



**PEMBUATAN CATU DAYA UNTUK PENGUKURAN
KONDUKTIVITAS BATUAN**

SKRIPSI

oleh
DEVI ANASTIANI
NIM 101810201040

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016



**PEMBUATAN CATU DAYA UNTUK PENGUKURAN
KONDUKTIVITAS BATUAN**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1) dan mencapai gelar Sarjana Sains

oleh
DEVI ANASTIANI
NIM 101810201040

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan penuh rasa cinta, syukur dan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk:

1. Orang tua saya (alm) Subadi dan Pujiyanti, yang selalu memberikan doa, dukungan, kasih sayang yang tulus serta pelajaran hidup yang luar biasa.
2. Adik-adik tersayang, Azhari Dwi Atmoko dan Dyah Ayu Nurdiyanti yang selalu memberikan keceriaan dan semangat;
3. Para pendidik yang telah berkenan mendidik saya dari taman kanak-kanak hingga berada di perguruan tinggi;
4. Rekan-rekan Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) FMIPA Universitas Jember
5. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

Bukanlah yang bernama kaya itu orang yang banyak harta bendanya, tetapi yang disebut kaya itu adalah orang yang kaya diri dengan banyak ilmu

(Buchori Muslim)^{*)}

^{*)} Muhammad Yusuf, A. 2012. *Ensiklopedia Tematis ayat al-Qur'an dan Hadist*. Jilid 2. Jakarta : Widya Cahaya

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Devi Anastiani

NIM : 101810201040

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Pembuatan Catu Daya untuk Pengukuran Konduktivitas Batuan” adalah benar-benar hasil penelitian bersama antara dosen pembimbing dan saya selaku mahasiswa, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2016

Yang menyatakan,

Devi Anastiani

NIM 101810201040

SKRIPSI

**PEMBUATAN CATU DAYA UNTUK PENGUKURAN
KONDUKTIVITAS BATUAN**

Oleh

Devi Anastiani
NIM 101810201040

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Puguh Hiskiawan, S.Si, M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Misto, M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pembuatan Catu Daya untuk Pengukuran Konduktivitas Batuan”
telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji

Ketua

Sekretaris

Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si.
NIP 19741215 200212 1 001

Ir. Misto, M.Si.
NIP 19591121 199103 1 002

Anggota I

Anggota II

Dr. Edy Supriyanto, S.Si, M.Si.
NIP 19671215 199802 1 001

Supriyadi, S.Si, M.Si.
NIP 19820424 200604 1 003

Mengesahkan
Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP 196102041987111001

RINGKASAN

Pembuatan Catu Daya untuk Pengukuran Konduktivitas Batuan; Devi Anastiani, 101810201040; 2010: 56 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Konduktivitas batuan adalah suatu sifat fisis dalam kemampuan menghantarkan listrik oleh material. Besarnya konduktivitas batuan berbanding terbalik dengan nilai resistivitasnya. Pengukuran konduktivitas batuan dalam geofisika dapat digunakan untuk mengetahui struktur bawah permukaan tanah. Proses pengukuran nilai konduktivitas batuan diperlukan suatu alat ukur konduktivitas. Alat ukur konduktivitas dibuat menggunakan catu daya sebagai sumber arus serta alat pengukur tegangan dan alat pengukur arus. Hal yang terpenting dalam alat ukur tersebut adalah adanya catu daya.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat catu daya untuk pengukuran konduktivitas batuan. Catu daya yang dibuat terdiri dari sebuah transformator *step down* CT 5 A, 2 buah dioda 1N5401 sebagai rangkaian penyearah, kapasitor 4700 μF , 220 μF dan 100 μF masing-masing 2 buah sebagai filter, 2 buah LM7815 sebagai regulator, 6 buah transistor MJ2955 sebagai penguat arus dan *fuse* 5 A sebagai pengaman hubung singkat. Modifikasi rangkaian catu daya diadopsi dari rangkaian regulator tegangan arus tinggi dengan LM7812 oleh Anonim (2014). Modifikasi yang dilakukan meliputi tidak digunakan hambatan masuk pada transistor MJ2955. Modifikasi berikutnya adalah menduplikasikan rangkaian yang terdiri dari transistor (MJ2955) dan mengganti LM7812 dengan LM7815. Tambahan *fuse* (sekring) dipasang untuk perlindungan rangkaian dari kerusakan akibat hubung singkat atau hambatan medium mendekati nol.

Pengujian catu daya dilakukan dalam dua tahap yaitu ketika catu daya tanpa beban dan ketika catu daya terbebani oleh medium tanah. Pengujian tanpa beban dilakukan menggunakan osiloskop (untuk mengetahui karakteristik gelombang) dan menggunakan multimeter pada 9 titik uji. Pengujian tanpa beban bertujuan untuk mengetahui spesifikasi alat yaitu tegangan dan kuat arus maksimum catu daya. Berdasarkan penelitian tegangan keluaran maksimumnya adalah DC 14,96 V dan arus maksimumnya 4,73 A.

Aplikasi dari catu daya digunakan untuk pengukuran konduktivitas batuan menggunakan konfigurasi *Wenner* dengan spasi elektroda 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, dan 30 cm. Terdapat 4 lintasan yang diuji. Besaran yang didapatkan adalah tegangan dan kuat arus. Berdasarkan hasil penelitian pengukuran nilai resistansi medium pada lintasan 1 sampai 4 mendapatkan nilai resistansi yang hampir sama yaitu dengan rentang nilai $(4,08 \times 10^5) \Omega$ sampai $(7,00 \times 10^5) \Omega$. Hal tersebut dikarenakan medium tanah yang digunakan adalah tanah yang homogen. Pengukuran yang dilakukan menggunakan catu daya dengan metode *Wenner* mendapatkan nilai resistansi yang masih memenuhi nilai resistansi pada saat kalibrasi $(5,89 \times 10^5 \pm 6,75 \times 10^3) \Omega$.

Pengukuran konduktivitas tanah yang dilakukan pada 4 lintasan mempunyai rentang nilai konduktivitas $(7,58 \times 10^{-7})$ mho sampai $(9,77 \times 10^{-6})$ mho. Berdasarkan nilai konduktivitas tanah yang didapatkan maka tanah yang diuji merupakan tanah Basalt. Pengukuran konduktivitas medium tanah terdapat perbedaan nilai konduktivitas yang dipengaruhi jarak antar elektroda. Hal tersebut adanya faktor geometri pada pengukuran menggunakan metode geolistrik.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pembuatan Catu Daya untuk Pengukuran Konduktivitas Batuan”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Penyusunan Skripsi ini telah mendapatkan batuan, pengarahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Puguh Hiskiawan S.Si, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam penulisan skripsi ini;
2. Dr. Edy Supriyanto, S.Si, M.Si., selaku Dosen Penguji Utama dan Supriyadi S.Si, M.Si., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah meluangkan waktu untuk menguji dan memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Sahabat-sahabat seperjuangan angkatan 2010, kakak dan adik tingkat Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember yang telah memberikan keceriaan, semangat, dan do'a selama ini;
4. rekan-rekan pengurus Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) periode 2012/2013 dan periode 2013/2014;
5. Semua pihak yang telah berkontribusi namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran membangun dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Catu Daya	6
2.2 Rangkaian Penyearah	10
2.2.1 Penyearah Setengah Gelombang	12
2.2.2 Penyearah Gelombang Penuh.....	13
2.3 Rangkaian Penyearah dengan <i>Filter</i>	16
2.4 Arus Listrik dan Konduktivitas	17

2.5 Hukum Ohm	18
2.6 Metode Geolistrik	19
BAB 3. METODE PENELITIAN	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	23
3.2.1 Alat dan Bahan Pembuatan Catu daya.....	23
3.2.2 Alat dan Bahan Alat Ukur Konduktivitas	24
3.3 Skema Kerja Penelitian	26
3.3.1 Tahap Persiapan Alat dan Bahan	26
3.3.2 Tahap Pembuatan Catu Daya	27
3.3.3 Tahap Pengujian Catu Daya.....	27
3.3.4 Tahap Pembuatan <i>Prototype</i> Alat Ukur Konduktivitas Batuan.....	28
3.3.5 Tahap Pengujian <i>Prototype</i> Alat Ukur Konduktivitas Batuan.....	28
3.3.6 Analisis Data.....	30
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil	31
4.1.1 Hasil Pembuatan Catu Daya.....	31
4.1.2 Hasil Uji Aplikasi Alat.....	32
4.2 Pembahasan	33
BAB 5. Penutup	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN	42

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Regulator tegangan arus tinggi dengan IC 7812.....	6
2.2 Rangkaian transistor <i>pnp</i> dengan LM 7812.....	9
2.3 Rangkaian transistor <i>nnp</i> dengan IC 7812.....	9
2.4 Grafik <i>safe area protection</i> LM78XXCT.....	10
2.5 Susunan dan lambang dioda	11
2.6 Rangkaian penyearah dengan dioda	11
2.7 Rangkaian penyearah setengah gelombang.....	12
2.8 Rangkaian penyearah gelombang penuh CT.....	13
2.9 Rangkaian penyearah gelombang penuh.....	14
2.10 Rangkaian penyearah jembatan dan gelombang hasil penyearahan.....	15
2.11 Rangkaian penyearah dengan <i>filter</i>	16
2.12 Gelombang keluaran rangkaian penyearah menggunakan <i>filter</i>	17
2.13 Kawat homogen yang dialiri arus <i>i</i>	18
2.14 Aliran arus terhadap bidang ekuipotensial dari dua sumber arus dipermukaan bumi	20
2.15 Konfigurasi elektroda <i>Wenner</i>	21
3.1 Alat dan bahan penelitian	25
3.2 Skema kerja penelitian pembuatan catu daya untuk alat ukur konduktivitas batuan.....	26
3.3 Desain rangkaian catu daya untuk alat ukur konduktivitas batuan.....	27
3.4 Lintasan uji pengukuran konduktivitas batuan.....	29
3.5 Skema pengukuran konduktivitas batuan.....	29
4.1 Diagram blok catu daya.....	33

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Contoh IC 78xx.	8
2.2 Nilai resistivitas dan konduktivitas batuan	22
4.1 Uji gelombang keluaran catu daya tiap titik uji menggunakan osiloskop dan multimeter.	31
4.2 Hasil pengukuran konduktivitas medium tanah.	32
4.3 Hasil pengukuran nilai resistansi medium tanah	32

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Pengukuran tegangan dan arus keluaran catu daya menggunakan multimeter....	47
B. Pengukuran nilai resistansi tanah dengan multimeter .	47
C. Pengukuran nilai resistansi pada lintasan 1.	48
D. Pengukuran nilai konduktivitas medium tanah lintasan 1.	49
E. Pengukuran nilai resistansi pada lintasan 2.	50
F. Pengukuran nilai konduktivitas medium tanah lintasan 2.	51
G. Pengukuran nilai resistansi pada lintasan 3.	52
H. Pengukuran nilai konduktivitas medium tanah lintasan 3.	53
I. Pengukuran nilai resistansi pada lintasan 4.	55
J. Pengukuran nilai konduktivitas medium tanah lintasan 4.	56
K. Gelombang keluaran pada titik uji 1.	52
L. Gelombang keluaran pada titik uji 2.	52
M. Gelombang keluaran pada titik uji 3	53
N. Gelombang keluaran pada titik uji 4.	53
O. Gelombang keluaran pada titik uji 5	54
P. Gelombang keluaran pada titik uji 6	54
Q. Gelombang keluaran pada titik uji 7	55
R. Gelombang keluaran pada titik uji 8	55
S. Gelombang keluaran pada titik uji 9	56

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Materi yang dijumpai sehari-hari merupakan kumpulan sejumlah atom atau molekul. Molekul terdiri atas atom-atom dan atom-atom terdiri dari inti yang dikelilingi oleh awan elektron yang bermuatan negatif. Batuan merupakan suatu jenis materi sehingga batuan mempunyai sifat-sifat kelistrikan. Sifat kelistrikan batuan adalah karakteristik dari batuan bila dialiri arus listrik. Perbedaan sifat kelistrikan batuan tersebut mengakibatkan adanya perbedaan respon terhadap arus yang diberikan. Dalam ilmu geofisika pengetahuan dasar mengenai sifat kelistrikan suatu batuan sangat penting. Hal tersebut berkaitan dengan pengukuran bawah permukaan tanah untuk mengetahui suatu formasi atau anomali bawah permukaan tanah. Metode tersebut dikenal dengan nama metode geolistrik atau kelistrikan bumi (Williams, 1986).

Penyelidikan geolistrik dilakukan atas dasar sifat fisika batuan atau tanah terhadap arus listrik, dimana setiap batuan yang berbeda akan mempunyai harga tahanan jenis dan konduktivitas yang berbeda. Penyelidikan yang dilakukan meliputi pendeteksian besarnya medan potensial, medan elektromagnetik dan arus listrik yang mengalir secara alamiah (metode pasif), maupun akibat injeksi arus ke dalam bumi dari permukaan (metode aktif). Metode elektrik mempunyai prinsip dasar mengirimkan arus ke bawah permukaan, kemudian dilakukan pengukuran kembali potensial listrik yang diterima dipermukaan akibat injeksi arus listrik DC (*Direct Current*) ke dalam bumi (Jabbar, 2011). Aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolisis, dan konduksi secara dielektrik.

Konduktivitas batuan adalah suatu sifat fisis dalam kemampuan menghantarkan listrik oleh material yang berkorelasi dengan luasan butir penyusunnya. Besarnya konduktivitas batuan berbanding terbalik dengan nilai resistivitasnya. Umumnya semua batuan dan mineral mempunyai harga resistivitas yang sangat tinggi. Hal tersebut dikarenakan nilai densitas, kecepatan gelombang dan kandungan radioaktifnya kecil. Sedangkan Konsep pengukuran untuk mengetahui besarnya nilai konduktivitas batuan ada dua macam, yaitu dengan menggunakan potensial listrik sumber arus tunggal pada permukaan dan potensial listrik oleh sumber arus ganda pada permukaan (Prameswari, 2012).

Proses pengukuran nilai konduktivitas batuan diperlukan suatu alat ukur konduktivitas. Alat ukur konduktivitas dapat dibuat dengan menggunakan catu daya sebagai sumber arus serta alat pengukur tegangan dan alat pengukur arus. Hal yang terpenting dalam alat ukur tersebut adalah adanya catu daya. Catu daya pada alat konduktivitas diharapkan menghasilkan arus listrik DC (*Direct Current*) yang akan diinjeksikan ke bawah permukaan. Untuk itu catu daya yang dibuat harus menghasilkan arus yang sesuai dengan yang diperlukan untuk pengukuran. Pembuatan catu daya diharapkan menghasilkan catu daya yang menghasilkan arus yang mampu mengalir di batuan atau bawah permukaan hingga arus tersebut dapat diterima kembali di permukaan. Mengingat bahwasanya batuan memiliki resistivitas yang tinggi, dengan kata lain memiliki konduktivitas yang rendah maka arus yang diperlukan cukup besar agar pengukuran dapat dilakukan dengan sesuai.

Menurut Sutrisno (1984) dalam Elektronika dan Aplikasinya, bahwa catu daya dapat dibuat dengan menggunakan sebuah transformator, dioda, filter dan perata. Sebuah transformator yang biasa digunakan adalah transformator *step down* yang berfungsi sebagai penurun tegangan AC (*Alternating Current*). Karena keluaran yang dihasilkan AC sedangkan arus yang diperlukan adalah arus DC maka diperlukan rangkaian penyearah yang disusun dari dioda. Filter dan perata dapat disusun dari kapasitor dan regulator. Perancangan regulator sekarang dalam bentuk rangkaian terpadu telah berkembang dan telah dipabrikan untuk berbagai jenis (tegangan tetap

dan tegangan variabel) dan berbagai keluaran kuat arus. Disisi lain juga telah dikembangkan regulator dengan menggunakan penguatan arus yang dapat diatur menggunakan beberapa transistor dan komponen penguat operasional serta dilengkapi dengan pengaman hubung singkat. Penguatan kuat arus dapat disesuaikan untuk mendapatkan kuat arus menurut kebutuhan (Bowden, 1997).

Penelitian ini akan dirancang catu daya untuk pengukuran konduktivitas batuan. Alat yang akan dibuat berupa catu daya untuk pengukuran konduktivitas skala laboratorium. Rangkaian alat terdiri dari sebuah transformator *step down*, rangkaian penyearah, filter, regulator, penguat arus dan pengaman hubung singkat. Modifikasi rangkaian catu daya yang diambil dari rangkaian aplikasi IC sebagai regulator dengan transistor MJ2955 ini meliputi tidak digunakan hambatan masuk pada transistor MJ2955. Hal ini dilakukan untuk menduplikasikan kuat arus yang besar tanpa harus dibatasi oleh hambatan. Modifikasi berikutnya adalah menduplikasikan rangkaian yang terdiri dari transistor (MJ2955) dan penggunaan LM7815. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan kuat arus dua kali lipat dari sebelumnya hingga sebesar kemampuan transformator. Tegangan keluaran yang direncanakan adalah 15 volt dan kuat arus 5A. Tambahan *fuse* (sekring) dipasang untuk perlindungan rangkaian dari kerusakan akibat kuat arus yang mengalir melebihi arus maksimum catu daya yang terjadi karena hambatan medium mendekati nol. Pengujian catu daya yang dilakukan ketika tanpa beban meliputi karakteristik gelombang, tegangan dan kuat arus. Aplikasi dari rangkaian ini adalah untuk uji hantaran listrik tanah.

Penelitian ini akan dilakukan pengamatan terhadap perilaku catu daya sebagai sumber arus dan kemampuan catu daya dalam aplikasi untuk pengukuran konduktivitas batuan dengan medium tanah. Pengukuran dilakukan dengan catu daya dan tambahan alat ukur (voltmeter dan ampermeter) guna untuk pengukuran potensial listrik oleh sumber arus ganda pada permukaan dengan metode konfigurasi *Wenner*. Analisa pengukuran konduktivitas dilakukan dengan menginjeksikan melalui dua elektroda sebagai sumber arus di permukaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, pada penelitian ini permasalahan yang dapat diangkat adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pembuatan catu daya yang digunakan untuk pengukuran konduktivitas batuan dalam skala laboratorium?
2. Bagaimana karakteristik catu daya (tegangan dan arus) dalam keadaan tanpa beban dan ketika terbebani medium tanah?
3. Bagaimana hasil pengukuran konduktivitas batuan menggunakan catu daya yang telah dibuat?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian pembuatan catu daya untuk pengukuran konduktivitas batuan dibatasi pada hal-hal berikut :

1. Sampel medium yang digunakan adalah tanah gumuk.
2. Elektroda yang digunakan merupakan kawat tembaga berdiameter 2 mm.
3. Konfigurasi geolistrik yang digunakan adalah konfigurasi *Wenner*.
4. Suhu yang digunakan suhu ruang / lingkungan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perencanaan dan pembuatan catu daya sebagai sumber arus alat ukur konduktivitas batuan.
2. Mengetahui karektetistik catu daya dalam keadaan tanpa beban.
3. Mengetahui karakteristik catu daya ketika diaplikasikan sebagai alat ukur konduktivitas batuan dengan medium tanah (beban medium tanah).
4. Mendapatkan hasil pengukuran konduktivitas batuan dengan menggunakan catu daya yang telah dibuat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dengan adanya penelitian ini adalah :

1. Memberikan gambaran lebih lanjut mengenai perencanaan dan pembuatan catu daya sebagai pengukuran konduktivitas batuan.
2. Dapat dijadikan sebagai tambahan informasi mengenai pembuatan suatu instrumen untuk mengukur konduktivitas batuan.
3. Alat yang dihasilkan dapat dijadikan sarana praktikum di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi ataupun Laboratorium Geofisika.

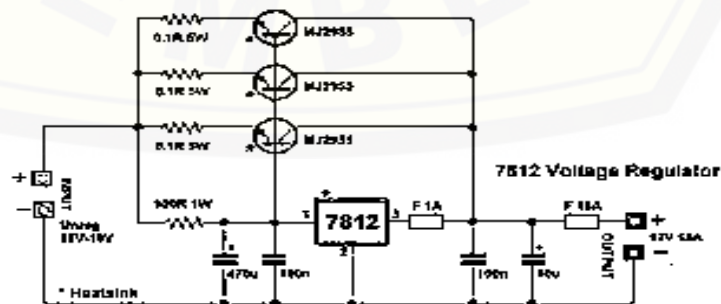
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Catu Daya

Catu daya atau *power supply* merupakan piranti elektronika yang berguna sebagai sumber daya untuk piranti lain. Sumber catu daya yang besar adalah sumber bolak-balik (AC) dari pembangkit tenaga listrik. Namun untuk perangkat elektronika mestinya diberi catu daya arus searah (DC) agar dapat bekerja stabil dengan baik. Berdasarkan tegangan keluarannya, catu daya terbagi menjadi 2 jenis yaitu catu daya tetap dan catu daya variabel.

Dipasaran terdapat catu daya dengan arus searah dan tegangan tetap, contohnya baterai. Namun penggunaan catu daya harus menyesuaikan dengan perangkat elektronika yang dicatunya. Untuk membuat catu daya DC yang sesuai kebutuhan maka diperlukan suatu modifikasi. Catu daya dapat dibuat dengan menggunakan sebuah transformator, kapasitor, dioda, IC, transistor. Catu daya yang diharapkan selain arusnya searah tentunya kinerja dari catu daya tersebut dapat stabil, karena apabila tidak stabil akan mempengaruhi fungsi kerja piranti elektronika yang dicatunya. Oleh karena itu, dalam suatu rangkaian catu daya diperlukan suatu komponen penyetabil tegangan yang biasa disebut IC regulator (Surjono, 2007).

Berikut merupakan contoh rangkaian regulator tegangan DC 12V menggunakan IC 7812 :



Gambar 2.1 Regulator tegangan arus tinggi dengan IC 7812 (Sumber: Anonim, 2014)

Menurut Surjono (2007) 78xx (terkadang L78xx, LM78xx, MC78xx, dll) adalah bagian dari rangkaian regulator tegangan terintegrasi yang tetap linier. IC 78xx umumnya digunakan dalam rangkaian elektronik yang membutuhkan catu daya teratur karena mudah digunakan dan biaya yang dikeluarkan juga rendah. Untuk IC dalam kategori ini, xx diganti dengan dua digit angka yang menunjukkan tegangan keluarannya (misalnya, 7805 memiliki keluaran 5 volt, sedangkan 7812 menghasilkan 12 volt). IC 78xx adalah regulator tegangan positif, yang artinya tegangan yang dihasilkan merupakan tegangan yang relatif positif. IC yang terkait dan melengkapi adalah IC 79xx yang menghasilkan tegangan negatif. IC 78xx dan 79xx dapat digunakan secara bersamaan dalam suatu rangkaian untuk menyediakan tegangan positif dan negatif.

Berikut merupakan kelebihan dan kekurangan dari IC 78xx:

a. Kelebihan

- IC seri 78xx tidak memerlukan komponen tambahan untuk konstan, sumber daya dapat diatur, sehingga mudah digunakan, serta penggunaan yang ekonomis dan efisien.
- IC seri 78xx memiliki perlindungan yang terpasang konstan terhadap rangkaian. IC ini memiliki ketahanan terhadap panas yang berlebih dan hubung singkat. Dalam beberapa hal, perangkat IC 78xx juga melindungi bagian lain dalam rangkaian dari hubung singkat (Surjono, 2007)

b. Kekurangan

- Tegangan masukan harus selalu lebih tinggi dari tegangan keluaran dengan beberapa jumlah minimum (biasanya 2,5 volt). Hal ini dapat mengakibatkan perangkat ini tidak selalu cocok untuk menyalakan beberapa perangkat dari beberapa jenis sumber daya.
- Ketika IC 78xx didasarkan pada desain regulator linear, arus masukan yang dibutuhkan selalu sama dengan arus keluaran. Tegangan masukan harus

selalu lebih tinggi dari tegangan keluaran, ini berarti bahwa daya total (tegangan dikalikan dengan arus) yang masuk ke 78xx akan lebih dari daya keluaran yang ada. Daya masukan tambahan hilang sebagai panas. Hal ini yang membuat keharusan akan adanya pendingin yang memadai, dan juga sebagian dari daya masukan yang terbuang selama proses tersebut, membuatnya kurang efisien daripada beberapa jenis lain (Fatoni, 2010).

Berikut beberapa contoh dari IC regulator 78xx:

Tabel 2.1 Contoh IC 78xx

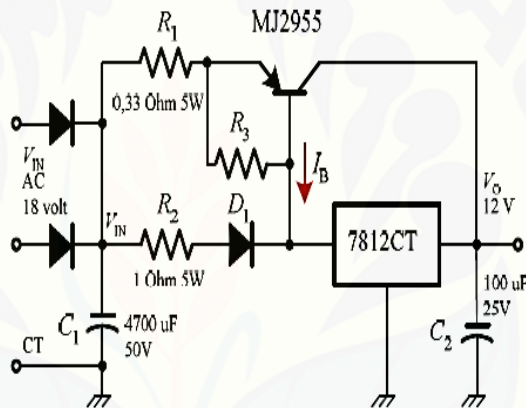
IC	Tegangan Keluaran (V)	Tegangan Masukan Minimum (V)
7805	+5	7,5
7806	+6	8,6
7808	+8	10,6
7809	+9	11,7
7810	+10	12,7
7812	+12	14,8
7815	+15	18,0
7818	+18	21,0
7824	+24	27,3

Sumber: Purnama, 2013.

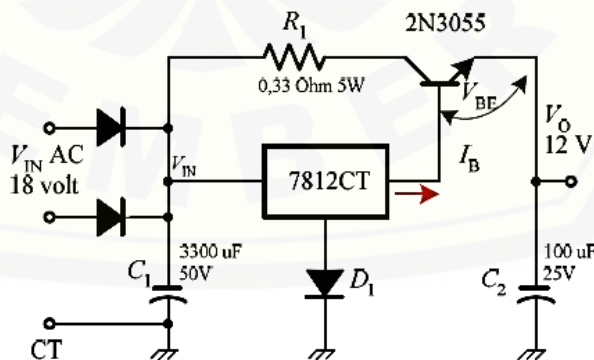
Rangkaian catu daya dengan pengatur tegangan IC LM7812, kemampuan arus outputnya tidak mencapai 2A sehingga diperlukan penguat arus yang menggunakan transistor. Transistor (tranfor resistor/tahanan pengalih) terdiri dari sambungan tipe-P dan tipe-N secara bergantian. Sesuai dengan namanya, transistor merupakan piranti elektronik yang memiliki kemampuan untuk mengalihkan arus dari masukan bertahanan rendah ke keluaran bertahanan tinggi. Terdiri dari tiga bagian yaitu kolektor, basis, dan emitor. Transistor dengan kerja normal, emitor-basis dibias maju dan sabungan kolektor-basis dibias terbalik. Dengan bias ini transistor

mempunyai sambungan emitor basis bertahanan rendah dan sambungan kolektor-basis bertahanan tinggi. Bila sebagai penguat, rangkaian emitor-basis digunakan sebagai rangkaian masukan dan rangkaian kolektor-basis digunakan sebagai rangkaian keluaran (Lister, 1993).

Ada dua cara pemasangan transistor, cara pertama memasang transistor *pnp* dengan basis terhubung ke input IC regulator, cara kedua dengan memasang transistor *npn* dengan basis yang terhubung ke output IC regulator. Berikut contoh pemasangan transistor :

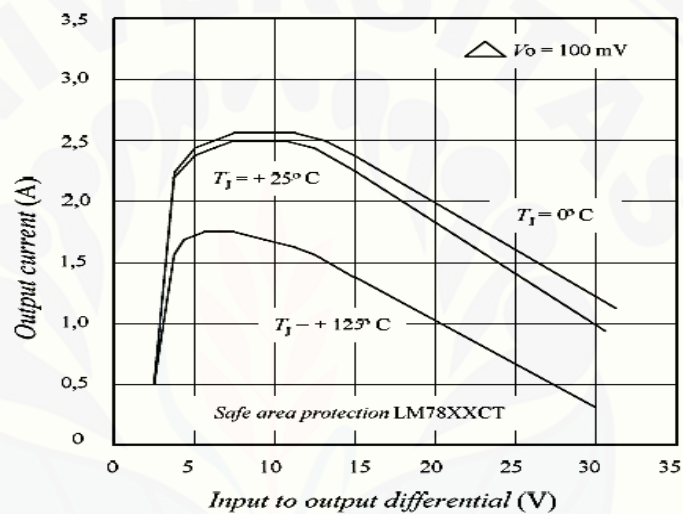


Gambar 2.2 Rangkaian transistor *pnp* dengan LM 7812 (Sumber : Fatoni,2010)



Gambar 2.3 Rangkaian transistor *npn* dengan IC 7812 (Sumber : Fatoni, 2010)

Menurut Fatoni (2010) regulasi rangkaian catu daya dengan transistor *pnp* MJ2955 (0,827 %) mempunyai regulasi lebih baik dari pada regulasi menggunakan transistor *nnp* 2N3055 (2,149 %). Sedangkan suhu yang dihasilkan transistor IC regulator dengan transistor *pnp* MJ2955 lebih rendah daripada IC regulator dengan *nnp* 2N3055. Suhu pada IC regulator mempengaruhi kinerja IC tersebut seperti yang digambarkan pada grafik *safe area protection* LM78XXCT.



Gambar 2.4 Grafik *safe area protection* LM78XXCT (Sumber : National Power ICs Databook)

Berdasarkan grafik terlihat bahwa pada suhu 125°C dengan tegangan masukan dan keluarannya sebesar 20 volt, arus keluarannya dibatasi menjadi kira-kira 1 A. Sedangkan semakin besar beda tegangan masukan dan keluarannya maka arus keluarannya semakin rendah, begitupula ketika dengan suhu IC semakin tinggi maka semakin rendah arus outputnya (Fatoni, 2010).

2.2 Rangkaian Penyearah

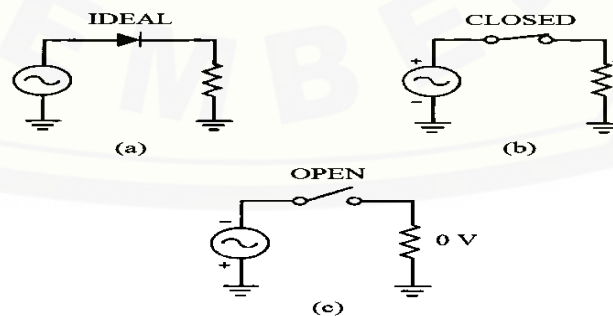
Rangkaian penyearah adalah rangkaian yang digunakan untuk menyearahkan arus AC (*Alternating Current*) menjadi arus DC (*Direct Current*). Rangkaian penyearah merupakan salah satu aplikasi dari penggunaan komponen dioda. Dioda

merupakan komponen elektronika yang terbuat dari bahan semikonduktor. Dioda merupakan jenis komponen pasif yang memiliki dua kaki yaitu kaki anoda dan katoda. Sifat dioda yang digunakan dalam rangkaian penyearah adalah kemampuan untuk mengalirkan arus satu arah saja. Struktur dioda adalah sambungan semikonduktor tipe-P dan tipe-N. Salah satu sisi semikonduktor tipe-P dan satu sisi lainnya merupakan semikonduktor tipe-N. Struktur tersebut menyebabkan arus hanya dapat mengalir dari sisi P menuju sisi N (Sutrisno, 1984).



Gambar 2.5 Susunan dan lambang dioda (a) susunan dioda sambungan *p-n*, (b) lambang dioda (Sumber : Sutrisno, 1984)

Sistem kerja dioda sebagai penyearah adalah saat dioda dipasang pada sumber tegangan AC (*Alternating Current*) yang menghasilkan tegangan sinusoidal, ketika putaran setengah positif sumber tegangan maka dioda dalam keadaan diberi bias maju dan ketika putaran setengah negatif maka dioda dalam keadaan bias mundur. Bias maju artinya sisi-P mendapatkan polaritas positif dan sisi-N mendapatkan polaritas negatif. Ketika keadaan bias maju pada dioda akan mengalir arus. Sedangkan bias mundur artinya sisi-P mendapatkan polaritas negatif yang menyebabkan tidak terjadinya aliran arus pada dioda. Dengan demikian maka dioda nampak seperti saklar elektronik (Sutrisno, 1984).

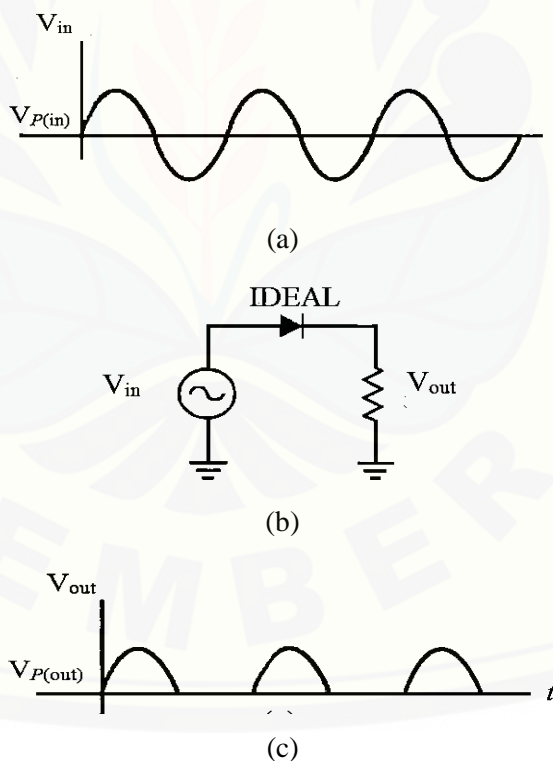


Gambar 2.6 Rangkaian penyearah dengan dioda (a) Penyearah setengah gelombang ideal, (b) Putaran setengah positif, (c) Putaran setengah negatif (Sumber : Malvino, 2003).

Berdasarkan hasil gelombang keluarannya, rangkaian penyearah gelombang terbagi menjadi dua yaitu, penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh.

2.2.1 Penyearah Setengah Gelombang

Menurut Malvino (2003) rangkaian penyearah setengah gelombang hanya perlu menggunakan satu dioda. Dioda yang digunakan sebagai penyearah setengah gelombang akan berkerja seperti saklar, sistem kerja dioda pada rangkaian penyearah setengah gelombang adalah seperti pada gambar 2.6. Masukan berupa gelombang sinusoidal dan yang diloloskan hanya polaritas positif jika dipanjar maju. Berikut karakteristik gelombang masukan dan keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian penyearah setengah gelombang dengan satu dioda tersebut :



Gambar 2.7 Rangkaian penyearah setengah gelombang dan keluarannya (a) Gelombang masukan (b) Rangkaian penyearah setengah gelombang (b) Keluaran penyearah setengah gelombang (Sumber : Malvino, 2003)

Menurut Malvino (2003) gelombang masukan berupa gelombang sinus dengan nilai seketika V_{in} dengan sebuah nilai puncak $V_{p_{in}}$. Rangkaian penyearah setengah gelombang maka dioda akan berlaku sebagai penghantar selama putaran setengah positif dan tidak berlaku sebagai penghantar (seperti saklar terbuka) ketika setengah siklus negatif. Tegangan setengah gelombang menghasilkan arus beban satu arah (arus DC) dan dengan tegangan setengah gelombang tersebut merupakan tegangan DC yang bergerak naik hingga maksimum kemudian akan turun hingga nol. Tegangan bernilai nol selama siklus setengah negatif dan akan kembali naik ketika siklus setengah positif. Tegangan DC yang dihasilkan adalah

$$V_{dc} = \frac{V_{p_{in}}}{\pi} = 0,318 V_{p_{in}} \quad (2.1)$$

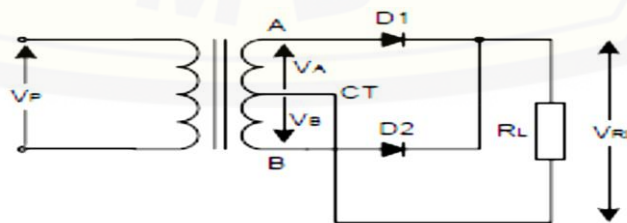
2.2.2 Penyearah Gelombang Penuh

Ada dua jenis rangkaian penyearah gelombang penuh. Rangkain penyearah yang pertama menggunakan transformator dengan penyearah titik tengah (*Center Tap/CT*), rangkaian ini disebut rangkaian penyearah CT sedangkan rangkaian kedua menggunakan empat dioda, penyearah ini disebut rangkaian penyearah jembatan.

1. Rangkaian Penyearah CT (*Center Tap*)

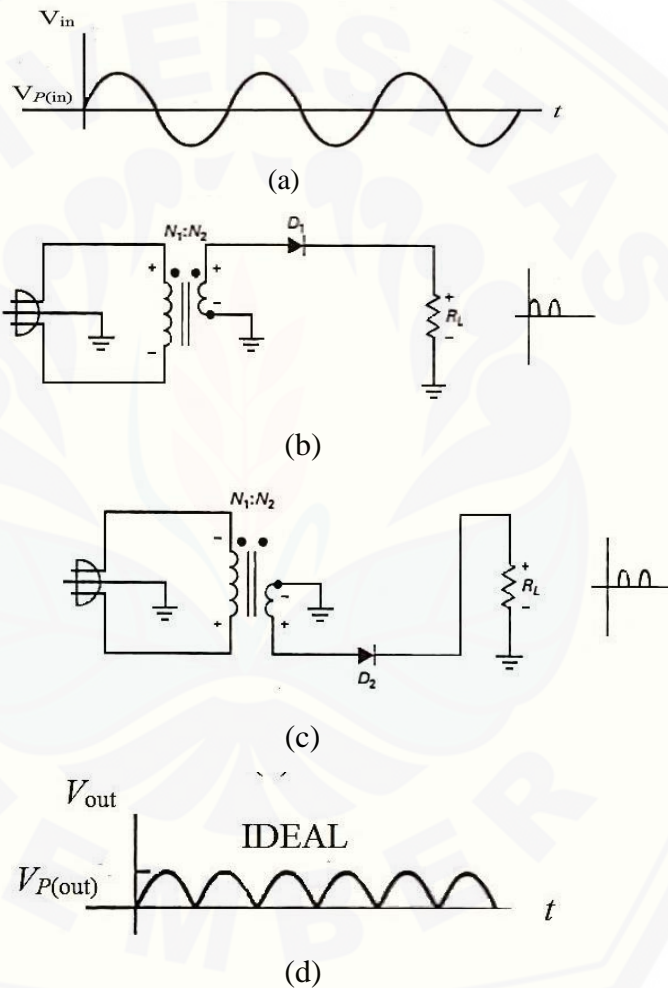
Rangkaian penyearah gelombang penuh ini dapat digunakan hanya untuk menyearahkan gelombang penuh dengan menggunakan transformator CT. Rangkain penyearah CT menggunakan dua dioda. Hasil tegangan keluaran dapat berupa tegangan positif atau tegangan negatif (Sutrisno,1984).

Untuk tegangan keluaran positif maka dipasang seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.8 Rangkaian penyearah gelombang penuh CT (Sumber : Sutrisno, 1984)

Cara kerja dari rangkaian ini adalah saat V_A positif dan V_B negatif maka arus akan mengalir melalui D_1 . Aliran arusnya $A - D_1 - R_L$ dan berakhir di CT, D_2 tidak menghantarkan. Apabila isyarat masukan negatif maka akan terjadi sebaliknya. D_1 tidak menghantarkan. Arus mengalir dari $B - D_2 - R_L$. Jadi arus yang mengalir pada R_L merupakan arus satu arah (Malvino,2003).



Gambar 2.9 Rangkaian penyearah gelombang penuh (a) Gelombang masukan (b) Rangkaian *equivalent* untuk putaran setengah gelombang positif, (c) Rangkaian *equivalent* untuk putaran setengah negatif, (d) Keluaran gelombang rangkaian penyearah gelombang penuh CT (Sumber : Malvino, 2003).

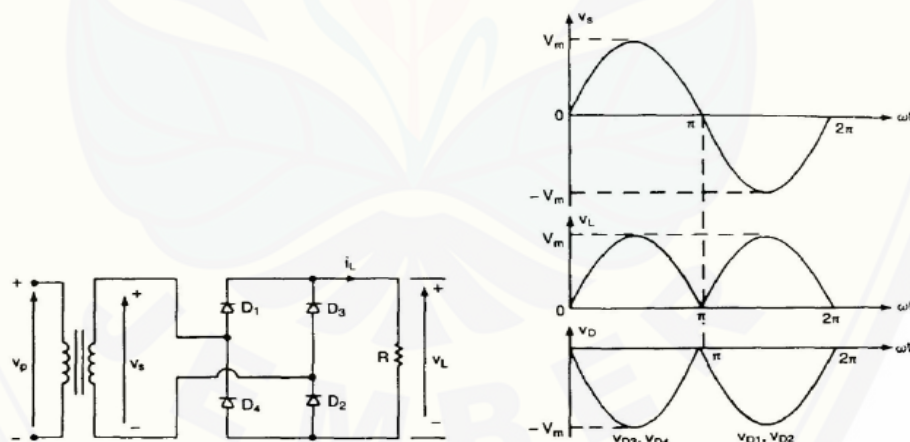
Tegangan keluaran rangkaian penyearah penuh adalah tegangan DC dengan nilai rata-ratanya merupakan dua kali dari keluaran rangkaian penyearah setengah gelombang. Besar nilai tegangan keluaran rangkaian dapat dihitung menurut persamaan 2.2 :

$$V_{dc} = \frac{2V_{p_{in}}}{\pi} = 0,636 V_{p_{in}} \quad (2.2)$$

(Sutrisno, 1984).

2. Rangkaian Penyearah Jembatan

Menurut Sutrisno (1984) rangkaian penyearah jembatan adalah rangkaian penyearah gelombang penuh yang dapat digunakan pada rangkaian yang menggunakan transformator CT ataupun transformator bukan CT. Sama halnya dengan rangkaian penyearah gelombang penuh CT, rangkaian ini juga menghasilkan gelombang penuh, namun dioda yang digunakan lebih banyak yaitu empat dioda yaitu D_1 , D_2 , D_3 dan D_4 .



Gambar 2.10 Rangkaian penyearah jembatan dan gelombang hasil penyearahan jembatan (Sumber : Habibi, 2007)

Menurut Sutrisno (1984) setengah siklus pertama dengan polaritas positif, dioda D_1 dan D_2 pada rangkaian akan ON sedangkan dioda D_3 dan D_4 dalam kondisi OFF. Selanjutnya, setengah siklus kedua dengan polaritas negatif,

dioda D_3 dan D_4 dalam keadaan ON sedangkan D_1 dan D_2 dalam keadaan OFF. Bentuk gelombang hasil keluaran hasil penyearahan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.12 dapat ditentukan nilai tegangan luaran rerata (V_{dc}) dan arus reratanya (I_{dc}) yang mengalir sebagai berikut :

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} = 0,637 V_m \quad (2.3)$$

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} \quad (2.4)$$

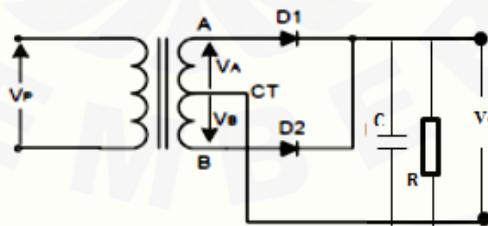
Nilai tegangan luaran efektif (V_L) dan arus efektif (I_L) yang mengalir adalah :

$$V_L = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0,707 V_m \quad (2.5)$$

$$I_L = \frac{V_L}{R} \quad (2.6)$$

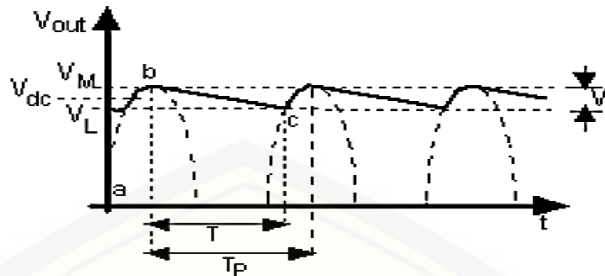
2.3 Rangkaian Penyearah dengan Filter

Rangkaian *filter* merupakan rangkaian yang digunakan agar tegangan DC yang dihasilkan rangkaian penyearah arus bolak balik dapat lebih rata. Hal tersebut menggunakan tambahan komponen kapasitor dan resistor yang dipasang pada keluaran rangkaian penyearah. Kapasitor merupakan komponen elektronika yang terdiri dari dua keping sejajar. Kapasitor mampu menyimpan muatan yang banyaknya muatan bergantung pada kapasitas kapasitor (Sutrisno, 1984).



Gambar 2.11 Rangkaian penyearah dengan *filter* (Sumber: Sutrisno, 1984).

Tambahan adanya kapasitor menyebabkan tegangan keluaran tidak segera turun walaupun tegangan masukannya sudah mulai turun, hal tersebut dikarenakan adanya waktu untuk mengosongkan muatan pada kapasitor (Sutrisno, 1984).



Gambar 2.12 Gelombang keluaran rangkaian penyearah menggunakan *filter* (Sumber : Fatoni, 2010)

2.4 Arus Listrik dan Konduktivitas

Andre Marie Ampere (1775-1836) merupakan seorang ahli fisika dari Perancis yang namanya digunakan untuk satuan arus listrik yaitu ampere (A). Arus didefinisikan sebagai muatan yang bergerak melalui suatu permukaan tertentu dari sebuah medium penghantar per satuan waktu. Pembawa muatan pada konduktor padat adalah elektron bebas sedangkan pada konduktor cair adalah ion. Pembawa muatan tersebut bergerak karena adanya medan listrik. Jika muatan dQ mengalir melalui suatu daerah dalam waktu dt , arus I yang melewati daerah tersebut ialah

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad (2.7)$$

(Sears, 1962).

Arus listrik yang dinyatakan dengan satuan ampere, misalkan satu ampere (1 A) artinya menyatakan satu coulomb per detik.

Sedangkan rapat arus merupakan banyak arus yang mengalir tiap satuan luas, seperti berikut :

$$J = \frac{I}{A} \quad (2.8)$$

Rapat arus sebanding dengan medan listrik (E) yang menimbulkan adanya pergerakan muatan. Konstanta pembanding antara rapat arus dengan medan listrik disebut konduktivitas listrik (σ).

$$J = \sigma E \quad (2.9)$$

(Sears, 1962).

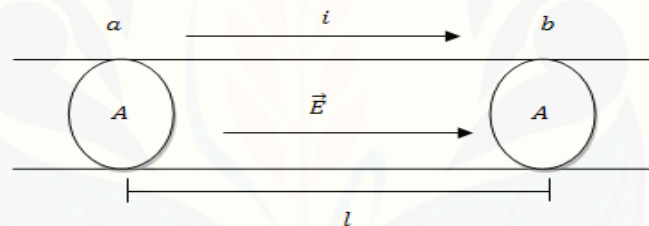
2.5 Hukum Ohm

Rangkaian listrik dapat terdiri dari rangkaian aktif maupun rangkaian pasif dirangkai satu sama lain. Komponen pasif yang paling sederhana, yaitu tahanan, dapat diperkenalkan dengan meninjau hasil kerja seorang fisikawan Jerman, yaitu George Simon Ohm. Salah satu hasil adalah pernyataan mengenai hubungan dasar antara tegangan V , arus I , dan besar hambatan R dan dikenal sebagai hukum Ohm (Hayt, 2002).

Hubungan fungsional dari hukum Ohm adalah sebagai berikut :

$$V = IR \quad (2.10)$$

Menurut Hayt (2002) tahanan dapat berupa resistor yang telah diketahui nilai hambatannya, dan dapat berupa kawat homogen.



Gambar 2.13 Kawat homogen yang dialiri arus i (Sumber: Margunadi, 1991)

Apabila beda potensial pada titik a dan titik b diukur maka akan diperoleh

$$V_{ab} = V_b - V_a = V \quad (2.11)$$

Maka kuat medan listriknya (E) adalah

$$E = \frac{V}{l} \quad (2.12)$$

Bila persamaan 2.9 disubstitusikan pada persamaan 2.12 diperoleh

$$\frac{J}{\sigma} = \frac{V}{l} \quad (2.13)$$

(Halliday, 1994).

Menurut Halliday (1994) dengan mensubstitusi persamaan 2.8 ke persamaan 2.13 maka didapatkan persamaan untuk menyatakan konduktivitas kawat homogen tersebut.

$$\sigma = \frac{I l}{V A} \quad (2.14)$$

Dari persamaan hubungan V dan I pada hukum Ohm (persamaan 2.10), bila disubstitusikan pada persamaan 2.14 maka didapatkan hubungan antara hambatan (R) dengan konduktivitas bahan yaitu

$$R = \frac{1 l}{\sigma A} \quad (2.15)$$

atau

$$\sigma = \frac{1 l}{R A} \quad (2.16)$$

(Halliday, 1994)

Menurut Halliday (1994) selain konduktivitas bahan, resistivitas bahan juga seringkali digunakan untuk menentukan sifat bahan. Resistivitas nilainya berkebalikan dengan konduktivitas bahan. Resistivitas atau hambatan jenis (ρ) memiliki satuan ohm meter (Ωm), besarnya tiap bahan tidak sama dan merupakan fungsi dari temperatur

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha T) \quad (2.17)$$

hubungan konduktivitas (σ) resistivitas (ρ) dan dapat dituliskan

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (2.18)$$

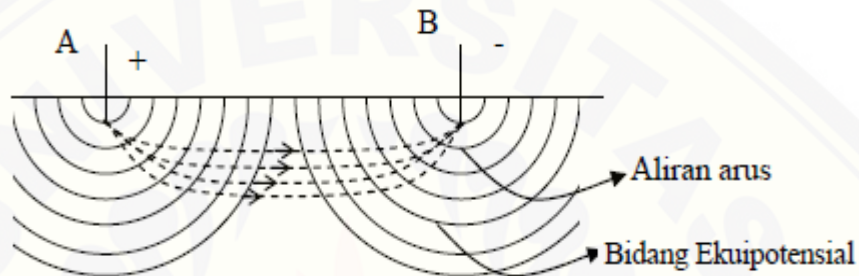
2.6 Metode Geolistrik

Menurut Loke (2000) metode geolistrik merupakan metode yang mempelajari sifat listrik (hambatan jenis) dari lapisan batuan dalam bumi. Pengukuran geolistrik dilakukan dengan menentukan distribusi potensial listrik pada permukaan tanah,

sehingga tahanan jenis tanah dapat diketahui. Harga resistivitas listrik dibawah permukaan dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.19)$$

Pengukuran dengan dua sumber arus dipermukaan akan menimbulkan arus listrik yang selalu tegak lurus terhadap permukaan ekuipotensial.

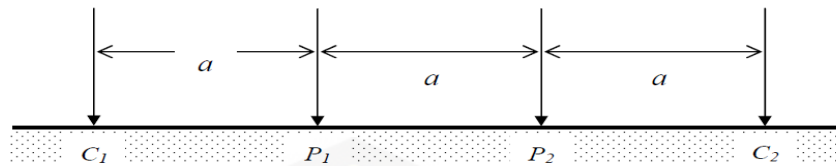


Gambar 2.14 Aliran arus terhadap bidang ekuipotensial dari dua sumber arus dipermukaan bumi (Sumber : Telford, 1976)

Apabila dua titik yang diambil diantara dua sumber tegangan (misal M dan N), maka dapat diketahui besarnya beda potensialnya adalah

$$K = 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right\}^{-1} \quad (2.20)$$

Suatu survei geolistrik metode resistivitas selalu menggunakan aturan-aturan dalam menempatkan keempat elektroda dalam geofisika yang disebut konfigurasi elektroda. Salah satunya yaitu konfigurasi elektroda *Wenner*, elektroda arus dan elektroda potensial diletakkan seperti gambar 2.17. Elektroda-elektroda tersebut diletakkan secara simetris. Pada pengukuran resistivitas mapping, jarak spasi elektroda tidak berubah-ubah untuk setiap data mapping (Telford, 1976)



Gambar 2.15 Konfigurasi elektroda *Wenner* (Sumber : Telford, 1976)

dimana :

C_1 dan C_2 = elektroda arus

P_1 dan P_2 = elektroda potensial

a = jarak antar elektroda

Faktor geometri dari susunan elektroda *Wenner* adalah :

$$K_w = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_2 P_1}\right) - \left(\frac{1}{C_1 P_2} - \frac{1}{C_2 P_2}\right)}$$

$$K_w = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a}\right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a}\right)}$$

$$K_w = 2\pi a \quad (2.21)$$

Faktor geometri *Wenner* disubstitusikan pada persamaan 2.19 didapati

$$\rho_w = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad (2.22)$$

sehingga konduktivitasnya adalah

$$\sigma = 1/\rho_w$$

$$\sigma = \frac{I}{2\pi a \Delta V} \quad (2.23)$$

ρ_w adalah tahanan jenis untuk konfigurasi elektroda *Wenner* (Telford, 1976).

Konduktivitas batuan yang terukur akan memiliki nilai yang beragam. Hal tersebut dikarenakan nilai konduktivitas bergantung dengan jenis dari materi tersebut. Untuk mengetahui jenis tanah berdasarkan nilai konduktivitasnya dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai resistivitas dan konduktivitas batuan

Batuan	Resistivitas (Ωm)	Konduktivitas (mho)
Basalt	$10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Slate	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$	$2,5 \times 10^{-6} - 1,7 \times 10^{-3}$
Marmar	$10^2 - 4,5 \times 10^8$	$4 \times 10^{-6} - 10^{-2}$
Kuarsa	$10^2 - 4 \times 10^8$	$5 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Batu Pasir	$8 - 4 \times 10^3$	$2,5 \times 10^{-4} - 0,125$
Batuan shale	$20 - 2 \times 10^3$	$5 \times 10^{-4} - 0,05$
Batu gamping	$50 - 4 \times 10^2$	$2,5 \times 10^{-3} - 0,02$
Tanah liat	$1 - 100$	$0,01 - 1$
Tanah endapan	$10 - 800$	$1,25 \times 10^{-3} - 0,1$

Sumber : Loke, 2000.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan dari bulan Desember 2015 sampai Maret 2016. Adapun penelitian dilakukan pada dua tempat yang berbeda, yaitu :

- 3.1.1 Pembuatan *prototype* alat ukur konduktivitas yang dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember.
- 3.1.2 Pengujian alat ukur konduktivitas yang dibuat di Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.2.1 Alat dan Bahan Pembuatan Catu Daya

1. Osiloskop
Digunakan untuk mengetahui bentuk gelombang dari sinyal listrik.
2. Multimeter 2 buah
Digunakan untuk mengukur tegangan, arus dan hambatan .
3. Trafo 5 Ampere CT 1 buah
Digunakan sebagai penurun tegangan.
4. Diode 1N5401 2 buah
Digunakan sebagai rangkaian penyearah gelombang.
5. Kapasitor $4700\mu F$, $100\mu F$, $220\mu F$ 2 buah
Digunakan sebagai perata tegangan.
6. Regulator (LM 7815) 2 buah
Digunakan untuk penyetabil tegangan

7. Transistor MJ2955 6 buah

Digunakan sebagai penguat arus listrik.

8. Fuse 5 A

Digunakan sebagai pengaman hubung singkat

9. Kabel

Digunakan untuk penghubung.

10. PCB

Digunakan untuk merangkai komponen-komponen.

3.2.2 Alat dan Bahan Alat Ukur Konduktivitas

Alat dan Bahan untuk Alat Ukur Konduktivitas adalah :

1. Catu daya yang telah dibuat

Digunakan sebagai sumber arus.

2. Elektroda Arus dan Elektroda Potensial

Elektroda Arus digunakan untuk menginjeksikan arus ke dalam tanah dan elektroda potensial untuk menentukan besarnya beda tegangan yang ditimbulkan.

3. Kabel

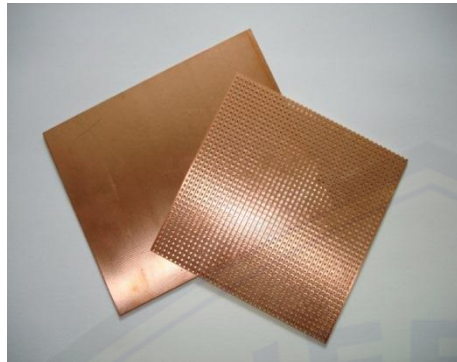
Digunakan sebagai penghubung

4. Kotak wadah yang terbuat dari kayu dengan ukuran $1,5\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$

Digunakan untuk tempat tanah yang akan diukur konduktivitasnya.

5. Tanah Gumuk

Digunakan untuk media ukur.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

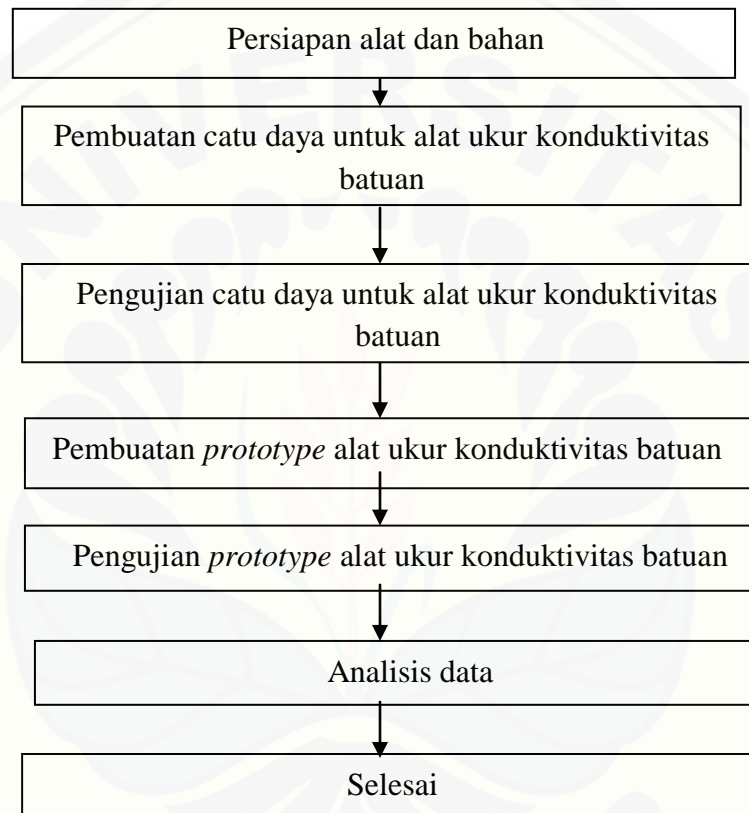


(f)

Gambar 3.1 Alat dan bahan penelitian (a) PCB, (b) *transformator*, (c) tembaga sebagai elektroda, (d) kabel, (e) mutimeter dan (f) osiloskop

3.3 Skema Kerja Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian terdapat beberapa langkah, untuk mempermudah maka dilakukan skema kerja penelitian. Skema kerja tersebut dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 3.2 Skema kerja penelitian pembuatan catu daya untuk alat ukur konduktivitas batuan.

3.3.1 Tahap Persiapan Alat dan Bahan

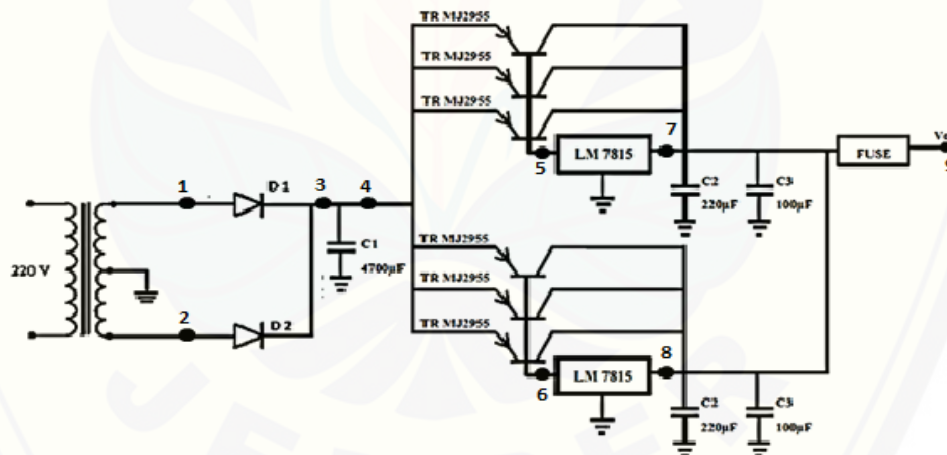
Persiapan alat dan bahan merupakan tahapan untuk menyiapkan semua bahan dan alat yang akan digunakan dalam penelitian. Alat-alat yang akan digunakan dikalibrasi terlebih dahulu. Hal tersebut bertujuan agar hasil pengukuran sesuai. Pengukuran resistansi medium tanah juga dilakukan di awal, yaitu dengan mengambil

sebagian tanah yang akan diuji dan diletakkan pada tempat yang telah diketahui dimensinya. Kemudian diukur resistansinya menggunakan multimeter. Pengukuran resistansi tanah menggunakan multimeter bertujuan untuk mengetahui nilai resistansi tanah sebagai acuan pada pengukuran konduktivitas batuan.

3.3.2 Tahap Pembuatan Catu Daya

Kegiatan utama dari penelitian yang dilakukan adalah pembuatan *prototype* alat ukur konduktivitas berskala laboratorium. Bagian terpenting *prototype* tersebut adalah catu daya. Persiapan alat dan bahan. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan desain rangkaian catu daya yang akan digunakan untuk pengukuran konduktivitas batuan. Rangkaian catu daya merupakan modifikasi dari rangkaian regulator tegangan arus tinggi dengan IC 7812 pada Gambar 2.1.

Berikut merupakan desain rangkaian catu daya yang digunakan:



Gambar 3.3 Desain rangkaian catu daya untuk alat ukur konduktivitas batuan

3.3.3 Tahap Pengujian Catu Daya

Kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui perilaku catu daya yang telah dibuat dan untuk memastikan apakah catu daya telah menghasilkan tegangan seperti yang direncanakan atau tidak.

1. Pengukuran Tegangan

Pengukuran tegangan dilakukan tanpa beban. Pengukuran pertama menggunakan osiloskop yang bertujuan untuk mengetahui bentuk gelombang keluaran pada catu daya dan yang kedua menggunakan multimeter untuk mengetahui besarnya nilai tegangan pada titik uji. Pengukuran titik uji 1 sampai titik uji 9 dilakukan pada keadaan seluruhnya terhubung, kecuali pengukuran titik uji 3 dilakukan dengan memutuskan sambungan diantara keluaran dioda dengan kapasitor C_1 .

2. Pengukuran Kuat Arus

Pengukuran kuat arus keluaran dari catu daya dilakukan dalam keadaan hubung singkat. Pengukuran menggunakan multimeter yang dilakukan dengan waktu singkat dan dilakukan sebanyak 10 kali.

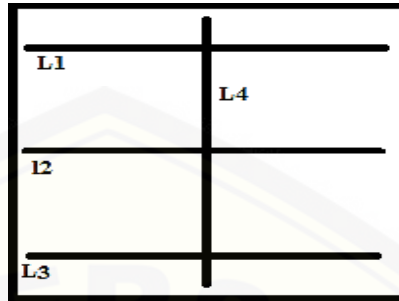
3.3.4 Tahap Pembuatan *prototype* Alat Ukur Konduktivitas Batuan

Tahapan pembuatan *prototype* alat ukur dengan merangkai catu daya yang telah dibuat dengan 2 multimeter (satu digunakan sebagai pengukur tegangan dan yang lain sebagai pengukur arus), elektroda arus dan tegangan dengan menggunakan kabel penghubung.

3.3.5 Tahap Pengujian *prototype* Alat Ukur Konduktivitas Batuan

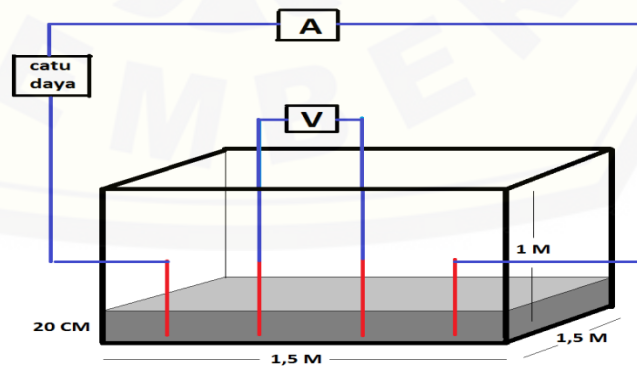
Prototype diuji dengan cara mengukur konduktivitas batuan yang telah didesain (dalam skala laboratorium). Pengujian ini membutuhkan beberapa media yaitu kotak wadah yang terbuat dari kayu, tanah gumuk. Dimensi wadah yang digunakan berukuran $1,5\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$. Pengujian dilakukan dengan menggunakan konfigurasi *Wenner*. Berikut prosedur pengambilan data nilai konduktivitas batuan menggunakan *prototype* yang telah dibuat.

1. Menentukan lintasan yang akan diukur (4 lintasan).



Gambar 3.4 Lintasan uji pengukuran konduktivitas batuan

2. Panjang lintasan diukur 120 cm.
3. Mengukur spasi awal $a = 5\text{ cm}$ dan memberi tanda pada lintasan.
4. Memasang elektroda potensial dan elektroda arus.
5. Menghubungkan elektroda dengan catu daya dan multimeter menggunakan kabel penghubung.
6. Catu daya dinyalakan untuk menginjeksi arus listrik di permukaan tanah.
7. Mencatat nilai arus dan beda potensial dalam tabel pengamatan.
8. Posisi elektroda dipindahkan sesuai dengan konfigurasi *Wenner* kemudian menginjeksikan arus dan mencatat hasilnya. Pemindahan dilakukan hingga selesai sesuai dengan desain lintasan yang telah dibuat.



Gambar 3.5 Skema pengukuran konduktivitas batuan

3.3.6 Analisis Data

1. Analisis Data Pengukuran Tegangan

Pengukuran yang dilakukan di beberapa titik pada catu daya akan menghasilkan gambar pada layar osiloskop. Berdasarkan gambar tersebut akan dibandingkan bentuk gelombang pada tiap titiknya. Selain bentuk gelombang nilai tegangan dihitung dengan persamaan berikut :

$$V = \frac{\text{Volt}}{\text{div}} \times \text{div} \quad (3.1)$$

2. Analisis Data Pengukuran Konduktivitas

Data yang didapatkan dari pengukuran yaitu tegangan (V) dan kuat arus (I) pada setiap lintasan. Nilai konduktivitas tiap lintasan diketahui dari persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{I}{2\pi a \Delta V} \quad (3.2)$$

dimana :

σ = konduktivitas (mho)

a = spasi pada lintasan (m)

I = kuat arus (A)

ΔV = beda potensial (V)

3. Ralat standart deviasi

Ralat yang digunakan dalam peneitian ini adalah ralat standart deviasi dengan pengulangan ≤ 10 .

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (3.3)$$

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian tentang pembuatan catu daya untuk pengukuran konduktivitas batuan adalah :

1. Catu daya yang dihasilkan merupakan rangkaian yang tersiri dari *transformator step down* 5 A, rangkaian penyearah gelombang, rangkaian penguat arus dan rangkaian regulator. Rangkaian catu daya merupakan modifikasi dari rangkaian IC regulator LM7815 dengan transistor MJ2955.
2. Catu daya yang telah dibuat mempunyai keluaran tegangan DC 14,96 V dan kuat arus 4,73 A disertai pengaman hubung singkat yang dapat digunakan untuk pengukuran kondisi bawah permukaan tanah (dengan kedalaman tanah 20 cm).
3. Nilai resistansi medium tanah menggunakan catu daya adalah $(4,08 \times 10^5) \Omega$ sampai $(7,00 \times 10^5) \Omega$ masih memenuhi untuk rentang nilai pengukuran resistansi pada saat kalibrasi $(5,89 \times 10^5) \Omega$.
4. Nilai konduktivitas pada medium tanah menggunakan metode *Wenner* adalah $(7,58 \times 10^{-7})$ mho sampai $(9,77 \times 10^{-6})$ mho. Berdasarkan rentang nilai konduktivitas yang didapat medium tanah yang digunakan merupakan batuan basalt.

5.2 Saran

Diperlukan penelitian mengenai kemampuan batas minimum dan maksimum jarak elektroda saat pengukuran konduktivitas batuan menggunakan alat ukur yang dibuat. Diperlukan percobaan lain berupa metode geolistrik yang lain sehingga dapat dijadikan pembanding hasil yang telah didapatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2014. *High Current 7812 Voltage Regulator*. [serial online]. (<http://dc-voltage-regulator.blogspot.com/2012/12/high-current-7812-voltage-regulator.html>). [15 Agustus 2014]
- Anonim. *National IC's Databook*. National Semiconductor Corporation, Santa Clara.
- Bowden, B. 1997. *Variable 3-4 V/3 Amp Power Supply*. [serial online]. (<http://www.bowdenschobbycircuits.info.htm>) [6 Agustus 2014]
- Fatoni. 2010. *Unjuk Kerja Catu Daya 12 Volt 2A dengan Pass Element Transistor NPN dan PNP*. Jurnal Neutrino Vol 3, No 1 Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang
- Habibi, A. 2007. *Pembangkitan Tegangan Bolak-balik Frekuensi Tinggi Menggunakan Kumparan Tesla*. Tugas Akhir. Semarang : Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Halliday, D., Robert Resnick and Kenneth S. Krane. 1994. *Physics 4th Edition*. Singapore : John wiley & Sons Pte. Ltd
- Handayani, G dan Ngadimin. 2001. *Aplikasi Metode Geolistrik Untuk Alat Monitoring Rembesan Air Limbah (Penelitian Model Fisik di Laboratorium)*. JMS Vol. 6 No 1. Bandung : Institut Teknologi Bandung
- Hayt, W. H dan Kemmerly J. E. 2002. *Rangkaian Listrik*. Jakarta: Erlangga.

- Jabbar, A. 2011. *Studi Sifat Konduktivitas Material Bawah permukaan Berdasarkan Data Geolistrik Tahanan Jenis di Daerah Kamara Kabupaten Barru*. Makassar : Universitas Negeri Makassar
- Lister, E C. 1993. *Mesin dan Rangkaian Listrik, Edisi Keenam*. Bandung : Erlangga
- Loke, M. H. 2000. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*. Malaysia : Penang.
- Malvino, A. P. 2003. *Prinsip-Prinsip Elektronika*. Jakarta: Salemba Teknik.
- Margunadi, A R. 1991. *Teori Rangkaian (Dasar-Dasar)*. Jakarta : Erlangga
- Prameswari, F W. 2012. *Analisa Resistivitas Batuan dengan Menggunakan Parameter dar Zarrouk dan konsep Anisotropi*. Surabaya : Intitut Sepuluh Nopember
- Sears, F. W dan Mark W. Zemansky. 1962. *University Physics*. New York: Addison-Wesley Publishing Company.
- Sutrisno. 1984. *Elektronika : Teori Dasar dan Penerapannya, Jilid 1*. Bandung : Intitut Teknologi Bandung
- Surjono, H D. 2007. *Elektronika : Teori dan Penerapan*. Jember : Cerdas
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sherriff, RE., Keys, DA, 1976. *Applied Geophysics*. Cambridge : Cambridge University Press
- Williams, R E. 1986. *Schlumber, Formation Conference*. Indonesia

LAMPIRAN

A. Pengukuran tegangan dan arus keluaran catu daya menggunakan multimeter

Pengulangan	Tegangan (V)	Arus (A)
1	14,98	4,74
2	15,01	4,74
3	15,01	4,65
4	14,89	4,65
5	14,89	4,74
6	14,90	4,74
7	15,02	4,74
8	14,94	4,74
9	14,93	4,75
10	14,98	4,75
\bar{X}	14,96	4,73

B. Pengukuran nilai resistansi tanah dengan multimeter

Pengulangan	Resistansi (Ω)
1	587000
2	591000
3	583000
4	585000
5	581000
6	597000
7	580000
8	602000
9	591000
10	592000
\bar{X}	588900

C. Pengukuran nilai resistansi pada lintasan 1

No	a (m)	V_1 (V)	I_1 (A)	V_2 (V)	I_2 (A)	V_3 (V)	I_3 (A)	$V_{rata-rata}$ (V)	$I_{rata-rata}$ (A)	$R_{rata-rata}$ (Ω)
1	0,05	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,53	0,000001	0,54	0,000001	540000
2	0,05	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	543333
3	0,05	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	543333
4	0,05	0,54	0,000001	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	543333
5	0,05	0,54	0,000001	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	543333
6	0,05	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,55	0,000001	0,54	0,000001	543333
7	0,05	0,53	0,000001	0,55	0,000001	0,56	0,000001	0,55	0,000001	546667
8	0,05	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,53	0,000001	0,54	0,000001	540000
9	0,05	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,53	0,000001	0,54	0,000001	543333
10	0,05	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	550000
11	0,05	0,53	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,54	0,000001	543333
12	0,05	0,53	0,000001	0,54	0,000001	0,53	0,000001	0,53	0,000001	533333
13	0,05	0,53	0,000001	0,54	0,000001	0,53	0,000001	0,53	0,000001	533333
14	0,05	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	550000
15	0,05	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	550000
16	0,05	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	546667
17	0,05	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	550000
18	0,05	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	550000
19	0,1	0,56	0,000001	0,58	0,000001	0,58	0,000001	0,57	0,000001	573333
20	0,1	0,56	0,000001	0,58	0,000001	0,58	0,000001	0,57	0,000001	573333
21	0,1	0,56	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	566667
22	0,1	0,58	0,000001	0,56	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	570000
23	0,1	0,58	0,000001	0,56	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	570000
24	0,1	0,58	0,000001	0,56	0,000001	0,58	0,000001	0,57	0,000001	573333
25	0,1	0,58	0,000001	0,56	0,000001	0,58	0,000001	0,57	0,000001	573333
26	0,1	0,58	0,000001	0,56	0,000001	0,58	0,000001	0,57	0,000001	573333
27	0,15	0,58	0,000001	0,59	0,000001	0,58	0,000001	0,58	0,000001	583333
28	0,15	0,59	0,000001	0,58	0,000001	0,61	0,000001	0,59	0,000001	593333
29	0,15	0,59	0,000001	0,61	0,000001	0,59	0,000001	0,60	0,000001	596667
30	0,15	0,61	0,000001	0,62	0,000001	0,59	0,000001	0,61	0,000001	606667
31	0,15	0,62	0,000001	0,62	0,000001	0,62	0,000001	0,62	0,000001	620000
32	0,20	0,61	0,000001	0,61	0,000001	0,62	0,000001	0,61	0,000001	613333
33	0,20	0,63	0,000001	0,62	0,000001	0,61	0,000001	0,62	0,000001	620000
34	0,20	0,63	0,000001	0,63	0,000001	0,63	0,000001	0,63	0,000001	630000

35	0,25	0,64	0,000001	0,63	0,000001	0,63	0,000001	0,63	0,000001	633333
36	0,25	0,64	0,000001	0,64	0,000001	0,65	0,000001	0,64	0,000001	643333
37	0,30	0,68	0,000001	0,69	0,000001	0,69	0,000001	0,69	0,000001	686667
38	0,30	0,7	0,000001	0,65	0,000001	0,68	0,000001	0,68	0,000001	676667

D. Pengukuran nilai konduktivitas medium tanah lintasan 1

No	n	a (m)	C ₁ (m)	P ₁ (m)	P ₂ (m)	C ₂ (m)	k	R _{rata-rata} (Ω)	σ (Ωm) ⁻¹
1	1	0,05	0,00	0,05	0,10	0,15	0,314	540000	5,90E-06
2	1	0,05	0,05	0,10	0,15	0,20	0,314	543333	5,86E-06
3	1	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,314	543333	5,86E-06
4	1	0,05	0,15	0,20	0,25	0,30	0,314	543333	5,86E-06
5	1	0,05	0,20	0,25	0,30	0,35	0,314	543333	5,86E-06
6	1	0,05	0,25	0,30	0,35	0,40	0,314	543333	5,86E-06
7	1	0,05	0,30	0,35	0,40	0,45	0,314	546667	5,83E-06
8	1	0,05	0,35	0,40	0,45	0,50	0,314	540000	5,90E-06
9	1	0,05	0,40	0,45	0,50	0,55	0,314	543333	5,86E-06
10	1	0,05	0,45	0,50	0,55	0,60	0,314	550000	5,79E-06
11	1	0,05	0,50	0,55	0,60	0,65	0,314	543333	5,86E-06
12	1	0,05	0,55	0,60	0,65	0,70	0,314	533333	5,97E-06
13	1	0,05	0,60	0,65	0,70	0,75	0,314	533333	5,97E-06
14	1	0,05	0,65	0,70	0,75	0,80	0,314	550000	5,79E-06
15	1	0,05	0,70	0,75	0,80	0,85	0,314	550000	5,79E-06
16	1	0,05	0,75	0,80	0,85	0,90	0,314	546667	5,83E-06
17	1	0,05	0,80	0,85	0,90	0,95	0,314	550000	5,79E-06
18	1	0,05	0,85	0,90	0,95	1,00	0,314	550000	5,79E-06
19	2	0,10	0,00	0,10	0,20	0,30	0,628	573333	2,78E-06
20	2	0,10	0,10	0,20	0,30	0,40	0,628	573333	2,78E-06
21	2	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,628	566667	2,81E-06
22	2	0,10	0,30	0,40	0,50	0,60	0,628	570000	2,79E-06
23	2	0,10	0,40	0,50	0,60	0,70	0,628	570000	2,79E-06
24	2	0,10	0,50	0,60	0,70	0,80	0,628	573333	2,78E-06
25	2	0,10	0,60	0,70	0,80	0,90	0,628	573333	2,78E-06
26	2	0,10	0,70	0,80	0,90	1,00	0,628	573333	2,78E-06
27	3	0,15	0,00	0,15	0,30	0,45	0,942	583333	1,82E-06
28	3	0,15	0,15	0,30	0,45	0,60	0,942	593333	1,79E-06

29	3	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,942	596667	1,78E-06
30	3	0,15	0,45	0,60	0,75	0,90	0,942	606667	1,75E-06
31	3	0,15	0,60	0,75	0,90	1,05	0,942	620000	1,71E-06
32	4	0,20	0,00	0,20	0,40	0,60	1,256	613333	1,30E-06
33	4	0,20	0,20	0,40	0,60	0,80	1,256	620000	1,28E-06
34	4	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,256	630000	1,26E-06
35	5	0,25	0,00	0,25	0,50	0,75	1,570	633333	1,01E-06
36	5	0,25	0,25	0,50	0,75	1,00	1,570	643333	9,90E-07
37	6	0,30	0,00	0,30	0,60	0,90	1,884	686667	7,73E-07
38	6	0,30	0,30	0,60	0,90	1,20	1,884	676667	7,84E-07

E. Pengukuran nilai resistansi pada lintasan 2

No	A (m)	V_1 (V)	I_1 (A)	V_2 (V)	I_2 (A)	V_3 (V)	I_3 (A)	$V_{rata-rata}$ (V)	$I_{rata-rata}$ (A)	$R_{rata-rata}$ (Ω)
1	0,05	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,53	0,000001	0,54	0,000001	536667
2	0,05	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	540000
3	0,05	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	540000
4	0,05	0,54	0,000001	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	543333
5	0,05	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	540000
6	0,05	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	540000
7	0,05	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,56	0,000001	0,55	0,000001	553333
8	0,05	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	546667
9	0,05	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,53	0,000001	0,54	0,000001	543333
10	0,05	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	550000
11	0,05	0,53	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,54	0,000001	543333
12	0,05	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	546667
13	0,05	0,53	0,000001	0,54	0,000001	0,55	0,000001	0,54	0,000001	540000
14	0,05	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	550000
15	0,05	0,56	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	553333
16	0,05	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	546667
17	0,05	0,55	0,000001	0,56	0,000001	0,56	0,000001	0,56	0,000001	556667
18	0,05	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	550000
19	0,10	0,57	0,000001	0,58	0,000001	0,58	0,000001	0,58	0,000001	576667
20	0,10	0,56	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	566667
21	0,10	0,56	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	566667
22	0,10	0,58	0,000001	0,56	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	570000

23	0,10	0,57	0,000001	0,56	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	566667
24	0,10	0,57	0,000001	0,56	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	566667
25	0,10	0,58	0,000001	0,56	0,000001	0,58	0,000001	0,57	0,000001	573333
26	0,10	0,58	0,000001	0,56	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	570000
27	0,15	0,59	0,000001	0,57	0,000001	0,59	0,000001	0,58	0,000001	583333
28	0,15	0,59	0,000001	0,58	0,000001	0,59	0,000001	0,59	0,000001	586667
29	0,15	0,59	0,000001	0,61	0,000001	0,59	0,000001	0,60	0,000001	596667
30	0,15	0,61	0,000001	0,59	0,000001	0,59	0,000001	0,60	0,000001	596667
31	0,15	0,59	0,000001	0,62	0,000001	0,59	0,000001	0,60	0,000001	600000
32	0,20	0,63	0,000001	0,61	0,000001	0,63	0,000001	0,62	0,000001	623333
33	0,20	0,63	0,000001	0,62	0,000001	0,63	0,000001	0,63	0,000001	626667
34	0,20	0,63	0,000001	0,63	0,000001	0,62	0,000001	0,63	0,000001	626667
35	0,25	0,64	0,000001	0,63	0,000001	0,64	0,000001	0,64	0,000001	636667
36	0,25	0,64	0,000001	0,64	0,000001	0,65	0,000001	0,64	0,000001	643333
37	0,30	0,68	0,000001	0,69	0,000001	0,70	0,000001	0,69	0,000001	690000
38	0,30	0,70	0,000001	0,69	0,000001	0,68	0,000001	0,69	0,000001	690000

F. Pengukuran nilai konduktivitas medium tanah lintasan 2

No	n	a (m)	C ₁ (m)	P ₁ (m)	P ₂ (m)	C ₂ (m)	k	R _{rata-rata} (Ω)	σ (Ωm) ⁻¹
1	1	0,05	0,00	0,05	0,10	0,15	0,314	536667	5,93E-06
2	1	0,05	0,05	0,10	0,15	0,20	0,314	540000	5,90E-06
3	1	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,314	540000	5,90E-06
4	1	0,05	0,15	0,20	0,25	0,30	0,314	543333	5,86E-06
5	1	0,05	0,20	0,25	0,30	0,35	0,314	540000	5,90E-06
6	1	0,05	0,25	0,30	0,35	0,40	0,314	540000	5,90E-06
7	1	0,05	0,30	0,35	0,40	0,45	0,314	553333	5,76E-06
8	1	0,05	0,35	0,40	0,45	0,50	0,314	546667	5,83E-06
9	1	0,05	0,40	0,45	0,50	0,55	0,314	543333	5,86E-06
10	1	0,05	0,45	0,50	0,55	0,60	0,314	550000	5,79E-06
11	1	0,05	0,50	0,55	0,60	0,65	0,314	543333	5,86E-06
12	1	0,05	0,55	0,60	0,65	0,70	0,314	546667	5,83E-06
13	1	0,05	0,60	0,65	0,70	0,75	0,314	540000	5,90E-06
14	1	0,05	0,65	0,70	0,75	0,80	0,314	550000	5,79E-06
15	1	0,05	0,70	0,75	0,80	0,85	0,314	553333	5,76E-06
16	1	0,05	0,75	0,80	0,85	0,90	0,314	546667	5,83E-06
17	1	0,05	0,80	0,85	0,90	0,95	0,314	556667	5,72E-06

18	1	0,05	0,85	0,90	0,95	1,00	0,314	550000	5,79E-06
19	2	0,10	0,00	0,10	0,20	0,30	0,628	576667	2,76E-06
20	2	0,10	0,10	0,20	0,30	0,40	0,628	566667	2,81E-06
21	2	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,628	566667	2,81E-06
22	2	0,10	0,30	0,40	0,50	0,60	0,628	570000	2,79E-06
23	2	0,10	0,40	0,50	0,60	0,70	0,628	566667	2,81E-06
24	2	0,10	0,50	0,60	0,70	0,80	0,628	566667	2,81E-06
25	2	0,10	0,60	0,70	0,80	0,90	0,628	573333	2,78E-06
26	2	0,10	0,70	0,80	0,90	1,00	0,628	570000	2,79E-06
27	3	0,15	0,00	0,15	0,30	0,45	0,942	583333	1,82E-06
28	3	0,15	0,15	0,30	0,45	0,60	0,942	586667	1,81E-06
29	3	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,942	596667	1,78E-06
30	3	0,15	0,45	0,60	0,75	0,90	0,942	596667	1,78E-06
31	3	0,15	0,60	0,75	0,90	1,05	0,942	600000	1,77E-06
32	4	0,20	0,00	0,20	0,40	0,60	1,256	623333	1,28E-06
33	4	0,20	0,20	0,40	0,60	0,80	1,256	626667	1,27E-06
34	4	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,256	626667	1,27E-06
35	5	0,25	0,00	0,25	0,50	0,75	1,570	636667	1,00E-06
36	5	0,25	0,25	0,50	0,75	1,00	1,570	643333	9,90E-07
37	6	0,30	0,00	0,30	0,60	0,90	1,884	690000	7,69E-07
38	6	0,30	0,30	0,60	0,90	1,20	1,884	690000	7,69E-07

G. Pengukuran nilai resistansi pada lintasan 3

No	a (m)	V_1 (V)	I_1 (A)	V_2 (V)	I_2 (A)	V_3 (V)	I_3 (A)	$V_{rata-rata}$ (V)	$I_{rata-rata}$ (A)	$R_{rata-rata}$ (Ω)
1	0,05	0,53	0,000001	0,54	0,000001	0,53	0,000001	0,53	0,000001	533333
2	0,05	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	543333
3	0,05	0,53	0,000001	0,54	0,000001	0,53	0,000001	0,53	0,000001	533333
4	0,05	0,54	0,000001	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	543333
5	0,05	0,54	0,000001	0,53	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	536667
6	0,05	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,55	0,000001	0,54	0,000001	543333
7	0,05	0,53	0,000001	0,55	0,000001	0,53	0,000001	0,54	0,000001	536667
8	0,05	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,53	0,000001	0,54	0,000001	540000
9	0,05	0,53	0,000001	0,55	0,000001	0,53	0,000001	0,54	0,000001	536667
10	0,05	0,55	0,000001	0,53	0,000001	0,55	0,000001	0,54	0,000001	543333
11	0,05	0,53	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,54	0,000001	543333
12	0,05	0,53	0,000001	0,54	0,000001	0,53	0,000001	0,53	0,000001	533333

13	0,05	0,53	0,000001	0,54	0,000001	0,53	0,000001	0,53	0,000001	533333
14	0,05	0,53	0,000001	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	540000
15	0,05	0,53	0,000001	0,54	0,000001	0,55	0,000001	0,54	0,000001	540000
16	0,05	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,55	0,000001	0,54	0,000001	543333
17	0,05	0,55	0,000001	0,55	0,000002	0,54	0,000001	0,55	1,33333E-06	410000
18	0,05	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	550000
19	0,10	0,56	0,000001	0,58	0,000001	0,58	0,000001	0,57	0,000001	573333
20	0,10	0,58	0,000001	0,58	0,000001	0,58	0,000001	0,58	0,000001	580000
21	0,10	0,56	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	566667
22	0,10	0,58	0,000001	0,56	0,000001	0,58	0,000001	0,57	0,000001	573333
23	0,10	0,58	0,000001	0,58	0,000001	0,57	0,000001	0,58	0,000001	576667
24	0,10	0,58	0,000001	0,56	0,000001	0,58	0,000001	0,57	0,000001	573333
25	0,10	0,58	0,000001	0,58	0,000001	0,58	0,000001	0,58	0,000001	580000
26	0,10	0,58	0,000001	0,56	0,000001	0,58	0,000001	0,57	0,000001	573333
27	0,15	0,61	0,000001	0,59	0,000001	0,58	0,000001	0,59	0,000001	593333
28	0,15	0,59	0,000001	0,58	0,000001	0,61	0,000001	0,59	0,000001	593333
29	0,15	0,61	0,000001	0,61	0,000001	0,59	0,000001	0,60	0,000001	603333
30	0,15	0,61	0,000001	0,62	0,000001	0,61	0,000001	0,61	0,000001	613333
31	0,15	0,62	0,000001	0,62	0,000001	0,62	0,000001	0,62	0,000001	620000
32	0,20	0,61	0,000001	0,61	0,000001	0,62	0,000001	0,61	0,000001	613333
33	0,20	0,61	0,000001	0,62	0,000001	0,61	0,000001	0,61	0,000001	613333
34	0,20	0,61	0,000001	0,61	0,000001	0,61	0,000001	0,61	0,000001	610000
35	0,25	0,64	0,000001	0,63	0,000001	0,63	0,000001	0,63	0,000001	633333
36	0,25	0,64	0,000001	0,64	0,000001	0,65	0,000001	0,64	0,000001	643333
37	0,30	0,68	0,000001	0,69	0,000001	0,71	0,000001	0,69	0,000001	693333
38	0,30	0,70	0,000001	0,70	0,000001	0,68	0,000001	0,69	0,000001	693333

H. Pengukuran nilai konduktivitas medium tanah lintasan 3

No	n	a (m)	C ₁ (m)	P ₁ (m)	P ₂ (m)	C ₂ (m)	k	R _{rata-rata} (Ω)	σ (Ωm) ⁻¹
1	1	0,05	0,00	0,05	0,10	0,15	0,314	533333	5,97E-06
2	1	0,05	0,05	0,10	0,15	0,20	0,314	543333	5,86E-06
3	1	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,314	533333	5,97E-06
4	1	0,05	0,15	0,20	0,25	0,30	0,314	543333	5,86E-06
5	1	0,05	0,20	0,25	0,30	0,35	0,314	536667	5,93E-06
6	1	0,05	0,25	0,30	0,35	0,40	0,314	543333	5,86E-06
7	1	0,05	0,30	0,35	0,40	0,45	0,314	536667	5,93E-06

8	1	0,05	0,35	0,40	0,45	0,50	0,314	540000	5,90E-06
9	1	0,05	0,40	0,45	0,50	0,55	0,314	536667	5,93E-06
10	1	0,05	0,45	0,50	0,55	0,60	0,314	543333	5,86E-06
11	1	0,05	0,50	0,55	0,60	0,65	0,314	543333	5,86E-06
12	1	0,05	0,55	0,60	0,65	0,70	0,314	533333	5,97E-06
13	1	0,05	0,60	0,65	0,70	0,75	0,314	533333	5,97E-06
14	1	0,05	0,65	0,70	0,75	0,80	0,314	540000	5,90E-06
15	1	0,05	0,70	0,75	0,80	0,85	0,314	540000	5,90E-06
16	1	0,05	0,75	0,80	0,85	0,90	0,314	543333	5,86E-06
17	1	0,05	0,80	0,85	0,90	0,95	0,314	410000	7,77E-06
18	1	0,05	0,85	0,90	0,95	1,00	0,314	550000	5,79E-06
19	2	0,10	0,00	0,10	0,20	0,30	0,628	573333	2,78E-06
20	2	0,10	0,10	0,20	0,30	0,40	0,628	580000	2,75E-06
21	2	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,628	566667	2,81E-06
22	2	0,10	0,30	0,40	0,50	0,60	0,628	573333	2,78E-06
23	2	0,10	0,40	0,50	0,60	0,70	0,628	576667	2,76E-06
24	2	0,10	0,50	0,60	0,70	0,80	0,628	573333	2,78E-06
25	2	0,10	0,60	0,70	0,80	0,90	0,628	580000	2,75E-06
26	2	0,10	0,70	0,80	0,90	1,00	0,628	573333	2,78E-06
27	3	0,15	0,00	0,15	0,30	0,45	0,942	593333	1,79E-06
28	3	0,15	0,15	0,30	0,45	0,60	0,942	593333	1,79E-06
29	3	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,942	603333	1,76E-06
30	3	0,15	0,45	0,60	0,75	0,90	0,942	613333	1,73E-06
31	3	0,15	0,60	0,75	0,90	1,05	0,942	620000	1,71E-06
32	4	0,20	0,00	0,20	0,40	0,60	1,256	613333	1,30E-06
33	4	0,20	0,20	0,40	0,60	0,80	1,256	613333	1,30E-06
34	4	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,256	610000	1,31E-06
35	5	0,25	0,00	0,25	0,50	0,75	1,570	633333	1,01E-06
36	5	0,25	0,25	0,50	0,75	1,00	1,570	643333	9,90E-07
37	6	0,30	0,00	0,30	0,60	0,90	1,884	693333	7,66E-07
38	6	0,30	0,30	0,60	0,90	1,20	1,884	693333	7,66E-07

I. Pengukuran nilai resistansi pada lintasan 4

No	a (m)	V_1 (V)	I_1 (A)	V_2 (V)	I_2 (A)	V_3 (V)	I_3 (A)	$V_{rata-rata}$ (V)	$I_{rata-rata}$ (A)	$R_{rata-rata}$ (Ω)
1	0,05	0,55	0,000001	0,53	0,000001	0,53	0,000001	0,54	0,000001	536667
2	0,05	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	540000
3	0,05	0,55	0,000002	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,54	1,33333E-06	407500
4	0,05	0,54	0,000001	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	543333
5	0,05	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	0,54	0,000001	540000
6	0,05	0,53	0,000001	0,53	0,000001	0,55	0,000001	0,54	0,000001	536667
7	0,05	0,53	0,000001	0,55	0,000001	0,56	0,000001	0,55	0,000001	546667
8	0,05	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,53	0,000001	0,54	0,000001	540000
9	0,05	0,53	0,000001	0,53	0,000001	0,53	0,000001	0,53	0,000001	530000
10	0,05	0,55	0,000002	0,55	0,000001	0,53	0,000001	0,54	1,33333E-06	407500
11	0,05	0,53	0,000001	0,53	0,000001	0,55	0,000001	0,54	0,000001	536667
12	0,05	0,53	0,000001	0,54	0,000001	0,53	0,000001	0,53	0,000001	533333
13	0,05	0,53	0,000001	0,54	0,000001	0,53	0,000001	0,53	0,000001	533333
14	0,05	0,55	0,000002	0,53	0,000001	0,55	0,000001	0,54	1,33333E-06	407500
15	0,05	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,53	0,000001	0,54	0,000001	543333
16	0,05	0,55	0,000001	0,54	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	546667
17	0,05	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	550000
18	0,05	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	0,55	0,000001	550000
19	0,10	0,57	0,000001	0,57	0,000001	0,58	0,000001	0,57	0,000001	573333
20	0,10	0,56	0,000001	0,58	0,000001	0,58	0,000001	0,57	0,000001	573333
21	0,10	0,56	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	566667
22	0,10	0,57	0,000001	0,56	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	566667
23	0,10	0,58	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	573333
24	0,10	0,58	0,000001	0,56	0,000001	0,58	0,000001	0,57	0,000001	573333
25	0,10	0,57	0,000001	0,56	0,000001	0,58	0,000001	0,57	0,000001	570000
26	0,10	0,58	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	0,57	0,000001	573333
27	0,15	0,58	0,000001	0,59	0,000001	0,59	0,000001	0,59	0,000001	586667
28	0,15	0,59	0,000001	0,58	0,000001	0,59	0,000001	0,59	0,000001	586667
29	0,15	0,61	0,000001	0,61	0,000001	0,61	0,000001	0,61	0,000001	610000
30	0,15	0,61	0,000001	0,62	0,000001	0,59	0,000001	0,61	0,000001	606667
31	0,15	0,62	0,000001	0,61	0,000001	0,62	0,000001	0,62	0,000001	616667
32	0,20	0,63	0,000001	0,61	0,000001	0,62	0,000001	0,62	0,000001	620000
33	0,20	0,63	0,000001	0,62	0,000001	0,63	0,000001	0,63	0,000001	626667

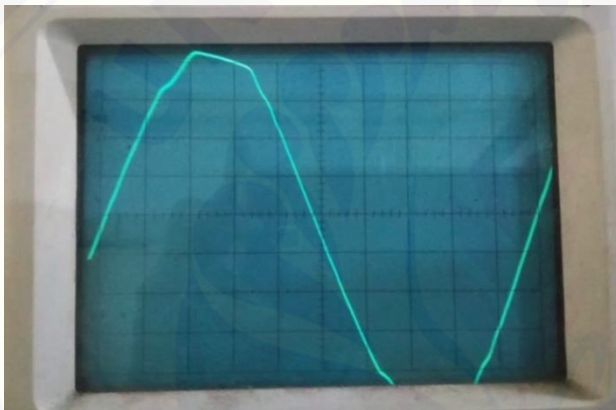
34	0,20	0,63	0,000001	0,63	0,000001	0,63	0,000001	0,63	0,000001	630000
35	0,25	0,65	0,000001	0,65	0,000001	0,65	0,000001	0,65	0,000001	650000
36	0,25	0,65	0,000001	0,64	0,000001	0,65	0,000001	0,65	0,000001	646667
37	0,30	0,72	0,000001	0,69	0,000001	0,69	0,000001	0,70	0,000001	700000
38	0,30	0,70	0,000001	0,69	0,000001	0,71	0,000001	0,70	0,000001	700000

J. Pengukuran nilai konduktivitas medium tanah lintasan 4

No	n	a (m)	C ₁ (m)	P ₁ (m)	P ₂ (m)	C ₂ (m)	k	R _{rata-rata} (Ω)	σ (Ωm) ⁻¹
1	1	0,05	0,00	0,05	0,10	0,15	0,314	536667	5,93E-06
2	1	0,05	0,05	0,10	0,15	0,20	0,314	540000	5,90E-06
3	1	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,314	407500	7,82E-06
4	1	0,05	0,15	0,20	0,25	0,30	0,314	543333	5,86E-06
5	1	0,05	0,20	0,25	0,30	0,35	0,314	540000	5,90E-06
6	1	0,05	0,25	0,30	0,35	0,40	0,314	536667	5,93E-06
7	1	0,05	0,30	0,35	0,40	0,45	0,314	546667	5,83E-06
8	1	0,05	0,35	0,40	0,45	0,50	0,314	540000	5,90E-06
9	1	0,05	0,40	0,45	0,50	0,55	0,314	530000	6,01E-06
10	1	0,05	0,45	0,50	0,55	0,60	0,314	407500	7,82E-06
11	1	0,05	0,50	0,55	0,60	0,65	0,314	536667	5,93E-06
12	1	0,05	0,55	0,60	0,65	0,70	0,314	533333	5,97E-06
13	1	0,05	0,60	0,65	0,70	0,75	0,314	533333	5,97E-06
14	1	0,05	0,65	0,70	0,75	0,80	0,314	407500	7,82E-06
15	1	0,05	0,70	0,75	0,80	0,85	0,314	543333	5,86E-06
16	1	0,05	0,75	0,80	0,85	0,90	0,314	546667	5,83E-06
17	1	0,05	0,80	0,85	0,90	0,95	0,314	550000	5,79E-06
18	1	0,05	0,85	0,90	0,95	1,00	0,314	550000	5,79E-06
19	2	0,10	0,00	0,10	0,20	0,30	0,628	573333	2,78E-06
20	2	0,10	0,10	0,20	0,30	0,40	0,628	573333	2,78E-06
21	2	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,628	566667	2,81E-06
22	2	0,10	0,30	0,40	0,50	0,60	0,628	566667	2,81E-06
23	2	0,10	0,40	0,50	0,60	0,70	0,628	573333	2,78E-06
24	2	0,10	0,50	0,60	0,70	0,80	0,628	573333	2,78E-06
25	2	0,10	0,60	0,70	0,80	0,90	0,628	570000	2,79E-06
26	2	0,10	0,70	0,80	0,90	1,00	0,628	573333	2,78E-06
27	3	0,15	0,00	0,15	0,30	0,45	0,942	586667	1,81E-06
28	3	0,15	0,15	0,30	0,45	0,60	0,942	586667	1,81E-06
29	3	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,942	610000	1,74E-06

30	3	0,15	0,45	0,60	0,75	0,90	0,942	606667	1,75E-06
31	3	0,15	0,60	0,75	0,90	1,05	0,942	616667	1,72E-06
32	4	0,20	0,00	0,20	0,40	0,60	1,256	620000	1,28E-06
33	4	0,20	0,20	0,40	0,60	0,80	1,256	626667	1,27E-06
34	4	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,256	630000	1,26E-06
35	5	0,25	0,00	0,25	0,50	0,75	1,570	650000	9,80E-07
36	5	0,25	0,25	0,50	0,75	1,00	1,570	646667	9,85E-07
37	6	0,30	0,00	0,30	0,60	0,90	1,884	700000	7,58E-07
38	6	0,30	0,30	0,60	0,90	1,20	1,884	700000	7,58E-07

K. Hasil gelombang keluaran tiap titik uji 1

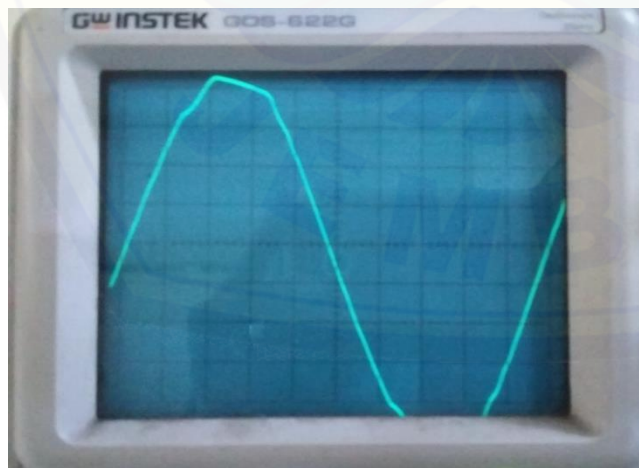


Keterangan :

Volt/Div = 2 V

Time/Div = 0,5 mS

L. Gelombang keluaran pada titik uji 2



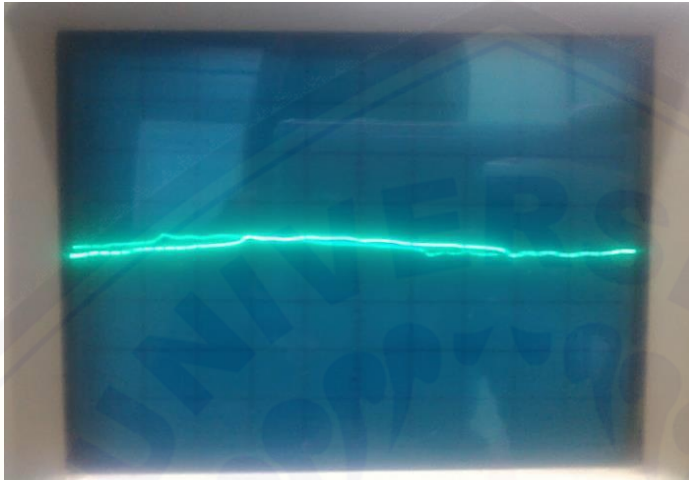
Keterangan :

Volt/Div = 2 V

Time/Div = 0,5 mS

Gambar 2 Gelombang keluaran pada titik uji 2

M. Gelombang keluaran pada titik uji 3

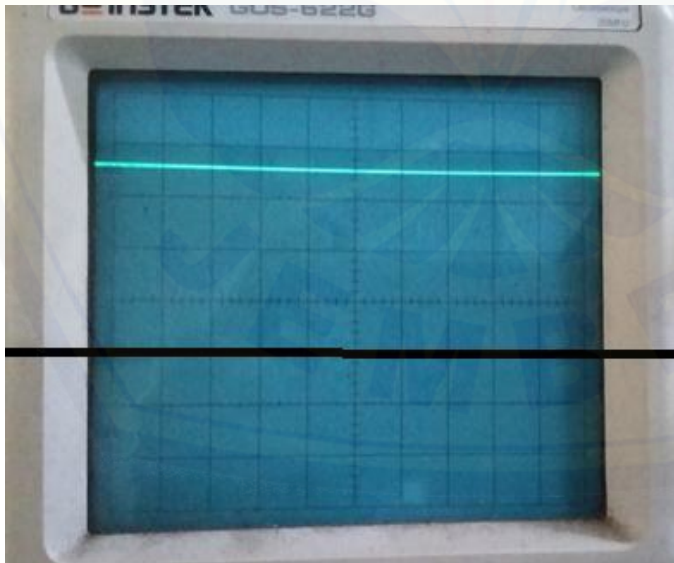


Keterangan :

Volt/Div = 5 V

Time/Div = 0,5 mS

N. Gelombang keluaran pada titik uji 4

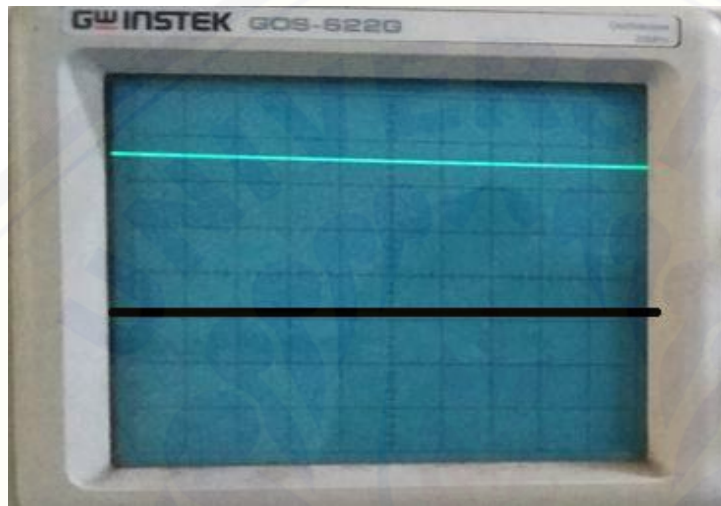


Keterangan :

Volt/Div = 5 V

Time/Div = 0,5 mS

O. Gelombang keluaran pada titik uji 5

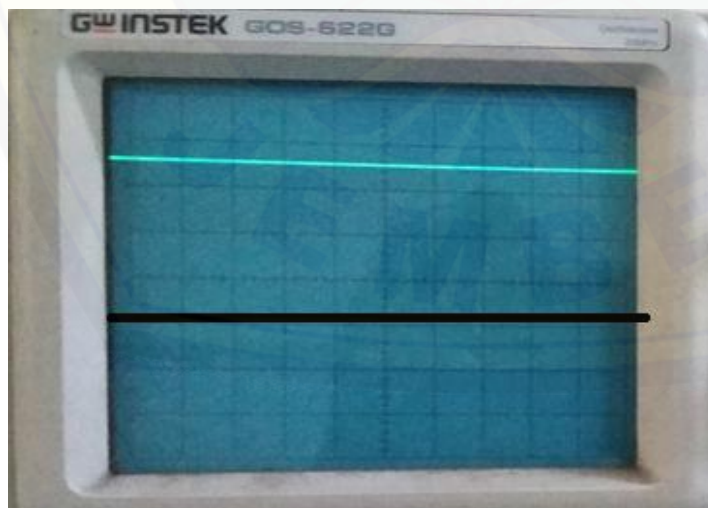


Keterangan :

Volt/Div = 5 V

Time/Div = 0,5 mS

P. Gelombang keluaran pada titik uji 6

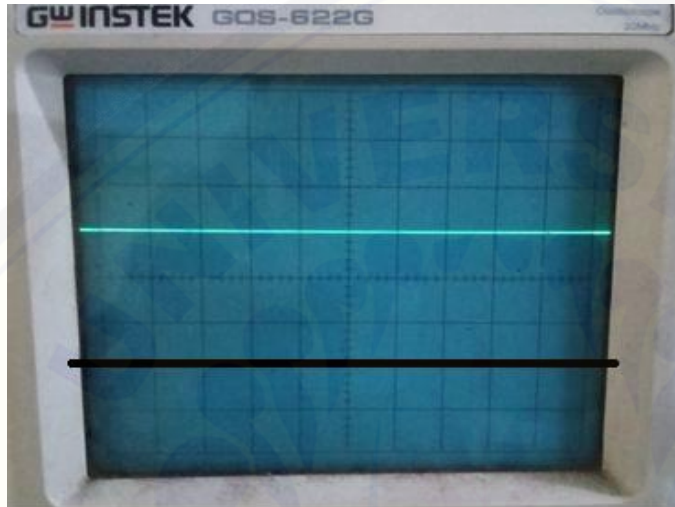


Keterangan :

Volt/Div = 5 V

Time/Div = 0,5 mS

Q. Gelombang keluaran pada titik uji 7

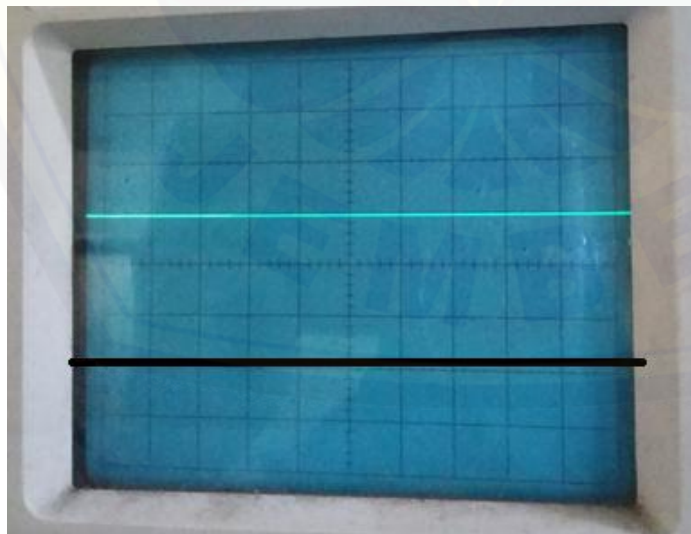


Keterangan :

Volt/Div = 5V

Time/Div = 0,5 mS

R. Gelombang keluaran pada titik uji 8

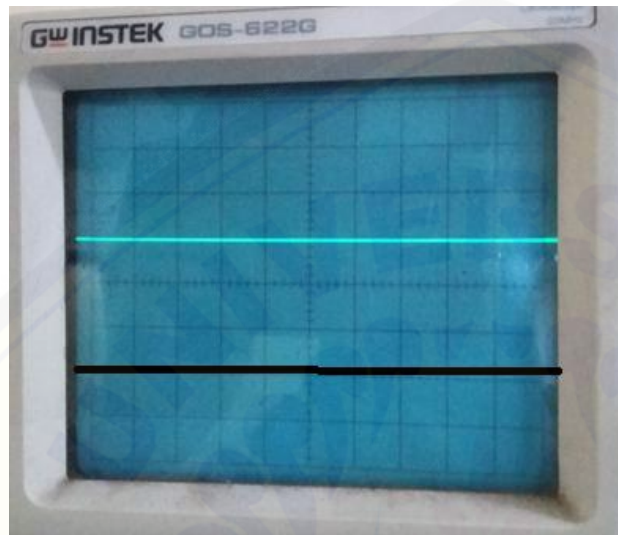


Keterangan :

Volt/Div = 5 V

Time/Div = 0,5 mS

S. Gelombang keluaran pada titik uji 9



keterangan :

Volt/Div = 5 V

Time/Div = 0,5 mS