

SKRIPSI

**ANALISIS INSTALASI SISTEM KELISTRIKAN
PADA P.T. BUMI RAMA NUSANTARA MAKASSAR**



OLEH

**TRY AKHMAD SALEH
1058 21010 12**

**R U D I N I
10582 1022 12**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2018

ANALISIS INSTALASI SISTEM KELISTRIKAN PADA PT. BUMI RAMA
NUSANTARA MAKASSAR

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat

Untuk memperoleh gelar Strata Satu (S1)

Program Studi Teknik Listrik

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik

Disusun dan diajukan oleh :

TRY AKHMAD SALEH

10582101012

RUDINI

10582102212

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2018



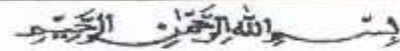
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>



HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS INSTALASI SISTEM KELISTRIKAN PADA PT. BUMI RAMA NUSANTARA MAKASSAR.**

Nama : 1. Try Akhmad Saleh
2. Rudini

Stambuk : 1. 10582 1010 12
2. 10582 1022 12

Makassar, 24 April 2018

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Dr.Eng.Ir.H. Zulfarji Basri Hasanuddin,M.Eng

Pembimbing II

Rizal Ahdiyati Duyo,S.T.,M.T

Mengetahui,

Ketua Jurusan Elektro



Dr. Umar Katu, S.T., M.T.

NBM : 990 410



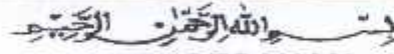
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>



PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Try Akhmad Saleh** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1010 12 dan **Rudini** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1022 12 dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0003/SK-Y/2020/091004/2018, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Senin tanggal 12 April 2018.

Panitia Ujian :

Makassar,

8 Sya'ban 1439 H

24 April 2018 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Umar Katu, S.T., MT

b. Sekretaris : Adriani, S.T., MT

3. Anggota : 1. Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana, MT

2. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

3. Anugrah, ST., MT

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr.Eng.Ir.H. Zulfarji Basri Hasanuddin,M.Eng

Pembimbing II

Rizal Ahdiyati Duyo,S.T.,M.T

Dekan

Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.

NBM : 855 500

Try Akhmad Saleh¹, Rudini²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : trymisiel@yahoo.com

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : rhudy777@yahoo.co.id

ABSTRAK

Judul tugas akhir ini adalah "Analisis Instalasi Sistem Kelistrikan Pada P.T. Bumi Rama Nusantara Makassar", membahas tentang analisis instalasi sistem kelistrikan untuk motor-motor listrik yang ada pada "PT. Bumi Rama Nusantara Makassar". Adapun tujuan yang akan dicapai adalah: Membahas tentang Instalasi daya listrik untuk motor-motor listrik yang ada pada industri karung plastik "PT. Bumi Rama Nusantara Makassar". Membahas tentang analisis instalasi sistem kelistrikan pada P.T Bumi Rama Nusantara Makassar dan Instalasi daya listrik untuk motor-motor listrik, dalam Instalasi motor-motor listrik pada suatu industri. Adapun hasil yang didapat pada penelitian ini adalah Penempatan panel utama pada perencanaan ini tidak ditempatkan pada titik pusat beban, karena faktor teknis. Mengingat tempat tersebut merupakan daerah sirkulasi para pekerja pada saat mesin-mesin beroperasi dan biasa dilewati kendaraan. Perencanaan instalasi listrik ini sangat bermanfaat pada penulis, karena memberikan gambaran tentang cara penginstalasian dalam suatu industri. Untuk penghantar dengan luas penampang 240 mm keatas, biasanya timbul hambatan secara tehnik dan material, untuk itu dapat diatasi dengan menggandakan penghantar yang lebih kecil tanpa mengurangi KHA dari penghantar yang bersangkutan.

Kata kunci : Intalasi, motor listtik, daya dan penghantar

Try Akhmad Saleh¹, Rudini²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : trymisiel@yahoo.com

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : rhudy777@yahoo.co.id

ABSTRACT

The title of this final project is "Analysis of Electrical System Installation at P.T. Bumi Rama Nusantara Makassar", discuss about the analysis of electrical system installation for electric motors in "PT Bumi Rama Nusantara Makassar". The objectives to be achieved are: Discussing about the Installation of electric power for electric motors in the plastic sack industry "PT Bumi Rama Nusantara Makassar". Discuss about the analysis of electrical system installation on P. Bumi Rama Nusantara Makassar and Installation of electric power for electric motors, in Installation of electric motors in an industry. The results obtained in this study is Placement of the main panel on this plan is not placed at the center of the load, because of technical factors. Given the place is the circulation of the workers at the time the machines operate and usually skipped vehicles. Planning the electrical installation is very useful on the author, because it gives an idea of how to install in an industry. For carriers with a 240 mm cross-sectional area, typically technical barriers arise and. material, for it can be overcome by doubling more conductor. small without reducing the CRC of the respective carrier.

Keywords: Intalasi, motor listtik, power and conductor

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Rahmat dan HidayahNya sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka penyelesaian program studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir adalah : *"Analisis Instalasi Sistem Kelistrikan Pada P.T. Bumi Rama Nusantara Makassar"*.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulis maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segalan ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak DR. H. Abd Rahman Rahim,SE.,MM sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar, yang telah membina Universitas dengan sebaik-baiknya.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin,M.Eng. selaku pembimbing I dan Bapak Rizal Ahdiyati Duyo,S.T.,M.T. selaku pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktunya membimbing dan mengarahkan penulis, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
3. Bapak Ir. Hamsah Al Imran,S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Dr. Umar Katu, S.T.,M.T. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ibu Rahmania.S.T.,M.T selaku penasehat akademik yang telah banyak membantu penulis selama masa perkuliahan.
6. Ibu Adriani, ST., MT selaku Sekretaris prodi yang telah melayani urusan administrasi selama masuk kuliah sampai pengurusan penulisan skripsi ini.
7. Kepada seluruh Dosen Fakultas Teknik dan Para staf Fakultas yang memberikan ilmu dan pengalaman serta informasi akademik.
8. Bapak kepala pimpinan PT. Bumi Rama Nusantara Makassar yang telah memberikan informasi dan data kepada penulis selama proses penelitian hingga selesainya karya ini disusun.
9. Kepada kedua orang tua kami tercinta (Try Akhmad Saleh) Ayahanda Muh. Saleh S.Pdi dan Ibunda Rahima Ratte (Rudini) Ayahanda Burahima dan ibunda Sina yang telah melahirkan, membesarkan, mendidik, mendoakan,

memelihara serta memberikan bantuan moral dan materi, nasehat serta motivasi dan pengorbanan yang sangat besar dalam melewati hari-hari dalam kehidupan ini.

10. Buat saudara-saudara kami tercinta (Try Akhmad Saleh) Musra Tangisalu, khairunisa, Firman Syah, Darmawati Migi, Nurhamidah, Muzakkar dan Rahmadani. (Rudini) Rasmin, Ramli, Rahmat, Muh. Irwansyah, dan juga keponakan tersayang Eka Safitri, Fitra Madani serta (Alm) Jara, S.Pd yang selalu ada dalam keadaan suka duka dan memberikan dukungan moril dan materil kepada penulis.

11. Rekan Seperjuangan kami di Teknik 012 (MISIEL) Universitas Muhammadiyah Makassar, HPMM Kom. Unismuh, HPMM Cab. Bungin, Kerukunan Pemuda Dan Mahasiswa Mundan (KPMM) dan seluruh Mahasiswa Unismuh Dari Bumi Massenrempulu (*TANA RI GALLA TANA RI ABBUSUNGGI*) terimah kasih kami ucapkan atas dukungannya selama ini.

Demi kesempurnaan skripsi ini, saran dan kritik yang sifatnya mendidik, membangun sangat penulis harapkan. Semoga karya skripsi ini bermanfaat dan dapat memberikan sumbangan yang berarti bagi pihak yang membutuhkan.

Makassar, 15 Maret 2018

PENULIS

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman judul	i
Halaman pengesahan	ii
abstrak	iv
Kata pengantar	vi
Daftar isi	ix
Daftar gambar	xiii
Daftar tabel	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar belakang masalah	1
B. Rumusan masalah	1
C. Tujuan penulisan	2
D. Batasan masalah	2
E. Metode pembahasan	3
F. Sistematika penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Instalasi daya listrik	5
B. Jenis motor listrik	6
1. Motor arus bolak-balik (AC)	6
2. Motor arus searah (DC)	7
C. Starting motor-motor	16

1. Pengertian starting	16
2. Jenis-jenis starting	16
D. Pemilihan starting	19
1. Penyesuaian teknik	20
2. Penyesuaian ekonomi	20
3. Pembatasan-pembatasan penyediaan daya	20
E. Pengereman motor-motor	20
1. Pengereman dinamik	21
2. Pengereman regeneratif	21
3. Pengereman mendadak	22
F. Pengaman peralatan	22
1. Pengaman peralatan. dari hubung singkat dan beban lebih	22
2. Pengaman peralatan dari tegangan sentuh	28
a. Proteksi terhadap sentuhan langsung	29
b. Proteksi terhadap sentuhan tidak langsung	30
G. Pentanahan	33
1. Pemilihan elektroda pentanahan	34
2. Bahan. dan ukuran elektroda pentanahan.....	36
3. Tahanan elektroda pentanahan	38
H. Penghantar	40
1. Identifikasi hantaran dengan warna	41
2. Penandaan kabel	44
3. Kemampuan hantar arus hantaran	48

4. Luas penampang hantaran	50
5. Pemilihan hantaran	51
I. Busbar	52
J. Alat ukur dan indikator	52
K. Kontak-kontak	53
L. Panel	54
1. Pembagian panel	54
2. penempatan peralatan panel	55
3. Penempatan panel	55
BAB III METODOLIGI PENELITIAN	57
A. Waktu dan Tempat	57
B. Metode penelitian.....	57
C. Lankah-Langkah Penelitian	58
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	60
A. Gambar situasi	60
B. Uraian teknis	60
1. Tata letak mesin-mesin	60
2. Data teknis mesin	60
3. Perhitungan Pemilihan peralatan panel dan hantaran	62
a. Kapasitas arus pemutus MCB, MCCB dan TOR	62
b. Penentuan KHA dan penampang hantaran	66
c. KHA dan penampang "busbar	70
d. Metode pemasangan hantaran	71

4. Metode pemasangan kotak-kontak	72
5. Panel	73
a. Penentuan letak panel	73
b. Detail panel (terlampir)	74
6. Pentanahan	75
a. Besarnya tahanan pentanahan	75
b. Metode pemasangan pentanahan	76
C. Rancangan instalasi	77
1. Gambar instalasi	78
2. Diagram panel	78
D. Pemilihan kontaktor	79
BAB IV PENUTUP	81
A. Kesimpulan	81
B. Saran-saran	81
DAFTAR PUSTAKA	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Rotor dari motor sinkron tanpa sikat berkecepatan rendah	8
2.2 Konstruksi motor sinkron	9
2.3 Karakteristik motor induksi	9
2.4 Rangkaian motor induksi rotor belitan dengan tahanan luar	10
2.5 Rangkaian motor induksi rotor sangkar dihubungkan dengan saklar Y/delta	11
2.6 Pandangan belahan motor DC	12
2.7 Rangkaian. ekuivalen motor DC "berpenguatan terpisah	12
2.8 Rangkaian ekuivalen motor DC shunt	13
2.9 Rangkaian ekuivalen motor DC seri.....	14
2.10 Karakteristik motor DC seri	15
2.11 Rangkaian ekuivalen kompon panjang	15
2.12 Rangkaian ekuivalen kompon pendek	15
2.13 Diagram rangkaian. DOL starter	16
2.14 Rangkaian starting resistance starter	17
2.15 Rangkaian starting tahanan primer	18
2.16 Diagram rangkaian daya starting Y/delta	19
2.17 Diagram, rangkaian kontrol- starting T/delta	19
2.18 Pengereman dinamik	21
2.19 Pengereman mendadak	22
2.20 Elektroda pita	34

4.1 Gambar situasi (terlampir)	60
4.2 Tata letak mesin-mesin (terlampir)	60
4.3 Metode pemasangan hantaran NYY	72
4.4 Metode pemasangan hantaran NYFGbY	72
4.5 Metode pemasangan kotak-kontak	73
4.6 Metode pemasangan pentanahan	77
4.7 Gambar instalasi (terlampir)	78
4.8 Diagram panel (terlampir).....	78

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Nilai nominal atau setelan tertinggi gawai pengaman sirkuit motor terhadap hubung singkat	26
2.2 Pengaruh arus listrik pada badan manusia.....	29
2.3 Resistans pembumian pada resistas jenis Q = 100 Ohm-meter	35
2.4 Ukuran minimum elektroda bumi	37
2.5 Tahanan jenis tanah	38
2.6 Rumus-rumus pendekatan untuk menghitung tahanan pentanahan	39
2.7 Pengenal inti atau rel	42
2.8 Nomenklatur kabel	44
2.9 Luas penampang nominal hantaran netral dari bahan sama seperti bahan hantaran fasa suatu saluran fasa tiga dengan hantaran netral	50
4.10 Pemilihan kontaktor untuk starting	81

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Dengan semakin meningkatnya pembangunan di Indonesia, sejalan dengan meningkatnya pembangunan di bidang industri, maka dipandang perlu adanya suatu disiplin ilmu yang dapat membuat instalasi daya listrik dalam industri tersebut. Karena pada umumnya industri-industri menghasilkan suatu produksi dengan menggunakan motor-motor listrik.

Motor-motor listrik yang terdapat pada industri karung plastik PT. Bumi Rama Nusantara menggunakan kotak-kontak yang perlu diperhatikan terhadap sistem penginstalasian dalam suatu industri.

Motor-motor listrik tersebut telah dioperasikan dengan menggunakan instalasi instalasi dengan cara menghubungkan langsung motor-motor listrik tersebut ke kotak-kontak. Hal ini harus memenuhi syarat ditinjau dari ilmu kelistrikan khususnya penggunaan instalasi daya listrik serta peraturan-peraturan instalasi kelistrikan. Dengan demikian perlu adanya suatu rancangan instalasi daya listrik.

B. Rumusan Masalah

Beberapa pertimbangan mengapa penulis mengambil Judul "Analisis Instalasi Sistem Kelistrikan Pada P.T. Bumi Rama Nusantara Makassar" adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah instalasi sistem kelistrikan pada P.T. Bumi Rama Nusantara Makassar ?
2. Bagaimanakah perbandingan antara peralatan instalasi sistem kelistrikan yang digunakan pada P.T. Bumi Rama Nusantara Makassar dengan ilmu kelistrikan khususnya penggunaan instalasi daya ?

C. Tujuan Penulisan

Dalam suatu penulisan tugas akhir, mempunyai tujuan yang akan dicapai . Demikian halnya dengan penulisan tugas akhir ini yang membahas tentang analisis instalasi sistem kelistrikan untuk motor-motor listrik yang ada pada "PT. Bumi Rama Nusantara Makasar".

Adapun tujuan yang akan dicapai adalah:

1. Membahas tentang Instalasi daya listrik untuk motor-motor listrik yang ada pada industri karung plastik "PT. Bumi Rama Nusantara Makassar".
2. Membahas tentang analisis instalasi sistem kelistrikan pada P.T Bumi Rama Nusantara Makassar.
3. Instalasi daya listrik untuk motor-motor listrik, dalam Instalasi motor-motor listrik pada suatu industri.

D. Batasan Masalah

Untuk menghindari agar ruang lingkup pembahasan tidak terlalu luas dan tidak Jauh dari sasaran yang Ingin dicapai, maka dipandang perlu untuk membatasi yang akan dibahas, adapun batasan masalahnya adalah :

1. Mengingat topik tentang pembahasan yang menyangkut masalah instalasi sistem kelistrikan, yang mencakup ruang lingkup pembahasannya luas» maka penulis perlu untuk membatasi pokok bahasan pada masalah instalasi motor-motor listrik.
2. Dari hal tersebut di atas yang pada pokoknya meliputi teori tentang Instalasi yang sifatnya umum dan aplikatif (terapan).

E. Metode Pembahasan

Metode Pembahasan yang digunakan dalam penulisan . tugas akhir ini adalah :

1. Metode observasi digunakan untuk mengambil data-data yang dipergunakan untuk bahan perencanaan instalasi daya listrik pada PT. Bumi Rama Nusantara Makassar.
2. Metode literatur, digunakan untuk mencari dan menyajikan teori-teori ilmiah yang berhubungan dengan sistem Instalasi listrik.
3. Metode diskusi, informasi ilmiah yang didapatkan secara lisan, makalah, brosur tentang kelistrikan yang berhubungan dengan instalasi daya listrik.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besarnya yang dibahas" dalam proyek akhir Ini adalah sebagai berikut ;

1. Bab I, adalah Pendahuluan Dalam bab ini dikemukakan latar belakang masalah, rumusan masalah sehingga mengapa dibahas masalah rancangan Instalasi daya listrik untuk motors-motor yang ada pada industri karung plastik

P.T. Bumi Rama Nusantara Makassar" tujuan penulisan pembatasan masalah agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu luas, metode pembahasan yang ditempuh dalam penyusunan tugas akhir ini dan sistematika penulisan Itu sendiri.

2. Bab II adalah tinjauan pustaka, dalam bab Ini dibahas secara generalls tentang instalasi daya listrik untuk motor-motor listrik, jenis actor listrik, starting motor-motor listrik pemilihan starting pengereman motor-motor, pengaman peralatan, pentanahan, penghantar yang digunakan, busbar kotak-kontak, alat ukur dan indikator serta panel daya pada bab tersebut dibagi lagi menjadi beberapa bagian.
3. Bab III, membahas tentang waktu, tempat dan alur penelitian.
4. Bab IV, adalah perencanaan Instalasi, dalam bab ini merupakan pokok permasalahan, yang dalam bab ini terdiri dari dua sub yang meliputi sub bab mengenai uraian tennis dan sub bab mengenai rancangan instalasi. Sub bab uraian tehnik, pada dasarnya berisikan tentang perhitungan tennis, spesifikasi tehnik dan petunjuk penginstalasian serta peralatan dan material yang digunakan. Sedangkan sub bab rancangan instalasi meliputi gambar Instalasi", diagram panel dan rancangan. anggaran biaya serta daftar analisa biaya.
5. Bab V, merupakan bab terakhir yang berisikan kesimpulan dan Saran-saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Instalasi Daya Listrik

Instalasi listrik pada dasarnya terbagi atas dua yaitu instalasi penerangan dan instalasi daya. Bila beban yang dilayani pada suatu instalasi listrik berupa lampu di sebut instalasi penerangan. Sedangkan apabila motor-motor listrik serta peralatan-peralatan yang menggunakan daya listrik yang dipasang pada suatu instalasi listrik disebut instalasi daya.

Dalam merancang, memasang dan mengoperasikan suatu instalasi listrik, ada enam prinsip-prinsip dasar yang harus diperhatikan yaitu :

1. Keamanan (*safety*)

Ditujukan untuk keselamatan manusia, ternak dan harta benda. pemeriksaan dan inspeksi/pengawatan dari instalasi sebelum digunakan atas disambung. Dan. setiap perubahan yang penting perlu dlberl tanda/kode untuk keamanan dalam pekerjaan-pekerjaan selanjutnya.

2. Keandalan (*reliability*)

Keandalan yang tinggi digunakan untuk mengatasi BKe-rasakan0 dalam batas-batas normal termasuk dari kesederhanaan suatu sistem, misalnya mudah untuk dimeagerti dan dioperasikan dalam keadaan normal maupun dalam keadaan darurat. Untuk selanjutnya dapat digabungkan dengan peralatan-peralatan listrik.

3. Kemudahan tercapai (*accessibility*)

Semua peralatan, termasuk pengawatan akan diatur menurut operasinya, pemeriksaan» pengawasan, pemeliharaan, dan perbaikan serta mudah dalam menghubungkannya.

perincian-perinciannya tercantum dalam label atau sejenisnya, yang menunjukkan penggunaan "*switchgear*" dan "*controlgear*" agar menghindari dari kesimpangsiuran.

4. Ketersediaan (*availability*)

Pemberian daya yang kontinyu untuk para konsumen adalah sangat penting. Sumber daya (cadangan) diperlukan untuk memberikan daya seluruh atau sebagian dari beban. Keluasan dari sistem listrik yaitu sistem listrik termasuk dapat diadakan perubahan jika diperlukan, diperbaharui dan perluasan keperluan-keperluan lain dimasa datang.

5. Pengaruh dari lingkungan (*impact on environment*)

Pengaruh dari macam-macam hal misalnya sebagai contoh : polusi, kebisingan dan lain sebagainya. Termasuk juga dalam hal keindahan.

6. Ekonomi (*economics*)

Instalasi listrik sejak dari perencanaan, pelaksanaan, pemasangan sampai pada pengoperasian harus diperhitungkan biayanya sesuai dengan investasi".

B. Jenis Motor Listrik

Pada dasarnya motor listrik terbagi atas

1. Motor arus bolak-balik (AC)

2. Motor Arus Searah (DC)

Motor listrik merupakan mesin listrik yang dapat mengubah energi listrik arus bolak-balik (AC) asupan energi listrik arus searah (DC) menjadi energi mekanis atau gerak, yang mana tenaga gerak tersebut berupa putaran dari rotor.

Suatu Motor listrik terdiri dari dua bagian utama yaitu stator atau bagian yang diam dan rotor atau bagian yang bergerak.

1. Rotor arus bolak-balik (AC)

Motor arus bolak-balik (AC) dibagi atas dua yaitu;

- a. Motor sinkron
- b. Motor asinkron (induksi)

a. Motor sinkron

Pada dasarnya adalah sebuah motor kecepatan tertentu yakni kecepatan tersebut tidak tergantung dari beban. Mesin ini serupa dengan generator arus bolak-balik dan memerlukan suatu sumber searah melalui gelang-gelang seret atau eksitasi medan. Salah satu keuntungannya yang besar adalah bahwa pengaturan medan ini menuju ke pengontrolan faktor daya. Bila eksitasi secara berlebihan, dia akan memiliki faktor daya yang mendahului. Kecuali kalau gulungan-gulungan rotor diatur sedemikian sehingga mesin tersebut mulai hidup sebagai sebuah motor induksi, motor sinkron ini tidak dapat sendiri tetapi harus dijalankan sampai kecepatannya searah eksternal.



Gambar 2.1 Rotor dari motor sinkron tanpa sikat berkecepatan rendah

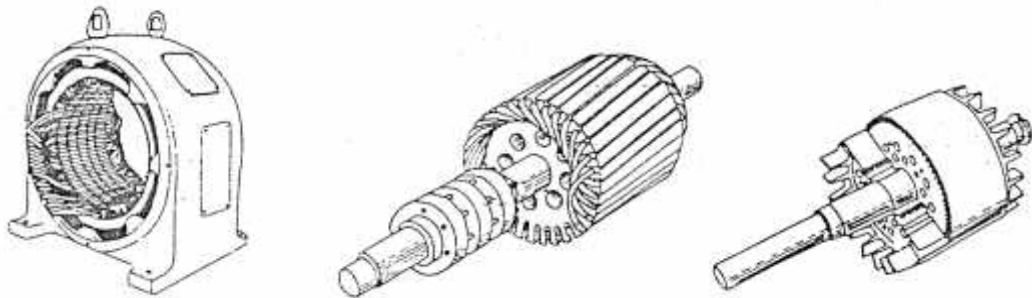
b. Motor asinkron (Induksi)

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling luas digunakan. penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.

Belitan stator yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron ($n = 120f / 2p$).

Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus dan rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar

kopel motor, yang oleh karena akan memperbesar arus induksi pada rotor, sehingga slip .antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung.



Kumparan stator

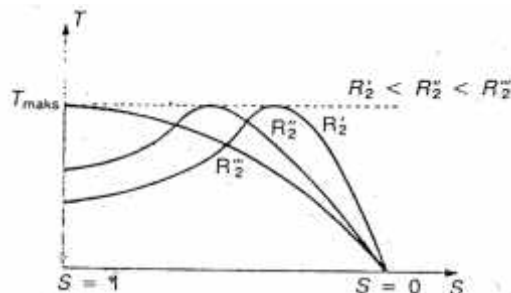
rotor belitan

rotor sangkar

Gambar 2.2 Konstruksi motor induksi

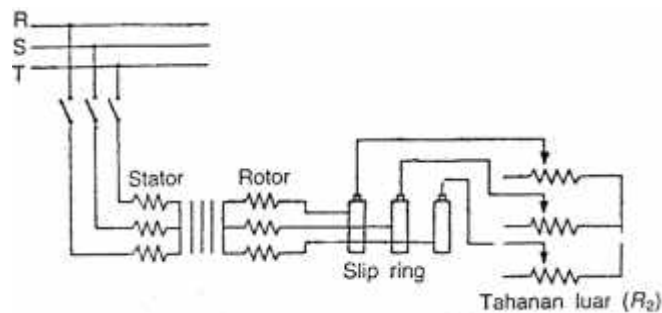
1) Motor induksi dengan rotor belitan

Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan belitan kumparan tiga phasa sama seperti kumparan stator kumparan stator dan rotor juga mempunyai jumlah kutub yang sama. Seperti terlihat pada gambar 2.3 penambahan tahanan luar sampai harga tertentu dapat membuat kopel mulai mencapai harga kopel maksimumnya.



Gambar 2.3 Karakteristik motor induksi

Kopel mula yang "besar memang diperlukan pada waktu start. Motor induksi dengan motor belitan memungkinkan penambahan (pengaturan) tahanan luar, Tahanan luar yang dapat diatur ini dihubungkan ke rotor melalui cincing (gambar 2.4). Selain untuk menghasilkan kopel mula yang besar, tahanan luar tadi diperlukan untuk membatasi arus mula yang besar pada saat start. Disamping itu dengan mengubah-ubah tahanan luar, kecepatan motor dapat diatur.

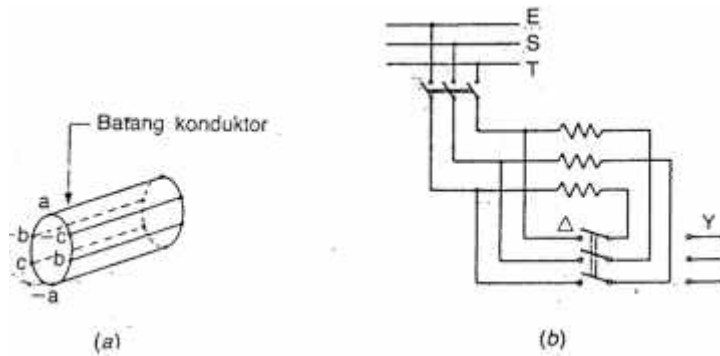


Gambar 2.4 Rangkaian motor induksi rotor belitan dengan tahanan luar.

2) Motor induksi dengan rotor sangkar

Motor jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri atas beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai sangkar tupai (gambar 2.5a). Konstruksi rotor seperti ini sangat sederhana bila dibandingkan dengan rotor mesin listrik lainnya. Dengan demikian harganya pun murah. Karena konstruksinya yang demikian, padanya tidak mungkin diberikan pengaturan tahanan luar seperti pada motor induksi dengan rotor belitan. Untuk membatasi arus mula yang besar, tegangan sumber harus dikurangi dan biasanya digunakan saklar bintang-segitiga

(gambar 2.5b). Tetapi berkurangnya arus akan berakibat berkurangnya kopel mula, Rotor jenis sangkar ganda dapat digunakan untuk atasi berkurangnya kopel mula tersebut.



Gambar 2.5 Rangkaian motor induksi rotor sangkar dihubungkan dengan saklar Y/delta.

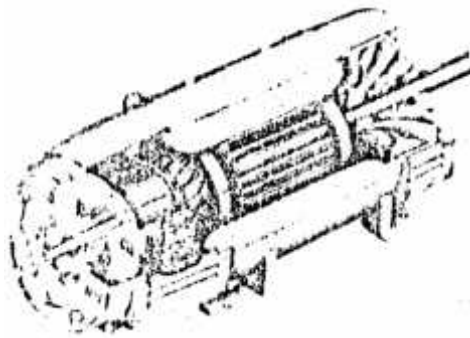
2. Motor arus searah (DC)

Menurut Jenis penguatannya motor arus searah (DC) dapat dibagi atas dua bagian yaitu :

- a. Motor arus searah (DC) berpenguatan terpisah.
- b. Motor arus searah (AC) berpenguatan sendiri.

Pada prinsipnya mesin listrik dapat berlaku sebagai motor maupun generator. Perbedaannya hanya pada konversi dayanya. Maka dengan membalik generator arus searah, di-mana sekarang tegangan V_t menjadi sumber dan tegangan E_a merupakan ggl lawan, mesin arus searah ini akan berlaku sebagai motor. Hal ini berlaku pada mesin listrik yang bisa berfungsi sebagai motor dan juga bisa berfungsi sebagai generator. Oleh karena itu, hubungan antara tegangan V_t dan E_a dapat dituliskan sebagai berikut :

$$E_a = V_t - I_a R_a$$

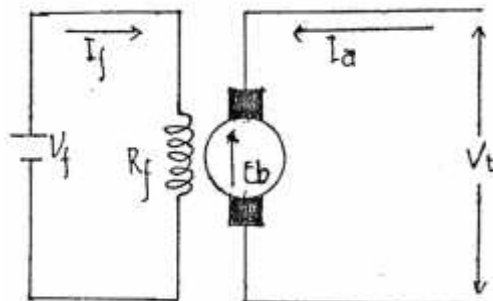


Gambar 2.6 Pandangan belahan motor DC.

a. Motor arus searah. (DC) berpenguatan terpisah

Sesuai dengan namanya, motor arus searah (DC) penguatan terpisah memperoleh arus kemagnetan dari sumber arus searah dari luar motor tersebut.

Dengan terpisahnya sumber arus kemagnetan tidak terpengaruh oleh nilai-nilai arus ataupun tegangan motor.



Gambar 2.7 Rangkaian ekuivalen motor BG berpenguatan terpisah.

$$V_f = I_f \cdot R_f$$

$$E_b = V_t - I_a R_a$$

b. Motor arus searah (DC) berpenguatan sendiri

Motor DC berpenguatan sendiri memperoleh arus kemagnetan dari dalam motor itu sendiri maka arus kemagnetan akan terpengaruh oleh nilai-nilai tegangan dan arus yang terdapat pada motor tersebut.

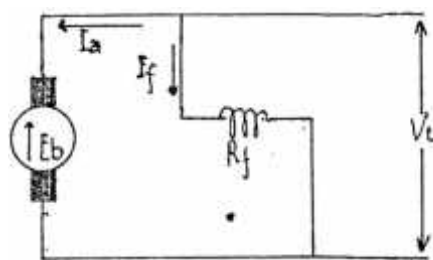
Pengaruh nilai-nilai tegangan dan arus motor terhadap arus kemagnetan tergantung cara bagaimana hubungan lilitan penguat magnet dengan lilitan jangkar

Motor DC berpenguatan sendiri terbagi atas ;

1) Motor DC shunt

Motor shunt mempunyai pengaturan kecepatan yang baik dan digolongkan sebagai motor kecepatan konstan walaupun kecepatannya agak berkurang sedikit dengan bertambahnya

Dengan menyisipkan tahanan. Variabel yang dipasang secara seri terhadap kumparan medan, dapat diatur arus medan I_f dan fluksnya. Cara ini sangat sederhana dan murah, selain itu rugi panas yang ditimbulkan kecil pengaruhnya.

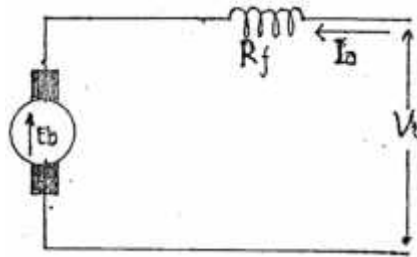


$$V_t = I_f \cdot R_f$$

$$E_b = V_t - I_a R_a$$

Gambar 2.8 Rangkaian ekuivalen. motor DC shunt

2) Motor DC seri



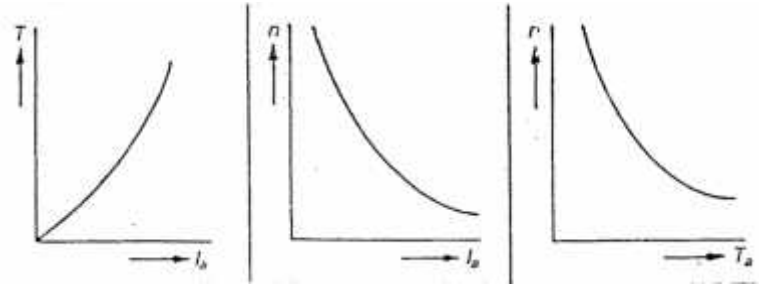
$$E_b = V_t - I_a (R_a + R_f)$$

Gambar 2.9 Rangkaian ekuivalen motor DC seri

Pada motor seri, medan dihubungkan secara seri dengan jangkar. Oleh karena medan seri harus mengalirkan seluruh arus jangkar, maka lilitannya sedikit dan kawatnya relatif besar» Setiap perubahan beban menyebabkan perubahan arus jangkar dan juga perubahan fluksi medan. Oleh sebab itu, ketika beban berubah kepesatan juga berubah.

Kepesatan motor seri hampir seluruhnya tergantung pada fluks, makin kuat fluks medan, makin rendah kepesatannya. Sama halnya "berkurangnya arus beban dan akibatnya Juga berkurangnya arus medan dan fluksi medan menyebabkan bertambahnya kepesatan. Maka kepesatan dapat berubah dari kepesatan yang sangat tinggi pada beban ringan sampai kepesatan rendah pada beban-penuh

Motor seri menghasilkan ko.pel besar untuk arus jangkar yang besar. Oleh sebab Itu motor seri merupakan motor yang sesuai untuk menjalankan beban berat.



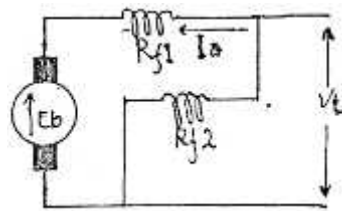
Gambar 2.10 Karakteristik motor DC seri.

3) Motor DG kompon

Motor kompon adalah motor - arus searah yang mempunyai gulungan seri dan gulungan shunt. Dengan demikian akan dapat dikombinasikan sifat-sifat motor seri dan sifat-sifat motor shunt.

Motor kompon dapat dlbedakan atas dua macac yaltu :

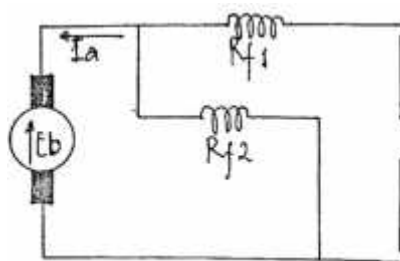
- a) Motor DC kompon panjang



$$E_b = V_t - I_a (R_a + R_f)$$

Gambar 2.11 Rangkaian ekuivalen kompon panjang.

- b) Motor DC kompon pendek



$$E_b = V_t - I_f R_{f1} - I_a R_a$$

Gambar 2.12 Rangkaian ekuivalen kompon pendek.

C. Starting motor-motor

1. Pengertian starting

Starting adalah suatu proses yang mengakibatkan motor beroperasi dari keadaan diam hingga berputar pada kecepatan kerja.

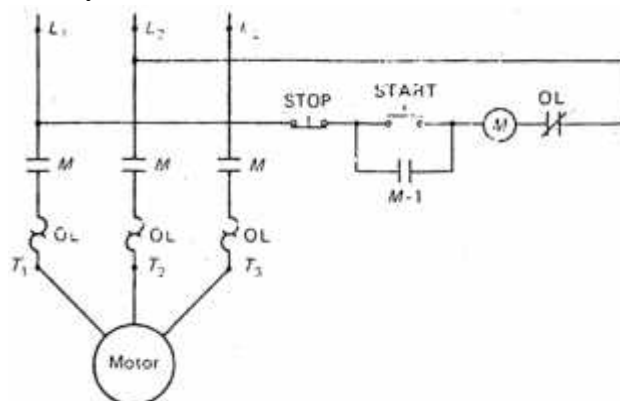
2. Jenis-jenis starting

a. Starting dengan cara DOL- starter

Starting dengan cara ini adalah yang paling- sederhana, dimana jala-jala sepenuhnya dihubungkan langsung pada jepitan motor dan motor akan beroperasi secara cepat.

Pada saat. starting arus mulanya sangat besar, begitu juga kopel mulanya. Cara Ini "biasanya hanya digunakan untuk motor-motor dengan daya yang kecil.

Starting dengan cara DOL starter umumnya dilengkapi thermal overload relay (TOR).



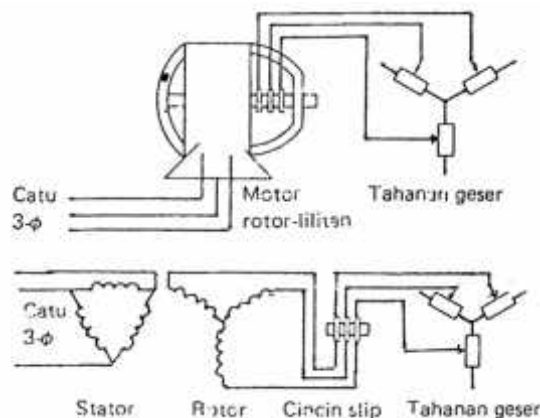
Gambar 2.13 Diagram; rangkaian DOL starter.

b. Starting dengan rotor resistance starter

Pada cara ini tegangan Jala-jala dimasukkan pada stater? bila tahanan yang sesuai telah dihubungkan pada setiap phasa dari kumparan rotor.

Tahanan dikurangi secara bertahap sampai kumparan rotor terhubung singkat, sehingga motor jalan seperti motor dengan rotor sangkar.

Penambahan tahanan pada belitan rotor ini menurunkan arus rotor, juga arus stator dan tentunya menambah tahanan rotor karena dipasang seri dengan belitan/kumparan rotor.

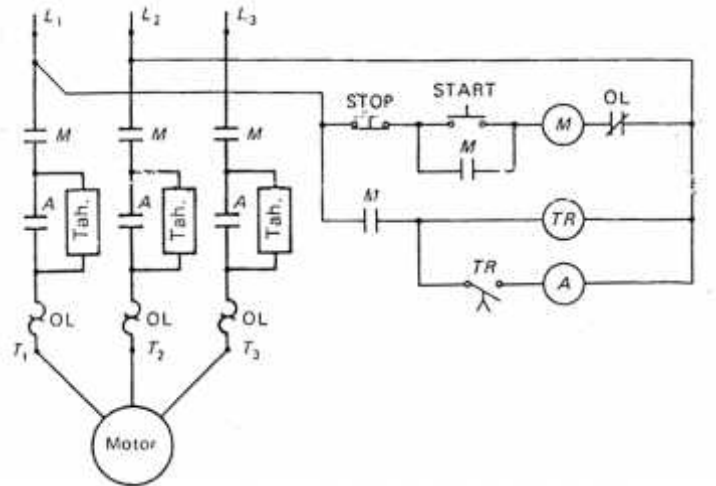


Gambar 2.14 Rangkaian starting- resistance starter.

c. Starting dengan Tahanan Primer

Tegangan yang diturunkan diperoleh melalui starting dengan tahanan primers dengan menggunakan tahanan seri yang dihubungkan seri dengan setiap kawat stater selama periode start. Penurunan tegangan dalam tahanan menghasilkan tegangan yang diturunkan ke saluran melalui tahanan kontrol pemercepat menutup, yang

menghubungkan tahanan start dan memberikan tegangan sepenuhnya pada motor.



Gambar 2.15 Rangkaian starting tahanan primer.

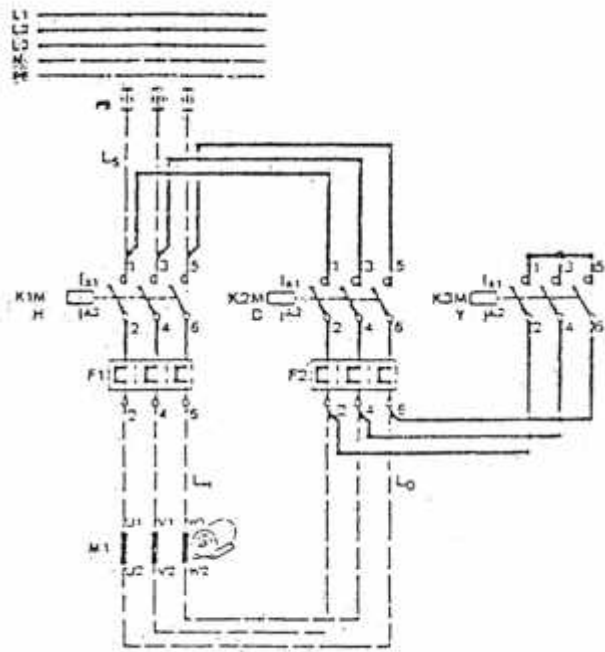
d. Starting dengan bintang-segitiga

Starting dengan bintang-segitiga seperti tersirat dalam namanya, mencakup mula-mula menghubungkan lilitan motor selama periode start dalam hubungan bintang dan kemudian dalam hubungan segitiga setelah motor melakukan percepatan.

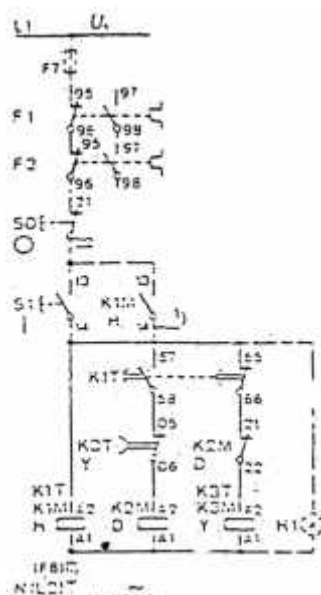
Pada umumnya alat start ini dilengkapi dengan kontaktor untuk memindahkan hubungan dari bintang ke segitiga melalui sebuah timer

Kedua ujung setiap fasa dari lilitan motor harus dikeluarkan ke starting sehingga pensaklaran dapat dilakukan. Starting ini kerap kali digunakan untuk menstart motor yang menggerakkan beban yang mempunyai waktu percepatan yang lama.

Starting dengan cara ini dilengkapi dengan alat pengaman beban lebih (TOR).



Gambar 2.16 Diagram rangkaian daya starting Y/Delta



Gambar 2.17 Diagram- rangkaian kontrol starting Y/Delta

D. Pemilihan starting

Pemilihan starting ada tiga pertimbangan utama yang perlu diperhatikan :

1. Penyesuaian teknik

Cara pengasutan harus diusahakan yang sesuai dengan type perencanaan motor dan juga beban yang akan dihubungkan padanya.

2. Penyesuaian Ekonomi

Pemilihan starting diusahakan yang mempunyai cara, pengasutan yang paling sederhana dan sesuai. Karena peralatan starting umumnya mahal, baik harganya maupun ruangan yang diperlukan untuk penempatan peralatan tersebut

3. Pembatasan-pembatasan penyediaan daya

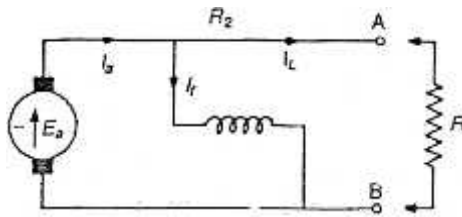
Bila arus starting motor-motor tinggi terjadi pada gardu distribusi setempat yang berdaya rendah dapat menimbulkan gejala penurunan tegangan (*Voltage dip*) yang tidak memenuhi syarat: pada sistem instalasi dan penerangan sekelilingnya. Dalam hal seperti ini pihak penyedia daya membatasi arus starting yang diisinkan dari motor-motor pada pemakai (konsumen). Besarnya pembatasan semacam itu adalah tergantung pada daya jaringan distribusi setempat.

E. Pengereman motor-motor

Persoalan pengereman atau berhentinya suatu motor adalah sama pentingnya dengan persoalan starting. Sebuah motor listrik tidak akan dapat dipakai untuk misalnya keperluan transaksi, bilamana motor itu tidak dapat dihentikan dengan baik.

Untuk dapat menghentikan motor dalam waktu yang relatif singkat dilakukan pengereman, Ada tiga jenis pengereman yaitu ;

1. Pengereman dinamik.



Gambar 2.18 Pengereman dinamik.

Pada pengereman dinamik, penghentian terjadi jika tegangan terminal V_t dihubungkan dan diganti dengan tahanan R_1 . Dalam keadaan ini energi putaran diberikan pada tahanan R_1 yang menyebabkan kecepatan menjadi turun, demikian pula tegangan E_a akan menurun. Sekarang motor "berfungsi sebagai generator penggerak. Untuk menjaga penurunan kopel yang konstan, R_1 harus pula diturunkan. Harga R_1 dipilih sedemikian rupa, sehingga arus jangkar tidak terlalu besar (umumnya diambil dua kali harga arus jangkar pada beban penuh) Harga R_1 dapat dihitung dari persamaan ;

$$E_a = I_L R_1 + I_a R_a$$

2. Pengereman regeneratif

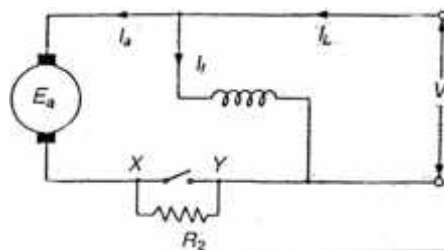
Pada pengereman regeneratif, energi yang tersimpan pada putaran dikembalikan kepada sistem jala-jala. Cara ini biasanya dipakai pada kereta api listrik. Ketika kereta api berjalan menurun, kecepatan motor laju sekali, karena $E_a > V_t$ yang mengakibatkan daya dikembalikan kepada sistem jala-jala untuk keperluan lain. Pada saat daya dikembalikan ke jala-jala kecepatan menurun dan proses pengereman "berlangsung. seperti pada pengereman dinamik.

3. Pengereman mendadak

Pengereman mendadak adalah pengereman suatu motor dalam waktu yang sangat singkat dan tiba-tiba yaitu dengan cara membalik polaritas motor. Tahanan R_2 disisipkan antara titik X dan T.

Karena tegangan jangkar telah terbalik polaritasnya, sehingga arahnya sama dengan tegangan terminal, besarnya R_2 pun dapat dihitung dari persamaan : $E_a + V_t = I_a (R_a + R_2)$

Harga R_2 dipilih sedemikian rupa, sehingga arus jangkar yang mengalir pada saat pengereman tidak terlampaui "besar. Selama pengereman berlangsung E_a turun, sehingga R_2 harus diperkecil untuk menjaga penurunan kopel yang konstan.



Gambar 2.19 Pengereman mendadak

F. Pengaman peralatan:

1. Pengaman peralatan dari hubung-singkat dan beban lebih.

Untuk menjaga peralatan dari kerusakan, maka perlu diberi pegangan. Karena arus yang mengalir dalam suatu penghantar akan menimbulkan panas B dalam kondisi yang normal, maka panas yang ditimbulkan oleh arus tidak menimbulkan efek yang dapat mempengaruhi sistem. Tetapi dalam, kondisi yang abnormal, maka akan. Berpengaruh

terhadap sistem, "bahkan akan menimbulkan kerusakan terhadap peralatan. Kondisi panas atau kenaikan temperatur yang abnormal pada penghantar bisa diakibatkan karena terjadinya hubung singkat dan beban lebih

Arus hubung singkat dapat terjadi disebabkan adanya hubung-singkat antara fasa dengan netral antara fasa dengan fasa dan antara fasa dengan "body peralatan, sehingga arus akan mengalir melampaui batas arus nominal dari suatu sistem, Sedangkan arus beban lebih dapat terjadi karena "beban lebih dan arus asut yang diberikan sangat besar melampaui batas maksimum yang diperkenankan dari suatu mesin listrik (motor).

Untuk mencegah hal tersebut di atas maka perlu dipasang suatu alat pengaman atau proteksi terhadap akibat yang dapat terjadi dari arus hubung singkat dan arus beban lebih. Proteksi terhadap arus hubung-singkat pada suatu instalasi listrik biasanya digunakan fuse dan circuit-breaker. Sedangkan untuk beban lebih digunakan thermal overload relay (TOR).

a. Proteksi dengan fuse

Proteksi dengan fuse dimaksudkan untuk mengamankan peralatan dari arus hubung-singkat dan juga sebagai pembatas arus. Fuse akan dapat memutuskan rangkaian dan mengamankan peralatan dari Jala-Jala bila arus yang mengalir ke rangkaian melampaui batas

maksimum yang diperkenalkan terhadap rangkaian yang diamankannya.

Proteksi dengan fuse mempunyai keuntungan dan ke-lebihan karena lebih ekonomis sebab harganya yang murah. Tetapi fuse mempunyai kekurangan-kekurangan seperti :

- 1) Hanya dapat memutuskan rangkaian yang diamankannya dalam kondisi abnormal
- 2) Hanya dapat dipergunakan dalam satu kali saja terjadi gangguan.
- 3) Tidak dapat memutuskan saluran tiga-fasa sekaligus.
- 4) Tidak dapat disetting kapasitas arus pemutusannya.

b. Proteksi dengan MOB dan MCCB

Miniatur Circuit Breaker (MOB) dan *Moulded Case Circuit Breaker* (MCCB) juga digunakan sehingga proteksi terhadap akibat yang dapat ditimbulkan oleh arus hubung-singkat. HCB dan MCCB merupakan relay elektro-magnetis yang bekerja secara otomatis untuk memutuskan, bagian rangkaian yang mengalami gangguan dengan bagian yang bertegangan.

MCB digunakan pada kapasitas pemutus arus yang lebih kecil dan tidak dapat disetting. Sedangkan MCCB digunakan pada kapasitas arus pemutus yang lebih besar dan dapat disetting.

Sistem proteksi dengan MCB dan MCCB mempunyai keuntungan-keuntungan sebagai berikut :

- 1) Dapat memutuskan rangkaian tiga-fasa sekaligus dalam keadaan abnormal, maupun dalam keadaan normal dengan Jala-jala.
- 2) Dapat digunakan berulang-ulang sepanjang MCB dan MCCB tidak rusak.
- 3) Untuk saluran tiga fasa cukup menggunakan satu HCB dan MCCB tiga fasa.
- 4) MCB dapat disetting kapasitas arus pemutusny sesuai dengan yang diinginkan.

Sedangkan kelemahan dari kedua alat pengaman tersebut yaitu harganya mahal bila dibandingkan dengan fuse dalam kapasitas arus yang sama.

Ketentuan-ketentuan penggunaan MCB dan MCCB untuk proteksi hubung-singkat untuk motor-motor listrik, menurut PUIL 2000 adalah :

- 1) Nilai nominal atau setelah alat pengaman arus hubung-singkat harus dipilih sehingga motor dapat diasut sedangkan penghantar rangkaian akhir, alat kendali dan motor tetap diamankan terhadap arus hubung-singkat (S2.1).
- 2) Untuk rangkaian akhir yang menyuplay motor tunggal? nilai nominal atau setelah alat pengaman arus hubung-singkat. tidak boleh melebihi nilai yang bersangkutan tabel. 1 (E2.2).
- 3) Untuk rangkaian akhir yang menyuplay beberapa motor nilai nominal atau setelah alat pengaman hubung-singkat tidak boleh

melebihi nilai terbesar dihitung menurut tabel 1 untuk masing-masing motor, ditambah dengan jumlah arus beban penuh motor lain dalam rangkaian akhir itu (E2.3).

Tabel 2.1
 Nilai nominal atau setelan tertinggi gawai pengaman sirkit motor terhadap hubung-singkat

Jenis motor	Persentase arus beban penuh	
	Pemutus daya	Pengaman lebur
Motor sangkar atau serempak, dengan pengasutan bintang segitiga, DOL dengan reaktor atau resistor dan motor fase satu.	250	400
Motor- sangkar atau serempak, dengan pengasutan. autotransformer, atau motor sangkar reaktans tinggi.	200	400
Motor rotor lilitan atau arus searah	150	400

- 4) Suatu rangkaian cabang yang menyuplay motor harus dilengkapi dengan pengaman arus lebih yang tidak melebihi nilai nominal atau setelan alat pengaman rangkaian akhir motor yang tertinggi ditambah dengan jumlah arus beban penuh semua motor lain yang disuplay oleh rangkaian tersebut (Ft).

c. Proteksi dengan thermal overload relay

Alat pengaman dengan thermal overload relay (TOR) dipasang sebelum peralatan (motor). Hal ini dimaksudkan apabila terjadi gangguan arus beban lebih pada sistem maka thermal overload relay (TOR) ini dengan cepat memutuskan hubungan rangkaian. Thermal overload relay ini apabila terjadi kondisi overload maka akan bekerja secara otomatis.

Pengaman beban lebih (arus lebih) dimaksudkan untuk melindungi motor, perlengkapan kendali motor dan penghantar rangkaian terhadap pemanasan "berlebihan sebagai akibat beban lebih atau sebagai 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.

Ketentuan-ketentuan penggunaan proteksi arus beban lebih dengan menggunakan thermal overload relay untuk motor listrik menurut PUIL 2000, adalah ;

- 1) Dalam lingkungan dengan gas, uap atau debu yang mudah terbakar atau mudah meledak, setiap motor yang dipasang tetap, harus diamankan terhadap beban lebih.
- 2) Setiap motor fasa tiga atau motor berdaya nominal atau daya kuda atau lebih, yang dipasang tetap dan dijalankan tanpa pengawasan harus diamankan terhadap beban lebih.

- 3) Alat pengaman beban lebih tidak boleh mempunyai nilai nominal atau disetel pada nilai yang lebih tinggi dari yang diperlukan untuk mengasut motor pada beban penuh. Dalam pada itu waktu tanda alat pengaman beban lebih tersebut tidak boleh lebih lama dari yang diperlukan untuk memungkinkan motor diasut dan dipercepat pada beban penuh.

2. Pengaman peralatan dari tegangan sentuh.

Tegangan sentuh adalah tegangan yang terdapat diantara suatu obyek yang disentuh dan satu titik berjarak satu. meter, dengan asumsi bahwa obyek yang disentuh dihubungkan dengan kisi-kisi pengetahanan yang ada dibawahnya.

Tegangan sentuh sangat berbahaya bagi keselamatan manusia dan hewan, karena dapat menimbulkan kecelakaan yang fatal. Dampak yang akan ditimbulkan terhadap manusia dapat dilihat pada tabel 2. Untuk menghindari adanya tegangan sentuh yang membahayakan, maka perlu adanya tindakan proteksi, baik dari sentuhan langsung maupun dari sentuhan tidak langsung. Tujuan dari proteksi tersebut untuk menjamin keselamatan manusia dan hewan dalam keadaan apapun.

Tabel 2.2 Pengaruh arus listrik pada badan manusia

Kuat arus mengalir melalui badan	Pengaruh pada orang "badan manusia	Waktu tahan	tegangan pada bagian-bagian yang ditanamkan jika tanah./pentanah anya 5000 Ohm
0,5 mA	terasa, mulai rasa kaget	tidak tentu	2,5 V
1 mA	terasa jelas Zmulai	tidak tentu	5 T
2 mA	kejang	tidak tentu	10 T
5 mA	kejang keras	tidak tentu	25 V
10 mA	sulit untuk melepaskan pegangan	tidak tentu	50 V
15 mA	kejang dengan rasa nyeri, tidak mungkin melepaskan pegangang	1,5 sekon	75 V
20 mA	nyeri hebat	5 sekon	100 v
30 mA	nyeri yang tak tertahankan	1. sekon	150 V
40 Ma	mulai tidak sadar,. bahaya atau maut	0,2 sekon	200 V

a. Proteksi terhadap sentuhan langsung

Yang dimaksud sentuhan langsung adalah sentuh langsung pada bagian aktif perlengkapan atau. instalasi listrik. Bahan aktif perlengkapan atau instalasi listrik adalah bagian konduktif yang merupakan" bagian dari rangkaian listriknya yang dalam keadaan kerja normal umumnya bertegangan dan atau dialiri arus.

Bahaya sentuh langsung dapat diatasi/ditanggulangi dengan cara:

- 1) Mencegah terjadinya sentuh langsung.
- 2) Menghindari bahaya sentuh langsung.

1) Mencegah terjadinya sentuh langsung

Mencegah terjadinya sentuh langsung dapat dilakukan dengan cara :

- a) Semua bagian aktif perlengkapan dari instalasi diberi isolasi atau konstruksi serta lokasinya diatur demikian rupa sehingga sentuh langsung tidak mungkin terjadi.
- b) Bagian aktif perlengkapan dan instalasi yang tidak diberi isolasi, harus diberi selungkup, sekat, rumah atau pelindung lain yang sejenis, dengan ketentuan pelindung harus kuat dan terpasang kokoh, jika pelindung tersebut berupa Kisi atau pelat kerawang, padanya tidak boleh terdapat cela atau lubang yang seluas jari uji.

2) Menghindari bahaya sentuh langsung.

Sentuh langsung yang tidak dapat dihindari karena masalah teknis dan operasi seperti pada mesin las, tungku lebur dan instalasi elektronis bahayanya dapat dicegah jika lantai ruang kerja dilapisi isolasi pengaman atau operator mengenakan sepatu berisolasi atau menggunakan perkakas yang berisolasi. Selain itu- harus di-pasang tanda bahaya.

Sebagai pengaman tambahan terhadap bahaya sentuh langsung dapat digunakan sakelar pengaman arus sisa, dengan syarat nilai harus jatuh tidak lebih dari 30 mA.

b. Proteksi terhadap sentuhan tidak langsung

Sentuh tak langsung adalah sentuh pada bagian konduktif terbuka perlengkapan atau instalasi listrik yang "bertegangan akibat kegagalan isolasi. Kegagalan isolasi tersebut harus dicegah dengan cara

perlengkapan listrik harus dirancang dan dibuat dengan baik bagian aktif harus diisolasi dengan bahan yang tepat, instalasi listrik harus dipasang dengan baik.

1) Isolasi Pengaman.

Pengaman dengan Isolasi pengaman dimaksudkan agar manusia terhindar dari bahaya tegangan sentuh yang terlalu tinggi jika isolasi utamanya gagal. Hal Ini dapat dihindari dengan cara sebagai berikut :

- a. Memberi isolasi tambahan pada perlengkapan listrik
- b. Memberi isolasi setempat pada lantai ruang kerja dan pada semua konduktif yang terjangkau dan terhubung ke bumi.

Pada pengaman dengan isolasi pengaman, bagian konduktif terbuka harus ditutup dengan isolasi yang kokoh dan awet. Sebagai alternatif, bagian konduktif yang mungkin tersentuh dipisahkan dengan isolasi. dari semua bagian yang dapat menjadi bertegangan jika terjadi kegagalan Isolasi utama.

Pengaman dengan isolasi pengaman pada perlengkapan listrik dapat diperoleh antara lain dengan cara sebagai berikut :

- a. Membuat selungkup yang berisolasi atau terbuat dari bahan isolasi.
- b. Memakai perlengkapan instalasi yang terisolasi seluruhnya.
- c. Mencor bahan isolasi pada me sin kecil.

d. Memasang atau menyisipkan isolasi pada susunan roda gigi poros, batang- penghubung atau selungkup.

2) Pentahanan body peralatan

Pentanahan. body peralatan dilakukan pada peralatan (mesin- mesin listrik) yang dipasang permanen. Pentanahan pengaman adalah suatu tindakan pengamanan dalam instalasi yang rangkaiannya ditanahkan. dengan cara mentanahkan body peralatan/instalasi yang diamankan demikian rupa sehingga bila terjadi kegagalan isolasi tercegahlah bertahannya tegangan sentuh yang terlalu tinggi karena terputusnya arus oleh alat pengaman arus beban lebih.

Untuk pentanahan body peralatan/instalasi yang diamankan dapat dipakai elektroda pentanahan sendiri yang terpisah atau jaringan pipa air minum.

Jika untuk pentanahan rangkaian dan pentanahan body peralatan yang diamankan dipakai elektroda pentanahan sendiri yang terpisah, maka Jika terjadi kegagalan isolasi arus gangguan tanahnya akan mengalir kembali ke sumber melalui tanah pentanahan body peralatan dimaksudkan untuk mengalirkan arus gangguan yang terjadi akibat adanya tegangan sentuh pada peralatan kedalam tanah secara cepat.

Ketentuan-ketentuan menurut PUIL 2000, motor harus dibumikan Jika terdapat salah satu keadaan sebagai berikut :

- a. Motor disuplai dengan pengantar terbungkus logam
- b. Motor ditempatkan di tempat basah. dan tidak terpencil atau dilindungi.
- c. Motor ditempatkan dalam lingkungan berbahaya.
- d. Motor bekerja pada tegangan ke bumi di atas 50 Volt.

Dalam hal Ini tahanan pentanahan body peralatan yang diamankan (R_p) tidak boleh melebihi harga berikut :

$$R_p = \frac{50}{I_A} \text{ Ohm ; dan } I_A = k \times I_n$$

Dimana :

R_p = tahanan pentanahan body peralatan (Ohm)

I_A = besar arus pemutus (Ampere) alat pengaman arus lebih.

I_n = arus nominal dari alat pengaman arus beban lebih (Ampere).

k = suatu faktor yang besarnya tergantung dari karakteristik alat pengaman. Untuk pengaman lebur harga k berkisar antara 1,5 dan 5. untuk alat pengaman lainnya antara 1,25 dan 3,5.

G. Pentanahan

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam persoalan pentanahan adalah sebagai berikut ;

1. Tahanan jenis tanah.
2. Tegangan maksimum yang boleh. terjadi.
3. Pemilihan besar tahanan tanah

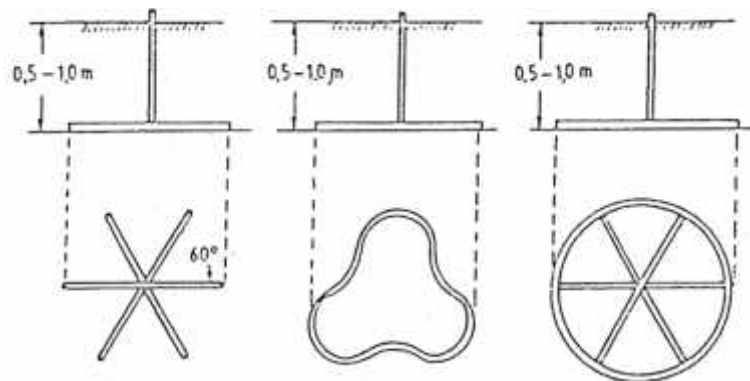
4. Pemilihan elektroda pentanahan.
5. cara pemasang elektroda pentanahan.

1. Pemilihan elektroda pentanahan

Adapun jenis-jenis elektroda pentanahan. yang lazim digunakan adalah sebagai berikut :

a. Elektroda pita (strip)

Elektroda pita dibuat dari hantaran berbentuk pita atau batang bulat, atau dari hantaran yang dipilih, Elektroda pentanahan ini berbentuk radial, lingkaran atau suatu kombinasi dari bentuk-bentuk tersebut



Gambar 2.20 Elektroda pita

b. Elektroda batang

Elektroda batang terbuat dari pipa atau besi baja profil yang dipancarkan yang harus digunakan, disesuaikan dengan tahanan pentanahan yang diperlukan seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.3
Resistans pembumian pada resistans
jenis Q = 100 ohm-meter

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jenis elektrode	Pita atau penghantar pilin				Batang atau pipa				Pelat vertikal dengan sisi atas± 1 m di bawah permukaan tanah	
	Panjang (m)				Pangjang (m)				Ukuran (m ²)	
	10	25	50	100	1	2	3	5	0,5x1	1x1
Resistans pembumi an (ohm)	20	10	5	3	70	40	30	20	35	25

Kalau digunakan beberapa elektroda batang yang dihubungkan paralel, jarak antara elektroda-elektroda ini harus sekurang-kurangnya sama dengan dua panjang efektif dari satu elektroda, atau sekurang-kurangnya empat meter,

c. Elektroda pelat

Elektroda pelat dlbuat dari pelat logam. Pelat ini ditanam tegak lurus di dalam tanah dengan tepi atasnya sekurang-kurangnya satu meter dibawah permukaan tanah. Luas pelat yang harus digunakan tergantung pada tahanan pentanahan yang diperlukan.

Kalau digunakan beberapa pelat yang dihubungkan paralel untuk memperoleh tahanan. pentanahan yang lebih rendah, jarak antara pelat-pelat ini harus sekurang-kurangnya tiga meter.

Untuk menentukan jenis elektroda pentanahan yang digunakan maka perlu diketahui harga tahanan jenis tanah. pada daerah kedalaman yang terbatas tergantung dari beberapa faktor yaitu

- 1) Jenis tanah : tanah liat, berpasir, berbatu dan lain-lain
- 2) Lapisan tanah : berlapis-lapis dengan tahanan jenis berlainan atau uniform.
- 3) Kelembaban tanah
- 4) Temperatur.

Untuk mendapatkan tahanan jenis tanah rata-rata untuk keperluan perencanaan, maka diperlukan penyelidikan atau pengukuran dalam jangka waktu tertentu misalnya selama satu tahun. Biasanya tahanan tanah Juga tergantung dari tinggi permukaan tanah dari permukaan air yang konstan.

2. Bahan dan ukuran elektroda pentanahan

Bahan yang digunakan untuk elektroda pentanahan adalah tembaga, baja berlapis seng atau baja berlapis tembaga. Untuk keadaan-keadaan khusus, misalnya untuk pabrik-pabrik kimia, kadang-kadang diperlukan bahan lain yang lebih tahan korosi.

Ukuran luas penampang minimum elektroda pentanahan yang diperkenankan menurut PUIL 2000 dapat dilihat pada tabel 4.

Kalau tanahnya sangat korosif, atau digunakan elektroda baja tanpa lapisan seng atau lapisan tembaga sebaiknya digunakan ukuran minimum 1,5 ukuran-ukuran yang diberikan pada tabel 4.

Tahanan pentanahan dari elektroda pita dan batang tertanam ditentukan oleh panjangnya. Pengaruh luas penampangnya hanya kecil sekali. Untuk memperoleh hasil yang baik, elektroda yang dipasang- harus membuat kontak yang baik dengan tanah. Batu dan kerikil yang langsung mengenai elektroda, akan memperbesar tahanan pentanahan dari elektroda ini.

Tabel 2.4 Ukuran minimum, elektroda bumi

No	Bahan Jenis elektroda	Baja digalvanisasi dengan proses pemanasan	Baja berlapis tembaga	Tembaga
1	Elektroda pita .	Pita baja 100 mm setebal minimum 3 mm.	50 mm ²	Pita tembaga 50 mm Tebal minimum 2 mm
		Penghantar pilin 95 mm ² t bukan kawat halus)		Penghantarnya 35 mm ² (bukan kawat halus)
2	Elektroda batang-	- Pipa baja 25 mm - Baja profil (mm) L 65x65x7 U 6,5 T 6x50x3 . - Batang profil lain yang setaraf	Baja berdiameter 15 mm dilapis tembaga Setebal 2,5 mm	
3	Elektroda pelat	Pelat besi tebal. 3 : mm ² luas 0,5 m ² sampai 1 m ²		Pelat tembaga 2 mm luas 0,5 mm ² sampai 1 mm

3. Tahanan elektroda pentanahan

Tahanan pentanahan dari elektroda pentanahan tergantung pada jenis dan keadaan tanah serta pada ukuran dan cara pengaturan dari elektroda. Besarnya tahanan pentanahan diusahakan sekecil mungkin (mendekati nol ohm) dan nilai tahanan pentanahan tidak boleh lebih dari 5 ohm.

Untuk daerah yang tahanan jenis tanahnya tinggi, tahanan pembumian boleh mencapai 10 ohm.

Adapun tahanan jenis tanah yang telah distandarkan dalam PUIL 2000 adalah seperti pada tabel berikut ini :


Tabel 2.5
Tahanan Jenis tanah

Jenis tanah	Tanah raw	Tanah liat & tanah ladang	Pasir basah	'Kerikil .basah	Pasir dan kerikil kering	Tanah berbatu
Resistansi Jenis (ohm-in)	30-	100	200	500	1000	300


Tabel 2.6

Rumus-rumus pendekatan untuk menghitung tahanan pentanahan


○ Satu batang tanah, Panjang L , radius a	$R = \frac{\rho}{2 \pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$
○○ Dua batang tanah $s > L$; jarak s	$R = \frac{\rho}{4 \pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{s \pi L} \left(1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2}{5} \frac{L^4}{s^4} \dots \right)$
○○ Dua batang tanah $s < L$; jarak s	$R = \frac{\rho}{4 \pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
Kawat horizontal, panjang $2L$, dalam $s/2$	$R = \frac{\rho}{4 \pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
Kawat siku-siku, panjang lengan L , dalam $s/2$	$R = \frac{\rho}{4 \pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 0,2373 + 0,2146 \frac{s}{L} + \right.$ $\left. - 0,1035 \frac{s^2}{L^2} - 0,0424 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
Tiga titik bintang, panjang lengan L , dalam $s/2$	$R = \frac{\rho}{6 \pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 1,071 - 0,209 \frac{s}{L} + 0,238 \frac{s^2}{L^2} \right.$ $\left. - 0,054 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
Empat titik bintang, panjang lengan L , dalam $s/2$	$R = \frac{\rho}{8 \pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 2,912 - 1,071 \frac{s}{L} + 0,645 \frac{s^2}{L^2} \right.$ $\left. - 0,145 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$


 1 nam titik bintang, panjang lungan L , dalam $s/2$


$$R = \frac{\rho}{12 \pi l} \left(1n \frac{2L}{s} + 1n \frac{2L}{s} + 6,851 - 3,128 \frac{s}{L} + 1,768 \frac{s^2}{L^2} - 0,490 \frac{s^4}{L^4} \right)$$


 Lelapan titik bintang, panjang lungan L , dalam $s/2$


$$R = \frac{\rho}{16 \pi l} \left(1n \frac{2L}{s} + 1n \frac{2L}{s} + 10,98 - 5,51 \frac{s}{L} + 3,26 \frac{s^2}{L^2} - 1,17 \frac{s^4}{L^4} \right)$$


 Cincin kawat, diam, cincin D , diam kawat d , dalam $s/2$


$$R = \frac{\rho}{2 \pi^2 D} \left(1n \frac{8D}{d} + 1n \frac{4D}{s} \right)$$


 Pelat horisontal, panjang $2L$, $a \times b \frac{a}{8}$ dalam $s/2$

$$R = \frac{\rho}{4 \pi l} \left(1n \frac{4L}{a} + \frac{a^2 - \pi ab}{2(a+b)^2} + 1n \frac{4L}{s} - 1 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right)$$


 Pelat bundar horisontal, radius a , dalam $s/2$

$$R = \frac{\rho}{8s} + \frac{\rho}{4 \pi s} \left(1 + \frac{7}{12} \frac{a^2}{s^2} + \frac{35}{40} \frac{a^4}{s^4} \right)$$


 Pelat bundar vertikal, radius a , dalam $s/2$

$$R = \frac{\rho}{8s} + \frac{\rho}{4 \pi s} \left(1 + \frac{7}{24} \frac{a^2}{s^2} + \frac{99}{320} \frac{a^4}{s^4} \right)$$

Keterangan ;

R : tahanan pentanahan (Ohm)

ρ : tahanan jenis tanah (Ohm per cm^2) Semua jarak dalam satuan centimeter

H. Penghantar

Semua logam dapat menghantarkan arus listrik. Dari hal tersebut harus memenuhi persyaratan normalisasi baik mengenai daya hantar listrik maupun mengenai sifat mekanis serta pertimbangan ekonomi maka tidak semua logam dapat dipakai sebagai penghantar secara komersil.

Jenis-jenis logam yang dibuat penghantar seperti tembaga, aluminium atau kedua dari paduan tersebut. Dalam hal ini dikenal dua macam penghantar yaitu kawat dan kabel.

1. Kawat

Kawat ini merupakan penghantar yang telanjang dengan inti tunggal atau inti banyak. Digunakan untuk hantaran transmisi dan distribusi seperti ACSR (*Aluminium Cable Steel Reinforced*), serta untuk hantaran pentananan seperti SBC (*Bare Copper Conduktor*)

2. Kabel

Kabel merupakan jenis penghantar dengan inti tunggal maupun berinti banyak yang berisolasi

1. Identifikasi hantaran dengan warna

Peraturan warna selubung penghantar dan warna isolasi inti penghantar berlaku untuk semua instalasi tetap atau sementara, termasuk instalasi dalam perlengkapan listrik.

Hal tersebut diperlukan untuk mendapatkan kesatuan pengertian mengenai penggunaan sesuatu warna atau warna loreng yang digunakan untuk mengenai penghantar guna keseragaman dan mempertinggi keamanan.

Warna loreng hijau-kuning hanya boleh digunakan untuk menandai penghantar pembumian, penghantar pengaman penyama tegangan bumi. Warna biru digunakan untuk menandai penghantar netral atau kawat tengah pada instalasi listrik dengan penghantar netral. Untuk menghindari kesalahan, warna biru tersebut tidak boleh digunakan untuk menandai penghantar lain.

Sebagai pengenalan untuk inti atau rel digunakan warna, lambang atau huruf seperti pada tabel berikut :

Tabel. 2.7 Pengenal inti atau rel

Pengganti inti atau rel	Pengenalan		
	Dengan huruf	Dengan lambang	Dengan warna
A. Instalasi arus bolak-balik fase satu fase dua fase tiga netral	L 1/R L 2/S L 3/T N		merah kuning hitam biru
B. Instalasi perlengkapan listrik : fase satu fase dua fase tiga	U/X V/Y w/z		merah kuning hitam.
C. Instalasi arus searah ; positif negatif kawat tengah	L + L - M	+ -	tidak ditetapkan sda biru
D. Penghantar pembauran	HB		loreng hijau kuning

2. Penandaan kabel

Penandaan kabel sangat penting, mengingat semakin banyaknya jenis kabel yang digunakan dalam elektro teknik. Hal ini disebabkan adanya penemuan-penemuan bahan Isolasi, bahan konduktor serta keadaan lingkungan pemasangan kabel khususnya, mendorong para ahli untuk menyempurnakan kabel-kabel yang telah ada "bahkan menciptakan kabel-kabel baru sehingga jenis kabel teras bertambah.

Untuk mengenal suatu kabel maka jenis-jenis kabel tersebut dinyatakan dengan singkatan-singkatan berupa huruf untuk memudahkan mengenali kabel tersebut.

Nomenklatur atau penandaan kabel yang berupa singkatan-singkatan dan huruf dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.8
Nomenklatur kabel

Kode	Arti
A	Penghantar aluminium:
B	Perisai pita baja, atau selubung timbel
C	Penghantar konsentris tembaga
D	Spiral anti-tekanan
E	Kabel dengan urat yang masing-masing berselubung logam
F	Perisai dari kawat baja pipih
G	Selubung isolasi dari karet
GB	Spiral, dari pita baja

H	Lapisan penghantar di atas konduktor dan di atas isolasi untuk membatasi medan listrik
-I	Kabel dengan sistem pengenalan warna urat dengan hijau kuning
K	Selubung dari timah hitam
N	Kabel jenis standar, dengan tembaga sebagai penghantar
-O	Kabel dengan sistem pengenalan warna urat- tanpa hijau kuning
PI	Kawat gantung
R	perisai dari kawat-kawat baja bulat
re	Penghantar padat bulat
rm	Penghantar bulat berkawat banyak.
se	Penghantar padat bentuk sektor
sm	Penghantar dipilin bentuk sektor
Y	Selubung isolasi dari. PVC
Z	Selubung logam. dari pita seng

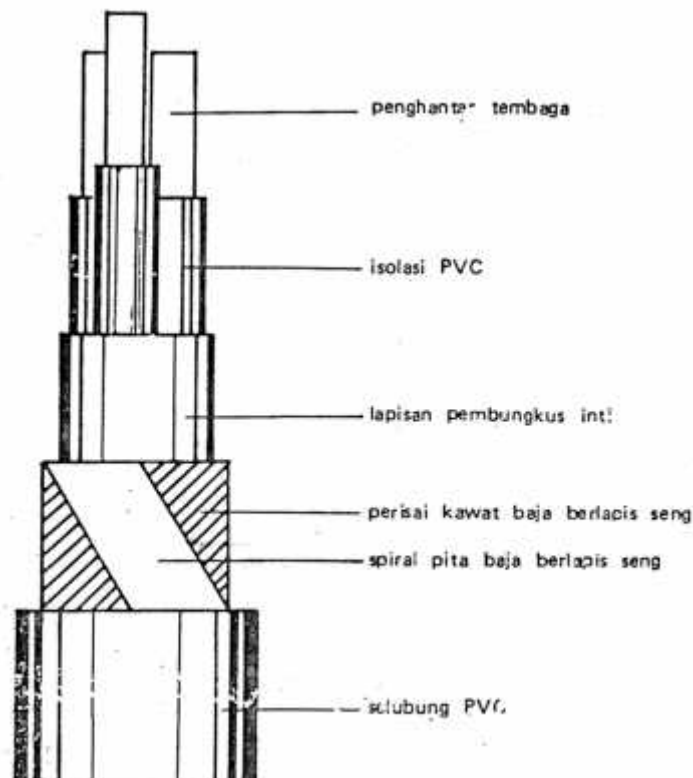
Walaupun jenis-jenis kabel telah dijelaskan dengan singkatan-singkatan, kadang kala masih keliru dan sulit untuk mengenali konstruksinya dari suatu kabel hanya dari nama dan singkatannya saja tanpa keterangan tambahan, seperti jumlah uratnya, luas penampangnya.

Sebagai contoh dari penggunaan penandaan kabel dapat dilihat sebagai berikut :

Untuk kabel NAYPGbY-0 3 x 1.20 sm 0,6/1 K7 adalah menyatakan suatu kabel yang berperisai, berisolasi dan berselubung PVC, berurat tiga untuk tegangan nominal 0,6/1 EW berpengantar aluminium dipilih. bentuk sektor dengan luas penampang nominal 1:20 mm, dengan sistem pengenal warna urat tanpa hijau-kuning. Perisainya terdiri dari kawat baja pipih dengan spiral pita baja.

Sebagai contoh di bawah ini diberikan cara penggunaan kode .pengenal untuk salah satu jenis kabel yang telah dibahas di atas

a. Kabel KYFGbY / NYRGBY



Arti huruf-huruf kode yang digunakan ialah :

N= Kabel jenis standar dengan penghantar tembaga

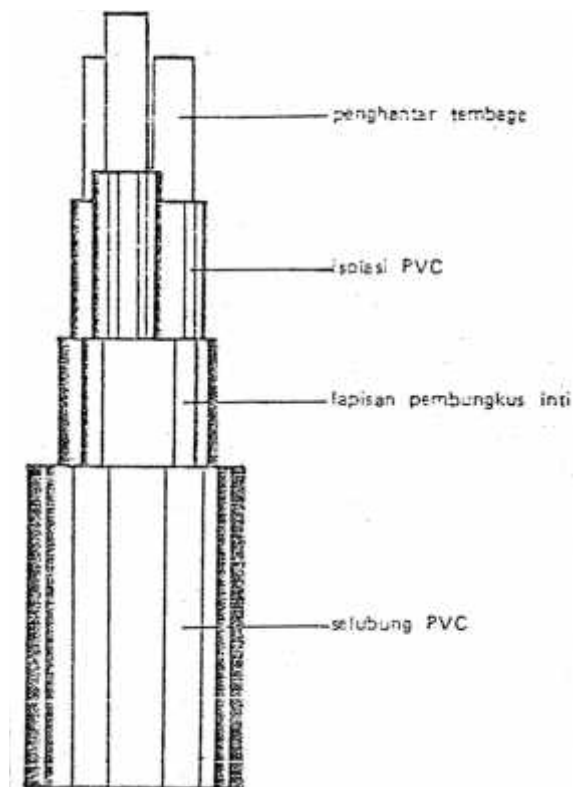
T = isolasi atau selubung PTC.

F = Perisai kawat baja pipih.

R = Perisai kawat. "baja "bulat.

Gb = spiral pita.

b. HYY



Arti. Huru-huruf kode yang digunakan ialah :

N = kabel jenis standar dengan penghantar tembaga

Y = isolasi PYG.

Y = selubung. PVC.

3. Kemampuan Hantar arus Hantaran

Kemampuan hantar arus dari sakelar utama harus sekurang-kurangnya sama dengan kemampuan hantar arus pengaman yang ada didepannya, Ketentuan ini juga berlaku untuk sakelar rangkaian cabang dan rangkaian akhir.

Untuk menentukan kemampuan hantar arus pengaman dan luas penampang penghantar yang diperlukan, pertama-tama harus ditentukan arus yang dipakai, "berdasarkan daya beban. yang dihubungkan. Rumus yang digunakan ialah :

$$\text{Untuk arus searah} \quad : I = \frac{P}{U}$$

$$\text{Untuk arus bolak-balik satu-fase} \quad : I = \frac{P}{U \cos \theta}$$

$$\text{Untuk arus bolak-balik tiga fase} \quad ; I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \theta}$$

Dimana :

I = Arus nominal (Ampere)

U = Tegangan nominal (Volt)

P = Daya (Watt)

Cos θ = Faktor daya

Rumus-rumus yang harus digunakan untuk menentukan luas penampang hantaran/yang diperlukan berdasarkan rugi tegangan ialah :

$$\text{Untuk arus searah} \quad : A = \frac{2LI}{yu}$$

$$\text{Untuk arus bolak-balik satu fase} \quad : A = \frac{2LI \cos \theta}{yu}$$

$$\text{Untuk arus bolak-balik tiga-fase} \quad : A = \frac{1,73 LI \cos \theta}{yu}$$

Dimana :

A = Luas penampang: nominal penghantar yang diperlukan 2 dalam A ;

I = Kuat arus dalam penghantar, dalam .A;

u = Rugi tegangan dalam penghantar, dalam Y;

L = Jarak dari permulaan penghantar; hingga ujung, dalam m

y = Daya hantar jenis dari bahan penghantar yang digunakan dalam S/m

Untuk tembaga : $y = 56,2 \cdot 10^6 \text{ S/m}$

Untuk aluminium : $y = 33 \cdot 10^6 \text{ S/m}$.

Ketentuan mengenai kemampuan hantar arus suatu penghantar untuk rangkaian motor menurut PUIL 1987 sebagai berikut :

- a. Penghantar rangkaian akhir yang menyuplai motor tunggal tidak boleh mempunyai KHA kurang dari 110% arus nominal beban penuh.
- b. Penghantar rangkaian akhir yang menyuplai dua motor atau lebih, tidak boleh mempunyai KHA kurang dari jumlah arus beban penuh semua motor itu ditambah 3% dari arus beban penuh motor yang terbesar dalam kelompok tersebut. Yang dianggap motor terbesar ialah. yang mempunyai arus beban penuh tertinggi.

Dengan mengetahui besarnya kemampuan hantar arus hantaran, maka luas penampang hantaran dapat ditentukan. Kemampuan hantaran arus untuk beberapa macam: ukuran luas penampang kabel dengan melihat table .

4. Luas penampang hantaran

Luas penampang hantaran yang harus digunakan pertama-tama ditentukan oleh kemampuan hantar arus yang diperlukan dan suhu keliling yang harus diperhitungkan, Selama Itu harus juga diperhatikan rugi tegangan. Menurut- PUIL 2000 adalah Sebagai berikut :

Rugi tegangan antara perlengkapan hubung bagi utama dan setiap titik “beban” tidak boleh lebih dari 5% dari tegangan di perlengkapan hubung-bagi utama pada keadaan dan beban penuh Tetapi tidak berlaku pada waktu terjadi arus peralihan yang cukup tinggi seperti pada pengasutan motor.

Untuk saluran dua kawat, hantaran netralnya harus memiliki luas penampang sama dengan luas penampang hantaran fasanya. Untuk saluran tiga fasa dengan hantaran netral, kemampuan hantar arus hantarannya harus sesuai dengan arus maksimum yang mungkin timbul dalam keadaan beban tak seimbang yang normal. Luas penampangnya dapat dilihat pada tabel 9. Dalam satu saluran fasa tiga semua hantaran fasanya harus memiliki luas penampang yang sama.

Tabel 2.9

Luas penampang nominal minimum, hantaran netral dari "bahan sama seperti bahan hantaran fasa suatu saluran fasa tiga dengan hantaran netral.

1	2	3
Hantaran Fasa	Hantaran netral	
	Dalam pipa instalasi, kabel "berurut "banyak dan kabel tanah	Pada saluran udara dan instalasi pasangan terbuka didalam terbuka maupun dalam: "bangunan
mm.	mm.	Mm
1,5	1,5	–

2,5	2,5	-
4	4	4
6.	6.	6
10	10	10
16	16	16
25	16.	25
35	16.	35
50	25	50
70	35	50
95	50	50
120	70	70
150	70	70
195	95	95
240	120	120
300	150	150
400	1.85	185

5. Pemilihan Hantaran

Pemilihan hantaran merupakan suatu hal yang perlu diperhatikan dalam suatu Instalasi, Untuk Itu perlu diketahui kemampuan hantar arusnya. luas penampang penghantar pada Instalasi yang bagaimana akan digunakan., bahan penghantar, kondisi lokasi instalasi, kualitas dan harga dari penghantar tersebut.;

- a. Untuk hantaran instalasi rangkaian akhir (dari panel ke motor) digunakan kabel MT. penggunaan untuk kabel UTY sebagai kabel tenaga ialah untuk instalasi industri di dalam gedung maupun di alam terbuka, di seluruh kabel dan dalam- lemari hubung-bagi apabila dapat: diperkirakan tidak akan ada gangguan: mekanis. IOTY dapat juga di-tanam dalam^ tanah, asalkan diberi perlindungan secukupnya terhadap kemungkinan terjadinya kerusakan mekanis
- b. Untuk suplai utama ke panel digunakan kabel NYFGbY karena penggunaan utama kabel NYFGbY adalah sebagai kabel daya untuk

instalasi bahwa tanah untuk suplai ke panel, daya untuk motor-motor listrik.

- c. Untuk hantaran pentanahan digunakan kawat BCC, karena kawat ini penggunaan utamanya adalah sebagai hantaran pentanahan.

I. Busbar

Busbar merupakan peralatan. yang sangat penting karena merupakan rel tempat menyambung hantaran dari catu daya ke beban dalam panel. Busbar yang dipakai terbuat dari tembaga atau logam lainnya--".yang memenuhi persyaratan sebagai penghantar listrik. Dalam penggunaannya, boleh dicat sesuai dengan warna hantaran yang digunakannya. Penampang busbar ditempatkan berdasarkan besar arus yang mengalir pada busbar tersebut.

J. Alat ukur dan indikator

Pemasangan alat ukur dan indikator digunakan untuk menunjukkan adanya aliran listrik dalam suatu rangkaian listrik.

Ketentuan untuk pemasangan alat ukur dan indikator menurut pun, 2000 adalah sebagai berikut :

Alat ukur dan indikator yang dipasang pada PHB, harus terlihat Jelas dan harus ada petunjuk tentang besarnya apa yang dapat diukur dengan gejala apa yang ditunjukkan.

Alat ukur seperti voltmeter dipasang untuk menunjukkan tegangan. yang masuk ke panel, nominal atau tidak. Begitu pula untuk amperemeter, tetapi yang diukur adalah arus. Sedangkan lampu indikator untuk menunjukkan apakah setiap

fasa hantaran mengalirkan arus atau tidak, yang ditandai dengan menyala dan padamnya lampu tersebut.

K. Kotak-kontak

Kotak-kontak atau lazim dikatakan stop kontak digunakan sebagai tempat pengambilan sumber tegangan yang dibutuhkan untuk, mensuplai beban. Untuk menghubungkannya, dibutuhkan tusuk kontak sebagai pasangan dari kotak-kontak tersebut.

Beberapa persyaratan yang harus diperhatikan dalam pemasangan kotak-kontak sesuai dengan PUIL 2000 yaitu :

- a. Kotak-kontak fasa tunggal balk yang berkutub dua maupun tiga harus dipasang demikian rupa sehingga kutub netralnya berada di sebelah kanan atau di sebelah bawah, kutub tegangan.
- b. Kotak-kontak harus dipasang pada tempat yang tidak mudah terkena siraman air
- c. Kotak-kontak dinding yang dipasang kurang dari 1,25 m tingginya dari lantai harus dilengkapi dengan tutup.
- d. Kemampuan kotak-kontak sekurang-kurangnya sesuai dengan alat yang dihubungkan padanya tetapi tidak boleh lebih kecil dari 5 A .

L. Panel

Panel merupakan tempat memasang proteksi peralatan kontrol, instrumentasi, proteksi dan lain-lain. Panel tersebut dapat dibagi atas panel kontrol, panel penerangan dan panel daya.

Apabila di dalam panel itu berisi peralatan-peralatan kontrol, maka disebut panel kontrol. Sedangkan bila panel tersebut tempat pelayanan daya beban, maka disebut panel daya dan apabila panel tersebut khusus melayani lampu-lampu penerangan, maka disebut panel penerangan,

1. Pembagian panel

Pembagian beban dalam suatu instalasi listrik adalah merupakan suatu hal yang harus diperhatikan. Ini dilakukan untuk memisahkan jenis-jenis beban dan membagi jumlah beban

Apabila dalam suatu gedung terdiri dari dua jenis beban yaitu instalasi daya dan instalasi penerangan, maka kedua jenis beban ini harus dipisahkan. Hal ini dimaksudkan agar tidak saling mempengaruhi. Jika terjadi gangguan. Bila satu titik beroperasi atau mengalami gangguan, maka sistem yang lainnya tidak terpengaruh. Jadi sistem instalasi listriknya lebih andal bila dibandingkan jika menggabungkan antara kedua jenis instalasi listrik tersebut.

Pembagian jumlah beban dalam suatu panel diusahakan supaya seimbang. Hal ini dimaksudkan supaya setiap fasa melayani jumlah beban yang sama dengan fasa yang lainnya. Selain itu dengan beban yang seimbang memudahkan pemilihan material dan peralatan.

2. Penempatan peralatan panel

Penempatan peralatan pada panel, dipasang sedemikian rupa untuk memudahkan pengoperasian pemeliharaan dan perbaikan.

Ada beberapa macam cara penempatan peralatan pada panel yaitu :

- a. Komponen diletakkan langsung pada tembok bangunan (*mounted on the wall*).

Penempatan demikian yang biasa dikerjakan karena dirasakan ekonomis

- b. Diletakkan langsung pada panel

Peralatan dan komponen-komponen diletakkan didepan panel, dan pengawatan dikerjakan dibelakang panel.

- c. Diletakkan di dalam panel

Peralatan dan komponennya dipasang dalam kotak panel dan disatukan dengan pengawatannya.

3. Penempatan panel

Penempatan panel harus direncanakan dengan mempertimbangkan hal sebagai berikut ;

- a. Tempat dan penempatan peralatan yang jelas.
- b. Kemungkinan untuk melakukan pengawatan dan penyambungan didalam
- c. Tempat yang mudah untuk. kabel masuk dan kabel keluar .
- d. Tempat kosong yang memadai, harus disediakan untuk keperluan penambahan yang mungkin terjadi.

Selain pertimbangan yang disebutkan di atas, penempatan panel diusahakan sedapat mungkin ditempatkan pada pusat beban, agar hantaran yang digunakan lebih efisien dan ekonomis, rugi daya dan suhu tegangan pada penghantar juga dapat diperkecil.

Untuk menentukan lokasi suatu panel dapat juga dilakukan dengan menggunakan rumus seperti berikut ini :

$$X, Y = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i X_i}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i} ; \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i Y_i}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i}$$

Keterangan :

X,T = koordinat lokasi panel

Xi = lokasi beban pada sumbu X

Yi = lokasi beban pada sumbu Y

Pi = Jumlah daya yang digunakan

Bila tempat panel telah ditentukan berdasarkan perhitungan di atas, namun karena suatu hal tempat tersebut tidak dapat dipasangnya panel, maka lokasi panel dapat dipindahkan pada tempat yang lain (lokasi tidak persis berdasarkan perencanaan) tetapi tetap memperhatikan faktor keamanan, keandalan. dan ekonomisnya.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

a. Waktu

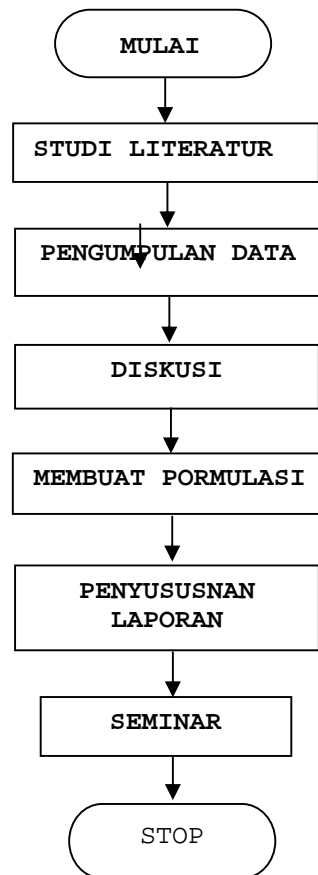
Pembuatan tugas akhir ini dilaksanakan pada Bulan November 2017.

b. Tempat

Penelitian dilaksanakan di Makassar Pada PT. Bumi Rama Nusantara
Makassar

B. Metode Penelitian

Blok Alur Penelitian



Metode penelitian ini berisikan langkah-langkah yang ditempuh penulis dalam menyusun tugas akhir ini. Metode penelitian ini disusun untuk memberikan arah dan cara yang jelas bagi penulis sehingga penyusunan tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar.

C. Langkah-langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah yang ditempuh oleh penulis dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

Metode Pustaka

Yaitu mengambil bahan-bahan penulisan tugas akhir ini dari referensi-referensi serta literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah yang dibahas.

Metode Penelitian

Mengadakan penelitian dan pengambilan data di Makassar pada Pada P.T Timur Rama Nusantara Makassar Kemudian mengadakan pembahasan/analisa hasil pengamatan dan menyimpulkan hasil analisa tersebut.

Metode Diskusi/Wawancara

Yaitu mengadakan diskusi/wawancara dengan dosen yang lebih mengetahui bahan yang akan kami bahas atau dengan pihak praktisi di Makassar Pada P.T. Timur Rama Nusantara Makassar

Dalam penulisan tugas akhir ini, maka penulis menggunakan metode-metode sebagai berikut :

A. Metode Penelitian

1. Survei

Survei adalah melakukan kunjungan atau pengamatan secara langsung pada PT. Bumi Rama Nusantara Makassar untuk mendapatkan data-data yang diperlukan dalam penyusunan tugas akhir.

2. Wawancara

Wawancara adalah mengadakan tatap muka atau wawancara secara langsung dengan pimpinan perusahaan serta beberapa staf personalia yang ada kaitannya dengan penyusunan tugas akhir ini.

3. Studi literatur

Studi literatur adalah suatu kegiatan yang dilakukan dengan mengadakan studi dari buku-buku/pustaka yang berkaitan dengan masalah yang dibahas dalam penulisan ini.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Gambar situasi

Pada gambar situasi ini ditunjukkan letak atau lokasi dari industri karung plastik "PT. BUMI RAMA NUSANTARA MAKASSAR", dapat dilihat pada lampiran gambar area lokasi 4.1

B. Uraian teknis

1. Tata letak mesin-mesin

Tata letak mesin-mesin yang ada pada gedung proses dari industri karung plastik PT. BUMI RAMA NUSANTARA MAKASSAR telah ditata oleh teknisi dari pabrik tersebut sesuai dengan fungsinya.

Adapun tata letak dari mesin-mesin tersebut dapat dilihat pada lampiran gambar 4.2

2. Data teknis mesin

Mesin-mesin yang terdapat pada industri karung plastik pada PT. BUMI RAMA NUSANTARA MAKASSAR adalah motor induksi dengan berbagai jenis seperti berikut ini :

- a. Mixer*
- b. Main heater*
- c. Heater (Main motor)*
- d. Quentch bath dan water cooling*
- e. Stretching unit*

- f. Stretching pull rolling*
- g. Annealing unit*
- h. Annealing pull power unit*
- i. Winding unit*
- j. Circular loom*
- k. Sewino machine*
- l. Printing machine*
- m. Cutlary machine*
- n. Kompressor*

3. Perhitungan pemilihan peralatan panel dan hantaran

a. Kapasitas arus pemutus MCB, MCCB dan TOR

Untuk menentukan kapasitas arus pemutus MCB dan MCCB yang mengamankan suatu rangkaian akhir motor maupun suatu rangkaian cabang motor terhadap arus hubung singkat tergantung pada jenis motor yang digunakan serta cara pengasutannya sedangkan untuk menentukan rangkaian akhir motor terhadap arus beban lebih tidak tergantung pada jenis motor dan cara pengasutannya, melainkan tergantung dari pada arus nominal motor yang diamankan. Kapasitas arus pemutus MCB, MCCB dan TOR yang mengamankan motor-motor listrik.

- 1) Kapasitas arus pemutus MCB yang digunakan mengamankan rangkaian akhir satu buah motor adalah

$$I_{\text{MCB}} = I_n \text{ motor} \cdot X \%$$

Keterangan :

- I_n adalah arus nominal motor yang diamankan
- $X = 250\%$, untuk motor sangkar dan serempak dengan pengasutan bintang-segitiga, DOL dengan reaktor atau resistor dan motor satu fasa..
- $X = 200\%$ untuk motor sangkar dan serempak dengan pengasutan autotransformer, atau motor sangkar reaktansi tinggi
- $X = 15-0\%$. untuk motor lilit atau arus searah.

1. Untuk motor dengan nomor kode 1, mempunyai arus nominal 8,1 Amp. (sesuai data teknis mesin). Arus pemutus MCBnya adalah, :

$$\begin{aligned} I_{\text{MCB}} &= I_n \text{ motor } \times \% \\ &= 8,1 \cdot 250 \% \\ &= 20,25 \text{ Amp.} \end{aligned}$$

Arus pemutusan sesuai perhitungan adalah 20,25 Amp.

2. Untuk motor dengan nomor kode 2, mempunyai arus . nominal 105 Amp. Arus pemutus MCB-nya adalah :

$$\begin{aligned} I_{\text{MCB}} &= I_n \text{ motor } \times \% \\ &= 105 \cdot 250 \% \\ &= 254,5 \text{ Amp.} \end{aligned}$$

- 2) Kapasitas arus pemutus MCB yang mengamankan rangkaian akhir lebih dari satu buah motor adalah :

$$I_{\text{MCB}} = I_{\text{MCB}} \text{ motor terbesar} + \sum I_n \text{ motor yang lainnya.}$$

Untuk motor dengan nomor kode 13a, 13b dan 13c arus nominal masing-masing adalah 2,019 2,07 dan 2,07 Amp. Arus pemutus MCB-nya adalah ;

$$\begin{aligned} I_{\text{MCB}} &= I_{\text{MCB}} \text{ motor terbesar} + \sum I_n \text{ motor lainnya} \\ &= (2,07 \cdot 250 \%) + (2,07 + 2,07) \\ &= 4,175 + 4,14 \\ &= 8,315 \text{ Amp.} \end{aligned}$$

- 3) Kapasitas arus pemutus MCCB yang mengamankan suatu rangkaian cabang motor adalah :

$$I_{MCCB} = I_{MCCB} \text{ motor terbesar} + \sum I_n \text{ motor lainnya}$$

Pada penentuan daya terhadap arus nominal adalah:

- a. Untuk tabel panel daya I I_n motor terbesar adalah 105 Amp. sedangkan arus nominal motor yang lainnya adalah 206,39 Amp.

Dengan demikian arus pemutus MCCB-nya adalah :

$$I_{MCCB} = I_{MCCB} \text{ motor terbesar} + \sum I_n \text{ motor lainnya}$$

$$= (105 \cdot 250 \%) + 206,39$$

$$= 468,8 \text{ Amp.}$$

- b. Untuk tabel panel daya II arus nominal terbesar adalah 5,98 Amp. Sedangkan jumlah arus nominal motor yang lainnya adalah 67,19 Amp. (tabel 3.3) Dengan demikian arus pemutus MCCB-nya adalah :

$$I_{MCCB} = I_{MCCB} \text{ motor terbesar} + I_n \text{ motor lainnya}$$

$$= (5,98 \cdot 250\%) + 67,19$$

$$= 14,95 + 67,19$$

$$= 82,14 \text{ Amp}$$

- c. Untuk pengaman utama pada panel utama adalah :

$$I_{MCCB} = I_{MCCB} \text{ PDI} + I_{MCCB} \text{ PD III}$$

$$= 468,8 + 82,14$$

$$= 550,94 \text{ Amp.}$$

4) Kapasitas arus pemutus TOR yang mengamankan adalah ;.

$$I_{TOR} = I_n \text{ motor:}$$

Untuk motor dengan kode 6, dengan arus nominal 10,6 Amp.

Maka arus pemutus TOR-nya adalah :

$$\begin{aligned} I_{TOR} &= I_n \text{ Motor} \\ &= 10,6 \text{ Amp.} \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama seperti diatas, maka peroleh nilai-nilai kapasitas arus pemutus MCB, MCCB dan TOR dapat dilihat pada tabel 3.4

b. Penentuan KHA dan penampang hantaran

Kemampuan hantar arus (K H A) dan penampang hantaran untuk motor-motor listrik dapat ditentukan berdasarkan PUIL 2000.

1) KHA hantaran rangkaian akhir yang mensuplai satu buah motor listrik adalah :

$$\text{KHA} = 1,1 \cdot I_n \text{ motor.}$$

Untuk motor dengan kode nomor 11a, mempunyai arus nominal 5,5 Amp. KHA hantarannya adalah sebagai berikut :

$$\text{KHA} = 1,1 I_n \text{ motor}$$

$$= 1,1 \cdot 5,5$$

$$= 6,05 \text{ Amp.}$$

Berdasarkan PUIL 2000, untuk KHA 6,05 Amp. digunakan luas penampang hantaran sebesar 1,5 mm. Susut tegangan (u) pada hantaran tersebut tidak boleh lebih dari 5 persen. Hal ini dapat dibuktikan sebagai berikut :

$$A = \frac{\sqrt{3}LI \cdot \text{Cos } \theta}{y \cdot u}$$

$$U = \frac{\sqrt{3}LI \cdot \text{Cos } \theta}{y \cdot A}$$

Diketahui :

$$L = 14 \text{ meter}$$

$$I = 6,95 \text{ Amp.}$$

$$\text{Cos } \theta = 0,72$$

$$y = 52,6 \cdot 10^6 \text{ s/m}$$

$$A = 1,5 \text{ mm}^2 = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$u = 5 \% \cdot 380 \text{ V}$$

$$= 19 \text{ V.}$$

Analisis

$$u = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \phi}{y \cdot A}$$

$$= \frac{1,73 \cdot 14,6 \cdot 0,05 \cdot 0,72}{52,6 \cdot 10^6 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6}}$$

$$= 1,34 \text{ v}$$

$$u = 1,34 \text{ v (memenuhi persyaratan)}$$

Berdasarkan ketentuan menurut peraturan yang dikeluarkan oleh perusahaan Listrik Negara (S-PLN) tentang peraturan instalasi listrik kabel minimum yang digunakan untuk motor-motor adalah 4 mm², maka penampang 1,5 mm² yang didapat menurut perhitungan tidak dapat digunakan, sehingga luas penampang yang harus dipakai adalah 4 mm². Dengan luas penampang 4 mm², maka susut tegangan yang akan terjadi pada penghantar tersebut akan semakin kecil. Hal ini akan semakin handal dan semakin baik. Ini dapat dibuktikan sebagai berikut :

$$u = \frac{1,73 \cdot L \cdot I \cdot \cos \phi}{y \cdot A}$$

$$= \frac{1,73 \cdot 14,6 \cdot 0,05 \cdot 0,72}{52,6 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 10^{-6}}$$

$$= 0,50 \text{ V}$$

- 2) KHA ,hantaran rangkaian akhir yang mensupali lebih dari satu buah motor adalah :

$KHA = KHA \text{ motor terbesar} + \Sigma I_n \text{ motor lainnya.}$

Untuk motor dengan nomor kode 13a, 13b, dan 13c mempunyai arus nominal masing-masing 2,07 Amp, 2,07 Amp, dan 2,07 Amp.

KHA hantarannya adalah sebagai berikut :

$KHA = EHA \text{ motor terbesar} + \Sigma I_n \text{ motor lainnya.}$

$$\begin{aligned} KHA &= (1,1 I_n \text{ motor terbesar}) + I_n \text{ motor lainnya} \\ &= (1,1 \cdot 2,07) + (2,07 + 2,07) \\ &= 6,417 \text{ Amp.} \end{aligned}$$

Karena motor diatas adalah motor satu fasa maka susut tegangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti berikut :

$$u = \frac{2.L.I.\cos \theta}{y.A}$$

Diketahui :

$$L = 60 \text{ meter}$$

$$I = 6,417 \text{ Amp.}$$

$$\cos \theta = 0,82$$

$$y = 52,6 \cdot 10^6 \text{ s/m}$$

$$A = 1,5 \text{ mm}^2 = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$u = 5 \% \cdot 220 \text{ V}$$

$$= 11 \text{ V.}$$

Analisis

$$\begin{aligned} u &= \frac{\sqrt{3}.L.I.\cos \theta}{y.A} \\ &= \frac{260.6.417.0.82}{52.6 \cdot 10^6 \cdot 1.5 \cdot 10^{-6}} \end{aligned}$$

$u = 8 \text{ v}$ -----(memenuhi persyaratan)

Menurut ketentuan Perusahaan listrik negara (S-PLN), ukuran minimum penampang yang harus digunakan adalah 4 mm^2 . Maka susut tegangan akan semakin kecil

Dengan cara perhitungan seperti diatas, maka diperoleh KHA dan penampang hantaran untuk motor-motor seperti pada tabel 3.5 berikut ini :

- 3) KHA hantaran rangkaian cabang (hantaran suplai untuk panel daya) adalah :

$$\text{KHA} = \text{KHA motor terbesar} + \Sigma I_n \text{ motor lainnya.}$$

- a. Untuk panel daya I arus nominal motor terbesar adalah 105 Amp. Sedangkan jumlah arus motor lainnya adalah 206,39 Amp.

Dengan demikian KHA hantaran rangkaian cabangnya adalah sebagai berikut ;

$$\begin{aligned} \text{KHA} &= \text{KHA motor terbesar} + \Sigma I_n \text{ motor lainnya} \\ &= (1,1 \cdot 105) + 206,39 \\ &= 321,89 \text{ Amp.} \end{aligned}$$

Berdasarkan. PUIL 1987 (sesuai penjelasan pada bab II, sub 2.8.3 tabel pada lampiran 2), untuk KHA 321,89 Amp digunakan hantaran yang luas penampangnya 185 mm^2 . Untuk menghindari hantaran tidak terlalu panas pada saat semua motor distart, maka digunakan penampang 240 mm^2 .

b. Untuk panel Daya II arus nominal motor terbesar adalah 5,98

A. Sedangkan jumlah arus motor lainnya 67,19 A (tabel 3.3).

Dengan demikian KHA hantaran rangkaian cabangnya adalah :

$$\text{KHA} = \text{KHA motor terbesar} + \sum I_n \text{ motor lainnya}$$

$$= (1,1.5,98) + 67,19$$

$$= 73,768 \text{ Amp.}$$

Berdasarkan PUIL 2000, tabel pada lampiran 2) untuk KHA

73,768 A digunakan hantaran yang luas penampangnya 16 mm²

c. Untuk panel utama, dari perhitungan didapat KHA PD. I adalah

321 ,89 A. dan KHA PD. II adalah 73,768 A. Maka KHA

untuk Panel utama

$$\text{KHA} = \text{KHA panel daya I} + \text{KHA panel daya II}$$

$$= 321,89 + 73,768$$

$$= 395,658$$

Berdasarkan PUIL untuk EHA 395,658 A penampangnya 240

mm² . Untuk menjaga kerusakan hantaran pada saat semua

motor distarting maka dipilih. penampang 300 mm atau

2 (150 mm) karena penampang 300 mm sukar didapat

dipasaran., .

c. KHA dan penampang "busbar

Kemampuan hantar arus "busbar adalah sama dengan besarnya arus yang akan mengalirinya. Untuk perencanaan instalasi listrik pada

industri karung plastic PT. BUMI RAMA NUSANTARA
MAKASSAR terdapat tiga buah panel yaitu panel utama panel daya I
dan panel daya II.

Berdasarkan PUIL 2000, maka besar busbarnya adalah :

1) Untuk panel utama dengan arus nominal 384,56 A.

Ukuran : 30 mm x 5 mm

Penampang : 150 mm

Tanpa pengecetan

2) Untuk panel daya I dengan arus nominal 311,39 A.

Ukuran = 30 mm x 3 mm

Penampang = 90 mm

Tanpa pengecetan

3) Untuk panel daya II dengan arus nominal 73,17 A.

Ukuran : 12 mm x 2 mm

Penampang : 24 mm

Tanpa pengecetan

d. Metode pemasangan hantaran yang dilakukan adalah :

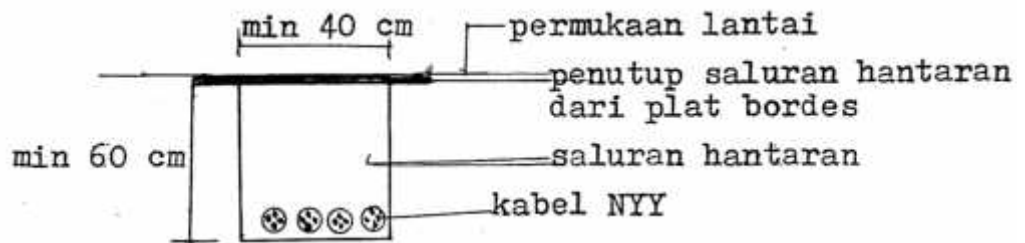
Metode pemasangan hantaran yang dilakukan adalah ;

1) Untuk hantaran NY Y dengan cara membuat saluran pada lantai.

2) Untuk hantaran NYFGbY (hantaran suplai utama) ditanam
kedalam tanah.

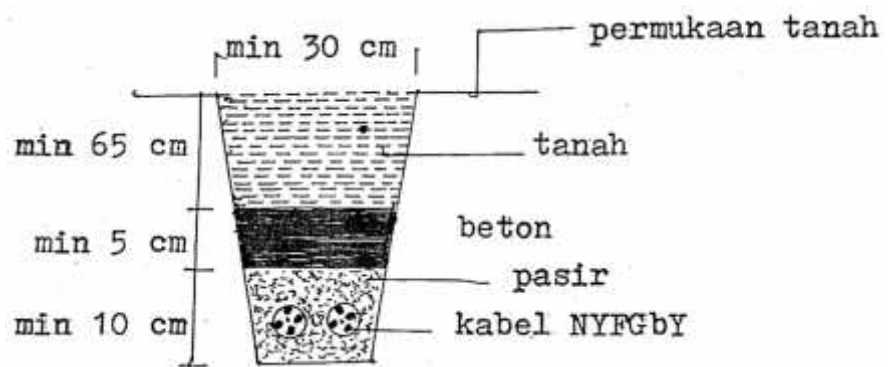
Cara pemasangan hantaran dapat dilihat pada gambar dibawah
ini.

- a) Untuk kabel NYY, cara pemasangannya dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4.3 Metode pemasangan hantaran HTY

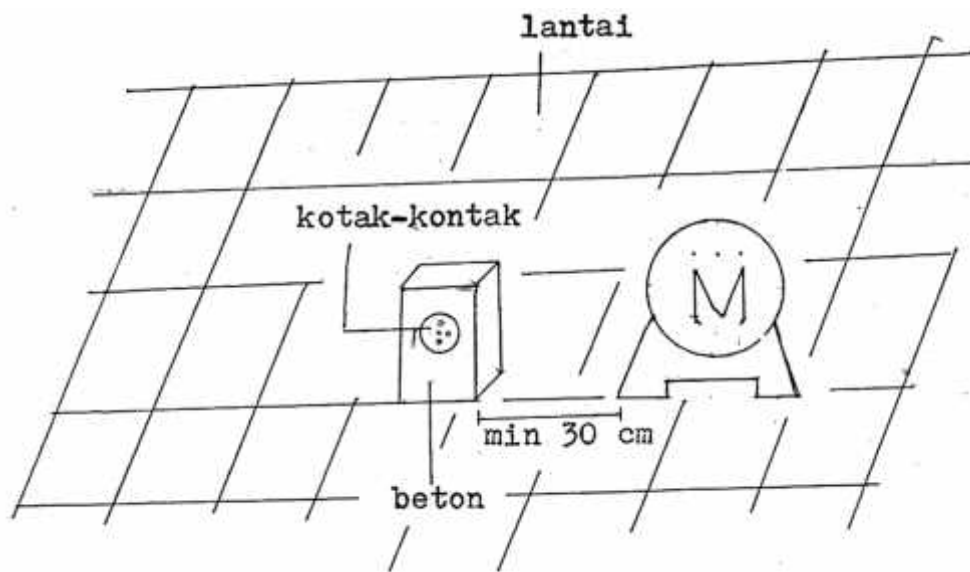
- b) Untuk kabel NYFGbY pemasangannya dapat dilihat seperti pada gambar berikut :



Gambar 4.4 Metode pemasangan hantaran NYFGbY

4. Metode pemasangan kotak-kontak

Kotak-kontak yang digunakan diperuntukkan pada rangkaian akhir yang mensuplai lebih satu buah motor. Metode pemasangan kotak-kontak ini dilakukan dengan cara memasang kotak-kontak di dekat motor, dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.5 Metode pemasangan kotak-kontak

Catatan :

Kontak-kontak yang digunakan adalah merek MK atau yang setaraf.

5. Panel

a. Penentuan letak panel

Panel diusahakan sedapat mungkin ditempatkan pada titik pusat beban. Atau karena ada pertimbangan lain maka letak panel bisa tidak ditempatkan pada pusat "beban, seperti karena titik pusat beban yang didapat bisa mengganggu. Tapi perpindahan letak panel tersebut tidak mengurangi kenandalan sistem tersebut.

Untuk menentukan letak titik pusat beban dapat dilakukan dengan menggunakan rumus seperti berikut ini :

$$X, Y = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i} ; \quad \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i}$$

Keterangan :

X,Y : koordinat lokasi panel

P ; daya terpakai

Pi : P₁ + P₂ + P₃ + P_n

Xi : lokasi beban pada sumbu X

Yi : lokasi beban pada sumbu Y

Pi . Xi : P₁.X₁ + P₂X₂ + P₃X₃ ++ P_n X_n.

Pi .Yi : P₁.Y₁ + P₂Y₂ + P₃Y₃ ++ P_nY_n

Nilai-nilai dari $\sum P_i$, $\sum P_i X_i$, dan $\sum P_i Y_i$ diperlihatkan pada tabel

3.6 berikut ini berdasarkan tat letak motor-motor tersebut.

Dari tabel 3.6 maka titik pusat beban dapat diketahui dengan menggunakan rumus :

$$X,Y = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i . X_i}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i} ; \quad \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i . Y_i}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i}$$

$$X.Y = \frac{4126,25}{265,5} ; \quad \frac{-1377,15}{265,5}$$

$$C = 15,54 ; -5,19$$

Letak titik pusat beban pada sumbu Z = 15,54 meter pada sumbu Y = -5.19 meter. Pada titik ini kemungkinan, dapat mengganggu para pekerja apabila mesin sedang beroperasi, maka dipindahkan pada titik koordinat (30 ; 9,5) Hal ini dimaksudkan karena tempat ini dekat dengan tempat ruang genset. Dan tempat ini mudah. dijangkau apabila terjadi gangguan.

6. Pentanahan

a. Besarnya tahanan pentanahan

Sistem pentanahan yang biasa digunakan adalah sistem pentanahan dengan menggunakan dua buah elektroda batang atau disesuaikan dengan kondisi tanah tempat pentanahan akan dipasang. Misalnya pentanahan dengan menggunakan elektroda batang, yang mana jarak antara dua elektroda tersebut dua kali panjang elektrodanya. Karena itu rumus yang digunakan untuk menentukan besarnya tahanan pentanahan adalah :

$$R = \frac{\rho}{4L} \ln \frac{4L}{a} - 1 + \frac{\rho}{4s} \left(1 - \frac{L^2}{3a^2} + \frac{2L^4}{5s^4} \right)$$

Keterangan :

R. = tahanan pentanahan (Ohm)

ρ = tahanan jenis tanah (Ohm-cm.)

L. = panjang elektroda pentanahan (m)

a = jari-jari elektroda pentanahan (mm)

s = jarak antara elektroda (m)

Contoh. :

- Misalkan diketahui tahanan jenis tanah adalah. 3000 Ohm-cm
- Diameter minimum elektroda pentanahan untuk elektroda batang adalah 15 mm. Maka jari-jarinya adalah 7,5 mm.
- Panjang elektroda pentanahan. adalah 275 cm
- Jarak antara elektroda pentanahan adalah dua kali panjang elektroda pentanahan. (550 cm)

Jadi diketahui :

$$\dots = 3000 \text{ Ohm-cm} = 30 \text{ ohm-m}$$

$$a = 7 \times 5 \text{ mm} = 0,0075 \text{ m.}$$

$$L = 275 \text{ cm} = 2,75 \text{ m}$$

$$s = 550 \text{ cm} = 5,5 \text{ m}$$

maka :

$$\begin{aligned} R &= \frac{\dots}{4fL} \ln \frac{4L}{a} - 1 + \frac{\dots}{4fs} \left(1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{5s^4} \right) \\ &= \frac{30}{4f \cdot 2,75} \ln \frac{4 \cdot 2,75}{0,0075} - 1 + \frac{30}{4f \cdot 5,5} \left(1 - \frac{(2,75)^2}{3(5,5)^2} + \frac{2(2,75)^4}{5(5,5)^4} \right) \end{aligned}$$

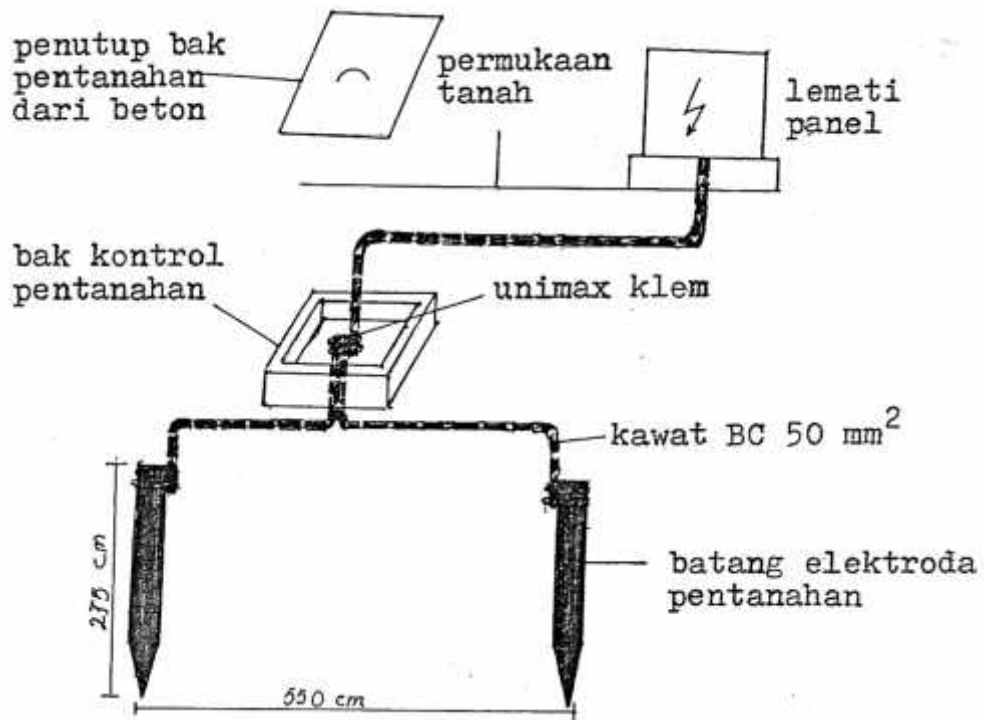
$$R = 0,868 (6,291) + 0,434 (0,942)$$

$$R = 5,87 \text{ Ohm.}$$

Menurut penjelasan pada Bab II, Sub Bab 2.7.3 bahwa untuk daerah yang mempunyai tahanan jenis tanahnya yang tinggi boleh mempunyai tahanan pentanahan mencapai 10 ohm. Jadi tahanan pentanahan yang didapat diatas masih dapat digunakan (masih memenuhi persyaratan)

b. Metode pemasangan pentanahan

Metode pemasangan pentanahan. dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.6 Metode pemasangan pentanahan

Catatan :

- Sumur pentanahan diusahakan sedapat mungkin dekat dengan panel.
 - Luas penampang hantaran pentanahan rangkaian cabang adalah seperdua dari luas penampang hantaran cabangnya. Namun karena ukuran maksimal luas penampang hantaran pentanahan adalah 50 mm², maka yang dipakai adalah kawat BC :Y 50 mm² tersebut.
- Cara seperti ini pun yang di-tempuh oleh para perencana dan praktisi.

C. Rancangan instalasi

Rencana instalasi listrik harus dibuat dengan jelas, sehingga mudah dipahami oleh tehniksi listrik, Dalani rencana instalasi listrik diperlihatkan rencana

tata letak yang menunjukkan tata letak perlengkapan listrik, . rencana hubungan perlengkapan listrik dengan gawai pengendalinya, gambar hubungan antara bagian rangkaian akhir, dalam PHB yang bersangkutan dan tanda ataupun keterangan yang jelas: mengenai setiap perlengkapan listrik.

1. Gambar instalasi

Gambar instalasi merupakan petunjuk dalam pemasangan instalasi hantaran dari panel daya ke beban. Karena pada gambar instalasi ini diperlihatkan jalur hantaran dari panel daya ke beban.

Gambar instalasi untuk perencanaan instalasi dapat dilihat pada gambar 4.7

2. Diagram panel

Diagram panel merupakan petunjuk dalam pemasangan rangkaian daya pada panel. Diagram panel ini memperlihatkan :

- a. Jumlah beban yang dilayani.
- b. Besarnya daya yang dibutuhkan.
- c. Jumlah proteksi yang digunakan beserta besarnya kapasitas arus pemutusny.
- d. Luas penampang busbar dan hantaran yang dipakai
- e. Alat-alat ukur dan indikator lainnya yang digunakan (bila ada).

Diagram panel untuk perencanaan instalasi daya pada Industri karung plastik "PT. BUMI RAMA NUSANTARA MAKASSAR" dapat dilihat pada gambar 4.8.

D. Pemilihan kontaktor

Ukuran kontaktor yang dipakai dalam starting disesuaikan dengan jenis starting dan besarnya arus nominal motor, Untuk starting dengan sistem DOL disesuaikan dengan arus nominal motor atau lebih besar. Sedangkan untuk starting bintang-segitiga dapat ditentukan berdasarkan rumus berikut ini :

- Kontaktor utama K_1 sama dengan $0,58 \times I_n$ motor
- Kontaktor Delta K_2 sama dengan $0,58 \times I_n$ motor
- Kontaktor bintang K_3 sama dengan $0,23 \times I_n$ motor

Contoh :

1. Untuk motor dengan kode 2 arus nominalnya adalah 105 Amp. Maka kontaktor yang dipakai :

Kontaktor utama :

$$\begin{aligned} K_1 &= 0,58 \times I_n \text{ motor} \\ &= 60,9 \text{ A} \text{ -----perencanaan} \\ &= 65 \text{ A} \text{ -----yang dipakai} \end{aligned}$$

Kontaktor Delta :

$$\begin{aligned} K_2 &= 0,58 \times I_n \text{ motor} \\ &= 60,9 \text{ A} \text{ -----perencanaan} \\ &= 65 \text{ A} \text{ -----yang dipakai} \end{aligned}$$

Kontaktor bintang :

$$\begin{aligned} K_3 &= 0,2 \times I_n \text{ motor} \\ &= 21 \text{ A} \text{ -----perencanaan} \\ &= 22 \text{ A} \text{ -----yang dipakai} \end{aligned}$$

2. Untuk motor dengan kode 4 dengan starting DOL arus nominalnya 3,2 Amp.

Maka kontaktor yang digunakan adalah ;

- Kontaktor 3,2 Amp. -----perencanaan
- Kontaktor 7,1 Amp. -----yang dipakai

Untuk motor yang mempunyai nomor kode 12, 13 dan 14 dengan sistem satu fasa tidak digunakan kontaktor karena on-off-nya langsung pada mesin itu sendiri.

Dengan perhitungan yang sama seperti diatas maka didapat besarnya kontaktor yang dipakai pada tiap motor, seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 4.10 Pemilihan kontaktor untuk starting

Kode motor	Besarnya kontaktor yang dipakai		
	Kontaktor Utama (A)	Kontaktor Delta. (A)	Kontaktor Bintang (A)
1	7,1	7,1	7,1
2	65.	65	22
3	65	65	22
4	7,1	-	-
5	22	22	7,1
6	7,1	7,1	7,1
7	7,1	7,1	7,1
8	7,1	7,1	7,1
9	7,1	7,1	7,1
10	7,1	7,1	7,1
11	7,1	7,1	7,1

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dengan selesainya tugas akhir ini, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut ;

1. Penempatan panel utama pada perencanaan ini tidak ditempatkan pada titik pusat beban, karena faktor teknis. Mengingat tempat tersebut merupakan daerah sirkulasi para pekerja pada saat mesin-mesin beroperasi dan biasa dilewati kendaraan.
2. Perencanaan instalasi listrik ini sangat bermanfaat pada penulis, karena memberikan gambaran tentang cara penginstalasian dalam suatu industri.
3. Untuk penghantar dengan luas penampang 240 mm keatas, biasanya timbul hambatan secara teknis dan material, untuk itu dapat diatasi dengan menggandakan penghantar yang lebih kecil tanpa mengurangi KHA dari penghantar yang bersangkutan,

B. Saran

1. Diadakan praktek lapangan supaya mahasiswa dapat lebih dekat mengenal sistem instalasi.
2. Untuk penempatan panel utama dalam suatu industri sebaiknya ditempatkan pada titik pusat beban.
3. Dalam suatu industri besar yang mempunyai tingkat kecelakaan yang tinggi sebaiknya dibuatkan sistem emergency.

DAFTAR PUSTAKA

- Baiman, Instalasi Listrik, Pusat Pengembangan ITB Bandung., 2016.
- Harten, Van., Setiawan, P, E, Ir., Instalasi Listrik Arus Kuat I, II, III, Bina Cipta, Bandung, 2013.
- Hutauruk, T.S. 2016. Pengetanahan Netral Sistem Tenaga & Pengetanahan Peralatan. Jakarta: Erlangga.
- Ianon Pijoyono, Drs., Dasar Teknik Listrik, Andi, Yogyakarta, 2013.
- Pabla, A, S., Abdul Hadi, Ir., Sistem Distribusi Daya Listrik, Erlangga, Bandung, 2015.
- Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000, cetakan kedua, Yayasan PUIL, Jakarta 2015
- Peraturan Umum Instalasi Listrik, LIPI, Jakarta, 2000.
- Petruzella Frank D 2013, Elektronika Industri, Andi Yogyakarta.
- Rasyid Muhammad H, 2016. Elektronika Daya Jilid I PT. Prenhalindo, Jakarta.
- Sumanto, 2016. Mesin Arus Searah cetakan kedua, Andi Offset, Yogyakarta.
- Sumardjati, Prih dkk 2016. Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 1. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- Zuhal, Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, ITB, Bandung, 1991.
- Ground Level Systems. 2017. awThe importance of electrical ground testing. (<http://groundlevelsystems.com/electrical-ground-testing>. diakses pada Rabu, 20 Agustus 2017)
- Inspecting The World 2017. Used as Grounding Electrodes, (<http://www.nachi.org/rebar.htm>. diakses pada Rabu, 20 Agustus 2017)