

MODUL PRAKTIKUM INSTALASI LISTRIK

Laboratorium Otomasi dan Instalasi Listrik

Dr. Ir. Ricky Dwi P, S.T., M.Eng.
Ir. Wahyu Sapto Aji, S.T., M.T.
Suko Ferbriyanto, S.T.



MODUL PRAKTIKUM INSTALASI LISTRIK

2023

Praktikum Instalasi Listrik terdiri atas sembilan Unit, yaitu :

- (1) Pengenalan Alat dan Komponen Instalasi Listrik;
- (2) Perancangan Instalasi Dasar dan Gambar Teknik listrik;
- (3) Perancangan Instalasi Listrik Rumah Tinggal Menggunakan Software Ms. Visio;
- (4) Pemasangan instalasi listrik rumah tinggal sesuai PUIL 2000;
- (5) Pemasangan instalasi listrik penerangan satu fase menggunakan saklar tukar;
- (6) Pemasangan instalasi listrik penerangan satu fase menggunakan saklar “DIM”;
- (7) Pemasangan instalasi motor induksi tiga fase putar kiri-kanan;
- (8) Pemasangan instalasi motor induksi tiga fase dengan metode pengasutan bintang-segitiga menggunakan kontaktor dan dilengkapi dengan timer on-delay;
- (9) Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya;
- (10) Pengujian sistem pentanahan (*grounding*);

TEKNIK
ELEKTRO
UNIVERSITAS
AHMAD
DAHLAN

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur mari kita panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, inayah, taufik dan hidayah-Nya sehingga sehingga Modul Praktikum Instalasi Listrik ini dapat diselesaikan. Semoga modul ini dapat digunakan sebagai pedoman menjalankan mata kuliah Praktikum Instalasi Listrik sebagai mata kuliah wajib mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan.

Instalasi Listrik merupakan kemampuan/kompetensi dasar yang harus dikuasai di bidang Teknik Elektro. Kompetensi dapat dicapai oleh mahasiswa melalui mata kuliah Instalasi Listrik (dua SKS) dan Praktikum Instalasi Listrik (satu SKS). Materi praktikum disusun secara sejalan dengan kuliah agar praktikan mampu memiliki gambaran yang jelas tentang aplikasi nyata. Modul ini merupakan revisi keempat yaitu dengan menambahkan praktikum tentang gambar instalasi, pembaruan gambar single line diagram dan wiring diagram sebagai dasar pengetahuan bagi mahasiswa untuk melaksanakan praktikum di unit yang berhubungan.

Praktikum Instalasi Listrik terdiri dari sepuluh unit modul, yaitu : (1) Pengenalan alat dan komponen instalasi listrik; (2) Perancangan instalasi dasar dan gambar teknik listrik; (3) Perancangan instalasi listrik rumah tinggal menggunakan software ms. visio; (4) Pemasangan instalasi listrik rumah tinggal sesuai PUIL 2000; (5) Pemasangan instalasi listrik penerangan satu fase menggunakan saklar tukar; (6) Pemasangan instalasi listrik penerangan satu fase menggunakan saklar “DIM”; (7) Pemasangan instalasi motor induksi tiga fase putar kiri-kanan; (8) Pemasangan instalasi motor induksi tiga fase dengan metode pengasutan bintang-segitiga menggunakan kontaktor dan dilengkapi dengan timer on-delay; (9) Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (10) Pengujian sistem pentanahan (*grounding*). Hal ini diharapkan mampu memberikan gambaran kepada praktikan tentang pemasangan Instalasi Listrik.

Kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan modul praktikum ini dan membantu uji coba peralatan praktikum, kami ucapkan terima kasih. Kami sadar masih ada kekurangan pada modul ini sehingga kami mengharapkan masukan berupa kritik dan saran yang membangun terhadap materi praktikum maupun metode serta modul praktikum untuk perbaikan terus menerus.

Yogyakarta, Februari 2023

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Kata Pengantar.....	ii
Daftar Isi.....	iii
Tata Tertib Praktikum.....	iv
Sejarah Revisi Modul	v
Praktikum	
Unit I Pengenalan Alat dan Komponen Instalasi Listrik	1
Unit II Perancangan Instalasi Dasar dan Gambar Teknik listrik.....	11
Unit III Perancangan Instalasi Listrik Rumah Tinggal Menggunakan Software Ms. Visio	15
Unit IV Pemasangan instalasi listrik rumah tinggal sesuai PUIL 2000.....	20
Unit V Pemasangan instalasi listrik penerangan satu fase menggunakan saklar tukar.....	28
Unit VI Pemasangan instalasi listrik penerangan satu fase menggunakan saklar “DIM”	35
Unit VII Pemasangan instalasi motor induksi tiga fase putar kiri-kanan	39
Unit VIII Pemasangan instalasi motor induksi tiga fase dengan metode pengasutan bintang-segitiga menggunakan kontaktor dan dilengkapi dengan timer on-delay	47
Unit IX Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	55
Unit X Pengujian sistem pentanahan (<i>grounding</i>)	67
Daftar Pustaka	76
Lampiran	
Lampiran 1. Keselamatan Kerja	77
Lampiran 2. Inspeksi dan Testing	79
Lampiran 3. Format Laporan.....	81

TATA TERTIB PRAKTIKUM

1. Praktikan berpakaian rapi dan sopan, tidak diperkenankan memakai kaos tanpa krah dan sandal (Wajib Sepatu) selama di Laboratorium.
2. Praktikan memasuki tempat praktikum dengan tertib, menempatkan tas pada tempat yang telah disediakan, tidak diperkenankan membawa tas ke meja praktikum.
3. Praktikan wajib membawa modul, menyerahkan Tugas Pendahuluan Unit yang akan di praktikumkan dan Laporan Praktikum yang telah dilaksanakan sesuai judul praktikum yang telah dilaksanakan (judul praktikum, tujuan praktikum, landasan teori beserta daftar pustaka, metode percobaan (prosedur percobaan dan alat-alat maupun bahan yang digunakan dalam praktikum, dan hipotesis) kepada pembimbing praktikum atau asisten sebelum praktikum dilaksanakan. Praktikan yang tidak membawa Modul dan tidak menyerahkannya Tugas Pendahuluan dan Laporan tidak diperkenankan mengikuti praktikum.
4. Praktikan melaksanakan praktikum dengan tertib.
5. Praktikan menyusun laporan sementara di dalam modul praktikum (hasil percobaan dan pembahasan singkat tentang hasil percobaan) untuk kemudian didiskusikan dengan pembimbing praktikum. Laporan sementara wajib ditanda-tangani pembimbing praktikum.
6. Praktikan menyerahkan laporan resmi dalam format yang telah ditentukan paling lambat sebelum jadwal praktikum berikutnya. Praktikan yang belum menyerahkan laporan resmi tidak diperkenankan mengikuti praktikum berikutnya.
7. Praktikan yang tidak dapat mengikuti praktikum tertentu oleh karena sesuatu hal atas ijin koordinator praktikum, dapat melaksanakan praktikum pada kesempatan lain. Maksimal 3 kali Inhal dan apabila lebih dinyatakan gagal Praktikum.
8. Selalu menjaga keamanan dan keselamatan kerja selama kegiatan Praktikum.
9. Praktikan wajib mengikuti tes akhir (responsi) meliputi seluruh topik yang telah dilaksanakan.
10. Segala bentuk kelalaian dan pelanggaran terhadap tata tertib memiliki konsekuensi sesuai dengan peraturan Laboratorium.

Koordinator Praktikum Instalasi Listrik

Dr. Riky Dwi Purianto, S.T., M.Eng.
Ir. Wahyu Sapto Aji, S.T., M.T., IPM.

SEJARAH REVISI

Revisi	Tanggal Revisi/ Pembuatan	Keterangan
1	1 Februari 2020	Modul baru Praktikum Instalasi Listrik
2	1 Februari 2021	Revisi Tata Tulis
3	1 Februari 2022	Penambahan Modul Instalasi Panel Surya
4	1 Februari 2023	Penambahan Modul Gambar Teknik Instalasi Penambahan Modul Pengenalan Komponen



UNIT I

PENGENALAN ALAT DAN KOMPONEN INSTALASI LISTRIK

A. Tujuan

1. Mahasiswa mengenal berbagai nama dan simbol alat dan komponen instalasi Listrik
2. Mahasiswa mengetahui fungsi dan kegunaan alat dan komponen instalasi listrik.
3. Mahasiswa mengetahui cara kerja alat dan komponen instalasi listrik

B. Dasar Teori

Komponen instalasi listrik secara garis besar dapat dibagi sebagai :

1. Komponen penyalur daya
2. Komponen hubung bagi
3. Komponen pengaman/proteksi
4. Beban dan sumber daya

1. Kabel

Komponen penyalur daya berfungsi membawa arus dari sumber ke beban.

Dilihat dari isolasinya kita kenal ada 2 tipe yaitu:

1. Penghantar disebut juga penghantar telanjang (Bare conductor)
2. Kabel = penghantar yang diselubungi isolator

Bahan-bahan untuk penghantar biasanya adalah tembaga, aluminium atau keduanya. Perlu diingat aluminium bersifat kurang elastis dan memiliki penghantar jenis yang relatif lebih besar dibandingkan tembaga, yang paling diingat dari kabel adalah KHA atau kapasitas hantar arus.

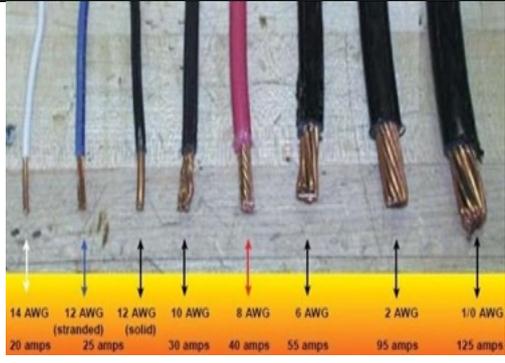
Tabel. 1.1 KHA dan Luas Penampang Kabel

Tabel Luas Penampang dan KHA-nya			AWG	mm ²
Las Penampang (mm)	KHA (A)	Max. Watt		
0.75	4	880	20	0.5
1.5	6	1320	18	0.75
2.5	10	2200	17	1
4	16	3520	16	1.5
6	20	4400	14	2.5
10	25	5500	12	4
16	35	7700	10	6
25	60	13200	8	10
35	100	22000	6	16
50	125	27500	4	25
70	160	35200	2	35
95	250	55000	1	50
120	292	64240	1/0	55
			2/0	70
			3/0	95
			4/0	120

Tabel. 1.2 Jenis Kabel

 <p align="center">Kabel NYM</p>	<p>Bisa untuk daerah basah</p>	 <p align="center">Kabel NYY</p>	<p>Anti gigitan tikus, ditanam</p>
 <p align="center">NYA</p>	<p>Pemakaian daerah kering, ditambahi duct</p>		<p>Untuk panel dengan banyak tekukan</p>

Tabel. 1.3 Nomenklatur Penamaan Kabel

 <p>14 AWG (stranded) 20 amps 12 AWG (stranded) 25 amps 12 AWG (solid) 30 amps 10 AWG (solid) 40 amps 8 AWG (solid) 55 amps 6 AWG (solid) 95 amps 2 AWG (solid) 125 amps</p>	<p align="center">Nomenklatur Kabel</p> <table border="0"> <tr> <td align="center">N</td> <td align="center">Y</td> <td align="center">A</td> <td align="center">N</td> <td align="center">Y</td> <td align="center">M</td> </tr> <tr> <td align="center">↓</td> <td align="center">↓</td> <td align="center">↓</td> <td align="center">↓</td> <td align="center">↓</td> <td align="center">↓</td> </tr> <tr> <td align="center">Copper Core</td> <td align="center">PVC Insulation</td> <td align="center">Single Core</td> <td align="center">Copper Core</td> <td align="center">PVC Insulation</td> <td align="center">Multi Core</td> </tr> </table>	N	Y	A	N	Y	M	↓	↓	↓	↓	↓	↓	Copper Core	PVC Insulation	Single Core	Copper Core	PVC Insulation	Multi Core
N	Y	A	N	Y	M														
↓	↓	↓	↓	↓	↓														
Copper Core	PVC Insulation	Single Core	Copper Core	PVC Insulation	Multi Core														

Aturan PUIL 2011 tentang standar warna :

1. Fasa 1 : Hitam, Fasa 2 : Cokelat, Fasa 3 : Abu-Abu
2. Netral : Biru
3. Protectiv earthing (PE (Pentanahan / Grounding)) : Hijau-kuning



2. Komponen hubung bagi (PHB) dan control

Sesuai namanya komponen ini mengatur aliran arus ke beban serta..

Contoh komponen ini, kontaktor, saklar, dan relay. Kontaktor adalah suatu alat yang berfungsi untuk membuat dan memutus rangkaian tenaga listrik dalam kondisi *normal*.

Simbol kontaktor :

KOMPONEN KONTAKTOR	A1,A2 = terminal koil	Spek kontaktor
	<p>L,T = kontak utama(pembawa arus beban)</p> <p>13,14 = kontak bantu atau kontrol(NO)</p> <p>21,22=kontak kontrol NC</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jumlah pole 2. arus beban 3. arus gangguan maks 4. siklus kerja 5. Tegangan beban 6. Tegangan koil

Pembagian kelas kontaktor(IEC)

AC-1 - Non-inductive or slightly inductive loads, resistance furnaces

AC-2 - Starting of slip-ring motors: starting, switching-off

AC-3 - Starting of squirrel-cage motors and switching-off only after the motor is up to speed. (Make Locked Rotor Amps (LRA), Break Full Load Amps (FLA))

AC-4 - Starting of squirrel-cage motors with inching and plugging duty. Rapid Start/Stop. (Make and Break LRA)



C. Alat dan Bahan

1. Trainer Prakatikum Instalasi Listrik
2. Alat Tulis
3. Modul Praktikum

D. Tugas Pendahuluan

1. Sebutkan dan jelaskan prinsip prinsip dasar instalasi listrik ! (40)
2. Sebutkan komponen instalasi listrik ! (30)
3. Jelaskan mengenai PUIL dan berikan ringkasan PUIL secara singkat ! (30)

E. Langkah Percobaan

1. Pengamatan kabel
 - A. Langkah pengamatan kabel NYA :
 1. Ambil gulungan kabel NYA 1,5
 2. Ukur panjangnya, catat

Panjang Kabel
_____ Meter

3. Dengan jangka sorong ukur diameternya, catat

Diameter Kabel
_____ mm

4. Dengan menggunakan multimeter ukur tahanan dari ujung ke ujung, catat

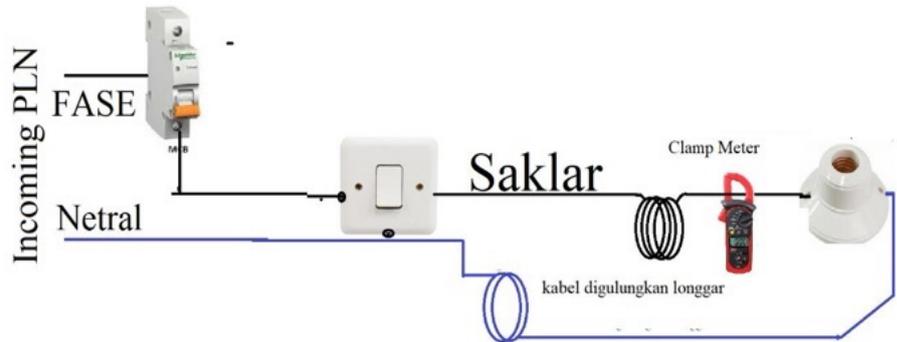
Tahanan Kabel
_____ Ω

5. Hitung tahanan per meternya

Perhitungan Tahanan setiap Meter
<div style="text-align: right; margin-top: 20px;">= _____ Ω</div>



6. Rangkaikan seperti ini :



7. Cek instalasi untuk kebenaran dan keamanan(minta bantuan ke asisten)
8. Ukur tegangan disisi incoming dan ukur tegangan di sisi lampu.

Tegangan Rangkaian
_____ V

9. Dengan clamp meter ukur arusnya

Arus Rangkaian
_____ A

10. Hitung drop tegangan bila kabel tadi dipakai untuk melayani beban 450 dengan jarak 10m, 40 m dan 100 m

No	Nama Komponen	Warna, fase	Bahan pembuatan	L	D	R	K H A



B. Langkah pengamatan kabel serabut (tidak perlu merangkai instalasi) :

1. Ambil gulungan serabut (20 M atau lebih)
2. Amati bahan pembuatnya !
3. Ukur panjangnya!

Tahanan Kabel
_____ Ω

4. Dengan menggunakan multimeter. ukur tahanan dari ujung ke ujung!

Tahanan Kabel
_____ Ω

5. Dengan jangka sorong ukur diameter serabut!

Tahanan Kabel
_____ Ω

6. Hitung tahanan per meternya!

Perhitungan Tahanan setiap Meter
= _____ Ω

7. Hitung drop tegangan bila kabel tadi dipakai untuk melayani beban 450 dengan jarak 10m, 40 m dan 100 m

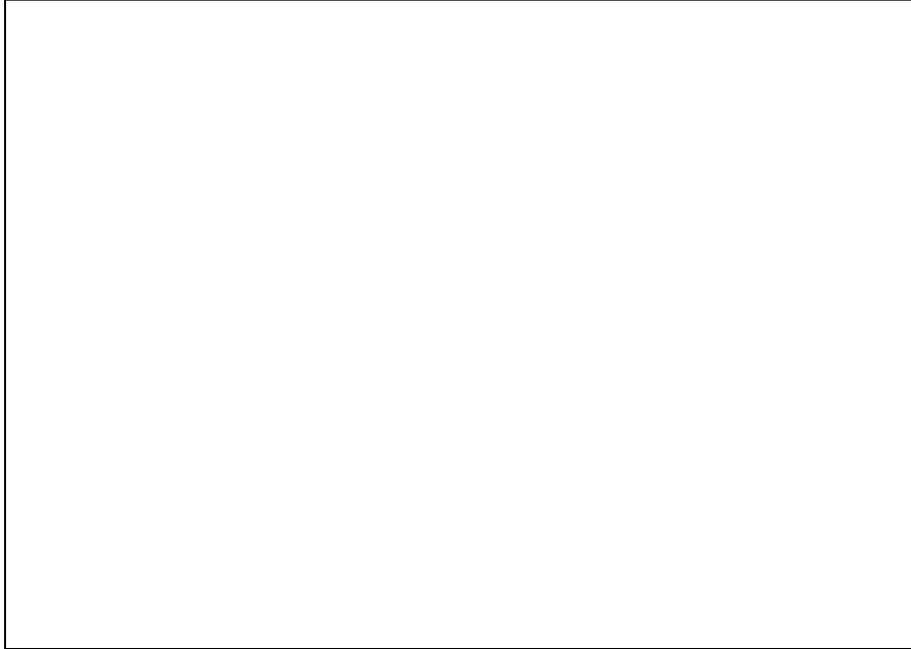
No	Nama Komponen	Bahan pembuatan	L	D/serabut	R	K H A



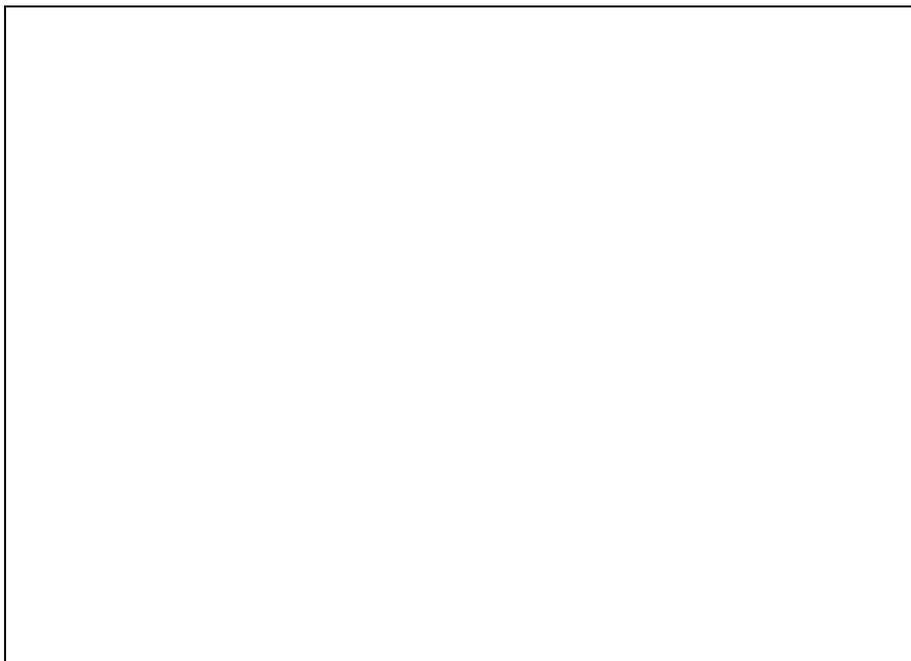
2. Pengamatan Kontaktor

A. Mengenali kontaktor

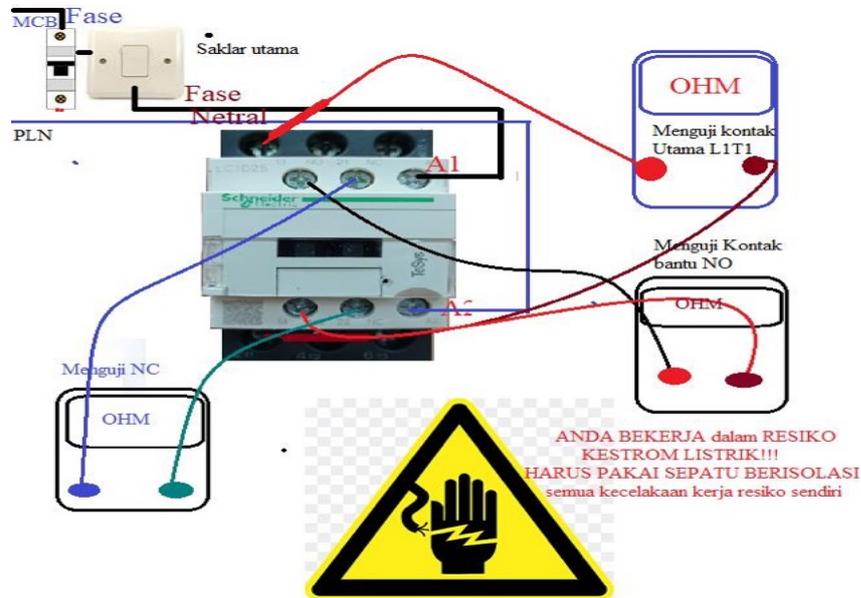
1. Ambillah sembarang kontaktor 3 pole
2. Lihat Fisik kontaktor
3. Gambarlah kontak dan simbol kontaktor yang anda ambil



4. Lihatlah name plate
5. Lihat tuliskan rating kontaktor , meliputi jumlah pole, rating arus, rating tegangan, tegangan koil, arus gangguan maksimal.



- B. Menguji kontak utama dan kontak bantu
1. Ambil kontaktor 3 pole, kenali terminalnya
 2. Rangkaiakan seperti ini:



3. Cek ulang instalasi, minta pendapat asisten tentang kebenaran dan keamanan instalasi
4. Nyalakan MCB , Hidupkan saklar utama
5. Dengan memakai multimeter di posisi ohmeter, test kontak utama (L1-T1, L2-T2 dan L3-T3)
6. Test juga kontak bantu NC dan NO
7. Catat data anda

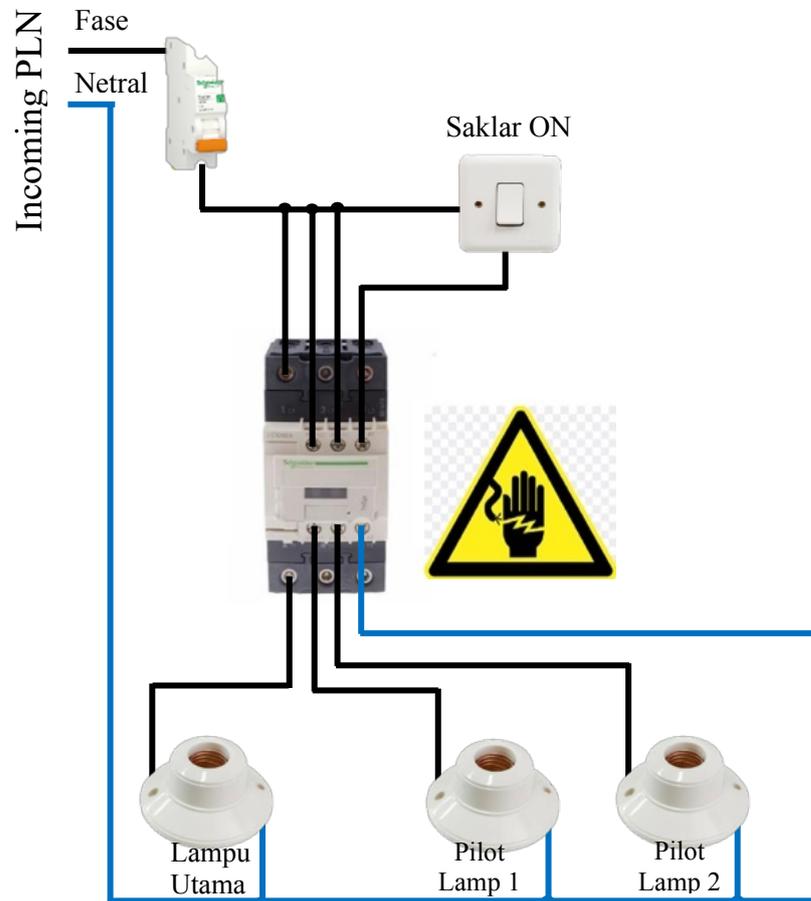
Kondisi sebelum Saklar ON

Kondisi setelah Saklar ON

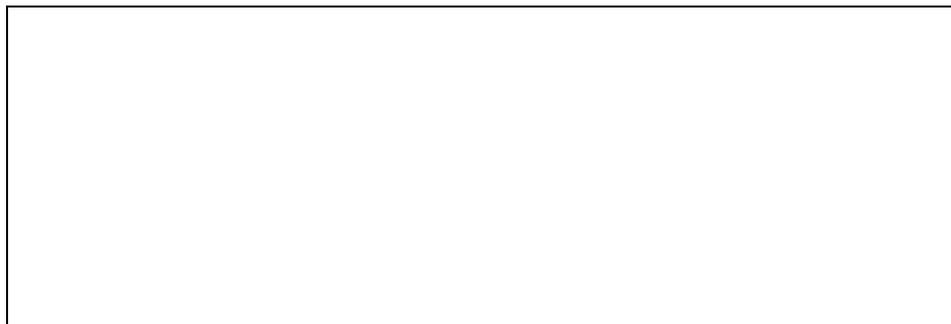
8. Dalam laporan resmi gambarkan untai-untai yang dirangkai dalam single wiring diagram dan diagram perkawatan!

C. Unjuk Kerja Fungsi Kontaktor dengan Lampu

1. Ambil kontaktor , MCB, Lampu utama (daya bebas, tegangan = 220V), lampu pilot 2 buah, fitting lampu utama dan 2 fitting lampu pilot 220 V
2. Rangkaiakan seperti ini:



3. Hidupkan MCB
4. Catat kondisi awal sebelum sklar on dihidupkan
5. Hidupkan saklar kontrol (tertulis saklar ON)!
6. Apakah lampu utama mati?
7. Amati lampu lampu utama dan lampu pilot mati atau tidak?
8. Dalam laporan resmi gambarkan untai-untai yang dirangkai dalam single wiring diagram dan diagram perkawatan!





UNIT II

PERANCANGAN INSTALASI DASAR DAN GAMBAR TEKNIK LISTRIK

A. Tujuan

1. Mahasiswa terampil dalam perancangan dan menggambar Instalasi Listrik secara manual.
2. Mahasiswa mampu memahami gambar perencanaan instalasi listrik
3. Mahasiswa mampu membuat gambar perencanaan instalasi listrik sederhana

B. Dasar Teori

Untuk pemasangan suatu instalasi listrik, harus terlebih dahulu dibuat gambar-gambar perencanaannya berdasarkan daerah bangunan, di mana instalasinya akan dipasang. Gambar-gambar rencana tersebut harus jelas, artinya dapat dibaca dan dimengerti oleh orang lain. Gambar-gambar rencana instalasi tersebut antara lain yaitu :

- a. Gambar situasi, yaitu gambar untuk menyatakan letak bangunan, di mana instalasinya akan dipasang, serta rencana penyambungan dengan jaringan PLN.
- b. Gambar instalasi, yaitu gambar yang menerangkan tentang penempatan semua peralatan yang akan dipasang dan sarana pelayanannya, rencana penyambungan antara peralatan listrik dengan sarana pelayanannya, dan data teknis yang penting dari setiap peralatan listrik yang akan dipasang.
- c. Diagram garis tunggal (*single line diagram*), adalah diagram yang menerangkan hubungan antara peralatan listrik dengan sarana pelayanannya yang digambarkan dengan satu garis.
- d. Diagram garis banyak (*multi line diagram*), adalah diagram yang menerangkan hubungan antara peralatan listrik dengan sarana pelayanannya yang digambarkan dengan lebih dari satu garis.

Selain itu, dalam pemasangan instalasi listrik harus sesuai dengan standarisasi dan peraturan-peraturan yang berlaku. Tujuan dari standarisasi adalah untuk mencapai keseragaman mengenai ukuran, bentuk mutu barang, cara menggambar dan cara kerja. Dengan makin rumitnya konstruksi dan makin meningkatnya jumlah dan jenis barang yang dihasilkan, standarisasi menjadi suatu keharusan. Beberapa organisasi standarisasi internasional antara lain *International Electrotechnical Commission (IEC)*, *International Organization for Standardization (ISO)*, *International Electrical Electronic Engineering (IEEE)*. Di Indonesia terdapat suatu standarisasi untuk produk industri yaitu Standar Industri Indonesia (SII). Untuk bidang teknik listrik arus kuat, terdapat peraturan dan standarisasi yang dibuat oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang bekerja sama dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), yaitu Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL).

Peralatan yang digunakan dalam instalasi listrik banyak sekali macamnya. Penggunaan peralatan instalasi tersebut tergantung dari kebutuhan dan pelayanan yang diminta dari seorang pelanggan, serta tergantung dari sifat ruangan dan keadaan lingkungan, di mana instalasinya akan dipasang. Beberapa jenis peralatan instalasi listrik yang digunakan antara lain :

1. Perlengkapan hubung bagi, adalah suatu perlengkapan untuk mengontrol dan membagi tenaga listrik dan melindungi rangkaian serta pemanfaatan rangkaian.

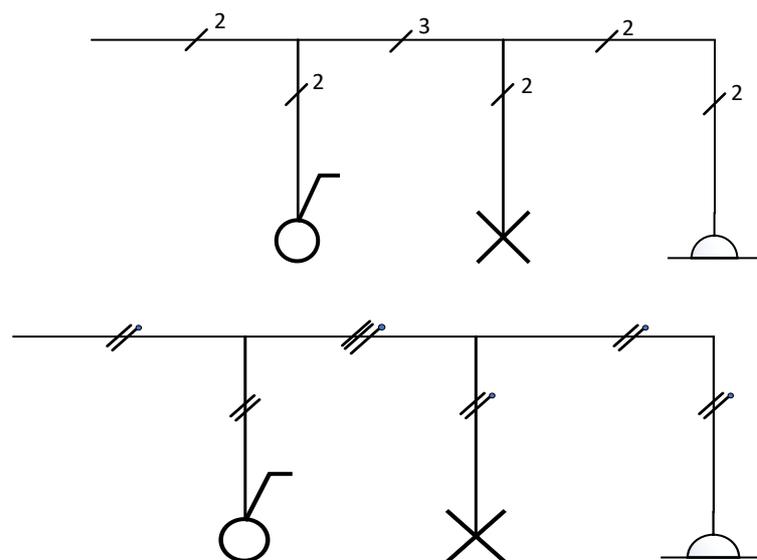


2. KWH meter, adalah peralatan listrik yang digunakan untuk mengukur energi listrik yang digunakan pada suatu instalasi listrik.
3. Saklar, adalah peralatan listrik yang digunakan untuk memutuskan dan menghubungkan rangkaian listrik. Saklar banyak sekali macamnya tergantung dari penggunaan dan kebutuhannya.
4. Kontak tusuk (stop kontak), adalah peralatan listrik yang digunakan untuk menghubungkan alat pemakai listrik yang dapat dipindah-pindahkan dengan saluran yang dipasang tetap atau tidak tetap. Kontak tusuk harus dibuat dari bahan yang tidak terbakar dan tahan lembab, dan harus cukup kuat.
5. Kabel, adalah penghantar listrik yang digunakan untuk menghubungkan peralatan listrik yang satu dengan yang lain. Kabel listrik banyak macamnya sesuai dengan bahan penyusun isolasi dan bahan hantarnya. Untuk instalasi tiga fasa, terdapat standarisasi pewarnaan kabel yang digunakan :

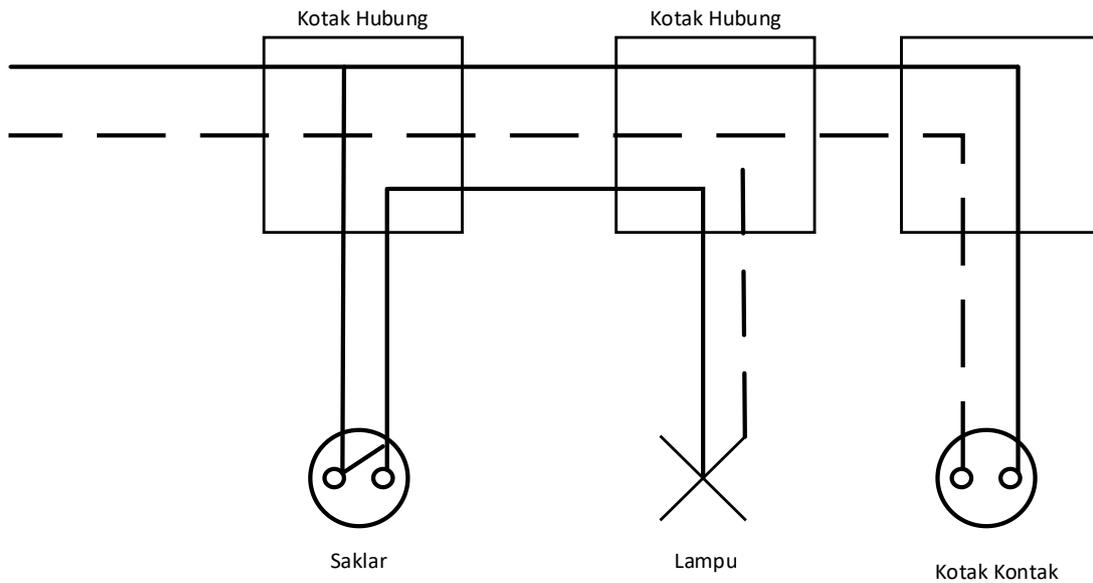
PUIL 2000	Penghantar	PUIL 2011
Merah	Fasa 1 (R)	Hitam
Kuning	Fasa 2 (S)	Coklat
Hitam	Fasa 3 (T)	Abu Abu
Biru	Netral	Biru
Hijau-Kuning	Pentanahan	Hijau-Kuning

6. Lampu pijar, merupakan sumber penerangan yang di dalamnya berupa hampa udara ataupun gas
7. Lampu TL (neon), sumber penerangan di mana cahaya diperoleh karena ionisasi
8. Kotak hubung, adalah peralatan listrik yang digunakan sebagai terminal bantu untuk penyambungan rangkaian instalasi listrik. Di dalam instalasi listrik, penyambungan kabel hanya boleh dilakukan di dalam kotak hubung, di mana sambungannya harus baik dan kuat.

Contoh diagram satu kawat dan diagram dua kawat



Gambar 2.1 Contoh sederhana diagram garis tunggal



Gambar 2.2 Contoh sederhana diagram pengawatan

Gambar garis ganda terutama digunakan untuk menyambungkan peralatan-peralatan yang rumit atau khusus, agar tidak terjadi kesalahan dalam instalasi. Secara umum diagram satu kawat sudah cukup, bahkan kadang sudah cukup dengan rencana penempatan titik.

C. Alat dan Bahan

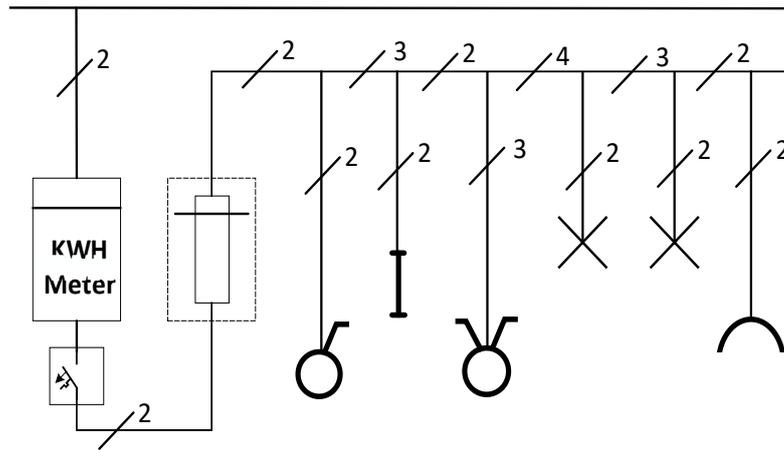
1. Kertas.
2. Peralatan Gambar

D. Tugas Pendahuluan

1. Buatlah gambar denah rumah masing masing, menggunakan kertas HVS A4 !
Gambar di beri garis tepi di sertai stuklis, dan skala. (nilai maksimal 100, terdapat komponen penilaian kerapian)

E. Langkah Percobaan

1. Perencanaan instalasi
 - a. Praktikan menganalisa komponen yang digunakan.
 - b. Praktikan menggambar gambar komponen
 - c. Praktikan menggambar diagram 1 garis dan diagram pengawatan dari gambar percobaan berikut.



F. Tugas Laporan

1. Buatlah gambar tangan sesuai dengan denah rumah masing masing!
 - a. Denah dilengkapi diagram 1 garis
 - b. Denah dilengkapi diagram pengawatan

Nama Praktikan 1. _____ NIM _____
 2. _____ NIM _____
 3. _____ NIM _____

Shift Praktikum Hari : Jam:
 Tanggal Praktikum :

Acc Asisten

(_____)
 NIM.

(_____)
 NIM.



UNIT III

PERANCANGAN INSTALASI LISTRIK RUMAH TINGGAL MENGUNAKAN SOFTWARE Ms. Visio

A. Tujuan

1. Mahasiswa terampil dalam perancangan dan menggambar Instalasi Listrik menggunakan Ms. Visio
2. Mahasiswa mampu menghitung kebutuhan energi listrik dan membuat daftar kebutuhan barang beserta estimasi biaya pemasangan instalasi listrik,

B. Dasar Teori

Instalasi listrik adalah rangkaian peralatan-peralatan listrik yang berhubungan dengan listrik satu dengan yang lain yang digunakan untuk suatu kepentingan dalam suatu ruang atau lokasi. Tahap awal pemasangan instalasi listrik adalah perancangan instalasi listrik. Untuk mewujudkan instalasi listrik yang dapat menjamin pemanfaatan energi listrik yang baik, maka ada beberapa prinsip yang perlu diperhatikan ketika perancangan dan pemasangan instalasinya. Prinsip-prinsip instalasi listrik adalah:

- a. Safety (Keamanan)
- b. Reliability (Keandalan)
- c. Accessibility (Kemudahan)
- d. Availability (Ketersediaan)
- e. Impact of Environment (pengaruh lingkungan)
- f. Economic (Ekonomi)
- g. Esthetic (Keindahan)

Rencana instalasi listrik adalah suatu berkas gambar rencana dan uraian teknis yang akan digunakan sebagai pegangan untuk melaksanakan pemasangan instalasi listrik. Rencana instalasi listrik haruslah dibuat dengan jelas, mudah dibaca, mudah dipahami oleh para teknis listrik. Oleh karena itu perlu memahami ketentuan dan standar yang berlaku, yaitu PUIL 2011 dan amandemen PUIL 2011. Secara umum perancangan instalasi listrik perlu mempertimbangkan tiga hal berikut ini :

1. Pertimbangan keandalan dan keamanan.
2. Pertimbangan ekonomis.
3. Pertimbangan seni.

Rencana instalasi listrik terdiri atas :

1. Gambar situasi.
2. Gambar instalasi.
3. Gambar 1 kawat (jika perlu).
4. Gambar rinci (untuk penyambungan khusus / kompleks).
5. Perhitungan teknis.
6. Daftar bahan instalasi.
7. Uraian teknis.



8. Perkiraan biaya.

Pemasangan instalasi listrik memerlukan gambar rencana berdasarkan denah bangunan, beserta spesifikasi dan syarat-syarat pekerjaan dari pemesan. Gambar-gambar tersebut harus jelas, mudah dimengerti dan disederhanakan (dinding-dinding digambar dengan garis tipis, sedangkan saluran listrik dengan garis tebal karena lebih penting).

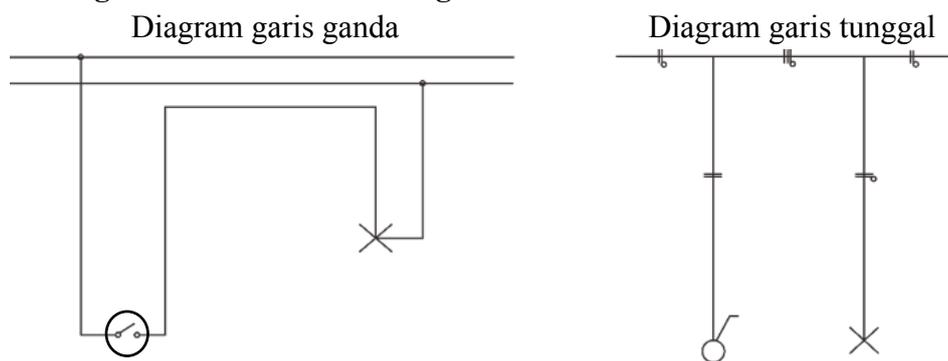
Jenis gambar yang diperlukan

1. Gambar situasi, berisi letak bangunan, dimana instalasinya akan dipasang dan rencana penyambungan dengan PLN.
2. Gambar instalasi
 - a. Rencana penempatan semua peralatan listrik yang akan di pasang dan sarana pelayanannya, misalnya letak titik lampu, saklar, kotak kontak, perlengkapan hubung bagi.
 - b. Gambar hubungan peralatan listrik dengan perlengkapan hubung bagi.
 - c. Rencana penyambungan peralatan listrik dengan alat pelayanannya, misalnya lampu dengan saklarnya, motor dengan pengasutnya.

Catatan : Perlu ditambahkan data teknis setiap peralatan listrik yang penting.

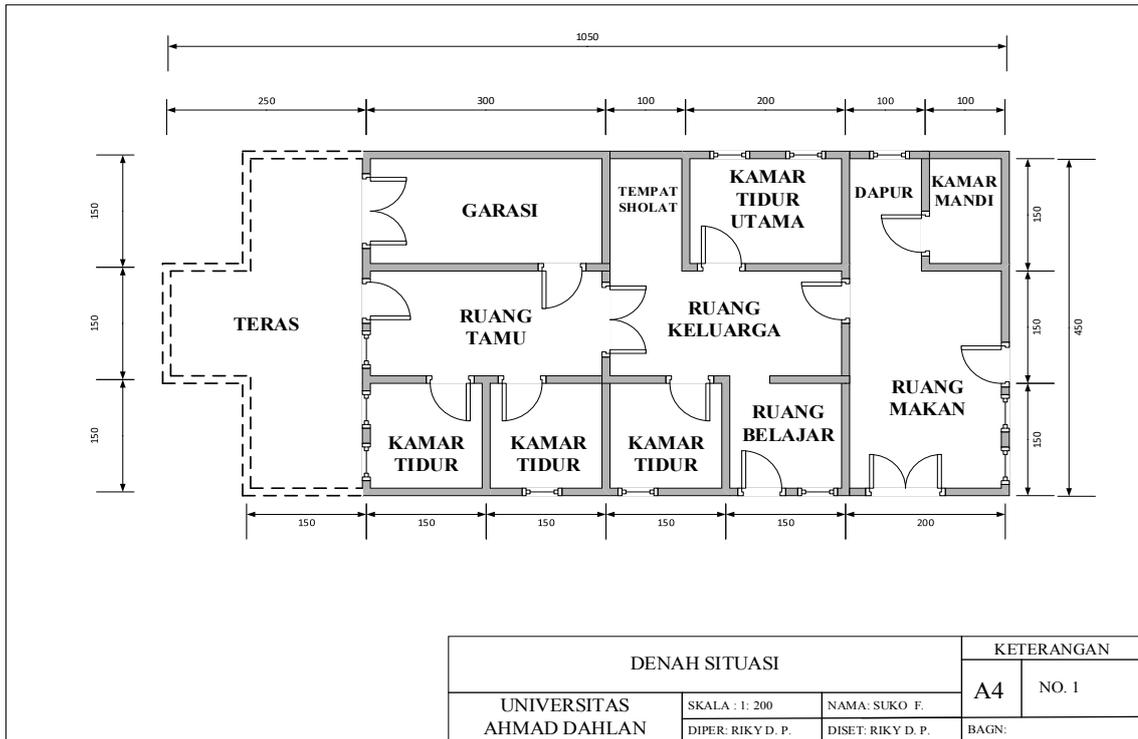
3. Diagram garis tunggal
 - a. Diagram perlengkapan hubung bagi keterangan mengenai ukuran dan daya nominal setiap komponen.
 - b. Keterangan mengenal beban terpasang dan pembagiannya.
 - c. Ukuran dan jenis hantarannya.
 - d. Sistem pentanahan.
4. Gambar perincian, berisi keterangan yang diperlukan seperti perkiraan ukuran fisik perlengkapan hubung bagi (PHB), cara pemasangan alat-alat listrik, cara pemasangan kabel, cara kerja instalasi kontrol.

Contoh diagram satu kawat dan diagram dua kawat

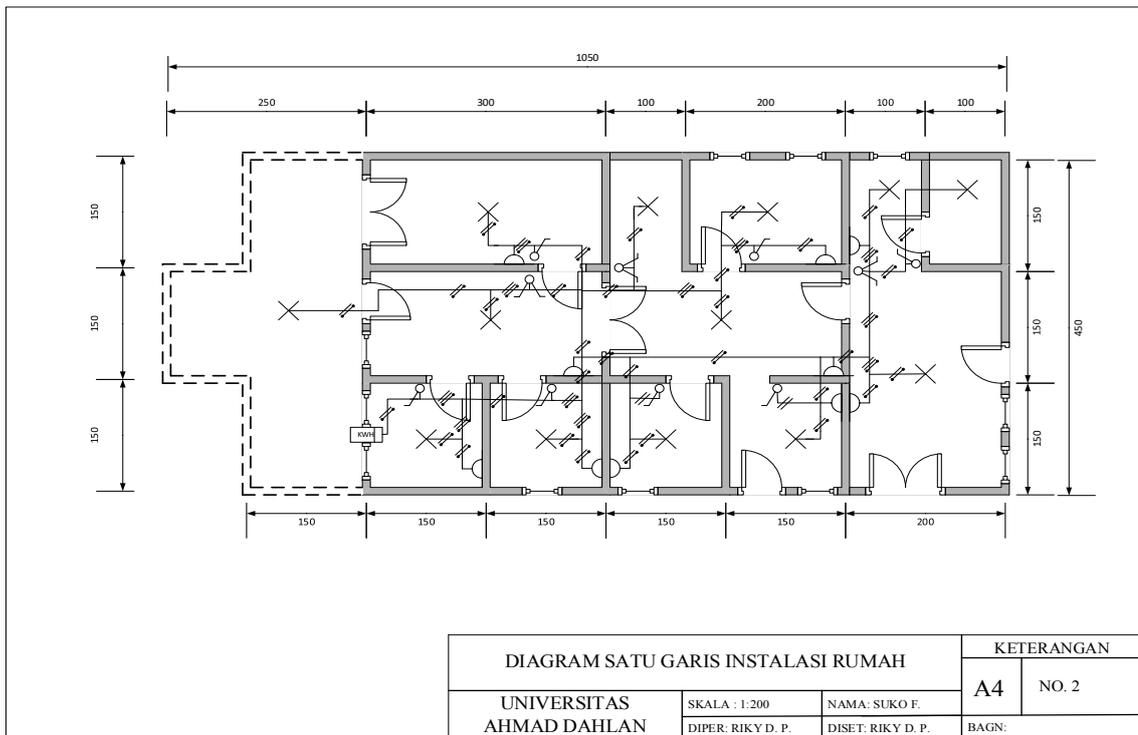


Gambar 3.1 Contoh sederhana diagram garis ganda dan diagram garis tunggal

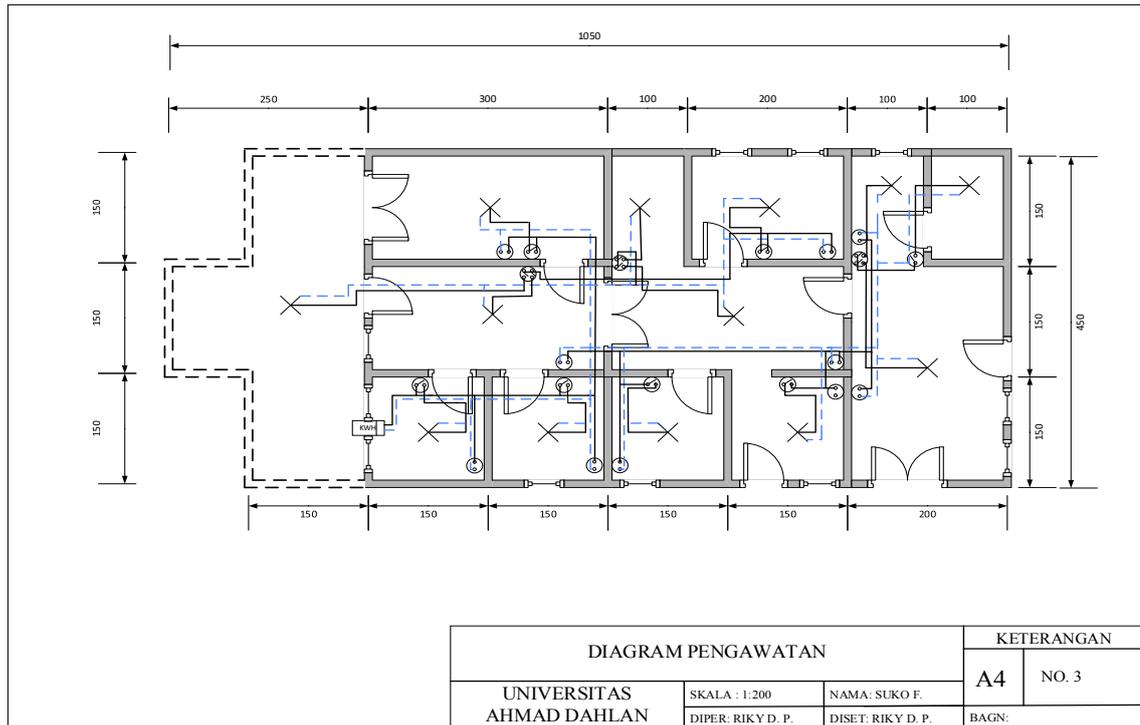
Gambar garis ganda terutama digunakan untuk menyambungkan peralatan-peralatan yang rumit atau khusus, agar tidak terjadi kesalahan dalam instalasi. Secara umum diagram satu kawat sudah cukup, bahkan kadang sudah cukup dengan rencana penempatan titik.



Gambar 3.2 Contoh gambar situasi rumah



Gambar 3.3 Contoh gambar diagram satu garis instalasi rumah



Gambar 3.4 Contoh gambar diagram pengawatan instalasi rumah

C. Alat dan Bahan

1. Komputer dengan software Ms. Visio dan Ms. Excel.
2. Printer.
3. Kertas.

D. Tugas Pendahuluan

1. Buatlah daftar komponen instalasi di rumah masing masing! (35)
2. Hitung masing masing kebutuhan komponen (lampu, saklar, kabel, dan kotak kontak)! (25)
3. Hitung kebutuhan biaya pembuatan instalasi rumah anda, daftar harga dapat bersumber dari internet! (40)

E. Langkah Percobaan

1. Perencanaan instalasi
 - a. Praktikan membuat gambar denah situasi rumah masing masing.
 - b. Praktikan menggambar diagram 1 garis instalasi rumah masing masing.
 - c. Praktikan menggambar diagram pengawatan instalasi rumah masing masing.
2. Menghitung kebutuhan bahan listrik
 - a. Membuat daftar kebutuhan bahan yang digunakan pada gambar instalasi tersebut dengan Ms. Excel.
 - b. Membuat estimasi biaya dari kebutuhan bahan yang digunakan



UNIT IV

PEMASANGAN INSTALASI LISTRIK RUMAH TINGGAL SEDERHANA SATU FASE SESUAI PUIL

A. Tujuan

1. Mahasiswa terampil dalam pemasangan instalasi listrik rumah tinggal sederhana (4 titik) satu fase beserta gambar diagram satu garis dan diagram pengawatannya sesuai PUIL.
2. Mahasiswa dapat menyebutkan komponen-komponen dan fungsinya yang umum digunakan dalam instalasi rumah tinggal sederhana.
3. Mahasiswa dapat melakukan pengujian tahanan isolasi dan pengukuran tegangan.

B. Dasar Teori

1. Konsep Dasar Instalasi Listrik

Penggunaan dan Pemasangan Instalasi Listrik yang aman ditentukan dengan persyaratan yang sangat ketat. Persyaratan pemasangan instalasi listrik tersebut terdapat pada buku Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Sebelum dipergunakan, semua instalasi yang dipasang harus diperiksa dan diuji lebih dulu sesuai dengan ketentuan PUIL. PUIL berlaku untuk semua instalasi listrik arus kuat (ayat 202 A.2) kecuali instalasi atau bagian instalasi yang disebut dalam ayat 102 A.2. Instalasi listrik dianggap sudah memenuhi syarat apabila :

- a. Tahanan isolasi dari instalasi harus 1000 x tegangan kerja (dalam satuan Ohm) sesuai ayat 215 B.2. Misalnya suatu instalasi yang mempunyai tegangan kerja 220 Volt, maka tahanan isolasi yang diizinkan harus lebih besar dari 220.000 Ohm atau 0,22 MΩ.
- b. Drop/turun tegangan dari sumber ketitik lampu/beban maksimum 5 % (ayat 413 A.5). Misalnya tegangan dari sumber 220 Volt, maka turun tegangan yang diizinkan adalah 5 % x 220 Volt = 11 Volt. Untuk mengukur besarnya drop tegangan dapat menggunakan rumus :

$$V_r = \frac{2\rho\ell I}{A}$$

Dimana :

- V_r = drop tegangan pada titik beban (V)
 ρ = tahanan jenis penghantar (tembaga : ρ_{cu} 0,0175 Ω mm²/m)
 ℓ = panjang penghantar dari sumber ke beban
 I = arus yang mengalir pada penghantar (A)
 A = luas penampang penghantar (mm²)

Kesesuaian dengan PUIL mencakup perencanaan, pemasangan, pemakaian, serta pemeliharaan. Konsep dasar instalasi listrik mengacu pada persyaratan yang berlaku tersebut. Instalasi listrik rumah tinggal yang baik memisahkan antara instalasi penerangan mencakup lampu penerangan beserta



fittingnya, panel pengendalinya (saklar) dan kabel penghantar. Instalasi daya terdiri atas kotak kontak (kontak tusuk) dan kabel penghantar. Pemisahan ini bertujuan untuk memudahkan perbaikan ataupun pemeliharaan.

a. Sistem Proteksi Dasar

1. MCB

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) adalah komponen dalam instalasi listrik rumah yang mempunyai peran sangat penting. Komponen ini berfungsi sebagai sistem proteksi dalam instalasi listrik bila terjadi beban lebih dan hubung singkat arus listrik (*short circuit*).

MCB ini dikategorikan sebagai pemutus daya sekaligus juga bisa dimanfaatkan sebagai pembagi/pembatas daya. Instalasi rumah tinggal dengan langganan 450 VA dipasang mCB 2 A, sedangkan untuk 900 VA dipasang mCB 4 A, dan seterusnya. Prinsip dasar mCB menggunakan penggabungan dua jenis sistem proteksi, yaitu bimetal dan elektromagnetis.

2. Sekring / Fuse

Sekring merupakan piranti proteksi sederhana, untuk melindungi instalasi listrik dari hubung singkat (*short circuit*). Prinsip dasarnya adalah ada kawat yang didesain khusus yang akan putus ketika dialiri arus tertentu, sehingga disebut juga dengan pengaman lebur. Secara umum berdasarkan prinsip dasar tersebut, maka nilai fuse yang digunakan untuk melindungi instalasi didesain lebih besar daripada arus nominalnya, untuk instalasi rumah tinggal nilainya 1,5 kali nilai arus nominalnya, sedangkan untuk instalasi motor listrik, disesuaikan dengan arus asutnya.

b. Penggunaan Penghantar

1. Penggunaan Warna Penghantar

PUIL 2011 mengatur penggunaan warna selubung kabel dan isolator kabel untuk mendapatkan kesatuan pengertian guna keseragaman dan meningkatkan keamanan yaitu :

- a. Warna loreng hijau-kuning digunakan untuk penghantar pembumian
- b. Warna biru digunakan untuk penghantar netral.
- c. Warna yang lain bisa digunakan untuk fasa, namun diutamakan warna hitam dan dianjurkan setelah warna hitam adalah coklat.

2. Ukuran Penampang Kabel

Luas penampang hantaran yang harus digunakan pertama-tama ditentukan oleh kemampuan hantar arus (KHA) yang diperlukan dan suhu keliling yang harus diperhitungkan. Untuk instalasi rumah tinggal pasangan tetap, hantarnya harus memiliki luas penampang tembaga



sekurang-kurangnya 1,5 mm² (ayat 840 B.1). Bila pada instalasi ada titik-titik kontak, maka hantaran utama yang dipakai minimal 2,5 mm². Untuk instalasi satu fase, hantaran fasenya boleh dipakai dengan memilih warna yang telah ditentukan.

c. Peraturan Pemasangan Instalasi Listrik:

1. Saklar dipasang pada dinding setinggi ± 120 cm dari lantai.
2. Stop kontak dipasang pada dinding setinggi ± 125 cm dari lantai.
3. Sekering kas, saklar automat, dipasang pada dinding setinggi ± 190 cm.
4. KWH meter dipasang pada dinding setinggi ± 190 cm dari lantai.
5. Jarak klem dari ujung pipa ± 10 cm.
6. Jarak antara klem yang satu dengan klem yang lainnya ± 10 cm.
7. Pada instalasi yang menggunakan rol isolator, jarak antara hantaran yang satu dengan hantaran yang lainnya paling dekat 5 cm.

C. Alat dan Bahan

No.	Nama Alat	Jumlah
1.	Multimeter	2
2.	Megger	1
3.	Test pen	1
4.	Obeng + dan obeng -	1
5.	Tang potong / tang kombinasi	1
6.	Tang cucut	1
7.	KWh meter	1

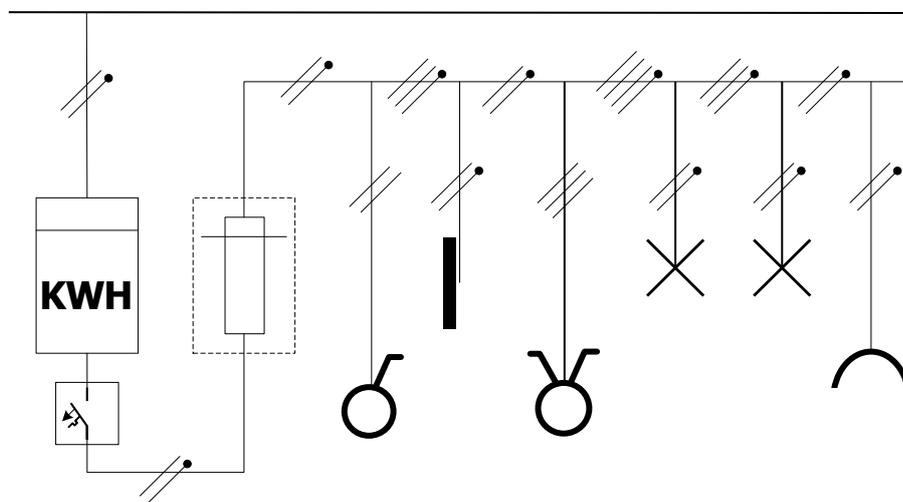
No	Nama Bahan	Jumlah
1.	Kabel NYA 1,5 mm ²	
2.	Kabel NYA 2,5 mm ²	
3.	Lampu TL 20 W + Ballast	1
4.	Fitting + lampu pijar 100 W	2
5.	Kotak kontak	1
6.	Saklar tunggal	1
7.	Saklar Ganda	1
8.	Klem 3/8"	
9.	Pipa instalasi 3/8"	
10.	Kotak cabang "T" dan "O"	
11.	Lasdof atau selotif	
12.	Sekring kast satu phase dan sekring + mCB 2 A	1

D. Tugas Pendahuluan

1. Praktikan membuat diagram pengawatan untuk instalasi listrik rumah tinggal sederhana (empat titik) satu fase dengan beban berupa satu lampu TL 20 W, dua buah lampu pijar, dan satu buah kotak kontak, yang dilengkapi dengan sekring dan MCB.

Catatan khusus : Gambar diagram dua kawat dibuat di Unit praktikum ini, digambar oleh setiap praktikan pada bagian lampiran. Asisten perlu melakukan pengecekan gambar ini sebelum pemasangan instalasi dimulai, ditandai dengan tanda tangan pada bagian checking.

Rangkaian instalasi sederhana 4 titik :



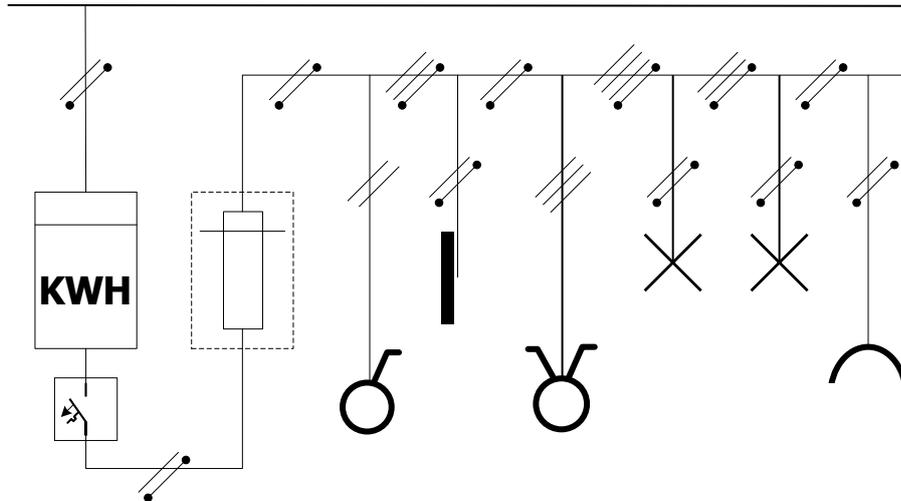
Gambar 4.1 Diagram Satu Kawat

2. Praktikan menghitung kebutuhan bahan dalam format daftar kebutuhan bahan, perlu dicermati penggunaan warna kabel / penghantar sehingga sesuai dengan peraturan yang berlaku.
3. Perencanaan yang telah dibuat diserahkan kepada asisten laboratorium (asisten laboratorium memeriksa perencanaan instalasi tersebut)

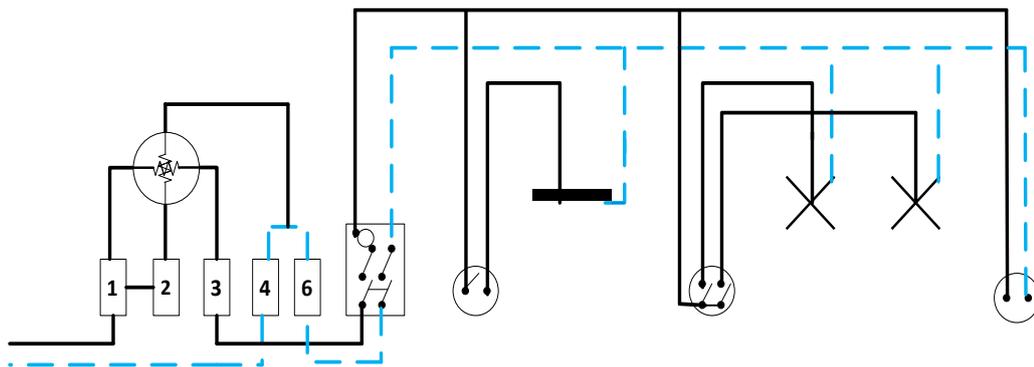
Catatan khusus : praktikan dapat memulai pemasangan setelah mendapat persetujuan dari asisten.

Praktikan memperhatikan gambar diagram satu garis dan diagram Pengawatan untuk instalasi listrik rumah tinggal sederhana (empat titik) satu fase dengan beban berupa satu lampu TL 20 W, dua buah lampu pijar, dan satu buah kotak kontak, yang dilengkapi dengan sekring dan MCB.

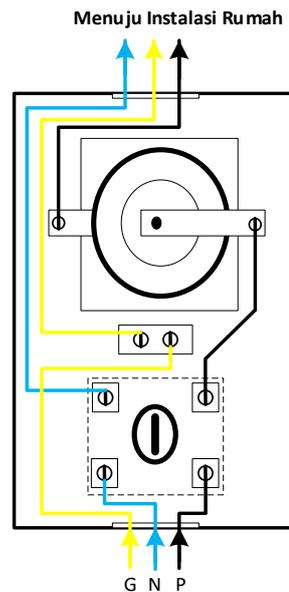
E. Gambar Rangkaian



Gambar 4.2 Diagram Satu Kawat



Gambar 4.3 Diagram Dua Kawat



Gambar 4.4 Pengawatan pada sekring

F. Langkah Percobaan

1. Pemasangan Instalasi
 - a. Pasang Pipa dan T-dos sesuai gambar.
 - b. Pasang kabel hantaran tetap kedalam pipa
 - c. Pasang kabel dari kotak hubung menuju ke saklar dan kontak-kontak, dan dari saklar ke lampu
 - d. Amankan sambungan punter dengan lasdof setelah dililit benang katun atau selotip pada setiap sambungan puntir.
 - e. Lakukan Pengujian Menggunakan Multimeter Analog dan Megger.
 - f. Apabila Pengujian sudah memenuhi syarat hubungkan rangkaian instalasi ke aliran listrik.

2. Inspeksi dan Pengujian Sistem

- a. Pengecekan awal oleh asisten (setelah mendapatkan persetujuan asisten, praktikan dapat melakukan pengujian sistem) sesuai dengan form inspeksi dan testing.

Pengujian 1

- b. Setelah pemasangan rangkaian instalasi selesai lepaskan semua lampu yang terpasang kemudian test ada tidaknya hubung singkat menggunakan multimeter analog, dengan posisi ohm meter skala x10 antara fase dan netral jarum pada multi meter tidak boleh bergerak / terhubung
- c. Lepaskan sekering dan semua beban, ukur tahanan isolasi dengan megger untuk keempat kombinasi saklar 1 dan saklar 2.



No.	Saklar 1	Saklar 2		Tahanan Isolasi (M Ω)
		Saklar 2a	Saklar 2b	
1.	OFF	OFF	OFF	
2.	ON	ON	ON	

Jika nilai tahanan isolasi dibawah standar yang ditetapkan PUIL, maka perlu dilakukan pengujian ulang, untuk mencari instalasi yang menyebabkan nilainya dibawah standar.

No.	Saklar 1	Saklar 2		Tahanan Isolasi (M Ω)
		Saklar 2a	Saklar 2b	
1.	ON	OFF	OFF	
2.	OFF	ON	OFF	
3.	OFF	OFF	ON	

Pengujian 2

- a. Hubungkan instalasi tersebut dengan sumber tegangan, ukur tegangan sumber dan tegangan di titik beban.

Tegangan Sumber	Tegangan Lampu TL	Tegangan Lampu Pijar 1	Tegangan Lampu Pijar 2
_____ V	_____ V	_____ V	_____ V

Pengujian 3

- a. Pasang lampu dan uji sistem instalasi listrik rumah tinggal sederhana empat titik, kemudian ukur arus listrik yang mengalir dalam rangkaian ketika terhubung dengan satu beban (lampu TL dan lampu pijar) dan tiga beban.

No.	Saklar 1	Saklar 2		Hasil			Arus (A)
		Saklar 2a	Saklar 2b	Lampu A	Lampu B	Lampu C	
1.	OFF	OFF	OFF				
2.	ON	OFF	OFF				
3.	OFF	ON	OFF				
4.	OFF	OFF	ON				
5.	ON	ON	ON				

- b. Amati arah putar meteran listrik, apakah searah atau berlawanan dengan araha jarum jam.

Pengujian 4

- c. Putuskan hubungan listrik dengan sumber, lalu balik arah putarannya dengan cara merubah rangkaian di kWh meter.



UNIT V

PEMBUATAN SAMBUNGAN KABEL DAN PEMASANGAN INSTALASI LISTRIK PENERANGAN SATU FASE MENGGUNAKAN SAKLAR TUKAR

A. Tujuan

1. Mahasiswa mengetahui dan mampu melakukan penyambungan antar kabel dan jenisnya.
2. Mahasiswa mengetahui prinsip penggunaan saklar tukar.
3. Mahasiswa terampil dalam merancang dan pemasangan instalasi penerangan listrik satu phase dengan menggunakan saklar tukar.

B. Dasar Teori

Bagian dari teori pada praktikum ini terdiri atas 2 bagian, yaitu penjelasan mengenai pembuatan dan macam-macam sambungan kabel serta mengenai konsep perencanaan dan pemasangan saklar tukar.

1. Sambungan Kabel

a. Kabel Listrik

Kabel listrik adalah media penghantar untuk menghantarkan arus listrik dari sumber arus listrik menuju ke peralatan yang menggunakan energi listrik ataupun dari peralatan listrik ke peralatan lainnya. Bahan dari kabel ini beraneka ragam, khusus sebagai pengantar arus listrik, umumnya terbuat dari tembaga dan umumnya dilapisi dengan pelindung. Pemakaian tembaga sebagai penghantar adalah dengan pertimbangan bahwa tembaga merupakan suatu bahan yang mempunyai daya hantar yang baik setelah perak. Penghantar yang sering digunakan dalam instalasi rumah tinggal ada tiga, yaitu NYA, NYM, dan NYY. Penghantar NYA merupakan penghantar tunggal dengan isolator tunggal dari PVC, sedangkan penghantar NYM merupakan kumpulan dari penghantar NYA yang dikumpulkan jadi satu, dengan tambahan satu lapis isolator jenis PVC. Struktur NYY sama dengan NYM, perbedaannya adalah jenis isolatornya. NYY merupakan kabel tanah, yaitu didesain mampu ditanam dalam tanah, yaitu tahan terhadap keasaman tanah.

b. Macam-macam sambungan kabel

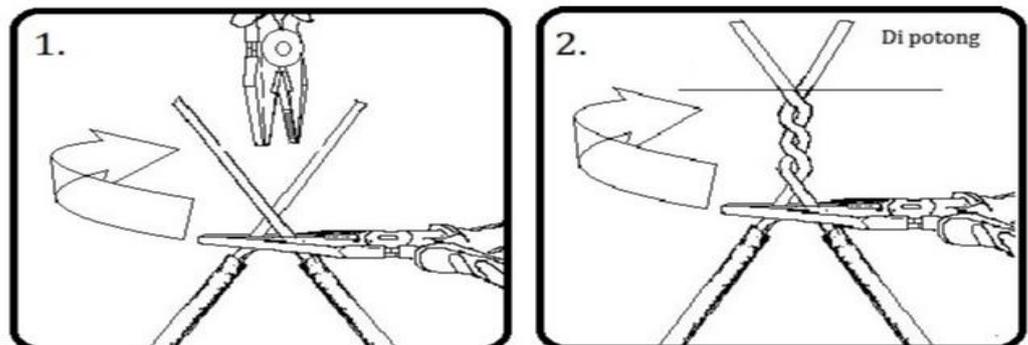
Penyambungan antara 2 penghantar haruslah dipasang rapat. Sesuai dengan syarat-syarat dalam PUIL 2000 tentang sambungan listrik yaitu:

1. Semua sambungan listrik harus baik dan bebas dari gaya tarik.
2. Sambungan antar penghantar dan antara penghantar dan perlengkapan listrik yang lain harus dibuat sedemikian sehingga terjamin kontak yang aman dan andal.

3. Gawai penyambung seperti terminal tekan, penyambung puntir tekan, atau penyambung dengan solder harus sesuai dengan bahan penghantar yang disambungnya dan harus dipasang dengan baik.
4. Dua penghantar logam yang tidak sejenis (seperti tembaga dan aluminium atau tembaga berlapis aluminium) tidak boleh disatukan dalam terminal atau penyambung puntir kecuali jika alat penyambung itu cocok untuk maksud dan keadaan penggunaannya.
5. Sambungan penghantar pada terminal harus terjamin kebaikannya dan tidak merusakkan penghantar. menyambung kabel fleksibel harus menggunakan sambung tekan (termasuk jenis sekrup), sambungan solder atau sambungan puntir, sepatu kabel harus disambungkan dengan mur baut secara baik.
6. Sambungan puntir harus dilaksanakan dengan:
 - a. Menggunakan penyambung puntir
 - b. Dilas atau disolder. sebelum dilas atau disolder, sambungan itu harus dipuntir dahulu agar diperoleh sambungan yang baik secara mekanis dan listrik.

Sambungan Instalasi listrik yang akan dibuat pada praktikum ini yaitu:

1. *Pig Tail* atau Ekor Babi adalah cara menyambung kabel yang paling sederhana berbentuk ekor babi. sambungan ini digunakan untuk menyambung atau mencabangkan satu atau beberapa kabel pada satu titik.



Gambar 5.1 Cara Penyambungan Kabel Ekor Babi

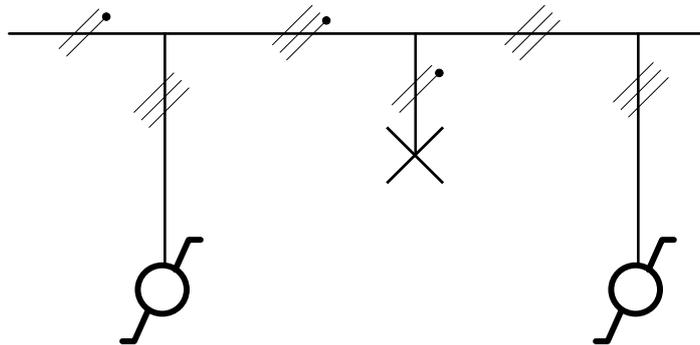
2. Loop kabel atau mata itik kabel.
Mata itik atau loop kabel digunakan untuk menyambung antara penghantar dengan terminal strip atau busbar. Ataupun untuk penyambungan 2 penghantar atau lebih pada sebuah busbar atau terminal strip. Pada kebanyakan instalasi rumah tinggal, kebanyakan penghantar atau kabel yang biasa dibuat sambungan mata itik kabel adalah kabel NYA dan NYM. Kedua jenis kabel ini merupakan penghantar pejal yang berinti tunggal.



Gambar 5.2 Sambngan Mata Itik

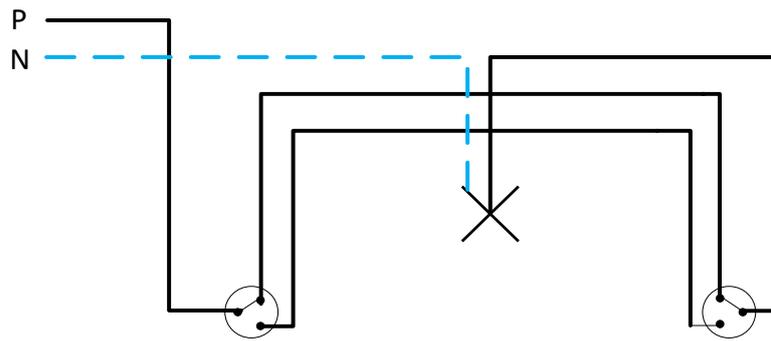
2. Saklar Tukar

Rangkaian ini dipakai untuk tujuan melayani satu atau golongan lampu yang dapat dioperasikan dari dua tempat, misalnya pada gang-gang, kamar dengan dua pintu, atau pada tangga-tangga rumah bertingkat. Tujuan praktis saklar tukar adalah untuk efisiensi waktu. Saklar tukar sering disebut juga dengan saklar hotel, karena sistem saklar tukar sering dipasang di kamar hotel, pasangan saklar di pasang didekat pintu masuk dan dekat tempat tidur. Hal ini dilakukan agar orang yang lewat dapat mematikan dan menghidupkan lampu dari kedua ujung lorong. Saklar tukar ditempatkan di dua tempat yaitu masing-masing ujung lorong.



Gambar 5.3 Diagram Satu Garis Saklar Tukar

Prinsip kerja dari hubungan ini yaitu bila kedua saklar (SK1 dan SK2) dalam posisi yang sama (ON-ON atau OFF-OFF), maka lampu akan menyala. Sebaliknya jika kedua saklar (SK1 dan SK2) dalam posisi yang berbeda (ON-OFF atau OFF-ON), maka lampu akan mati.



Gambar 5.4 Diagram Pengawatan Saklar Tukar

C. Alat dan Bahan

No.	Nama Alat	Jumlah	No.	Nama Bahan	Jumlah
1.	Multimeter	2	1.	Kabel NYA 1,5 mm ²	
2.	Meteran (alat ukur panjang)	1	2.	Kabel NYA 2,5 mm ²	
3.	Megger	1	3.	Lampu TL 20 W + Ballast	2
4.	Test pen	1	4.	Saklar tukar	2
5.	Obeng + dan obeng -	1	5.	Paku ulir (sekrup)	
6.	Pisau	1	6.	Klem 3/8"	
7.	Tang potong / tang kombinasi	1	7.	Pipa instalasi 3/8"	
8.	Tang cucut	1	8.	Kotak cabang "T" dan "O"	
			9.	Lasdof atau selotif	
			10.	Sekring kast satu phase dan sekring + mCB 2 A	

D. Tugas Pendahuluan

1. Praktikan membuat diagram satu kawat instalasi listrik penerangan satu fase yang menggunakan saklar tukar.
2. Praktikan menghitung kebutuhan bahan dalam format daftar kebutuhan bahan, perlu dicermati penggunaan warna kabel / penghantar sehingga sesuai dengan peraturan yang berlaku.
3. Perencanaan yang telah dibuat diserahkan kepada asisten laboratorium (asisten laboratorium memeriksa perencanaan instalasi tersebut).

Catatan khusus : praktikan dapat memulai pemasangan setelah mendapat persetujuan dari asisten.



E. Langkah Percobaan

1. Pembuatan Sambungan Kabel
 - a. Periksa jumlah kabel yang diberikan yaitu kabel ukuran 1,5 dan 2,5
 - b. Kemudian buat potongan 2 kabel ukuran sama 1,5 masing masing 6 cm kelupas isolator kedua ujungnya kira 1,5 cm kemudian sejajarkan dengan tangan sehingga siap untuk di puntir.
 - c. Kemudian menggunakan tang jepit jepit kedua kabel tersebut (penjepitan kabel pada bagian isolator bukan bagian tembaga)gunakan tangan kiri untuk memegang tang yang digunakan untuk menjepit bagian kabel yang terdapat isolator.
 - d. Kemudian ambil satu tang lagi pegang dengan tangan kanan, jepit ujung kabel lurus pada tembaga yang di kelupas tadi bagian ujungnya sedikit saja +- 0,5 cm, jepit dengan kuat lalu putar ke kanan hingga terbentuk puntiran dua tembaga yang saling membelit.
 - e. Setelah jadi, apabila ujung puntiran kurang rapi potong bagian ujung tersebut. Sehingga hasilnya berupa tembaga yang berujung puntiran kurang lebih 1,5 cm dan bawahnya sedikit ada isolatornya yang masih tersisa Atau lihat contoh.
 - f. Setelah membuat puntiran kabel dengan ukuran 1,5, lanjutkan Poin 2 puntiran untuk ukuran dan kombinasi diameter lihat di table dengan 32 langkah seperti di kerja sebelumnya Hasilnya silahkan anda simpan sementara, untuk nanti di nilai, satu persatu.
 - g. Penilaian Sambungan Kabel: kerapian, kekencangan, kehalusan hasil puntiran (tidak lecet-lecet atau kriting), kecukupan jarak puntiran jadi +-1,5cm dan nilai seni artistiknya hasil puntiran, dinilai oleh asisten.

Sambungan Ekor Babi			Cek Hasil
Diameter Sama			
1,5	1,5		
2,5	2,5		
1,5	1,5	1,5	
2,5	2,5	2,5	
Dimeter Berbeda			
1,5	2,5		
1,5	1,5	2,5	
2,5	2,5	2,5	
Mata Itik			
	1,5		
	2,5		



2. Pemasangan Instalasi
 - a. Pasang Pipa dan T-dos sesuai gambar.
 - b. Pasang kabel hantaran tetap kedalam pipa
 - c. Pasang kabel dari kotak hubung menuju ke saklar dan kontak-kontak, dan dari saklar ke lampu
 - d. Amankan sambungan dengan lasdof setelah dililit benang katun atau selotip pada setiap sambungan.
 - e. Lakukan Pengujian Menggunakan Multimeter Analog dan Megger.
 - f. Apabila Pengujian sudah memenuhi syarat dengan persetujuan asisten hubungkan rangkaian instalasi ke aliran listrik.

3. Pengujian Sistem

- a. Setelah pemasangan rangkaian instalasi selesai lepaskan semua lampu yang terpasang kemudian test ada tidaknya hubung singkat menggunakan multimeter analog, dengan posisi ohm meter skala x10 antara fase dan netral jarum pada multi meter tidak boleh bergerak / terhubung
- b. Lepaskan sekering dan semua beban, ukur tahanan isolasi dengan megger.

Tahanan Isolasi Saat Saklar OFF	Tahanan Isolasi Saat Saklar ON
_____ MΩ	_____ MΩ

- c. Hubungkan instalasi tersebut dengan sumber tegangan, ukur tegangan sumber dan tegangan di titik beban.

Tegangan Sumber		Tegangan Beban	
Lampu ON	Lampu OFF	Lampu ON	Lampu OFF
_____ V	_____ V	_____ V	_____ V

- d. Pasang lampu dan uji sistem penerangan dengan saklar.
- e. Ukur arus listrik yang mengalir dalam rangkaian.

Arus Saat Lampu ON	Arus Saat Lampu OFF
_____ A	_____ A



UNIT VI

PEMASANGAN INSTALASI LISTRIK PENERANGAN SATU FASE YANG MENGGUNAKAN SISTEM “DIM” (SERI-PARALEL)

A. Kompetensi Dasar

1. Mahasiswa dapat menjelaskan konsep instalasi listrik yang menggunakan sistem “DIM” (hubungan seri-paralel).
2. Mahasiswa terampil dalam merancang dan pemasangan instalasi penerangan listrik satu fase dengan menggunakan sistem “DIM”.

B. Dasar Teori

Instalasi penerangan adalah instalasi yang memberi tenaga listrik untuk keperluan penerangan. Pada prinsip hubungan ini, kita dapat menghidupkan satu lampu (kelompok) dalam hubungan seri maupun paralel. Dalam hubungan ini harus diingat bahwa untuk lampu-lampu yang dihubungkan deret (seri) harus dipakai lampu yang daya dan tegangan kerjanya sama, dimana hal ini bertujuan agar tegangan terbagi rata ke dua lampu (kelompok lampu). Hubungan seperti ini banyak dipergunakan pada instalasi penerangan bis-bis malam, bioskop-bioskop, dan lain sebagainya. Penjelasan Mengenai Rangkaian seri dan parallel sebagai berikut:

a. Rangkaian Paralel

Rangkaian listrik paralel adalah suatu rangkaian listrik, di mana semua input komponen berasal dari sumber yang sama. Semua komponen satu sama lain tersusun paralel. Jika arus yang melalui tahanan R1 dinyatakan dengan I1, R2 dinyatakan dengan I2, dan R3 dinyatakan dengan I3, maka:

$$I1 = \frac{V1}{R1}, I2 = \frac{V2}{R2}, I3 = \frac{V3}{R3}$$

Sifat dari rangkaian paralel adalah “beda potensial pada masing-masing cabang adalah sama.”

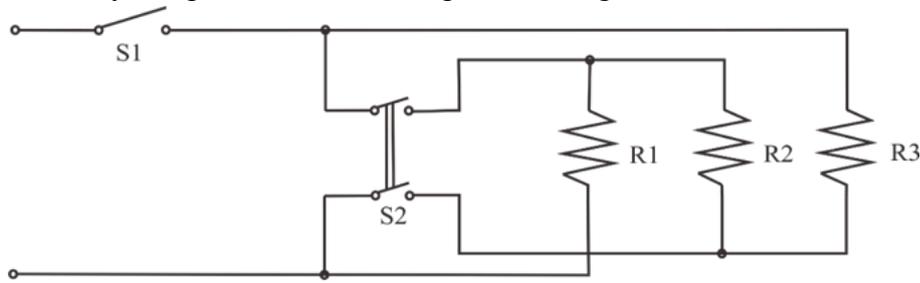
b. Rangkaian Seri

Rangkaian seri terdiri dari dua atau lebih beban listrik yang dihubungkan ke satu daya lewat satu rangkaian. Rangkaian listrik seri adalah suatu rangkaian listrik, di mana input suatu komponen berasal dari output komponen lainnya. Hal inilah yang menyebabkan rangkaian listrik seri dapat menghemat biaya (digunakan sedikit kabel penghubung). Dua buah elemen berada dalam susunan seri jika mereka hanya memiliki sebuah titik utama yang tidak terhubung menuju elemen pembawa arus pada suatu jaringan. Karena semua elemen disusun seri, maka jaringan tersebut disebut rangkaian seri. Dalam rangkaian seri, arus yang lewat sama besar pada masing-masing elemen yang tersusun seri. Beda potensial pada masing-masing hambatan dapat dihitung dengan persamaan hukum Ohm, $V=IR$, yang berarti bila harga masing-masing resistor adalah $V1 : V2 : V3 = IR1$



: $IR_2 : IR_3$. Karena pada rangkaian seri ini arusnya sama besar disetiap hambatan.

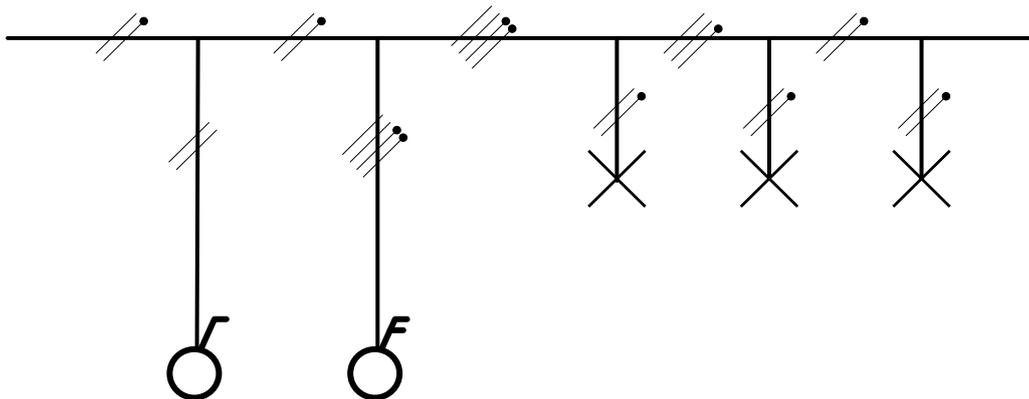
Instalasi listrik penerangan yang menggunakan sistem “DIM” jika didekati dari sisi untainya, dapat diilustrasikan seperti dalam gambar berikut ini :



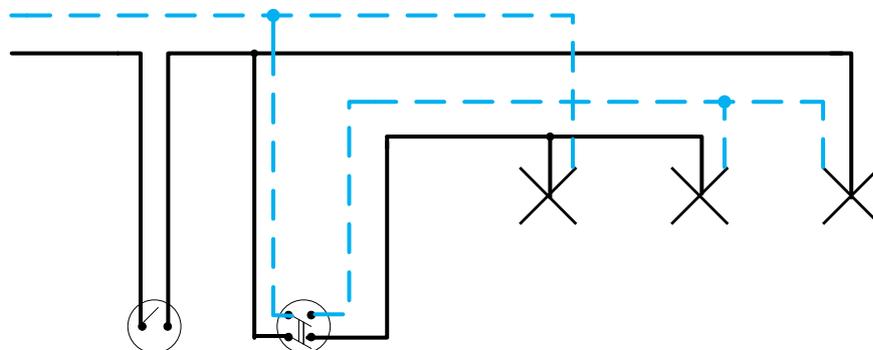
Gambar 6.1 Rangkaian Seri-Paralel (Sistem “DIM”)

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa jika saklar 1 (S1) ditutup maka terjadi hubungan seri ketiga R tersebut (R1, R2, dan R3), sedangkan hubungan paralel didapatkan jika saklar 2 (S2) ditutup, dalam hal ini ketiga R terhubung secara paralel.

C. Gambar Rangkaian



Gambar 6.2 Diagram satu garis instalasi listrik penerangan yang menggunakan sistem “DIM”



Gambar 6.3 Diagram dua kawat instalasi listrik penerangan yang menggunakan sistem “DIM”



D. Alat dan Bahan

No.	Nama Alat	Jumlah	No.	Nama Bahan	Jumlah
1.	Multimeter	2	1.	Kabel NYA 1,5 mm ²	
2.	Meteran (alat ukur panjang)	1	2.	Kabel NYA 2,5 mm ²	
3.	Megger	1	3.	Fitting lampu pijar + lampu pijar	3
4.	Test pen		4.	Saklar tunggal	1
5.	Obeng + dan obeng -	1	5.	Saklar dua kutub	1
6.	Pisau	1	6.	Paku ulir (sekrup)	
7.	Tang potong / tang kombinasi	1	7.	Klem 3/8"	
8.	Tang cucut	1	8.	Pipa instalasi 3/8"	
			9.	Kotak cabang "T" dan "O"	
			10.	Lasdof atau selotif	
			11.	Sekring kast satu phase dan sekring + mCB 2 A	

E. Tugas Pendahuluan

1. Praktikan membuat diagram satu kawat instalasi listrik penerangan satu fase yang menggunakan sistem "DIM".
2. Praktikan menghitung kebutuhan bahan dalam format daftar kebutuhan bahan, perlu dicermati penggunaan warna kabel / penghantar sehingga sesuai dengan peraturan yang berlaku.
3. Perencanaan yang telah dibuat diserahkan kepada asisten laboratorium (asisten laboratorium memeriksa perencanaan instalasi tersebut).

Catatan khusus : praktikan dapat memulai pemasangan setelah mendapat persetujuan dari asisten.

F. Langkah Percobaan

1. Pemasangan Instalasi
 - a. Pipa dan T-dos dipasang sesuai gambar.
 - b. Pasang kabel sesuai kebutuhan.
 - c. Sambung kabel dengan saklar dan fitting, ataupun antar penghantar (amankan dengan lasdof setelah dililit benang katun atau selotip pada setiap sambungan puntir).
 - d. Pengecekan awal (setelah mendapatkan persetujuan asisten, praktikan dapat melakukan pengujian sistem).
2. Pengujian Sistem



- a. Setelah pemasangan rangkaian instalasi selesai lepaskan semua lampu yang terpasang kemudian test ada tidaknya hubung singkat menggunakan multimeter analog, dengan posisi ohm meter skala x10 antara fase dan netral jarum pada multi meter tidak boleh bergerak / terhubung
- b. Lepaskan sekering dan semua beban, ukur tahanan isolasi dengan megger untuk keempat kombinasi saklar 1 dan saklar 2.

No.	Saklar 1	Saklar 2	Tahanan Isolasi (M Ω)
1.	OFF	OFF	
2.	OFF	ON	
3.	ON	OFF	
4.	ON	ON	

- c. Hubungkan instalasi tersebut dengan sumber tegangan, ukur tegangan sumber dan tegangan di titik beban.
- d. Pasang lampu dan uji sistem penerangan.

No.	Saklar 1	Saklar 2	Tahanan Isolasi (M Ω)
1.	OFF	OFF	
2.	OFF	ON	
3.	ON	OFF	
4.	ON	ON	

- e. Ukur arus listrik yang mengalir dalam rangkaian ketika terhubung seri dan paralel.

Arus Saat Saklar 1 OFF Saklar 2 OFF	Arus Saat Saklar 1 ON Saklar 2 OFF	Arus Saat Saklar 1 ON Saklar 2 ON
_____A	_____A	_____A



G. Tugas : Hal-hal yang perlu dimasukkan dalam bagian pembahasan

1. Jelaskan cara kerja instalasi saklar “DIM”.
2. Jelaskan pengaruh hubungan seri dan paralel terhadap nyala lampu pijar, bahas teorinya (kenapa hal tersebut bisa terjadi). Dan bandingkan arus tegangan sesuai data pengukuran
3. Hitung drop tegangan pada titik beban dan bandingkan dengan nilai pengukuran.
4. Bandingkan tahanan isolasi dari instalasi tersebut dengan standar yang berlaku.
5. Bandingkan hasil pengukuran arus listrik yang mengalir dengan perhitungan.

Nama Praktikan	1. _____	NIM _____
	2. _____	NIM _____
	3. _____	NIM _____

Shift Praktikum	Hari :	Jam:
Tanggal Praktikum	:	

Acc Asisten

(_____)
NIM.

(_____)
NIM.

UNIT VII

PEMASANGAN INSTALASI MOTOR INDUKSI TIGA FASE PUTAR KIRI-KANAN

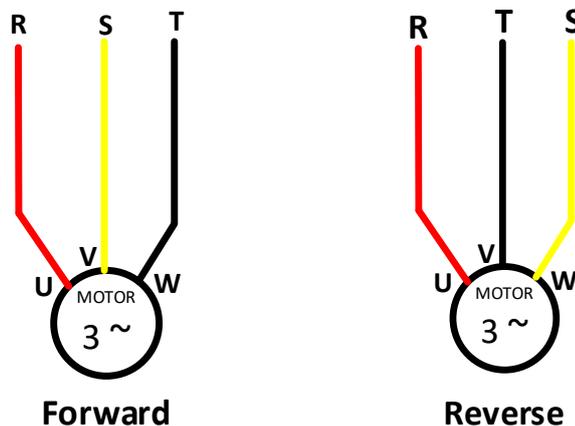
A. Kompetensi Dasar

1. Mahasiswa terampil dalam memasang instalasi motor induksi tiga fase secara jarak jauh dan motor biasa putar kiri dan kanan.
2. Mahasiswa mampu dan terampil melakukan instalasi motor listrik menggunakan kontaktor sebagai pengunci.
3. Mahasiswa mampu dan terampil melakukan instalasi 2 motor listrik yang bekerja secara *interlocking* dan memutar balik arah putaran.

B. Dasar Teori

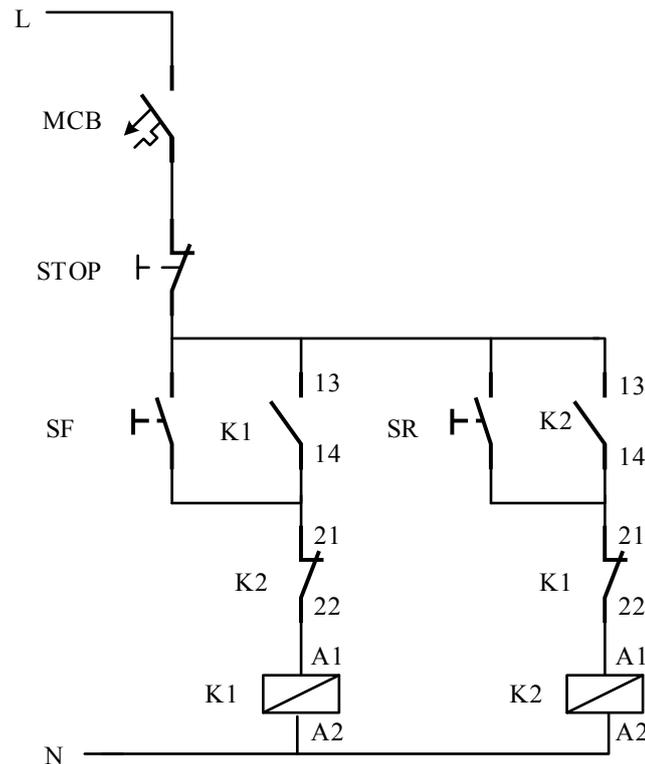
1. Rangkaian Interlock dan memutar arah balik putaran

Rangkaian interlock adalah istilah yang digunakan dalam sistem rangkaian kontrol sebagai sarana untuk mengunci / menutup kondisi dari dua atau lebih kondisi yang berbeda sehingga tidak saling bekerja pada saat yang bersamaan. Sebagai contoh Rangkaian Interlock dengan kontaktor magnet dapat kita lihat pada Rangkaian kontrol forward Reverse, biasanya pada rangkaian ini terdapat minimal 2 buah kontaktor. Anggaplah kontaktor pertama digunakan untuk forward (arah maju), sedangkan untuk kontaktor yang satunya lagi pasti untuk Reverse (arah mundur/terbalik).



Gambar 7.1 Pengawatan Kabel Pada Kondisi Reverse dan Forward

Prinsip kerja untuk membalik putaran motor listrik 3 fasa adalah dengan cara menukar 2 fasa input yang masuk ke motor listrik sedangkan 1 fasa pada kondisi tetap, demikian inilah yang di terapkan pada 2 buah kontaktor sehingga diharapkan bekerjanya kontaktor hanya salah satu saja dengan menggunakan sistem Rangkaian Interlock antar kontaktor.



Gambar 7.2 Rangkaian Kendali Motor Putar Kanan-Kiri

SF dan SR adalah push button start yang mengendalikan motor harus berputar forward atau reverse. Saat push button SF ataupun SR ditekan maka kontak bantu NO 13-14 dari masing-masing kontaktor yang beroperasi yang terpasang paralel dengan push button tersebut akan segera mengunci sehingga fungsi push button dalam hal ini adalah sebagai pemberi tegangan sesaat sehingga jika kontak bantu NO 13-14 yang terpasang paralel tersebut sudah mengunci maka kondisi push button dari close menjadi open tidak berpengaruh lagi. Pada kondisi putaran awal forward ataupun reverse, maka merubah arah putaran secara langsung tidak bisa dilakukan karena coil kontaktor forward ataupun reverse ter-interlock dengan kontaktor bantu NC 21-22 putaran lawannya. Ini dimaksudkan sebagai pengaman karena proses forward menjadi reverse akan ada pertukaran salah satu phase supply sehingga jika kondisi forward menuju reverse bisa dilakukan langsung tanpa interlock, maka otomatis akan ada short circuit antara phase yang ditukar tersebut. Oleh sebab itu digunakanlah pengaman berupa kontaktor bantu NC 21-22 yang dipasang serial pada masing-masing coil kontaktor putaran lawannya yang berfungsi sebagai interlock jika salah satu putaran motor beroperasi. jadi saat motor operasi forward, kontaktor reverse tidak akan bisa dioperasikan, pun sebaliknya. Perpindahan operasi dari forward menuju reverse atau sebaliknya, hanya bisa dilakukan dengan menekan push button STOP terlebih dahulu. jadi ketika motor berputar forward, push button reverse SR otomatis tidak bisa difungsikan. Anda

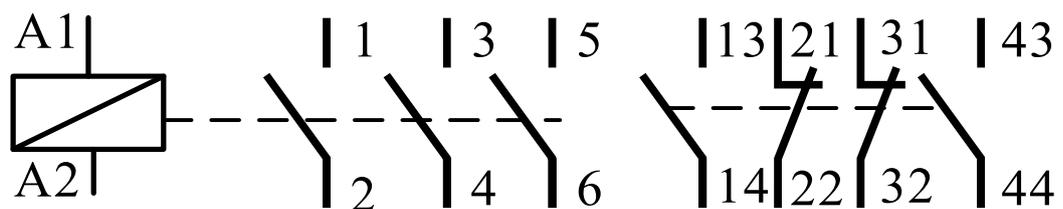


harus menekan push button STOP terlebih dahulu, baru push button reverse SR bisa berfungsi. Begitu juga sebaliknya.

2. Kontaktor Magnet

Kontaktor magnet atau sakelar magnet adalah sakelar yang bekerja berdasarkan kemagnetan. Artinya sakelar ini bekerja bila ada gaya kemagnetan. Magnet berfungsi sebagai penarik dan pelepas kontak-kontak. Sebuah kontaktor harus mampu mengalirkan arus dan memutuskan arus dalam keadaan kerja normal. Arus kerja normal ialah arus yang mengalir selama pemutusan tidak terjadi. Sebuah kontaktor kumparan magnetnya (coil) dapat dirancang untuk arus searah (arus DC) atau arus bolak-balik (arus AC). Kontaktor arus AC ini pada inti magnetnya dipasang cincin hubung singkat, gunanya adalah untuk menjaga arus kemagnetan agar kontinu sehingga kontaktor tersebut dapat bekerja normal. Sedangkan pada kumparan magnet yang dirancang untuk arus DC tidak dipasang cincin hubung singkat.

Kontaktor akan bekerja normal bila tegangannya mencapai 85 % dari tegangan kerja, bila tegangan turun kontaktor akan bergetar. Ukuran dari kontaktor ditentukan oleh batas kemampuan arusnya. Biasanya pada kontaktor terdapat beberapa kontak, yaitu kontak normal membuka (Normally Open = NO) dan kontak normal menutup (Normally Close = NC). Kontak NO berarti saat kontaktor magnet belum bekerja kedudukannya membuka dan bila kontaktor bekerja kontak itu menutup/ menghubungkan. Sedangkan kontak NC berarti saat kontaktor belum bekerja kedudukan kontakannya menutup dan bila kontaktor bekerja kontak itu membuka. Jadi fungsi kerja kontak NO dan NC berlawanan. Kontak NO dan NC bekerja membuka sesaat lebih cepat sebelum kontak NO menutup.



Gambar 7.3 Kontak Kontak Pada Magnetik Kontaktor

Berdasarkan fungsinya kontak pada kontaktor terdiri dari 2 macam yaitu :

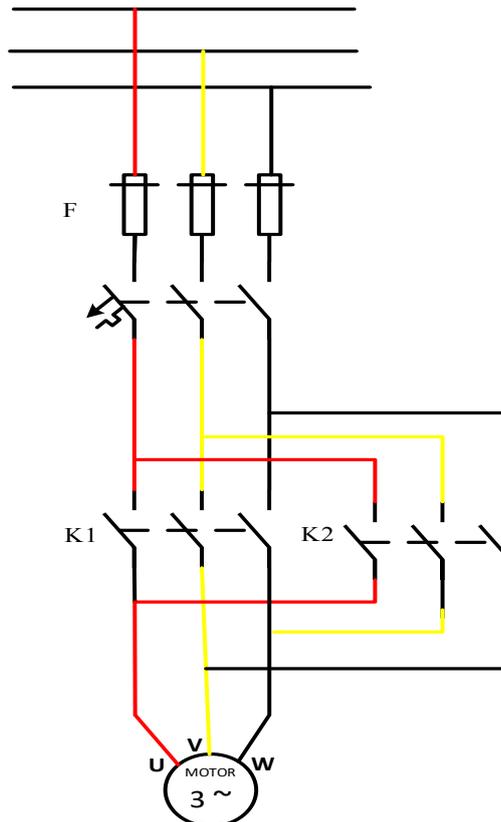
a. Kontak Utama

Kontak utama dirancang lebih luas dan tebal sehingga mampu untuk dialiri arus listrik yang relatif besar. Kontak utama 1, 3 dan 5 biasanya dihubungkan dengan sumber listrik R, S dan T sedangkan Kontak 2, 4 dan 6 dihubungkan dengan beban Motor listrik 3 fasa U, V dan W atau beban lainnya.

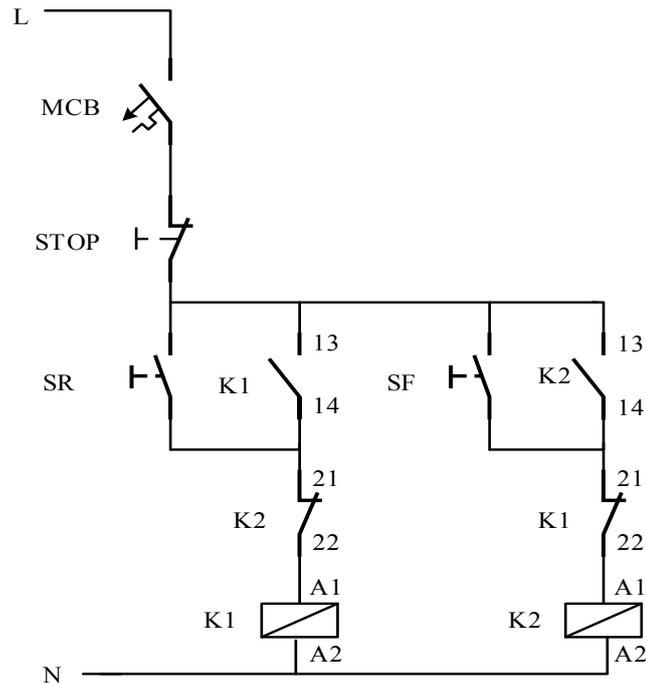
b. Kontak Bantu

Untuk Kontak Bantu konstruksinya dirancang lebih tipis sehingga hanya digunakan untuk bagian kontrol saja dengan arus listrik yang relatif kecil.

C. Gambar Rangkaian Kerja



Gambar 5.4 Rangkaian Utama Motor Reverse-Forward



Gambar 5.5 Rangkaian Kendali Motor Reverse-Forward

D. Alat dan Bahan

No.	Nama Alat	Jumlah	No.	Nama Bahan	Jumlah
1.	Multimeter	2	1.	Kabel NYA 1,5 mm ²	
2.	Meteran (alat ukur panjang)	1	2.	Kabel NYA 2,5 mm ²	
3.	Megger	1	3.	Paku ulir (sekrup)	
4.	Test pen		4.	Klem 3/8"	
5.	Obeng + dan obeng -	1	5.	Pipa instalasi 3/8"	
6.	Pisau	1	6.	Kotak cabang "T" dan "O"	
7.	Tang potong / tang kombinasi	1	7.	Lasdof atau selotif	
8.	Tang cucut	1	8.	Sekring kast satu phase dan sekring + mCB 2 A	
9.	Tachometer	1	9.	Saklar themis	
			10.	Kontaktor magnetis	2
			11.	Push button	3
			12.	Motor induksi	1



E. Tugas Pendahuluan: Perencanaan Instalasi

1. Perencanaan instalasi (mengacu standar PUIL 2000).
 - a. Praktikan membuat diagram satu kawat instalasi motor induksi yang bisa putar kiri dan kanan dengan pengendalian jarak jauh menggunakan dua buah kontaktor.
 - b. Praktikan menghitung kebutuhan bahan dalam format daftar kebutuhan bahan, perlu dicermati penggunaan warna kabel/penghantar sehingga sesuai dengan peraturan yang berlaku.
 - c. Perencanaan yang telah dibuat diserahkan kepada asisten laboratorium (asisten laboratorium memeriksa perencanaan instalasi tersebut)

Catatan khusus : praktikan dapat memulai pemasangan setelah mendapat persetujuan dari asisten.

F. Langkah Percobaan

1. Pemasangan Instalasi
 - a. Pasang kabel sesuai perencanaan.
 - b. Sambung kabel dengan komponen-komponen ataupun antar penghantar (amankan dengan lasdof atau selotip).
 - c. Pengecekan awal rangkaian menggunakan multimeter, apakah rangkaian sudah terhubung dengan baik dan tidak ada short circuit (setelah mendapatkan persetujuan asisten, praktikan dapat melakukan pengujian sistem).
 - d. Pengecekan awal (setelah mendapatkan persetujuan asisten, praktikan dapat melakukan pengujian sistem).
2. Pengujian Sistem
 - a. Lepaskan sekering dan semua beban, ukur taahanan isolasi dengan megger.

Tahanan Isolasi
_____ MΩ

- b. Hubungkan instalasi tersebut dengan sumber tegangan, ukur tegangan sumber dan tegangan di titik beban.

Tegangan Sumber	Tegangan Beban	
	Putar Kanan	Putar Kiri
_____ V	_____ V	_____ V

- c. Hubungkan instalasi tersebut dengan motor, uji apakah sistem berjalan atau tidak.
 - d. Ukur aruslistrik yang mengalir dalam rangkaian.



Arus Saat Putar Kanan
_____ A

Arus Saat Putar Kiri
_____ A

Catatan khusus : jika motor sedang berputar kekanan, maka dilarang langsung menekan tombol putar kiri, karena akan menyebabkan motor terbakar, motor harus berhenti terlebih dahulu.

G. Tugas : Hal-hal yang perlu dimasukkan dalam pembahasan

1. Jelaskan cara kerja motor induksi.
2. Jelaskan cara kerja kontaktor.
3. Apakah instalasi motor induksi sudah mengikuti standar PUIL 2000 ?
4. Apakah arah putar motor induksi berpengaruh terhadap besarnya arus yang mengalir.
5. Apa yang menyebabkan saat motor sudah berputar kanan dan kita tekan tombol agar motor berputar ke kiri tidak bisa begitu juga sebaliknya harus ditekan tombol stop terlebih dahulu baru merubah arah putaran motor, Jelaskan disertai gambar rangkaiannya!
6. Apa akibatnya jika sistem interlocking tidak digunakan pada pengendalian motor 3 phase reverse-forward ini?
7. Gambarkan rangkaian kendali motor putar kanan-kiri jika tidak menggunakan sistem interlocking!

Nama Praktikan	1. _____	NIM _____
	2. _____	NIM _____
	3. _____	NIM _____

Shift Praktikum	Hari :	Jam:
Tanggal Praktikum	:	

Acc Asisten

(_____)
NIM.

(_____)
NIM.

UNIT VIII

PEMASANGAN INSTALASI MOTOR INDUKSI TIGA FASE DENGAN PENGASUTAN BINTANG-SEGITIGA DENGAN KONTAKTOR & TIMER

A. Kompetensi Dasar

1. Mahasiswa terampil dalam memasang instalasi motor induksi (*squirrel cage*) dengan metode pengasutan bintang-segitiga menggunakan kontaktor serta dilengkapi dengan *timer on delay*.
2. Mahasiswa mengetahui cara kerja kontaktor, timer pada pengasutan bintang-segitiga.

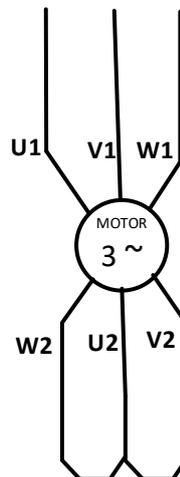
B. Dasar Teori

1. Hubungan Star Delta Pada Motor Induksi 3 Fasa

Rangkaian star adalah peralatan listrik 3 fasa dimana didalamnya terdiri dari 3 unit/bagian (belitan misalnya) yang sama dirangkai seperti membentuk huruf Y dimana ujung-ujungnya adalah tersambung sebagai line dan bagian tengahnya adalah bagian netral. Cara menghubungkan motor dalam hubungan star :

7. Mengkoppelkan / menghubungkan salah satu dari ujung-ujung kumparan fasa menjadi satu
8. Sedangkan yang tidak dihubungkan menjadi satu dihubungkan ke sumber tegangan

Untuk lebih jelasnya lihat gambar 4.1



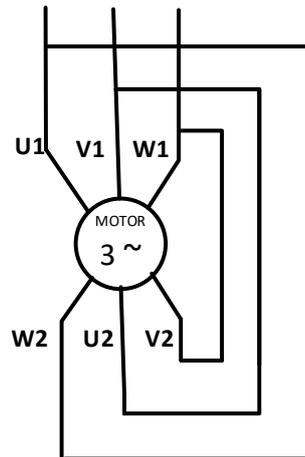
Gambar 8.1 Hubungan Star

Rangkaian delta adalah peralatan listrik 3 fasa dimana didalamnya terdiri dari 3 unit/bagian yg sama (belitan misalnya) dirangkai seperti membentuk bangun segitiga dimana ujung-ujungnya adalah tersambung sbg line, dan tdk mempunyai netral. Bila ingin mendapatkan netralnya biasanya diambil dari ground dengan syarat

sumber tegangannya juga digroundkan. Cara menghubungkan motor dalam hubungan delta :

1. Terminal U1 motor dihubungkan dengan terminal W2 motor
2. Terminal V1 motor dihubungkan dengan terminal U2 motor
3. Terminal W1 motor dihubungkan dengan terminal V2 motor

Untuk lebih jelasnya lihat gambar 4.2



Gambar 8.2 Hubungan Delta

Prinsipnya adalah saat sebuah motor tiga fasa di start awal, motor tidak dikenakan nilai tegangan penuh dan hanya arus saja yang digunakan secara penuh. Tentunya motor induksi bertipikal seperti ini hanya motor induksi dengan daya diatas 5.5 HP (Horse Power), sedangkan 1 HP adalah bernilai 0.75 KW (kilowatt). Karena penggunaan arus mula yang lumayan besar ini, maka diperlukanlah hubungan bintang (star) untuk meminimalisir arus. Setelah motor berputar dan arus sudah mulai turun, barulah dipindahkan menjadihubungan segitiga (delta) sehingga motor tersebut mendapatkan nilai tegangan secara penuh.

Mengapa motor harus dihubungkan dengan Star (Y) – Delta (Δ) ? Star delta adalah sebuah sistem starting motor yang paling banyak dipergunakan untuk starting motor listrik. Untuk menggerakkan motor tersebut memang diperlukan daya awal yg besar, serta dengan jenis rangkaian ini dimana rangkaian star dipakai hingga semuanya menjadi stabil akan rangkaiannya diubah menjadi delta. Dengan menggunakan star delta starter lonjakan arus listrik yang terlalu tinggi bisa dihindarkan. Cara kerjanya adalah saat start awal motor tidak dikenakan tegangan penuh hanya 0,58 dengan cara dihubung bintang / star. Setelah motor berputar dan arus sudah mulai turun dengan menggunakan timer arus dipindahkan menjadi segitiga / delta sehingga tegangan dan arus yang mengalir ke motor penuh. Keuntungan motor tiga fasa hubungan star adalah arus hubungan star lebih kecil daripada arus hubungan delta. Jadi motor harus dihubungkan dari star ke delta adalah untuk mengurangi besarnya arus start motor yang mendekati 7 kali arus nominal.



Dengan metode ini motor awalnya diset pada asutan Star, setelah motor mencapai kecepatan 80% kecepatan maksimal, sambungan diubah ke sambungan Delta. Dengan cara ini maka torsi dapat dipertahankan sedangkan lonjakan arus start dapat ditekan.

2. Pengasutan Bintang Segitiga

Motor induksi saat dihidupkan secara langsung akan menarik arus 5 sampai 7 kali dari arus beban penuh dan hanya menghasilkan torsi 1,5 sampai 2,5 kali torsi beban penuh. Arus mula yang besar ini dapat mengakibatkan drop tegangan pada saluran sehingga akan mengganggu peralatan lain yang dihubungkan pada saluran yang sama. Untuk motor yang berdaya besar tentu arus pengasutan juga akan semakin besar, sehingga untuk motor dengan daya besar tidak dianjurkan menghidupkan motor secara langsung. Untuk menghindari hal tersebut, suatu motor induksi seringkali di-start dengan level tegangan yang lebih rendah dari tegangan nominalnya. Salah satu cara pemakaian saklar ini yaitu pada saat starting, motor listrik dalam hubungan bintang karena mendapat tegangan sebesar :

$$\frac{1}{\sqrt{3}} \times \text{tegangan jala jala}$$

Dengan demikian, motor listrik pada awalnya dapat berjalan dengan aman dan baik, baru beberapa saat kemudian hubungan motor dirubah menjadi hubungan delta. Pada keadaan ini motor mendapat tegangan penuh (sama dengan tegangan jala-jala).

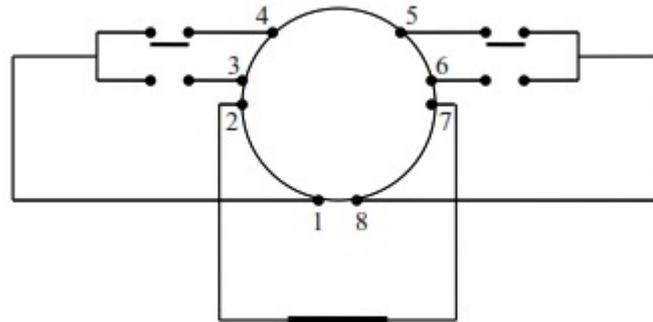
Sistem pengasutan bintang segitiga adalah metode pengasutan dengan pengurangan tegangan. Sebuah motor induksi dengan hubungan bintang-segitiga memiliki enam buah terminal sehingga dapat diswitch, baik untuk hubungan bintang atau segitiga. Pengasutan dengan metode ini digunakan terutama untuk motor induksi rotor sangkar yang direncanakan bekerja/berputar pada hubungan delta. Ujung-ujung kumparan fasanya harus dikeluarkan ke terminal motor, yaitu untuk melakukan hubungan Wye dan hubungan Delta. Umumnya alat pengasutan ini dilengkapi dengan kontaktor-kontaktor yang dimiliki oleh masing-masing hubungan tersebut. Perpindahan hubungan Wye ke Delta didalam sistem pengasutan ini diatur oleh suatu rele pengatur waktu (Time Delay Relay). Pada saat perpindahan hubungan Wye ke Delta terjadi pemutusan arus sesaat dari arus jala-jala. Namun hal ini dapat diatasi dengan menggunakan sistem peralihan tertutup dengan hubungan sebuah tahanan ke dalam rangkaian selama perpindahan berlangsung.

a. Relay penunda waktu/TDR (Time Definite Relay)

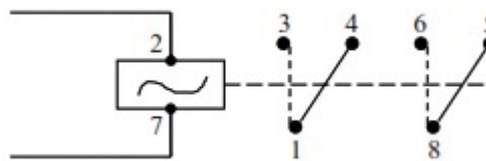
Untuk klasifikasi ini, relay penunda waktu/TDR (Time Definite Relay) digunakan untuk memperoleh periode waktu yang dapat distel/diatur menurut kebutuhan (ditentukan waktunya). Setelah distel TDR tidak boleh diubah lagi sampai pada saatnya (sesuai dengan waktu yang telah ditentukan) posisinya akan berubah sendiri. TDR dapat digunakan untuk instalasi sistem otomatis, seperti :

1. Merubah hubungan dari bintang ke segitiga secara otomatis,
2. Merubah arah putar motor secara otomatis,

3. Merubah kecepatan putaran motor secara otomatis, dsb.



Gambar 8.3 Konstruksi *Time Definite Relay*

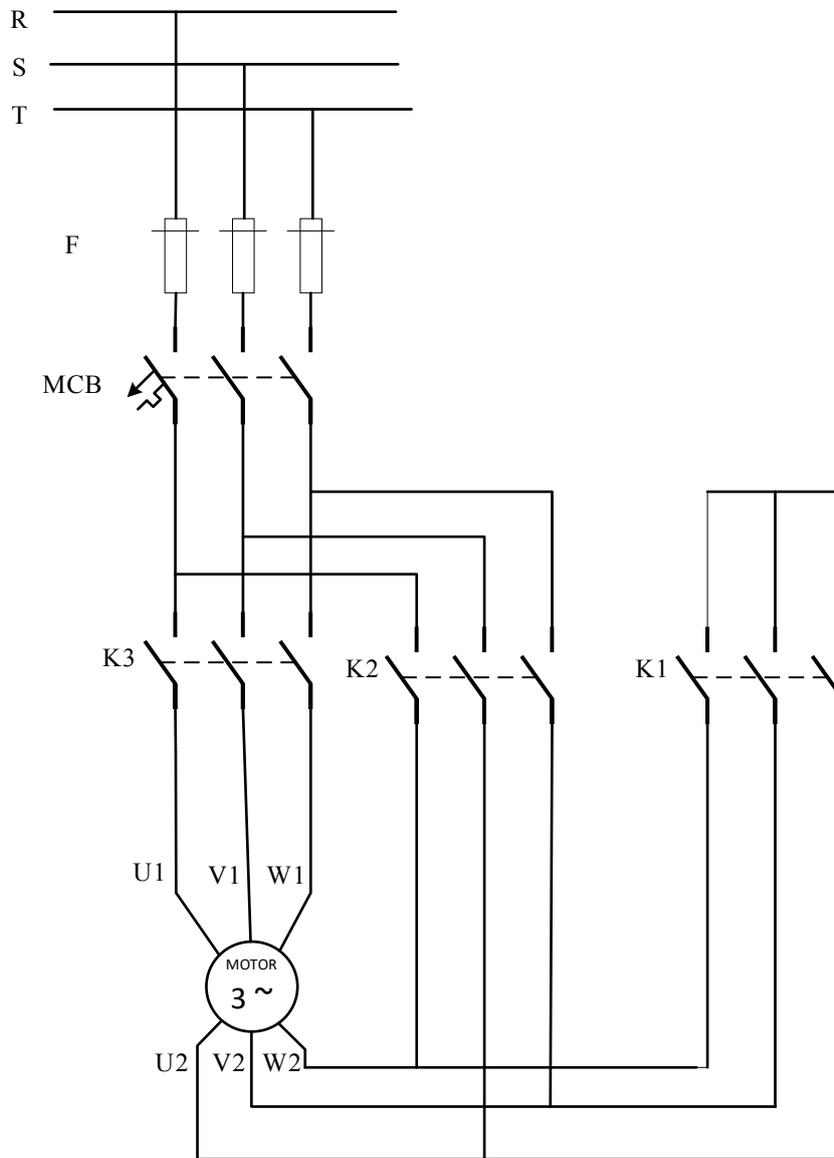


Gambar 8.4 Diagram *Ladder Time Definite Relay*

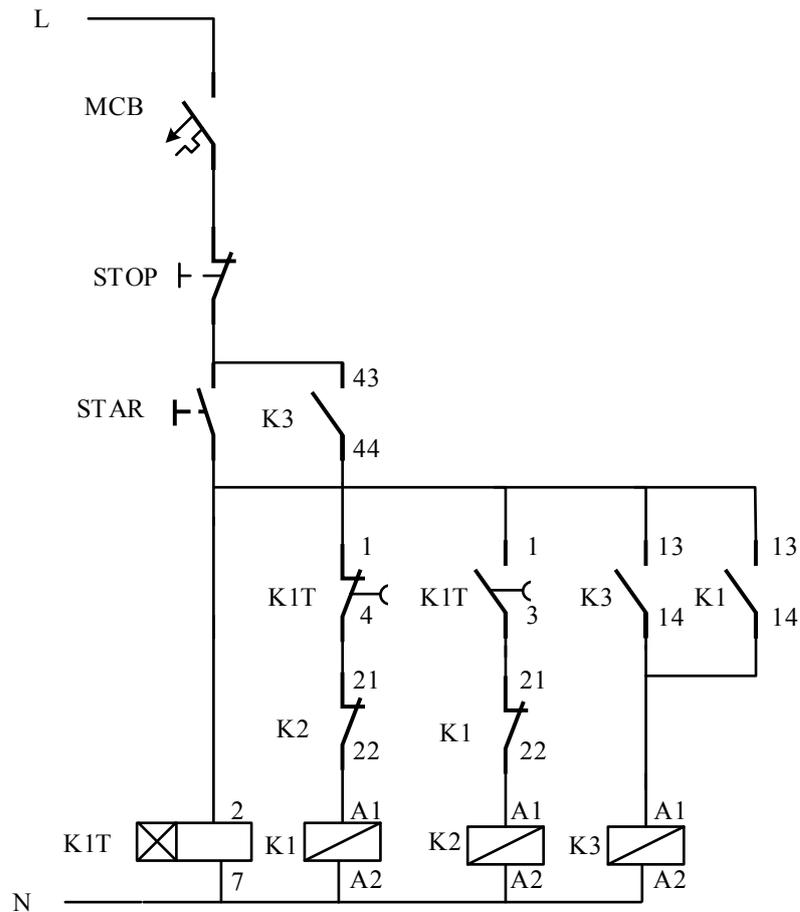
Cara kerja TDR yaitu jika arus dialirkan pada titik 2 – 7 (kumparan) dan waktunya sudah diatur maka posisi semula titik 3 – 1 dan titik 6 – 8 terbuka sedangkan titik 4 – 1 dan titik 5 – 8 tertutup. Setelah waktunya sudah tercapai maka posisi sekarang menjadi 3 – 1 dan titik 6 – 8 menutup serta titik 4 – 1 dan titik 5 – 8 membuka. Posisi tersebut akan tidak berubah, kecuali aliran listriknya terputus posisinya akan kembali seperti semula.



C. Gambar Rangkaian



Gambar 8.5 Rangkaian Tenaga Pengasutan Bintang Segitiga



Gambar 8.6 Rangkaian Kendali Pengasutan Bintang Segitiga

D. Alat dan Bahan

No.	Nama Alat	Jumlah	No.	Nama Bahan	Jumlah
1.	Multimeter	2	1.	Kabel NYA 1,5 mm ²	
2.	Meteran (alat ukur panjang)	1	2.	Kabel NYA 2,5 mm ²	
3.	Megger	1	3.	Paku ulir (sekrup)	
4.	Test pen		4.	Klem 3/8"	
5.	Obeng + dan obeng -	1	5.	Pipa instalasi 3/8"	
6.	Pisau	1	6.	Kotak cabang "T" dan "O"	
7.	Tang potong / tang kombinasi	1	7.	Lasdof atau selotif	
8.	Tang cucut	1	8.	Sekring kast satu phase dan sekring + mCB 2 A	
9.	Tachometer	1	9.	Saklar themis	



			10.	Motor induksi 3 fase squirrel cage	
			11.	Kontaktor magnetis	
			12.	Timer HCRA	

E. Tugas Pendahuluan : Perencanaan Instalasi

1. Perencanaan instalasi (mengacu standar PUIL)
 - a. Praktikan membuat diagram untuk pengasutan bintang-segitiga.
 - b. Praktikan menghitung kebutuhan bahan dalam format daftar kebutuhan bahan, perlu dicermati penggunaan warna kabel/penghantar sehingga sesuai dengan peraturan yang berlaku.
 - c. Perencanaan yang telah dibuat diserahkan kepada asisten laboratorium (asisten laboratorium memeriksa perencanaan instalasi tersebut)

Catatan khusus : praktikan dapat memulai pemasangan setelah mendapat persetujuan dari asisten.

F. Langkah Percobaan

1. Pemasangan Instalasi
 - a. Pasang kabel sesuai perencanaan.
 - b. Sambung kabel dengan komponen-komponen ataupun antar penghantar (amankan dengan lasdof atau selotip).
 - c. Pengecekan awal (setelah mendapatkan persetujuan asisten, praktikan dapat melakukan pengujian sistem).
2. Pengujian Sistem
 - a. Lepaskan sekering dan semua beban, ukur tahanan isolasi dengan megger.

Tahanan Isolasi
_____ MΩ

- b. Hubungkan instalasi tersebut dengan sumber tegangan, ukur tegangan sumber dan tegangan di titik beban.

Tegangan Sumber	Tegangan Beban	
	Bintang	Segitiga
_____ V	_____ V	_____ V

- c. Hubungkan instalasi dengan motor, uji apakah sistem berjalan atau tidak.
- d. Ukur arus asut, arus normal dan arus Netral yang mengalir dalam rangkaian untuk hubungan bintang.



UNIT IX

INSTALASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

A. Tujuan

- b. Mahasiswa mampu mengidentifikasi bagian-bagian dan fungsi pada komponen pembangkit listrik tenaga surya
- c. Mahasiswa mampu mengukur arus dan tegangan pada pembangkit listrik tenaga surya
- d. Mahasiswa mampu menganalisa hasil pengukuran pembangkit listrik tenaga surya

B. Dasar Teori

a. Sel Surya

Sel surya fotovoltaik merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi sinarmatahari secara langsung menjadi energi listrik. Pada dasarnya sel tersebut merupakan suatu dioda semikonduktor yang bekerja menurut suatu proses khusus yang dinamakan proses tidak seimbang (*non-equilibrium process*) dan berlandaskan efek (*photovoltaic effect*).

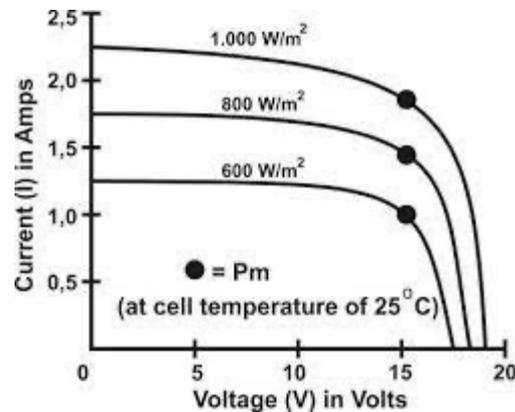
Sel surya atau biasa disebut juga sel fotovoltaik merupakan suatu P-N junction dari silikon kristal tunggal. Dengan menggunakan photo-electric effect dari bahan semikonduktor sehingga dapat mengumpulkan radiasi surya dan mengkonversinya menjadi energi listrik. Energi listrik hasil dari sel surya tersebut berupa arus DC dan bisa langsung digunakan atau bisa juga menggunakan baterai sebagai sistem penyimpan sehingga dapat digunakan pada saat dibutuhkan terutama pada malam hari.

Beberapa karakteristik penting sel surya terdiri dari tegangan open circuit (V_{oc}), arus hubungan singkat (I_{sc}), efek perubahan intensitas cahaya matahari efek perubahan temperatur serta karakteristik tegangan-arus pada sel surya.

Tegangan open circuit (V_{oc}) adalah tegangan yang dibaca pada saat arus tidak mengalir atau bisa disebut juga arus sama dengan nol. Cara untuk mencapai open circuit (V_{oc}) yaitu dengan menghubungkan kutub positif dan kutub negatif modul surya dengan voltmeter, sehingga akan terlihat nilai tegangan open circuit sel surya pada voltmeter.

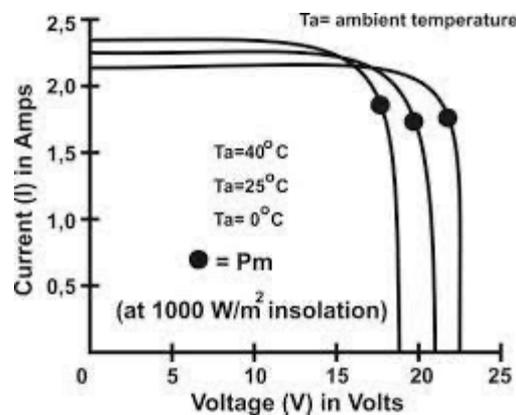
Arus short circuit (I_{sc}) adalah arus maksimal yang dihasilkan oleh modul sel surya dengan cara menge-short-kan kutub positif dengan kutub negatif pada modul surya. Dan nilai I_{sc} akan terbaca pada amperemeter. Arus yang dihasilkan modul surya dapat menentukan seberapa cepat modul tersebut mengisi sebuah baterai. Selain itu, arus dari modul surya juga menentukan daya maksimum dari alat yang digunakan.

Efek perubahan intensitas cahaya matahari terjadi apabila jumlah energi cahaya matahari yang diterima sel surya berkurang atau intensitas cahayanya melemah, lihat pada Gambar 1.1, maka besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan juga akan menurun. Penurunan tegangan relatif lebih kecil dibandingkan penurunan arus listriknya



Gambar 9.1 Kurva tegangan dan arus sel surya terhadap intensitas cahaya matahari

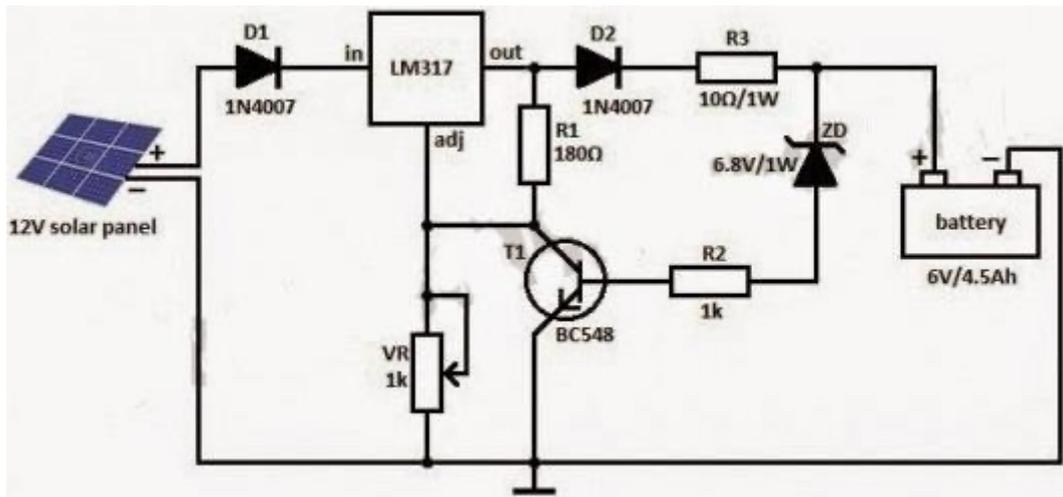
Efek perubahan suhu pada Sel Surya. Sel surya akan bekerja secara optimal pada suhu konstan yaitu $25^{\circ}C$. Jika suhu disekitar sel surya meningkat melebihi $25^{\circ}C$, maka akan mempengaruhi fill factor sehingga tegangan akan berkurang seperti pada Gambar 1.2. Selain itu, efisiensi sel surya juga akan menurun beberapa persen. Sedangkan sebaliknya, arus yang dihasilkan akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pada Sel Surya.



Gambar 9.2 Kurva Tegangan Dan Arus Sel Surya Terhadap Perubahan Suhu

b. Solar Charge Controller

Proses pengisian arus listrik dengan Sel Surya ke baterai tidak sama dengan pengisi baterai konvensional (battery charger) yang menggunakan listrik. Hal ini disebabkan karena arus listrik yang dihasilkan Sel Surya bisa besar, bisa juga kecil tergantung dari penyinaran/radiasi matahari. Proses pengisian akan berlangsung selama ada radiasi matahari, tidak melihat apakah baterai tersebut sudah penuh atau belum. Tampilan skema rangkaian Solar Charge Controller terlihat pada Gambar 1.3



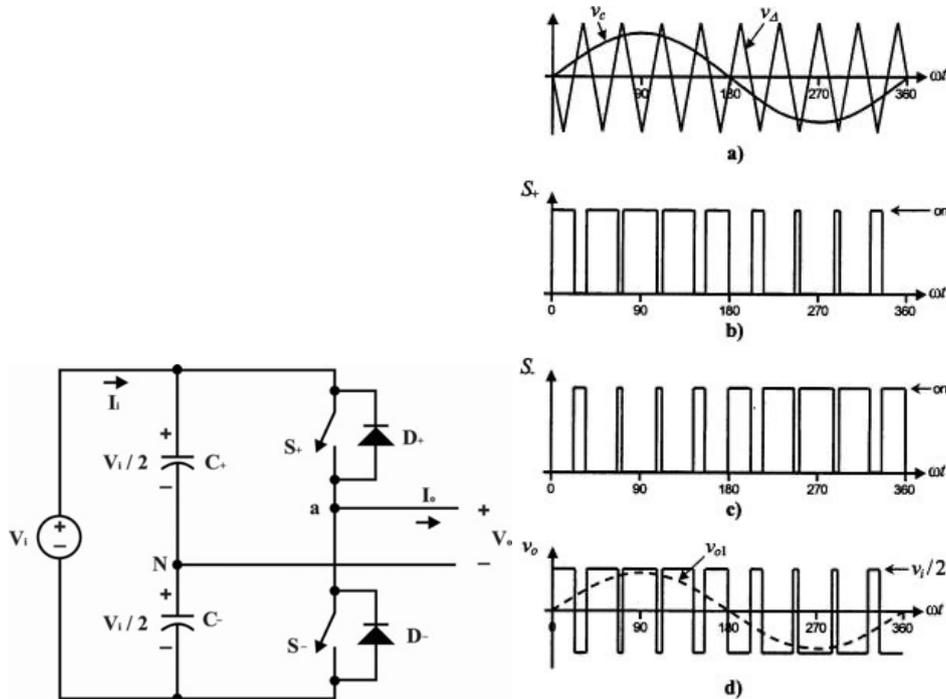
Gambar 9.3 Skema Solar Charge Controller

Sebagaimana diuraikan diatas hal ini bisa membahayakan dan mempercepat kerusakan baterai. Oleh karena itu, diperlukan alat yang mampu mengendalikan baik pengisian arus listrik kedalam baterai ketika baterai sudah penuh, maupun menghentikan pengurusan listrik dari baterai pada saat baterai telah kosong. Fungsi Solar Charge Controller:

- Mengatur transfer energi dari modul PV → baterai → beban, secara efisien dan semaksimal mungkin
- Mencegah baterai dari pengisian arus listrik dan pengeluaran arus listrik dari baterai secara berlebih
- Membatasi daerah tegangan kerja baterai
- Menjaga/ memperpanjang umur baterai
- Mencegah beban berlebih dan hubung singkat
- Melindungi dari kesalahan polaritas terbalik
- Memberikan informasi kondisi sistem pada pemakai

3. Inverter

Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC (Direct Current) menjadi tegangan AC (Alternating Current). Output suatu Inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (sine wave), gelombang kotak (square wave) dan sinus modifikasi (sine wave modified). Sumber tegangan input Inverter dapat menggunakan baterai, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain. Inverter dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penaik tegangan berupa step up transformer. Rangkaian dasar inverter setengah jembatan satu fasa dengan beban resistif dan bentuk gelombangnya dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 9.4 Rangkaian Dasar Inverter Dan Gelombang Tegangan Masukan dan Keluaran Inverter: (a) Sinyal Carrier Dan Modulasi; (b) Kondisi Pensaklaran S+; (c) Kondisi Pensaklaran S-; (d) Sinyal Keluaran AC

Pada Gambar 1.4 diperlukan dua buah kapasitor untuk menghasilkan titik Netral agar tegangan pada setiap kapasitor $V_i/2$ dapat dijaga konstan. Sakelar S+ dan S- mempresentasikan sakelar elektronis yang mencerminkan komponen semikonduktor daya. Sakelar S+ dan S- tidak boleh bekerja secara serempak/simultan karena akan terjadi hubung singkat rangkaian.

Kondisi ON dan OFF dari sakelar S+ dan S- ditentukan dengan teknik modulasi, dalam hal ini menggunakan prinsip PWM. Prinsip PWM dalam rangkaian ini membandingkan antara sinyal modulasi V_c (dalam hal ini tegangan bolak-balik luaran yang diharapkan) dengan sinyal pembawa dengan bentuk gelombang gigi gergaji (V_Δ). Secara praktis, jika $V_c > V_\Delta$ maka sakelar S+ akan ON dan sakelar S- akan OFF, dan jika $V_c < V_\Delta$ maka sakelar S+ akan OFF dan sakelar S- akan ON.



Untuk menghasilkan tegangan luaran (V_o) satu fasa, terdapat tiga kondisi jika sakelar S+ dan S- dioperasikan sebagaimana ditunjukkan tabel berikut:

<i>Kondisi Ke-</i>	<i>Kondisi</i>	<i>V_o</i>	<i>Komponen yang Aktif</i>
1	S+ On dan S- Off	$V_i/2$	S+ jika $i_o > 0$ D+ jika $i_o < 0$
2	S+ Off dan S- On	$-V_i/2$	D- jika $i_o > 0$ S- jika $i_o < 0$
3	S+ Off dan S- Off	$V_i/2$	D- jika $i_o > 0$ D+ jika $i_o < 0$

Jenis Inverter

Ada beberapa jenis inverter yang berkembang hingga saat ini antara lain

a) Square Sine Wave Inverter

Square sine wave inverter adalah tipe inverter yang menghasilkan output gelombang persegi, jenis inverter ini tidak cocok untuk beban AC tertentu seperti motor induksi atau transformer, selain tidak dapat bekerja, square sine wave dapat merusak peralatan tersebut.

b) Modified Sine Wave Inverter

Modified sine wave inverter adalah tipe inverter yang menghasilkan output gelombang persegi yang disempurnakan/persegi yang merupakan kombinasi antara square wave dan sine wave. Inverter jenis ini masih dapat menggerakkan perangkat yang menggunakan kumparan, hanya saja tidak maksimal serta faktor energy-loss yang masih cukup besar.

c) Pure Sine Wave Inverter

Pure sine wave inverter adalah jenis inverter yang menghasilkan output gelombang sinus murni setara PLN. Inverter jenis ini diperlukan terutama untuk beban-beban yang menggunakan kumparan induksi agar bekerja lebih mudah, lancar, dan tidak cepat panas.

d) Grid Tie Inverter

Grid tie inverter adalah jenis spesial inverter yang dirancang untuk memasukkan arus listrik ke sistem distribusi tenaga listrik yang sudah ada, misalkan PLN/Genset. Inverter tersebut harus disinkronkan dengan frekuensi grid yang sama, biasanya berisi satu atau lebih fitur maximum power point tracking untuk konversi jumlah maksimum daya yang tersedia, dan juga termasuk fitur proteksi keselamatan.



4. Baterai

Baterai adalah alat penyimpan tenaga listrik arus searah (DC). Secara garis besar, baterai dibedakan berdasarkan aplikasi dan konstruksinya. Berdasarkan aplikasi maka baterai dibedakan untuk automotif, marine dan deep cycle. Deep cycle itu meliputi b baterai yang biasa digunakan untuk PV (Photovoltaic) dan back up power. Sedangkan secara konstruksi maka baterai dibedakan menjadi tipe basah, gel dan AGM (Absorbed Glass Mat). Battery jenis AGM biasanya juga dikenal dgn VRLA (Valve Regulated Lead Acid).

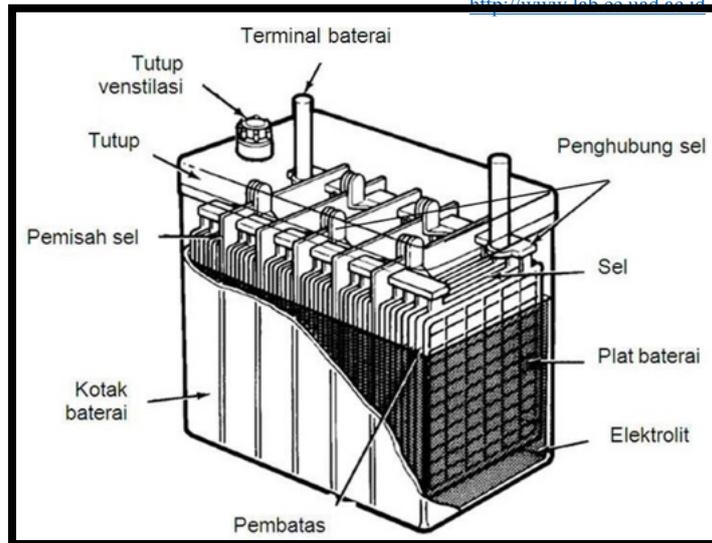
Baterai kering Deep Cycle juga dirancang untuk menghasilkan tegangan yang stabil dan konsisten. Penurunan kemampuannya tidak lebih dari 1-2% per bulan tanpa perlu di-charge. Bandingkan dengan baterai konvensional yang bisa mencapai 2% per minggu untuk self discharge. Konsekuensinya untuk charging pengisian arus ke dalam baterai Deep Cycle harus lebih kecil dibandingkan baterai konvensional sehingga butuh waktu yang lebih lama untuk mengisi muatannya. Antara tipe gel dan AGM hampir mirip hanya saja baterai AGM mempunyai semua kelebihan yang dimiliki tipe gel tanpa memiliki kekurangannya. Kekurangan tipe Gel adalah pada waktu discharge maka tegangannya harus 20% lebih rendah dari baterai tipe AGM ataupun basah. Bila overcharge maka akan timbul rongga di dalam gelnya yg sulit diperbaiki sehingga berkurang kapasitas muatannya.

Karena tidak ada cairan yang dapat membeku maupun mengembang, membuat baterai Deep Cycle tahan terhadap cuaca ekstrim yang membekukan. Itulah sebabnya mengapa pada cuaca dingin yang ekstrim, kendaraan yang menggunakan baterai konvensional tidak dapat distart alias mogok.

Ada 2 rating untuk baterai yaitu CCA dan RC.

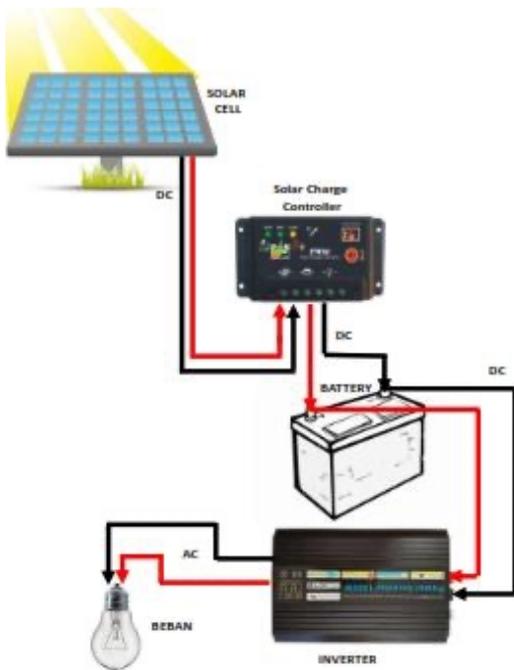
- CCA (Cold Cranking Ampere) menunjukkan seberapa besar arus yang dapat dikeluarkan serentak selama 30 detik pada titik beku air yaitu 0 o Celcius.
- RC (Reserve Capacity) menunjukkan berapa lama (dalam menit) baterai tersebut dapat menyalurkan arus sebesar 25A sambil tetap menjaga tegangannya di atas 10,5 Volt.

Baterai Deep Cycle mempunyai 2-3 kali lipat nilai RC dibandingkan baterai konvensional. Umur baterai AGM rata-rata antara 5-8 tahun. Konstruksi pada baterai dapat dilihat pada Gambar 1.5



Gambar 9.5 Konstruksi Baterai

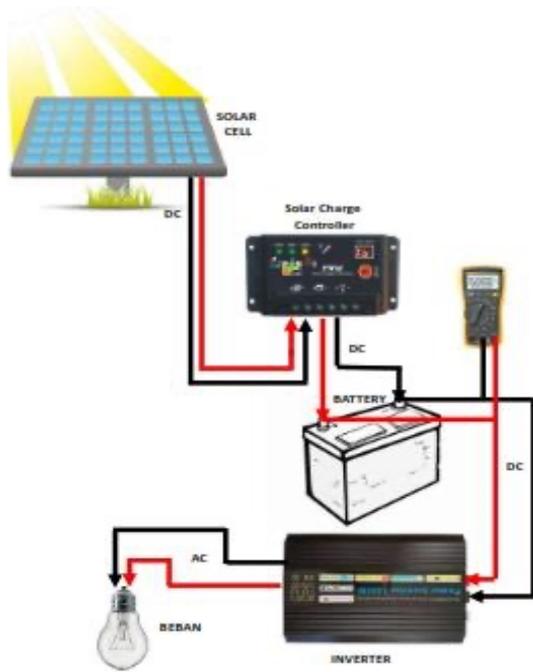
C. Gambar Rangkaian



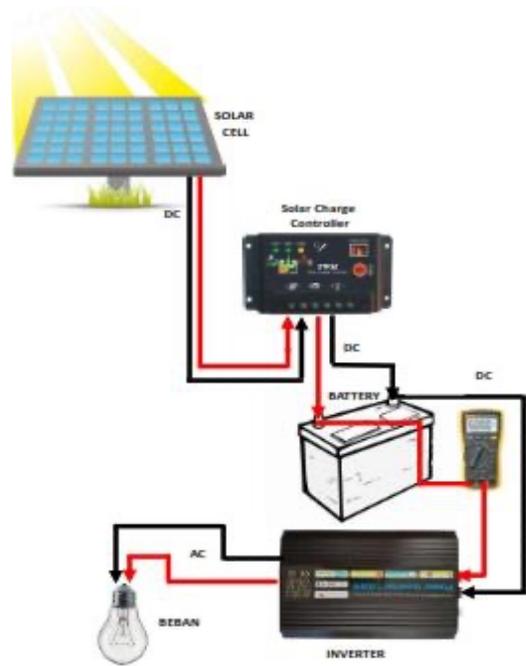
Gambar 9.6 Skema Rangkaian



Gambar 9.7 Pengukuran Tegangan Solar Cell



Gambar 9.8 Pengukuran Tegangan Baterai



Gambar 9.9 Pengukuran Arus Baterai



Gambar 9.10 Pengukuran Tegangan Inverter



D. Alat dan Bahan

No.	Nama Alat	Jumlah
1.	Multimeter	1
2.	Test pen	
3.	Obeng + dan obeng -	1
4.	Tang potong / tang kombinasi	1
5.	Tang cucut	1

No	Nama Bahan	Jumlah
1.	Sel Surya	1
2.	Kabel Panel Surya	1
3.	Konektor	1
4.	SCC	1
5.	AKI	1
6.	INVERTER	1
7.	Lampu	3

E. Langkah Percobaan

- a. Tempatkan Panel Surya di luar ruangan yang terdapat sinar matahari langsung!
- b. Pasanglah Instalasi kabel seperti pada Skema Gambar 1.6
- c. Konsultasikan ke asisten praktikum terkait pengakabelan, apabila sudah di setujui mulailah praktikum
- d. Letakkan Panel Surya pada posisi tersinari matahari sekitar ± 15 Menit terlebih dahulu
- e. Ukurlah tegangan Sel Surya pada Blok “Solar Charge Controller” Seperti pada Gambar 1.7
- f. Catat hasil pengukuran tegangan sel surya yang diperoleh pada Tabel 1.2

Tabel 9.2 Pengukuran Tegangan Sel Surya

Waktu (Setiap 10 Menit)	Tegangan Sel Surya (Volt)

- g. Ukurlah Tegangan Baterai pada Blok “Solar Charge Controller” Seperti pada Gambar 9.8.



h. Catat data hasil pengukuran tegangan pada baterai dalam Tabel 9.3

Waktu (Setiap 10 Menit)	Tegangan Baterai (Volt)

i. Ukurlah Arus Pengisian Pada Baterai pada Blok “Solar Charge Controller” diport yang bertuliskan Baterai. Seperti pada Gambar 9.9.

j. Catat data hasil pengukuran arus pengisian pada baterai dalam Tabel 9.4

Tabel 9.4 Pengukuran Arus Pengisian Pada Baterai

Waktu (Setiap 10 Menit)	ArusBaterai (Ampere)

k. Ukurlah tegangan AC pada Blok “Inverter” Seperti pada Gambar 9.10

l. Catat data hasil pengukuran Tegangan AC Inverter pada Tabel 9.6

Tabel 9.6 Pengukuran Tegangan AC Inverter

Waktu (Setiap 10 Menit)	Tegangan Inverter (Volt)



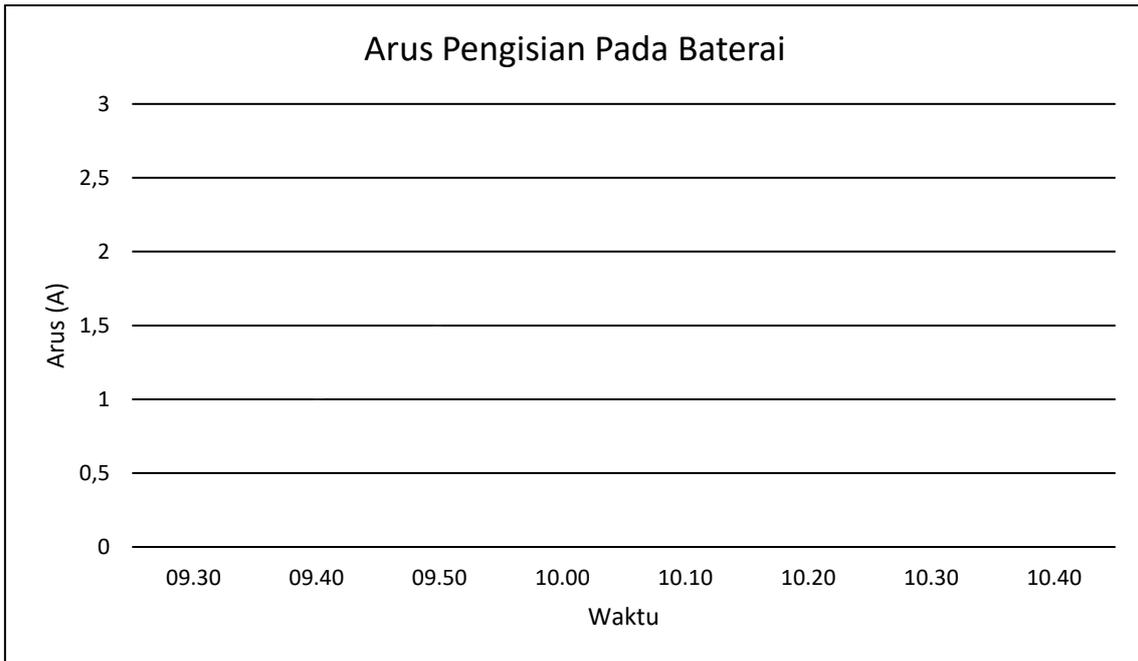
- m. Setelah semua selesai Analisa keterkaitan variabel berdasarkan data yang diperoleh selama praktikum. Misal hubungan yang terjadi antara pengaruh waktu dengan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sel surya

F. Hasil Percobaan

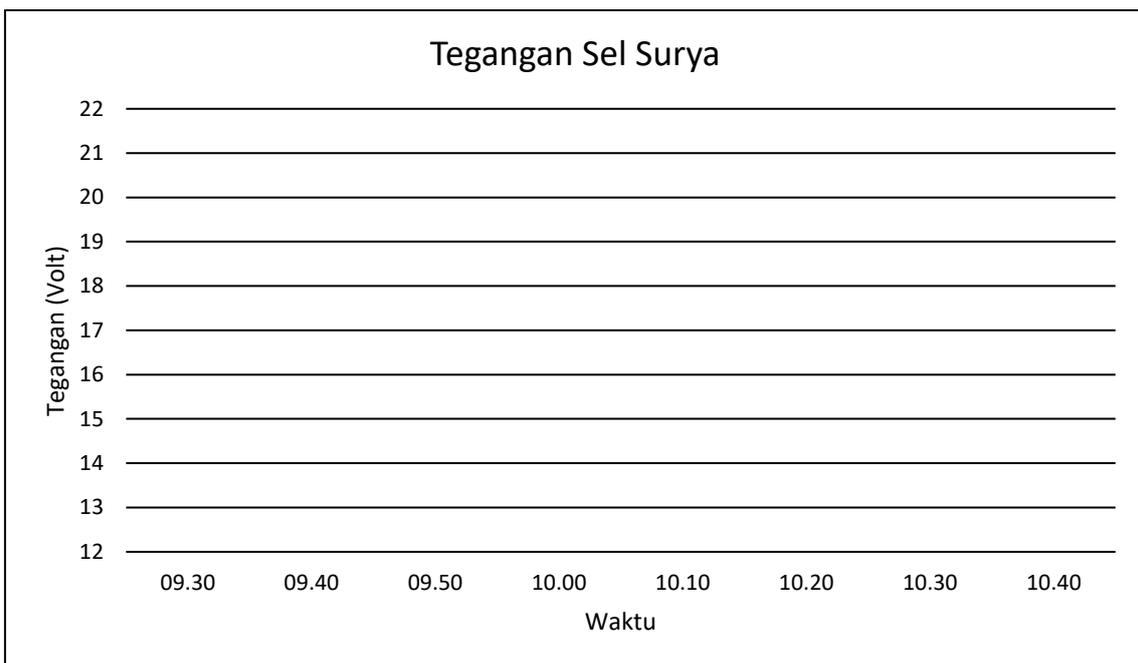
Setelah semua data diperoleh, maka data hasil pengukuran dimasukkan ke dalam Tabel dan Grafik di bawah ini

Tabel 9.7 Data Hasil Praktikum Trainer Sel Surya

Waktu (Setiap 10 Menit)	Tegangan Sel Surya (Volt)	Tegangan Baterai (Volt)	Arus Baterai (Ampere)	Tegangan Inverter (Volt)



Gambar 9.11 Grafik Arus Pengisian Baterai



Gambar 9.12 Grafik Tegangan Sel Surya



UNIT X

PENGUJIAN TAHANAN TANAH

A. Kompetensi Dasar

- i. Mahasiswa terampil dalam pengujian sistem pentanahan sesuai PUIL 2000.
- ii. Mahasiswa mampu menjelaskan sistem pentanahan.
- iii. Mahasiswa mampu menjelaskan konsep sistem pentanahan standar.
- iv. Mahasiswa mampu menyebutkan komponen utama sistem pentanahan.
- v. Mahasiswa mampu menjelaskan fungsi dan cara kerja grounding meter.
- vi. Mahasiswa mampu menjelaskan metode pengukuran tahanan pentanahan.
- vii. Mahasiswa mampu mengukur tahanan pentanahan dengan tepat.
- viii. Mahasiswa mampu membandingkan tegangan pentanahan antar sistem pentanahan yang baik dan yang tidak baik.

B. Dasar Teori

1. Definisi

Grounding adalah suatu jalur langsung dari arus listrik menuju bumi atau koneksi fisik langsung ke bumi. Dipasanginya koneksi grounding pada instalasi listrik adalah sebagai pencegahan terjadinya kontak antara makhluk hidup dengan tegangan listrik berbahaya yang terekspos akibat terjadi kegagalan isolasi. Dalam PUIL 2000 (PUIL : Persyaratan Umum Instalasi Listrik, saat ini edisi terakhir adalah tahun 2000), dipakai istilah pembumian, dan memiliki pengertian sebagai “penghubungan suatu titik sirkit listrik atau suatu penghantar yang bukan bagian dari sirkit listrik, dengan bumi menurut cara tertentu”.

2. Fungsi

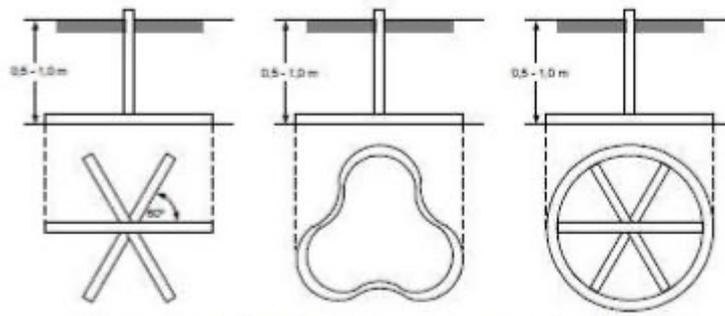
- a. Untuk tujuan keselamatan, seperti yang dijelaskan sebelumnya, grounding berfungsi sebagai penghantar arus listrik langsung ke bumi atau tanah saat terjadi tegangan listrik yang timbul akibat kegagalan isolasi dari system kelistrikan atau peralatan listrik. Contohnya, bila suatu saat kita menggunakan setrika listrik dan terjadi tegangan yang bocor dari elemen pemanas di dalam setrika tersebut, maka tegangan yang bocor tersebut akan mengalir langsung ke bumi melalui penghantar grounding. Dan kita sebagai pengguna akan aman dari bahaya kesetrum. Perlu diingat, peristiwa kesetrum terjadi bila ada arus listrik yang mengalir dalam tubuh kita
- b. Dalam instalasi penangkal petir, system grounding berfungsi sebagai penghantar arus listrik yang besar langsung ke bumi. Dalam prakteknya, pemasangan grounding untuk instalasi penangkal petir dan instalasi listrik rumah harus dipisahkan.
- c. Sebagai proteksi peralatan elektronik atau instrumentasi sehingga dapat mencegah kerusakan akibat adanya bocor tegangan.

3. Elektroda Bumi

Elektrode bumi ialah penghantar yang ditanam dalam bumi dan membuat kontak langsung dengan bumi. Penghantar bumi yang tidak berisolasi yang ditanam dalam bumi dianggap sebagai bagian dari elektrode bumi.

A. Jenis elektrode bumi

1. Elektrode pita ialah elektrode yang dibuat dari penghantar berbentuk pita atau berpenampang bulat, atau penghantar pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal. Elektrode ini dapat ditanam sebagai pita lurus, radial, melingkar, jala-jala atau kombinasi dari bentuk tersebut seperti pada Gambar 3.18-1, yang ditanam sejajar permukaan tanah dengan dalam antara 0,5 – 1.0 m.



Gambar 10.1 Cara Pemasangan Elektrode Pita

2. Elektrode batang ialah elektrode dari pipa besi, baja profil, atau batang logam lainnya yang dipancangkan ke dalam tanah.
3. Elektrode pelat ialah elektrode dari bahan logam utuh atau berlubang. Pada umumnya elektrode pelat ditanam secara dalam
4. Bila persyaratannya dipenuhi, jaringan pipa air minum dari logam dan selubung logam kabel yang tidak diisolasi yang langsung ditanam dalam tanah, besi tulang beton atau konstruksi baja bawah tanah lainnya boleh dipakai sebagai elektrode bumi.

4. Resistan dan Jenis Tanah

Nilai Resistans jenis tanah di tunjukan pada table dibawah ini

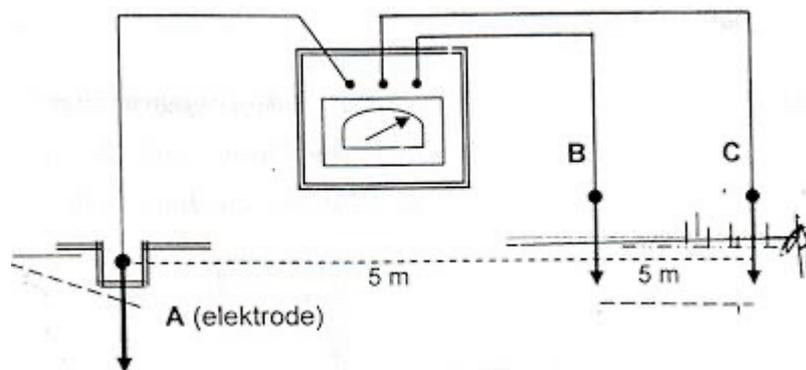
Jenis Tanah	Resistan Jenis Tanah r_t dalam ohm-m
Tanah rawa	10 – 40
Tanah liat dan tanah lading	20 – 100
Pasir basah	50 – 200
Kerikil basah	200 – 3000
Pasir/kerikil kering	< 1000
Tanah berbatu	2000 – 3000
Air laut dan air tawar	10 - 100

Salah satu parameter utama grounding adalah tahanan pentanahan. Dalam praktikum ini anda belajar mengukur tahanan pentanahan. Untuk mendapatkan nilai resistansi R dari elektroda pengentanahan haruslah mempunyai parameter yang meliputi :

1. Resistivitas tanah.
2. Resistivitas air tanah.
3. Dimensi elektorda pengentanahan.

5. Penggunaan Earth Tester

Pelaksanaan pengoperasian *Earth Tester* sbb: Probe (A) dihubungkan dengan electrode (di bak kontrol). Prob (B) dan (C) ditancapkan ketanah dengan jarak antara 5 - 10 m. Maka alat ukur akan menunjukan besar dari R -tanah, bagan pelaksanaan pengukuran tahanan pentanahan dapat dilihat pada gambar 8.1 berikut ini :



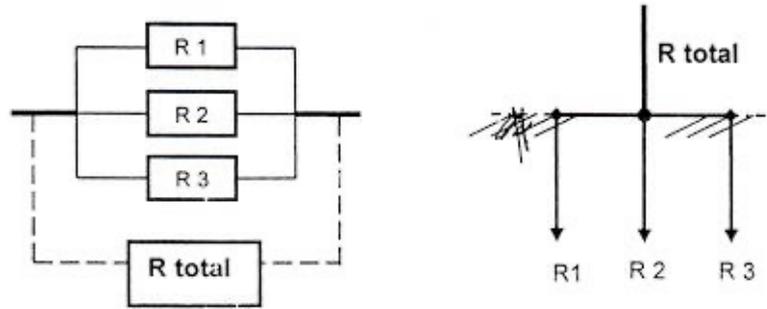
Gambar 10.2 Pengukuran nilai resistansi tanah

Elektrode B sering disebut sebagai electrode potensial karena membaca tegangan di titik electrode B, sedangkan electrode C adalah electrode arus karena berfungsi menginjeksi arus di titik electrode C.

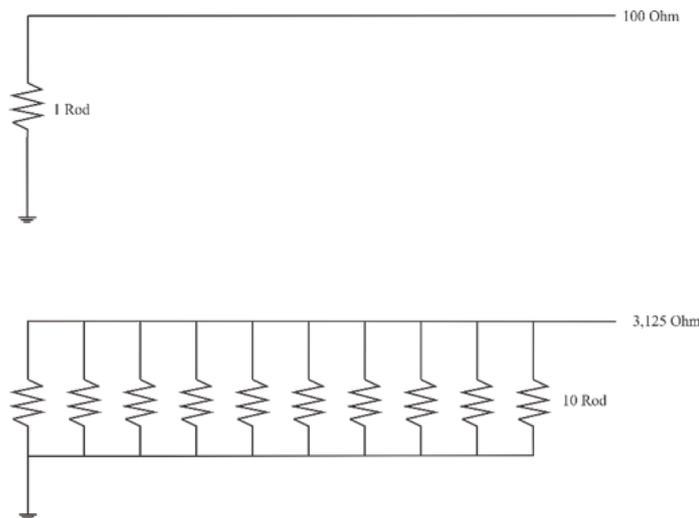


Pentanahan paling ideal apabila electrode mencapai sumber air atau R-tanah = 0. Standar besar R-tanah untuk electrode pentanahan ± 5 Ohm. Apabila belum mencapai 5 Ohm, maka electrode bisa ditambah dipasang diparalel.

Contoh: pemasangan electrode pertama (R1), setelah di ukur = 12 Ohm selanjutnya dinanam lagi electrode ke-2 (R2), diukur tahanan = 12 Ohm, maka besar tahan R1 diperoleh dengan $R2 = 6$ Ohm karena belum mencapai 5 Ohm, maka di tambahkan lagi electrode ke-3 (R3) sehingga dihasilkan tahanan pentanahan sebesar 4 Ohm, ilustrasinya sebagai berikut :



Gambar 10.3 Metode perhitungan tahanan pentanahan



Gambar 10.4 Ilustrasi penambahan jumlah ground mampu memperkecil tahanan pentanahan

Ada kendala ketika suatu saat kita membangun sistem ground, setelah diukur dengan *Earth Tester* nilai yang muncul 100 Ohm (maks), kalau acuan nya PUIL, mungkin anda diwajibkan menurunkan nya. Ada trik sederhana dengan menambah Rods sesuai dengan rumus mencari nilai 2 tahanan yang di paralelkan. (Rod dianalogikan sebagai tahanan). Kalau $100/100 = 50$ Ohm (2 Rod), $50/50 = 25$ Ohm (menjadi 4 rod), sehingga $25/25 = 12,5$ Ohm (menjadi 6 rod), lalu $12,5/12,5 = 6,25$ Ohm (menjadi 8 rod), karena nilainya dianggap bagus kalau nilia tahanan nya > 0 dan $< 5 > 6,25/6,25 = 3,125$ Ohm, maka jumlah rod yang dibutuhkan untuk menurunkan dari 100 Ohm ke 3,125 adalah 10 buah rod, setelah grounding ring dipastikan



terhubung sempurna kembali dengan *Earth Teter*, nilai tahanan harusnya sudah turun drastis.

Elektrode bumi selalu harus ditanam sedalam mungkin dalam tanah, sehingga dalam musim kering selalu terletak dalam lapisan tanah yang basah.

C. Alat dan Bahan

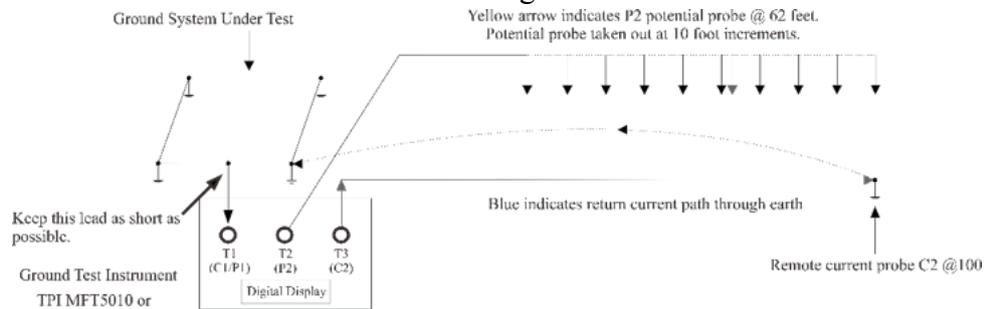
No.	Nama Alat	Jumlah	No.	Nama Alat	Jumlah
1	Ground / earth tester	1	1	Groaund rod	4
2	Linggis	1	2	Kabel BC	1
3	Ember dan aie	1	3	Klem	4
4	Tang		4		

D. Tugas Pendahuluan : Perencanaan Instalasi

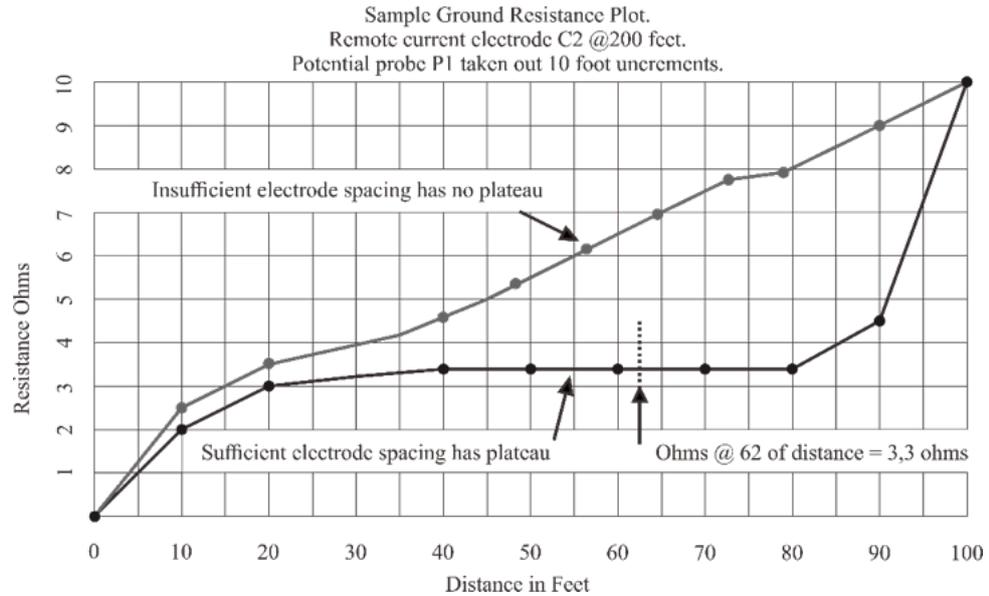
Buatlah resume tentang sistem pentanahan serta prinsip dasar *earth tester*.

E. Langkah Percobaan

1. Mengukur tahanan tanah.
 - a. Tanam 1 ground rod percobaan dilokasi yang anda pilih, catat kondisi tanahnya (berpasir, berbatu atau tanah liat).
 - b. Lakukan pengukuran dengan earth tester, catat hasilnya, lakukan jarak electrode B = 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 m, 6 m, 7 m, 8 m, 9 m, 10 m, dan electrode C = 10 m catat dalam lembar grafik.



Gambar 10.5 Contoh grafik yang sudah jadi



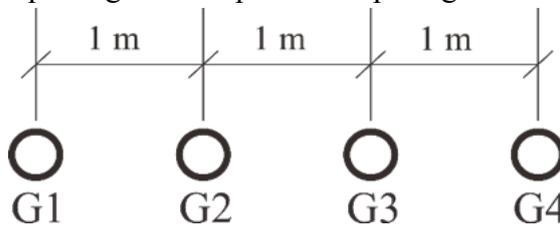
Gambar 10.6 Tahanan dianggap berada di 62% jarak

- c. Tambahkan 1 ground rod dengan jarak 5 m dari yang pertama dan dihubungkan ke electrode yang pertama tadi lalu lakukan pengukuran seperti pada langkah b.
 - d. Lepaskan electrode terakhir tadi, dengan hanya 1 elektrode saja, siram electrode tadi dengan air cukup sehingga basah, kemudian lakukan pengukuran tahanan tanah, catat hasilnya.
 - e. Lakukan untuk electrode kedua langkah seperti no 4, tapi disiram dengan air yang sudah dibubuhi garam, catat hasilnya.
2. Mengukur tahanan pentanahan terhadap letak ground rod.
 Pindahkan ground rod ketempat baru.
- a. Tancapkanlah ground (G1, G2, G3, dan G4) seperti pada gambar 8.6 dengan jarak masing masing 1 meter.
 - b. Lakukan langkah pengukuran tahanan pentnahannya, dengan cara :
 - Ukur tahanan pentanahan (dengan lokasi probe P2 dan probe C2 yang tetap) Sesuaikan gambar 8.6a(lurus); untuk G1, G2, G3, dan G4.
 - Hubungkan G1 dan G2 dengan kabel BC, ukur tahanan pentanahannya.
 - Hubungkan G1, G2, dan G3 dengan kabel BC ukur tahanan pentanahannya.
 - Hubungkan G1, G2, G3 dan G4 dengan kabel BC ukur tahanan pentanahannya.
 - Lepaskan kabel BC dari G3 dan G4 kemudian cabut G3 dan G4 dari tanah.
 - Tancapkanlah G3 dan G4 seperti pada gambar 8.6b.
 - Ukur tahanan pentanahan untuk G3 saja kemudian G4 saja, seperti pada langkah “a” di atas.

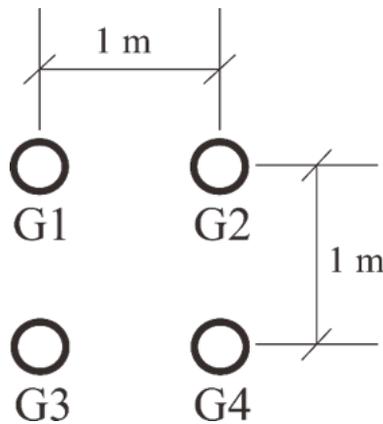


- Hubungkan G1, G2 dan G3 dengan kabel BC, ukkur tahanan pentanahannya.
- Hubungkan G1, G2, G3 dan G4 dengan kabel BC ukur tahanan pentanahannya.
- Lepaskan kabel BC dari G3 dan G4 kemudian cabut G3 dan G4 dari tanah.
- Tancapkanlah kembali G3 (atau G4) ke titik seperti pada gambar 8.6c.
- Ukur tahanan pentanahan untuk G3 saja (atau G4 saja), seperti pada langkah “a” di atas.
- Hubungkan G1, G2, dan G3 (atau G4) dengan kabel BC ukur tahanan pentanahannya.

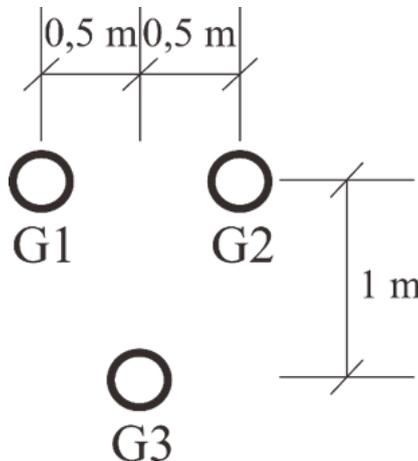
Gambar penempatan ground dapat dilihat pada gambar 8.6 berikut :



Gambar 10.7a



Gambar 10.7b



Gambar 10.7c



DAFTAR PUSTAKA

1. Fink, G. D., Beaty, W., 2000. *Standard Handbook for Electrical Engineers*, McGraw-Hill Int. Singapore.
2. Geoffrey, B., D. Cheyne, Vijayaraghavan, 2005. *Electrical Equipment and Installations in Hazardous Areas*, Elsevier.
3. Linsley, T., Mirza, S., 2004. *Instalasi Listrik Dasar (terjemahan)*, Erlangga, Jakarta.
4. Modul Praktikum Instalasi Listrik, Teknik Elektro Universitas Ahmad Dahlan, 2010.
5. Standar Nasional Indonesia, 2000. *Peraturan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*.
6. Van Harten, P., E. Setiawan, 2001. *Instalasi Listrik Arus Kuat jilid 1, 2, dan 3 (terjemahan)*, Cetakan kelima, Trimitra Mandiri.
7. Zuhail, 1991. *Dasar Tenaga Listrik*, Penerbit ITB, Bandung.



Lampiran 1

KESELAMATAN KERJA

Kecelakaan kerja adalah keadaan tidak terkendali yang menyebabkan cedera atau kerusakan terhadap individu atau properti. Kecelakaan hampir selalu dapat dihindari apabila prosedur dan metode pekerjaan yang benar diikuti. Kecelakaan hampir selalu dapat dihindari apabila prosedur dan metode pekerjaan yang benar diikuti. Untuk menghindari dari kecelakaan maka harus :

1. Mengikuti semua prosedur keselamatan (misalnya mematuhi tanda keselamatan).
2. Tidak meyalahgunakan atau mengganggu peralatan yang disediakan untuk kesehatan dan keselamatan.
3. Berpakaian sesuai aturan dan menggunakan peralatan perlindungan personal ketika diperlukan.
4. Bertindak tepat dan hati-hati.
5. Menghindari antusiasme berlebihan dan kebodohan.
6. Selalu waspada dan dalam kondisi fit.
7. Tidak menggunakan alcohol atau obat terlarang dalam bekerja.
8. Bekerja dalam tingkat kemampuan.
9. Mengikuti pelatihan keselamatan dan membaca literatur tentang keselamatan kerja.
10. Mengambil keputusan positif untuk bertindak dan bekerja dengan aman.

Bila mengetahui suatu situasi yang berbahaya dalam bekerja, langkah pertama adalah berusaha mengamankan bahaya tersebut dengan menggunakan metode yang tepat, atau tutup daerah tersebut. Lakukan hal tersebut hanya bila anda dapat melakukannya tanpa menyebabkan diri anda atau orang lain dalam bahaya. Langkah kedua adalah melaporkan situasi tersebut kepada pengawas.

Keamanan listrik

Aliran listrik pada tegangan di atas 50 V a.c dapat membunuh manusia dan ternak, sehingga harus diperlakukan dengan hati-hati. Sebagai teknisi listrik yang bekerja dalam instalasi dan peralatan listrik, harus selalu memastikan aliran listrik sudah dimatikan terlebih dahulu. Semua rangkaian harus dilengkapi dengan suatu alat pemutus dan harus diputuskan serta menguncinya sebelum pekerjaan dimulai untuk mencegah siapapun meyalakan aliran listrik kembali. Tanda bahaya “Teknisi sedang bekerja” dipasang pada alat pemutus tersebut.

Sengatan listrik

Sengatan listrik terjadi ketika seseorang menjadi bagian dari rangkaian listrik. Tingkat sengatan akan dipengaruhi oleh banyak factor, diantaranya umur, kebugaran, dan kondisi ketika terjadi sengatan tersebut. Pekerja/teknisi/seseorang yang mengalami sengatan listrik biasanya diakibatkan kelalaian atau keadaan yang tidak diketahui sebelumnya. Penting untuk mengetahui prosedur yang diperlukan jika hal tersebut terjadi. Tindakan tersebut adalah :

1. Matikan aliran listrik bila memungkinkan.



2. Lepaskan yang bersangkutan dari aliran listrik tanpa menyentuhnya secara langsung dengan tangan, misalnya menggunakan kayu, menarik dengan sehelai kain atau jaket.
3. Jika pernafasan dan jantung berhenti, segera hubungi tenaga professional dan layanan ambulance, karena tim paramedic telah mendapatkan latihan yang eksetensif serta memiliki peralatan khusus.
4. Lakukan pernafasan buatan atau menekan jantung (CPR) sampai pertolongan datang atau pasien pulih.
5. Rawat korban yang tersengat listrik.



Lampiran 2

INSPEKSI DAN TESTING

Semua instalasi baru harus dilakukan inspeksi dan pengujian sebelum disambungkan ke suplai utama, sedangkan instalasi yang ada harus dilakukan inspeksi dan pengujian secara periodik untuk memastikan instalasi tersebut dalam keadaan aman dan memenuhi peraturan yang berlaku. Prosedur test harus diikuti dengan hati-hati dan dalam urutan yang benar.

Inspeksi

Instalasi harus di inspeksi secara visual sebelum pengetesan di mulai. Tujuan dari inspeksi visual adalah memastikan bahwa semua peralatan dan asesoris tidak dan memenuhi standar yang berlaku, serta instalasinya juga terpasang dengan benar dan aman. Berikut ini daftar cek untuk inspeksi awal dari suatu instalasi :

No.	Item yang diinspeksi	Benar dan aman	Tidak sesuai	Keterangan
1	Sambungan penghantar			
2	Identifikasi warna penghantar			
3	Rute kabel pada zona aman			
4	Pemilihan ukuran konduktor			Terkait dengan arus maksimal dan drop tegangan
5	Sambungan peralatan satu kutub untuk proteksi saklar hanya pada penghantar fase saja			
6	Sambungan benar dari stop kontak, fitting lampu, peralatan dan asesoris			
7	Addanya perlindungan api, tutup dan perlindungan yang memadai terhadap efek panas			
8	Metode perlindungan terhadap kejutan listrik termasuk isolasi bagian "hot" dan peletakan nya jauh dari jangkauan			
9	Perlindungan terhadap pengaruh merusak, seperti korosi			
10	Keberadaan peralatan yang sesuai untuk isolasi dan saklar			
11	Pemilihan dan pemasangan peralatan proteksi			
12	Pelabelan rangkaian, sekering, saklar dan terminal			
13	Keberadaan diagram dan instruksi serta informasi yang serupa			



14	Metode pemasangan tepat			
15	Keberadaan peringatan tanda bahaya dan peringatan lainnya			
16	Akses yang memadai ke saklar dan peralatan			

Berikut ini adalah daftar cek, yaitu suatu petunjuk, tidak lengkap dan tidak rinci, serta harus digunakan untuk mengidentifikasi bagian yang relevan untuk inspeksi, yang kemudian dapat dikembangkan, seperti pada poin pertama, yaitu sambungan penghantar:

1. Apakah sambungan aman ?
2. Apakah sambungan benar ? (identifikasi warna penghantar)
3. Apakah kabelnya ditopang dengan baik, sehingga tidak ada regangan pada semua sambungan ?
4. Apakah isolasinya tidak rusak ?
5. Apakah isolasinya sampai tapi tidak masuk ke dalam sambungan ?

Pengujian

Sebelum suplai disambungkan, perludilakukan prosedur **Pengujian Tahanan Isolasi**, yaitu instalasi listrik diberi tegangan di atas tegangan nominalnya dengan alat ukur megger. Catatan : seluruh beban dilepas dari instalasi. Nilai tahanan isolasi minimal adalah 1000 x tegangan kerja untuk ruang kering, sedangkan untuk ruang basah minimal 100 x tegangan kerja.



LAMPIRAN FORMAT LAPORAN

1. Laporan di tulis tangan dengan tinta biru.
2. Kertas yang digunakan adalah HVS A4.
3. Garis Tepi minimal 2 cm
4. Ditulis dengan rapi dengan mengikuti susunan tata tulis laporan sebagai berikut.
 - a. Cover (Cover di print : lihat contoh cover laporan praktikum).
 - b. Judul
 - c. Tujuan (lihat Kompetensi dasar praktikum)
 - d. Dasar Teori (teori dasar pada praktikum bersangkutan)
 - e. Alat dan Bahan
 - f. Pembahasan
 - g. Tugas
 - h. Kesimpulan
 - i. Daftar Pustaka
 - j. Lampiran (lembar pengamatan dan data tambahan lainnya)
5. Gambar dan data lainnya yang tidak mungkin untuk ditulis, ditempelkan pada laporan.



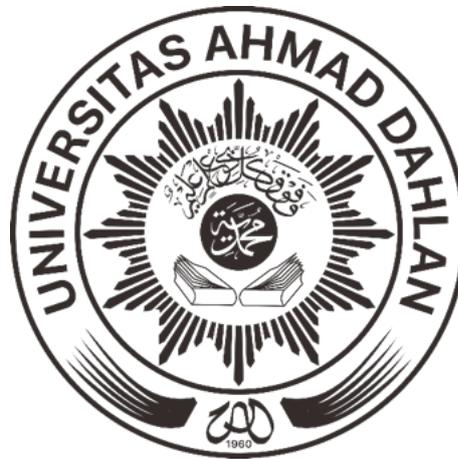
LAMPIRAN
CONTOH COVER LAPORAN

PRAKTIKUM V
PEMASANGAN INSTALASI LISTRIK PENERANGAN SATU FASE
MENGGUNAKAN SAKLAR TUKAR

LAPORAN PRAKTIKUM INSTALASI LISTRIK

Font 12, bold times new roman

font 18, Bold



6 x 6 cm

Disusun Oleh:
NAMA MAHASISWA
2100022XXX

Font12 Bold

LABORATORIUM OTOMASI DAN INSTALASI LISTRIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN
2023

Font 16 Bold



PRAKTIKUM V

PEMASANGAN INSTALASI LISTRIK PENERANGAN SATU FASE MENGUNAKAN SAKLAR TUKAR

A. Tujuan

Tuliskan tujuan praktikum disini, lihat dasar kompetensi terkait.

B. Dasar Teori

Tuliskan dasar teori terkait praktikum yang dilakukan.

C. Alat dan Bahan

Tuliskan alat dan bahan yang digunakan selama praktikum

D. Hasil dan Pembahasan

1. Percobaan 1: judul percobaan 1

Bahas dan tunjukkan data praktikum

2. Percobaan 2: judul percobaan 2

Bahas dan tunjukkan data praktikum

E. Tugas

1. Tugas 1

Bahas tugas 1 beserta data percobaan

2. Tugas 2

Bahas tugas 2 beserta data data percobaan

F. Kesimpulan

Berikan poin-poin kesimpulan

G. Daftar Pustaka

Tuliskan daftar pustaka yang benar:

Nama belakang, nama depan. (tahun). Judul. Penerbit: tempat penerbit

Contoh: Putriyanto, RD. (2017). *Petunjuk Praktikum Instalasi Listrik*. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan.

Jika dari laman *online*:

Nama belakang, nama depan. (tahun). Judul. Dikutip dari laman daring URL Diakses pada tanggal akses.

Contoh: Putriyanto, RD. (2017). *Belajar Instalasi*. Dikutip dari laman daring <http://web.uad.ac.id/belajar-instalasi.html> Diakses pada 17 Agustus 2022.

H. Lampiran

Lampirkan lembar pengamatan dan data pendukung lainnya.

TUGAS PENDAHULUAN		KETERANGAN	
		A4	NO.
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN	SKALA :	NAMA:	DISET:
	DIPER:		BAGN: