

TUGAS AKHIR

PEMBUATAN DUMMY LOAD TANK UNTUK PENGUJIAN BEBAN MAKSIMUM GENERATOR SINKRON 1,2 KVA 220 / 380 V



Disusun Oleh :

ANDI KURNIAWAN

03.52.041

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D-III
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Maret 2007**

LEMBAR PERSETUJUAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
PEMBUATAN DUMMY LOAD TANK UNTUK PENGUJIAN
BEBAN MAKSIMUM GENERATOR SINKRON 1,1 KVA 220 V




DISUSUN OLEH

NAMA : ANDI KURNIAWAN
NIM : 0352041
JURUSAN : T. ENERGI LISTRIK D-III

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro


H. CHOIKUL SALEH, MT.

Menyetujui
Dosen Pembimbing


Ir. M. ABDUL HAMID MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D-III
KONSENTRASI SISTEM TENAGA LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG 2007

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT atas limpahan rahmat dan hidayahnya sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan. Laporan ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan studi dikampus ITN Malang. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir Abraham Lomi, MSEE. Selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Choirul Shaleh, MT selaku ketua jurusan Teknik Elektro D-III ITN Malang.
3. Bapak Ir Abdul Hamid, MT selaku dosen pembimbing yang banyak meluangkan waktunya membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
4. Bapak Ir. Widodo Puji M, MT yang banyak memberikan saran – saran kepada penulis
5. Kedua orang tua tercinta, Kakak dan Seluruh keluarga yang telah memberikan dorongan dan bantuan moril maupun materil.
6. Seluruh rekan - rekan instruktur Lab. Konversi Energi Listrik yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Rekan – rekan seperjuangan yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa didalam penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran serta kritik yang bersifat membangun dari para pembaca sehingga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Malang, Maret 2007

Penulis

ABSTRAK

Judul Laporan Tugas Akhir “ Pembuatan Dummy Load Tank Untuk Pengujian Generator Sinkron 1,1 KVA 220 / 380 V “, oleh Andi Kurniawan, NIM 0352041, Dosen Pembimbing Ir. Abdul Hamid, MT.

Generator merupakan penghasil sumber tenaga listrik., Generator sebagai penghasil tenaga listrik yang harus selalu dikontrol dan diuji operasionalnya. Pengujian generator ini merupakan suatu hal yang terpenting dalam suatu perawatan generator.

Sedangkan untuk menguji output generator diperlukan beban. Ada banyak sistem pembebanan yang sering dipakai, yaitu dengan menggunakan rheostat (tahanan geser), tetapi dengan pembebanan ini mempunyai banyak kelemahan yaitu apabila digunakan untuk pengetesan - pengetesan generator yang berkapasitas besar akan kesulitan, karena diperlukan rheostat yang berkapasitas besar pula, dan untuk memperoleh kapasitas rheostat untuk dapat dialiri daya yang besar maka konstruksinya sangatlah mahal.

Untuk itu pada pengujian generator pada saat ini akan menggunakan Dummy Load Tank, diharapkan dengan merubah panjang elektroda yang tercelup nilai resistansinya akan berubah - ubah sesuai dengan yang diharapkan. Air mempunyai banyak keunggulan diantaranya harga yang murah, mudah didapat, dalam memperoleh resistansi dapat dilakukan dengan hanya merubah jarak elektroda yang tercelup atau dengan merubah panjangnya elektroda yang tercelup.

Kata Kunci : Elektroda, Dummy Load Tank, Generator Sinkron, Watt meter,

Ampere Meter, Volt meter

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR GRAFIK	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Landasan Teori	3
1.6 Sistematika Pembahasan	4
BAB II TEORI DASAR	5
2.1 Generator	5
2.1.1 Prinsip Kerja	5
2.1.2 Konstruksi	8
2.1.2.1 Rotor	9
2.1.2.2 Stator	10
2.1.2.3 Tegangan Yang Dibangkitkan	13

2.1.2.4 Penguatan / Eksitasi	14
2.2. Karakteristik	16
2.2.1 Karakteristik Tanpa Beban	16
2.2.2 Karakteristik Berbeban	17
2.2.3 Karakteristik Hubung Singkat	18
2.2.4 Karakteristik Regulasi Tegangan	20
2.3 Hukum Ohm	20
2.2.1 Rangkaian Seri	21
2.2.2 Rangkaian Paralel	21
2.2.3 Rangkaian Seri – Paralel	22
2.4 Motor Penggerak	23
2.4.1 Motor Induksi Satu Phasa	23
2.4.2 Motor Kapasitor Starting	24
2.4 Tombol Tekan (Push Button)	25
2.5 Relay	26
BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN DUMMY LOAD	
TANK	28
3.1 Umum	28
3.2 Spesifikasi Generator Untuk Perencanaan Dummy Load Tank	28
3.3 Spesifikasi Dan Konstruksi Dummy Load Tank	31
3.3.1 Kontruksi Penyangga Elektroda	31
3.3.2 Motor Induksi 1 Phasa	32
3.3.3 Panel Kontrol Dummy Load Tank	33
3.4 Konstruksi Keseluruhan	36

3.5 Konstriksi Kolam Air	40
3.6 Pembebanan Generator Dengan Dummy Load Tank	43
BAB IV PENGUJIAN ALAT	43
4.1 Pendahuluan	43
4.2 Pengukuran Resistansi Dummy Load Tank	43
4.2.1 Pengukuran Resistansi Dengan Merubah Diameter Elektroda Dummy Load Tank	43 44
4.2.2 Pengukuran Resistansi Dengan Merubah Jarak Elektroda Dummy Load Tank	57
4.2.2 Pengukuran Resistansi Dengan Merubah Volume Air pada Dummy Load Tank	80
4.3 Pengujian Generator Dengan Dummy Load Tank	90
4.3.1 Generator Diberi Arus eksitasi dan putaran tetap	90
4.3.2 Generator diberi Arus Eksitasi Dinaikkan dan Tegangan Tetap	93
BAB V KESIMPULAN	95
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN - LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda Dengan Panjang 50 cm diameter 250 mm	45
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Pengukuran Hambatan Elektroda Dengan Panjang 50 cm diameter 250 mm	50
Tabel 4.3 Hasil Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda Dengan Panjang 50 cm diameter 7,8 mm	51
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Pengukuran Hambatan Elektroda Dengan Panjang 50 cm diameter 7,8 mm	56
Tabel 4.5 Hasil Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda Dengan Jarak 20 cm diameter 250 cm	58
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Pengukuran Hambatan Elektroda Dengan Jarak 20 cm diameter 250 mm	63
Tabel 4.7 Hasil Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda Dengan Jarak 7,5 cm diameter 250 cm	64
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Hambatan Elektroda Dengan Jarak 7,5 cm diameter 250 mm	68
Tabel 4.9 Hasil Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda Dengan Jarak Titik Pusat 20cm diameter 7,8 mm	69
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Pengukuran Hambatan Elektroda Dengan Jarak Titik Pusat 20 cm diameter 7,8 mm	73
Tabel 4.11 Hasil Pengukuran Hambatan Elektroda Dengan Jarak Titik Pusat 7,5 cm diameter 7,8 mm	74

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Hambatan Elektroda Dengan Jarak Titik Pusat 7,5 cm diameter 7,8 mm	79
Tabel 4.13 Hasil Percobaan Hambatan Elektroda Dengan Volume 158.400 cm ³ diameter elektroda 250mm	80
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Pengukuran Hambatan Elektroda Dengan Volume 158.400 cm ³ diameter elektroda 250mm	84
Tabel 4.15 Hasil Percobaan Hambatan Elektroda Dengan Volume 136.800 cm ³ diameter elektroda 250mm	85
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Hambatan Elektroda Dengan Volume 136.800 cm ³ diameter elektroda 250mm	89
Tabel 4.17 Hasil Percobaan Generator Diberi Arus Eksitasi dan Putaran Tetap	90
Tabel 4.18 Hasil Percobaan Generator Diberi Arus Eksitasi dan Putaran Tetap	92
Tabel 4.19 Hasil Percobaan Generator Diberi Arus Eksitasi dinaikkan dan Putaran Tetap	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Generator Kumputan Tunggal Yang Membangkitkan GGL	6
Gambar 2.2 Kurva Penunjukan Perubahan GGL Yang Dihasilkan Dalam Kumputan Yang Berputar	7
Gambar 2.3 Generator Kutub Dalam	8
Gambar 2.4 Rotor Kutub Silinder	9
Gambar 2.5 Rotor Type Kutub Tonjol	10
Gambar 2.6 Sistem Generator Empat Kawat	10
Gambar 2.7 Diagram Phasor Yang Menunjukkan Hubungan Antara Phasa dan Saluran.....	11
Gambar 2.8 Hubungan Delta.....	12
Gambar 2.9 Diagram Phasor Yang Menunjukkan Hubungan Antara VPdan VL	12
Gambar 2.10 Kurva Percobaan Tanpa Beban	16
Gambar 2.11 Diagram Phasor (a); Beban dengancos $\phi = 1$	19
Gambar 2.12 Rangkaian Resistor Seri	21
Gambar 2.13 Rangkaian Resistor Paralel	21
Gambar 2.15 Rangkaian Ekuivalen Motor Capacitor	24
Gambar 2.16 Push Button Normally Open	26
Gambar 2.17 Push Button Normally Close	26
Gambar 2.18 Relay Dua Kutub	27
Gambar 3.1 Generator Sinkron 1,1 KVA beserta Prime Movernya	30

DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.1 Kurva Penunjukan Perubahan GGL Yang Dibangkitkan Dalam Kumparan Yang Berputar	7
Grafik 2.2 Karakteristik Percobaan Berbeban	17
Grafik 2.3 Karakteristik Hubung Singkat	18
Grafik 2.3 Karakteristik Motor Kapasitor	25

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Generator merupakan perangkat listrik yang paling vital, hal ini disebabkan karena generator penghasil sumber tenaga listrik.

Tenaga listrik akan dihasilkan oleh generator yang digerakkan oleh penggerak mula, pada saat ini sangat banyak dan bervariasi dari jenis penggerak mula yang ada diantaranya : turbin air, turbin uap, diesel, nuklir dan lain – lain.

Generator sebagai penghasil tenaga listrik yang harus selalu dikontrol dan diuji operasionalnya, dalam hal ini pengontrolan dan pengujian tersebut menyangkut apakah suatu generator bekerja dalam keadaan memenuhi nominal (besaran outputnya) atau tidak. Pengujian generator ini merupakan suatu hal yang terpenting dalam suatu perawatan generator. Sedangkan untuk menguji output generator diperlukan beban. Ada banyak sistem pembebanan yang sering dipakai, yaitu dengan menggunakan rheostat (tahanan geser), tetapi dengan pembebanan ini mempunyai banyak kelemahan yaitu jika dipakai akan timbul panas dan merubah karakteristik tahanan tersebut dan apabila digunakan untuk pengetesan – pengetesan generator yang berkapasitas besar akan kesulitan, karena diperlukan rheostat yang berkapasitas besar pula, dan untuk memperoleh kapasitas rheostat untuk dapat dialiri daya yang besar maka konstruksinya sangatlah mahal.

Untuk itu pada pengujian generator pada saat ini akan divariasikan dengan menggunakan air, diharapkan dengan merubah panjang elektroda yang tercelup nilai resistansinya akan berubah – ubah sesuai dengan yang diharapkan. Air mempunyai banyak keunggulan diantaranya harga yang murah, mudah didapat, dalam memperoleh resistansi dapat dilakukan dengan hanya merubah jarak elektroda yang tercelup atau dengan merubah panjangnya elektroda yang tercelup.

1.2 Batasan Masalah

Untuk lebih mendekati pokok permasalahan dalam penulisan laporan akhir ini, maka perlu memperkecil ruang lingkup dan batasan masalah yang akan dibahas. Sesuai dengan judul laporan akhir ini yaitu :

**PEMBUATAN DUMMY LOAD UNTUK PENGUJIAN BEBAN
MAXIMUM GENERATOR SINKRON 1,1 KVA 220 V DI
LABORATORIUM KONVERSI ENERGI LISTRIK ITN MALANG.**

Maka laporan Tugas Akhir ini akan membahas masalah :

1. Dummy load untuk pembebanan generator sinkron
2. Pengaruh volume air pada tangki apabila volume air dirubah – rubah terhadap ketinggian permukaan air dari dasar terhadap besar resistansi
3. Pengaruh besar diameter elektroda yang digunakan terhadap resistansi
4. Pengaruh jarak antar elektroda yang digunakan terhadap resistansi

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah untuk merencanakan dan membuat Dummy Load Tank.

1.4 Ruang Lingkup

Sebelum melakukan pengujian, maka harus terlebih dahulu mengetahui tentang peralatan akan yang diuji yaitu generator, Untuk itu pada laporan ini penulis membahas tentang teori dari generator sinkron, perencanaan dan pembuatan dummy load, dan pengujian alat ini.

1.5 Landasan Teori

Untuk menunjang terselesaikannya perencanaan pembuatan alat ini maka penulis membaca beberapa referensi untuk tinjauan pustaka, yang terdiri dari :

1. Buku – buku Tugas Akhir

2. Buku mesin serempak

Abdul Kadir, Sumanto, Sukardjo, sentot subagio

3. Buku mesin dan rangkaian listrik

Euglene C Lister

4. Referensi Buku – buku dan sumber lainnya.

1.6 Sistematika Pembahasan

Pada Tugas Akhir ini akan dibagi menjadi 5 Bab yang akan dibahas yaitu :

1. BAB I

Berisi tentang pemaparan latar belakang, batasan masalah, tujuan, ruang lingkup, metodologi dan sistematika pembahasan.

2. BAB II

Berisi tentang landasan teoritis yang membahas masalah garis besar mengenai tinjauan umum generator sinkron, yaitu prinsip kerja, konstruksi, tegangan yang dibangkitkan, penguatan (eksitasi), karakteristik dan prinsip pengujian generator

3. BAB III

Perencanaan dan Pembuatan Dummy Load untuk generator Sinkron 1,1 KVA

4. BAB IV

Berisi tentang Pengujian dan analisa

5. BAB V

Kesimpulan dan Saran

BAB II

TEORI DASAR

2.1 Generator

Generator di Lab. Mesin listrik adalah generator sinkron yang mempunyai kapasitas 1,1 KVA dan tegangan nominalnya 220 / 380 V (tegangan line to line hubungan bintang / delta). Generator ini digunakan untuk melakukan percobaan di Lab. Konversi Energi listrik.

2.1.1 Prinsip kerja

Generator merupakan alat yang digunakan untuk merubah energi gerak menjadi energi listrik. Energi gerak tersebut merupakan energi putar untuk menjalankan generator tersebut berasal dari motor listrik yang dikopel dengan poros generator atau sering disebut dengan alternator. Prinsip kerja generator sinkron ini adalah berdasarkan induksi elektromagnet dari hukum faraday yang menyebutkan bahwa jika sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah – ubah terhadap waktu, maka dalam kawat penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik (GGL) sebesar

$$e = -N\left(\frac{d\phi}{dt}\right) \dots\dots\dots [1]$$

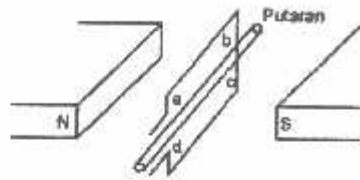
dengan e = Gaya Gerak Listrik (GGL) dalam Volt

ϕ = Fluksi magnet dalam Weber

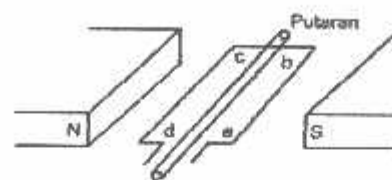
N = Jumlah lilitan

$$\left(\frac{d\phi}{dt}\right) = \text{besar fluks per detik}$$

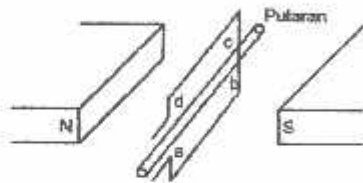
Hal tersebut diatas sesuai dengan percobaan faraday.



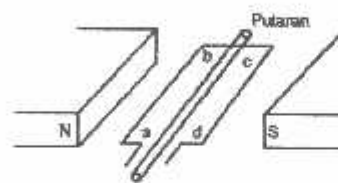
Gambar a. Kumparan posisi 90°



Gambar b. Kumparan posisi 180°



Gambar c. Kumparan posisi 270°



Gambar d. Kumparan posisi 360°

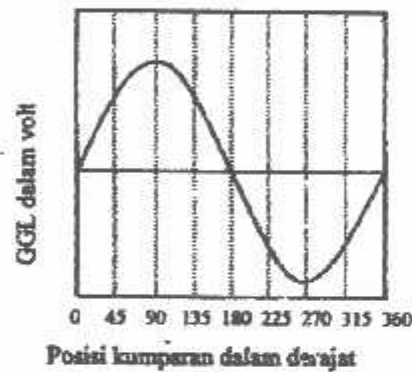
Gambar 2.1 Generator Kumparan Tunggal Yang membangkitkan GGL [2]

Pada saat kumparan pada posisi vertikal seperti gambar a, tetapi kumparan bergerak parallel terhadap garis gaya, sehingga fluksi yang dilingkupi kumparan tidak berubah berarti tidak ada GGL yang dibangkitkan pada posisi ini disebut posisi netral.

Ketika kumparan diatur searah jarum jam dengan kecepatan konstan tepi kumparan mulai memotong medan, pada mulanya perlahan dengan laju bertambah secara perlahan – lahan maka GGL yang dibangkitkan akan bertambah dengan berputarnya kumparan keposisi 180° (Gambar b.) pada saat ini GGL yang dibangkitkan berharga maksimum.

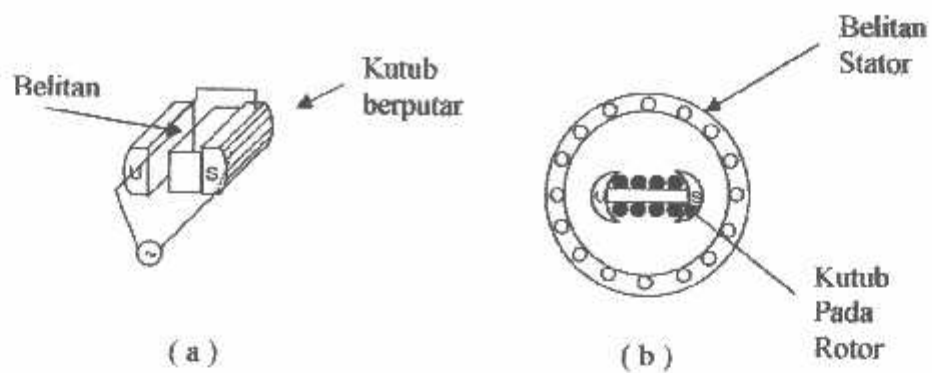
Jika kumparan tersebut melewati 90° , laju pemotongan konduktor melalui medan berkurang perlahan – lahan menyebabkan berkurangnya besarnya GGL yang dibangkitkan perlahan – lahan berkurang. Ketika kumparan berada di posisi 270° atau dalam bidang netral lagi dan GGL yang dibangkitkan kembali nol seperti gambar c.

Bila kumparan diputar kembali sebesar 90° maka GGL induksi akan berharga maksimum lagi (Gambar d). Perbandingan gambar a dan b menunjukkan arah GGL yang dibangkitkan digambarkan untuk sejumlah posisi dilalui oleh kumparan dalam satu kumparan didapat kurva seperti gambar 3 :



Grafik 2.1 Kurva menunjukan perubahan GGL yang dibangkitkan dalam kumparan yang berputar. [2]

Pada generator sinkron dilaboratorium 1,1 KVA kumparan pembangkit terletak pada bagian yang diam (stator). Sedangkan kutub yang menimbulkan medan magnet terletak pada bagian yang berputar (Rotor), Generator ini disebut generator kutub dalam.



Gambar 2.2 Generator kutub dalam [1]

Apabila motor diputar oleh penggerak mula, dan kumparan medan diberi tegangan DC, maka kumparan medan yang terletak pada rotor yang berputar akan membangkitkan medan magnet yang terletak pada rotor yang berputar akan membangkitkan medan magnet dan medan magnet tersebut akan menerpa batang konduktor yang berada pada jangkar sehingga pada jangkar yang terletak di stator akan timbul GGL induksi. Tegangan yang timbul pada kawat jangkar ini akan disuplay ke jala – jala (rangkaian luar) melalui terminal yang berada pada stator.

2.1.2 Konstruksi

Generator Sinkron terbagi menjadi 2 bagian utama yaitu bagian yang berputar disebut sebagai rotor dan bagian yang diam disebut stator. Generator Pada laboratorium Konversi Energi Elektris mempunyai daya 1,1 KVA, kumparan medan terletak pada rotor sedangkan belitan pembangkit (jangkar) terletak pada Stator. Konstruksi generator ini umumnya digunakan untuk generator besar karena :

1. Menyederhanakan masalah isolasi generator AC, sebab tegangan ini tidak perlu dikeluarkan melalui cincin slip, akan tetapi langsung dikeluarkan langsung ke alat penghubung melalui kawat berisolasi dari jangkar yang diam.
2. Apabila daya yang dihasilkan sangat besar sehingga jika lilitan jangkar diletakkan di rotor maka membutuhkan cincin slip yang besar untuk mengeluarkan tegangan. Mengingat rotor adalah bagian yang berputar maka cincin – cincin slip tadi akan mudah aus selain itu percikan bunga api yang dihasilkan akan membahayakan konstruksi dari sikat.

2.1.2.1 Rotor

Type Rotor terdiri dari 2 jenis, yaitu :

a. Rotor Silinder

Rotor silinder merupakan salah satu rotor yang digunakan untuk putaran tinggi sebab konstruksi dari rotornya mampu menahan tekanan pada kecepatan tinggi yang umumnya digunakan oleh generator turbo dengan kecepatan 3600 rpm. Untuk lebih jelas gambaran konstruksi rotor type silinder maka lihat gambar :



Gambar 2.43, Rotor type kutub silinder. [4]

b. Rotor Kutub Tonjol

Pada kecepatan yang tinggi kutub tonjol tidak dapat digunakan sebab rotor jenis ini tidak mampu menahan tekanan pada kecepatan tinggi. Rotor jenis ini umumnya digunakan pada kecepatan rendah atau menengah.



Gambar 2.4, Rotor tipe kutub tonjol. [3]

2.1.2.2 Stator

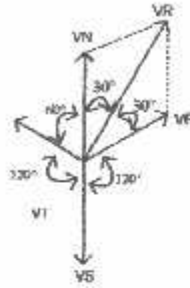
Pada Generator 3ϕ , Terminal – terminalnya mempunyai 2 macam penyambungan (hubungan) yaitu hubungan bintang (Y) dan segitiga (Δ). Hubungan (Y) adalah paling umum digunakan karena langsung memberikan tegangan tinggi dan kawat netral dapat dikeluarkan bersama sehingga saluran membentuk sistem empat kawat tiga fasa.



Gambar 2.5. Sistem generator empat kawat [3]

Pada hubungan bintang, ujung – ujung akhir kumparan yang dikeluarkan pada terminal dihubungkan menjadi satu. Jadi misalnya ujung R, S, T dihubungkan menjadi satu titik netral.

Untuk mengetahui tegangan yang keluar di stator hubungan Y pada generator perlu diketahui diagram fasornya.



Gambar 2.6. Diagram fasor yang menunjukkan hubungan antara fasa dan saluran [2]

Tegangan antara setiap dua terminal saluran dari generator yang terhubung bintang (Y) adalah selisih antara kedua terminal terhadap netral. Pada gambar diatas tegangan saluran VRS sama dengan tegangan R terhadap netral (VRN) dikurangi tegangan S terhadap netral (VSN) dan kemudian menjumlahkan fasor ini pada VAN, kedua fasor VRN dan panjangnya sama dan berbeda 60° . Dari sini bahwa VRS sama dengan VAN ataupun VSN.

$$V_L = \sqrt{3} V_P = 1,73 V_P \dots\dots\dots 2$$

Sedangkan untuk mengetahui hubungan dalam generator hubungan Y, diketahui bahwa :

$$I_L = I_P \dots\dots\dots 3$$

Hal ini disebabkan karena arus yang mengalir keluar ke kawat dari terminal generator R, S , T harus mengalir dari titik netral N keluar melalui kumparan generator.

Untuk hubungan segitiga, ujung – ujung akhir yang dikeluarkan dari kumparan yang dikeluarkan kotak terminal dihubungkan dengan ujung – ujung mula dari kumparan fasa berikutnya. Misalkan ujung X dihubungkan dengan V, ujung Y dihubungkan dengan W dan Ujung Z dihubungkan dengan U, sehingga pada hubungan Δ ini akan keluar 3 kawat.

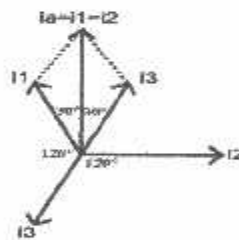


Gambar 2.7. Hubungan Segitiga . [2]

Untuk mengetahui tegangan pada Generator hubungan delta

$$V_L = V_P \dots\dots\dots 4$$

Pengamatan dari diagram menunjukkan bahwa tegangan yang dibangkitkan dalam setiap fasa sama dengan tegangan liniernya. Sedangkan untuk mengetahui besarnya arus dalam generator hubungan Δ perlu diketahui diagram fasornya.



Gambar 2.8 Diagram fasor yang menunjukkan hubungan antara V_P dan V_L [2]

Arus fasa dalam hubungan delta adalah I1, I2, dan I3 ditunjukkan pada gambar 14. Untuk menentukan arus dalam setiap kawat saluran, perlulah menjumlahkan fasor arus yang mengalir dalam kedua fasa dimana kawat saluran tersebut dihubungkan.

$$I_A = I_1 + (-I_3) \dots\dots\dots 5$$

Karena I1 dan -I3 merupakan fasor yang besarnya sama dan berbeda 60°, maka jumlah fasornya adalah $\sqrt{3}$ kali harga I1 atau -I3, oleh sebab itu dalam hubungan delta

$$I_L = \sqrt{3} I_P \dots\dots\dots 6$$

2.1.3 Tegangan yang dibangkitkan

Suatu generator akan membangkitkan tegangan induksi dimana tegangan induksi tersebut berasal dari interaksi antara medan magnet yang berputar dengan kumparan jangkar pada stator. Harga rata - rata (E_r) yang dibangkitkan oleh interaksi medan magnet dan jangkar per kawat, jika rotor berputar satu kali yaitu 60/N detik dan jangkar terpotong oleh fluksi ϕ P weber sehingga $d\phi$ dan $dt = 60/N$ detik adalah sebesar :

$$E_P = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{\Phi P}{60/N} = \frac{\Phi NP}{60} \text{ volt} \dots\dots\dots 7$$

dimana harga N dinyatakan

$$N = \frac{F}{P/2} \text{ per detik atau } N = \frac{60F}{P/2} \text{ per menit sehingga}$$

$$N = \frac{120F}{P} \dots\dots\dots 8$$

dari persamaan 7 dan 8 dapat disubstitusikan

$$Er = \frac{\Phi P 120 F}{60 P}$$

$$Er = 2\Phi F \dots\dots\dots 9$$

Pada persamaan 9 tersebut merupakan tegangan per kawat yang dibangkitkan oleh generator sedangkan harga Er per fasa = $2F\Phi$ Volt $\dots\dots\dots 10$

Dimana Z adalah jumlah kawat. Harga Z dapat dicari dari persamaan

$$Z = 2T \dots\dots\dots 11$$

Dimana T = Jumlah sisi kumparan

$$\text{Sehingga harga } Er \text{ per fasa} = 4F\Phi T \dots\dots\dots 12$$

Sedangkan harga efektif dari GGL yang timbul adalah :

$$E_{eff} = 4k_b F\Phi T \text{ volt} \dots\dots\dots 13$$

Dimana k_b merupakan factor bentuk dengan harga 1,11 sehingga

$$E_{eff} = 4,44 F\Phi T \text{ Volt} \dots\dots\dots 14$$

2.1.4 Penguatan (Eksitasi)

Pada saat generator AC mencapai kecepatan sinkron oleh penggerak mula, medan dieksitasi dari tegangan DC. Ketika jangkar berputar dibawah stator maka garis gaya magnet (fluksi) akan memotong stator dan akan menginduksikan GGL bolak – balik ke terminal.

$$Er = 4,44 F\Phi T \dots\dots\dots 15$$

$$\text{Sedangkan } F = \frac{NP}{120} \dots\dots\dots 16$$

$$\text{Maka } E_r = \frac{4,44NP\Phi T}{120} \dots\dots\dots 17$$

Karena harga $\frac{4,44NP}{120}$ nilainya konstan dan dapat dimisalkan dengan C

sehingga persamaan 12 dapat ditulis :

$$E_r = C N \Phi \dots\dots\dots 18$$

Besarnya fluksi yang dihasilkan tergantung pada

$$\Phi = BA \dots\dots\dots 19$$

dimana B = rapat fluksi

$$A = \text{Luas Penampang}$$

$$\text{Dan rapat fluksi } B = \mu H \dots\dots\dots 20$$

Dengan μ = permeabilitas dalam henry/m

$$H = \text{Kuat medan Ampere /m}$$

Jika ada arus yang mengalir pada kawat penghantar sebesar 1 Ampere, maka

$$\text{besarnya kuat medannya adalah } H = \frac{NI}{l} \dots\dots\dots 21$$

Hasil substitusi dari persamaan 19, 20, 21 didapat

$$\Phi = \frac{\mu NIA}{l} \dots\dots\dots 22$$

secara umum Φ (fluksi) tergantung dari besarnya arus yang mengalir berdasarkan sumber arus penguatan (eksitasi) dilaboratorium Konversi Energi elektrik generator menggunakan penguatan terpisah, yaitu arus eksitasinya berasal dari sumber lain, dimana sumbernya berupa tegangan DC.

2.1.5 Karakteristik

2.1.5.1 Karakteristik Tanpa Beban

Karakteristik tanpa beban menggambarkan hubungan antara tegangan jepit sebagai fungsi arus kemagnetan dimana generator dalam keadaan tanpa beban dan putaran tetap. Karakteristik tanpa beban dari generator diperoleh berdasarkan pengukuran tegangan tanpa beban (E_o), apabila arus eksitasi (I_f) berubah dari nol sampai batas tertentu. Dengan memutar alternator pada kecepatan sinkron dan rotor diberi arus eksitasi (I_f), maka pada stator akan timbul tegangan induksi (E_o).

Fluksi hanya dihasilkan oleh arus eksitasi I_f apabila arus eksitasi (I_f) diubah – ubah harganya, akan diperoleh harga E_o seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.9 Kurva Percobaan dan Tanpa Beban [5]

Keterangan

ab = tahanan arus medan yang diperlukan untuk daerah jenuh

R_a = tahanan Stator

X_a = Reaktansi Bocor

E_a = Keadaan Tanpa Beban

2.1.5.2 Karakteristik Berbeban

Karakteristik berbeban dari suatu generator merupakan penggambaran dari hubungan tegangan jepit (V) sebagai arus kemagnetan (I_m) dimana beban generator berubah dan jumlah putaran tetap

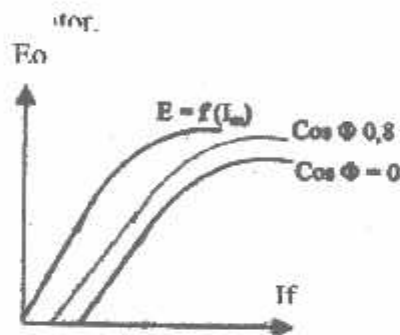
V = Tegangan berbeban

I_m = Arus kemagnetan

ZI = Impedansi beban

N = Jumlah putaran generator permenit (rpm)

Dibawah ini adalah penggambaran karakteristik percobaan berbeban dar



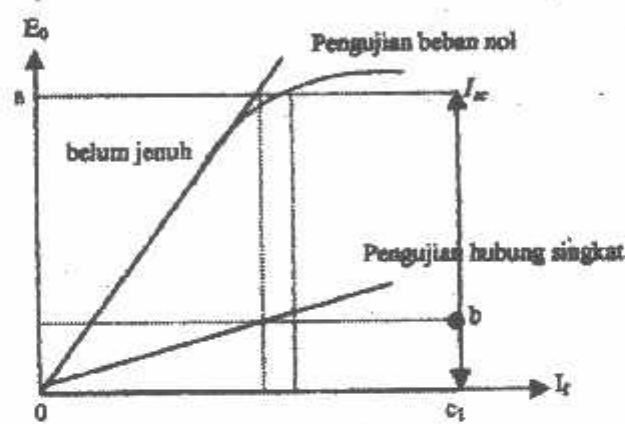
Grafik 2.2 karakteristik percobaan berbeban [3]

Bila $\cos \phi$ beban berubah, dengan sendirinya penggambaran karakteristik berbeban akan berubah pula. Disini yang perlu diperhatikan adalah penggambaran karakteristik berbeban dengan $\cos \phi = 0$, dimana lengkung ini sejajar dengan lengkung tanpa beban akibatnya pengaruh reaksi jangkarnya juga minimum. Lengkung akan semakin tegak bila $\cos \phi$ semakin kecil (beban induktif).

2.1.5.3 Karakteristik Hubung Singkat

Untuk melihat karakteristik hubung singkat dilakukan suatu percobaan dengan menaikkan arus penguat pada rotor dan kecepatan diatur dalam kondisi konstan sesuai dengan name plate sehingga akan didapatkan arus di rotor dan kecepatan diatur dalam kondisi konstan sesuai dengan name plate sehingga akan didapatkan arus distator. Semakin besar arus penguatan maka semakin besar pula arus distatornya.

Dari pengujian hubung singkat dan beban nol didapatkan grafik seperti dibawah ini



Grafik 2.3 hubung singkat dan beban nol [5]

Selain reaktansi sinkron juga terdapat impedansi sinkron. Impedansi sinkron ini digunakan untuk mencari regulasi tegangan. Dalam mencari harga impedansi diperoleh dari persamaan

$$Z_s = \sqrt{R^2 + XL^2} \dots\dots\dots 23$$

$$\cos \alpha = \frac{R}{Z_s} \dots\dots\dots 24$$

Z_s = Impedansi Sinkron

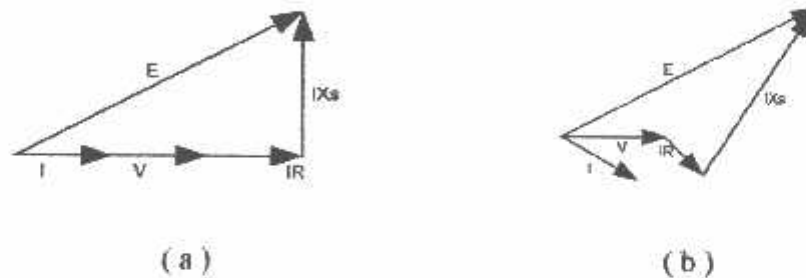
X_s = Reaktansi Sinkron

R = Tahanan Sinkron

$\cos \alpha$ = Beda sudut antara R dan Z_s

Jika harga $R < X_s$ maka $Z = X_s$

Dalam generator AC Penurunan tegangan karena reaktansi lilitan atau reaktansi sinkron harus diperhitungkan. Maka GGL E yang dibangkitkan generator AC sama dengan tegangan terminal ditambah penurunan tegangan IR maupun IXL .



Gambar 2.10 Diagram fasor (a) Beban dengan $\cos \phi = 1$

(b) beban dengan $\cos \phi = 0,8$ [2]

Diagram fasor pada gambar 16 (a). GGL E yang dibangkitkan adalah penjumlahan fasor tegangan terminal V_t , Penurunan tegangan IR yang sefasa dengan arus I , dan penurunan tegangan IXL yang mendahului I sebesar 90° .

Diagram fasor pada gambar 16 (b) menggambarkan generator dengan arus beban tertinggal $36,8^\circ$ (factor daya = $0,8$ tertinggal) terhadap V_t , GGL E dapat diperoleh dari jumlah fasor V_t , Penurunan tegang IXL dalam lilitan jangkar.

2.1.5.4 Karakteristik Regulasi Tegangan

Beban ditambahkan pada generator AC dengan kecepatan konstan dan eksitasi pada medan yang telah diatur agar memperoleh tegangan nominal di terminal, kemudian beban dilepas dan kecepatan diatur pada kondisi konstan lagi maka perubahan tegangan akan bergantung pada rancangan mesin dan factor daya beban. Persen Regulasi tegangan (pada factor daya tertentu)

$$V_r = \frac{\text{Tegangan tanpa beban} - \text{tegangan beban penuh}}{\text{Tegangan beban penuh}} \times 100\%$$

Faktor – faktor yang mempengaruhi pengaturan generator adalah sebagai berikut :

1. Penurunan tegangan IR pada lilitan jangkar
2. Penurunan tegangan IXL pada lilitan jangkar
3. Reaksi jangkar (pengaruh magnetisasi dari arus jangkar)

2.2 HUKUM OHM

Hukum ohm menyatakan bahwa arus yang mengalir pada suatu rangkaian adalah sama dengan tegangan (emf) dibagi dengan resistansi yang terdapat pada rangkaian. Hukum ini ditemukan oleh Georg Simon Ohm pada tahun 1826, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

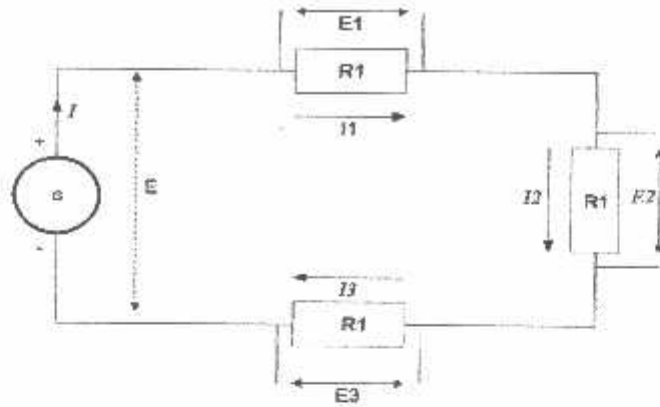
$$I = \frac{E}{R} \dots\dots\dots 25$$

dimana ; I = Arus (Ampere)

E = emf (Volt)

R = Resistansi, (Ohm)

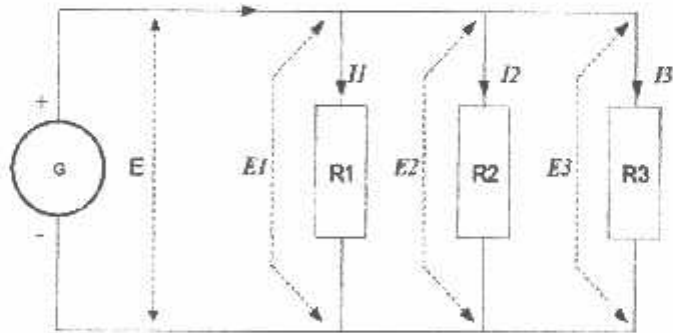
2.2.1 RANGKAIAN SERI



Gambar 2.11 Rangkaian Resistor Seri [2]

- Pada rangkaian seri seperti pada gambar diatas arus yang mengalir melalui tahanan adalah sama. $I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots\dots\dots$
- Untuk tegangan totalnya adalah jumlah jumlah dari tegangan pada masing – masing bagian pada rangkaian $E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots\dots\dots$
- Resistansi total pada rangkaian seri ini adalah jumlah keseluruhan hambatan yang terdapat pada rangkaian $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots\dots\dots$

2.2.2 RANGKAIAN PARALEL

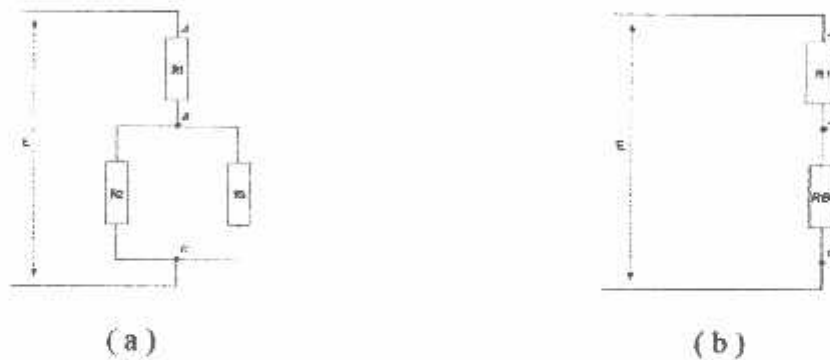


Gambar 2.12 Rangkaian Resistor Paralel [2]

- Total arus yang mengalir pada suatu rangkaian paralel ini adalah jumlah seluruh arus pada tiap tiap percabangan, $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$
- Tegangan pada rangkaian paralel ini adalah sama pada tiap tiap percabangan adalah sama $E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$
- Total dari hambatan pada suatu rangkaian pada rangkaian ini adalah jumlah dari bilangan resiprok pada nilai hambatan tersebut,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

2.2.3 RANGKAIAN RESISTOR SERI – PARALEL



Gambar 2.13 (a) rangkaian seri parallel, (b) rangkaian pengganti [2]

Pada rangkaian tersebut $R_{bc} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$

$$R = R_{bc} + R_1$$

2.3 Motor Penggerak

2.3.1 Motor Induksi Satu Fasa

Motor induksi satu fasa umumnya digunakan untuk keperluan daya yang kecil. Selain bentuknya yang sederhana dan harganya relative murah, motor induksi satu fasa banyak digunakan pada peralatan rumah tangga seperti kipas angin, mesin bor, mesin pendingin, pompa air dan lain – lain.

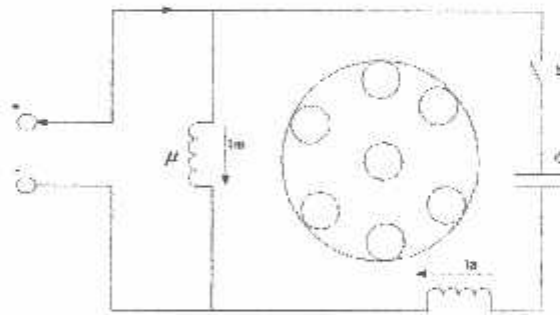
Pada prinsipnya konstruksi motor induksi satu fasa sama dengan motor induksi tiga fasa jenis rotor sangkar. Seperti telah diketahui bahwa kumparan stator tiga fasa bila dihubungkan dengan sumber tegangan listrik bolak – balik akan menghasilkan suatu medan magnet yang berputar terhadap ruang. Medan putar inilah yang mendasari prinsip motor induksi. Sedangkan untuk fasa tunggal tidak menghasilkan medan putar. Sumber tegangan bolak – balik yang sinusoid menghasilkan fluks yang sinusoid pula. Fluks yang sinusoid ini hanya menghasilkan fluks (medan) pulsa saja dan bukan fluks yang berputar terhadap ruang.

Fluks yang dihasilkan berupa komponen fluks arah setengah maju untuk setengah periode pertama dan fluks arah mundur untuk setengah periode berikutnya yang berlangsung secara kontinyu. Hal ini mengakibatkan kedudukannya terhadap ruang seolah – olah tetap. Kedua komponen fluks tersebut menghasilkan kopel yang besarnya sama dan berlawanan arah. Dengan demikian kopel – kopel tersebut memiliki kemampuan menggerakkan rotor dengan arah maju mundur. Tetapi pada keadaan start kemampuan motor untuk arah maju sama dengan kemampuan gerak mundurnya, oleh sebab itu tetap saja diam. Untuk starting motor

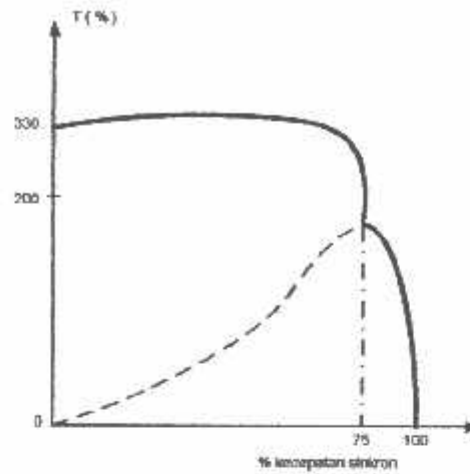
induksi fasa tunggal ini diperlukan alat Bantu starting dengan memberikan kopel maju atau bias juga sedikit kopel mundur sehingga rotor akan berputar mengikuti resultan kopelnya.

2.3.2 Motor Kapasitor Starting

Merupakan jenis dari motor induksi I fasa, dengan dipasangnya kapasitor dengan kumparan Bantu, akan diperoleh beda fasa sebesar 90° antara arus kumparan utama I_m dan arus kumparan Bantu I_a (I_a terdahulu $90^\circ I_m$), dan karenanya diperoleh kopel mula yang lebih besar. Berbagai peralatan rumah tangga seperti kompresor, pompa mesin pendingin yang memerlukan kopel mula yang relative besar, sehingga kapasitor motor cocok untuk digunakan.



Gambar 2.14 Rangkaian Ekuivalen Motor Kapasitor [5]



Grafik 2.4 Karakteristik motor kapasitor, [5]

2.4 Tombol Tekan (Push Button)

Tombol tekan ini pada prinsipnya sama dengan saklar. Biasanya digunakan untuk pengendalian atau pengaturan peralatan, Biasanya tombol tekan tidak terhubung langsung dengan beban, melainkan sebagai kendali komponen listrik lainnya, seperti relay, timer dan lain lain. Terdapat dua jenis tombol Push Button yaitu Normally Open (NO) dan Normally Closed (NC). Dimana pada kontak No dalam keadaan normal terbuka tetapi pada kontak NC dalam keadaan normal tertutup / terhubung.

Dalam pengoperasian tombol tekan dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu tombol tekan sesaat dan tombol tekan pengunci. Tombol tekan sesaat bekerja bila tombolnya ditekan dan akan kembali normal bila tombolnya kembali dilepas. Sedangkan tombol tekan berpengunci bila

ditekan tombolnya dan selama itu akan dipertahankan, walaupun tombolnya dilepas. Hal ini disebabkan konstruksi dari jenis ini dilengkapi dengan pengunci mekanis. Untuk kembali keposisi semula harus ditekan sekali lagi.



Gambar 2.15. Push Button Normally Open



Gambar 2.16. Push Button Normally Closed

2.5 Relay

Relay merupakan salah satu jenis saklar magnetic yang dapat memutuskan atau menghubungkan kontak – kontak dengan arus listrik. Sebuah relay terdiri dari satu kumparan dan inti yang mana bila dialiri arus kumparan tersebut akan menjadi magnet dan menutup atau membuka kontak – kontak yang dimilikinya. Keuntungan dari relay adalah dapat menghubungkan daya yang besar dengan memberi daya yang kecil pada kumparannya.

Jenis dari relay ada dua macam yaitu Ac dan relay DC, sebuah sengkang dipasang pada inti belitan kumparan, jika ada arus yang mengalir,

inti akan menjadi magnet dan jangkar tertarik. Pada jangkar terpasang pegas spiral sehingga jangkar akan kembali jika arus diputuskan. Relay memiliki 2 macam kontak yaitu NO dan NC. Dalam praktek kontak – kontak relay tidak hanya dua atau empat, tetapi sampai 24 kontak yang merupakan kombinasi dari kontak NO dan NC.

Dalam pemilihan suatu relay harus diketahui sifat dari relay tersebut, yaitu :

- Arus kerja apakah arus AC atau DC
- Hambatan tergantung dari banyaknya lilitan dari penampang lilitan, dimana nilainya mulai dari $1\ \Omega$ - $50.000\ \Omega$
- Arus tarik, agar jangkar dapat tertarik harus diperhitungkan arus tarik kumparan
- Tegangan tarik, tegangan yang diperlukan sepanjang kumparan agar dapat menarik jangkar (hasil kali arus dan hambatan)
- Jenis dan jumlah kontak, yaitu kontak penghubung dan kontak pemisah
- Kemampuan hantar arus kontak, yaitu batas kumparan suatu kontak untuk menghantarkan suatu arus secara terus menerus tanpa menimbulkan kerusakan.
- Tegangan maksimal, yaitu tegangan terbesar yang mampu dikenakan pada kontaknya dipengaruhi oleh jarak kontaknya.



Gambar 2.18. Relay dua kutub

BAB III

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN DUMMY LOAD TANK

3.1 UMUM

Sebelum melakukan pengujian generator maka harus terlebih dahulu mengetahui prinsip kerja peralatan yang diuji. Hal ini bertujuan untuk menghindari adanya kesalahan kesalahan dalam proses pengujian yang akan menyebabkan kerusakan atau kesalahan data atau pada sistem yang ada.

3.2 SPESIFIKASI GENERATOR UNTUK PERENCANAAN DUMMY LOAD

Generator Sinkron di Laboratorium Konversi Energi Listrik memiliki daya 1,1 KVA dengan eksitasi terpisah dan untuk menghubungkan sumber eksitasi tersebut menggunakan cincin slip. Generator tersebut diputar oleh motor DC sehingga untuk mengatur kecepatan generator ini dapat merubah tegangan yang masuk ke kumparan jangkar motor DC. Untuk mengatur keluaran tegangan pada generator digunakan pengaturan eksitasi yang diberikan ke generator melalui terminal eksitasi yang terdapat pada generator sinkron, untuk mencapai frekuensi output generator sebesar 60 Hz maka generator harus diputar dengan kecepatan 3000 rpm. Adapun name plate dari generator di Laboratorium konversi Energi Listrik adalah sebagai berikut :

Nomor seri	DL 1026 A
Trade Mark	De Lorenzo
Tegangan Nominal	220 V – 380 V Δ / Y
Arus Armatur	2,9 / 1,7 Ampere Δ / Y
Daya Output	1,1 KVA
Faktor Daya	0,8
Kecepatan	3000 rpm
Tegangan Field	175 Volt
Arus Field	0,42 Ampere
Kelas Isolasi	F
Kelas Proteksi	IP 44

Penjelasan name plate generator :

a. Tegangan Nominal 220 / 380 Δ / Y

Pada saat generator dihubungkan Δ maka besarnya tegangan nominal yang dibangkitkan adalah sebesar 220 V dan pada saat generator dihubungkan Y maka besarnya tegangan 380 V.

b. Arus Armatur 2,9 / 1,7 Ampere Δ / Y

Pada saat hubungan Δ arus nominal agar generator dapat bekerja dengan baik adalah sebesar 2,9 Ampere, dan pada saat hubungan Y generator dapat bekerja dengan baik adalah sebesar 1,7 Ampere

c. Daya Output 1,1 KVA, Power Factor 0,8

Dalam pembuatan generator pertama kali ternyata dihasilkan daya sebesar 1,1 KVA dengan power factor sebesar 0,8

d. Kecepatan 3000 rpm

Untuk dapat menghasilkan frekuensi sebesar 60 Hz, maka generator ini harus diputar sebesar 3000 putaran per menit

e. Tegangan Field 175 Volt, Arus Field 0,42 Ampere

tegangan eksitasi maksimal dari generator tersebut adalah sebesar 175 V DC dan arus eksitasi maksimalnya adalah 0,42 Ampere.

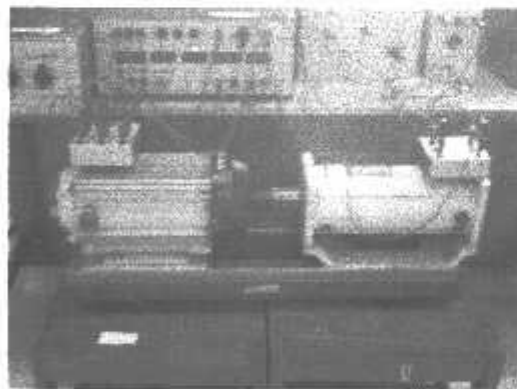
f. Kelas Isolasi F

Standar isolasi yang dipergunakan pada generator tersebut adalah Isolasi kelas F

g. Derajat Proteksi IP 44

Standar perlindungan yang dipergunakan pada generator tersebut adalah IP 44

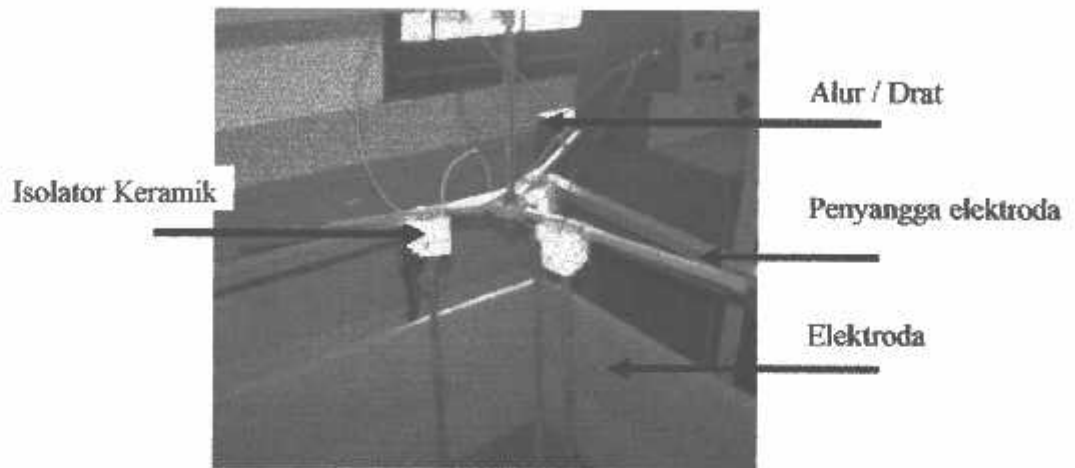
Berikut ini adalah gambar dari generator sinkron 1,1 KVA beserta prime movernya yang akan dibebani dengan menggunakan Dummy Load Tank :



Gambar 3.1 Generator Sinkron 1,1 KVA beserta Prime Mover

3.3 SPESIFIKASI DAN KONSTRUKSI DUMMY LOAD TANK

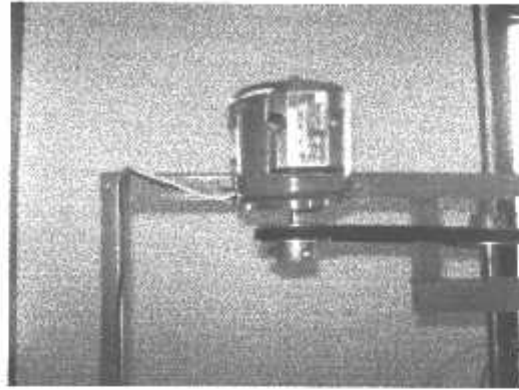
3.3.1 KONSTRUKSI PENYANGGA ELEKTRODA



Gambar 3.2 Konstruksi elektroda

Pada konstruksi penyangga elektroda ini terbuat dari besi, untuk menghasilkan jarak yang sama antara tiap – tiap elektroda dibuat berbeda 120 derajat, dengan jarak yang sama pada saat elektroda dicelupkan ke air diharapkan mempunyai perbedaan besar tahanan yang tidak terlalu besar antara tiap tiap celupan dan beban masing – masing fasa dapat seimbang. Pada penyangga elektroda ini terdapat isolator keramik yang dapat menahan tegangan sampai 500 V, tujuan dari penggunaan isolator keramik ini adalah untuk menyekat antara elektroda dengan penyangganya, sehingga output dari generator tidak terhubung dengan tiang pancang.

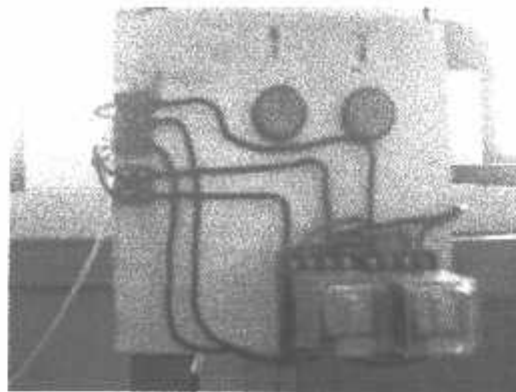
3.3.2 MOTOR INDUKSI 1 PHASA



Gambar 3.3 Motor Starting Kapasitor

Motor yang digunakan adalah motor induksi 1 phasa jenis starting kapasitor, motor ini digunakan untuk menggerakkan dua buah puli untuk mengangkat dan menurunkan elektroda, motor ini menyerap daya 125 W, pada tegangan 220 V dan arus nominal 1,4 A.

3.3.3 PANEL KONTROL DUMMY LOAD



Gambar 3.4 Panel Kontrol Dummy Load

Motor starting kapasitor dapat dibalik putarannya dengan cara membalik koneksi antara fasa - netral dengan kutub - kutub pada kapasitor. Panel control ini terdiri dari :

➤ Dua Buah Push Button

Sama fungsinya dengan saklar, alat ini digunakan untuk mengalirkan dan memutuskan tenaga listrik, kontak kedua Push button ini semuanya normally open (NO), alat ini tidak dilengkapi dengan pengunci mekanik, sehingga untuk menentukan berapa lama motor harus berjalan atau berhentinya motor dengan cara menahan tombol push button tersebut, alat ini dihubungkan dengan kumparan relay, sehingga alat ini hanya memberikan suplay pada kumparan relay.

➤ Dua Buah Relay 220 V Merk Omron Beserta Soketnya

Masing masing relay mempunyai kontak berupa dua buah kontak NC dan dua buah kontak NO, relay ini digunakan untuk memberikan tegangan untuk motor, masing – masing relay mempunyai tugas yang berlawanan, satu untuk arah maju, sedangkan yang satu untuk arah mundur. Selain itu relay ini berfungsi sebagai pelindung, bila push button arah maju ditekan relay arah maju akan mematikan supply ke push button arah mundur, sehingga meskipun arah mundur ditekan pada saat push button arah maju ditekan maka tidak akan mempengaruhi system, demikian pula sebaliknya, sehingga kerusakan pada motor dapat dihindari.

➤ Terminal kabel

Terminal kabel ini digunakan sebagai alat untuk menyambung / menghubungkan dua buah kabel.

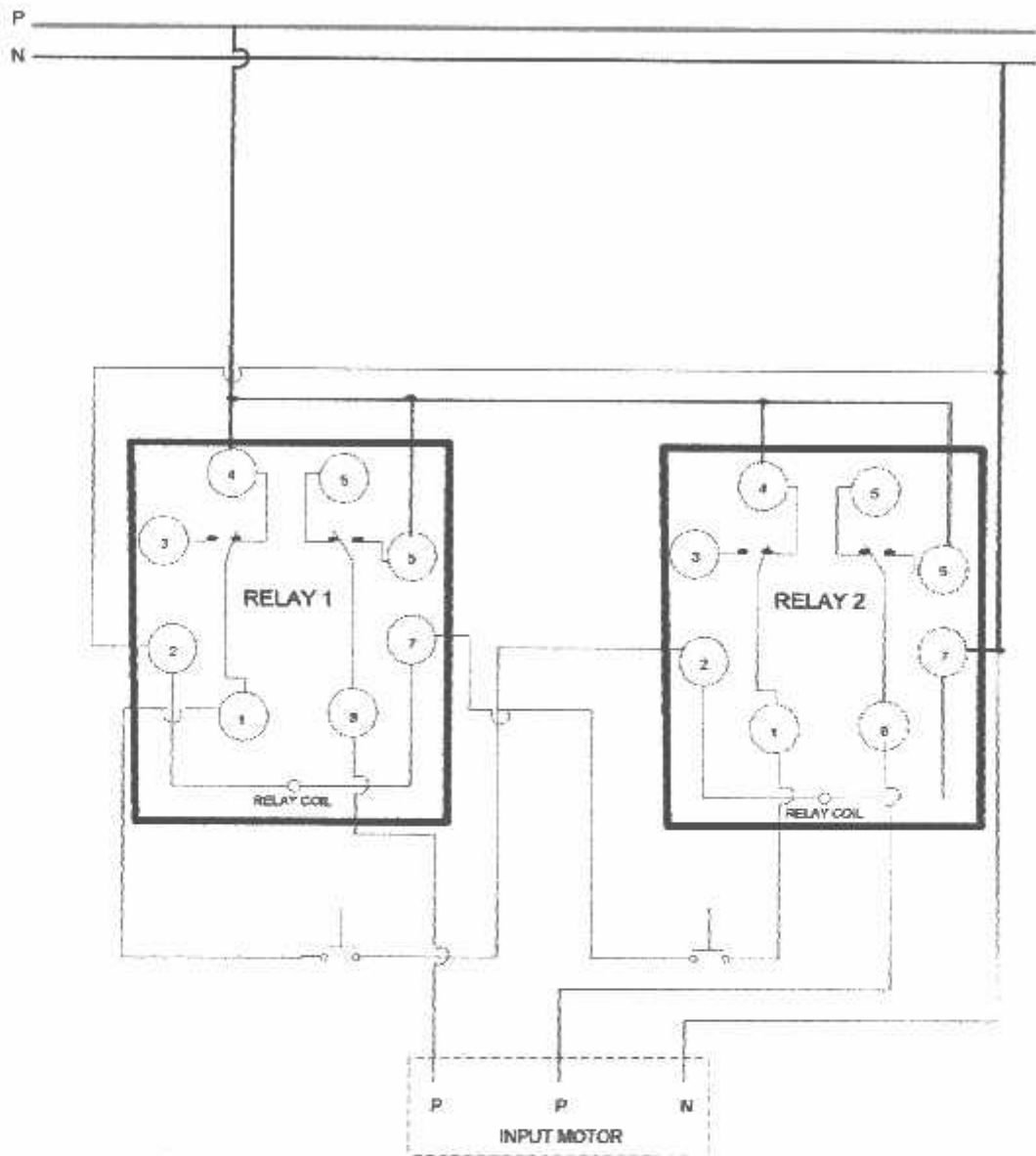
➤ Kabel NYA 1,5 mm²

Pada table daya hantar arus, kabel ini dapat menghantarkan dengan nilai pengaman nominal 10 A, dari name plate motor, motor tersebut mempunyai arus nominal 1,4 A dengan nilai pengaman nominal ini terlihat kabel tersebut mampu untuk dialiri tegangan, dengan arus tersebut.

➤ Papan PCB

Pada peralatan control ini, memakai PCB yang terbuat dari papan kayu berukuran 20 cm X 20 cm

Wiring diagram rangkaian control motor starting kapasitor ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.5 Wiring Diagram Panel Kontrol Dummy Load Tank

3.4 KONTRUKSI KESELURUHAN

Konstruksi alat ini terdiri dari besi sikon untuk tiang pancang tangki, tangki penampung air yang terbuat dari semen yang dicetak, alur besi untuk rel naik turun elektroda, motor starting kapasitor, panel control untuk mengontrol motor, dan penyangga elektroda yang semua bagian bagiannya dapat terlihat pada gambar berikut ini :



Gambar 3.6 Konstruksi Dummy Load Tank

Massa dari konstruksi dummy load tank ini adalah kurang lebih yang dapat diuraikan dibawah ini :

1. Motor starting Kapasitor beserta puli dan belt	=	5 Kg
2. Tiang pancang	=	25 Kg
3. Semen cetak	=	70 Kg
4. Alur / Drat dengan panjang 1 meter	=	0,5 Kg
5. Tiga buai elektroda berdiameter 7,8 mm	=	0,5 Kg
6. Tiga buah elektroda berdiameter 2,5 cm	=	3 Kg
7. Penyangga Elektroda beserta isolator	=	<u>0,5 Kg</u> +
Berat Total sebelum terisi air	=	105,5 Kg

Untuk menghubungkan daya output setelah penghantar, maka dipergunakan 3 buah elektrode yang dimasukkan kedalam air, Elektrode tersebut pada percobaan menggunakan bahan aluminium. Jarak electrode satu dengan yang lainnya dapat ditentukan berdasarkan perhitungan, untuk mencari jarak tersebut maka kita terlebih dahulu mengetahui mengenai berapa nilai resistansi yang diperlukan agar generator tersebut dapat mengeluarkan arus nominalnya seperti pada name plate dan pada tegangan kerja tersebut, nilai resistansi tersebut dapat dicari :

$$S = 1,1 \text{ KVA}$$

$$\text{Tegangan Nominal } 220 \text{ V} - 380 \text{ V } \Delta / Y$$

Dengan hubungan pada generator delta karena digunakan untuk mensuplai beban yang diasumsikan delta maka nilai resistansi yang diperlukan adalah :

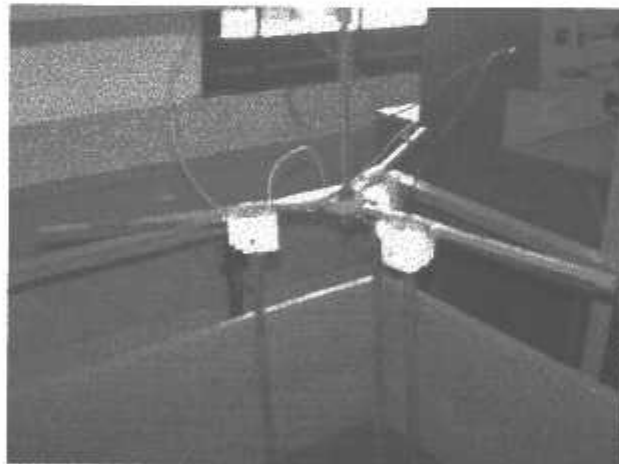
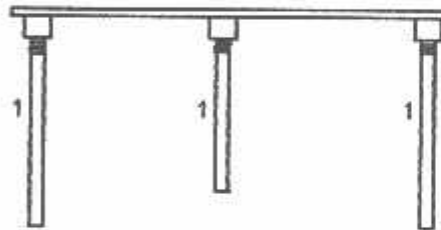
$$S = \sqrt{3}VI \quad S = \sqrt{3}\frac{V^2}{R}$$

$$R = \sqrt{3}\frac{V^2}{S}$$

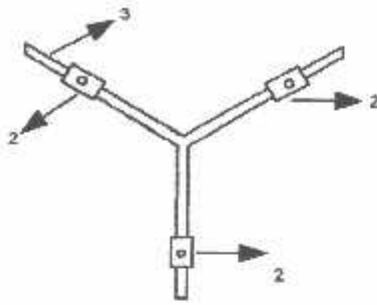
$$R = \sqrt{3}\frac{220^2}{1100}$$

$$R = 76,12 \Omega$$

Agar besarnya arus yang disedot oleh beban pada saat pengujian tersebut seimbang maka konstruksi dari elektroda dibuat berbeda 120° listrik untuk mempermudah atau memperjelas lihat gambar 3.1 dan 3.2



Gambar 3.7. Konstruksi Elektrode



Gambar 3.8 Konstruksi Penyangga elektroda

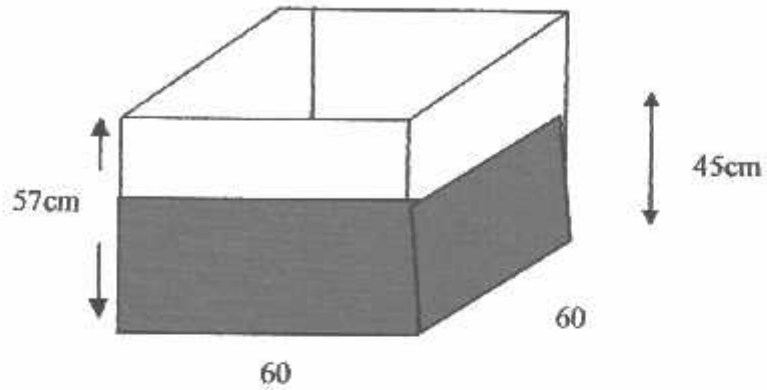
Keterangan gambar 3.1 dan 3.2

1. Elektrode
2. Isolator
3. Penyangga

Diameter elektroda yang digunakan adalah $15,7 \text{ mm}^3$ dan elektroda ini dilengkapi dengan isolator yang terbuat dari keramik, untuk merubah kedalaman elektroda yang tercelup elektroda tersebut digerakkan oleh motor 1 phasa, motor tersebut dapat dikontrol dari panel yang menempel pada dummy load.

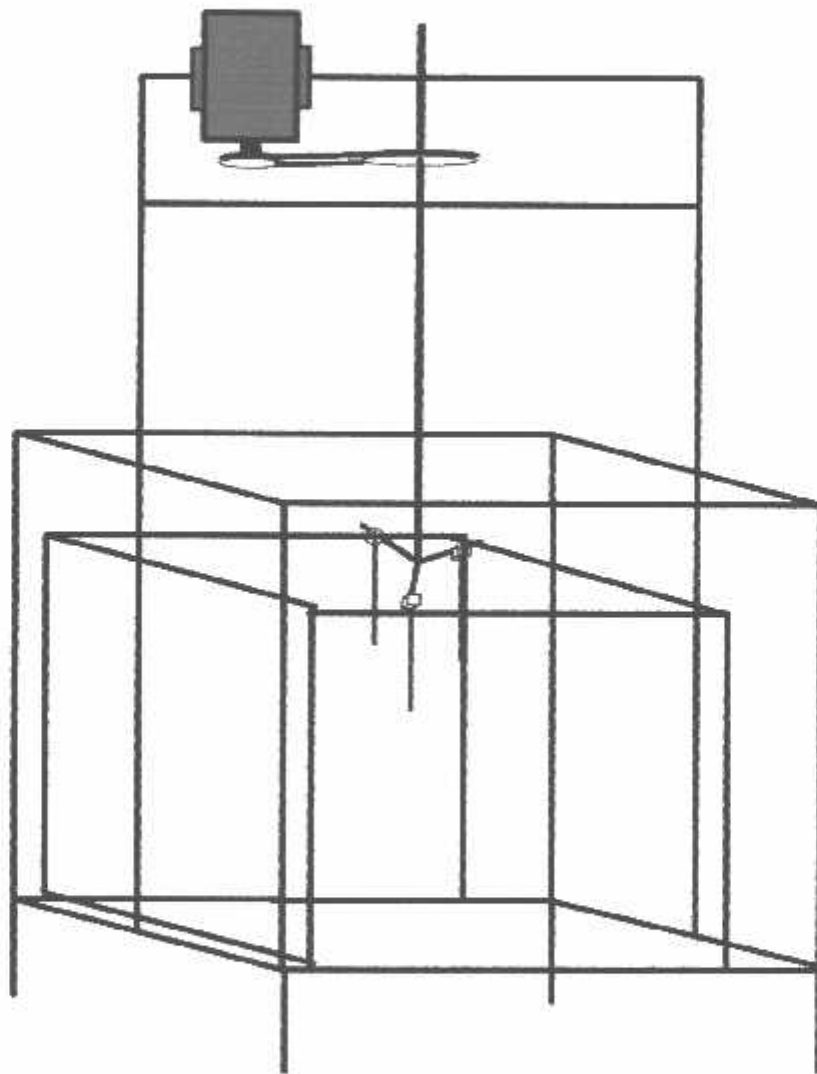
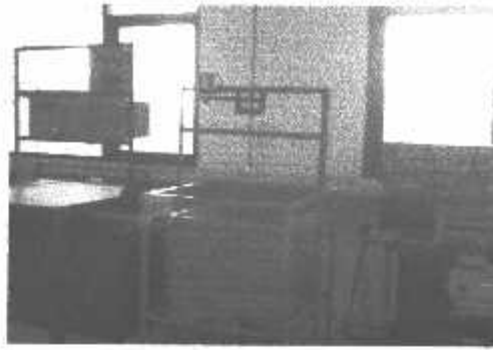
3.4 Konstruksi Kolam Air

Kolam air berbentuk kubus berukuran 60 cm X 60 cm X 60 cm, kolam tersebut terbuat dari semen yang dicetak, konstruksi dari kolam tersebut adalah seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.9 Bak Penampung Air

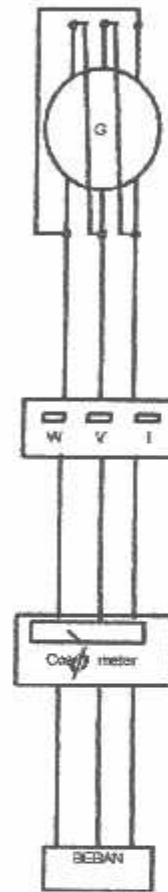
Secara keseluruhan konstruksi dari beban dapat digambarkan seperti gambar dibawah ini :



Gambar 3.10 Konstruksi keseluruhan dari Dummy Load

3.5 PEMBEBANAN GENERATOR DENGAN DUMMY LOAD

Generator pada percobaan ini dapat dihubungkan bintang maupun delta, pengawatan dari Dummy load sampai ke alat ukur menggunakan tiga buah kabel dengan luas penampang 1,5 mm dan panjang penghantar yang digunakan dari terminal sampai ke beban sepanjang 3 m. sebagai penghantar phasa R, S, T.



Gambar 3.11 Diagram Pengawatan dari Pembebanan Generator Dengan Dummy Load Tank

BAB IV

PENGUJIAN ALAT

4.1 PENDAHULUAN

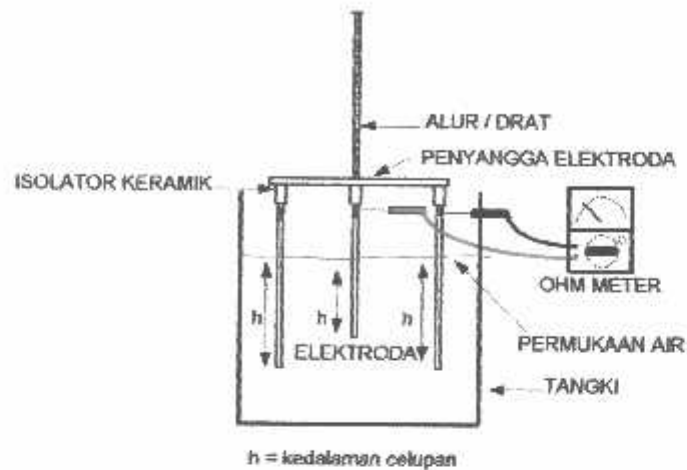
Pada waktu pengujian alat ini, akan divariasikan beberapa jenis percobaan berdasarkan volume air tangki, panjang elektroda, jarak elektroda dari titik pusat. Panjang dan lebar dinding adalah 67 cm, untuk menghasilkan volume air yang berbeda maka dilakukan penambahan dan pengurangan air, sehingga volume air dapat diatur. Elektroda yang digunakan terbuat dari besi dengan diameter yang berbeda, pada alat ini terdapat dua buah elektroda yang mempunyai diameter berbeda, yaitu 7,8 mm (diameter kecil) dan 2,5 cm, (Diameter besar)

4.2 PENGUKURAN RESISTANSI DUMMY LOAD

Pada pengukuran ini menggunakan ohm meter untuk mengukur tahanan dari masing – masing elektroda yaitu R, S, dan T. pengukuran dilakukan dengan menghubungkan kedua batang elektroda setelah elektroda dicelupkan kedalam air dengan menggunakan ohm meter, pada pengukuran ini dilakukan 9 kali pengukuran dengan kedalaman celupan yang berbeda, beda dari celupan tersebut adalah 5 cm. Pengukuran ini menggunakan dua buah jenis diameter elektroda yang berdeda, dan volume air yang berbeda, serta jarak electrode terhadap pusat yang berbeda, dengan memvariasikan diameter elektroda, dan volume air yang berbeda diharapkan dihasilkan hasil pengukuran yang berbeda, sehingga besarnya kapasitas beban nanti dapat

dipilih kondisi mana yang cocok untuk pengujian kemampuan suatu generator.

Cara pengukuran pada alat ini adalah seperti gambar berikut :



Gambar 4.1 Pengukuran Resistansi Pada Elektroda Dummy Load Tank

Pengukuran ini dilakukan beberapa kali, dengan merubah kedalaman celupan elektrode kedalam air. Ketinggian air maksimal yang dapat digunakan adalah 45 cm, karena konstruksi dari tiang penyangga alat ini, apabila melebihi dari ketinggian ini maka posisi nol tidak dapat diperoleh, karena elektroda sudah tercelup kedalam air.

4.2.1 PENGUKURAN RESISTANSI DENGAN DIAMETER ELEKTRODA YANG BERBEDA

Pada percobaan ini memakai elektroda dengan diameter yang berbeda yang masing – masing memiliki diameter 2,5 cm dan 7,8 mm, sedangkan bahan pembuat elektroda ini terbuat dari bahan yang sama yaitu besi. Hasil dari percobaan ini adalah sebagai berikut :

- Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda Dengan Panjang 50 cm, dan Diameter 2,5 cm,

Tabel 4.1

**Hasil Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda
Dengan Panjang 50 cm, dan Diameter 2,5 cm**

Jarak Elektroda dengan Pusat = 20 cm

Tinggi Air = 44 cm

Volume = 161.040 cm³

No	Kedalaman celupan (cm)	R line R – S (Ω)	R line S – T (Ω)	R line T – R (Ω)
1.	0	500	504	550
2.	5	280	285	299
3.	10	170	160	170
4.	15	135	120	135
5.	20	105	100	109
6.	25	86	81	85
7.	30	75	72	75
9.	35	70	66	70
10.	40	66	61	62

Pada percobaan ini elektroda memiliki panjang 50 cm, akan tetapi celupan hanya bisa sampai 40 cm karena menempel pada isolator keramik yang juga memiliki ketebalan sehingga elektroda tersebut dapat lebih panjang karena sehingga tidak sampai tercelup 50 cm sudah kandas ke dasar tangki.

➤ **Analisa Data Kolom R Line R - S**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 500 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 280 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 500 \Omega - 280 \Omega = 220 \Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 280 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 170 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 280 \Omega - 170 \Omega = 110 \Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 170 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 135 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 170 \Omega - 135 \Omega = 35 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 135 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 105 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 135 \Omega - 105 \Omega = 30 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 105 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 86 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 105 \Omega - 86 \Omega = 19 \Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 105 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 86 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 86 \Omega - 75 \Omega = 11 \Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

$$\text{Kedalaman 30 cm} = 75 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 70 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 75 \Omega - 70 \Omega = 5 \Omega$$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

$$\text{Kedalaman 35 cm} = 70 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 66 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 70 \Omega - 66 \Omega = 4 \Omega$$

➤ **Analisa Data Kolom R Line S - T**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 504 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 285 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 504 \Omega - 285 \Omega = 219 \Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 285 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 160 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 285 \Omega - 160 \Omega = 125 \Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 160 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 120 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 160 \Omega - 120 \Omega = 40 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 120 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 100 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 160 \Omega - 120 \Omega = 20 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 120 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 100 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 100 \Omega - 81 \Omega = 19 \Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 81 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 72 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 81 \Omega - 72 \Omega = 9 \Omega$$

7. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 72 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 66 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 72 \Omega - 66 \Omega = 6 \Omega$$

8. Untuk kedalaman 30 cm ke 40 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 66 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 61 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 66 \Omega - 61 \Omega = 5 \Omega$$

➤ **Analisa Data Kolom R Line T - R**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 550 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 299 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 550 \Omega - 299 \Omega = 251 \Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 299 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 170 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 299 \Omega - 170 \Omega = 129 \Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 170 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 135 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 170 \Omega - 135 \Omega = 35 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 135 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 109 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 135 \Omega - 109 \Omega = 26 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 109 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 85 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 109 \Omega - 85 \Omega = 24 \Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 85 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 75 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 85 \Omega - 75 \Omega = 10 \Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

$$\text{Kedalaman 30 cm} = 75 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 70 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 75 \Omega - 70 \Omega = 5 \Omega$$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

$$\text{Kedalaman 35 cm} = 70 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 40 cm} = 62 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 70 \Omega - 62 \Omega = 8 \Omega$$

Tabel 4.2**Hasil Perhitungan Pengukuran Hambatan Elektroda
Dengan Panjang 50 cm, dan Diameter 2,5 cm**

No	Kedalaman celupan (cm)	Perubahan R line R – S (Ω)	Perubahan R line S – T (Ω)	Perubahan R line T – R (Ω)
1.	0 ke 5	220	219	251
2.	5 ke 10	110	125	129
3.	10 ke 15	35	40	35
4.	15 ke 20	30	20	26
5.	20 ke 25	19	19	24
6.	25 ke 30	11	9	10
7.	30 ke 35	5	6	5
9.	35 ke 40	4	5	8
JUMLAH		438	448	496
RATA – RATA		48,66	49,77	55,11

Pada tabel tersebut terlihat bahwa semakin dalam celupan elektroda, maka perubahan nilai resistansi pada tiap celupan akan semakin kecil.

➤ **Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda Dengan Panjang 50 cm, dan Diameter 7,8 mm**

Tabel 4.3

Hasil Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda

Dengan Panjang 50 cm, dan Diameter 7,8 mm

Jarak Elektroda dengan Pusat = 20 cm
 Tinggi Air = 44 cm
 Volume = 161.040 cm³

No	Kedalaman celupan (cm)	R line R - S (Ω)	R line S - T (Ω)	R line T - R (Ω)
1.	0	1000	1200	1000
2.	5	350	390	370
3.	10	250	210	230
4.	15	180	200	210
5.	20	150	160	170
6.	25	125	135	150
7.	30	120	120	130
9.	35	95	115	120
10.	40	90	110	110

Pada hasil percobaan alat ini mempunyai kemampuan perubahan resistansi / tahanannya pada elektroda R - S dari 1000Ω s/d 90Ω, pada elektroda S - T dari 1200 Ω s/d 110Ω dan pada elektroda T - R dari 1000 s/d 110

➤ **Analisa Data Kolom R Line R - S**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 1000\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 350\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 1000\Omega - 350\Omega = 650\Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 350\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 250\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 299\Omega - 170\Omega = 100\Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 250\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 180\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 250\Omega - 180\Omega = 70\Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 180\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 150\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 135\Omega - 109\Omega = 30\Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 150\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 125\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 109\Omega - 85\Omega = 25\Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 125\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 120\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 85\Omega - 75\Omega = 5\Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

$$\text{Kedalaman 30 cm} = 120\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 95\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 120\Omega - 95\Omega = 15\Omega$$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

$$\text{Kedalaman 35 cm} = 95 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 40 cm} = 90 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 95 \Omega - 90 \Omega = 5 \Omega$$

➤ **Analisa Data Kolom R Line S - T**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 1200 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 390 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 1200 \Omega - 390 \Omega = 810 \Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 390 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 210 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 390 \Omega - 210 \Omega = 180 \Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 210 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 200 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 210 \Omega - 200 \Omega = 10 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 200 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 160 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 200 \Omega - 160 \Omega = 40 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 160 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 135 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 160 \Omega - 135 \Omega = 25 \Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 135 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 120 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 135 \Omega - 120 \Omega = 15 \Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

$$\text{Kedalaman 30 cm} = 120\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 115\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 120\Omega - 115\Omega = 5\Omega$$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

$$\text{Kedalaman 35 cm} = 115\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 40 cm} = 110\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 95\Omega - 90\Omega = 5\Omega$$

➤ **Analisa Data Kolom R Line T - R**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 1000\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 370\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 1000\Omega - 370\Omega = 670\Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 370\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 230\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 370\Omega - 230\Omega = 140\Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = \Omega 230 \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 210\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 230\Omega - 210\Omega = 20\Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 210\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 170\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 210\Omega - 170\Omega = 40\Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 170\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 150\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 170\Omega - 150\Omega = 20\Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

Kedalaman 25 cm = $150\ \Omega$; kedalaman 30 cm = $130\ \Omega$

Perubahan nilai hambatan = $150\ \Omega - 130\ \Omega = 20\ \Omega$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

Kedalaman 30 cm = $130\ \Omega$; kedalaman 35 cm = $120\ \Omega$

Perubahan nilai hambatan = $130\ \Omega - 120\ \Omega = 10\ \Omega$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

Kedalaman 35 cm = $120\ \Omega$; kedalaman 40 cm = $110\ \Omega$

Perubahan nilai hambatan = $120\ \Omega - 110\ \Omega = 10\ \Omega$

Tabel 4.4

Hasil Perhitungan Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda
Dengan Panjang 50 cm, dan Diameter 7,8 mm

No	Kedalaman celupan (cm)	Perubahan R line R – S (Ω)	Perubahan R line S – T (Ω)	Perubahan R line T – R (Ω)
1.	0 ke 5	650	810	670
2.	5 ke 10	100	180	140
3.	10 ke 15	70	10	20
4.	15 ke 20	30	40	40
5.	20 ke 25	25	25	20
6.	25 ke 30	5	145	20
7.	30 ke 35	15	5	10
9.	35 ke 40	5	5	10
JUMLAH		900	1220	910
RATA – RATA		100	135,55	101,11

Pada tabel 4.4 tersebut terlihat bahwa semakin dalam celupan elektroda, maka perubahan nilai resistansi pada tiap celupan akan semakin kecil meskipun terdapat elektroda yang mempunyai nilai perubahan yang kurang teratur. Hal ini mungkin disebabkan karena konstruksi dari penyangga elektroda yang kurang tepat, sehingga kedalaman celupan pada masing – masing elektroda yang tidak selalu sama, sehingga dihasilkan tahanan yang berbeda pula sehingga mempengaruhi perubahan nilai tahanan.

Pada kedua percobaan ini tampak bahwa resistansi yang didapat dari hasil pengukuran mempunyai besar resistansi yang berbeda, hal ini sesuai dengan rumus : $R = \rho \frac{l}{A}$

Jadi semakin besar diameter penghantar yang dipakai maka akan mempunyai resistansi yang kecil.

4.2.2 PENGUKURAN RESISTANSI DENGAN MERUBAH JARAK ELEKTRODA DENGAN PUSAT TITIK TUMPU PENYANGGA

Cara pengukuran pada pengukuran ini sama dengan pada percobaan diatas, disini pengukuran divariasikan dengan merubah jarak elektroda terhadap titik tumpu penyangga. Sehingga diketahui perbedaan antara percobaan dengan jarak electrode jauh dan jarak electrode dekat dengan titik tumpu penyangga disini dilakukan empat kali percobaan dengan diameter elektroda yang digunakan juga divariasikan. Hasil dari percobaan ini adalah sebagai berikut :

➤ Jarak Elektroda dengan Pusat 20 cm diameter 2,5 cm

Tabel 4.5

Hasil Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda

Jarak Titik Pusat 20 cm, dan Diameter 2,5

Panjang Elektroda = 50 cm

Tinggi Air = 44 cm

Volume tangki = 161.040 cm³

No	Kedalaman celupan (cm)	R line R - S (Ω)	R line S - T (Ω)	R line T - R (Ω)
1.	1	500	504	550
2.	5	280	285	299
3.	10	170	160	170
4.	15	135	120	135
5.	20	105	100	109
6.	25	86	81	85
7.	30	75	72	75
9.	35	70	66	70
10.	40	66	61	62

Pada hasil percobaan alat ini pada kondisi ini mempunyai kemampuan perubahan resistansi / tahanannya pada elektroda R - S dari 500 Ω s/d 66Ω, pada elektroda S - T dari 504 Ω s/d 61Ω dan pada elektroda T - R dari 550 s/d 62

➤ **Analisa Data Kolom R Line R - S**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

Kedalaman 0 cm = 500 Ω ; kedalaman 5 cm = 280 Ω

Perubahan nilai hambatan = 500 Ω - 280 Ω = 220 Ω

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm
 Kedalaman 5 cm = 280Ω ; kedalaman 10 cm = 170Ω
 Perubahan nilai hambatan = $280 \Omega - 170 \Omega = 110 \Omega$
3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm
 Kedalaman 10 cm = 170Ω ; kedalaman 15 cm = 135Ω
 Perubahan nilai hambatan = $170 \Omega - 135 \Omega = 35 \Omega$
4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm
 Kedalaman 15 cm = 135Ω ; kedalaman 20 cm = 105Ω
 Perubahan nilai hambatan = $135 \Omega - 105 \Omega = 20 \Omega$
5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm
 Kedalaman 20 cm = 105Ω ; kedalaman 25 cm = 86Ω
 Perubahan nilai hambatan = $105 \Omega - 86 \Omega = 19 \Omega$
6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm
 Kedalaman 25 cm = 86Ω ; kedalaman 30 cm = 75Ω
 Perubahan nilai hambatan = $86 \Omega - 75 \Omega = 11 \Omega$
7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm
 Kedalaman 30 cm = 75Ω ; kedalaman 35 cm = 70Ω
 Perubahan nilai hambatan = $75 \Omega - 70 \Omega = 5 \Omega$
8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm
 Kedalaman 35 cm = 70Ω ; kedalaman 40 cm = 66Ω
 Perubahan nilai hambatan = $70 \Omega - 66 \Omega = 4 \Omega$

➤ **Analisa Data Kolom R Line S - T**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 504 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 285 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 504 \Omega - 285 \Omega = 219 \Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 285 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 160 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 285 \Omega - 160 \Omega = 125 \Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 160 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 120 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 160 \Omega - 120 \Omega = 40 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 120 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 100 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 120 \Omega - 100 \Omega = 20 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 100 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 81 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 100 \Omega - 81 \Omega = 19 \Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 81 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 72 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 81 \Omega - 72 \Omega = 9 \Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

$$\text{Kedalaman 30 cm} = 72 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 66 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 72 \Omega - 66 \Omega = 6 \Omega$$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

$$\text{Kedalaman 35 cm} = 66 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 40 cm} = 61 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 66 \Omega - 61 \Omega = 5 \Omega$$

➤ **Analisa Data Kolom R Line T - R**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 550 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 299 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 550 \Omega - 299 \Omega = 251 \Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 299 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 170 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 299 \Omega - 170 \Omega = 129 \Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 170 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 135 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 170 \Omega - 135 \Omega = 35 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 135 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 109 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 135 \Omega - 109 \Omega = 26 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 109 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 85 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 109 \Omega - 85 \Omega = 24 \Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 85 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 75 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 85 \Omega - 75 \Omega = 10 \Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

$$\text{Kedalaman 30 cm} = 75 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 70 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 75 \Omega - 70 \Omega = 5 \Omega$$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

$$\text{Kedalaman 35 cm} = 70 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 40 cm} = 62 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 70 \Omega - 62 \Omega = 8 \Omega$$

Tabel 4.6**Hasil Perhitungan Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda****Jarak Titik Pusat 20 cm, dan Diameter 2,5 cm**

Panjang Elektroda = 50 cm
Tinggi Air = 44 cm
Volume tangki = 161.040 cm³

No	Kedalaman celupan (cm)	Perubahan R line R - S (Ω)	Perubahan R line S - T (Ω)	Perubahan R line T - R (Ω)
1.	0 ke 5	280	219	251
2.	5 ke 10	110	125	129
3.	10 ke 15	35	40	35
4.	15 ke 20	20	20	26
5.	20 ke 25	19	19	24
6.	25 ke 30	11	9	10
7.	30 ke 35	5	6	5
9.	35 ke 40	4	5	8
JUMLAH		484	443	488
RATA - RATA		53,77	49,22	54,22

Pada tabel 4.6 tersebut terlihat bahwa semakin dalam celupan elektroda, maka perubahan nilai resistansi pada tiap celupan akan semakin kecil, mempunyai perbedaan nilai rata - rata yang kecil.

➤ Jarak Elektroda dengan Pusat 7,5 cm Diameter 2,5 cm

Table 4.7

Hasil Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda

Jarak Titik Pusat 7,5 cm Diameter 2,5 cm

Panjang Elektroda = 50 cm
 Tinggi Air = 44 cm
 Volume tangki = 161.040 cm³

No	Kedalaman celupan (cm)	R line R - S (Ω)	R line S - T (Ω)	R line T - R (Ω)
1.	1	500	500	500
2.	5	290	350	488
3.	10	196	342	223
4.	15	160	178	120
5.	20	90	80	87
6.	25	70	70	70
7.	30	60	61	60
9.	35	50	52	50
10.	40	49	50	49

➤ Analisa Data Kolom R Line R - S

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

Kedalaman 0 cm = 500 Ω ; kedalaman 5 cm = 290 Ω

Perubahan nilai hambatan = 500 Ω - 290 Ω = 210 Ω

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

Kedalaman 5 cm = 290 Ω ; kedalaman 10 cm = 196 Ω

Perubahan nilai hambatan = 290 Ω - 196 Ω = 94 Ω

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 196 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 282 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 196 \Omega - 160 \Omega = 36 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 160 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 90 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 160 \Omega - 90 \Omega = 70 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 90 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 70 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 90 \Omega - 70 \Omega = 20 \Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 70 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 60 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 70 \Omega - 60 \Omega = 10 \Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

$$\text{Kedalaman 30 cm} = 60 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 50 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 60 \Omega - 50 \Omega = 10 \Omega$$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

$$\text{Kedalaman 35 cm} = 50 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 40 cm} = 49 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 50 \Omega - 49 \Omega = 1 \Omega$$

➤ **Analisa Data Kolom R Line S - T**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 500 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 350 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 500 \Omega - 350 \Omega = 150 \Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm
 Kedalaman 5 cm = 350Ω ; kedalaman 10 cm = 342Ω
 Perubahan nilai hambatan = $350 \Omega - 342 \Omega = 58 \Omega$
3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm
 Kedalaman 10 cm = 342Ω ; kedalaman 15 cm = 178Ω
 Perubahan nilai hambatan = $342 \Omega - 178 \Omega = 164 \Omega$
4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm
 Kedalaman 15 cm = 178Ω ; kedalaman 20 cm = 80Ω
 Perubahan nilai hambatan = $178 \Omega - 80 \Omega = 98 \Omega$
5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm
 Kedalaman 20 cm = 80Ω ; kedalaman 25 cm = 70Ω
 Perubahan nilai hambatan = $80 \Omega - 70 \Omega = 10 \Omega$
6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm
 Kedalaman 25 cm = 70Ω ; kedalaman 30 cm = 61Ω
 Perubahan nilai hambatan = $70 \Omega - 61 \Omega = 9 \Omega$
7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm
 Kedalaman 30 cm = 61Ω ; kedalaman 35 cm = 52Ω
 Perubahan nilai hambatan = $61 \Omega - 52 \Omega = 9 \Omega$
8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm
 Kedalaman 35 cm = 52Ω ; kedalaman 40 cm = 50Ω
 Perubahan nilai hambatan = $52 \Omega - 50 \Omega = 2 \Omega$

➤ **Analisa Data Kolom R Line T - R**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 500 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 488 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 500 \Omega - 488 \Omega = 2 \Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 488 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 233 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 488 \Omega - 233 \Omega = 255 \Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 233 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 120 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 233 \Omega - 120 \Omega = 113 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 120 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 87 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 120 \Omega - 87 \Omega = 33 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 87 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 70 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 87 \Omega - 70 \Omega = 17 \Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 70 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 60 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 70 \Omega - 60 \Omega = 10 \Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

$$\text{Kedalaman 30 cm} = 60 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 50 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 60 \Omega - 50 \Omega = 10 \Omega$$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

Kedalaman 35 cm = 50Ω ; kedalaman 40 cm = 49Ω

Perubahan nilai hambatan = $50 \Omega - 49 \Omega = 1 \Omega$

Tabel 4.8

Hasil Perhitungan Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda

Jarak Titik Pusat 7,5 cm, dan Diameter 2,5 cm

Panjang Elektroda = 50 cm

Tinggi Air = 44 cm

Volume tangki = 161.040 cm^3

No	Kedalaman celupan (cm)	Perubahan R line R - S (Ω)	Perubahan R line S - T (Ω)	Perubahan R line T - R (Ω)
1.	0 ke 5	266	150	2
2.	5 ke 10	94	58	255
3.	10 ke 15	36	164	113
4.	15 ke 20	70	98	33
5.	20 ke 25	20	10	17
6.	25 ke 30	10	9	10
7.	30 ke 35	10	9	10
9.	35 ke 40	1	2	1
JUMLAH		507	500	441
RATA - RATA		56,33	55,55	49

Pada table 4.8 terdapat data yang memiliki perbedaan yang tidak teratur hal ini disebabkan karena konstruksi dari penyangga

elektroda yang tidak pada posisi rata – rata air sehingga menyebabkan ketidakteraturan perbedaan tersebut.

➤ **Percobaan Pengukuran Resistansi elektroda dengan Jarak Titik Pusat 20 cm diameter 7,8 mm**

Tabel 4.9

Hasil Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda

Jarak Titik Pusat 20 cm, dan Diameter 7,8 cm

Panjang Elektroda = 50 cm
 Tinggi Air = 44 cm
 Volume = 161.040 cm³

No	Kedalaman celupan (cm)	R line R – S (Ω)	R line S – T (Ω)	R line T – R (Ω)
1.	0	1000	1200	1000
2.	5	350	390	370
3.	10	250	210	230
4.	15	180	200	210
5.	20	150	160	170
6.	25	125	135	150
7.	30	120	120	130
9.	35	95	115	120
10.	40	90	110	110

➤ **Analisa Data Kolom R Line R - S**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 1000\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 350\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 1000\Omega - 350\Omega = 750\Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 350 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 250 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 350 \Omega - 250 \Omega = 110 \Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 250 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 180 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 250 \Omega - 180 \Omega = 70 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 180 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 150 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 180 \Omega - 150 \Omega = 30 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 150 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 125 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 150 \Omega - 125 \Omega = 25 \Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 125 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 120 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 125 \Omega - 120 \Omega = 5 \Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

$$\text{Kedalaman 30 cm} = 120 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 95 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 120 \Omega - 95 \Omega = 15 \Omega$$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

$$\text{Kedalaman 35 cm} = 95 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 40 cm} = 90 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 95 \Omega - 90 \Omega = 5 \Omega$$

➤ **Analisa Data Kolom R Line S - T**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 1200 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 390 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 1200 \Omega - 390 \Omega = 810 \Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 390 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 210 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 390 \Omega - 210 \Omega = 80 \Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 210 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 200 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 250 \Omega - 180 \Omega = 10 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 200 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 160 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 200 \Omega - 160 \Omega = 40 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 160 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 135 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 160 \Omega - 135 \Omega = 25 \Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 135 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 120 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 135 \Omega - 120 \Omega = 15 \Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

$$\text{Kedalaman 30 cm} = 120 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 115 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 120 \Omega - 95 \Omega = 15 \Omega$$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

$$\text{Kedalaman 35 cm} = 115 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 40 cm} = 110 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 115 \Omega - 110 \Omega = 5 \Omega$$

➤ **Analisa Data Kolom R Line T - R**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 1000 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 370 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 1000 \Omega - 370 \Omega = 630 \Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 370 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 230 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 370 \Omega - 230 \Omega = 140 \Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 230 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 210 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 230 \Omega - 210 \Omega = 20 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 210 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 170 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 210 \Omega - 170 \Omega = 40 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 170 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 150 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 170 \Omega - 150 \Omega = 25 \Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 150 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 130 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 150 \Omega - 130 \Omega = 20 \Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

Kedalaman 30 cm = $130\ \Omega$; kedalaman 35 cm = $120\ \Omega$

Perubahan nilai hambatan = $130\ \Omega - 120\ \Omega = 10\ \Omega$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

Kedalaman 35 cm = $120\ \Omega$; kedalaman 40 cm = $110\ \Omega$

Perubahan nilai hambatan = $120\ \Omega - 110\ \Omega = 10\ \Omega$

Tabel 4.10

Hasil Perhitungan Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda

Jarak Titik Pusat 20 cm, dan Diameter 7,8 mm

Panjang Elektroda = 50 cm

Tinggi Air = 44 cm

Volume tangki = $161.040\ \text{cm}^3$

No	Kedalaman celupan (cm)	Perubahan R line R - S (Ω)	Perubahan R line S - T (Ω)	Perubahan R line T - R (Ω)
1.	0 ke 5	750	810	630
2.	5 ke 10	110	80	140
3.	10 ke 15	70	10	20
4.	15 ke 20	30	40	40
5.	20 ke 25	25	25	25
6.	25 ke 30	5	15	20
7.	30 ke 35	15	15	10
9.	35 ke 40	5	5	10
JUMLAH		1.010	1.000	895
RATA - RATA		112,22	111,11	99,44

Rata perubahan tahanan pada tiap tiap pengukuran sesuai dengan table 4.10 adalah 112,22 ; 111,1 ; 99,44 dalam pengukuran terdapat perbedaan nilai rata – rata perubahan resistansinya.

➤ **Percobaan Pengukuran Resistansi Elektroda dengan Jarak Elektroda Pusat 7,5 cm diameter 7,8 mm**

Tabel 4.11

Pengukuran Resistansi Elektroda dengan Jarak Elektroda Pusat 7,5 cm diameter 7,8 mm

Panjang Elektroda = 50 cm
 Tinggi Air = 44 cm
 Volume = 158.400 cm³

No	Kedalaman celupan (cm)	R line R – S (Ω)	R line S – T (Ω)	R line T – R (Ω)
1.	1	1.100	1.100	1.090
2.	5	320	325	380
3.	10	290	240	285
4.	15	160	165	210
5.	20	120	130	160
6.	25	100	104	135
7.	30	85	85	110
9.	35	73	75	95
10.	40	65	70	65

Pada masing – masing percobaan diatas terlihat bahwa dengan jarak elektroda semakin jauh pada diameter elektroda yang sama, maka resistansi yang dihasilkan pada saat elektroda pada kondisi tercelup penuh akan menghasilkan resistansi yang lebih kecil dari pada elektroda dengan

jarak yang semakin dekat. Demikian pula sebaliknya pada saat electrode tercelup dengan permukaan yang tercelup sedikit, pada diameter elektroda yang sama jarak elektroda yang lebih jauh akan menghasilkan pengukuran dengan hasil lebih besar dari pada jarak electrode yang lebih dekat.

➤ **Analisa Data Kolom R Line R - S**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 1.100 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 320 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 1.100 \Omega - 320 \Omega = 780 \Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 320 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 290 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 320 \Omega - 290 \Omega = 30 \Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 290 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 160 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 290 \Omega - 160 \Omega = 130 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 160 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 120 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 160 \Omega - 120 \Omega = 40 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 120 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 100 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 120 \Omega - 100 \Omega = 20 \Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 100 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 85 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 100 \Omega - 85 \Omega = 15 \Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

$$\text{Kedalaman 30 cm} = 85 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 73 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 85 \Omega - 73 \Omega = 12 \Omega$$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

$$\text{Kedalaman 35 cm} = 73 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 40 cm} = 65 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 73 \Omega - 65 \Omega = 8 \Omega$$

➤ **Analisa Data Kolom R Line S - T**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 1.100 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 325 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 1.100 \Omega - 325 \Omega = 775 \Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 325 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 240 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 325 \Omega - 240 \Omega = 85 \Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 240 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 165 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 240 \Omega - 165 \Omega = 75 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 165 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 130 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 165 \Omega - 130 \Omega = 35 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm
 Kedalaman 20 cm = $130\ \Omega$; kedalaman 25 cm = $104\ \Omega$
 Perubahan nilai hambatan = $130\ \Omega - 104\ \Omega = 26\ \Omega$
6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm
 Kedalaman 25 cm = $104\ \Omega$; kedalaman 30 cm = $85\ \Omega$
 Perubahan nilai hambatan = $104\ \Omega - 85\ \Omega = 19\ \Omega$
7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm
 Kedalaman 30 cm = $85\ \Omega$; kedalaman 35 cm = $75\ \Omega$
 Perubahan nilai hambatan = $85\ \Omega - 75\ \Omega = 10\ \Omega$
8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm
 Kedalaman 35 cm = $75\ \Omega$; kedalaman 40 cm = $70\ \Omega$
 Perubahan nilai hambatan = $75\ \Omega - 70\ \Omega = 5\ \Omega$

➤ **Analisa Data Kolom R Line T - R**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm
 Kedalaman 0 cm = $1.090\ \Omega$; kedalaman 5 cm = $380\ \Omega$
 Perubahan nilai hambatan = $1.090\ \Omega - 380\ \Omega = 710\ \Omega$
2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm
 Kedalaman 5 cm = $380\ \Omega$; kedalaman 10 cm = $285\ \Omega$
 Perubahan nilai hambatan = $325\ \Omega - 240\ \Omega = 175\ \Omega$
3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm
 Kedalaman 10 cm = $285\ \Omega$; kedalaman 15 cm = $210\ \Omega$
 Perubahan nilai hambatan = $285\ \Omega - 210\ \Omega = 75\ \Omega$
4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

Kedalaman 15 cm = 210Ω ; kedalaman 20 cm = 160Ω

Perubahan nilai hambatan = $210\Omega - 160\Omega = 50\Omega$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

Kedalaman 20 cm = 160Ω ; kedalaman 25 cm = 135Ω

Perubahan nilai hambatan = $160\Omega - 135\Omega = 25\Omega$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

Kedalaman 25 cm = 135Ω ; kedalaman 30 cm = 110Ω

Perubahan nilai hambatan = $135\Omega - 110\Omega = 25\Omega$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

Kedalaman 30 cm = 110Ω ; kedalaman 35 cm = 95Ω

Perubahan nilai hambatan = $110\Omega - 95\Omega = 15\Omega$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

Kedalaman 35 cm = 95Ω ; kedalaman 40 cm = 65Ω

Perubahan nilai hambatan = $95\Omega - 65\Omega = 30\Omega$

Tabel 4.12

Hasil Perhitungan Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda

Jarak Titik Pusat 20 cm, dan Diameter 7,8 mm

Panjang Elektroda = 50 cm
 Tinggi Air = 44 cm
 Volume tangki = 161.040 cm³

No	Kedalaman celupan (cm)	Perubahan R line R - S (Ω)	Perubahan R line S - T (Ω)	Perubahan R line T - R (Ω)
1.	0 ke 5	780	775	710
2.	5 ke 10	30	85	175
3.	10 ke 15	130	75	75
4.	15 ke 20	40	35	50
5.	20 ke 25	20	26	135
6.	25 ke 30	15	19	25
7.	30 ke 35	12	10	15
9.	35 ke 40	8	5	30
JUMLAH		1.385	1.030	1.215
RATA - RATA		153,88	114,44	135

Rata perubahan tahanan pada tiap tiap pengukuran sesuai dengan tabel 4.12 adalah 153,88 ; 114,44 ; 135 dalam pengukuran terdapat sedikit perbedaan nilai rata - rata perubahan resistansinya.

4.2.3 PENGUKURAN RESISTANSI DENGAN MERUBAH VOLUME AIR PADA DUMMY LOAD TANK

Pada percobaan ini dilakukan dua kali percobaan yaitu dengan volume tangki 158.400 cm³ dan 136.800 cm³ sehingga dapat diketahui pengaruh dari volume air yang terdapat pada tangki dummy load terhadap resistansi yang dihasilkan.

➤ **Percobaan Pengukuran Resistansi Dengan Volume 158.400 cm³**

Tabel 4.13

Hasil Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda Dengan Volume 158.400 cm³

Jarak Elektroda dengan Pusat = 20 cm
Tinggi Air = 44 cm

No	Kedalaman celupan (cm)	R line R - S (Ω)	R line S - T (Ω)	R line T - R (Ω)
1.	0	500	504	550
2.	5	280	285	299
3.	10	170	160	170
4.	15	135	120	135
5.	20	105	100	109
6.	25	86	81	85
7.	30	75	72	75
9.	35	70	66	70
10.	40	66	61	62

➤ **Analisa Data Kolom R Line R - S**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 500 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 280 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 500 \Omega - 280 \Omega = 220 \Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 280 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 170 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 280 \Omega - 170 \Omega = 110 \Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 170 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 135 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 170 \Omega - 135 \Omega = 35 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 135 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 105 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 135 \Omega - 105 \Omega = 30 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 105 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 86 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 105 \Omega - 86 \Omega = 19 \Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 86 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 75 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 86 \Omega - 75 \Omega = 11 \Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

$$\text{Kedalaman 30 cm} = 75 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 70 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 75 \Omega - 70 \Omega = 5 \Omega$$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

$$\text{Kedalaman 35 cm} = 70 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 40 cm} = 66 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 70 \Omega - 66 \Omega = 4 \Omega$$

➤ **Analisa Data Kolom R Line S - T**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 504 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 285 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 504 \Omega - 285 \Omega = 219 \Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 285 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 160 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 285 \Omega - 160 \Omega = 125 \Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 160 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 120 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 160 \Omega - 120 \Omega = 40 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 120 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 100 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 120 \Omega - 100 \Omega = 20 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 100 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 81 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 100 \Omega - 81 \Omega = 19 \Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 81 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 72 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 81 \Omega - 72 \Omega = 9 \Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

$$\text{Kedalaman 30 cm} = 72 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 66 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 72 \Omega - 66 \Omega = 6 \Omega$$

8. Untuk kedalaman 30 cm ke 40 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 66\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 61\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 66\Omega - 61\Omega = 5\Omega$$

➤ **Analisa Data Kolom R Line T - R**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 550\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 299\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 550\Omega - 299\Omega = 251\Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 299\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 170\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 299\Omega - 170\Omega = 129\Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 170\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 135\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 170\Omega - 135\Omega = 35\Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 135\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 109\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 135\Omega - 109\Omega = 26\Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 109\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 85\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 109\Omega - 85\Omega = 24\Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 85\Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 75\Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 85\Omega - 75\Omega = 10\Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

Kedalaman 30 cm = 75Ω ; kedalaman 35 cm = 70Ω

Perubahan nilai hambatan = $75 \Omega - 70 \Omega = 5 \Omega$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

Kedalaman 35 cm = 70Ω ; kedalaman 40 cm = 62Ω

Perubahan nilai hambatan = $70 \Omega - 62 \Omega = 8 \Omega$

Tabel 4.14

Hasil Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda

Dengan Panjang 50 cm, dan Diameter 2,5 cm Volume 158.400 cm^3

No	Kedalaman celupan (cm)	Perubahan R line R – S (Ω)	Perubahan R line S – T (Ω)	Perubahan R line T – R (Ω)
1.	0 ke 5	220	219	251
2.	5 ke 10	110	125	129
3.	10 ke 15	35	40	35
4.	15 ke 20	30	20	26
5.	20 ke 25	19	19	24
6.	25 ke 30	11	9	10
7.	30 ke 35	5	6	5
9.	35 ke 40	4	5	8
JUMLAH		438	448	496
RATA – RATA		48,66	49,77	55,11

Pada tabel tersebut terlihat bahwa semakin dalam celupan elektroda, maka perubahan nilai resistansi pada tiap celupan akan semakin kecil.

➤ **Percobaan Pengukuran Resistansi Dengan Volume 136.800 cm³**

Tabel 4.15

Hasil Percobaan Pengukuran Hambatan Elektroda

Dengan Volume 136.800 cm³

Jarak Elektroda dengan Pusat = 20 cm

Tinggi Air = 44 cm

No	Kedalaman celupan (cm)	R line R - S (Ω)	R line S - T (Ω)	R line T - R (Ω)
1.	0	500	500	510
2.	5	290	300	309
3.	10	190	200	200
4.	15	150	140	149
5.	20	120	120	120
6.	25	105	100	100
7.	30	90	80	94
9.	35	80	80	80
10.	40	75	75	75

➤ **Analisa Data Kolom R Line R - S**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

Kedalaman 0 cm = 500 Ω ; kedalaman 5 cm = 290 Ω

Perubahan nilai hambatan = 500 Ω - 290 Ω = 210 Ω

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 290 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 190 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 290 \Omega - 190 \Omega = 100 \Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 190 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 150 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 190 \Omega - 150 \Omega = 40 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 150 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 120 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 150 \Omega - 120 \Omega = 30 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 120 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 105 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 120 \Omega - 105 \Omega = 15 \Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 105 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 90 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 105 \Omega - 90 \Omega = 15 \Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

$$\text{Kedalaman 30 cm} = 90 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 80 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 90 \Omega - 80 \Omega = 10 \Omega$$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

$$\text{Kedalaman 35 cm} = 80 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 75 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 80 \Omega - 75 \Omega = 5 \Omega$$

➤ **Analisa Data Kolom R Line S - T**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 500 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 300 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 500 \Omega - 300 \Omega = 200 \Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 300 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 200 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 300 \Omega - 200 \Omega = 100 \Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 200 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 140 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 200 \Omega - 140 \Omega = 60 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 140 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 120 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 140 \Omega - 120 \Omega = 20 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 120 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 100 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 120 \Omega - 100 \Omega = 20 \Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 100 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 80 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 100 \Omega - 80 \Omega = 20 \Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35 cm

$$\text{Kedalaman 30 cm} = 80 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 80 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 80 \Omega - 80 \Omega = 0 \Omega$$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

$$\text{Kedalaman 35 cm} = 80 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 40 cm} = 75 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 80 \Omega - 75 \Omega = 5 \Omega$$

➤ **Analisa Data Kolom R Line S - T**

1. Untuk kedalaman 0 cm ke 5 cm

$$\text{Kedalaman 0 cm} = 510 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 5 cm} = 309 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 510 \Omega - 309 \Omega = 201 \Omega$$

2. Untuk kedalaman 5 cm ke 10 cm

$$\text{Kedalaman 5 cm} = 309 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 10 cm} = 200 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 309 \Omega - 200 \Omega = 109 \Omega$$

3. Untuk kedalaman 10 cm ke 15 cm

$$\text{Kedalaman 10 cm} = 200 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 15 cm} = 149 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 200 \Omega - 149 \Omega = 51 \Omega$$

4. Untuk kedalaman 15 cm ke 20 cm

$$\text{Kedalaman 15 cm} = 140 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 20 cm} = 120 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 140 \Omega - 120 \Omega = 20 \Omega$$

5. Untuk kedalaman 20 cm ke 25 cm

$$\text{Kedalaman 20 cm} = 120 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 25 cm} = 100 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 120 \Omega - 100 \Omega = 20 \Omega$$

6. Untuk kedalaman 25 cm ke 30 cm

$$\text{Kedalaman 25 cm} = 100 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 30 cm} = 94 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 100 \Omega - 94 \Omega = 6 \Omega$$

7. Untuk kedalaman 30 cm ke 35cm

$$\text{Kedalaman 30 cm} = 94 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 80 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 94 \Omega - 80 \Omega = 14 \Omega$$

8. Untuk kedalaman 35 cm ke 40 cm

$$\text{Kedalaman 35 cm} = 80 \Omega \quad ; \quad \text{kedalaman 35 cm} = 75 \Omega$$

$$\text{Perubahan nilai hambatan} = 80 \Omega - 75 \Omega = 5 \Omega$$

Tabel 4.16

Hasil Perhitungan Pengukuran Hambatan Elektroda

Dengan Panjang 50 cm, dan Diameter 2,5 cm Volume 136.800 cm³

No	Kedalaman celupan (cm)	Perubahan R line R - S (Ω)	Perubahan R line S - T (Ω)	Perubahan R line T - R (Ω)
1.	0 ke 5	210	200	210
2.	5 ke 10	100	100	109
3.	10 ke 15	40	60	51
4.	15 ke 20	30	20	29
5.	20 ke 25	15	10	10
6.	25 ke 30	15	20	6
7.	30 ke 35	10	0	14
8.	35 ke 40	5	5	5
JUMLAH		425	415	434
RATA - RATA		53,12	51,87	54,25

4.3 Pengujian Generator dengan menggunakan Dummy Load

4.3.1 Generator Diberi Arus Eksitasi dan Putaran Tetap

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui regulasi tegangan generator pada saat dihubungkan Dummy Load, pada waktu percobaan elektroda pada dummy load berdiameter 7,8 mm dan volume 158.400 cm³, sedangkan pada generator diberi arus eksitasi tetap sebesar 0,32 A putaran 1500 rpm, beban ditambahkan dengan menambah kedalaman celupan elektroda pada Dummy Load Tank didapatkan tabel dibawah ini :

Tabel 4.17
Hasil Percobaan
Generator Diberi Arus Eksitasi dinaikkan, Pada Tegangan Tetap (127 V)
dan Putaran Tetap (1.500 rpm)

Vout = 127 V
N = 1.500 rpm
Jarak elektroda = 7,5 cm

NO	I Exiter (A)	R line R – S (Ω)	R line S – T (Ω)	R line T – R (Ω)	IL (A)	P (Watt)
1.	0,15	0	0	0	0	0
2.	0,22	1.100	1.100	1.090	0,57	30
3.	0,31	320	325	380	0,9	200
4.	0,40	290	240	285	1,34	300

Pada percobaan diatas terdapat 4 kali pengukuran dengan kadalaman elektroda yang berbeda pula, pada percobaan tersebut untuk bekerja pada tegangan 127 V pada putaran 1500 rpm pada setiap perubahan celupan elektroda pada dummy load, generator memerlukan arus eksitasi dari 0,15 A; 0,22 A ; 0,31 A ; Sampai dengan 0,40 A. Pada name plate generator Arus eksitasi nominal yang diperbolehkan adalah 0,42 A. Pada percobaan diatas eksitasi dinaikkan

4.3 Pengujian Generator dengan menggunakan Dummy Load

4.3.1 Generator Diberi Arus Eksitasi dan Putaran Tetap

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui regulasi tegangan generator pada saat dihubungkan Dummy Load, pada waktu percobaan elektroda pada dummy load berdiameter 7,8 mm dan volume 158.400 cm³,

Tabel 4.17

Data hasil Percobaan

Generator Dengan Dummy Load

Panjang elektroda 50 cm jarak titik pusat dengan elektroda 7,5 cm

Arus eksitasi = 0,32 A

n = 1500 rpm

No	R Line R-S	R Line S-T	R Line T-R	P (Watt)	V L-L (Volt)	I _L (A)
1.	500	500	500	0	230	0
2.	290	350	488	56	186	0,79
3.	196,4	342	223,3	220	136	0,99
4.	282	178	120	180	101	1,06
5.	90	80	87	160	81	1,07
6.	70	70	70	120	66	1,09
7.	60	61	60	100	56	1,09
8.	50	52	50	90	49	1,09
9.	49	50	49	80	44	1,10

Pengaturan tegangan didefinisikan sebagai perubahan tegangan yang semakin besar apabila beban maksimumnya dilepaskan dibagi dengan tegangan terminal atau dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$V_R = \frac{V_{nl} - V_{fl}}{V_{fl}} \times 100\%$$

Dimana : VR = Regulasi tegangan

V_{nl} = Tegangan pada saat tanpa beban

Vfl = Tegangan pada saat beban penuh

➤ **Analisa Data**

Dari table 4.15

1. $V_{nl} = 230 \text{ V}$; $V_{fl} = 230 \text{ V}$

$$VR = \frac{230 - 230}{230} \times 100\% = 0\%$$

2. $V_{nl} = 230 \text{ V}$; $V_{fl} = 186 \text{ V}$

$$VR = \frac{230 - 186}{186} \times 100\% = 23,65\%$$

3. $V_{nl} = 230 \text{ V}$; $V_{fl} = 136 \text{ V}$

$$VR = \frac{230 - 136}{136} \times 100\% = 69,11\%$$

4. $V_{nl} = 230 \text{ V}$; $V_{fl} = 101 \text{ V}$

$$VR = \frac{230 - 101}{101} \times 100\% = 127,72\%$$

5. $V_{nl} = 230 \text{ V}$; $V_{fl} = 81 \text{ V}$

$$VR = \frac{230 - 81}{81} \times 100\% = 183,95\%$$

6. $V_{nl} = 230 \text{ V}$; $V_{fl} = 66 \text{ V}$

$$VR = \frac{230 - 66}{66} \times 100\% = 248,48\%$$

$$7. V_{nl} = 230 \text{ V} \quad ; \quad V_{fl} = 56 \text{ V}$$

$$VR = \frac{230 - 56}{56} \times 100\% = 310,71\%$$

$$8. V_{nl} = 230 \text{ V} \quad ; \quad V_{fl} = 49 \text{ V}$$

$$VR = \frac{230 - 49}{49} \times 100\% = 369,38\%$$

$$9. V_{nl} = 230 \text{ V} \quad ; \quad V_{fl} = 44 \text{ V}$$

$$VR = \frac{230 - 44}{44} \times 100\% = 422,72\%$$

Tabel 4.18
Data Hasil Perhitungan Regulasi Tegangan Generator Sinkron Yang
Dihubungkan Dengan Dummy Load

No	Beban (Watt)	I L (Ampere)	Vt (Volt)	Vr (%)
1.	0	0	230	0
2.	56	0,79	186	23,65
3.	220	0,99	136	69,11
4.	180	1,06	101	127,72
5.	160	1,07	81	183,95
6.	120	1,09	66	248,48
7.	100	1,09	56	310,71
8.	90	1,09	49	364,39
9.	80	1,10	44	422,72

Dari hasil perhitungan terlihat bahwa regulasi tegangan semakin besar, regulasi tegangan mulai dari 0% s/d 422,72 %, pada saat elektroda

dummy load semakin tercelup kedalam maka resistansi yang dihasilkan akan semakin kecil. Pada tabel tersebut terlihat bahwa semakin dalam celupan elektroda, maka perubahan nilai resistansi pada tiap celupan akan semakin kecil.

4.3.2 Generator Diberi Arus Eksitasi Tetap dan Putaran Tetap, Beban Ditambah

Sedangkan pada generator diberi arus eksitasi tetap sebesar 0,32 A putaran 1500 rpm, beban ditambahkan dengan menambah kedalaman celupan elektroda pada Dummy Load Tank didapatkan tabel dibawah ini :

Tabel 4.19
Hasil Percobaan
Generator Diberi Arus Eksitasi dinaikkan,
Pada Tegangan Tetap (127 V) dan Putaran Tetap (1.500 rpm)

Vout = 127 V
N = 1.500 rpm
Jarak elektroda = 7,5 cm

NO	I Exiter (A)	R line R – S (Ω)	R line S – T (Ω)	R line T – R (Ω)	IL (A)	P (Watt)
1.	0,15	0	0	0	0	0
2.	0,22	1.100	1.100	1.090	0,57	30
3.	0,31	320	325	380	0,9	200
4.	0,40	290	240	285	1,34	300

Pada percobaan diatas terdapat 4 kali pengukuran dengan kadalaman elektroda yang berbeda pula, pada percobaan tersebut untuk bekerja pada tegangan 127 V pada putaran 1500 rpm pada setiap perubahan celupan elektroda pada dummy load, generator memerlukan

arus eksitasi dari 0,15 A; 0,22 A ; 0,31 A ; Sampai dengan 0,40 A. Pada name plate generator Arus eksitasi nominal yang diperbolehkan adalah 0,42 A. Pada percobaan diatas eksitasi dinaikkan lebih dari 0,1 A pada tiap – tiap celupan elektroda pada dummy load, oleh karena itu percobaan dilakukan sampai generator diberi arus eksitasi 0,40 A. Pada hasil percobaan generator yang dihubungkan dengan dummy load tank dengan eksitasi dinaikkan hasil yang didapatkan, daya yang diserap oleh Dummy Load Tank adalah 300 W pada eksitasi maksimal 0,40 A. Kemampuan generator sinkron tersebut adalah 300 W, padahal sesuai name plate yang tertera pada generator adalah 1,1 KVA pada $\cos \phi$ 0,8 atau 880 W.

BAB V

KESIMPULAN

Dari penjelasan pada bab – bab yang terdahulu yang meliputi perencanaan, pengujian dummy load tank maka penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Besar resistansi dipengaruhi oleh Diameter elektroda dummy load, volume air yang ada pada dummy load, dan jarak elektroda dengan titik pusat pada tumpuan elektroda. Sehingga dengan mengetahui perbedaan – perbedaan tersebut dapat digunakan untuk memilih kondisi yang sesuai untuk keperluan pengujian generator yang akan diujikan agar sesuai dengan parameter – parameter yang ada pada generator. Untuk keperluan pengujian kemampuan generator, hendaknya dummy load dapat di atur agar menghasilkan resistansi agar nantinya dapat menghasilkan keluaran yang sesuai dengan generator, pengaturan tersebut diantaranya adalah pengaturan volume tangki, diameter elektroda, panjang elektroda dan jarak elektrode.
2. Berdasarkan besar Diameter elektroda perubahan resistansi adalah sebagai berikut :
 - Pada diameter 250 mm resistansinya adalah 61 Ω sampai dengan 550 Ω
 - Pada diameter 7,8 mm resistansinya adalah 90 Ω sampai dengan 1.200 Ω

3. Berdasarkan jarak elektroda dengan titik pusat penyangga, perubahan resistansi adalah sebagai berikut :
 - a. Pada jarak 20 cm resistansinya adalah 61 Ω sampai dengan 550 Ω
 - b. Pada diameter 7,5 cm resistansinya adalah 49 Ω sampai dengan 500 Ω
4. Berdasarkan volume air pada dummy load tank, perubahan resistansi adalah sebagai berikut :
 - a. Dengan Volume air 158.400 cm² resistansinya adalah 61 Ω sampai dengan 550 Ω
 - b. Dengan Volume air 138.800 cm² resistansinya adalah 75 Ω sampai dengan 510 Ω
5. Pada hasil percobaan generator yang dihubungkan dengan dummy load tank dengan eksitasi dinaikkan hasil yang didapatkan, daya yang diserap oleh Dummy Load Tank adalah 300 W pada eksitasi maksimal 0,40 A. Kemampuan generator sinkron tersebut adalah 300 W, padahal sesuai name plate yang tertera pada generator adalah 1,1 KVA pada $\cos \phi$ 0,8 atau 880 W.

DAFTAR PUSTAKA

Abdul Kadir, Mesin serempak, Djambatan, Jakarta, [1]

Eugene C. Lister, Mesin dan Rangkaian Listrik [2]

www.omron.com [3]

Zuhul, dasar Teknik Tenaga Listrik [4]



LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

NAMA : Andi Kurniawan
NIM : 0352041
Waktu Bimbingan : 20/10/2006 s/d 20/04/2007
Judul : Pembuatan Dummy Load Untuk Pengujian Beban Max.
Gen. Sinkron 1,1 KVA 220 V

NO	TANGGAL	MATERI	PARAF
1.	25/10/2006	Revisi BAB I	
2.	30/10/2006	ACC BAB I	
3.	10/11/2006	Revisi BAB II	
4.	15/11/2006	ACC BAB II	
5.	09/01/07	Revisi BAB III, IV	
6.	01/02/07	ACC BAB III, IV	
7.	13/02/07	Revisi BAB V	
8.	19/02/07	ACC BAB V, DAFTAR ISI, DAFTAR TABEL, DAFTAR GAMBAR, ACC UJIAN	

Malang, Pebruari 2007
Mengetahui
Dosen Pembimbing



Ir. M. Abdull Hamid, MT



**BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Andi Kurniawan
NIM : 0352041
JURUSAN : T.ELEKTRO D III
KONSENTRASI : T.ENERGI LISTRIK
Judul TA : Pembuatan Dummy Load Tank Untuk Pengujian
Kemampuan Generator Sinkron 1,1 KVA 220 V / 380 V

Di Pertahankan Di Hadapan Team Penguji Tugas Akhir Jenjang Diploma (D III)

Pada :

Hari : RABU

Tanggal : 21 Maret 2007

Dengan Nilai : 77,50 (B+)



Panitia Ujian tugas Akhir

(Ir. Mochtar Asroni, MSME)

Sekretaris

(Ir. H. Choirul Saleh, MT)

Anggota Penguji

Pertama

(Ir. Yuniar Siahaan)

Kedua

(Ir. Djojo Priatmono, MT)

LAMPIRAN - LAMPIRAN

DATA HASIL PERCOBAAN PENGUJIAN DUMMY LOAD TANK

Panjang Elektroda = 50 cm
Jarak Elektroda dengan Pusat = 20 cm
Diameter = 2,5 cm
Tinggi Air = 44 cm
Volume = 158.400 cm³

No	Kedalaman celupan (cm)	R line R - S (Ω)	R line S - T (Ω)	R line T - R (Ω)
1.	1	500	504	550
2.	5	280	285	299
3.	10	170	160	170
4.	15	135	120	135
5.	20	105	100	109
6.	25	86	81	85
7.	30	75	72	75
9.	35	70	66	70
10.	40	66	61	62

TANGGAL PERCOBAAN : Desember 13, 2006

DATA HASIL PERCOBAAN PENGUJIAN DUMMY LOAD TANK

Panjang Elektroda = 50 cm
Jarak Elektroda dengan Pusat = 7,5 cm
Diameter = 2,5 cm
Tinggi Air = 44 cm
Volume = 158.400 cm³

No	Kedalaman celupan (cm)	R line R - S (Ω)	R line S - T (Ω)	R line T - R (Ω)
1.	1	500	500	500
2.	5	290	350	488
3.	10	196	342	223,2
4.	15	282	178	120
5.	20	90	80	87
6.	25	70	70	70
7.	30	60	61	60
9.	35	50	52	50
10.	40	49	50	49

TANGGAL PERCOBAAN : December 13, 2006

DATA HASIL PERCOBAAN PENGUJIAN DUMMY LOAD TANK

Panjang Elektroda = 50 cm
Jarak Elektroda dengan Pusat = 20 cm
Diameter = 7,8 mm
Tinggi Air = 44 cm
Volume = 158.400 cm³

No	Kedalaman celupan (cm)	R line R - S (Ω)	R line S - T (Ω)	R line T - R (Ω)
1.	1	1000	1200	1000
2.	5	350	390	370
3.	10	250	210	230
4.	15	180	200	210
5.	20	150	160	170
6.	25	125	135	150
7.	30	120	120	130
9.	35	95	115	120
10.	40	90	110	110

TANGGAL PERCOBAAN : December 12, 2006

DATA HASIL PERCOBAAN PENGUJIAN DUMMY LOAD TANK

Panjang Elektroda = 50 cm
Jarak Elektroda dengan Pusat = 7,5 cm
Diameter = 7,8 mm
Tinggi Air = 44 cm
Volume = 158.400 cm³

No	Kedalaman celupan (cm)	R line R - S (Ω)	R line S - T (Ω)	R line T - R (Ω)
1.	1	1.100	1.100	1.090
2.	5	320	325	380
3.	10	290	240	285
4.	15	160	165	210
5.	20	120	130	160
6.	25	100	104	135
7.	30	85	85	110
9.	35	73	75	95
10.	40	65	70	65

TANGGAL PERCOBAAN : December 12, 2005

**DATA HASIL PERCOBAAN PENGUJIAN
GENERATOR DENGAN BEBAN DUMMY LOAD TANK**

Arus Excitasi = 0,32 A
N = 1500 rpm
Jarak elektroda = 7,5 cm

NO	R line R - S (Ω)	R line S - T (Ω)	R line T - R (Ω)	P (Watt)	V _{L-L} (Volt)	I _L (A)
1.	0	0	0	0	230	0
2.	1.100	1.100	1.090	56	186	0,79
3.	320	325	380	220	136	0,99
4.	290	240	285	180	101	1,06
5.	160	165	210	160	81	1,07
6.	120	130	160	120	66	1,09
7.	100	104	135	100	56	1,09
8.	85	85	110	90	49	1,09
9.	73	75	95	80	44	1,10

**DATA HASIL PERCOBAAN PENGUJIAN
GENERATOR DENGAN BEBAN DUMMY LOAD TANK**

V_{out} = 127 V
 N = 1.500 rpm
Jarak elektroda = 7,5 cm

NO	R line R – S (Ω)	R line S – T (Ω)	R line T – R (Ω)	I Exiter (A)	V_{L-L} (Volt)	I_L	P (Watt)
1.	0	0	0	0,15	127	0	0
2.	1.100	1.100	1.090	0,22	127	0,57	30
3.	320	325	380	0,31	127	0,9	200
4.	290	240	285	0,40	127	1,34	300

V_{out} = 120 V
 N = 2.500 rpm
Jarak elektroda = 7,5 cm

NO	R line R – S (Ω)	R line S – T (Ω)	R line T – R (Ω)	I Exiter (A)	V_{L-L} (Volt)	I_L	P (Watt)
1.	0	0	0	0,09	120	0	0
2.	1.100	1.100	1.090	0,18	120	0,52	20
3.	320	325	380	0,27	120	0,92	36
4.	290	240	285	0,36	120	1,26	190

DATA HASIL PERCOBAAN PENGUJIAN DUMMY LOAD TANK

Panjang Elektroda = 50 cm
Jarak Elektroda dengan Pusat = 20 cm
Diameter = 2,5 cm
Tinggi Air = 38 cm
Volume = 136.800 cm³

No	Kedalaman celupan (cm)	R line R – S (Ω)	R line S – T (Ω)	R line T – R (Ω)
1.	1	500	500	510
2.	5	290	300	309
3.	10	190	200	200
4.	15	150	140	149
5.	20	120	120	120
6.	25	105	100	100
7.	30	90	80	94
9.	35	80	80	80
10.	37,5	75	75	75

TANGGAL PERCOBAAN : December 16, 2006

General Purpose Relay MK

- Exceptionally reliable general purpose relay.
- Long life (minimum 100,000 electrical operations) assured by silver contacts.
- Built-in operation indicator (mechanical, LED), diode surge suppression, Varistor surge suppression.
- The contact operation can be easily checked by mechanical indicator and/or push-to-test button options.
- Conforms to CENELEC standards.
- VDE approved versions available.



Ordering Information

To Order: Select the part number and add the desired coil voltage rating (e.g., MK3P5-S-AC120).

Type	Terminal	Coil	Contact form	Model	
				Mechanical indicator	Mechanical Indicator & push-to-test button
Standard	Plug-in	AC/DC	DPDT	MK2P-I	MK2P-S
LED indicator			3PDT	MK3P-5-I	MK3P-5-S
			DPDT	MK2PN-I	MK2PN-S
LED indicator and diode			3PDT	MK3PN-5-I	MK3PN-5-S
		DC	DPDT	MK2PND-I	MK2PND-S
3PDT			MK3PND-5-I	MK3PND-5-S	
LED indicator and varistor		AC	DPDT	MK2PNV-I	MK2PNV-S
			3PDT	MK3PNV-5-I	MK3PNV-5-S
Diode		DC	DPDT	MK2PD-I	MK2PD-S
			3PDT	MK3PD-5-I	MK3PD-5-S
Varistor		AC	DPDT	MK2PV-I	MK2PV-S
			3PDT	MK3PV-5-I	MK3PV-5-S

- Note: 1. Reverse polarity versions available on DC coil types. Consult your OMRON representative for further information.
 2. VDE approved versions are available. Consult your OMRON representative for further information.

■ Accessories (Order separately)

To Order: Select the appropriate part numbers for sockets, clips, and mounting tracks (if required) from the available types chart.

Track Mounted Sockets

Relay type	Model		
	Socket	Relay hold-down clip	Mounting track/end plate
SPDT	PF083A-E	PFC-A1	PFP-100N or PFP-50N and PFP-M (end plate)
DPDT			PFP-100N or PFP-50N and PFP-M (end plate)
3PDT	PF113A-E	PFC-A1	PFP-100N or PFP-50N and PFP-M (end plate)

■ Accessories (continued)

Back Connecting Sockets

Relay type	Model	
	Socket	Relay hold-down clip
SPDT	PL08	PLC-E
DPDT	PLE08-0	PLC-10
	PL08-Q	PLC-E
3PDT	PL11	PLC-E
	PLE11-0	PLC-10
	PL11-Q	PLC-E

Specifications

■ Contact Data

Load	Resistive load (p.f. = 1)		Inductive load (p.f. = 0.4)
	2 Pole	3 Pole	
Rated load	10 A at 250 VAC 10 A at 28 VDC	10 A at 120 VAC 10 A at 28 VDC 10 A at 250 VAC	7 A at 250 VAC
Contact material	Ag		
Carry current	10 A		
Max. operating voltage	250 VAC, 250 VDC		
Max. operating current	10 A		
Max. switching capacity	2,500 VA 280 W	2,500 VA/1,250 VA (NO/NC contacts) 280 W	1,750 VA
Min. permissible load	10 mA at 1 VDC		

■ Coil Data

AC

Rated voltage (VAC)	Rated current (mA) (at 60 Hz)	Coil resistance (Ω)	Coil inductance (Ref. value) (H)		Pick-up voltage	Dropout voltage	Maximum voltage	Power consumption (mW)
			Armature OFF	Armature ON				
6	360	3.9	0.0423	0.0201	80% max. Approx. 2.7 VA	30% min. (at 60 Hz) 25% min. (at 50 Hz)	110% max.	Approx. 2.3 VA (at 60 Hz) Approx. 2.7 VA (at 50 Hz)
12	180	16.3	0.3270	0.1866				
24	88.0	68.0	0.6940	0.3760				
50	39.0	338	3.195	1.530				
110	21.0	1240	13.45	7.32				
120	18.0	1578	15.04	7.19				
220	11.0	5090	49.73	27.02				
240	9.2	6737	58.62	32.07				

DC

Rated voltage (VDC)	Rated current (mA) (at 80 Hz)	Coil resistance (Ω)	Coil inductance (Ref. value) (H)		Pick-up voltage	Dropout voltage	Maximum voltage	Power consumption (mW)
			Armature OFF	Armature ON				
6	255	23.5	0.206	0.106	80% max. Approx. 2.7 VA	15% min.	110% max.	Approx. 1.5 W
12	126	96	0.963	0.449				
24	56	430	4.915	2.478				
48	28.5	1830	16.685	10.467				
110	15.1	7300	80.2	42.6				

- Note: 1. The rated current and coil resistance are measured at a coil temperature of 23°C (73°F) with a tolerance of ±15% for DC rated current and +15%, -20% for AC rated current.
 2. The rated current is reference value.
 3. Performance characteristic data are measured at a coil temperature of 23°C (73°F).
 4. For models with the LED indicator built-in, add an LED current of approximately 0 thru 5 mA to the rated current.

■ Accessories (continued)

Back Connecting Sockets

Relay type	Model	
	Socket	Relay hold-down clip
SPDT	PL08	PLC-E
DPDT	PLE08-0	PLC-10
	PL08-Q	PLC-E
3PDT	PL11	PLC-E
	PLE11-0	PLC-10
	PL11-Q	PLC-E

Specifications

■ Contact Data

Load	Resistive load (p.f. = 1)		Inductive load (p.f. = 0.4)
	2 Pole	3 Pole	
Rated load	10 A at 250 VAC 10 A at 28 VDC	10 A at 120 VAC 10 A at 28 VDC 10 A at 250 VAC	7 A at 250 VAC
Contact material	Ag		
Carry current	10 A		
Max. operating voltage	250 VAC, 250 VDC		
Max. operating current	10 A		
Max. switching capacity	2,500 VA 280 W	2,500 VA/1,260 VA (NO/NC contacts) 280 W	1,750 VA
Min. permissible load	10 mA at 1 VDC		

■ Coil Data

AC

Rated voltage (VAC)	Rated current (mA) (at 60 Hz)	Coil resistance (Ω)	Coil inductance (Ref. value) (H)		Pick-up voltage	Dropout voltage	Maximum voltage	Power consumption (mW)
			Armature OFF	Armature ON				
6	360	3.9	0.0423	0.0201	80% max. Approx. 2.7 VA	30% min. (at 60 Hz) 25% min. (at 50 Hz)	110% max.	Approx. 2.3 VA (at 60 Hz) Approx. 2.7 VA (at 50 Hz)
12	180	16.3	0.3270	0.1666				
24	88.0	68.0	0.6940	0.3760				
50	39.0	338	3.195	1.530				
110	21.0	1240	13.45	7.32				
120	18.0	1578	15.04	7.19				
220	11.0	5090	49.73	27.02				
240	9.2	6737	58.62	32.07				

DC

Rated voltage (VDC)	Rated current (mA) (at 60 Hz)	Coil resistance (Ω)	Coil inductance (Ref. value) (H)		Pick-up voltage	Dropout voltage	Maximum voltage	Power consumption (mW)
			Armature OFF	Armature ON				
6	255	23.5	0.206	0.106	80% max. Approx. 2.7 VA	15% min.	110% max.	Approx. 1.5 W
12	126	95	0.963	0.449				
24	56	430	4.915	2.478				
48	29.5	1630	16.885	10.487				
110	15.1	7300	80.2	42.6				

- Note: 1. The rated current and coil resistance are measured at a coil temperature of 23°C (73°F) with a tolerance of ±15% for DC rated current and +15%, -20% for AC rated current.
 2. The rated current is reference value.
 3. Performance characteristic data are measured at a coil temperature of 23°C (73°F).
 4. For models with the LED indicator built-in, add an LED current of approximately 0 thru 5 mA to the rated current.

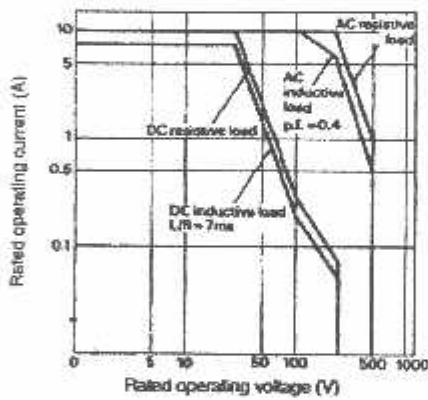
■ Characteristics

Contact resistance		50 mΩ max.
Operate time		AC: 20 ms max. DC: 30 ms max.
Release time		20 ms max.
Operating frequency	Mechanical	18,000 operations/hour
	Electrical	1,800 operations/hour (under rated load)
Insulation resistance		100 MΩ min. (at 500 VDC)
Dielectric strength		2,500 VAC, 50/60 Hz for 1 minute between coil and contacts 1,000 VAC, 50/60 Hz for 1 minute between contacts of same poles, between terminals of the same polarity 2,500 VAC, 50/60 Hz for 1 minute between current-carrying parts, noncurrent-carrying parts, and terminals of opposite polarity
Vibration	Mechanical durability	10 to 55 Hz, 1.50 mm (0.06 in) double amplitude
	Malfunction durability	10 to 55 Hz, 1.00 mm (0.04 in) double amplitude
Shock	Mechanical durability	1,000 m/s ² (approx. 100 G)
	Malfunction durability	100 m/s ² (approx. 10 G)
Ambient temperature		Operation: -10° to 40°C (14° to 104°F)
Humidity		35 to 85% RH
Service Life	Mechanical	10 million operations min. (at operating frequency of 18,000 operations/hour)
	Electrical	100,000 operations at rated load (at operating frequency of 1,800 operations/hour)
Weight		Approx. 85 g (3.0 oz)

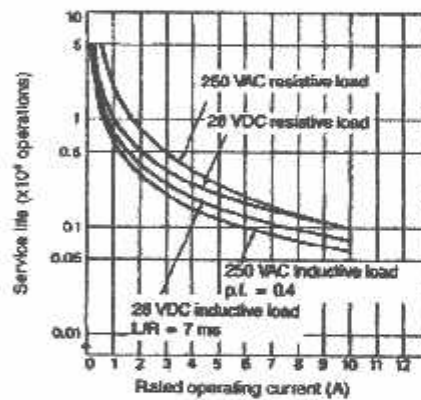
Note: Data shown are of initial value.

■ Characteristic Data

Maximum switching capacity
MK2P-S



Electrical service life
MK2P-S, MK3P5-S



Dimensions

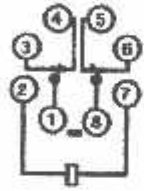
Unit: mm (inch)

Relays

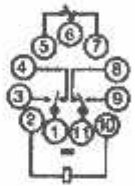


Terminal Arrangement (Bottom view)

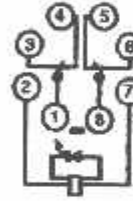
Standard type (AC/DC coil)
MK2P-I, -S



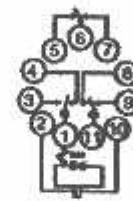
MK3P5-I, -S



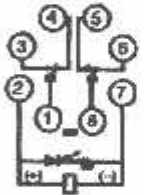
LED indicator type (AC coil)
MK2PN-I, -S



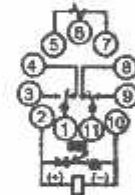
MK3PN-5-I, -S



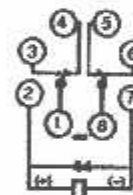
LED indicator type (DC coil)
MK2PM-I, -S



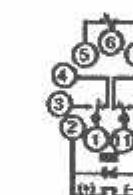
MK3PN-5-I, -S



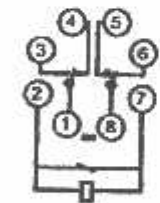
Diode type (DC coil)
MK2PD-I, -S



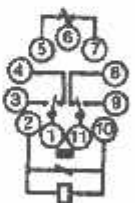
MK3PD-5-I, -S



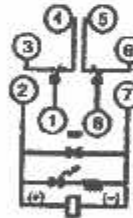
Varsistor type (AC coil)
MK2PV-I, -S



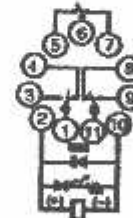
MK3PV-5-I, -S



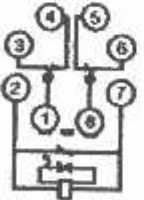
LED indicator and diode type (DC coil)
MK2PND-I, -S



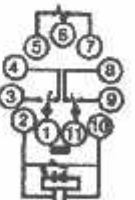
MK3PND-5-I, -S



LED indicator and Varsistor type (AC coil)
MK2PNV-I, -S

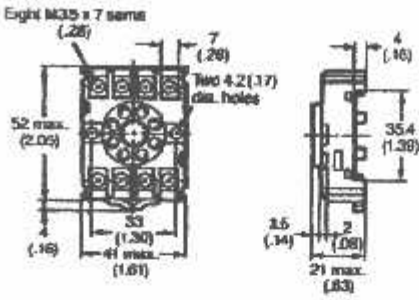


MK3PNV-5-I, -S

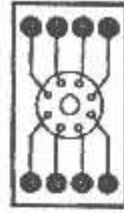


Accessories

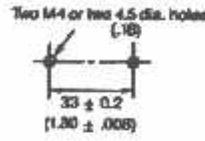
Track mounted socket PF083A-E (conforming to DIN EN 50022)



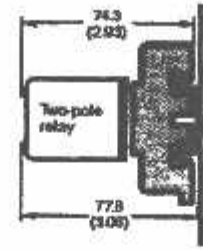
Terminal arrangement



Mounting holes

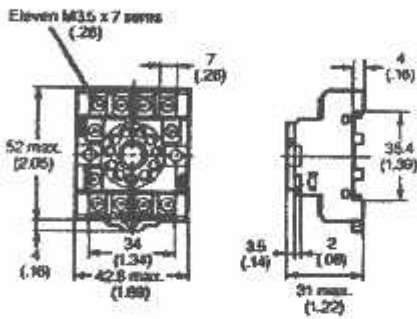


Mounting dimensions of relay with socket

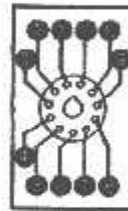


Note: Model PF083A-E can be used as a front connecting socket.

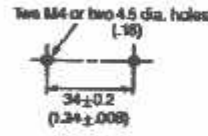
Track mounted socket PF113A-E (conforming to DIN EN 50022)



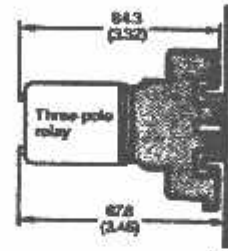
Terminal arrangement



Mounting holes

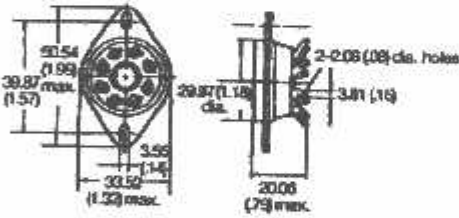


Mounting dimensions of relay with socket

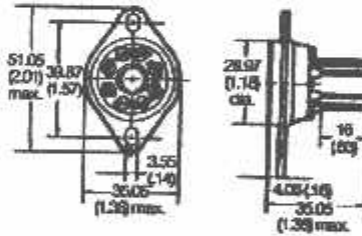


Note: Model PF113A-E can be used as a front connecting socket.

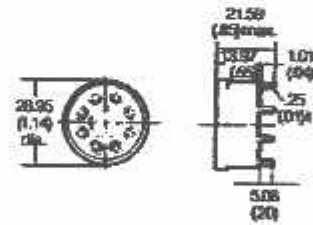
Back connecting socket MK2 sockets (8 pin) PL08 (UL File No. E87929) Solder terminals



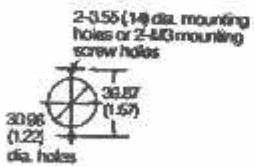
PL08-Q Wire wrap terminals



Printed circuit board socket PLE08-0

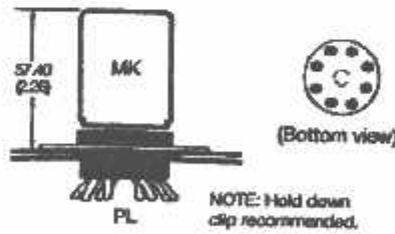


Mounting holes PL08

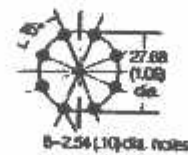


Mounting holes and panel cut-out applies to PL08 and PL08-Q

PL08 type sockets and MK2 relay Total height dimension

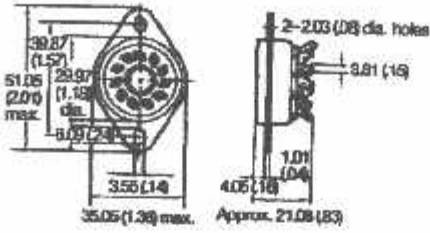


Recommended PCB layout PLE08-0

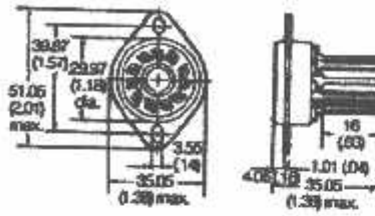


Unit: mm (inch)

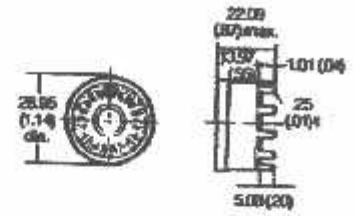
Back connecting socket
MK3 sockets (11 pin)
PL11 (UL File No. E87929)
Solder terminals



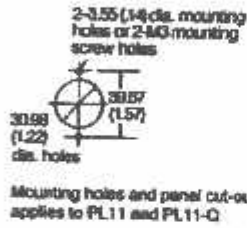
PL11-Q
Wire wrap terminals



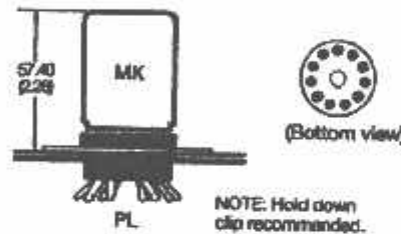
Printed circuit
board socket
PLE11-0



Mounting holes
PL11



PL11 type sockets and MK3 relay
Total height dimension

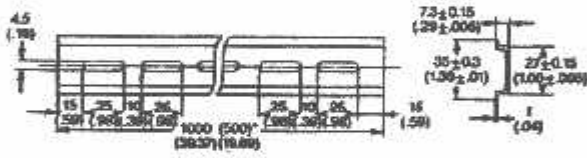


Recommended PCB layout
PLE11-0

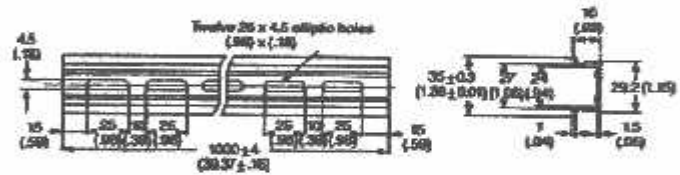


Mounting tracks

PFP-100M/PFP-50N
(conforming to DIN EN 500022)

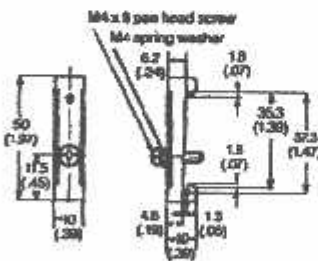


PFP-100N2
(conforming to DIN EN 500022)



- Note: 1. *This dimension applies to mounting track PFP-50N.
2. A total of twelve 25 x 4.50 mm (0.98 x 0.18 in) elliptic holes is provided with six holes cut from each rail end at a pitch of 10 mm (0.39 in) holes.

PFP-M end plate



Note: Use of Type PFP-M end plate is recommended to secure the socket on the mounting track. Be sure that the engraved arrow mark on the surface of the end plate faces upward and then tighten the screw firmly with a screwdriver.

■ Approvals

UL (File No. E41515)/CSA (File Nos. LR41408 and LR33535)

Type	Contact form	Coil ratings	Contact ratings
MK2P-I, -S	DPDT	6 to 250 VAC 6 to 110 VDC	10 A, 250 VAC, Resistive
			10 A, 28 VDC, Resistive
			7 A, 250 VAC, Inductive
MK3P5-I, -S	3PDT	6 to 250 VAC 6 to 110 VDC	10 A, 120 VAC, Resistive
			10 A, 28 VDC, Resistive
			10 A, 250 VAC, Resistive
			7 A, 250 VAC, Inductive

SEV, DEMKO

Type	Contact form	Coil ratings	Contact ratings
MK2P-I, -S	DPDT	6 to 110 VDC	10 A, 250 VAC (NO) (cosφ = 1)
			5 A, 250 VAC (NC) (cosφ = 1)
MK3P5-I, -S	3PDT	6 to 240 VAC	10 A, 280 VDC (NO)
			5 A, 280 VDC (NC)
			7 A, 250 VAC (cosφ = 0.4)

TUV (File No. R9051410)

Type	Contact form	Coil ratings	Contact ratings
MK2P-I, -S	DPDT	6, 12, 24, 48, 100, 110 VDC	10 A, 250 VAC (NO) (cosφ = 1)
			5 A, 250 VAC (NC) (cosφ = 1)
			10 A, 280 VDC (NO)
MK3P5-I, -S	3PDT	6, 12, 24, 50, 110, 115, 120, 200, 220, 230, 240 VAC	5 A, 280 VDC (NC)
			7 A, 250 VAC (cosφ = 0.4)

- Note: 1. The rated values approved by each of the safety standards (e.g., UL and CSA) may be different from the performance characteristics individually defined in this catalog.
 2. VDE, Nemko and Semko versions are available. Please consult your OMRON representative for further information.
 3. In the interest of product improvement, specifications are subject to change.

Terms and Conditions of Sale

1. **Offer, Acceptance.** These terms and conditions (these "Terms") are deemed part of all quotations, acknowledgments, invoices, purchase orders and other documents, whether electronic or in writing, relating to the sale of products or services (collectively, the "Products") by Omron Electronic Components LLC ("Seller"). Seller hereby objects to any terms or conditions proposed in Buyer's purchase order or other documents which are inconsistent with, or in addition to, these Terms.
2. **Prices, Payment.** All prices stated are current, subject to change without notice by Seller. Buyer agrees to pay the price in effect at time of shipment. Payments for Products received are due net 30 days unless otherwise stated in the invoice.
3. **Discounts.** Cash discounts, if any, will apply only on the net amount of invoices sent to Buyer after deducting transportation charges, taxes and duties, and will be allowed only if (i) the invoice is paid according to Seller's payment terms and (ii) Buyer has no past due amounts owing to Seller.
4. **Currencies.** If the prices quoted herein are in a currency other than U.S. dollars, Buyer shall make remittance to Seller at the then current exchange rate most favorable to Seller and which is available on the due date; provided that if remittance is not made when due, Buyer will convert the amount to U.S. dollars at the then current exchange rate most favorable to Seller available during the period between the due date and the date remittance is actually made.
5. **Governmental Approvals.** Buyer shall be responsible for, and shall bear all costs involved in, obtaining any government approvals required for the importation or sale of the Products.
6. **Taxes.** All taxes, duties and other governmental charges (other than general real property and income taxes), including any interest or penalties thereon, imposed directly or indirectly on Seller or required to be collected directly or indirectly by Seller for the manufacture, production, sale, delivery, importation, consumption or use of the Products sold hereunder (including customs duties and sales, excise, use, turnover and license taxes) shall be charged to and remitted by Buyer to Seller.
7. **Financial.** If the financial position of Buyer at any time becomes unsatisfactory to Seller, Seller reserves the right to stop shipments or require satisfactory security or payment in advance. If Buyer fails to make payment or otherwise comply with these Terms or any related agreement, Seller may (without liability and in addition to other remedies) cancel any unshipped portion of Products sold hereunder and stop any Products in transit until Buyer pays all amounts, including amounts payable hereunder, whether or not then due, which are owing to it by Buyer. Buyer shall in any event remain liable for all unpaid accounts.
8. **Cancellation, Etc.** Orders are not subject to rescheduling or cancellation unless Buyer indemnifies Seller fully against all costs or expenses arising in connection therewith.
9. **Force Majeure.** Seller shall not be liable for any delay or failure in delivery resulting from causes beyond its control, including earthquakes, fires, floods, strikes or other labor disputes, shortage of labor or materials, accidents to machinery, acts of sabotage, riots, delay in or lack of transportation or the requirements of any government authority.
10. **Shipping, Delivery.** Unless otherwise expressly agreed in writing by Seller:
 1. Shipments shall be by a carrier selected by Seller;
 2. Such carrier shall act as the agent of Buyer and delivery to such carrier shall constitute delivery to Buyer;
 3. All sales and shipments of Products shall be FOB shipping point (unless otherwise stated in writing by Seller), at which point title to and all risk of loss of the Products shall pass from Seller to Buyer, provided that Seller shall retain a security interest in the Products until the full purchase price is paid by Buyer;
 4. Delivery and shipping dates are estimates only.
 5. Seller will package Products as it deems proper for protection against normal handling and extra charges apply to special conditions.
11. **Claims.** Any claim by Buyer against Seller for shortage or damage to the Products occurring before delivery to the carrier must be presented in writing to Seller within 30 days of receipt of shipment and include the original transportation bill signed by the carrier noting that the carrier received the Products from Seller in the condition claimed.
12. **Warranties.** (a) **Exclusive Warranty.** Seller's exclusive warranty is that the Products will be free from defects in materials and workmanship for a period of twelve months from the date of sale by Seller (or such other period expressed in writing by Seller). Seller disclaims all other warranties, express or implied. (b) **Limitations.** SELLER MAKES NO WARRANTY OR REPRESENTATION, EXPRESS OR IMPLIED, ABOUT NON-INFRINGEMENT, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OF THE PRODUCTS. BUYER ACKNOWLEDGES THAT IT ALONE HAS DETERMINED THAT THE PRODUCTS WILL SUITABLY MEET THE REQUIREMENTS OF THEIR INTENDED USE. Seller further disclaims all warranties and responsibility of any type for claims or expenses based on infringement by the Products or otherwise of any intellectual property right. (c) **Buyer Remedies.** Seller's sole obligation hereunder shall be to replace (in the form originally shipped with Buyer responsible for labor charges for removal or replacement thereof) the non-complying Product or, at Seller's election, to repay or credit Buyer an amount equal to the purchase price of the Product; provided that in no event shall Seller be responsible for warranty, repair, indemnity or any other claims or expenses regarding the Products unless Seller's analysis confirms that the Products were properly handled, stored, installed and maintained and not subject to contamination, abuse, misuse or inappropriate modification. Return of any Products by Buyer must be approved in writing by Seller before shipment. Seller shall not be liable for the suitability or unsuitability or the results from the use of Products in combination with any electrical or electronic components, circuits, system assemblies, or any other materials or substances or environments. Any advice, recommendations or information given orally or in writing are not to be construed as an amendment or addition to the above warranty.
13. **Limitation on Liability, Etc.** SELLER SHALL NOT BE LIABLE FOR SPECIAL, INDIRECT, INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES, LOSS OF PROFITS OR PRODUCTION OR COMMERCIAL LOSS IN ANY WAY CONNECTED WITH THE PRODUCTS, WHETHER SUCH CLAIM IS BASED IN CONTRACT, WARRANTY, NEGLIGENCE OR STRICT LIABILITY. Further, in no event shall liability of Seller exceed the individual price of the Product on which liability is asserted.
14. **Indemnities.** Buyer shall indemnify and hold harmless Seller, its affiliates and its employees from and against all liabilities, losses, claims, costs and expenses (including attorney's fees and expenses) related to any claim, investigation, litigation or proceeding (whether or not Seller is a party) which arises or is alleged to arise from Buyer's acts or omissions under these Terms or in any way with respect to the Products. Without limiting the foregoing, Buyer (at its own expense) shall indemnify and hold harmless Seller and defend or settle any action brought against Seller to the extent that it is based on a claim that any Product made to Buyer specifications infringed intellectual property rights of another party.
15. **Proprietary Confidentiality.** The intellectual property embodied in the Products is the exclusive property of Seller and its affiliates and Buyer shall not attempt to duplicate it in any way without the written permission of Seller. Notwithstanding any charges to Buyer for engineering or tooling, all engineering and tooling shall remain the exclusive property of Seller. All information and materials supplied by Seller to Buyer relating to the Products are confidential and proprietary, and Buyer shall limit distribution thereof to its trusted employees and strictly prevent disclosure to any third party.
16. **Miscellaneous.** (a) **Waiver.** No failure or delay by Seller in exercising any right and no course of dealing between Buyer and Seller shall operate as a waiver of rights by Seller. (b) **Assignment.** Buyer may not assign its rights hereunder without Seller's written consent. (c) **Law.** These Terms are governed by Illinois law (without regard to conflict of law principles). Federal and state courts in Illinois shall have exclusive jurisdiction for any dispute hereunder. (d) **Amendment.** These Terms constitute the entire agreement between Buyer and Seller relating to the Products, and no provision may be changed or waived unless in writing signed by the parties. (e) **Severability.** If any provision hereof is rendered ineffective or invalid, such provision shall not invalidate any other provision. (f) **Setoff.** Buyer shall have no right to set off any amounts against the amount owing in respect of this invoice. (g) **Definitions.** As used herein, "including" means "including without limitation".

Certain Precautions on Specifications and Use

- Suitability for Use.** Seller shall not be responsible for conformity with any standards, codes or regulations which apply to the combination of the Product in Buyer's application or use of the Product. At Buyer's request, Seller will provide applicable third party certification documents identifying ratings and limitations of use which apply to the Product. This information by itself is not sufficient for a complete determination of the suitability of the Product in combination with the end product, machine, system, or other application or use. Buyer shall be solely responsible for determining appropriateness of the particular Product with respect to Buyer's application, product or system. Buyer shall take application responsibility in all cases but the following is a non-exhaustive list of applications for which particular attention must be given:
 - Outdoor use, uses involving potential chemical contamination or electrical interference, or conditions or uses not described in this document.
 - Energy control systems, combustion systems, railroad systems, aviation systems, medical equipment, amusement machines, vehicles, safety equipment, and installations subject to separate industry or government regulations.
 - Use in consumer products or any use in significant quantities.
 - Systems, machines and equipment that could present a risk to life or property. Please know and observe all prohibitions of use applicable to this product.
- NEVER USE THE PRODUCT FOR AN APPLICATION INVOLVING SERIOUS RISK TO LIFE OR PROPERTY WITHOUT ENSURING THAT THE SYSTEM AS A WHOLE HAS BEEN DESIGNED TO ADDRESS THE RISKS, AND THAT THE OMRON PRODUCT IS PROPERLY RATED AND INSTALLED FOR THE INTENDED USE WITHIN THE OVERALL EQUIPMENT OR SYSTEM.**
- Programmable Products.** Seller shall not be responsible for the user's programming of a programmable product, or any consequence thereof.
- Performance Data.** Performance data given in this publication is provided as a guide for the user in determining suitability and does not constitute a warranty. It may represent the result of Seller's test conditions, and the users must compare it to actual application requirements. Actual performance is subject to Seller's Warranty and Limitations of Liability.
- Change in Specifications.** Product specifications and accessories may be changed at any time based on improvements and other reasons. It is our practice to change part numbers when published ratings or features are changed or when significant construction changes are made. However, some specifications of the Product may be changed without any notice. When in doubt, special part numbers may be assigned to fix or establish key specifications for your application. Please consult with your Seller representative at any time to confirm actual specifications of purchased Product.
- Errors and Omissions.** The information in this publication has been carefully checked and is believed to be accurate; however, no responsibility is assumed for clerical, typographical or proofreading errors, or omissions.
- RoHS Compliance.** Where indicated, our products currently comply to the best of our knowledge as of the date of this publication, with the requirements of the European Union's Directive on the Restriction of certain Hazardous Substances ("RoHS"), although the requirements of RoHS do not take effect until July 2006. These requirements may be subject to change. Please consult our website for current information.

Complete "Terms and Conditions of Sale" for product purchase and use are on Omron's website at www.components.omron.com – under the "About Us" tab, in the Legal Matters section.

ALL DIMENSIONS SHOWN ARE IN MILLIMETERS.

To convert millimeters into inches, multiply by 0.03937. To convert grams into ounces, multiply by 0.03527.

OMRON.

OMRON ELECTRONIC
COMPONENTS LLC
55 E. Commerce Drive, Suite B
Schaumburg, IL 60173
847-882-2288

OMRON CANADA, INC.
885 Milner Avenue
Toronto, Ontario M1B 5V8
416-286-6465

OMRON ON-LINE
Global - <http://www.omron.com>
USA - <http://www.components.omron.com>
Canada - <http://www.omron.ca>

Cat. No. JB301-E3-01

3/05

Specifications subject to change without notice

Printed in USA