

**DESAIN PENGEMBANGAN SISTEM PENYIMPANAN ENERGI UNTUK
EMERGENCY LIGHT SYSTEM BASED ON TREADMILL (ELSBOT)**

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu syarat

untuk memperoleh gelar Sarjana

Program Studi Teknik listrik

Jurusan teknik elektro

Fakultas Teknik

Disusun dan diajukan oleh

Herman

105 82 1136 13

Ahmad Irsyadul Ibad

105 82 1226 13

PADA

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

MAKASSAR

2018



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

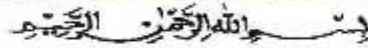
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

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

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



PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Herman** dengan nomor induk mahasiswa 105 82 1136 13 dan **Ahmad Irsyadul Ibad** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 1226 13 dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0003/SK-Y/20201/091004/2018, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Kamis tanggal 12 April 2018.

Panitia Ujian :

Makassar,

8 Sya'ban 1439H

24 April 2018 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

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

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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

2. Penguji

a. Ketua : Ir. Abdul Hafid, M.T.

b. Sekertaris : Andi Abd. Halik Lateko, S.T.,M.T.

3. Anggota : 1. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

2. Rizal A Duyo, S.T.,M.T

3. Adriani, S.T.,M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana, M.T

Pembimbing II

Andi Faharuddin, S.T., M.T.

Dekan

Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.
NBM : 855 500



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

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

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



HALAMAN PENGESAHAN

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

Judul Skripsi : **DESAIN PENGEMBANGAN SISTEM GENERATOR DAN PENYIMPANAN ENERGI UNTUK EMERGENCY LIGHT SYSTEM BASED ON TREADMILL (ELSBOT)**

Nama : 1. Herman
2. Ahmad Irsyadul Ibad

Stambuk : 1. 10582 1136 13
2. 105 82 1226 13

Makassar, 24 April 2018

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr.Ir.Hj. Hafsa Nirwana, M.T

Andi Faharuddin, S.T.,M.T.



Mengetahui,
Ketua Jurusan Elektro

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

NBM : 990 410

**DESAIN PENGEMBANGAN SISTEM GENERATOR DAN
PENYIMPANAN ENERGI PADA
EMERGENCY LIGHT SYSTEM BASED ON TREADMILL (ELSBOT)**

Herman¹, Ahmad Irsyadul Ibad²

¹Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

E_mail : Hermanradical@gmail.com

²Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

E_mail : irsyadulahmad2@gmail.com

ABSTRAK

ELSBOT merupakan sebuah sistem yang menggunakan energi gerak pelaku *jogging* menghasilkan energi rotasional yang dikonversi menjadi energi listrik. Selanjutnya, energi tersebut disimpan kedalam media penyimpanan berupa baterai sebagai sumber suplemen untuk menyalakan *emergency light*. Desain sistem generator dan penyimpanan energi (SGPE) merupakan perealisasi desain alat pengisian ke media penyimpanan sebagai sumber energi cadangan *Emergency Light*. Prinsip kerja SGPE menggunakan energi rotasional untuk memutar generator sebagai pembangkit listrik yang kemudian disalurkan ke alat pengisian untuk mengisi daya baterai. Alat pengisian ini terdiri dari indikator status level tegangan dan kecepatan lari, sistem proteksi *over voltage* (tegangan lebih), dan indikator baterai proteksi *over voltage* berperan sebagai pengendali tegangan yang masuk ke penyimpanan agar tidak kelebihan muatan yaitu dengan memutus tegangan yang melebihi batas tegangan yang ditentukan, dan indikator baterai berfungsi untuk menampilkan status tegangan baterai. Dari hasil pengujian alat yang telah dilakukan, diperoleh data tegangan dari yang paling rendah (*LOW*) 6,1V dengan tegangan maksimal 11,3V, tegangan normal (*MEDIUM*) 13,9V dengan tegangan maksimal 20,2V, dan tegangan tinggi (*HIGH*) 20V dengan tegangan maksimal 27V. Status kecepatan lari diperoleh masing-masing dari yang rendah (*LOW speed*) 1,21 km/jam sampai dengan 1,73 km/jam, normal (*MEDIUM Speed*) 1,99 km/jam sampai dengan 2,62 km/jam, dan tinggi (*HIGH Speed*) 2,6 km/jam sampai dengan 3,3 km/jam. Proteksi *over voltage* (tegangan lebih) memutus pengisian jika mencapai tegangan 14.8V.

Kata kunci : Energi gerak, Perealisasi, dan Media penyimpanan.

KATA PENGANTAR

Puju dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya yang tak berkesudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dan laporan tugas akhir ini dengan baik.

Penyelesaian tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro di Teknik Elektro, Fakultas Teknik.

Dalam menyelesaikan perancangan dan laporan ini penulis telah dibantu oleh beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kehidupan, keselamatan dan kesehatan baik jasmani dan rohani.
2. Nabi Muhammad SAW yang senantiasa menjadi panutan kita.
3. Dr.H.Abd.Rahman Rahim,SE.,MM. selaku rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Ir. Hamzah Al Imran, ST.,MT. selaku dekan satu di Fakultas Teknik.
5. Dr. Umar Katu, ST.,MT. selaku ketua jurusan Teknik Elektro.
6. Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana, M.T Selaku pembimbing satu.
7. Andi Fharuddin. ST.,MT. selaku pembimbing dua.
8. Seluruh dosen dan staf pengajar, serta pegawai Jurusan Teknik Elektro atas segala ilmu, bantuan, dan kemudahan yang diberikan selama kami menempuh proses perkuliahan.
9. Terimakasih kepada kedua orang tua dan saudara-saudara kami tercinta, serta seluruh keluarga atas segala doa, bantuan, nasihat, dan motivasinya.

10. Dan teman-teman yang telah berpartisipasi dalam pelaksanaan perancangan ini kami mengucapkan banyak-banyak terima kasih.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritikan sebagai bahan perbaikan laporan ini. Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis pribadi maupun semua pihak yang memerlukannya.

Makassar, 28 maret 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL 1.....	i
HALAMAN JUDUL 2.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar belakang	1
B. Rumusan masalah	2
C. Tujuan penelitian	2
D. Manfaat penelitian	2
E. Sistematika penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Emergency light	4
B. ELSBOT (<i>Emergency Light Based on Treadmill</i>).....	7
C. Generator DC.....	8
1.1. Definisi generator dc.....	8
1.2. Konstruksi generator dc.....	9
1.3. Prinsip kerja generator.....	9

1.4. Karakteristik generator dc.....	13
1.5. Nilai tegangan induksi generator dc	19
1.6. Kelebihan dan kekurangan generator dc	20
D. Baterai (aki).....	21
E. Sistem pengisian.....	25
1. Kontrol pengisian.....	26

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan tempat penelitian	29
B. Metode penelitian	29
C. Alat dan bahan	30
D. Skema penelitian	32
E. Langkah penelitian	34

BAB IV HASIL PERANCANGAN

A. Desain dan Realisasi Pengembangan Sistem Penyimpanan Energi.....	35
B. Wiring diagram.....	37
C. Performansi sistem	41
c.1. Pembangkit energi listrik.....	41
c.2. Instrumen level kecepatan <i>jogging</i>	42
c.2.1. Kecepatan lari level rendah	42
c.2.2. Kecepatan lari level normal	43
c.2.3. Kecepatan lari level tinggi	44
D. Proteksi <i>over voltage</i> (tegangan lebih)	46

E. Pengujian proteksi daya balik.....	47
F. Indikator level tegangan baterai	48

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan.....	50
B. Saran	51

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka	52
----------------------	----

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Data Pengukuran ELSBOJ.....	7
Tabel 3.1.	Waktu Perancangan.....	35
Tabel 4.1.	Hasil Pengukuran Luaran Generator DC	41
Tabel 4.2.	Hasil Pengukuran Pada Tegangan Rendah (Low)	42
Tabel 4.3.	Hasil Pengukuran Pada Tegangan Menengah (Medium)	43
Tabel 4.4.	Hasil Pengukuran Pada Tegangan Tinggi (High).....	44
Tabel 4.5	Pengukuran Rangkaian Over Voltage (Tegangan Lebih)	46
Tabel 4.6	Pengujian proteksi daya balik	48
Tabel 4.7	Pengujian indikator level tegangan baterai.....	49

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Konstruksi generator DC.....	9
Gambar 2.2	Prinsip kerja generator DC	10
Gambar 2.3.	Efek komutasi.....	13
Gambar 2.4.	Hubungan generator ke beban.....	15
Gambar 2.5.	Generator searah seri.....	15
Gambar 2.6.	Generator <i>shunt</i>	16
Gambar 2.7.	Kompon panjang	18
Gambar 2.8.	Kompon pendek	18
Gambar 2.9.	Baterai (<i>accu</i>)	21
Gambar 2.10.	Separator atau penyekat	23
Gambar 2.11.	SEL.....	23
Gambar 2.12.	Tutup ventilasi.....	24
Gambar 2.13	Rangkaian indikator level baterai.....	27
Gambar 2.14	Rangkaian indikator tegangan.....	28
Gambar 2.15	Rangkaian proteksi <i>overcharge</i>	28
Gambar 3.1.	Diagram balok skema penelitian.....	32
Gambar 3.2	Bagan alir proses penelitian	34
Gambar 4.1.	Realisasi desain sistem penyimpanan energi	35
Gambar 4.2.	Wiring sistem	37
Gambar 4.3.	Generator DC 30V	38
Gambar 4.4.	Rangkaian indikator level kecepatan.....	38

Gambar 4.5.	Rangkaian pengisi baterai, proteksi <i>over voltage</i> , dan daya balik	39
Gambar 4.6.	Baterai (a) , rangkaian indikator level baterai (b) dan realisasi rangkaian	40
Gambar 4.7.	Grafik pengukuran instrumen tegangan dan kecepatan lari rendah (<i>low</i>).....	42
Gambar 4.8.	Grafik pengukuran instrumen tegangan dan level kecepatan lari normal (<i>medium</i>)	43
Gambar 4.9.	Grafik hasil pengukuran instrumen tegangan dan level kecepatan lari tinggi (<i>high voltage</i>)	45

Lampiran

Lampiran 1	Gambar pengukuran tegangan rendah.....	51
Lampiran 2	Gambar pengukuran tegangan normal.....	52
Lampiran 3	Gambar pengukuran tegangan tinggi.....	52
Lampiran 4	Gambar pengujian <i>over voltage</i> (tegangan lebih).....	54
Lampiran 5	Gambar pengujian indikator level tegangan baterai.....	54
Lampiran 6	Gambar pengujian proteksi daya balik	55
Lampiran 7	Gambar pengujian indikator level tegangan baterai (hijau 3)	55
Lampiran 8	Gambar pengujian indikator level tegangan baterai (hijau 2)	55
Lampiran 9	Gambar pengujian indikator level tegangan baterai (hijau 1)	56
Lampiran 10	Gambar pengujian indikator level tegangan baterai (merah 2)	57
Lampiran 11	Gambar pengujian indikator level tegangan baterai (merah 1)	57

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari lampu sangatlah penting untuk kebutuhan manusia dalam melakukan aktivitas di malam hari (seperti: membaca, bekerja, menulis, dan lain sebagainya). Namun, hal ini mengakibatkan intensitas pemakaian listrik pada malam hari mengalami peningkatan dan membuat daya listrik berkurang bahkan terkadang turun, yang menyebabkan pemadaman listrik dari PLN.

Oleh karena itu, dibutuhkan sistem *Emergency Light* untuk menanggulangi permasalahan tersebut, yaitu sebuah lampu darurat yang dapat menyala ketika gelap. Dengan menggunakan *Emergency Light* ini maka aktivitas yang memerlukan bantuan cahaya lampu tidak terhambat.

Ada berbagai macam lampu darurat yang bisa digunakan, salah satunya *Emergency Light System Based on Treadmill* (ELSBOT), sebuah sistem yang menggunakan energi gerak pelaku *jogging* menghasilkan energi rotasional yang berpotensi dikonversi menjadi energi listrik. Selanjutnya, energi tersebut bisa disimpan di dalam media penyimpanan berupa baterai yang nantinya dapat digunakan sebagai sumber suplemen untuk menyalakan *Emergency Light*.

B. Rumusan Masalah

Atas dasar penjelasan di atas maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana desain dan realisasi pengembangan sistem generator dan penyimpanan energi pada ELSBOT?
2. Bagaimana hasil pengujian sistem generator dan penyimpanan energi pada ELSBOT?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mendapatkan desain sistem generator dan penyimpanan energi pada ELSBOT.
2. Memperoleh hasil pengujian dari sistem generator dan penyimpanan energi pada ELSBOT.

D. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi dan gambaran pada penulis dan pembaca mengenai pembangkit listrik ELSBOT yang terbarukan serta ramah lingkungan.
2. Melengkapi atau menyempurnakan sistem ELSBOT yang sudah ada.

E. Sistematika Penulisan

Bab I : Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, serta tujuan dan manfaat dari penelitian yang dilakukan serta sistematika penulisan dari laporan hasil penelitian.

Bab II : Tinjauan Pustaka

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori pendukung yang berkaitan dengan judul penelitian.

Bab III : Metode Penelitian,

Bab ini menjelaskan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, diagram balok dan gambar rangkaian penelitian, serta metode penelitian yang berisi langkah-langkah dalam proses melakukan penelitian.

Bab IV : Hasil Dan Pembahasan

Bab ini menjelaskan tentang hasil dari penelitian, alat dan perhitungan serta pembahasan terkait judul penelitian.

Bab V : Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari pembahasan permasalahan dan saran-saran untuk perbaikan dan penyempurnaan tugas akhir ini.

Daftar Pustaka

Berisi tentang daftar sumber referensi penulis dalam memilih teori yang relevan dengan judul penelitian.

Lampiran

Berisi dokumentasi alat, penelitian, dan lain lain.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Emergency Light*

Emergency light adalah alat berupa lampu darurat yang akan berfungsi apabila sedang tidak ada aliran listrik atau secara umum disebut mati lampu. Alat ini akan berfungsi secara otomatis dalam keadaan mati lampu, sehingga akan berfungsi sebagai pengganti senter ataupun lilin.

Emergency light ini dibuat berdasarkan manfaat yang terkandung di dalamnya, yang artinya alat ini mempunyai peran yang dapat mempermudah dalam kehidupan sehari-hari.

1. Jenis-jenis *emergency light*

1.1. Lampu *emergency* dengan bentuk kotak dan ukurannya kurang lebih 25cm x 25cm

Lampu *emergency* ini kebanyakan menggunakan lampu neon ring untuk penerangan, tetapi sekarang banyak juga yang sudah menggunakan lampu LED. Sifat dari bentuk lampu *emergency* ini adalah untuk penerangan ruangan yang luas, contohnya ruangan utama atau kamar tidur utama di dalam rumah. Sinar dari lampu *emergency* kotak mempunyai sudut yang lebar sehingga bisa menerangi ke setiap sudut di dalam ruangan dan biasanya lampu ini digantung di atas tembok atau ditaruh di atas lemari untuk mendapatkan sinar yang luas.

1.2. Lampu *emergency* linear atau panjang.

Lampu *emergency* linear menggunakan lampu neon TL 18W, tetapi sekarang juga banyak yang sudah menggunakan lampu *LED* sebagai penerangan utama. Fungsi dari lampu *emergency* linear juga mirip dengan lampu *emergency* kotak yang sinarnya mempunyai sudut yang luas sehingga lebih sering digunakan di ruangan utama dan kamar utama. Kelebihan dari lampu *emergency* linear adalah bentuknya yang lebih tipis dan lebih praktis sehingga dapat ditaruh atau digantung sejajar dengan tembok rumah. Alhasil lampu *emergency* lebih terlihat menyatu dengan ruangan.

1.3. Lampu *emergency* sorot yaitu lampu *emergency* yang mempunyai dua buah lampu sorot di sisi kanan dan sisi kiri.

Lampu sorot menggunakan halogen 10 watt tetapi sekarang juga banyak yang menggunakan lampu *LED type* COB yang sinarnya sangat kuat dan terang. Sinar dari lampu sorot ini mempunyai sudut yang sempit. Rata-rata mempunyai sudut 10 derajat untuk setiap lampu sorot. Sinarnya sangat kuat menembus gelap, bisa sampai 9 meter. Oleh karena itu, lampu *emergency* sorot banyak digunakan di lorong-lorong gedung seperti lorong hotel dan rumah sakit, ketika lampu PLN padam lampu *emergency* sorot akan menyinari lorong-lorong tersebut dengan sinar yang kuat.

1.4. Lampu *emergency bulb* atau bohlam.

Lampu *emergency* ini berbentuk bohlam biasa tetapi menggunakan lampu *LED* sebagai penerangan, pada umumnya menggunakan lampu *LED* 5 watt. Lampu *emergency bulb* umumnya dipasang di *downlight*, sehingga pemasangannya

sangat praktis. Walaupun sinar dari lampu *emergency bulb* tidak terang sekali, namun dapat difungsikan untuk memberikan penerangan darurat ketika lampu PLN padam, sehingga ruangan tidak seketika gelap gulita. Lampu *emergency bulb* juga dapat digunakan sebagai lampu penerangan biasa ketika listrik PLN hidup dan baterai akan *dicharge* ketika ada aliran listrik.

1.5. Lampu *emergency powerpack* dimana lampu *emergency* ini hanya sediakan elektronik dan baterai tanpa lampunya.

Lampunya dapat dipasang di lampu penerangan biasa seperti lampu *LED* dan lampu hemat energi, walaupun jenis dari elektronik sangat berbeda. Kegunaan dari lampu *emergency powerpack* juga hanya sebagai lampu penerangan darurat ketika lampu PLN padam, sehingga ruangan tidak segera gelap gulita. Pemilik gedung dapat langsung menyiapkan *Generator Set* sebagai pasokan listrik utama. Lampu *emergency powerpack* banyak digunakan di gedung bertingkat dan hotel.

1.6. ELSBOT (*Emergency Light System Based on Treadmill*).

Lampu darurat yang menggunakan tenaga rotasional dari alat kebugaran berupa *treadmill* secara tidak langsung merupakan sumber energi dari tenaga manusia yang berlari di atas *treadmill* tersebut. Menimbang dari tenaga atau daya yang dapat dihasilkan setiap putaran (rotasional) menjadikan ELSBOT sebagai pilihan untuk menanggulangi permasalahan akan kebutuhan lampu darurat.

B. ELSBOT (*Emergency Light System Based on Treadmill*)

Berdasarkan namanya ELSBOT merupakan sistem lampu darurat yang menggunakan energi rotasional dari alat kebugaran yaitu *treadmill*. Memutar generator DC untuk mengalirkan arus listrik menuju media penyimpanan yang nantinya berfungsi sebagai suplemen untuk lampu darurat.

Berikut data dari ELSBOT meliputi kecepatan *Treadmill*, kecepatan putaran, dan tegangan.

Tabel 2.1 Data pengukuran ELSBOT

KEC. JOGGING (Km/jam)	KEC. ROTASIONAL (Rpm)	TEGANGAN (Volt)
0,70	674	9,20
0,80	770	9,53
0,90	867	10,13
1,00	963	11,37
1,10	1.059	11,67
1,20	1.156	12,53
1,30	1.252	13,70
1,40	1.348	15,13
1,50	1.444	16,43
1,60	1.541	16,67
1,70	1.637	17,63
1,80	1.733	19,23
1,90	1.830	20,07
2,00	1.926	21,17
2,10	2.022	21,93
2,20	2.129	22,77
2,30	2.215	24,13
2,40	2.311	24,83
2,50	2.407	26,17
2,60	2.504	26,63
2,70	2.600	27,60
2,80	2.696	28,73
2,90	2.793	29,70
3,00	2.889	30,13

Tabel 2.1 tegangan terminal terhadap perubahan putaran rotor/kecepatan *Treadmill* (Faharuddin dkk, 2015). Tegangan terminal generator akan membesar seiring dengan kenaikan putarannya, dari 674 hingga 2889 rpm atau kecepatan *Treadmill* dari 0,7 ke 3,0 km/jam. Informasi pengujian beban nol pada tabel 2.1 diambil acuan persamaan :

$$Y = 0,1x + 0,6.....(1) \text{ (Faharuddin dkk, 2015).}$$

Berawal pada putaran generator sebesar 674 rpm (0,7 km/jam), tegangan yang dihasilkan pada terminal generator adalah 9,2 Volt. Saat putaran naik ke 770 rpm, tegangan terminal juga naik menjadi 9,53 Volt. Demikian seterusnya, hingga ketika putaran dinaikkan mencapai puncaknya, 2889 rpm (3,0 km/jam), maka dihasilkan tegangan terminal generator 30,13 Volt, sedikit di atas tegangan nominal generator.

C. Generator DC

1.1. Definisi generator DC

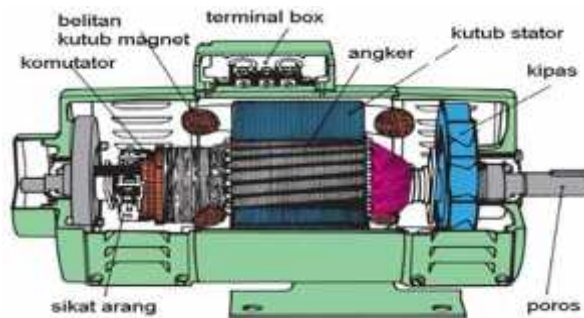
Generator DC merupakan sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Generator DC menghasilkan arus DC / arus searah. Generator DC dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan dari rangkaian belitan magnet atau penguat eksitasinya terhadap jangkar (anker), jenis generator DC yaitu:

1. Generator penguat terpisah
2. Generator shunt

3. Generator kompon

1.2. Konstruksi generator DC

Pada umumnya generator DC dibuat dengan menggunakan magnet permanent dengan 4-kutub rotor, regulator tegangan digital, proteksi terhadap beban lebih, starter eksitasi, penyearah, bearing dan rumah generator atau casis, serta bagian rotor. Gambar 1 menunjukkan gambar potongan melintang konstruksi generator DC.



Gambar 2.1 Konstruksi generator DC

Generator DC terdiri dua bagian, yaitu stator, yaitu bagian mesin DC yang diam, dan bagian rotor, yaitu bagian mesin DC yang berputar. Bagian stator terdiri dari: rangka motor, belitan stator, sikat arang, bearing dan terminal box. Sedangkan bagian rotor terdiri dari: komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor.

1.3. Prinsip kerja Generator DC

Prinsip kerja suatu generator arus searah berdasarkan hukum Faraday :

$$e = - N \cdot d\phi/dt \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

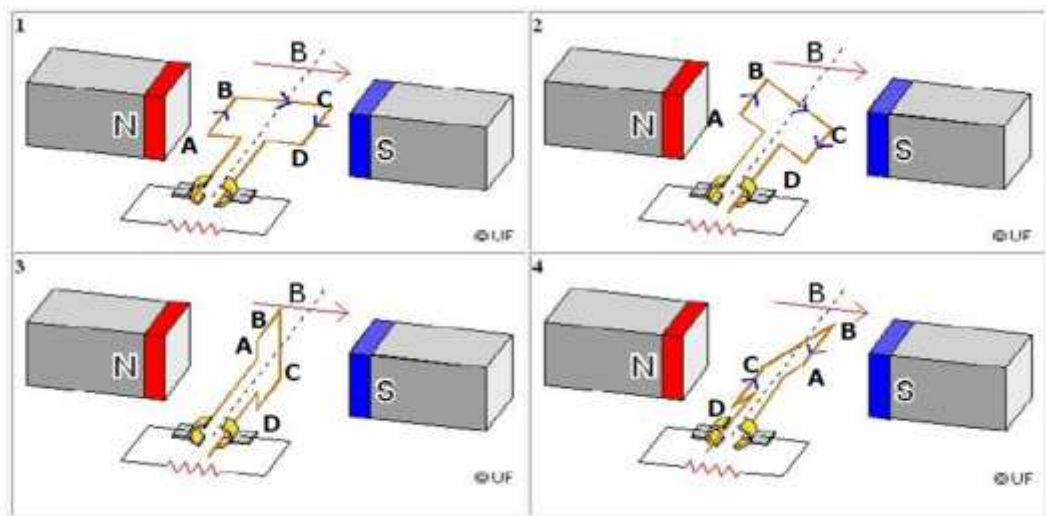
N = Jumlah lilitan

ϕ = Fluksi magnet

e = Tegangan imbas, GGL (Gaya Gerak Listrik)

Dengan lain perkataan, apabila suatu konduktor memotong garis-garis fluksi magnetik yang berubah-ubah, maka GGL akan dibangkitkan dalam konduktor itu. Jadi syarat untuk dapat dibangkitkan GGL adalah :

- Harus ada konduktor (hantaran kawat)
- Harus ada medan magnetik
- Harus ada gerak atau perputaran dari konduktor dalam medan, atau ada fluksi yang berubah yang memotong konduktor itu



Gambar 2.2 Prinsip kerja generator DC

Keterangan gambar :

1. Pada gambar Generator DC Sederhana dengan sebuah penghantar kutub tersebut, dengan memutar rotor (penghantar) maka pada penghantar akan timbul EMF.

2. Kumparan ABCD terletak dalam medan magnet sedemikian rupa sehingga sisi AB dan C-D terletak tegak lurus pada arah fluks magnet.
3. Kumparan ABCD diputar dengan kecepatan sudut yang tetap terhadap sumbu putarnya yang sejajar dengan sisi A-B dan C-D.
4. GGL induksi yang terbentuk pada sisi A-B dan sisi C-D besarnya sesuai dengan perubahan fluks magnet yang dipotong kumparan ABCD tiap detik sebesar :

$$E(t) = N \frac{d\Phi}{dt} \text{ Volt} \dots\dots\dots(2)$$

Untuk menentukan arah arus pada setiap saat, berlaku pada kaidah tangan kanan :

- Ibu jari : gerak perputaran
- Jari telunjuk : medan magnetik kutub utara dan selatan
- Jari tengah : besaran galvanis tegangan U dan arus I

Untuk perolehan arus searah dari tegangan bolak-balik, meskipun tujuan utamanya adalah pembangkitan tegangan searah, tampak bahwa tegangan kecepatan yang dibangkitkan pada kumparan jangkar merupakan tegangan bolak-balik. Bentuk gelombang yang berubah-ubah tersebut karenanya harus disearahkan.

Untuk mendapatkan arus searah dari arus bolak balik dengan menggunakan

- Saklar
- Komutator
- Dioda

1.3.1. Sistem saklar

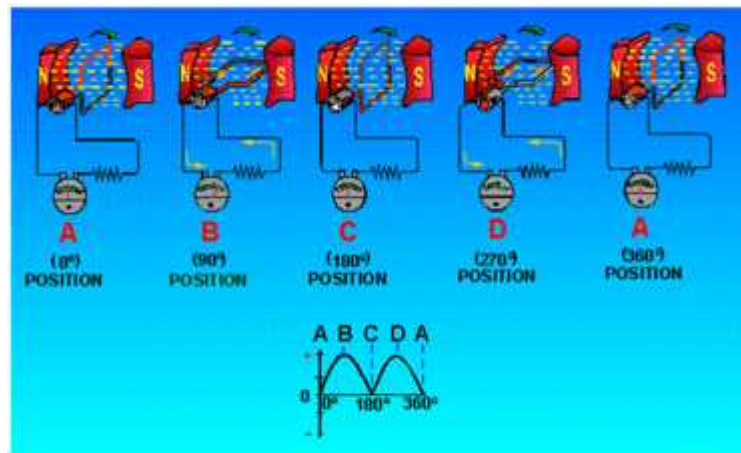
Saklar berfungsi untuk menghubungkan-singkatkan ujung-ujung kumparan.

Prinsip kerjanya adalah sebagai berikut :

Bila kumparan jangkar berputar, maka pada kedua ujung kumparan akan timbul tegangan yang sinusoida. Bila setengah periode tegangan positif saklar di hubungkan, maka tegangan menjadi nol. Dan bila saklar dibuka lagi akan timbul lagi tegangan. Begitu seterusnya setiap setengah periode tegangan saklar dihubungkan, maka akan di hasilkan tegangan searah gelombang penuh.

1.3.2. Sistem komutator

Komutator berfungsi sebagai saklar, yaitu untuk menghubungkan-singkatkan kumparan jangkar. Komutator berupa cincin belah yang dipasang pada ujung kumparan jangkar. Bila kumparan jangkar berputar, maka cincin belah ikut berputar. Karena kumparan berada dalam medan magnet, akan timbul tegangan bolak balik sinusoidal. Bila kumparan telah berputar setengah putaran, sikat akan menutup celah cincin sehingga tegangan menjadi nol. Karena cincin berputar terus, maka celah akan terbuka lagi dan timbul tegangan lagi. Bila perioda tegangan sama dengan perioda perputaran cincin, tegangan yang timbul adalah tegangan arus searah gelombang penuh.



Gambar 2.3 Efek komutasi

1.3.3. Sistem dioda

Dioda adalah komponen pasif yang mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- Bila diberi prasikap maju (forward bias) bisa dialiri arus.
- Bila diberi prasikap balik (reverse bias) dioda tidak akan dialiri arus.

Berdasarkan bentuk gelombang yang dihasilkan, dioda dibagi dalam:

- Half Wave Rectifier (penyearah setengah gelombang)
- Full Wave Rectifier (penyearah satu gelombang penuh)

1.4. Karakteristik generator DC

Medan magnet pada generator dapat dibangkitkan dengan dua cara yaitu :

- Dengan magnet permanen
- Dengan magnet remanen

Generator listrik dengan magnet permanen sering juga disebut magneto dynamo. Karena banyak kekurangannya, maka sekarang jarang digunakan.

Sedangkan generator dengan magnet remanen menggunakan medan magnet listrik, mempunyai kelebihan-kelebihan yaitu :

- Medan magnet yang dibangkitkan dapat diatur
- Pada generator arus searah berlaku hubungan-hubungan sebagai berikut :

$$E_a = \frac{w z n P}{60} \text{ a Volt} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana : E_a = GGL yang dibangkitkan pada jangkar generator

ϕ = Fluks magnet

z = Jumlah penghantar total

n = Kecepatan putar

e = Jumlah hubungan paralel

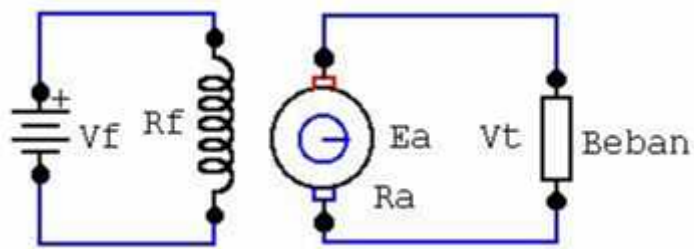
$Z_p/60 \text{ a} = c$ Bila konstanta, maka :

$$E_a = cnw \text{ Volt} \dots\dots\dots(4)$$

Berdasarkan cara memberikan fluks pada kumparan medannya, generator arus searah dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu:

1.4.1. Generator berpenguatan bebas

Generator tipe penguat bebas dan terpisah adalah generator yang lilitan medannya dapat dihubungkan ke sumber dc yang secara listrik tidak tergantung dari mesin. Tegangan searah yang dipasangkan pada kumparan medan yang mempunyai tahanan R_f akan menghasilkan arus I_f dan menimbulkan fluks pada kedua kutub. Tegangan induksi akan dibangkitkan pada generator.



Gambar 2.4 Hubungan generator ke beban

Jika generator dihubungkan dengan beban, dan R_a adalah tahanan dalam generator, maka hubungan yang dapat dinyatakan adalah :

$$V_f = I_f R_f \dots\dots\dots(5)$$

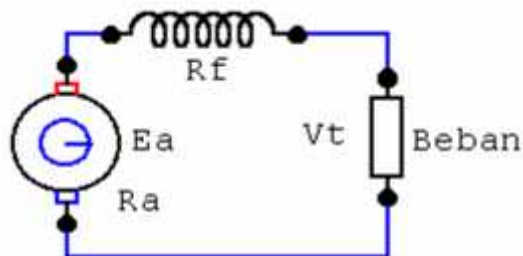
$$E_a = V_t + I_a R_a \dots\dots\dots(6)$$

Besaran yang mempengaruhi kerja dari generator :

- Tegangan jepit (V)
- Arus eksitasi (penguatan)
- Arus jangkar (I_a)
- Kecepatan putar (n)

1.4.2. Generator berpenguatan sendiri

a. Generator searah seri

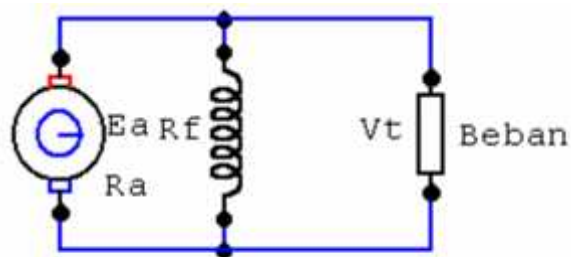


Gambar 2.5 Generator searah seri

$$V_t = I_a R_a$$

$$E_a = I_a (R_a + R_f) + V_t + <V_{si}$$

b. Generator *shunt*



Gambar 2.6 Generator *shunt*

$$V_t = I_f R_f$$

$$E_a = I_a R_a + V_t + <V_{si}$$

Pada generator shunt, untuk mendapatkan penguatan sendiri diperlukan :

- Adanya sisa magnetik pada sistem penguat
- Hubungan dari rangkaian medan pada jangkar harus sedemikian, hingga arah medan yang terjadi, memperkuat medan yang sudah ada.

Mesin shunt akan gagal membangkitkan tegangannya kalau:

- Sisa magnetik tidak ada.

Misal: Pada mesin-mesin baru. Sehingga cara memberikan sisa magnetik adalah pada generator shunt dirubah menjadi generator berpenguatan bebas atau pada generator dipasang pada sumber arus searah, dan dijalankan sebagai motor shunt dengan polaritas sikat-sikat dan perputaran nominal.

- Hubungan medan terbalik,

Karena generator diputar oleh arah yang salah dan dijalankan, sehingga arus medan tidak memperbesar nilai fluksi. Untuk memperbaikinya dengan hubungan-hubungan perlu diubah dan diberi kembali sisa magnetik, seperti cara untuk memberikan sisa magnetik.

- Tahanan rangkaian penguat terlalu besar.

Hal ini terjadi misalnya pada hubungan terbuka dalam rangkaian medan, hingga R_f tidak berhingga atau tahanan kontak sikat terlalu besar atau komutator kotor.

c. Generator kompon

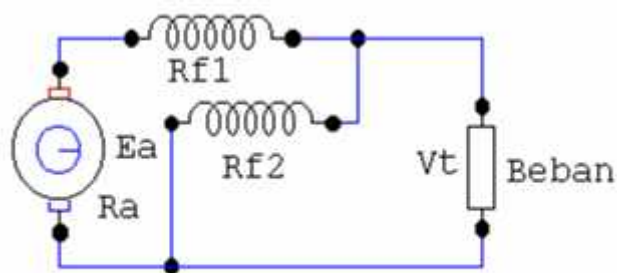
Generator kompon merupakan gabungan dari generator shunt dan generator seri, yang dilengkapi dengan kumparan shunt dan seri dengan sifat yang dimiliki merupakan gabungan dari keduanya. Generator kompon bias dihubungkan sebagai kompon pendek atau dalam kompon panjang. Perbedaan dari kedua hubungan ini hampir tidak ada, karena tahanan kumparan seri kecil, sehingga tegangan drop pada kumparan ini ditinjau dari tegangan terminal kecil sekali dan terpengaruh.

Biasanya kumparan seri dihubungkan sedemikian rupa, sehingga kumparan seri ini membantu kumparan shunt, yakni MMF nya searah. Bila generator ini dihubungkan seperti itu, maka dikatakan generator itu mempunyai kumparan kompon bantu.

Mesin yang mempunyai kumparan seri melawan medan shunt disebut kompon lawan dan ini biasanya digunakan untuk motor atau generator generator

khusus seperti untuk mesin las. Dalam hubungan kompon bantu yang mempunyai peranan utama ialah kumparan shunt dan kumparan seri dirancang untuk kompensasi MMF akibat reaksi jangkar dan juga tegangan drop di jangkar pada range beban tertentu. Ini mengakibatkan tegangan generator akan diatur secara otomatis pada satu range beban tertentu.

- Kompon panjang

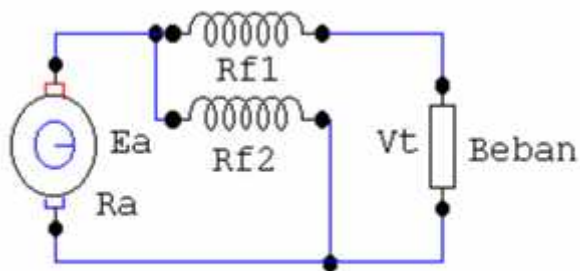


Gambar 2.7 Kompon panjang

$$I_a = I_{f1} = I_L + I_{f2}$$

$$E_a = V_t + I_a (R_a + R_{f1}) + <V_{si}$$

- Kompon pendek



Gambar 2.8 Kompon pendek

$$I_a = I_{f1} + I_{f2} = I_L + I_{f2}$$

$$E_a = V_t + I_L R_{f1} + I_a R_a + <V_{si}$$

Pembangkitan Tegangan Induksi Pada Generator Berpenguatan

Sendiri. Disini akan diterangkan pembangkitan tegangan induksi generator shunt dalam keadaan tanpa beban. Pada saat mesin dihidupkan (S tutup), timbul suatu fluks residu yang memang sudah terdapat pada kutub. Dengan memutar rotor, akan dibangkitkan tegangan induksi yang kecil pada sikat. Akibat adanya tegangan induksi ini mengalir arus pada kumparan medan. Arus ini akan menimbulkan fluks yang memperkuat fluks yang telah ada sebelumnya. Proses terus berlangsung hingga dicapai tegangan yang stabil.

Jika tahanan medan diperbesar, tegangan induksi yang dibangkitkan menjadi lebih kecil. Berarti makin besar tahanan kumparan medan, makin buruk generator tersebut.

1.5. Nilai Tegangan Induksi Generator

Untuk mencari nilai tegangan induksi generator DC yang menggunakan belitan *lap*, diberikan oleh persamaan (2),

$$E_0 = \frac{Zn}{60} \dots\dots\dots(5) \text{ (Wildi, 2002)}$$

Yang mana :

E_0 = Tegangan induksi antara sikat sikat (V)

Z = Jumlah konduktor total dalam jangkar

N = Putaran rotor (rpm)

= Fluks magnet per kutub (Wb)

Daya yang dibangkitkan generator dinyatakan dalam satuan VA, misal 1000 kVA, 10 MVA, Daya keluaran generator dapat dinyatakan sebagai fungsi tegangan terminal V dan arus I yang dihasilkan, sesuai rumus berikut :

$$S_G = V.I \text{ VA} \dots\dots\dots (6)$$

1.6. Kelebihan dan kekurangan generator DC

Komutator pada generator DC berguna untuk menjaga arah putar rotor supaya tetap satu arah putaran. atau menyearahkan arus-tegangan dari AC menjadi DC secara mekanis pada terminalnya untuk generator DC. Komutator berbentuk seperti silinder yang mempunyai banyak segmen-segmen di sekelilingnya.

Setiap segmen dihubungkan oleh kawat atau kabel, karena jumlah segmen pada komutator jumlahnya sangat banyak maka kawat atau kabel yang dibutuhkan juga banyak sehingga ini menjadi salah satu kekurangan dari komutator yaitu konstruksinya rumit. Karena konstruksinya yang rumit dan membutuhkan kawat atau kabel yang banyak, generator DC menjadi mahal harganya.

Selain itu, akibat komutator mempunyai segmen-segmen yang banyak dengan jarak yang relatif dekat, ketika komutator berputar dengan kecepatan yang tinggi akan menghasilkan suara yang bising dan akibat jarak yang dekat antara tiap segmen, kapasitas tegangannya juga rendah (max 5MW) karena dikhawatirkan akan terjadi peloncatan bunga api listrik. Kelemahan berikutnya pada komutator adalah komutator yang sedang berputar harus dihubungkan dengan *brush* (yang terdiri dari material *Carbon*) guna untuk menyalurkan arus DC ke rotor generator.

Hal ini mengakibatkan *maintenance* yang dilakukan harus lebih sering, karena *brush* akan mengalami “aus” yang mengakibatkan adanya serpihan-serpihan karbon pada komutator.

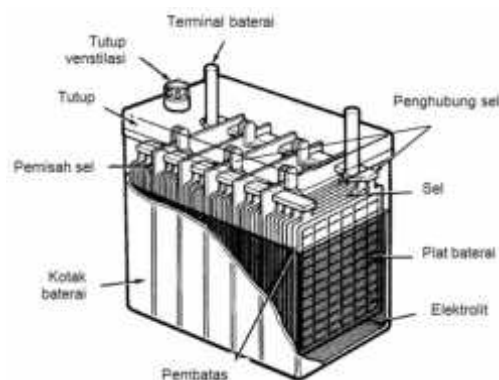
D. Baterai (Aki)

Baterai atau aki, atau bisa juga *accu* adalah sebuah sel listrik yang di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel.

1. Fungsi baterai

Baterai atau aki berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang akan digunakan untuk mensuplai (menyediakan) listrik.

2. Konstruksi atau bagian bagian pada aki



Gambar 2.9 Baterai (ACCU)

2.1. Kotak baterai

Berfungsi sebagai penampung dan pelindung bagi semua komponen baterai yang ada di dalamnya seperti sel, penghubung sel, pemisah sel, plat baterai dan lain-lain. Selain itu juga kotak baterai berfungsi sebagai ruang endapan-endapan baterai pada bagian bawah. Bahan kotak baterai ini biasanya transparan untuk mempermudah pemeriksaan jumlah atau tinggi elektrolit baterai.

2.2. Tutup baterai

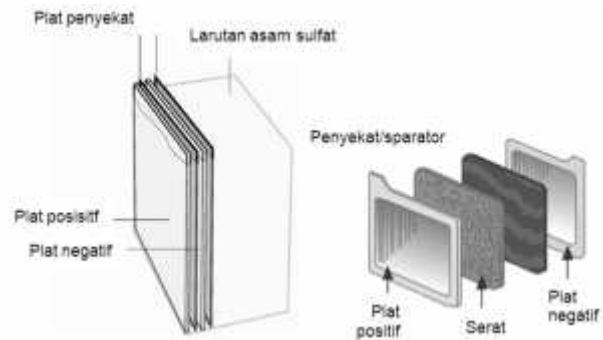
Sesuai dengan namanya bagian ini berfungsi sebagai penutup bagian atas baterai, tempat dudukan terminal-terminal baterai, lubang ventilasi.

2.3. Plat baterai

Terdapat dua buah plat, plat positif dan plat negatif. Kedua plat tersebut mempunyai *grid* yang terbuat dari antimoni dan paduan timah. Bahan pembuat plat positif adalah bahan antimoni yang dilapisi dengan lapisan aktif oksida timah (lead dioxide, PbO_2) yang berwarna coklat dan plat negatif terbuat dari sponge lead (Pb) yang berwarna abu-abu. Salah satu yang mempengaruhi kemampuan baterai dalam mengalirkan arus adalah jumlah dan ukuran plat. Semakin besar atau banyak platnya maka semakin besar pula arus yang dihasilkan.

2.4. Separator atau penyekat

Separator ini ditempatkan di antara plat positif dan plat negatif. Penyekat atau separator ini berpori-pori supaya memungkinkan larutan elektrolit melewatinya. Bagian ini juga berfungsi untuk mencegah hubungan singkat antar plat.



Gambar 2.10 Separator / penyekat

2.5. Sel.

Satu unit plat positif dan plat negatif yang dibatasi oleh penyekat di antara kedua plat positif dan negatif disebut dengan sel atau elemen. Sel-sel baterai dihubungkan secara seri satu dengan lainnya, sehingga jumlah sel baterai akan menentukan besarnya tegangan baterai yang dihasilkan. Satu buah sel di dalam baterai menghasilkan tegangan kira-kira sebesar 2,1 volt, sehingga untuk baterai yang jumlah selnya 6 menghasilkan total tegangan sekitar 12,6 Volt.



Gambar 2.11 SEL

2.6. Penghubung sel (*cell connector*)

Merupakan plat logam yang dihubungkan dengan plat-plat baterai. Ada dua buah plat penghubung pada setiap sel yaitu untuk plat positif dan plat negatif. Penghubung sel pada plat positif dan negatif disambungkan secara seri untuk semua sel.

2.7. Pemisah sel (*cell partition*)

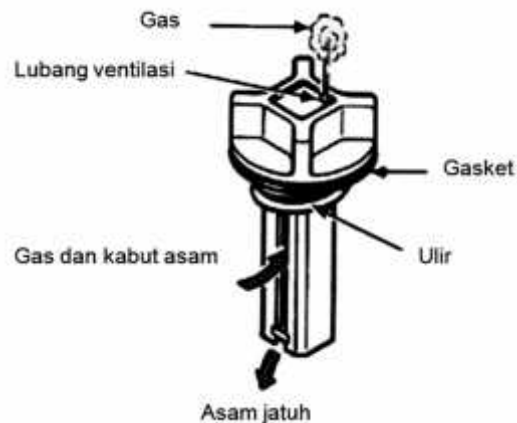
Bagian ini merupakan bagian dari kotak baterai yang memisahkan tiap sel.

2.8. Terminal baterai

Secara umum ada dua buah terminal pada baterai, yaitu terminal positif dan terminal negatif. Terminal ini terletak pada bagian atas dari aki.

2.9. Tutup ventilasi

Komponen ini terdapat pada baterai jenis basah yang berfungsi sebagai tutup lubang yang digunakan untuk menambah atau memeriksa air baterai. Pada tutup ini terdapat lubang ventilasi berfungsi untuk membuang gas hidrogen yang dihasilkan saat terjadi proses pengisian.



Gambar 2.12 Tutup ventilasi

2.10. Larutan elektrolit

Yaitu cairan pada baterai merupakan campuran antara asam sulfat (H_2SO_4) dan air (H_2O). Secara kimia, campuran tersebut bereaksi dengan bahan aktif pada plat baterai untuk menghasilkan listrik. Baterai yang terisi penuh mempunyai kadar 36% asam sulfat dan 64% air. Larutan elektrolit mempunyai berat jenis (*specific gravity*) 1,270 pada 200C (680F) saat baterai terisi penuh. Berat jenis merupakan perbandingan antara massa cairan pada volume tertentu dengan massa air pada volume yang sama. Makin tinggi berat jenis, makin kental zat cair tersebut. Berat jenis air adalah 1 dan berat jenis asam sulfat adalah 1,835. Dengan campuran 36% asam dan 64% air, maka berat jenis larutan elektrolit pada baterai sekitar 1,270.

E. Sistem Pengisian

Sistem pengisian merupakan sistem yang berfungsi untuk menerima arus listrik yang nantinya dimanfaatkan oleh komponen kelistrikan. Sistem pengisian akan memproduksi tenaga listrik untuk mengisi baterai serta untuk memberikan arus yang dibutuhkan sistem penerangan darurat. Sistem pengisian bekerja apabila mesin dalam keadaan berputar, selama mesin hidup sistem pengisian yang akan menyuplai arus listrik bagi semua komponen kelistrikan yang ada, namun jika pemakaian arus tidak terlalu banyak dan ada kelebihan arus, maka arus akan mengisi muatan di baterai. Dengan demikian baterai akan selalu penuh muatan listriknya dan semua kebutuhan listrik dapat terpenuhi.

1. Control Pengisian

Control pengisian adalah rangkaian elektronik yang mengatur proses pengisian aki. Tegangan DC yang dihasilkan oleh generator bervariasi 12v ke atas. Kontrol ini berfungsi sebagai alat pengatur tegangan aki agar tidak melampaui batas toleransi dayanya. Di samping itu, alat pengontrol ini juga mencegah pengaliran arus dari aki mengalir balik ke generator ketika proses pengisian sedang tidak berlangsung sehingga aki yang sudah dicas tidak berkurang dayanya. Apabila aki atau rangkaian aki sudah penuh terisi, maka aliran DC dari generator akan diputuskan agar aki tidak lagi menjalani pengisian sehingga pengerusakan terhadap baterai dapat dicegah dan usia aki dapat diperpanjang.

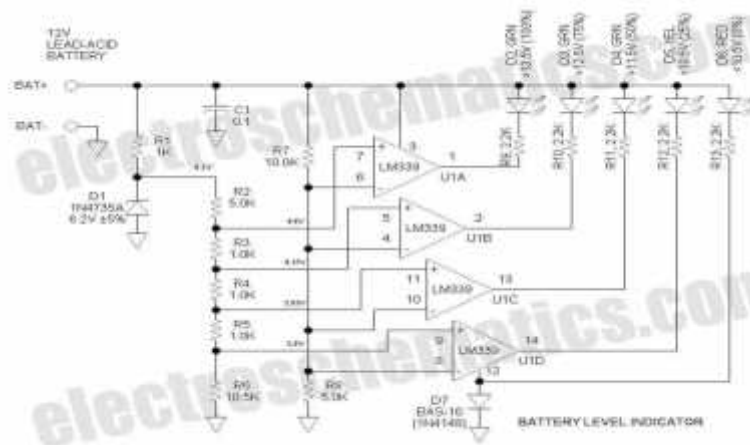
Sistem kontrol pengisian baterai sangat diperlukan pada instalasi pembangkit listrik tenaga surya (Piggot, 1995). Pengisian baterai terus-menerus dan berlebihan dapat merusak sel kering baterai.

Selain itu fungsi dari sistem pengisian baterai ini adalah sebagai alat monitoring keadaan baterai (penuh atau tidak penuh). Sistem kontrol pengisian baterai digunakan untuk mencegah baterai mengalami pengisian terlalu lama (Ragheb, 2009). Disamping itu sistem ini membuat pembangkit tetap terbebani saat beroperasi. Sistem ini bekerja dengan memonitor tegangan baterai 15 VDC sebagai indikator penuh atau tidaknya baterai. Sebelumnya diatur batas tegangan atas indikator baterai penuh adalah 14,8 Volt dan batas tegangan bawah adalah 11,95 Volt. Pengaturan ini dilakukan dengan asumsi bahwa pengisian baterai bersifat transien terhadap waktu sehingga tegangan baterai akan butuh waktu yang

lama sampai mencapai tegangan maksimumnya. Jika tegangan baterai lebih besar atau sama batas tegangan atas maka tegangan akan dibebani *dummy load*, jika tegangan baterai lebih kecil atau sama batas tegangan bawah maka dilakukan pengisian baterai. Untuk tegangan ambang 11,95 Volt $< V_{\text{baterai}} < 14,8$ Volt, pengisian baterai atau pembebanan ke *dummy load* akan ditentukan oleh *user* dengan menekan *switch on-off* pada control.

1.1. Rangkaian Indikator level baterai

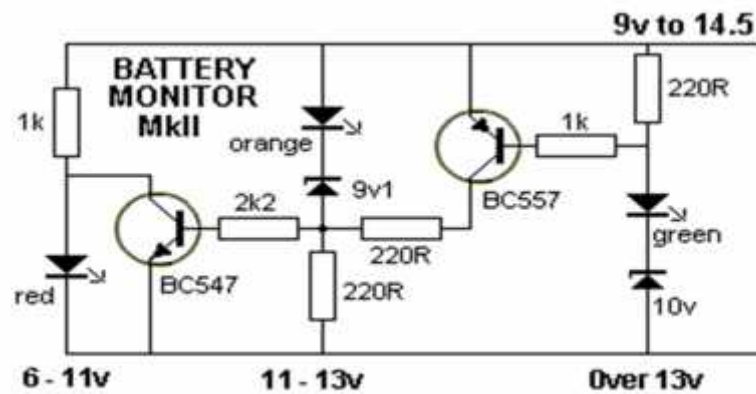
Rangkaian indikator level baterai adalah suatu rangkaian elektronika yang dapat digunakan untuk mengukur level tegangan battery / accumulator. Berfungsi untuk mengubah tegangan analog kemudian akan mengkodekan level tegangan input tersebut dengan menyalakan **LED** yang menghasilkan tampilan analog secara **linier** terhadap tegangan input yang diberikan.



Gambar 2.13 Rangkaian indikator level baterai

1.2. Indikator level tegangan

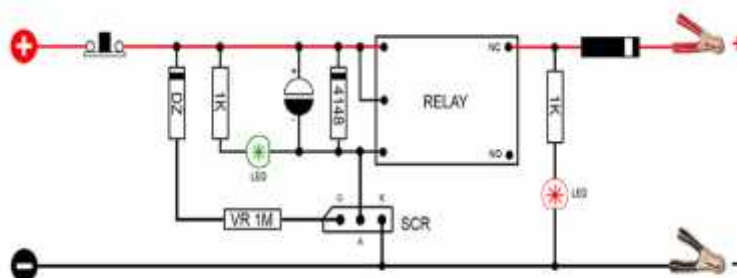
Indikator level tegangan memiliki fungsi yang cukup mirip dengan indikator level baterai namun, rangkaian ini digunakan untuk mengukur tegangan yang dihasilkan generator DC.



Gambar 2.14 Rangkaian indikator level tegangan

1.3. Rangkaian proteksi *over voltage* (tegangan lebih)

Rangkaian over voltage protection merupakan suatu rangkaian elektronika sederhana yang dapat digunakan untuk mengamankan peralatan akibat tegangan listrik berlebih sehingga dapat mencegah kerusakan.



Gambar 2.15 Rangkaian proteksi *overcharge*

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan selama 6 (enam) bulan, dimulai pada bulan april sampai dengan bulan september. Pada bulan april sampai mei kami memulai dengan studi literatur yaitu mulai mencari buku-buku, jurnal, artikel laporan penelitian, dan situs-situs internet yang berkaitan dengan judul alat yang dirancang. Pada bulan juni sampai dengan juli kami mengumpulkan alat dan bahan yang diperlukan, setelah alat dan bahan lengkap kami memulai melakukan perancangan desain pengembangan sistem generator dan penyimpanan energi untuk ELSBOT. Terakhir, pada bulan agustus sampai bulan September kami memulai pengujian alat yang dirancang dan mencatat hasil yang diperoleh.

2. Tempat pelaksanaan

Tempat pelaksanaan perancangan dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

B. Metode Penelitian

1. Studi Literatur

Dalam studi literatur ini kami mengumpulkan data dengan cara mencari buku, jurnal, dan modul yang berkaitan dengan judul perancangan sebagai referensi untuk alat yang kami rancang dan mengumpulkan data real dari

rangkaian pengisian pada ELSBOT (*Emergency Light System Based on Treadmill*).

2. Penentuan dan pengambilan data

Pada penentuan dan pengambilan data, penulis menentukan data:

- a). Output generator DC
- b). Level kecepatan lari (*LOW, NORMAL, dan HIGH*)
- c). Pengujian *over cut* (tegangan berlebih)

3. Pengolahan data

Pengolahan data yang diperoleh digunakan persamaan (1):

$$Y = (0,1)x + 0,6.....(1) \text{ (Andi Faharuddin dkk,2015)}$$

Keterangan :

Y= Kecepatan lari

X= Tegangan

C. Alat dan Bahan

1. Peralatan

Beberapa peralatan yang digunakan dalam perancangan ini yaitu:

- Multimeter
- Obeng
- Tang kombinasi
- Solder
- Cutter
- Penghisap timah

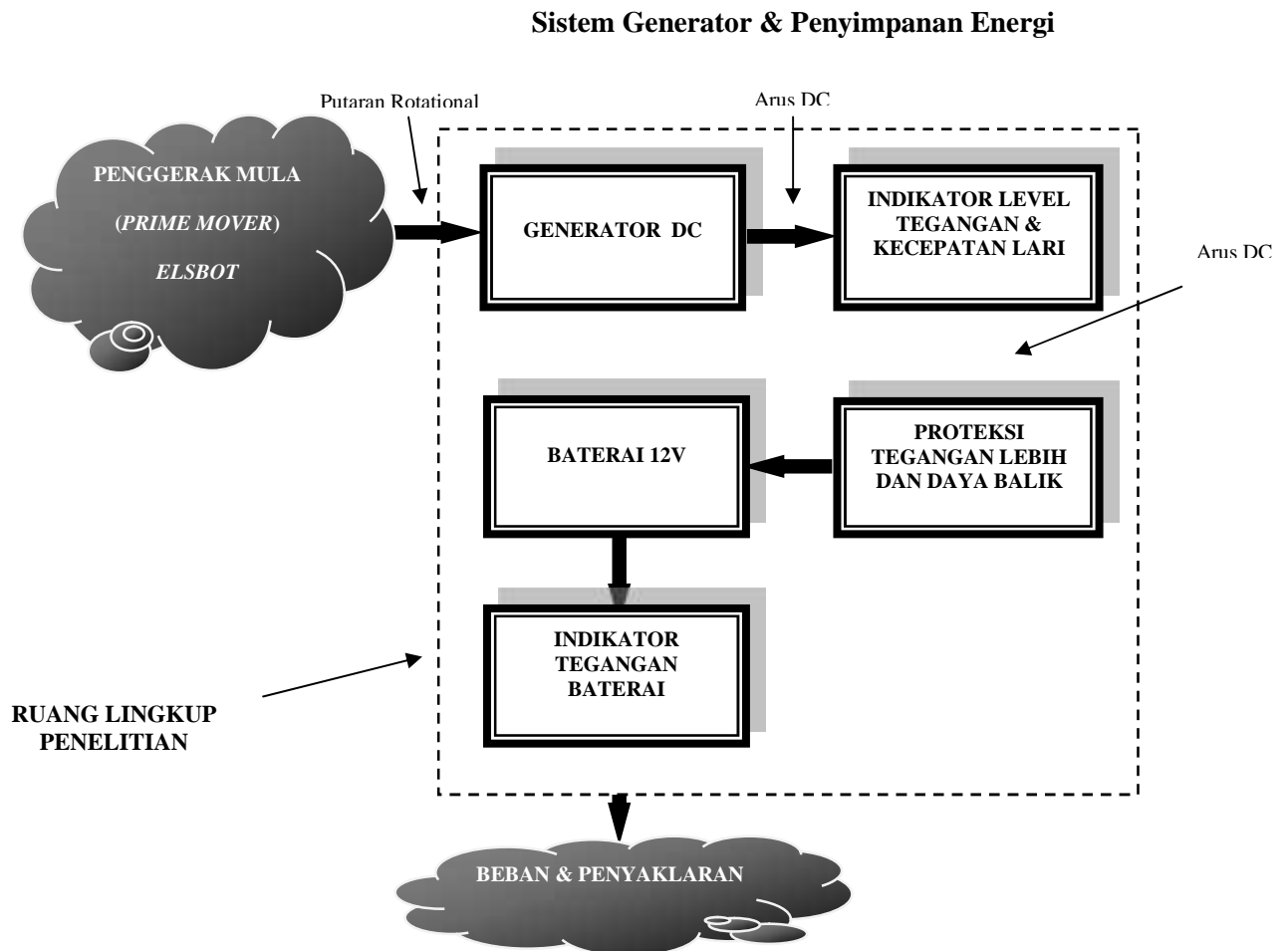
2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam perancangan ini yaitu:

- Motor DC 24V
- Switch
- Dioda Zener
- Resistor
- SCR
- LED
- ELCO
- Dioda IN4007
- Relay
- Papan PCB
- Transistor

D. Skema Penelitian

Adapun garis besar dari rangkaian kelistrikan pada modul yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut.



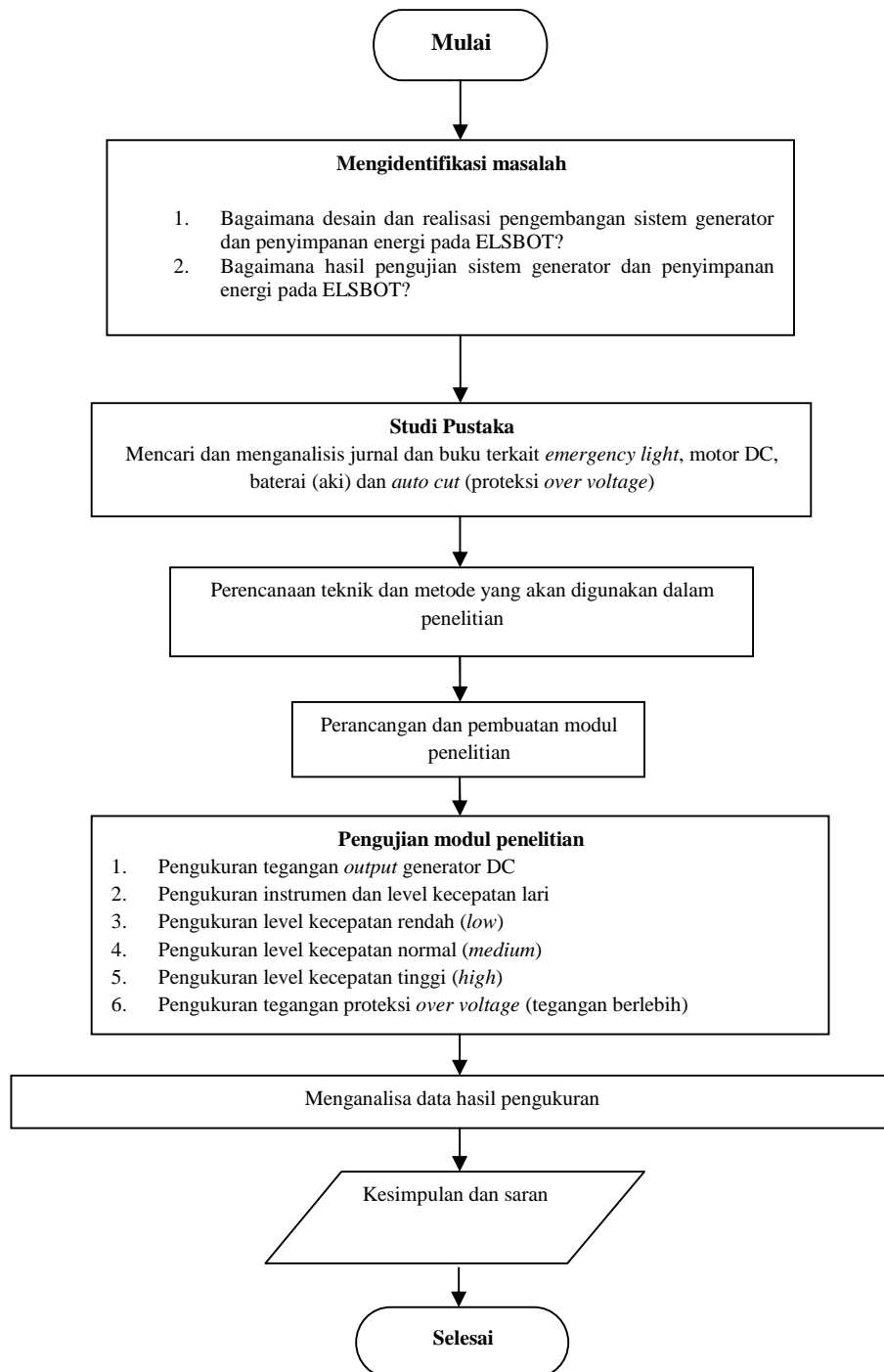
Gambar 3.1 Diagram balok skema penelitian

Gambar 3.1 memvisualisasikan perancangan yang dilakukan dimulai dari alat **penggerak mula** (*prime mover*) yang memutar **generator** sehingga menghasilkan arus listrik. Kemudian arus listrik yang dihasilkan **generator** akan masuk ke dalam alat **indikator tegangan**, alat **indikator tegangan** ini akan menunjukkan kecepatan lari kita apakah mengalami penurunan ataupun

sebaliknya dan menampilkan berapa banyak daya yang dihasilkan. Dari daya yang dihasilkan, kemudian menuju sistem pengisian yaitu media penyimpanan daya listrik yang nantinya digunakan sebagai sumber listrik. Daya yang mengalir bisa saja lebih dari yang bisa ditampung penyimpanan maka dari itu, **proteksi over voltage** digunakan untuk memutus arus secara otomatis dari generator ketika pengisian pada baterai sudah penuh. **Baterai** yang digunakan juga telah diberikan indikator tegangan baterai untuk menampilkan kapasitas level tegangan pada baterai.

E. Langkah penelitian

Secara garis besar tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan pada bagan alir berikut.



Gambar 3.2 Bagan alir proses penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain dan Realisasi Pengembangan Sistem Generator dan Penyimpanan Energi

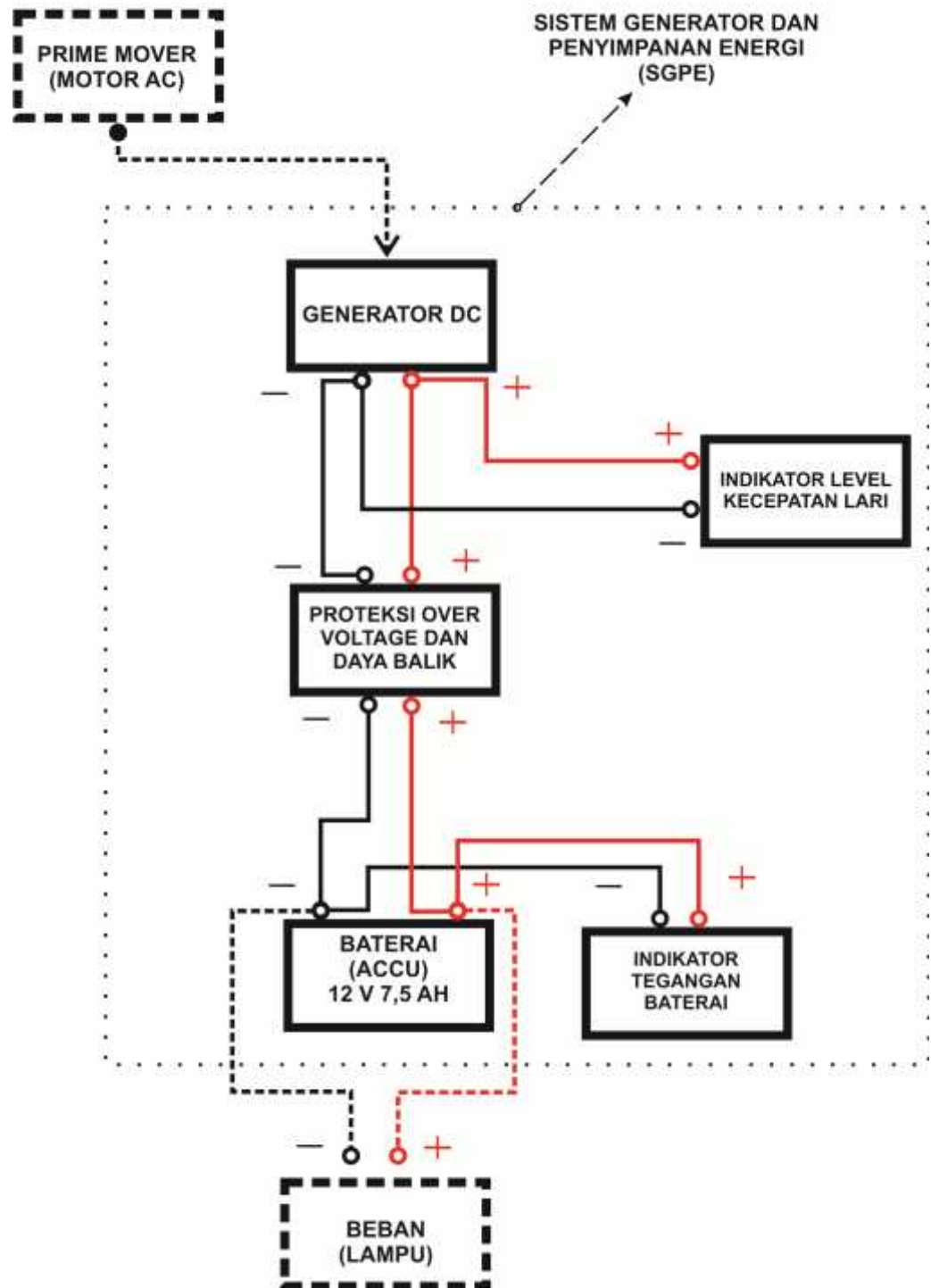


Gambar 4.1 Realisasi desain sistem penyimpanan energi

Gambar 4.1 menampilkan realisasi desain pengembangan Sistem Generator dan Penyimpanan Energi (SGPE) untuk ELSBOT yang telah dikembangkan. SGPE yang telah dikembangkan tersebut terdiri atas komponen-komponen utama seperti pembangkit energi listrik (generator DC) 30V, indikator level kecepatan, pengisi aki serta proteksi *over voltage* dan daya balik, dan media penyimpanan energi serta indikator level baterai. Proses kerjanya dapat dilihat di diagram pengawatan pada Gambar 4.2, yang mana penggerak mula (*prime mover*) yang memutar generator sehingga menghasilkan arus listrik. Kemudian arus listrik yang dihasilkan generator akan masuk ke dalam alat indikator level kecepatan lari,

alat ini akan menunjukkan kecepatan lari kita apakah mengalami penurunan ataupun sebaliknya dan menampilkan kecepatan saat *jogging*. Dari kecepatan lari tersebut dapat diperoleh daya, kemudian menuju sistem pengisian yaitu media penyimpanan daya listrik yang nantinya digunakan sebagai sumber listrik. Daya yang mengalir bisa saja lebih dari yang bisa ditampung penyimpanan maka dari itu, proteksi *over voltage* digunakan untuk memutus arus secara otomatis dari generator ketika pengisian pada baterai sudah penuh. Baterai yang digunakan juga telah diberikan indikator tegangan baterai untuk menampilkan kapasitas level tegangan pada baterai.

B. Wiring sistem



Gambar 4.2 Diagram pengawatan

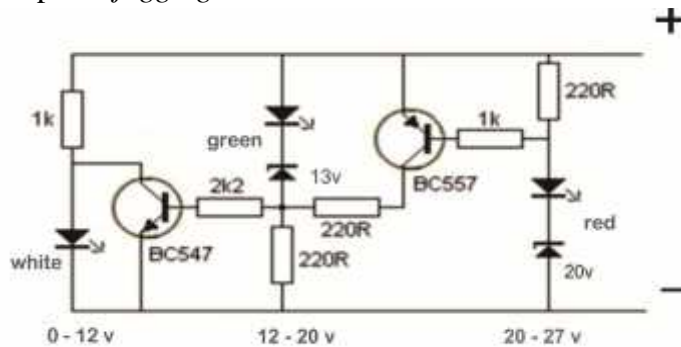
1. Pembangkit listrik



Gambar 4.3 Generator DC 30V 2A 60 Watt

Pembangkit listrik digunakan untuk memproduksi dan membangkitkan tenaga listrik. Dalam perealisasi SGPE penulis menggunakan generator DC 30V 2 A 60 watt dengan kecepatan putaran 2750 rpm.

2. Indikator level kecepatan *jogging*



(a)



(b) Low

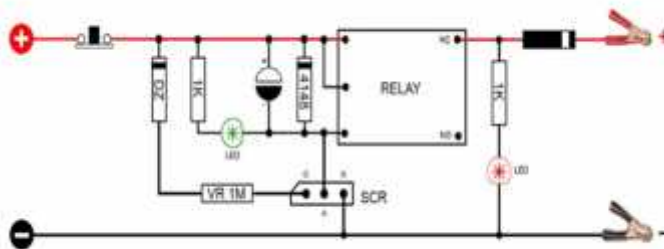
(c) Normal

(d) High

Gambar 4.4 Rangkaian indikator level kecepatan

Berfungsi menampilkan level kecepatan *jogging* pemakai yang menghasilkan energi listrik. Level kecepatan terbagi menjadi tiga yaitu rendah (b), normal (c), dan tinggi (d). Masing masing level kecepatan dengan indikator warna yang berbeda, indikator putih untuk level kecepatan rendah (1,73 km/jam) dengan tegangan 11,3 V, indikator hijau untuk level kecepatan normal (2,62 km/jam) dengan tegangan 20,2 V, dan indikator merah untuk level kecepatan tinggi (3,3 km/jam) dengan tegangan 27 V.

3. Pengisi baterai serta proteksi tegangan lebih dan daya balik



(a)



(b)

(c)

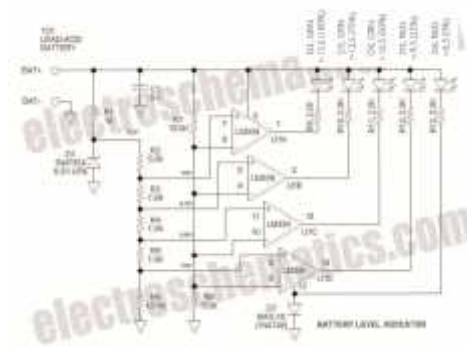
Gambar 4.5 Rangkaian pengisi baterai, proteksi tegangan lebih dan daya balik

Pengoperasian alat ini diawali dengan tombol (*switch*) *start/reset*, yaitu saklar yang berfungsi untuk mengaktifkan pengisian daya dan juga berfungsi *reset* agar relay kembali ke posisi semula. Pada proses pengisian ditandai dengan menyalnya lampu led merah (b) dan untuk mencegah adanya tegangan yang melebihi 15V yang masuk ke baterai, alat ini secara otomatis akan memutus pengisian ditandai dengan aktifnya lampu *LED* berwarna hijau (c). Selain dari fungsi sebelumnya alat ini juga dilengkapi dengan proteksi arus daya balik untuk mencegah arus dari aki kembali ke pembangkit.

4. Baterai dan indikator tegangan baterai



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.6 Baterai (a), rangkaian indikator level baterai (b) dan realisasi rangkaian (c)

Baterai berfungsi sebagai media penyimpanan sementara tegangan yang dihasilkan pembangkit listrik (a). Dalam SPGE digunakan baterai CMOS berkapasitas 12V 7,5 AH dengan berat 2 kg dapat digunakan untuk komponen listrik 12V. Rangkaian indikator level baterai berfungsi untuk menampilkan tegangan baterai (b) & (c).

C. Performansi sistem

C.1. Pembangkit energi listrik

Tabel 4.1 Hasil pengukuran luaran Generator DC

Kecepatan generator (Rpm)	Tegangan (Volt)	Warna Indikator
1524	12,8	Putih
2095	18,9	Hijau
3197	22,5	Merah

Tabel 4.1 merupakan hasil pengujian tegangan pembangkit listrik (generator DC). Kecepatan putaran generator sangat berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan, semakin tinggi kecepatan putaran generator maka semakin besar pula tegangan yang dihasilkan.

Level kecepatan generator dibagi menjadi tiga level kecepatan yaitu rendah (*low*) ditandai dengan lampu putih, kedua yaitu normal atau menengah (*medium*) ditandai dengan lampu hijau, ketiga tinggi (*high*) ditandai dengan lampu merah. Setiap level kecepatan masing-masing memiliki batas sebelum bertransisi ke level selanjutnya dimulai dari kecepatan rendah (*low*) titik awalnya yaitu 0V sampai dengan 13V sebagai titik maksimal, kemudian berpindah ke kecepatan

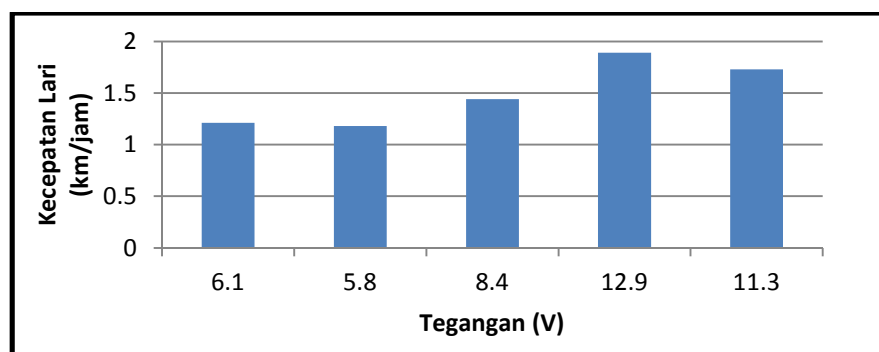
normal atau menengah (*medium*) titik awalnya 13V sampai dengan 18V sebagai titik maksimal, lalu kecepatan tinggi (*high voltage*) titik awalnya 18V dengan titik maksimal sampai dengan 23V.

C.2. Instrumen level kecepatan *jogging*

C.2.1. Kecepatan lari level rendah

Tabel 4.2 Hasil pengukuran pada tegangan rendah (*low voltage*)

Kec. Jogging (km/jam)	Teg. Luaran (Volt)	Level Kecepatan
1,21	6,1	Rendah
1,18	5,8	Rendah
1,44	8,4	Rendah
1,89	12,9	Rendah
1,73	11,3	Rendah



Gambar 4.7 Grafik pengukuran instrumen tegangan dan kecepatan lari rendah (*low*)).

Tabel 4.2 dan gambar 4.7 memperlihatkan jumlah tegangan yang diperoleh pada kecepatan lari rendah. Kecepatan lari berpengaruh terhadap jumlah tegangan yang dihasilkan.

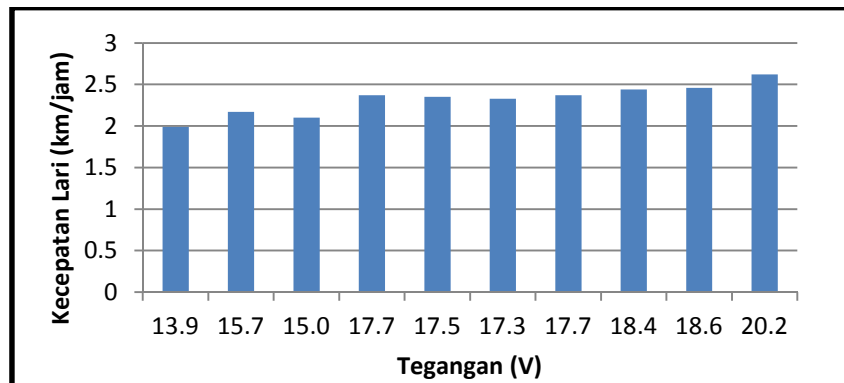
Secara keseluruhan, jumlah tegangan terus meningkat seiring dengan kecepatan lari dimulai dari kecepatan 1,21 km/jam dengan jumlah tegangan 6,1 V sampai dengan kecepatan 1,73 km/jam dengan jumlah tegangan 11.3 V.

Pada pengukuran ini titik awal dimulai dari kecepatan *jogging* 1,21 km/jam dengan tegangan 6,1 V namun, titik terendah pada jumlah tegangan yaitu 6,1V dengan kecepatan lari 1,18 km/jam. Pada level kecepatan ini, tidak membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencapai titik maksimal kecepatan rendah, yaitu dari titik terendah 1,18 km/jam sampai dengan 1,89 km/jam.

C.2.2 Kecepatan lari level normal

Tabel 4.3 Hasil pengukuran pada tegangan menengah (*medium*)

Kec. Jogging (km/jam)	Teg. Luaran (Volt)	Level Kecepatan
1,99	13,9	Normal
2,17	15,7	Normal
2,10	15,0	Normal
2,37	17,7	Normal
2,35	17,5	Normal
2,33	17,3	Normal
2,37	17,7	Normal
2,44	18,4	Normal
2,46	18,6	Normal
2,62	20,2	Normal



Gambar 4.8 Grafik pengukuran instrumen tegangan dan level kecepatan lari normal (*medium*)

Tabel 4.3 dan gambar 4.8 menampilkan hasil pengukuran level kecepatan lari normal. Hasil pengukuran ini memiliki data yang cukup banyak dan keseluruhan tegangan meningkat seiring dengan kecepatan *jogging*.

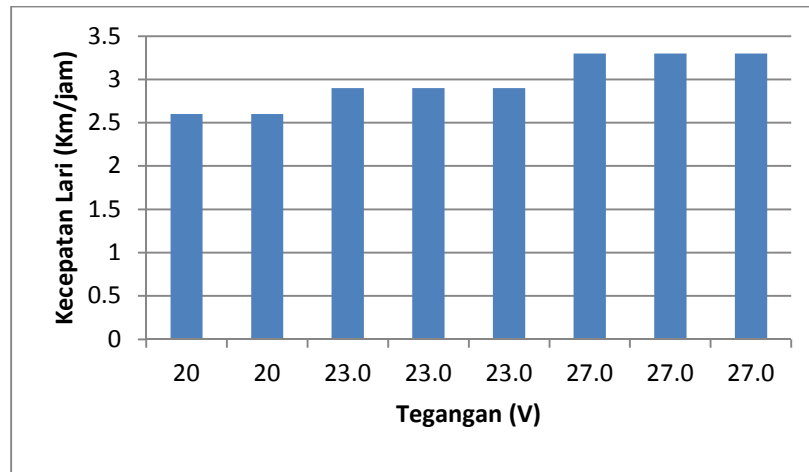
Berbeda dari setiap data, pada data kecepatan lari ketiga 2,10 km/jam mengalami penurunan yang tidak terlalu signifikan dengan tegangan 15,0V menunjukkan kurang stabilnya kecepatan *jogging* pada tegangan normal. Hal ini tidak berpengaruh terhadap keseluruhan kecepatan lari karena setelah data ketiga secara konsisten seluruh tegangan mengalami peningkatan dari kecepatan 2,37 km/jam sampai dengan 2,62 km/jam dan mencapai tegangan 20,2 V.

C.2.3 Level kecepaan lari level tinggi

Tabel 4.4 Hasil pengukuran tegangan tinggi (*high voltage*)

Kec. Jogging (km/jam)	Teg. Luaran	Level Kecepatan
2,6	20,0	Tinggi
2,6	20,0	Tinggi
2,9	23,0	Tinggi
2,9	23,0	Tinggi

2,9	23,0	Tinggi
3,3	27,0	Tinggi
3,3	27,0	Tinggi
3,3	27,0	Tinggi



Gambar 4.9 Grafik hasil pengukuran instrumen tegangan dan level kecepatan lari tinggi (*high voltage*)

Tabel 4.4 dan Gambar 4.9 menampilkan hasil pengukuran terhadap level kecepatan tinggi, diawali dengan kecepatan 2,60 km/jam dengan tegangan 20V sampai dengan data maksimal kecepatan lari 3,3 km/jam dengan tegangan 27V.

Secara konsisten tegangan terus meningkat seiring kecepatan lari. Ada beberapa data yang memiliki kesamaan, hal ini karena pengukuran pada level kecepatan lari tinggi membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencapai titik maksimal level kecepatan lari.

Data pertama dan kedua memiliki kesamaan dengan kecepatan 2,6 km/jam dan tegangan 20V hal ini untuk menjaga kestabilan kecepatan lari, begitupun dengan data ketiga sampai dengan data kelima yaitu dengan kecepatan lari 2,9

km/jam dengan tegangan 23 V. Terakhir data keenam dan kedelapan dengan kecepatan lari 3,3 km/jam dengan tegangan 27V.

D. Proteksi *over voltage* (tegangan lebih)

Tabel 4.5 Pengukuran rangkaian proteksi *over voltage* (tegangan lebih)

No.	Warna LED	
	Tegangan Awal (Merah)	Tegangan Cut (Hijau)
Data 1	10,0V	15,00 V
Data 2	11,0V	14,90 V
Data 3	13,0V	14,90 V
	Rata-rata	14,93 V

Tabel 4.6 menampilkan pengujian *over cut* pada sistem pengisian. Pengujian yang dilakukan sebanyak tiga kali untuk membuktikan ketetapan batas tegangan yang mengalir ke media penyimpanan, tegangan awal dengan indikator merah dan tegangan cut dengan indikator hijau. Ada 2 lampu *LED* yaitu Merah dan Hijau. Merah merupakan tegangan awal yang nantinya meningkat seiring dengan tegangan yang masuk, kemudian Hijau sebagai penanda *cut* (pemutus) jika tegangan awal tadi telah melewati batas tegangan *cut*-nya. Dalam pengukuran proteksi daya di atas bertujuan untuk membuktikan konsistensi tegangan *cut* dengan warna *LED* Hijau.

Jadi rata-rata tegangan *cut*-nya yaitu 14,9 V. Selisih yang tipis tegangan *cut* di setiap data, cukup membuktikan konsistensi tegangan *cut* yang pada awalnya telah ditentukan di tegangan 15V.

Ada data pertama tegangan awalnya 10V dan akan putus pada tegangan 15V, data ke dua tegangan awalnya 11V putus di tegangan 14,9V dan data ketiga tegangan awal 13,0V putus di tegangan 14,9V.

E. Pengujian proteksi daya balik

Pengujian proteksi daya balik dilakukan untuk memastikan tidak adanya daya yang kembali ke generator setelah sistem pengisian selesai dan baterai (aki) sedang dalam keadaan tidak digunakan.

Tabel 4.6 Pengujian proteksi daya balik

PENGUJIAN	ANODA TEG. SUMBER (A)	KATODA TEG. BEBAN (B)
1	0 V	12 V
2	0 V	12 V
3	0 V	12 V

Pada tabel 4.6 menunjukkan hasil dari pengujian dari proteksi daya balik pada sistem pengisian, dalam hal ini dilakukan tiga kali pengujian untuk memperoleh konsistensi pada sistem proteksi. Anoda sebagai tegangan sumber (+) atau sebagai arus yang hanya bisa melewati dioda, lain halnya katoda sebagai tegangan beban (-) arus yang tidak bisa melalui dioda ke arah sebaliknya.

Pengujian ini membuktikan konsistensi dari proteksi daya balik bahwa tidak ada arus yang kembali ke generator setelah proses pengisian dan baterai (aki) tidak sedang digunakan. Setiap pengujian di peroleh hasil yang sama, anoda

sebagai tegangan sumber tidak menunjukkan adanya arus (0V) dan katoda masih dalam keadaan terisi (12V)

Pengujian pertama, anoda tetap dalam kondisi tidak ber arus (0V) dan katoda tetap berisi arus (12V). Kemudian pengujian kedua, posisi nya masih tetap sama tegangan sumber tidak berarus (0V), dan tegangan beban masih terisi (12V). Pengujian ketiga mengulang hasil dari pengujian pertama dan kedua, sekali lagi anoda atau tegangan sumber tidak ada arus (0V) dan katoda atau tegangan beban terisi (12V).

F. Indikator level tegangan baterai

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan indikator tegangan baterai berfungsi dengan baik.

Tabel 4.7 indikator level tegangan baterai

INDIKATOR	TEGANGAN
Merah 1	8,5V
Merah 2	9,5V
Hijau 1	10,5V
Hijau 2	12,5V
Hijau 3	13,5V

Tabel 4.7 menampilkan kondisi indikator level tegangan baterai jika di aliri arus untuk menunjang fungsinya sebagai indikator level tegangan baterai. Setiap level ditandai dengan lima lampu indikator dari merah ke hijau, masing-masing memiliki tegangan.

Pengujian yang dilakukan berjalan dengan baik, hal ini dapat dilihat dari Tabel 4.7 dimana setiap lampu menyala sesuai dengan tegangan yang ditentukan.

Pada indikator pertama yaitu merah 1 ditentukan dengan tegangan 8,5V, selanjutnya indikator merah 2 dengan tegangan 9,5V, kemudian indikator hijau 1 dengan tegangan 10,5V, indikator hijau 2 dengan tegangan 12,5V, dan indikator 13,5V.

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

a. Desain dan realisasi pengembangan sistem generator dan penyimpanan energi telah berhasil diwujudkan. Sistem tersebut terdiri atas komponen-komponen utama pembangkit berupa mesin listrik sebagai penggerak mula yang menghasilkan putaran rotasional dengan daya maksimal 30V, generator DC yang bekerja pada tegangan 30V, media penyimpanan berupa baterai (ACCU) 12V 3Ah. Instrumen level kecepatan lari yang terdiri atas 3 level, sistem proteksi tegangan lebih baterai dan indikator level tegangan baterai.

b. Performansi sistem :

- Untuk pengukuran instrumen tegangan dan kecepatan lari *jogging* diperoleh data dari setiap level tegangan dari yang terendah (*low voltage*) 6,1V sampai dengan tegangan tertinggi (*high voltage*) 27V dan kecepatan lari *jogging* dari yang terendah (*low speed*) 1,21 km/jam sampai dengan tertinggi (*high speed*) 3,3 km/jam.

- Pengukuran rangkaian proteksi *over voltage* (tegangan lebih), tegangan awalnya diberi indikator lampu merah dan untuk pemutus diberi indikator tegangan hijau. Setiap tegangan awal yang ditandai menyala lampu merah akan putus secara otomatis jika melewati 15V, kemudian lampu indikator hijau akan menyala secara otomatis.

- Pengujian rangkaian proteksi daya balik, Pengujian ini membuktikan konsistensi dari proteksi daya balik bahwa tidak ada arus yang kembali ke

generator setelah proses pengisian dan baterai (aki) tidak sedang digunakan. Setiap pengujian di peroleh hasil yang sama, anoda sebagai tegangan sumber tidak menunjukkan adanya arus (0V) dan katoda masih dalam keadaan terisi (12V).

- Pengujian rangkaian indikator level tegangan baterai berjalan dengan baik, setiap indikator level tegangan baterai menyala sesuai dengan tegangan yang telah ditentukan.

B. Saran

1. Fungsi dari alat, diharap bisa dikembangkan lagi agar bisa mensuplai peralatan elektronik lainnya yang membutuhkan daya.
2. Bila sistem ini dikembangkan ke sistem tegangan yang lebih tinggi, maka alat ini berpotensi menjadi listrik suplemen yang signifikan bagi rumah tangga di perkotaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Gunawan dkk. 2010. *Teknik Tenaga Listrik “DC Generator”*.
- Diago Igo . 2016. *Operasi Sistem Tenaga Listrik 6 “Operation Generator”*.
- Faharuddin, Andi dkk. 2015. *Pembangkit Listrik Terbarukan Berbasis Alat Jogging (PLTAJ) Sebagai Suplemen Energi Untuk Rumah Tangga*.
- <http://tokoelectra.com/artikel/98-jenis-dan-ragam-fungsi-emergency-light-atau-lampu-emergency>
- Mechanical 2014, “*Motor DC dan Generator DC*”,
<https://crizkydwi.wordpress.com/2014/11/05/motor-dc-dan-generator-dc/>
- Nugroho, Nalaprana. & Agustina, Sri. 2015. *Analisa motor DC (Direct Current) sebagai penggerak mobil listrik*. Mikrotiga, Vol 2, No.1
- Setiono, Iman. 2015. *Akumulator, Pemakaian Dan Perawatannya*. Metana.
- Soepatah, Bambang. & Soeparno. 1978. *Mesin Listrik*. Jakarta: PT Intisa.

LAMPIRAN

Tabel L.1 Hasil pengukuran generator tegangan rendah

Detik	Pengukuran ke			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
00.00.03	6,0	6,2	6,2	18,4	6,133333
00.00.06	5,8	6,0	5,8	17,6	5,866667
00.00.09	8,4	8,4	8,4	25,2	8,4
00.00.12	12,8	13,0	12,8	38,6	12,86667
00.00.15	11,5	11,3	11,3	34,1	11,36667

Tabel L.2 Hasil pengukuran generator tegangan menengah

Detik	Pengukuran ke			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
00.00.18	13,9	13,9	13,9	41,7	13,9
00.00.21	15,5	16,0	15,7	47,2	15,73333
00.00.24	15,1	15,1	14,9	45,1	15,03333
00.00.27	17,7	17,7	17,7	53,1	17,7
00.00.30	17,9	17,3	17,3	52,5	17,5
00.00.33	17,3	17,3	17,3	51,9	17,3
00.00.36	17,7	17,7	17,7	53,1	17,7
00.00.39	18,6	18,3	18,3	55,2	18,4
00.00.42	18,7	18,5	18,7	55,9	18,63333
00.00.45	19,9	20,3	20,3	60,5	20,16667

Tabel L.3 Hasil pengukuran generator tegangan tinggi

Detik	Pengukuran ke			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
00.00.48	19,7	20,4	20,1	60	20
00.00.51	20,1	20,7	20,1	61	20
00.00.54	22,9	22,9	22,9	69	23
00.00.57	23,1	23,1	23,1	69	23
00.01.00	22,9	22,7	22,9	69	23
00.01.03	27,0	27,0	27,0	81	27
00.01.06	27,2	27,2	27,0	81	27
00.01.09	27,2	27,2	27,2	82	27



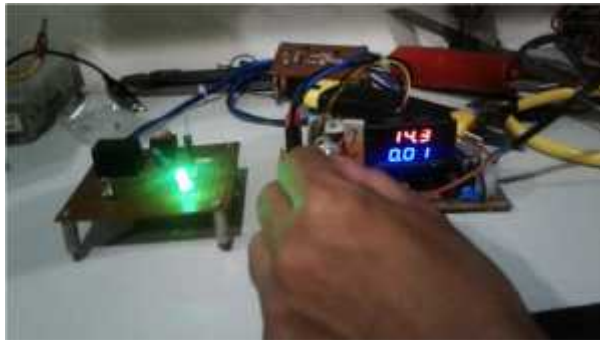
Lampiran 1. Gambar pengukuran tegangan rendah



Lampiran 2. Gambar pengukuran tegangan normal



Lampiran 3. Gambar pengukuran tegangan tinggi



Lampiran 4. Gambar pengujian over voltage (tegangan lebih)



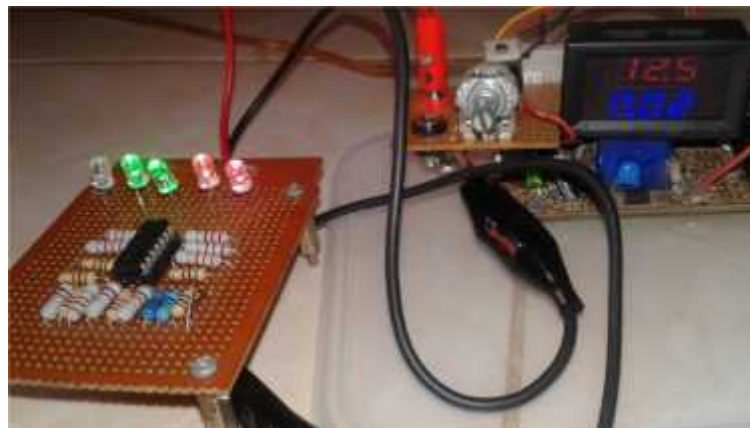
Lampiran 5. Gambar pengujian indikator level tegangan baterai



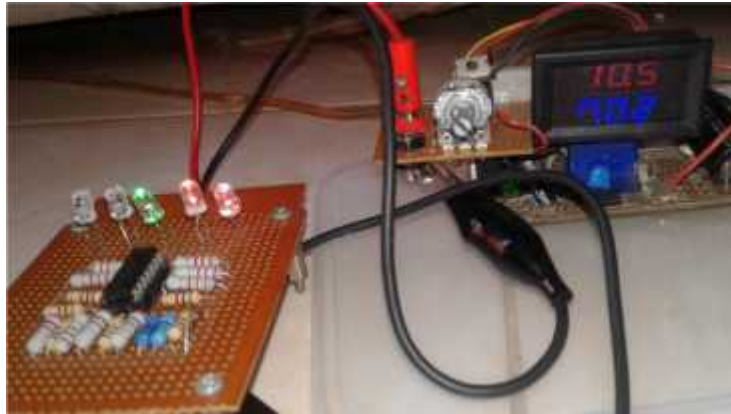
Lampiran 6 pengujian proteksi daya balik



Lampiran 7 pengujian indikator level tegangan baterai (hijau 3)



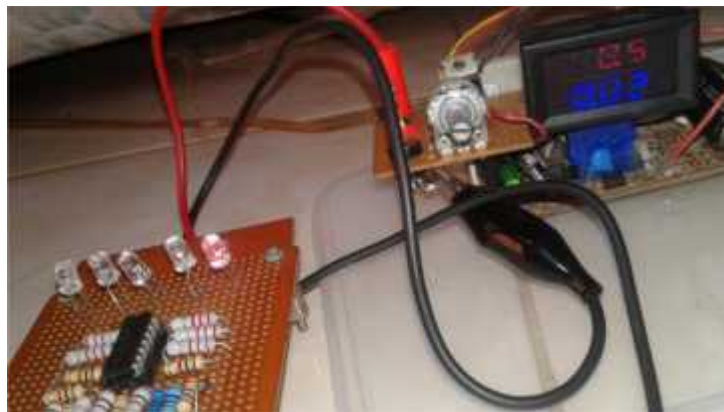
Lampiran 8 pengujian indikator level tegangan baterai (hijau 2)



Lampiran 9 pengujian indikator level tegangan baterai (hijau 1)



Lampiran 10 pengujian indikator level tegangan baterai (merah 2)



Lampiran 11 pengujian indikator level tegangan baterai (merah1)