 9 kW 10 kW	5.5 kW 11 kW 11 kW 15 kW	7.5 kW 15 kW 15 kW 18.5 kW	9 kW 18.5 kW 18.5 kW 18.5 kW
Contactor type references	LC1 D09 LC1 DT20/ LC1 D098		LC1 D12 LC1 DT25/ LC1 D128		LC1 D18 LC1 DT32/ LC1 D188	
	40 A 60 A	50 A 80 A	65 A 80 A	80 A 125 A	95 A 115 A 200 A	150 A
690 V ~ or ...	1000 V on ~ supply, 690 V on ... supply					
3	4	3	4	3	4	3
11 kW 18.5 kW 22 kW 22 kW 30 kW	15 kW 22 kW 25/30 kW 30 kW 30 kW	18.5 kW 30 kW 37 kW 37 kW 37 kW	22 kW 37 kW 45 kW 55 kW 45 kW	25 kW 45 kW 45 kW 55 kW 45 kW	30 kW 55 kW 59 kW 75 kW 80 kW	40 kW 75 kW 80 kW 90 kW 100 kW 90 kW
LC1 D40A LC1 DT60A LC1 DT60A	LC1 D50A - -	LC1 D65A LC1 DT80A LC1 DT80A	LC1 D80 LC1 D80 LC1 D80	LC1 D95 - -	LC1 D115 LC1 D115 LC1 D115	LC1 D150 - -

Reference From Schneider Electric CH5 Contactor 5/45 – 5/47

Lampiran 7. TeSys Motor Starter. D.O.L. starters, non-reversing, from 0.06 to 30 kW at 400/415 V, type 2 coordination

D.O.L. starters, non-reversing									
Standard power ratings of 3-phase motors 50/60 Hz in AC-3			Setting range of thermal trips	Fixed magnetic tripping current 13 Irth	For customer assembly		Pre-assembled	Weight	
400/415 V	440 V	500 V			Motor circuit-breaker Reference	Contactors Reference to be completed (2)			Basic reference, to be completed by adding the voltage code (3)
kW	kW	kW	A	A					kg
0.06	0.06	–	0.16...0.25	2.4	GV2 P02	LC1 D09**	GV2 DP102**		0.686
–	0.09	–	0.25...0.40	5	GV2 P03	LC1 D09**	GV2 DP103**		0.686
0.09	0.12	–							
0.12	–	–	0.40...0.63	8	GV2 P04	LC1 D09**	GV2 DP104**		0.686
0.18	0.18	–							
0.25	0.25	–	0.63...1	13	GV2 P05	LC1 D09**	GV2 DP105**		0.686
0.37	0.37	–							
–	–	0.37	1...1.6	22.5	GV2 P06	LC1 D09**	GV2 DP106**		0.686
0.55	0.55	0.55							
–	–	0.75							
0.75	0.75	–	1.6...2.5	33.5	GV2 P07	LC1 D09**	GV2 DP107**		0.686
–	1.1	1.1							
1.1	–	1.5	2.5...4	51	GV2 P08	LC1 D09**	GV2 DP108**		0.696
1.5	1.5	2.2							
2.2	2.2	–	4...6.3	78	GV2 P10	LC1 D09**	GV2 DP110**		0.736
–	3	3							
3	–	4	6...10	138	GV2 P14	LC1 D09**	GV2 DP114**		0.736
4	4	5.5							
5.5	5.5	7.5	9...14	170	GV2 P16	LC1 D25**	GV2 DP116**		0.741
–	7.5	9							
7.5	9	–	13...18	223	GV2 P20	LC1 D25**	GV2 DP120**		0.736
9	11	11	17...23	327	GV2 P21	LC1 D25**	GV2 DP121**		0.741
11	–	15	20...25	327	GV2 P22	LC1 D25**	GV2 DP122**		0.741
15	15	18.5	24...32	416	GV2 P32	LC1 D32**	GV2 DP132**		0.741
18.5	–	–	30...40	560	GV3 P401 (4)	LC1 D50A**	–		1.725
–	18.5	22	30...40	560	GV3 P401 (4)	LC1 D65A**	–		1.730
22	–	–	37...50	700	GV3 P501 (4)	LC1 D50A**	–		1.725
–	22	30	37...50	700	GV3 P501 (4)	LC1 D65A**	–		1.730
30	37	–	48...65	910	GV3 P651 (4)	LC1 D65A**	–		1.730

Reference From Schneider Electric CHI Motor Starter 1/10

Lampiran 8. SNI IEC 60445:2013

Lampiran A (informatif)

Warna, notasi alfanumerik dan simbol grafis yang digunakan untuk identifikasi konduktor/terminal

Tabel A.1 - Warna, notasi alfanumerik dan simbol grafis yang digunakan
untuk identifikasi konduktor/terminal

Sebutan konduktor/terminal	Identifikasi konduktor/terminal dengan			
	Notasi alfanumerik ^a		Warna	Simbol grafis ^b
	Konduktor	Terminal		
Konduktor a.b.	AC	AC	—	
Lin 1	L1	U	● BK ^d atau	~
Lin 2	L2 ^c	V	● BR ^d atau	
Lin 3	L3 ^c	W	● GR ^d	
Konduktor titik tengah	M	M	● BU ^e	Tidak ada rekomendasi
Konduktor netral	N	N		
Konduktor a.s.	a.s.	a.s.	—	---
Positif	L+	+	Tidak ada rekomendasi	+
Negatif	L-	-		—
Konduktor proteksi	PE	PE	● GNYE	⊥
Konduktor PEN	PEN	PEN	● GNYE ^f	
Konduktor PEL	PEL	PEL	● BU ^f	
Konduktor PEM	PEM	PEM		
Konduktor ikatan proteksi^g	PB	PB	● GNYE	⚡
- dibumikan	PBE	PBE		
- tak dibumikan	PBU	PBU		Tidak ada rekomendasi
Konduktor pembumian fungsional^h	FE	FE	Tidak ada rekomendasi	⚡
Konduktor ikatan fungsional	FB	FB		

a Lihat Ayat 7.
b Grafis yang diperlihatkan berkaitan dengan nomor simbol berikut dalam IEC 60417.

~ IEC 60417-5032 (2002-10)	⊥ IEC 60417-5019 (2006-08)
--- IEC 60417-5031 (2002-10)	⚡ IEC 60417-5018 (2006-10)
⊕ IEC 60417-5005 (2002-10)	⚡ IEC 60417-5020 (2002-10)
— IEC 60417-5006 (2002-10)	⚡ IEC 60417-5021 (2002-10)

c Hanya perlu pada sistem dengan lebih dari satu fase.
d Urutan kode warna adalah menurut abjad. Tidak menyajikan urutan fase atau arah putaran yang direkomendasikan.
e Lihat 6.2.2.
f Lihat 6.3.3 hingga 6.3.5.
g Konduktor ikatan proteksi yang terbanyak merupakan konduktor ikatan proteksi dibumikan. Tidak perlu untuk menyebutnya dengan PBE. Dalam hal dimana digunakan perbedaan antara konduktor ikatan proteksi dibumikan dan konduktor ikatan proteksi tak dibumikan, perbedaan yang jelas antara keduanya harus dilakukan (misalnya di dalam instalasi elektromedis) dan penyebutan PBE dan PBU sebaiknya diterapkan.

Lampiran 9. Perhitungan Luas Penampang Kabel

Dari hasil pengukuran didapatkan data diameter sebagai berikut

Nomenklatur Kabel	Diameter Kabel (d)
NYAF 1,5 mm ²	1,41 mm
NYAF 2,5 mm ²	1,8 mm
NYAF 16 mm ²	4,61 mm

Lalu dengan didapatkan diameter (d) kabel, maka mencari luas penampang kabel dengan rumus

$$A = \pi \times \frac{d^2}{4} = \pi \times r^2$$

NYAF 1,5 mm ²
$A = \pi \times \frac{d^2}{4} = 3,14 \times \frac{1,41^2}{4} = 1,56145 \text{ mm}^2$
NYAF 2,5 mm ²
$A = \pi \times \frac{d^2}{4} = 3,14 \times \frac{1,8^2}{4} = 2,54469 \text{ mm}^2$
NYAF 16 mm ²
$A = \pi \times \frac{d^2}{4} = 3,14 \times \frac{4,61^2}{4} = 16,69136 \text{ mm}^2$

Sehingga didapatkan luas penampang kabel sebagai berikut

Nomenklatur Kabel	Diameter Kabel (d)	Luas Penampang (A)
NYAF 1,5 mm ²	1,41 mm	1,56 mm ²
NYAF 2,5 mm ²	1,8 mm	2,54 mm ²
NYAF 16 mm ²	4,61 mm	16,7 mm ²

**Lampiran 10. Perhitungan Sirkuit Motor Garbarata Berdasarkan Name Plat
Motor**

DIKETAHUI					
Motor	V	kW	I _n	PF	Qty
Horizontal	380	5,5	11,2	0,84	2
Vertikal		3,7	7,8	0,86	2
Kabin		0,75	1,94	0,76	1

**1. Arus Pengenal GPAL (Diambil 115% dari Arus Pengenal Motor) dan
Arus Pengenal GPHP**

<p>Motor Horizontal</p> $I_{(A)} = 11,2$ $115\% \times I_{(A)} = 12,9$ <p>Diambil 9...14 A untuk TH1 dan TH2 Sementara Untuk GPHP nya</p> $11,2 + 11,2 + (25\% \times 11,2) = 25,5$ <p>Diambil 32 A untuk MCCB2</p>
<p>Motor Vertikal</p> $I_{(A)} = 7,8$ $115\% \times I_{(A)} = 9,0$ <p>Diambil 6...10 A untuk TH3 dan TH4 Sementara Untuk GPHP nya</p> $7,8 + 7,8 + (25\% \times 7,8) = 17,6$ <p>Diambil 25 A untuk MCCB3</p>
<p>Motor Kabin</p> $I_{(A)} = 1,94$ $115\% \times I_{(A)} = 2,2$ <p>Diambil 1,6...2,5 A untuk TH5 Dan dikarenakan ini adalah motor tunggal, maka tidak ada penambahan motor lainnya. Diambil 2,5 A untuk MCCB4</p>

Pengaman Sirkit Utama

$$\text{MCCB0} = \text{MCB1} + \text{MCB2} + \text{MCB3} + (25\% \text{ dari Arus Pengenal Terbesar})$$

$$\text{MCCB0} = 32\text{A} + 25\text{A} + 2,5\text{A} + (25\% \times 32\text{A})$$

$$\text{MCCB0} = 67,5 \text{ A}$$

Diambil 80 A untuk MCCB1

2. Kuat Hantar Arus Kabel pada masing – masing sirkit akhir motor

(Mengacu pada Tabel 7.3-4 PUIL 2011 dan Tabel 32-4 BS 7671 dengan diambil 125% dari Arus Pengenal Motor)

Motor Horizontal

$$I_{(A)} = 11,2$$

$$125\% \times I_{(A)} = 14,00$$

Standar 7.3-4 adalah kurang dari 18A maka memakai 1,5 mm²
Diambil 20 A dengan kabel 2,5 mm² untuk KHA1 dan KHA2

Motor Vertikal

$$I_{(A)} = 7,8$$

$$125\% \times I_{(A)} = 9,75$$

Standar 7.3-4 adalah kurang dari 18A maka memakai 1,5 mm²
Diambil 20 A dengan kabel 2,5 mm² untuk KHA3 dan KHA4

Motor Kabin

$$I_{(A)} = 1,94$$

$$125\% \times I_{(A)} = 2,43$$

Standar 7.3-4 adalah kurang dari 18A maka memakai 1,5 mm²
Diambil 10 A dengan kabel 1,5 mm² untuk KHA5

Penghantar Sirkit Utama

$$\text{KHA0} = (\text{In M1} + \text{In M2} + \text{In M3} + \text{In M4} + \text{In M5} \\ + (25\% \text{ dari In M Terbesar})) \times 125\%$$

$$\text{KHA0} = (11,2 + 11,2 + 7,8 + 7,8 + 1,94 + (25\% \times 11,2)) \times 125\%$$

$$\text{KHA0} = 53,43$$

Standar 7.3-4 adalah kurang dari 61A maka memakai 10 mm²
Diambil 82 A dengan kabel 16 mm² untuk KHA0

Lampiran 11. Perhitungan Sirkuit Motor Garbarata Berdasarkan Pengukuran Arus Beban Penuh

Diketahui dengan tabel dibawah adalah hasil pengukuran tang ampere

DIKETAHUI			
Motor	R (A)	S (A)	T (A)
Horizontal Kanan Maju	6	6,5	6,1
Horizontal Kanan Mundur	6,2	6,6	6,1
Horizontal Kiri Maju	6	6,3	6,1
Horizontal Kiri Mundur	6	6,2	6,6
Vertikal Kanan Naik	4,4	4	4,4
Vertikal Kanan Turun	3	3,1	3,3
Vertikal Kiri Naik	4,4	4	4,4
Vertikal Kiri Turun	3	3,1	3,3
Kabin ke Kanan	0,7	0,7	0,7
Kabin ke Kiri	0,7	0,7	0,7

Lalu masing masing motor dicari $I_{Average}$ nya dalam bentuk (A) atau Ampere dengan cara diambil Rata – Rata nya dengan

$$I_{Average} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

Horizontal Kanan Maju	$I_{Average} = \frac{6 + 6,5 + 6,1}{3}$ $I_{Average} = \frac{18,6}{3} = 6,20$ Sehingga $I_{Average} = 6,2 \text{ A}$
Horizontal Kanan Mundur	$I_{Average} = \frac{6,2 + 6,6 + 6,1}{3}$ $I_{Average} = \frac{18,9}{3} = 6,30$ Sehingga $I_{Average} = 6,3 \text{ A}$
Horizontal Kiri Maju	$I_{Average} = \frac{6 + 6,3 + 6,1}{3}$ $I_{Average} = \frac{18,4}{3} = 6,1$ Sehingga $I_{Average} = 6,1 \text{ A}$

Horizontal Kiri Mundur	$I_{Average} = \frac{6 + 6,2 + 6,6}{3}$ $I_{Average} = \frac{18,8}{3} = 6,3$ Sehingga $I_{Average} = 6,3 \text{ A}$
Vertikal Kanan Naik	$I_{Average} = \frac{4,4 + 4 + 4,4}{3}$ $I_{Average} = \frac{12,8}{3} = 4,3$ Sehingga $I_{Average} = 4,3 \text{ A}$
Vertikal Kanan Turun	$I_{Average} = \frac{3 + 3,1 + 3,3}{3}$ $I_{Average} = \frac{9,4}{3} = 3,1$ Sehingga $I_{Average} = 3,1 \text{ A}$
Vertikal Kiri Naik	$I_{Average} = \frac{4,4 + 4 + 4,4}{3}$ $I_{Average} = \frac{12,8}{3} = 4,3$ Sehingga $I_{Average} = 4,3 \text{ A}$
Vertikal Kiri Turun	$I_{Average} = \frac{3 + 3,1 + 3,3}{3}$ $I_{Average} = \frac{9,4}{3} = 3,1$ Sehingga $I_{Average} = 3,1 \text{ A}$
Kabin ke Kanan	$I_{Average} = \frac{0,7 + 0,7 + 0,7}{3}$ $I_{Average} = \frac{0,7}{3} = 0,7$ Sehingga $I_{Average} = 0,7 \text{ A}$
Kabin ke Kiri	$I_{Average} = \frac{0,7 + 0,7 + 0,7}{3}$ $I_{Average} = \frac{0,7}{3} = 0,7$ Sehingga $I_{Average} = 0,7 \text{ A}$

Sehingga didapat $I_{Average}$ masing - masing motor adalah

Motor	N
Horizontal Kanan Maju	6,2
Horizontal Kanan Mundur	6,3
Horizontal Kiri Maju	6,1
Horizontal Kiri Mundur	6,3
Vertikal Kanan Naik	4,3
Vertikal Kanan Turun	3,1
Vertikal Kiri Naik	4,3
Vertikal Kiri Turun	3,1
Kabin ke Kanan	0,7
Kabin ke Kiri	0,7

Lalu ditetapkan masing masing motor $I_{Average}$ tertinggi nya untuk dicari KHA,

GPAL dan GPHP nya.

Motor	N
Horizontal Kanan	6,3
Horizontal Kiri	6,3
Vertikal Kanan	4,3
Vertikal Kiri	4,3
Kabin	0,7

Arus Pengenal GPAL (Diambil 115% dari Arus Pengenal Motor) dan Arus

Pengenal GPHP

Motor Horizontal

$$I_{(A)} = 6,3$$

$$115\% \times I_{(A)} = 7$$

Diambil 9...14 A untuk TH1 dan TH2

Sementara Untuk GPHP nya

$$6,3 + 6,3 + (25\% \times 6,3) = 14$$

Diambil 32 A untuk MCCB2

<p>Motor Vertikal</p> $I_{(A)} = 4,3$ $115\% \times I_{(A)} = 4,9$ <p>Diambil 6...10 A untuk TH3 dan TH4 Sementara Untuk GPHP nya</p> $4,3 + 4,3 + (25\% \times 4,3) = 10$ <p>Diambil 25 A untuk MCCB3</p>
<p>Motor Kabin</p> $I_{(A)} = 0,7$ $115\% \times I_{(A)} = 0,8$ <p>Diambil 1,6...2,5 A untuk TH5 Dan dikarenakan ini adalah motor tunggal, maka tidak ada penambahan motor lainnya. Diambil 2,5 A untuk MCCB4</p>
<p>Pengaman Sirkit Utama</p> $\text{MCCB1} = \text{MCCB2} + \text{MCCB3} + \text{MCCB4} + (25\% \text{ dari Arus Pengenal Terbesar})$ $\text{MCCB0} = 32\text{A} + 25\text{A} + 2,5\text{A} + (25\% \times 32\text{A})$ $\text{MCCB0} = 67,5 \text{ A}$ <p>Diambil 80 A untuk MCCB1</p>

Kuat Hantar Arus Kabel pada masing – masing sirkit akhir motor (Mengacu pada Tabel 7.3-4 PUIL 2011 dan Tabel 32-4 BS 7671 dengan diambil 125% dari Arus Pengenal Motor)

<p>Motor Horizontal</p> $I_{(A)} = 6,3$ $125\% \times I_{(A)} = 7,9$ <p>Standar 7.3-4 adalah kurang dari 18A maka memakai 1,5 mm² Diambil 20 A dengan kabel 2,5 mm² untuk KHA1 dan KHA2</p>

<p>Motor Vertikal</p> $I_{(A)} = 4,3$ $125\% \times I_{(A)} = 5,3$ <p>Standar 7.3-4 adalah kurang dari 18A maka memakai 1,5 mm² Diambil 20 A dengan kabel 2,5 mm² untuk KHA3 dan KHA4</p>
<p>Motor Kabin</p> $I_{(A)} = 0,7$ $125\% \times I_{(A)} = 0,9$ <p>Standar 7.3-4 adalah kurang dari 18A maka memakai 1,5 mm² Diambil 10 A dengan kabel 1,5 mm² untuk KHA5</p>
<p>Penghantar Sirkuit Utama</p> $\text{KHA0} = (\text{KHA1} + \text{KHA2} + \text{KHA3} + \text{KHA4} + \text{KHA5} + (25\% \text{ dari KHA Terbesar})) \times 125\%$ $\text{KHA0} = (7,9 + 7,9 + 5,3 + 5,3 + 0,9 + (25\% \times 7,9)) \times 125\%$ $\text{KHA0} = 36,5$ <p>Standar 7.3-4 adalah kurang dari 18A maka memakai 1,5 mm² Diambil 82 A dengan kabel 16 mm² untuk KHA0</p>

Lampiran 12. Perhitungan Tegangan Jatuh dalam Kawat Penghantar

Menurut Suryatmo (2002:105) Mencari luas penampang minimum

$$q = \frac{2 \times I \times \rho \times l}{U_r}$$

Dimana

q = Penampang kawat dalam satuan mm²

2 = Konstanta banyaknya kawat

I = Kuat arus dalam satuan ampere

ρ = Tahanan jenis dalam satuan Ω mm/m (0,0175 Ω mm/m)

l = Panjang kawat dalam satuan m

U_r = Tegangan rugi yang diizinkan dalam satuan Volt

Menurut PUIL 2011 Ayat 2.2.3 tentang Drop voltase, berbunyi, "Drop voltase antara terminal pelanggan dan sembarang titik dari instalasi tidak boleh melebihi 4 % dari voltase pengenal pada terminal pelanggan".

Sehingga didapatkan U_r

$$U_r = 4\% \rightarrow 380 \times 4\% \rightarrow \frac{4}{100} \times 380 = 15,2 \text{ Volt}$$

Diketahui dari tabel ini

DIKETAHUI				
Loc	I (A)	p	L (m)	Ur (V)
TH1	11.2	0.0175	17	15.2
TH2	11.2		17	
TH3	7.8		14	
TH4	7.8		14	
TH5	1.94		10	
A	39.9		62	

Loc M1	$q = \frac{2 \times I \times \rho \times l}{U_r} = \frac{2 \times 11.2 \times 0.0175 \times 84}{15.2} = \frac{32.928}{15.2} = 2.166 \text{ mm}^2$
Loc M2	$q = \frac{2 \times I \times \rho \times l}{U_r} = \frac{2 \times 11.2 \times 0.0175 \times 84}{15.2} = \frac{32.928}{15.2} = 2.166 \text{ mm}^2$
Loc M3	$q = \frac{2 \times I \times \rho \times l}{U_r} = \frac{2 \times 7.8 \times 0.0175 \times 81}{15.2} = \frac{22.113}{15.2} = 1.455 \text{ mm}^2$
Loc M4	$q = \frac{2 \times I \times \rho \times l}{U_r} = \frac{2 \times 7.8 \times 0.0175 \times 81}{15.2} = \frac{22.113}{15.2} = 1.455 \text{ mm}^2$
Loc M5	$q = \frac{2 \times I \times \rho \times l}{U_r} = \frac{2 \times 1.94 \times 0.0175 \times 77}{15.2} = \frac{5.2283}{15.2} = 0.344 \text{ mm}^2$
Loc A	$q = \frac{2 \times I \times \rho \times l}{U_r} = \frac{2 \times 42.74 \times 0.0175 \times 67}{15.2} = \frac{100.2253}{15.2} = 6.594 \text{ mm}^2$

Sehingga didapatkan nilai luas penampang minimum sebagai berikut

Loc	mm ²
M1	2.166
M2	2.166
M3	1.455
M4	1.455
M5	0.344
A	6.594

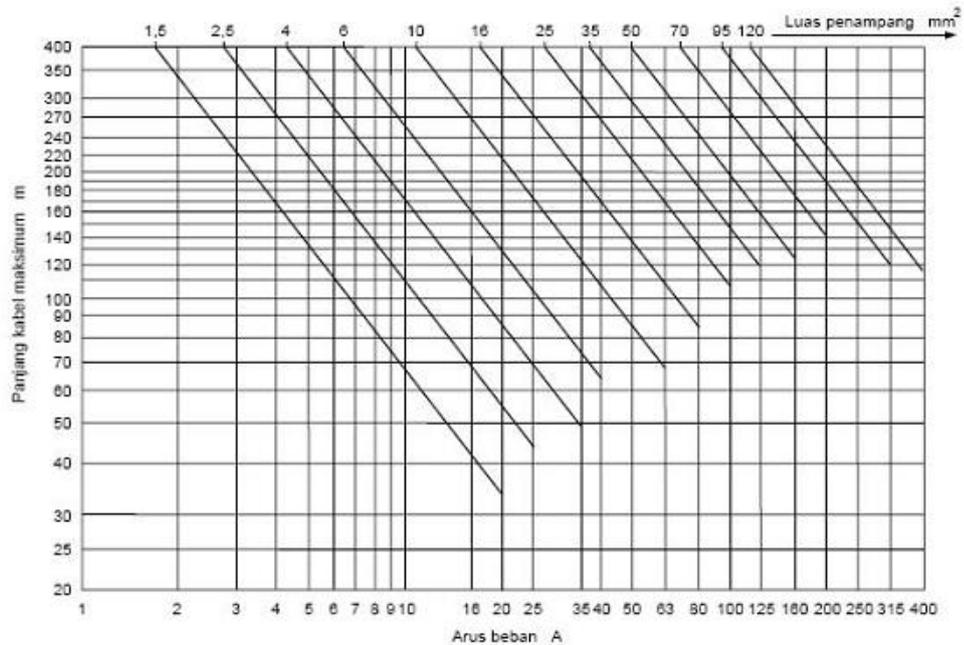
Lampiran 13. Diagram Evaluasi Drop Voltase

Panjang kabel maksimum untuk drop voltase 4 % pada 400 V a.b. voltase nominal dan 55 °C suhu perkawatan.

Sistem perkawatan trifase, kabel berinsulasi PVC, perkawatan tembaga.

Untuk sistem perkawatan fase tunggal (230 V a.b.), bagi panjang kabel maksimum dengan 2.

Untuk kawat aluminium: : panjang kabel maksimum dibagi 1,6.



Sumber : BSNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 Lampiran D (informatif) h.469

Lampiran 14. Perhitungan IEEE 525

Sebelumnya IEEE memiliki kepanjangan yang dalam Indonesia berarti Institut Insinyur Listrik dan Elektronik (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*). Menurut IEEE 525 tentang *Minimum Acceptable Insulation Resistance Value*

$$R_{Insulation} = (V_{Rated} + 1) \times \left(\frac{304.8}{L}\right)$$

Dimana :

$R_{Insulation}$ adalah nilai tahanan isolasi yang diperbolehkan, dalam mega-ohm ;

V_{Rated} adalah rating tegangan kerja dari kabel itu sendiri, biasanya di print di kabel atau dalam katalog kabel, dalam kilo-volt ; dan

L adalah panjang dari kabel itu sendiri, dalam meters

DIKETAHUI	
V_{Rated}	3 kV
L Loc A	62 m
L Loc B	62 m
L Loc C	62 m
L Loc D1	8,5 m
L Loc D2	8,5 m
L Loc TH1	17 m
L Loc TH2	17 m
L Loc TH3	14 m
L Loc TH4	14 m
L Loc TH4	10 m

Perhitungan menurut IEEE 525

<p>Location A</p> $R_{Insulation} = (V_{Rated} + 1) \times \left(\frac{304.8}{L}\right)$ $R_{Insulation} = (3 + 1) \times \left(\frac{304.8}{62}\right)$ $R_{Insulation} = 19,7 \text{ M}\Omega$
<p>Location B</p> $R_{Insulation} = (V_{Rated} + 1) \times \left(\frac{304.8}{L}\right)$ $R_{Insulation} = (3 + 1) \times \left(\frac{304.8}{62}\right)$ $R_{Insulation} = 19,7 \text{ M}\Omega$
<p>Location C</p> $R_{Insulation} = (V_{Rated} + 1) \times \left(\frac{304.8}{L}\right)$ $R_{Insulation} = (3 + 1) \times \left(\frac{304.8}{62}\right)$ $R_{Insulation} = 19,7 \text{ M}\Omega$
<p>Location D1</p> $R_{Insulation} = (V_{Rated} + 1) \times \left(\frac{304.8}{L}\right)$ $R_{Insulation} = (3 + 1) \times \left(\frac{304.8}{8,5}\right)$ $R_{Insulation} = 143,4 \text{ M}\Omega$
<p>Location D2</p> $R_{Insulation} = (V_{Rated} + 1) \times \left(\frac{304.8}{L}\right)$ $R_{Insulation} = (3 + 1) \times \left(\frac{304.8}{8,5}\right)$ $R_{Insulation} = 143,4 \text{ M}\Omega$

Location TH1	$R_{Insulation} = (V_{Rated} + 1) \times \left(\frac{304.8}{L}\right)$ $R_{Insulation} = (3 + 1) \times \left(\frac{304.8}{17}\right)$ $R_{Insulation} = 71,7 \text{ M}\Omega$
Location TH2	$R_{Insulation} = (V_{Rated} + 1) \times \left(\frac{304.8}{L}\right)$ $R_{Insulation} = (3 + 1) \times \left(\frac{304.8}{17}\right)$ $R_{Insulation} = 71,7 \text{ M}\Omega$
Location TH3	$R_{Insulation} = (V_{Rated} + 1) \times \left(\frac{304.8}{L}\right)$ $R_{Insulation} = (3 + 1) \times \left(\frac{304.8}{14}\right)$ $R_{Insulation} = 87,1 \text{ M}\Omega$
Location TH4	$R_{Insulation} = (V_{Rated} + 1) \times \left(\frac{304.8}{L}\right)$ $R_{Insulation} = (3 + 1) \times \left(\frac{304.8}{14}\right)$ $R_{Insulation} = 87,1 \text{ M}\Omega$
Location TH5	$R_{Insulation} = (V_{Rated} + 1) \times \left(\frac{304.8}{L}\right)$ $R_{Insulation} = (3 + 1) \times \left(\frac{304.8}{10}\right)$ $R_{Insulation} = 121,9 \text{ M}\Omega$

Lampiran 15. Foto – Foto Garbarata Penelitian dan Ukurannya

Foto		Keterangan		
		Tampang Belakang		
		Tampak Serong Depan		
		Tampak Samping		
<i>Model</i>	<i>Fully Retracted Meters</i>	<i>Fully Extended Meters</i>	<i>Min. Operational Length Meters</i>	<i>Max. Operational Length Meters</i>
Garbarata R&D Slopeless R3 18/36	18.38	36.41	16.67	32.03

Lampiran 16. Foto – Foto Panel Sub Distribusi dan Panel Distribusi Tenaga

Foto	Keterangan
	1. Panel Sub Distribusi
	2. Panel Distribusi Tenaga

Lampiran 17. Foto – Foto Pengukuran Diameter Kabel menggunakan Mikrometer Sekrup 0-25 mm x 0.01 mm

Foto Mikrometer Sekrup	Pengukuran Kabel 1,5 mm ²
	
Pengukuran Kabel 2,5 mm ²	Pengukuran Kabel 16 mm ²
	

Lampiran 18. Foto – Foto Pengukuran Arus Beban Motor Menggunakan Megger Tester pada Tanggal 12/07/2017



Alat Ukur Megger Digital



Zero Check



Kalibrasi



Pengukuran Menggunakan Megger Digital

Lampiran 19. Foto – Foto Pengukuran Tahanan Isolasi Menggunakan Tang Ampere pada Tanggal 07/02/17



Digital Clamp Meter
VIP 3902



Pengukuran Motor Vertical Left

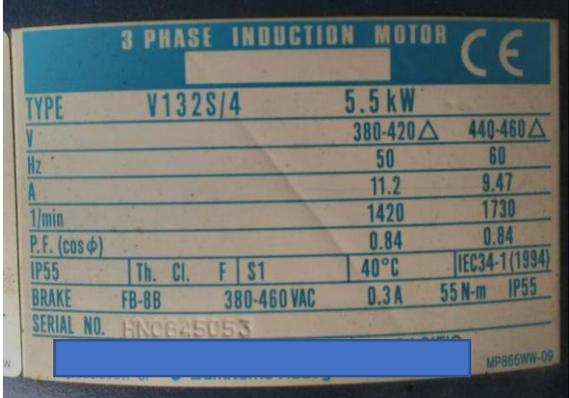
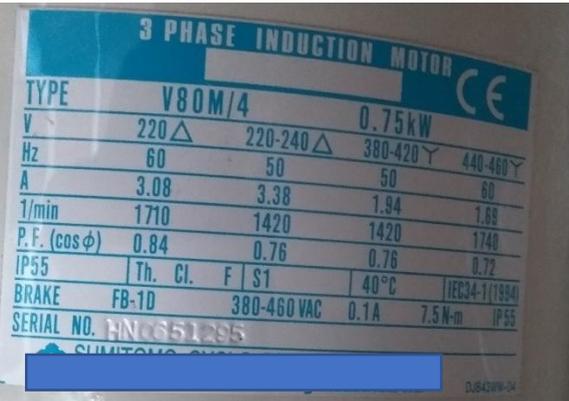


Pengukuran Motor Vertical Right

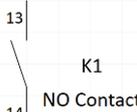
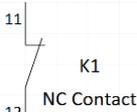
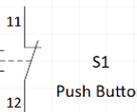
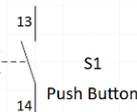
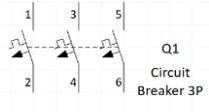
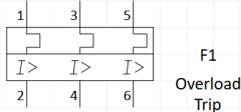
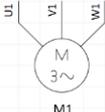
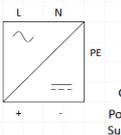


Pengukuran Motor Cabin

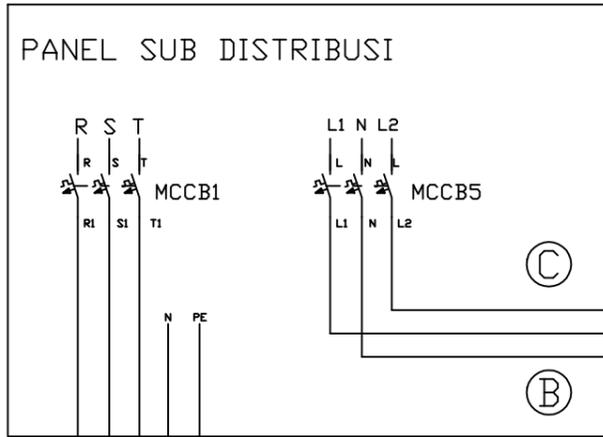
Lampiran 20. Foto Name Plat Motor Garbarata

<p style="text-align: center;">Motor Horizontal</p>	
<p style="text-align: center;">Motor Vertikal</p>	
<p style="text-align: center;">Motor Kabin</p>	

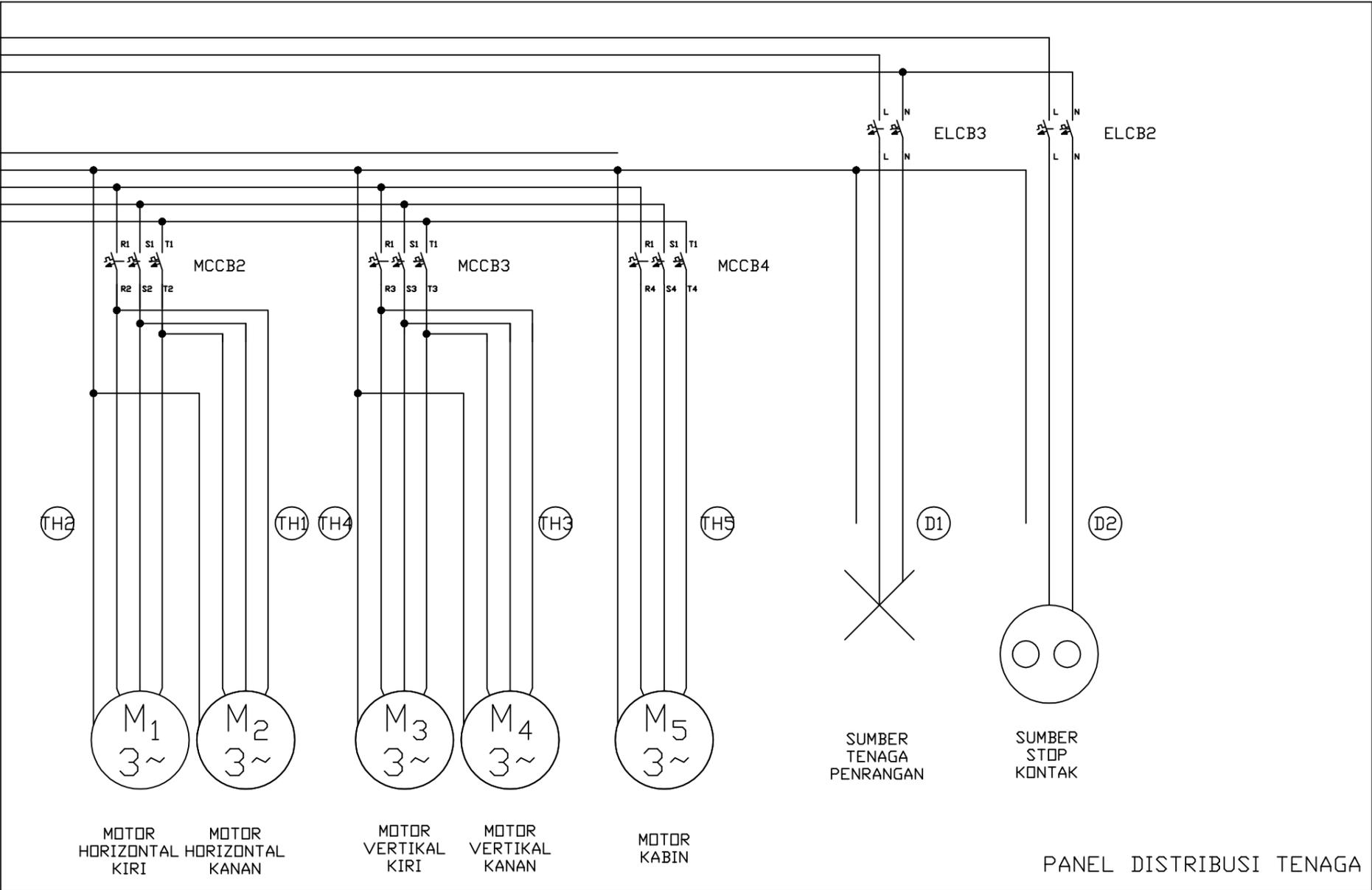
Lampiran 21. Electrical (IEC) Symbols

Deskripsi	Simbol
Koil	 <p>A1 A2 K1 Coil</p>
NO Contact	 <p>13 14 K1 NO Contact</p>
NC Contact	 <p>11 12 K1 NC Contact</p>
Push Button NC	 <p>11 12 S1 Push Button</p>
Push Button NO	 <p>13 14 S1 Push Button</p>
Circuit Breaker 3 P Magnetic – Thermal	 <p>1 3 5 2 4 6 Q1 Circuit Breaker 3P</p>
Contactor 3 P	 <p>1 3 5 2 4 6 K1 Contactor 3P</p>
Thermal Overload Relay	 <p>1 3 5 2 4 6 F1 Overload Trip</p>
Motor AC 3 P	 <p>U1 V1 W1 M 3~ M1 AC Motor 3P</p>
Switching Power Supply $V_{In} = 220 \text{ VAC}$ $V_{Out} = 24 \text{ VDC}$	 <p>L N PE G1 Power Supply + -</p>

Reference From radिकासoftware.com <https://symbols.radिकासoftware.com/stencil/IEC.html>

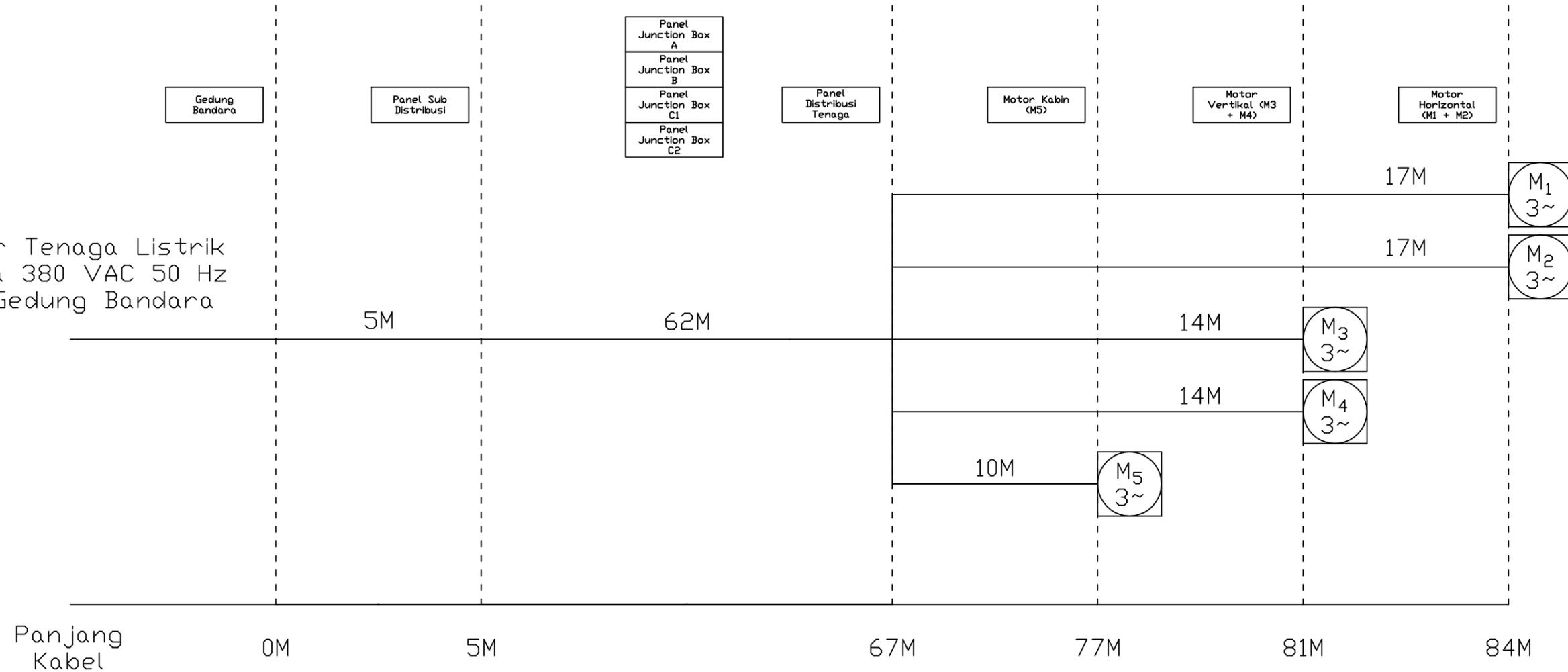


(A)

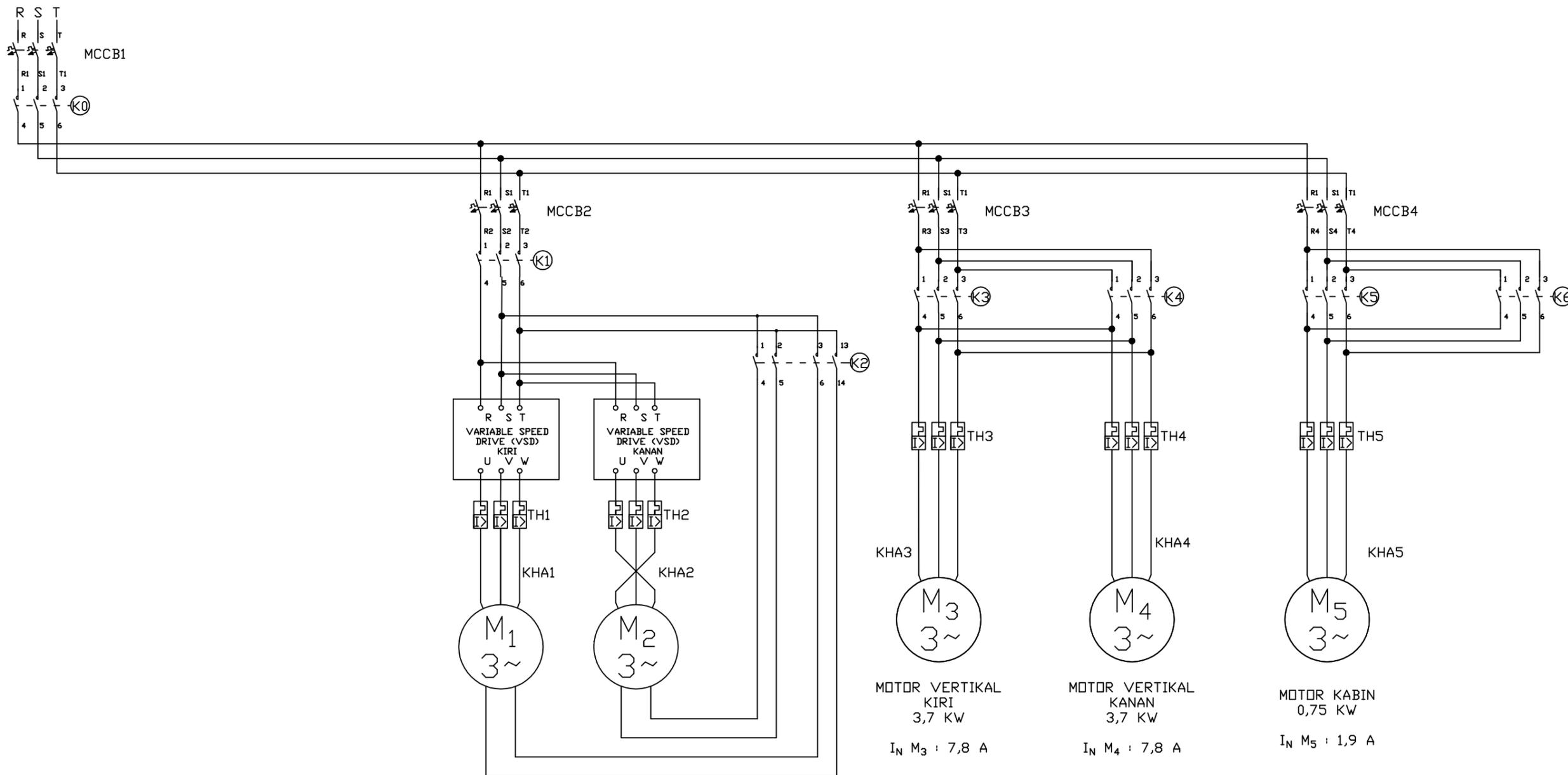


UNJ	DIBUAT :	ABDULLAH AZZAM	KETERANGAN : Pengujian Tahanan Isolasi General Garbarata Slopless R3 19/36		
	NO. REG :	5115122595			
	DILIHAT :				
GAMBAR INSTALASI LISTRIK		LAMPIRAN 22	H.135	SKRIPSI	A3

Sumber Tenaga Listrik
3 Fasa 380 VAC 50 Hz
Dari Gedung Bandara



UNJ	DIBUAT : ABDULLAH AZZAM	KETERANGAN : PANJANG KABEL UNTUK PERHITUNGAN TEGANGAN JATUH GARBARATA R3 19/36 DALAM SATUAN METER		
	NO. REG : 5115122595			
	DILIHAT :			
GAMBAR INSTALASI LISTRIK	LAMPIRAN 23	H.136	SKRIPSI	A3

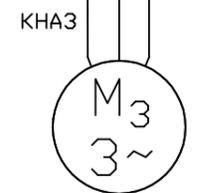


MOTOR HORIZONTAL KIRI
5,5 KW

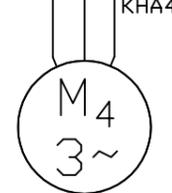
MOTOR HORIZONTAL KANAN
5,5 KW

$I_N M_1 : 11,2 \text{ A}$
 $M.Rem : 0,3 \text{ A}$

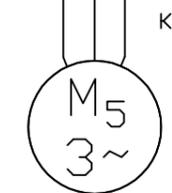
$I_N M_1 : 11,2 \text{ A}$
 $M.Rem : 0,3 \text{ A}$



MOTOR VERTIKAL KIRI
3,7 KW
 $I_N M_3 : 7,8 \text{ A}$

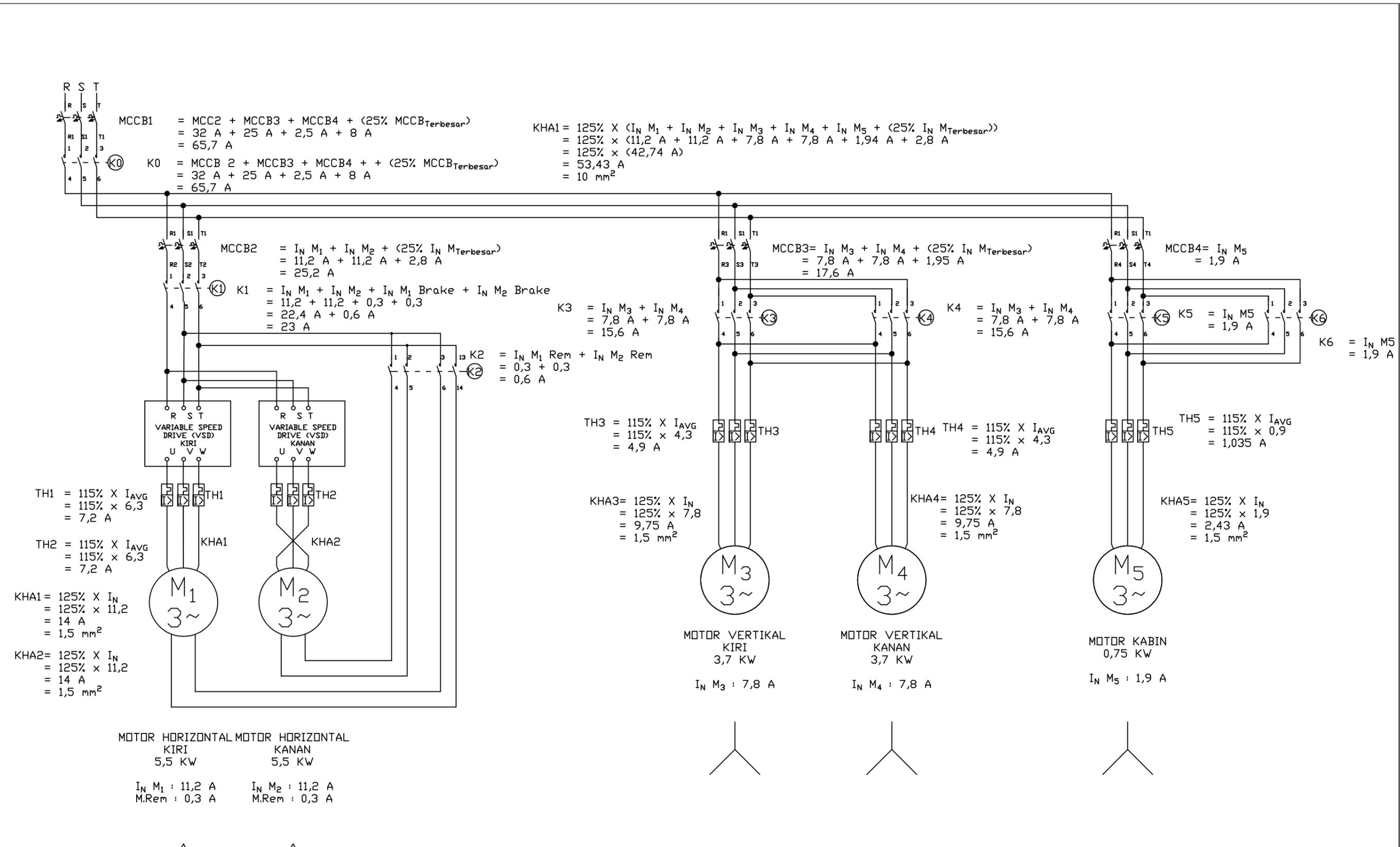


MOTOR VERTIKAL KANAN
3,7 KW
 $I_N M_4 : 7,8 \text{ A}$

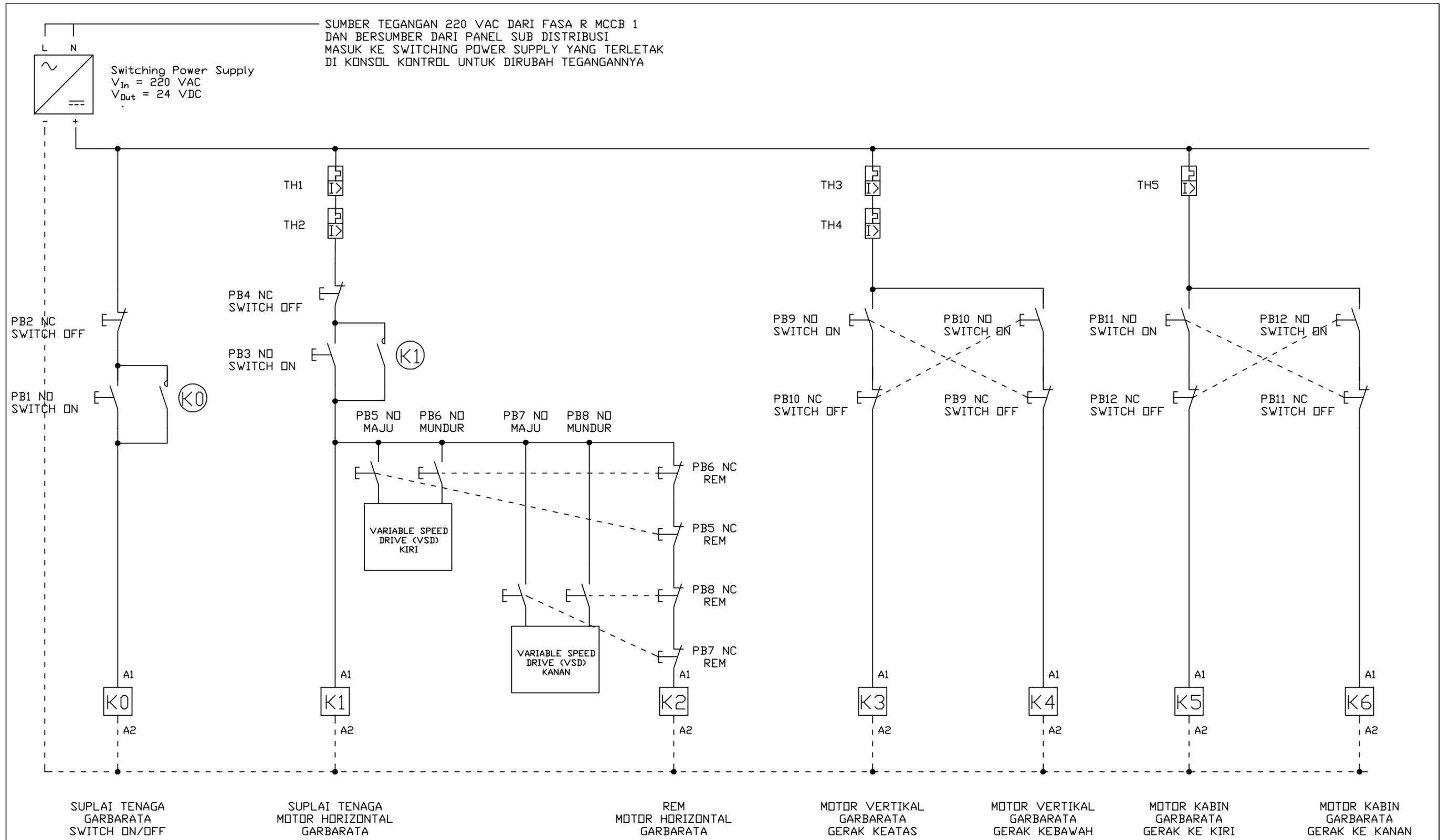


MOTOR KABIN
0,75 KW
 $I_N M_5 : 1,9 \text{ A}$

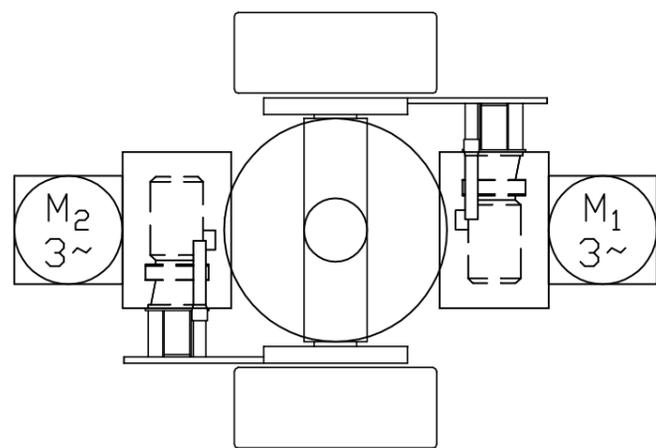
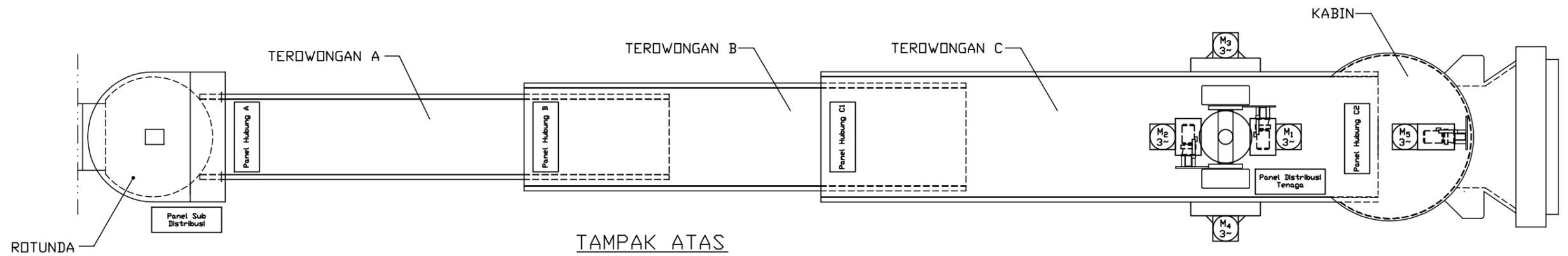
UNJ	DIBUAT :	ABDULLAH AZZAM	KETERANGAN : Diagram Utama Motor 3 Fasa Garbarata Slopless R3 19/36		
	NO. REG :	5115122595			
	DILIHAT :				
GAMBAR INSTALASI LISTRIK		LAMPIRAN 24	H.137	SKRIPSI	A3



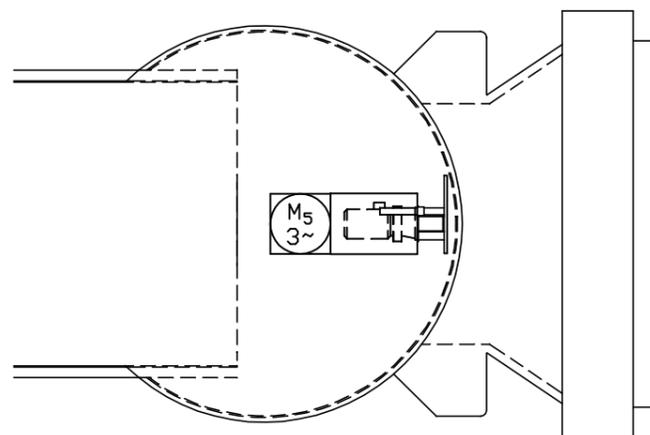
UNJ	DIBUAT :	ABDULLAH AZZAM	KETERANGAN : Diagram Utama Motor 3 Fasa Dengan Perhitungan Komponen Garbarata Stopless R3 19/36		
	NO. REG :	5115122595			
	DILIHAT :				
GAMBAR INSTALASI LISTRIK		LAMPIRAN 25	H.138	SKRIPSI	A3



UNJ	DIBUAT :	ABDULLAH AZZAM	KETERANGAN :		
	NO. REG :	5115122595		DIAGRAM KENDALI MOTOR 3 FASA GARBARATA R3 19/36	
	DILIHAT :				
GAMBAR INSTALASI LISTRIK		LAMPIRAN 26	H.139	SKRIPSI	A3



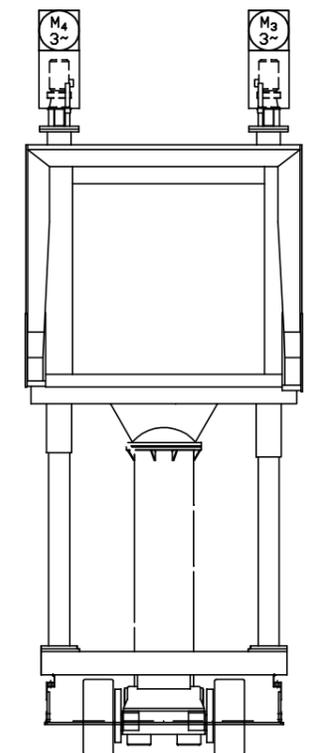
TAMPAK ATAS RODA BOOGIE
LOKASI MOTOR HORIZONTAL



TAMPAK ATAS KABIN
LOKASI MOTOR KABIN



TAMPAK DEPAN KOLOM LIFT
LOKASI MOTOR VERTIKAL



TAMPAK DEPAN

UNJ	DIBUAT :	ABDULLAH AZZAM	KETERANGAN : GAMBAR MEKANIKAL LOKASI MOTOR DAN PANEL GARBARATA R3 19/36		
	NO. REG :	5115122595			
	DILIHAT :				
GAMBAR INSTALASI LISTRIK		LAMPIRAN 27	H.140	SKRIPSI	A3

CURRICULUM VITAE



Penulis dilahirkan di Jakarta, 28 Desember 1994 dari pasangan Bapak Abdul Wahid dan (Almh) Ulfa Martina. Penulis merupakan putra pertama dari lima bersaudara. Tahun 2011 penulis pernah mendapatkan prestasi dibidang desain dengan menjuarai peringkat pertama Desain Grafis Se-Tasikmalaya dalam acara Tasikmalaya *Techno Science Competition* di Universitas Siliwangi Tasikmalaya. Juara satu Web Design yang diselenggarakan PT Telkom Tasikmalaya. Tahun 2012 penulis lulus dari SMA AL Muttaqin Tasikmalaya, dan pada tahun tersebut berhasil melanjutkan studi di Universitas Negeri Jakarta dengan program studi Teknik Elektro.

Selama mengikuti perkuliahan, penulis aktif mengikuti berbagai organisasi kemahasiswaan. Pada periode tahun 2012 - 2013 menjadi Ketua Departemen Kaderisasi Sahabat Muslim Fakultas Teknik UNJ, Staff PSDM Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Staff IMC FSI Al Biruni FT UNJ, dan Staff Propaganda Pasukan Biru FT UNJ. Tahun 2013 – 2014 menjadi Staff Departemen Sosial Politik Badan Eksekutif Mahasiswa FT UNJ, dan Komandan Pasukan Biru FT UNJ. Selain itu penulis juga aktif dikegiatan ekstra kampus. Tahun 2012 – 2013 menjadi Staff Kaderisasi KAMMI UNJ, tahun 2013 – 2014 menjadi Ketua Departemen Humas KAMMI UNJ, tahun 2013 – 2017 menjadi Ketua Jaringan Kampus Nasional di Bidang Promosi dan Humas Pengurus Pusat Komunitas One Day One Juz, tahun 2014 sampai sekarang sebagai Ketua Divisi Dana Usaha KASAHF Al Kahfi, tahun 2015 sampai sekarang sebagai Ketua Departemen PO KAMMI UNJ, tahun 2016 sampai sekarang sebagai Staff Departemen Kebijakan Publik PD KAMMI Jakarta Timur, tahun 2016 sampai sekarang menjabat sebagai Menteri Outdoor Korps Instruktur Wilayah KAMMI Jakarta. Tahun 2013 – 2014 penulis menjadi Tim Trainer di Lembaga Training Gema Madani Tasikmalaya, dan Inspirasi Muda Bogor (IMAGO).

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Pendidikan Teknik Elektro Univeritas Negeri Jakarta, penulis melakukan Praktek Keterampilan Mengajar pada tanggal 07 September - 27 November 2015 di SMKN 34 Jakarta, serta melakukan kegiatan Praktek Kerja Lapangan pada tanggal 01 Agustus – 02 September 2016 di PT Bukaka Teknik Utama dengan judul laporan **“Assembling Sistem Elektrikal pada *Distribution Power Panel Passenger Boarding Bridge/Garbarata*”** dan menyelesaikan tugas akhir skripsi dengan judul **“Analisis Sistem Instalasi Listrik Khusus pada Garbarata Berdasarkan PUIL 2011 (Studi Kasus di PT. Bukaka Teknik Utama)”**.