

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN MESIN PENYEBAR PUPUK BERBASIS
GENERATOR SINKRON EKSITASI SENDIRI**



Oleh :

ASRI MUNANDAR ANWAR
105 82 1025 12

MUH ALIFKHA MUNDI
105 82 1073 12

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2019

**RANCANG BANGUN MESIN PENYEBAR PUPUK BERBASIS
GENERATOR SINKRON EKSITASI SENDIRI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk menyelesaikan Strata Satu (S1)
Program Studi Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Makassar

Disusun dan Diajukan Oleh :

ASRI MUNANDAR ANWAR
105 82 1025 12

MUH ALIFKHA MUNDI
105 82 1073 12

PADA

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2019**



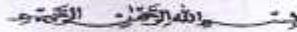
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK

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 : **RANCANG BANGUN MESIN PENYEBAR PUPUK BERBASIS GENERATOR SINKRON EKSITASI SENDIRI**

Nama : 1. Asri Munandar Anwar
2. Muh Alifkha Mundi

Stambuk : 1. 10582 1025 12
2. 10582 1073 12

Makassar, 12 Februari 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T.

Pembimbing II

Adriani, S.T., M.T.

Mengetahui,
Ketua Jurusan Elektro

Adriani, S.T., M.T.
NBM: 1044 202



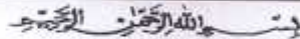
FAKULTAS TEKNIK

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 **Asri Munandar Anwar** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1025 12 dan **Muh Ailfkha Mundi** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1073 12, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0001/SK-Y/20201/091004/2019, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 09 Februari 2019.

Panitia Ujian : Makassar, 07 Jumadil Akhir 1440 H
12 Februari 2019 M

1. Pengawas Umum
 - a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
Prof. Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.
 - b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T.
2. Penguji
 - a. Ketua : Dr. Umar Katu, S.T., M.T.
 - b. Sekretaris : Rahmania, S.T., M.T.
3. Anggota : 1. Dr. Eng. Ir. H. Zulfari Basri Hasanuddin, M.Eng
2. Rizal A Duyo, S.T., M.T
3. Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T.,M.T

Pembimbing I

Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T.

Pembimbing II

Adriani, S.T., M.T.

Dekan

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

RANCANG BANGUN MESIN PENYEBAR PUPUK BERBASIS GENERATOR SINKRON EKSITASI SENDIRI

Asri Munandar Anwar⁽¹⁾ dan Muh Alifkha Mundi⁽²⁾

¹⁾*Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Unismuh Makassar*

²⁾*Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Unismuh Makassar*

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

ABSTRAK

Rancang Bangun Mesin Penyebar Pupuk Berbasis Generator Sinkron Eksitasi Sendiri, Dibimbing oleh Zahir Zainuddin dan Adriani. Generator Sinkron adalah sumber utama pembangkit listrik dengan menggunakan 2 generator yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Dalam kegiatan pemupukan yang sering dilakukan dengan cara pemupukan manual yang tidak sesuai dosis pupuk, waktu, dan cara aplikasi. tujuan dalam perancangan ini adalah memanfaatkan rancangan generator sinkron pada mesin penyebar pupuk, mempermudah dan meefisienkan waktu dalam pemupukan padi, dan mengetahui perbandingan generator eksitasi sendiri dan tidak bereksitasi sendiri. Rangkaian generator sinkron eksitasi menggunakan alternator dan generator, energi listrik awal dari baterai dan super kapasitor ke kumparan altenator. Kumparan generator menghasilkan listrik dan disuplay kembali ke baterai. Hasil pengujian Generator sinkron tidak eksitasi menghasilkan kecepatan 125 rpm dengan tegangan 12,3 volt sehingga frekuensinya 2,083 Hz sedangkan eksitasi sendiri menghasilkan kecepatan 102 rpm dan tegangan 9,8 volt dengan frekuensi generator sinkron 1,7 Hz. Hasil pemupukan manual luas area sawah 100m² sampai 3 kg pupuk dengan waktu yang dibutuhkan 1200 detik sedangkan menggunakan mesin sampai 2,5 kg pupuk dengan waktu yang dibutuhkan 1000 detik.

Kata Kunci : Generator Sinkron, Eksitasi Sendiri, Mesin Pupuk.

KATA PENGANTAR

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

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik untuk menyelesaikan program studi pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir ini adalah : “ *Rancang Bangun Mesin Penyebar Pupuk Berbasis Generator Sinkron Eksitasi Sendiri* ”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan-kekurangan, sebab itu penulis sebagai manusia biasa tidak lupuk dari kesalahan dan kekurangan baik dari segi teknik penulisan maupun dari segi perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan lapang dada atas segala koreksi serta perbaikan guna menyempurnakan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat buat kita semua.

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

1. Ibunda dan saudara-saudara yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan.

2. Bapak Hamzah Al Imran, ST.,MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu Adriani, ST.,MT sebagai Ketua Jurusan dan Ibu Rahmania, ST.,MT sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Ibu Dr.Ir.Hj. Hafsah Nirwana,M.T. selaku Pembimbing I dan Ibu Adriani ST., MT. selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam bimbingan kami.
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar atas segala waktunya yang telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar terkhusus angkatan 2012 yang dengan keakraban dan persaudaran banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut diatas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara. Amin.

Makassar, 15 Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian.....	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Generator	6
B. Kontruksi Generator Sinkron.....	6
B.1 Rotor	7

B.2 Stator	12
C. Prinsip Kerja Generator	16
D. Frekuensi Pada Generator Sinkron	20
E. Motor DC (<i>Dirrect Current</i>)	22
F. Baterai / Aki.....	26
F.1 Proses Aki Mengeluarkan Arus.....	27
F.2 Proses Aki Menerima Arus	28
G. Arus Stator dan Rotor	28
G.1 Arus Stator	28
G.2 Arus Rotor	29
H. Daya Keluaran Generator Sinkron	29
H.1 Hubungan Bintang (Y)	29
H.2 Hubungan Delta (Δ).....	30
I. Super Kapasitor	31
I.1 Prinsip Kerja.....	31
I.2 Klasifikasi Kapasitor	34

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	37
B. Tahapan Penelitian	37
C. Alat dan Bahan Perancangan.....	39
D. Diagram Alir (Flowchart).....	40

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

A. Mesin Penyebar Pupuk berbasis Generator Sinkron dengan Eksitasi Sendiri.....	42
B. Hasil Pengujian Alat.....	44
B.1 Percobaan Generator Sinkron	44
B.2 Pengujian Mesin Penabur Pupuk	45
C. Perhitungan Frekuensi Generator	49
C.1 Pada saat tidak eksitasi sendiri.....	49
C.2 Pada saat eksitasi sendiri.....	50
D. Pembahasan	51

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	52
B. Saran	53

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Gambar	Halaman
Gambar 2.1	Konstruksi Sederhana Generator Sinkron.....	6
Gambar 2.2	Rotor <i>salient</i> (Kutub Menonjol) Generator Sinkron	8
Gambar 2.3	Rotor Kutub Silinder Generator Sinkron	9
Gambar 2.4	Penampang rotor kutub silindris	9
Gambar 2.5	Konstruksi generator kutub silindris dengan sistem masukan arus medan	10
Gambar 2.6	Bentuk konstruksi stator pada generator sinkron.....	12
Gambar 2.7	Inti Stator dan Alur Pada Stator	13
Gambar 2.8	Belitan Satu Lapis Generator Sinkron Tiga Fasa	14
Gambar 2.9	Konfigurasi kumparan jangkar & kumparan medan	14
Gambar 2.10	Belitan Berlapis Ganda Generator Sinkron Tiga Fasa	15
Gambar 2.11	Kumparan jangkar pada rotor berputar di sekitar medan magnet yang dihasilkan stator.....	16
Gambar 2.12	Proses terbentuknya gelombang AC pada generator Sinkron	16
Gambar 2.13	Kontraktor	22
Gambar 2.14	Proses Pembentukan Kontaktor.....	25
Gambar 2.15	Rangka Kaki Pada Timer	26
Gambar 3.1	Blok Diagram Alat	38
Gambar 3.2	Flowchart Perancangan	39
Gambar 3.3	Flowchart Penulisan	41

Gambar 4.1	Rangkaian mesin penyebaran pupuk.....	43
Gambar 4.2	Bentuk fisik mesin penabur pupuk.....	44
Gambar 4.3	Grafik pemakaian pupuk secara manual	47
Gambar 4.4	Grafik pemakaian pupuk menggunakan mesin	48
Gambar 4.5	Grafik waktu pemupukan manual	48
Gambar 4.6	Grafik waktu pemupukan menggunakan mesin	49

DAFTAR TABEL

Nomor	Tabel	Halaman
Tabel 2.1	Simbol-simbol pada Kontaktor	23
Tabel 3.1	Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian.....	32
Tabel 3.2	Bahan Yang Di Gunakan Dalam Penelitian	32
Tabel 4.1	Data Hasil Percobaan Generator Sinkron	45
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Alat Manual Petani	46
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Mesin	46

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Listrik merupakan kebutuhan primer pada perkembangan teknologi . Manusia sangat bergantung pada energi listrik dan supaya energi listrik dapat digunakan dengan baik, di butuhkan suatu sistem pembangkit energi listrik yang handal.

Generator sinkron merupakan sumber utama pembangkit daya listrik yang tidak asing lagi dalam dunia kelistrikan. Hampir seluruh sistem pembangkit tenaga listrik di dunia menggunakan generator sinkron sebagai sumber daya listrik, kecuali pada pembangkit dengan tujuan dan kondisi tertentu. generator sinkron bekerja dengan mengubah energi mekanis yang dihasilkan pada poros turbin menjadi energi listrik.

Generator sinkron satu phasa dengan eksitasi sendiri adalah suatu peralatan listrik yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Energi mekanis dapat diperoleh dari motor diesel, air, gas, uap, panas bumi dan lain – lain.

Sistem pengoperasian generator ini adalah kontinu dan dengan beban tertentu, yang perlu diperhatikan adalah kemampuan generator tersebut dalam catu daya. Besar daya yang di catu tentunya harus selalu berada dibawah kemampuan catu daya generator tersebut, bila pengoperasian berada diatas kemampuan generator atau kapasitas beban melebihi pada generator tersebut maka akan mengakibatkan pemanasan yang berlebihan pada generator tersebut. Pemanasan yang berlebihan ini dapat mengakibatkan kerusakan isolasi pada belitan – belitan rotor dan stator

generator tersebut. dari pemanasan tersebut akan menentukan rugi daya, rugi pada kumparan medan, dan Rugi kumparan jangkar.

Indonesia merupakan salah satu produsen utama beras dunia. Hal ini terlihat dari total luas lahan sawah di Indonesia yang mencapai 36.27 % dari total luas lahan sawah di dunia. Pencapaian produksi rata-rata padi Indonesia tahun 2010 - 2015 tercatat sebesar 8.7 juta ton.

Produktivitas yang telah dicapai oleh persawahan di Indonesia saat ini harus ditingkatkan dan dipertahankan dengan suatu pengelolaan yang baik seperti kegiatan pemeliharaan tanaman padi. Salah satu kegiatan dalam pemeliharaan yang memerlukan pengelolaan lebih lanjut adalah kegiatan pemupukan. Pemupukan merupakan suatu upaya untuk menyediakan unsur hara yang cukup guna mendorong pertumbuhan vegetatif tanaman.

Permasalahan yang sering terjadi di persawahan dalam kegiatan pemupukan adalah ketidaksesuaian dosis aplikasi dengan rekomendasi, waktu dan cara aplikasi, dan faktor pendukung yang lain tidak terkondisikan. Pemupukan yang dilakukan dengan cara pemupukan manual. Pemupukan secara manual dapat menguras waktu dan tenaga dan terkadang pemberian pupuk ke tanaman padi tidak teratur. Sehingga butuh suatu alat pemupukan terbaru yang memanfaatkan generator sinkron sebagai sumber energi listrik.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah, dapat di tarik rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana sistem kinerja generator sinkron dalam sumber energi mesin pemupukan padi.
2. Bagaimana perbandingan pemupukan secara manual dengan menggunakan mesin.
3. Bagaimana alat yang digunakan generator sinkron eksitasi sendiri pada mesin penyebaran pupuk.

C. Tujuan Penelitian

Pembuatan tugas akhir ini mempunyai tujuan yaitu:

1. Untuk memanfaatkan kinerja rancangan generator sinkron pada mesin penyebaran pupuk padi.
2. Untuk mempermudah dan meefesienkan waktu dalam pemupukan padi.
3. Untuk mengetahui perbandingan eksitasi sendiri dan tidak eksitasi sendiri.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai ialah :

1. Meningkatkan pengetahuan tentang pemanfaatan generator sinkron eksitasi sendiri.

2. Dengan mengetahui prinsip kerja generator sinkron dan pembuatan mesin pupuk diharapkan dapat bermanfaat kepada masyarakat.
3. Untuk mempermudah petani dalam meefisiensikan waktu pemupukan dan menggunakan pupuk.

E. Batasan Masalah

1. Pembahasan ini di khususkan merancang kinerja generator sinkron pada mesin penyebaran pupuk padi.
2. Penyimpanan energi listrik digunakan aki dan super kapasitor.
3. Beban yang digunakan mesin penyebar pupuk padi.

F. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran umum dari keseluruhan penelitian ini, maka kami membuat dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang pembahasan teori materi-materi yang mendasari dalam pelaksanaan perancangan ini.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan tentang tempat dan waktu pelaksanaan penelitian dan metode yang diterapkan dalam perancangan ini.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas tentang perancangan dan hasil perancangan dari alat tersebut, serta hasil pengujian yang telah dilakukan.

BAB V. PENUTUP

Dalam bagian ini akan dibahas penjelasan atau kesimpulan dan saran akhir dari hasil perancangan dan pengujian alat yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Generator

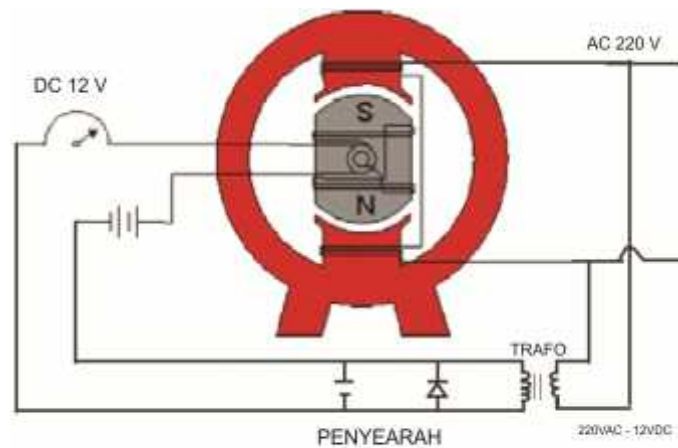
Hampir semua energi listrik dibangkitkan dengan menggunakan generator sinkron. Oleh sebab itu generator sinkron memegang peranan penting dalam sebuah pusat pembangkit listrik (Nikola Tesla : 1880-an). Generator sinkron (sering disebut alternator) merupakan sebuah mesin sinkron yang berfungsi mengubah energi mekanik berupa putaran menjadi energi listrik bolak-balik.

Generator AC (*alternating current*), atau generator sinkron. Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator. Mesin sinkron tidak dapat start sendiri karena kutub-kutub tidak dapat tiba-tiba mengikuti kecepatan medan putar pada waktu sakelar terhubung dengan jala-jala. Generator sinkron dapat berupa generator sinkron tiga fasa atau generator sinkron satu fasa.

B. Konstruksi Generator Sinkron

Pada prinsipnya, konstruksi Generator sinkron sama dengan motor sinkron. Secara umum, konstruksi generator sinkron terdiri dari stator (bagian yang diam) dan rotor (bagian yang bergerak) (faizalnizbah :2013). Keduanya merupakan

rangkaian magnetik yang berbentuk simetris dan silindris. Selain itu generator sinkron memiliki celah udara ruang antara stator dan rotor yang berfungsi sebagai tempat terjadinya fluksi atau induksi energi listrik dari rotor ke-stator.



Gambar 2.1 Kontruksi sederhana generator sinkron (faizalnizbah :2013)

B.1 Rotor

Rotor berfungsi untuk membangkitkan medan magnet yang kemudian tegangan dihasilkan dan akan di induksikan ke stator. (faizalnizbah :2013)

Rotor terdiri dari beberapa komponen utama yaitu :

1. Slip Ring

Slip ring merupakan cincin logam yang melingkari poros rotor tetapi dipisahkan oleh isolasi tertentu. Terminal kumparan rotor dipasang ke-*slip ring* ini kemudian dihubungkan ke sumber arus searah melalui sikat (*brush*) yang letaknya menempel pada *slip ring*.

2. Sikat

Sebagian dari generator sinkron ada yang memiliki sikat ada juga yang tidak memiliki sikat. Sikat pada generator sinkron berfungsi sebagai saklar putar untuk mengalirkan arus DC ke-kumparan medan pada rotor generator sinkron. Sikat terbuat dari bahan karbon tertentu.

3. Kumparan rotor (kumparan medan)

Kumparan medan merupakan unsur yang memegang peranan utama dalam menghasilkan medan magnet. Kumparan ini mendapat arus searah dari sumber eksitasi tertentu.

4. Poros Rotor

Poros rotor merupakan tempat meletakkan kumparan medan, dimana pada poros tersebut telah terbentuk slot-slot secara paralel terhadap poros rotor.

Generator sinkron memiliki dua tipe rotor, yaitu :

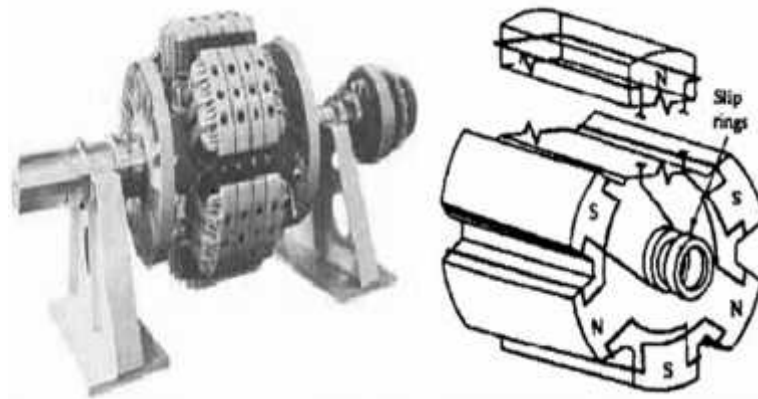
1. Rotor berbentuk kutub sepatu (*salient pole*)
2. Rotor berbentuk kutub dengan celah udara sama rata (*cylindrical*)

1. Rotor kutub menonjol (*Salient Pole Rotor*)

Rotor tipe ini mempunyai kutub yang jumlahnya banyak. Kumparan dibelitkan pada tangkai kutub, dimana kutub-kutub diberi laminasi untuk mengurangi panas yang ditimbulkan oleh arus *Eddy*, kumparan-kumparan

medannya terdiri dari bilah tembaga persegi. Kutub menonjol ditandai dengan rotor berdiameter besar dan panjang sumbunya pendek.

Selain itu jenis kutub *salient pole*, kutub magnetnya menonjol keluar dari permukaan rotor. Belitan-belitan medan dihubung seri. Ketika belitan medan ini disuplai oleh eksiter, maka kutub yang berdekatan akan membentuk kutub yang berlawanan. Bentuk kutub menonjol generator sinkron tampak seperti Gambar berikut :



Gambar 2.2 Rotor *salient* (Kutub Menonjol) Generator Sinkron

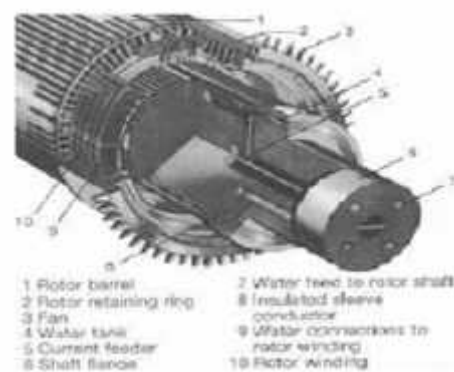
(faizalnizbah :2013)

Rotor kutub menonjol umumnya digunakan pada generator sinkron dengan kecepatan putaran rendah dan sedang (120-400 rpm). Generator sinkron tipe seperti ini biasanya dikopel oleh mesin diesel atau turbin air pada sistem pembangkit listrik. Rotor kutub menonjol baik digunakan untuk putaran rendah dan sedang karena :

1. Konstruksi kutub menonjol tidak terlalu kuat untuk menahan tekanan mekanis apabila diputar dengan kecepatan tinggi.
2. Kutub menonjol akan mengalami rugi-rugi yang besar dan bersuara bising jika diputar dengan kecepatan tinggi.

2. Rotor kutub tak menonjol (Rotor Silinder)

Rotor tipe ini dibuat dari plat baja berbentuk silinder yang mempunyai sejumlah slot sebagai tempat kumparan. Karena adanya slot-slot dan juga kumparan medan yang terletak pada rotor maka jumlah kutub pun sedikit yang dapat dibuat. Belitan-belitan medan dipasang pada alur-alur di sisi luarnya dan terhubung seri yang dienerjais oleh eksiter. Gambar bentuk kutub silinder generator sinkron tampak seperti pada Gambar 2.3 berikut:



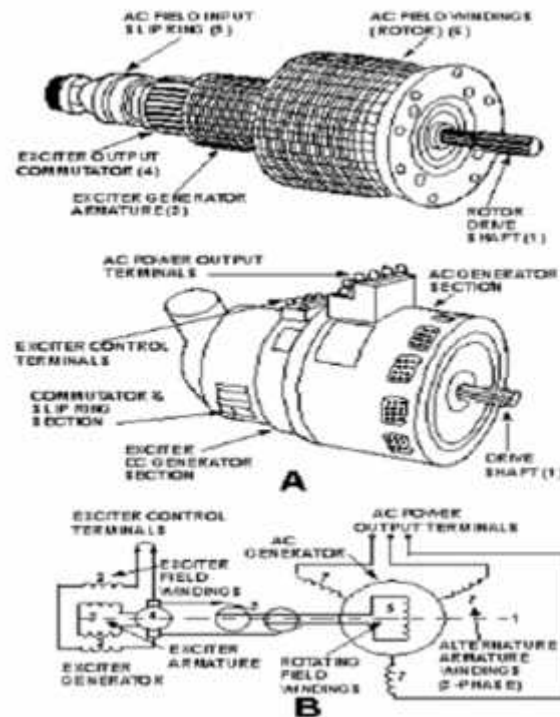
Gambar 2.3 Rotor Kutub Silinder Generator Sinkron (faizalnizbah :2013)



Gambar 2.4 Penampang rotor kutub silindris (faizalnizbah :2013)

Rotor ini biasanya berdiameter kecil dan sumbunya sangat panjang. Konstruksi ini memberikan keseimbangan mekanis yang lebih baik karena rugi-rugi anginnya lebih kecil dibandingkan rotor kutub menonjol (*salient pole rotor*). Rotor silinder umumnya digunakan pada generator sinkron dengan kecepatan putaran tinggi (1500 atau 3000 rpm) biasanya digunakan untuk pembangkit listrik berkapasitas besar misalnya pembangkit listrik tenaga uap dan gas. Rotor silinder baik digunakan pada kecepatan tinggi karena:

1. Distribusi disekeliling rotor mendekati bentuk gelombang sinus sehingga lebih baik dari kutub menonjol.
2. Konstruksinya memiliki kekuatan mekanik pada kecepatan putar tinggi



Gambar 2.5 Konstruksi generator kutup silindris dengan sistem pemasukan arus medannya (faizalnizbah :2013)

Ada 2 cara pemasukan Arus DC (sebagai arus medan) ke rangkaian medan rotor untuk membentuk medan magnet pada kumparan rotor, yaitu:

- 1) Menyuplai daya DC ke rangkaian rotor dari sumber DC eksternal (biasanya berupa batere dari luar) dengan sarana *slip ring* dan sikat. Bila generator ini hanya menerima sumber DC dari luar untuk *start* awal saja, maka sumber DC sebagai penguat kumparan medan selanjutnya diambil dari keluaran generator itu sendiri (setelah sumber dari batere dilepas) dengan cara merubah keluaran AC generator ini menjadi DC (disearahkan sebelum dimasukkan ke kumparan medan pada rotor)

- 2) Menyuplai daya DC dari sumber DC khusus yang ditempelkan langsung pada batang rotor generator sinkron. Sumber DC ini biasanya dari generator DC yang ditempel pada rotor generator sinkron.

B.2 Stator

Stator atau armatur adalah bagian generator yang berfungsi sebagai tempat untuk menerima induksi magnet dari rotor. (faizalnizbah :2013) Arus AC yang menuju ke beban disalurkan melalui armatur, komponen ini berbentuk sebuah rangka silinder. dengan lilitan kawat konduktor yang sangat banyak. Armatur selalu diam (tidak bergerak). Oleh karena itu, komponen ini juga disebut dengan stator. Lilitan armatur generator dalam *wye* dan titik netral dihubungkan ke tanah. Lilitan dalam *wye* dipilih karena:

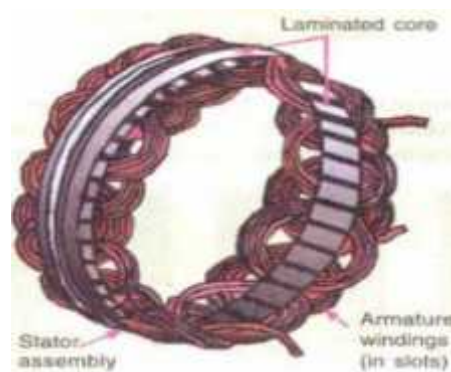
1. Meningkatkan daya output.
2. Menghindari tegangan harmonik, sehingga tegangan line tetap sinusoidal dalam kondisi beban apapun. Dalam lilitan *wye* tegangan harmonik ketiga

Masing-masing fasa saling meniadakan, sedangkan dalam lilitan delta tegangan harmonik ditambahkan. Karena hubungan delta tertutup, sehingga membuat sirkulasi arus harmonik ketiga yang meningkatkan rugi-rugi.



Gambar 2.6 Bentuk konstruksi stator pada generator sinkron(faizalnizbah :2013)

Stator dari mesin sinkron terbuat dari bahan ferromagnetik yang berbentuk laminasi untuk mengurangi rugi-rugi arus pusar. Dengan inti ferromagnetik yang bagus berarti permeabilitas dan resistivitas dari bahan tinggi. Gambar 2.7 berikut memperlihatkan alur stator tempat kumparan jangkar.



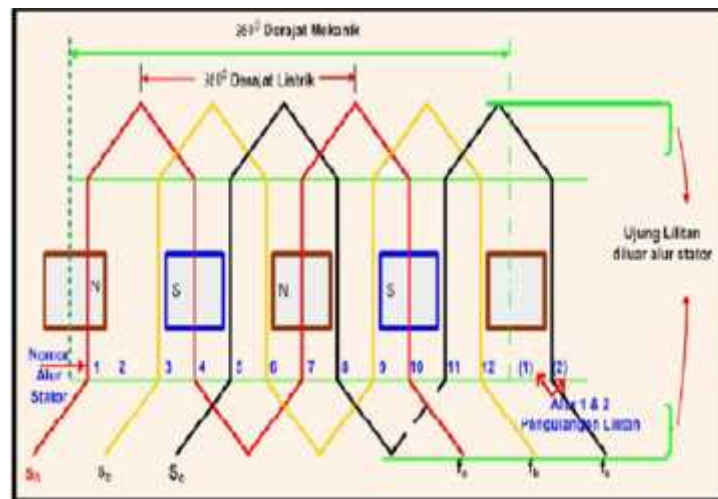
Gambar 2.7 Inti Stator dan Alur Pada Stator (faizalnizbah :2013)

Ada dua jenis belitan stator yang banyak digunakan untuk generator sinkron 3 fasa, yaitu:

1. Belitan satu lapis (*Single Layer Winding*).
2. Belitan berlapis ganda (*Double Layer Winding*).

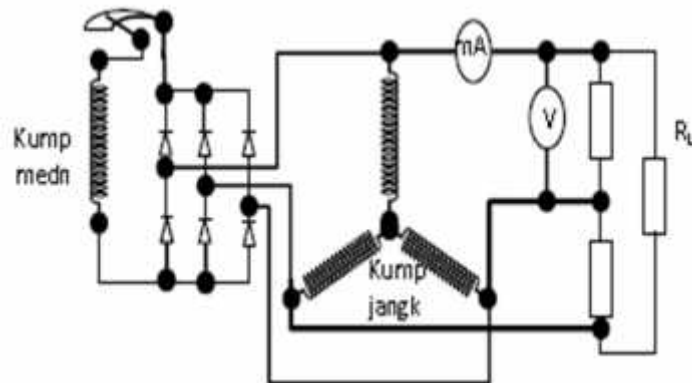
1. Belitan satu lapis (*Single Layer Winding*).

Memperlihatkan belitan satu lapis karena hanya ada satu sisi lilitan di dalam masing - masing alur. Bila kumparan tiga fasa dimulai pada S_a , S_b , dan S_c dan berakhir di F_a , F_b , dan F_c bisa disatukan dalam dua cara, yaitu hubungan bintang dan segitiga. Antar kumparan fasa dipisahkan sebesar 120 derajat listrik atau 60 derajat mekanik, satu siklus ggl penuh akan dihasilkan bila rotor dengan 4 kutub berputar 180 derajat mekanis. Satu siklus ggl penuh menunjukkan 360 derajat listrik.



Gambar 2.8 Belitan Satu Lapis Generator Sinkron Tiga Fasa

(faizalnizbah :2013)



Gambar 2.9 Konfigurasi kumparan jangkar & kumparan medan

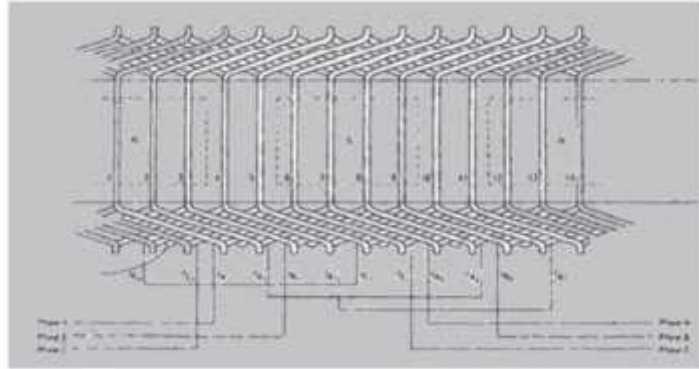
(faizalnizbah :2013)

2. Belitan berlapis ganda (*Double Layer Winding*).

Kumparan jangkar yang diperlihatkan pada belitan satu lapis hanya mempunyai satu lilitan per kutub per fasa, akibatnya masing – masing kumparan hanya dua lilitan secara seri. Bila alur-alur tidak terlalu lebar, masing-masing penghantar yang berada dalam alur akan membangkitkan tegangan yang sama. Masing – masing tegangan fasa akan sama untuk menghasilkan tegangan per penghantar dan jumlah total dari penghantar per fasa.

Dalam kenyataannya cara seperti ini tidak menghasilkan cara yang efektif dalam penggunaan inti stator, karena variasi kerapatan fluks dalam inti dan juga melokalisir pengaruh panas dalam daerah alur dan menimbulkan harmonik. Untuk mengatasi masalah ini, generator praktisnya mempunyai kumparan terdistribusi dalam beberapa alur per kutub per fasa.

Memperlihatkan bagian dari sebuah kumparan jangkar yang secara umum banyak digunakan.



Gambar 2.10 Belitan Berlapis Ganda Generator Sinkron Tiga Fasa
(faizalnizbah :2013)

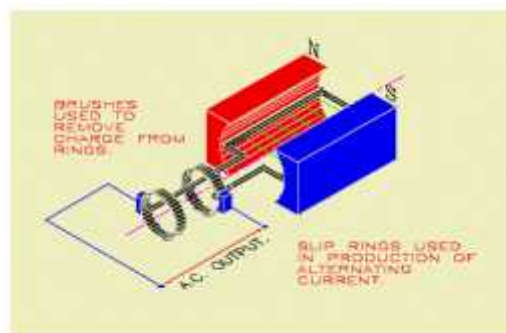
Pada masing masing alur ada dua sisi lilitan dan masing – masing lilitan memiliki lebih dari satu putaran. Bagian dari lilitan yang tidak terletak ke dalam alur biasanya disebut *winding overhang*, sehingga tidak ada tegangan dalam *winding overhang*.

C. Prinsip Kerja Generator

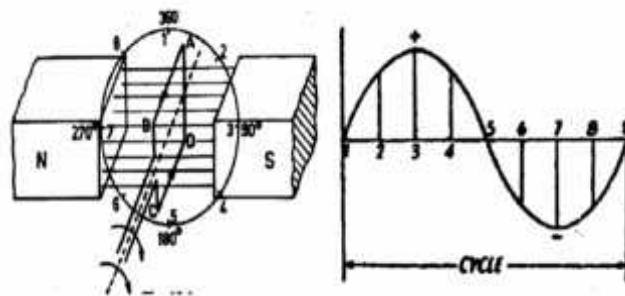
Generator dapat menghasilkan energi listrik karena adanya pergerakan relatif antaran medan magnet homogen terhadap kumparan jangkar pada generator (magnet yang bergerak dan kumpran jangkar diam, atau sebaliknya magnet diam sedangkan kumparan jangkar bergerak) (faizalnizbah :2013). Jadi, jika sebuah kumparan diputar pada kecepatan konstan pada medan magnet homogen, maka akan terinduksi tegangan sinusoidal pada kumparan tersebut. Medan magnet homogen ini bisa dihasilkan oleh kumparan yang dialiri arus DC atau oleh magnet

tetap. Contoh bentuk gambaran sederhana proses pembangkitan energi listrik pada generator sinkron dapat diperlihatkan seperti pada gambar

Pada gambar 2.11 diperlihatkan contoh sederhana sebuah kumparan rotor berputar di sekitar medan magnet homogen yang dihasilkan stator, kemudian tegangan keluaran pada rotor diambil/dilewatkan melalui sepasang *slip ring* (cincin sikat) yang bisa dihubungkan ke beban. Proses terbentuknya gelombang AC yang dihasilkan pada keluaran rotor ini lebih jelasnya diperlihatkan pada gambar



Gambar 2.11 Kumparan jangkar pada rotor berputar di sekitar medan magnet yang dihasilkan stator (faizalnizbah :2013)



Gambar 2.12 Proses terbentuknya gelombang AC pada generator sinkron

(faizalnizbah :2013)

Dengan memperhatikan gambar 2.12, proses timbulnya GGL induksi pada generator dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Kumparan tembaga berputar diantara magnet permanen N-S.
2. Kedua ujung kumparan dihubungkan dengan *Slip Ring* (cincin sikat).
3. GGL induksi akan menghasilkan arus (karena adanya beban pada generator) yang mengalir melalui sikat-sikat arang ke beban yang tersambung dengan generator

Ketika kumparan diputar ke kanan, satu sisi kumparan dari kutup warna merah (kita anggap sisi kumparan warna merah) bergerak ke atas sedang sisi lainnya (kumparan dari sisi kutup warna biru, dianggap kumparan warna biru) bergerak ke bawah. Kumparan mengalami perubahan garis gaya nagnet yang makin sedikit, sehingga pada kedua sisi kumparan akan dibangkitkan tegangan yang semakin sedikit pula. Bila alternator diberi beban, maka akan mengalir pula arus listrik yang semakin mengecilt mengitari kumparan hingga mencapai posisi kumparan vertical dengan arus menjadi nol karena tegangan yang dibangkitkan juga nol. Pada posisi vertikal kumparan tidak mengalami perubahan garis gaya magnet sehingga tidak ada listrik yang mengalir pada kumparan (gelombang listrik AC beroda pada posisi no 1)

Untuk generator berkapasitas kecil, medan magnet dapat diletakkan pada stator (disebut generator kutub eksternal / *external pole generator*) yang mana energi listrik dibangkitkan pada kumparan rotor. Jika cara ini digunakan untuk generator berdaya besar, maka hal ini dapat menimbulkan kerusakan pada *slip ring* dan karbon sikat. Untuk mengatasi permasalahan ini, maka pada generator berkapasitas besar digunakan tipe generator dengan kutub internal (*internal pole*

generator), yang mana medan magnet dibangkitkan oleh kutub rotor dan tegangan AC dibangkitkan pada rangkaian stator. Bagian dari kumparan generator yang membangkitkan tegangan disebut kumparan jangkar, sedangkan bagian dari kumparan generator yang membangkitkan medan magnet disebut kumparan medan.

Adapun prinsip kerja dari suatu generator sinkron adalah:

1. Kumparan medan yang terdapat pada rotor dihubungkan dengan sumber eksitasi tertentu yang akan mensuplai arus searah terhadap kumparan medan. Dengan adanya arus searah yang mengalir melalui kumparan medan maka akan menimbulkan *fluks* yang besarnya terhadap waktu adalah tetap.
2. Penggerak mula (*Prime Mover*) yang sudah terkopel dengan rotor segera dioperasikan sehingga rotor akan berputar pada kecepatan nominalnya

$$n = \frac{1}{p} \cdot f \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

n = Kecepatan putar rotor (rpm)

p = Jumlah kutub rotor

f = frekuensi (Hz)

3. Perputaran rotor tersebut sekaligus akan memutar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan. Medan putar yang dihasilkan pada rotor, akan diinduksikan pada kumparan jangkar sehingga pada

kumparan jangkar yang terletak di stator akan dihasilkan *fluks* magnetik yang berubah-ubah besarnya terhadap waktu. Adanya perubahan *fluks* magnetik yang melingkupi suatu kumparan akan menimbulkan ggl induksi pada ujung-ujung kumparan tersebut.

Untuk generator sinkron tiga fasa, digunakan tiga kumparan jangkar yang ditempatkan di stator yang disusun dalam bentuk tertentu, sehingga susunan kumparan jangkar yang sedemikian akan membangkitkan tegangan induksi pada ketiga kumparan jangkar yang besarnya sama tapi berbeda fasa 120° satu sama lain. Setelah itu ketiga terminal kumparan jangkar siap dioperasikan untuk menghasilkan energi listrik.

D. Frekuensi pada Generator Sinkron

Kecepatan perputaran generator sinkron akan mempengaruhi frekuensi listrik yang dihasilkan generator (faizalnizbah :2013). Rotor generator sinkron terdiri atas rangkaian elektromagnet dengan suplai arus DC untuk membentuk medan magnet pada rotor. Medan magnet rotor ini bergerak pada searah putaran rotor. Hubungan antara kecepatan putar medan magnet pada rotor dengan frekuensi elektrik pada stator adalah

$$f_e = \frac{N}{1} \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

f_e = frekuensi listrik (Hz)

N_r = kecepatan putar rotor (rpm)

p = jumlah kutub magnet pada rotor

Dari rumus di atas terlihat bahwa frekuensi yang dihasilkan generator sinkron sangat dipengaruhi oleh kecepatan putaran rotor dan jumlah kutub magnet pada generator. Jika beban generator berubah, akan mempengaruhi kecepatan rotor generator. Perubahan kecepatan rotor ini secara langsung akan mempengaruhi frekuensi yang dihasilkan generator.

Kecepatan perputaran rotor pada generator sinkron akan sama dengan kecepatan medan magnet generator. Oleh karena rotor berputar pada kecepatan yang sama dengan medan magnetnya, maka generator ini disebut generator sinkron atau lebih dikenal dengan nama *Alternator*. Agar daya listrik dibangkitkan tetap pada frekuensi 50 Hz atau 60 Hz (sesuai standard suatu negara, di Indonesia adalah 50 Hz), maka generator harus berputar pada kecepatan tetap dengan jumlah kutub magnet yang telah ditentukan yang dapat dihitung melalui rumus tersebut. Sebagai contoh untuk membangkitkan frekuensi 50 Hz pada generator dua kutub, maka rotor harus berputar dengan kecepatan 3000 rpm, atau untuk membangkitkan frekuensi 50 Hz pada generator empat kutub, maka rotor harus berputar pada kecepatan 1500 rpm.

E. Motor DC (*Direct Current*)

Motor DC adalah piranti elektronik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gerak rotasi. Pada motor DC terdapat jangkar dengan satu atau lebih kumparan terpisah. Tiap kumparan berujung pada cincin belah (komutator). Dengan adanya insulator antara komutator, cincin belah dapat berperan sebagai saklar kutub ganda (*double pole, double throw switch*).

Menurut (Hendrik, 2013). Motor DC merupakan perangkat yang berfungsi merubah besaran listrik menjadi besaran mekanik. Prinsip kerja motor didasarkan pada gaya elektromagnetik. Motor DC bekerja bila mendapatkan tegangan searah yang cukup pada kedua kutubnya. Tegangan ini akan menimbulkan induksi elektromagnetik yang menyebabkan motor berputar. Pada umumnya, motor diklasifikasikan menurut jenis *power* yang digunakan dan prinsip kerja motor.

Bagian utama motor DC terdiri dari dua bagian yaitu bagian bergerak yang disebut rotor (jangkar), dan bagian diam yang disebut stator.

Motor DC yang digunakan pada robot beroda umumnya adalah motor DC dengan magnet permanen. Motor DC jenis ini memiliki dua buah magnet permanen sehingga timbul medan magnet diantara kedua magnet tersebut. Di dalam medan magnet inilah jangkar/rotor berputar. Jangkar yang terletak ditengah motor memiliki jumlah kutub yang ganjil dan pada setiap kutubnya terdapat lilitan. Lilitan ini terhubung ke area kontak yang disebut komutator. Sikat (*brushes*) yang terhubung ke kutub positif dan negatif motor memberikan daya ke lilitan sedemikian rupa sehingga kutub yang satu akan ditolak oleh magnet permanen yang berada didekatnya, sedangkan lilitan lain akan ditarik ke magnet permanen yang lain sehingga menyebabkan jangkar berputar. Ketika jangkar berputar, komutator mengubah lilitan yang mendapat pengaruh polaritas medan magnet sehingga jangkar akan terus berputar selama kutub positif dan negatif motor diberi daya.

Kecepatan putar motor DC (N) adalah pembagian antara tegangan terminal (VTM) dikurangi perkalian arus jangkar motor dan hambatan jangkar motor dengan perkalian konstanta motor dan *fluks* magnet yang terbentuk pada motor

Perputaran motor DC secara umum berbanding lurus dengan tegangan yang di inputkan pada terminalnya. Oleh karena itu, untuk mendapatkan putaran rendah maka terminal input diberi tegangan rendah minimal 3 volt dan untuk mendapatkan putaran tinggi maka terminal input diberi tegangan yang tinggi maksimal 12 volt. Untuk dapat mengendalikan perputaran motor DC, maka kita harus membuat tegangan output yang bervariasi (dapat diatur mulai dari 0 volt hingga tegangan maksimum secara linear).

Pengendalian kecepatan putar motor DC dapat dilakukan dengan mengatur besar tegangan terminal motor VTM. Metode lain yang biasa digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor DC adalah dengan teknik modulasi lebar pulsa atau *Pulse Width Modulation* (PWM).

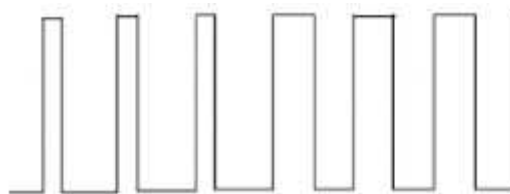
PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah salah satu teknik untuk mengatur kecepatan motor DC yang umum digunakan. Dengan menggunakan PWM kita dapat mengatur kecepatan yang diinginkan dengan mudah. Teknik PWM untuk pengaturan kecepatan motor adalah, pengaturan kecepatan motor dengan cara merubah-ubah besarnya *duty cycle* pulsa. Pulsa yang berubah ubah *duty cycle*-nya inilah yang menentukan kecepatan motor. Besarnya amplitudo dan frekuensi pulsa adalah tetap, sedangkan besarnya *duty cycle* berubah-ubah sesuai dengan kecepatan yang diinginkan, semakin besar *duty cycle* maka semakin cepat pula kecepatan motor, dan sebaliknya semakin kecil *duty cycle* maka semakin

pelan pula kecepatan motor. Sebagai contoh bentuk pulsa yang dikirimkan adalah seperti pada gambar 2.13, pulsa kotak dengan *duty cycle* pulsa 50%. Sedangkan sebagai contoh bentuk pulsa PWM adalah seperti pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Pulsa dengan *duty cycle* 50% (Hendrik, 2013)

Pada gambar 2.13, semakin besar *duty cycle* pulsa kotak, maka semakin lama pula posisi logika high. Jika motor diatur agar berjalan ketika diberi logika high, maka jika memberi pulsa seperti pada gambar 2.13 diatas, maka motor akan berada pada kondisi “nyala-mati-nyala-mati” sesuai dengan bentuk pulsa tersebut. Semakin lama motor berada pada kondisi “nyala” maka semakin cepat pula kecepatan motor tersebut. Motor akan berputar dengan kecepatan maksimum jika mendapat pulsa dengan *duty cycle* 100%. Dengan kata lain motor mendapat logika high terus menerus.



Gambar 2.14 Pulsa PWM (Hendrik, 2013)

Dengan mengatur besarnya *duty cycle* pulsa kotak yang dikirimkan, kita dapat mengatur banyaknya logika high yang diberikan pada motor, dengan kata lain mengatur lamanya waktu motor untuk berputar dalam satu periode pulsa. Jika

lamanya waktu motor untuk berputar dalam satu periode pulsa ini berubah maka kecepatan putaran motor juga akan berubah, sesuai dengan *duty cycle* atau waktu motor untuk berputar dalam satu periode pulsa.

Duty cycle adalah perbandingan antara lebar pulsa high dengan siklus perioda kemudian dikali dengan 100.

$$Duty Cycle = \frac{\text{Lebar pulsa high}}{\text{Siklus perioda}} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

Ilustrasi dari sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*), Motor akan berputar selama lebar pulsa high. Dan tidak akan berputar selama lebar pulsa low. Pada gambar 2.5 diketahui *duty cycle* adalah 50%, artinya kecepatan motor hanya akan berputar 50% dari kecepatan penuh. Begitu juga pada gambar 2.6 *duty cycle* adalah 100%, artinya kecepatan motor hanya akan berputar 100% dari kecepatan penuh. Dengan demikian kecepatan motor dapat dikontrol. Dari penjelasan di atas dapat diketahui bahwa jika dikehendaki kecepatan penuh maka diberi lebar pulsa *high* secara konstan. Jika dikehendaki kecepatan bervariasi maka diberikan pulsa yang lebar high dan low-nya bervariasi kecepatan perputaran motor dinyatakan dalam rotation per minute (rpm) atau dapat diartikan sebagai jumlah putaran dalam satu menitnya. Kecepatan motor DC berbanding terbalik dengan torsi yang dihasilkannya. Torsi pada motor DC dapat diartikan dengan perbandingan daya kerja motor DC P (watt) dengan kecepatan perputarannya (rpm).

$$= \frac{P}{\dots\dots\dots} \dots\dots\dots (4)$$

Torsi motor juga dapat didefinisikan sebagai aksi dari suatu gaya pada motor F yang dapat mempengaruhi beban untuk ikut bergerak pada jarak tertentu.

$$=F \times r \dots\dots\dots (5)$$

Pengontrolan motor DC atau motor Listrik secara umum dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu :

1. Mengontrol kecepatan putaran motor,
2. Merubah arah putaran motar
3. *Star/stop* motor

F. Baterai / Aki

Aki adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi (umumnya energi listrik) dalam bentuk energi kimia (Alessandro Volta : 1800). Contoh-contoh aki adalah baterai dan kapasitor. Aki termasuk dalam jenis sel sekunder, artinya sel ini dapat dimuati ulang ketika muatannya habis. Ini karena reaksi kimia dalam sel dapat dibalikkan arahnya. Jadi sewaktu sel dimuati, energi listrik diubah menjadi energi kimia, dan sewaktu sel bekerja, energi kimia diubah menjadi energi listrik.



© Bhinneka.Com

Gambar 2.15 Aki / Accu (Alessandro Volta : 1800)

Jenis aki yang digunakan adalah aki basah seperti yang terlihat pada gambar 2.5. Adapun cara kerja aki basah sebagai berikut:

F.1 Proses aki mengeluarkan arus

Pada saat baterai dalam keadaan *discharge* maka hampir semua asam melekat pada pelat-pelat dalam sel sehingga cairan elektrolit konsentrasinya sangat rendah dan hampir melulu hanya terdiri dari air (H_2O), akibatnya berat jenis cairan menurun menjadi sekitar $1,1 \text{ kg/dm}^3$ dan ini mendekati berat jenis air yang 1 kg/dm^3 . Sedangkan baterai yang masih berkapasitas penuh berat jenisnya sekitar $1,285 \text{ kg/dm}^3$. Dengan perbedaan berat jenis inilah kapasitas isi baterai bisa diketahui apakah masih penuh atau sudah berkurang yaitu dengan menggunakan alat hidrometer. Hidrometer ini merupakan salah satu alat yang wajib ada di bengkel aki (bengkel yang menyediakan jasa setrum/cas aki). Selain itu pada saat baterai dalam keadaan *discharge* maka 85% cairan elektrolit terdiri dari air (H_2O) dimana air ini bisa membeku, bak baterai pecah dan pelat-pelat menjadi rusak.

F.2 Proses aki menerima arus

Baterai yang menerima arus adalah baterai yang sedang disetrum/dicas alias sedang diisi dengan cara dialirkan listrik DC, dimana kutub positif baterai dihubungkan dengan arus listrik positif dan kutub negatif dihubungkan dengan arus listrik negatif. Tegangan yang dialiri biasanya sama dengan tegangan total yang dimiliki baterai, artinya baterai 12 V dialiri tegangan 12 V DC, baterai 6 V dialiri tegangan 6 V DC, dan dua baterai 12 V

yang dihubungkan secara seri dialiri tegangan 24 V DC (baterai yang duhubungkan seri total tegangannya adalah jumlah dari masing-masing tegangan baterai).

Kebutuhan baterai minimum (baterai hanya digunakan 50% untuk pemenuhan kebutuhan listrik). Dengan demikian kebutuhan daya dikalikan 2 kali lipat.

G. Arus Stator dan Rotor

G.1 Arus Stator

Rugi – rugi pada belitan akhir dan belitan terselubung persatuan volumee didapatkan besaran rugi – rugi maksimum tembaga :

$$P_{cu} = 3 I_s^2 \times R_s \dots\dots\dots (6)$$

$$I_s^2 = \frac{P}{3.R} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

P_{cu} = Rugi – rugi tembaga stator (Watt)

I_s = Arus stator maksimum (Ampere)

R_s = Resistansi belitan stator (Ohm)

G.2 Arus Rotor

Oleh karena pemanasan rotor sama dengan pemanasan stator maka persamaan pembatasnya pun mempunyai bentuk yang sama dimana:

$$P_{cu} = I_r^2 \times R_r \dots\dots\dots (8)$$

$$I^2 = \frac{P}{R} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana :

$$P_{cu} = \text{Rugi - rugi belitan maksimum belitan rotor (watt)}$$

$$I^2 = \text{Arus rotor maksimum (ampere)}$$

$$R_r = \text{Resistansi belitan rotor (Ohm)}$$

H. Daya Keluaran Generator Sinkron

Bila ketiga kumparan armetur tidak dihubungkan atau saling terpisah maka tiap fasa atau rangkain membutuhkan dua konduktor sehingga jumlah konduktor enam, artinya setiap kabel transmisi enam konduktor (faizalnizbah :2013). Sistem ini menjadi rumit dan mahal tidak sesuai dengan keadaan untuk penhematan konduktor. Metode penhubung kumparan ini meliputi antara lain :

H.1 Hubungan Bintang (Y)

Pada hubungan ini ujung coil dihubungkan bersama ketitik netral. Tagangan yang diinduksikan tiap belitan disebut tegangan fasa dan arusnya arus fasa . sedangkan antara dua terminal disebut tegangan line (V_L). Dan arus yang mengalir adalah arus line (R_L), maka daya keluaran generator adalah :

$$\text{Daya Total (} P_t \text{)} = 3 \times \text{daya fasa} \dots\dots\dots (10)$$

$$P_{\text{fasa}} = V_{\text{ph}} \times I_L \cos \dots\dots\dots (11)$$

$$P_t = 3 \times V_{\text{ph}} \times I_L \cos \dots\dots\dots (12)$$

Dimana :

$$V_{\text{ph}} = \frac{V}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots (13)$$

Maka daya total menjadi :

$$P_t = 3 \times \frac{V}{\sqrt{3}} \times I_L \cos \dots\dots\dots (14)$$

$$P_t = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \cos \dots\dots\dots (16)$$

H.2 Hubungan Delta ()

$$\text{Daya Total (P}_t\text{)} = 3 \times V_L \times I_{ph} \cos \dots\dots\dots (17)$$

$$\text{Daya Perphasa} = V_L \times I_{ph} \cos \dots\dots\dots (18)$$

Diman :

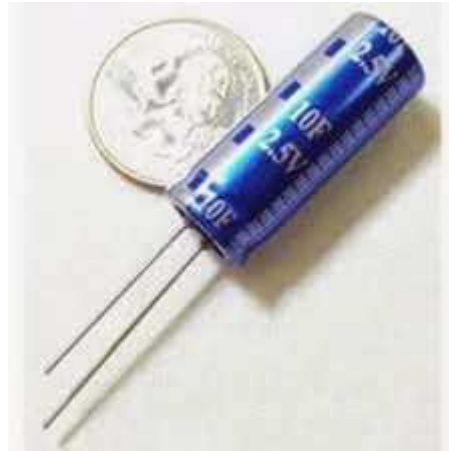
$$I_{ph} = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots (19)$$

$$I_{ph} = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \times V_L \times \cos \dots\dots\dots (20)$$

$$P_t = \sqrt{3} \times I_L \times V_L \dots\dots\dots (21)$$

I. Super Kapasitor

Superkapasitor merupakan terobosan baru di dunia piranti penyimpan energi yang memiliki rapat daya yang besar, kapasitas penyimpanan muatan yang sangat besar, proses pengisian-pengosongan muatan yang cepat dan tahan lama jika dibandingkan dengan kapasitor biasa (Nitin Choudhary). Keunggulan tersebut menyebabkan superkapasitor telah digunakan secara luas dalam berbagai bidang seperti bidang teknologi digital, mesin listrik, peralatan militer serta luar angkasa.



Gambar 2.16 Super Kapasitor (Nitin Choudhary)

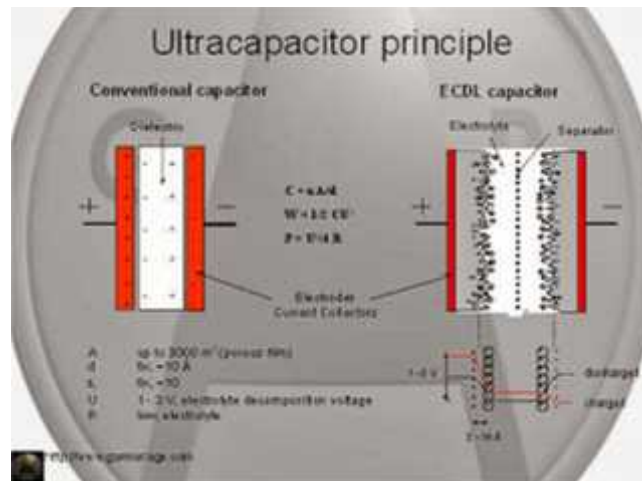
I.1 Prinsip Kerja

Dalam kapasitor konvensional seperti kapasitor keramik dan kapasitor film, energi listrik dari sebuah kapasitor yang telah dimuat disimpan dalam medan listrik statis yang meresapi dielektrik antara dua pelat logam konduksi, elektroda. Medan listrik berasal oleh pemisahan pembawa muatan dan kekuatan medan listrik yang berkorelasi dengan potensial antara dua elektroda. Total energi yang tersimpan dalam pengaturan ini meningkat dengan jumlah muatan yang tersimpan dan potensi antara pelat. Jumlah muatan yang tersimpan per unit tegangan pada dasarnya adalah fungsi dari ukuran elektroda, nilai timbal balik dari ketebalan dielektrik, dan sifat material (permitivitas) dielektrik. Potensi maksimum antara pelat, kapasitor tegangan maksimal, dibatasi oleh kerusakan kekuatan medan dielektrik itu.

Penyimpanan statis ini juga berlaku untuk kapasitor elektrolit di mana sebagian besar potensi menurun atas lapisan oksida tipis anoda. Elektrolit sebagai katoda mungkin sedikit resistif sedikit sehingga untuk " basah "

kapasitor elektrolit sejumlah kecil potensi menurun lebih dari elektrolit. Untuk kapasitor elektrolit dengan tinggi konduktif elektrolit polimer padat drop tegangan ini diabaikan.

Kapasitor konvensional juga disebut kapasitor elektrostatik. Potensi (tegangan) dari kapasitor dibebankan berkorelasi linier dengan muatan yang tersimpan.



Gambar 2.17 Prinsip Super Kapasitor (Nitin Choudhary)

Kapasitor elektrokimia sekarang adalah jenis baru dari kapasitor dengan prinsip penyimpanan energi yang lengkap berbeda. Mereka tidak memiliki dielektrik padat konvensional yang memisahkan muatan. Nilai kapasitansi super ditentukan oleh prinsip-prinsip penyimpanan muatan elektrostatik dan elektrokimia :

Penyimpanan elektrostatik energi listrik dicapai dengan pemisahan muatan dalam lapisan ganda *Helmholtz* pada antarmuka antara permukaan

elektroda konduktor dan larutan elektrolit elektrolit . Kapasitansi ini disebut *double-layer* kapasitansi .

Penyimpanan elektrokimia dari energi listrik yang menghasilkan elektron Faradaic biaya transfer reversibel pada elektroda dicapai dengan reaksi redoks dengan khusus teradsorpsi ion dari elektrolit, interkalasi atom di lapisan kisi, atau deposisi underpotential hidrogen atau logam adatoms di permukaan situs kisi. Kapasitansi Faradaic ini disebut *pseudocapacitance*.

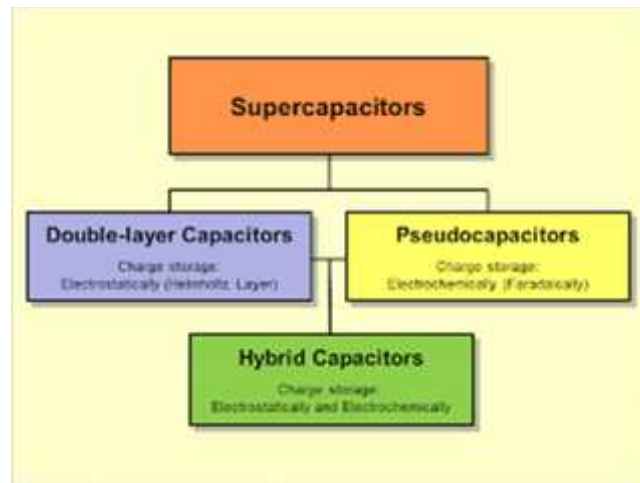
Double-layer kapasitansi dan *pseudocapacitance* keduanya memberikan kontribusi terhadap total kapasitansi super itu. Karena setiap super memiliki dua elektroda, potensi kapasitor menurun secara simetris pada kedua lapisan *Helmholtz*, dimana penurunan tegangan kecil di seberang ESR elektrolit dicapai.

Kedua penyimpanan elektrostatis energi di *Helmholtz* lapisan ganda dan penyimpanan energi elektrokimia dengan transfer biaya Faradaic adalah linear sehubungan dengan muatan yang tersimpan dalam kapasitor seperti konvensional. Perilaku linear ini berarti bahwa tegangan kapasitor adalah linear terhadap jumlah energi yang tersimpan. Gradien tegangan linier ini berbeda dengan baterai isi ulang elektrokimia , di mana tegangan terminal tetap independen dari bermuatan energi, memberikan tegangan relatif konstan.

I.2 Klasifikasi Kapasitor

Devais superkapasitor berdasarkan pada jenis elektrodanya dapat dikelompokkan menjadi aktivasi karbon, karbon aerogel, dan karbon nanotube. Berdasarkan teknologi dan nilai pasar aktivasi karbon mempunyai teknologi yang lebih sederhana dan nilai pasar yang lumayan. Bahan dasar yang dapat dijadikan sebagai sumber aktivasi karbon harus memiliki sifat-sifat: mempunyai kandungan inorganic yang rendah, mudah diperoleh dengan harga yang murah, mudah dalam penyimpanan, dan mudah diaktivasi.

Kemampuan rapat daya yang besar pada superkapasitor disebabkan oleh luas permukaan yang besar dari material elektroda. Kapasitansi tergantung pada akses ion mengisi pori-pori internal sehingga ukuran ion dan ukuran pori harus optimal. Konstruksi superkapasitor mirip dengan kapasitor biasa yang terdiri dari sepasang elektroda yang diisi dengan elektrolit dan dipisahkan dengan material dielektrik (penyekat). Penyekat itu dapat berupa membran yang memiliki bentuk yang kompak, tahan lama, dan bebas dari kebocoran. Membran ini harus bersifat semi-permeabel sehingga memungkinkan pergerakan ion elektrolit antara kedua elektroda.



Gambar 2.18 Klasifikasi Kapasitor (Nitin Choudhary)

Dalam jangka waktu relatif singkat, membran elektrolit dapat mengalami perubahan bentuk (*swelling*) karena sifatnya yang peka terhadap kelembaban, perubahan pH, temperatur dan radiasi elektromagnetik. Hal ini menyebabkan penurunan kekuatan mekanik dan mengganggu mobilitas ion-ion. Untuk itu diperlukan ikatan yang kuat pada rantai polimer.

Salah satu elektroda yang banyak digunakan pada superkapasitor adalah nanopori karbon yang merupakan karbon aktif yang memiliki pori dalam skala nanometer. Distribusi pori yang besar pada nanopori karbon menyebabkan elektroda ini memiliki luas permukaan yang besar. Nanopori karbon juga memiliki keunggulan lain yaitu mudah diproduksi, mudah terpolarisasi, stabil terhadap senyawa asam atau basa dan murah karena ketersediaan sumber karbon sangat melimpah. Hampir semua material organik di alam mengandung karbon, antara lain tempurung kelapa, biji kopi, gula tebu, biji kopi, bambu, kayu dan lainnya. Nanopori karbon dihasilkan

melalui dekomposisi sumber karbon dan proses aktivasi secara fisika melalui pemberian gas maupun aktivasi kimia dengan menyisipkan senyawa kimia (interkalasi).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Waktu yang ingin dicapai pada perancangan dan penelitian ini selama 1 bulan dari tanggal 10 april 2018 sampai tanggal 3 mei 2018 untuk mesin penyebar pupuk padi.

2. Tempat penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar dan sawah di gowa.

B. Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam perancangan dan penelitian rancang bangun penyebar pupuk padi menggunakan generator sinkron, yaitu :

1. Studi pendahuluan

Mengadakan bimbingan dengan dosen pembimbing mengenai judul dan topik pembahasan yang diarahkan untuk dapat menganalisis rancangan generator sinkron eksitasi sendiri dan sistem kerja penyebaran pupuk padi disawah.

2. Data kepustakaan

Pengumpulan data-data dengan jalan membaca dan mempelajari berbagai literatur-literatur, tulisan- tulisan, dan bahan- bahan kuliah yang

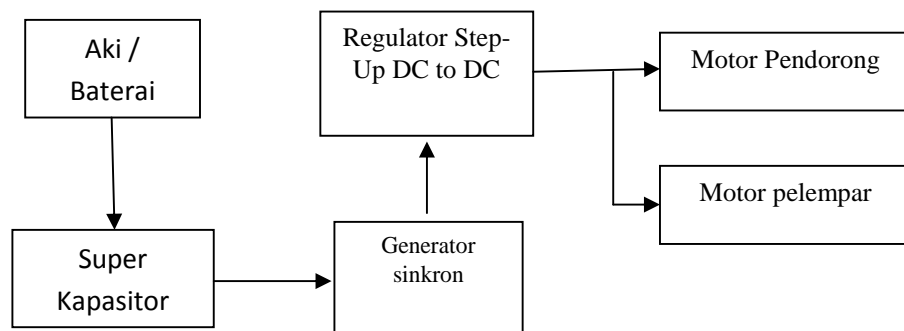
diperoleh selama mengikuti perkuliahan guna memperoleh landasan teori yang berkaitan dengan materi yang menjadi pembahasan dalam penulisan tugas akhir ini.

3. Penelitian Lapangan (*field research*)

Penelitian yang dilakukan secara langsung terhadap objek penelitian yaitu penyebaran pupuk pada padi menggunakan generator sinkron eksitasi sendiri.

4. Tahap Perancangan

Dalam perancangan alat tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun Mesin Penyebaran Pupuk Padi Menggunakan Generator Sinkron Eksitasi Sendiri”.maka dibuat blok diagram ditunjukkan pada gambar 3.1 dibawah ini :



Gambar 3.1 Blok diagram alat

Pada gambar 3.1 menjelaskan bahwa generator sinkron disini menggunakan motor alternator 12 VDC dan generator satu fasa dengan menghasilkan tegangan VDC. Eksitasi sendiri pada generator sinkron itu terdapat pada kumparan medan generator dimana tegangan yang dihasilkan generator menyuplai kembali ke generator itu sendiri.

Regulator step-up dc to dc berfungsi untuk menaikkan tegangan yang dihasilkan generator yang kemudian menyimpan ke aki dan super kapasitor. Penggerak pemula dari generator sinkron itu dari tegangan super kapasitor sedangkan aki berfungsi sebagai penggerak motor pendorong dan pelempar pupuk pada mesin.

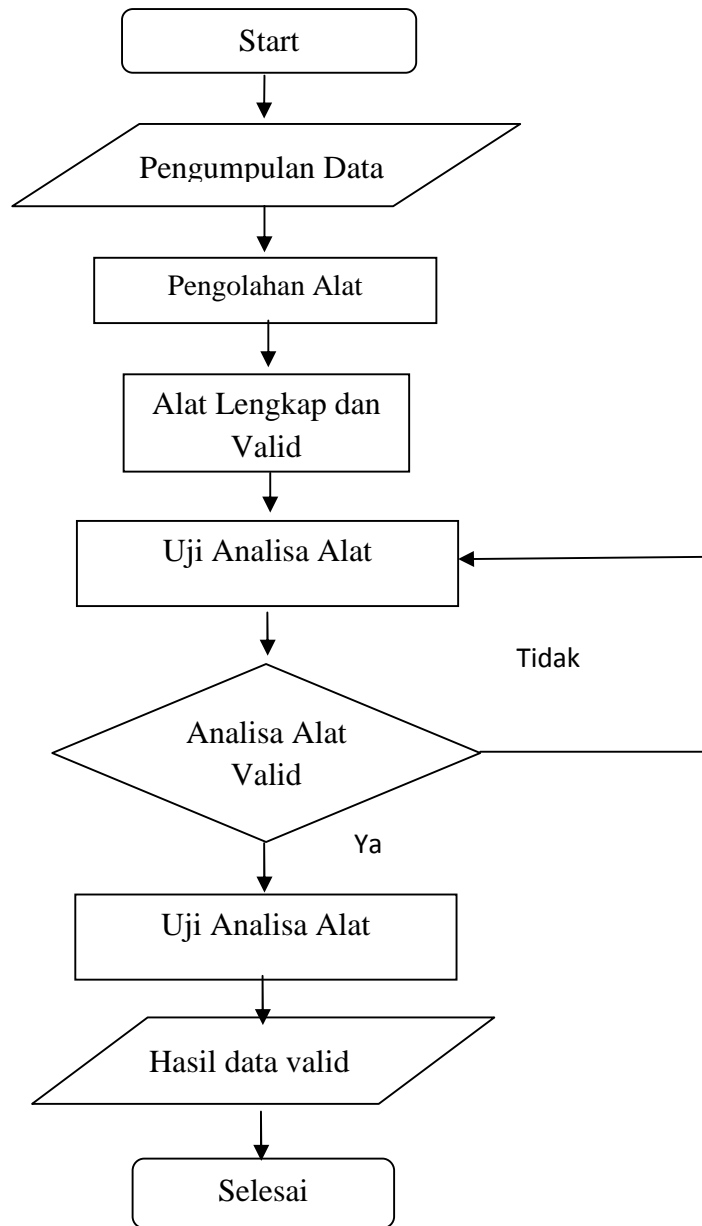
Langkah awal dilakukan dalam rancang bangun mesin penyebar pupuk berbasis generator sinkron eksitasi sendiri adalah merancang generator sinkron satu fasa dan merancang sistem kontrol eksitasi pada generator agar terjadi eksitasi sendiri pada generator. Selanjutnya melakukan rancangan mesin pupuk dengan menggunakan beban motor DC.

1. Rancangan Generator Sinkron dengan Eksitasi sendiri

Pada percobaan generator sinkron dengan eksitasi sendiri, rotor di putar dengan oleh mesin penggerak. Kumparan medan diberi arus searah, sedangkan super kapasitor dan aki akan bekerja dengan waktu yang telah ditentukan untuk sumber awal dalam generator. Pada percobaan ini mesin sinkron akan bekerja sebagai generator dan mesin penggerak mulanya digunakan motor DC. Dengan memberikan putaran pada rotor generator sinkron dan rotor diberi arus I, maka tegangan akan terinduksikan dengan kumparan jangkar yang terdapat di stator. Bila generator sinkron dalam keadaan berputar maka arus pada generator satu fasa akan mengalir pada aki dan super kapasitor. Oleh karena itu dalam keadaan beberapa detik generator sinkron akan eksitasi sendiri.

2. Rancangan Mesin Pupuk

Pada percobaan rancangan mesin pupuk untuk menggunakan 2 motor DC dan beberapa rangkaian pengatur kecepatan motor. Motor yang akan digunakan memiliki fungsi sebagai pendorong pupuk dan pelempar pupuk. Motor pendorong terpasang disamping box penampungan pupuk dan rotor pada motor mendorong dimasukkan pada box penampungan agar pupuk dapat bergerak kebawah box pada saat motor dihidupkan. Motor pelempar terpasang pada bagian bawah box guna ketika pupuk turun kebawah box ada wadah penampung yg bergerak untuk melempar pupuk. Pembuat alat pengontrol kecepatan pupuk digunakan untuk mengontrol jauhnya pupuk tersebar.



Gambar 3.2 Flowchart Perancangan

C. Alat dan Bahan Perancangan

Adapun alat-alat yang sangat penting dalam perancangan mesin pupuk berbasis generator sinkron eksitasi sendiri adalah sebagai berikut :

a. Alat

Tabel 3.1 Alat yang di gunakan dalam penelitian

No	Alat	Jumlah
1	Obeng	1 buah
2	Tang kombinasi	1 buah
3	Fiber	1x1 Meter
4	Bor	1 buah
5	Mistar	1 buh
6	Gergaji kayu	1 buah
7	Gergaji besi	1 buah
8	Tachometer	1 buah

b. Bahan

Tabel 3.2 Bahan yang di gunakan dalam penelitian

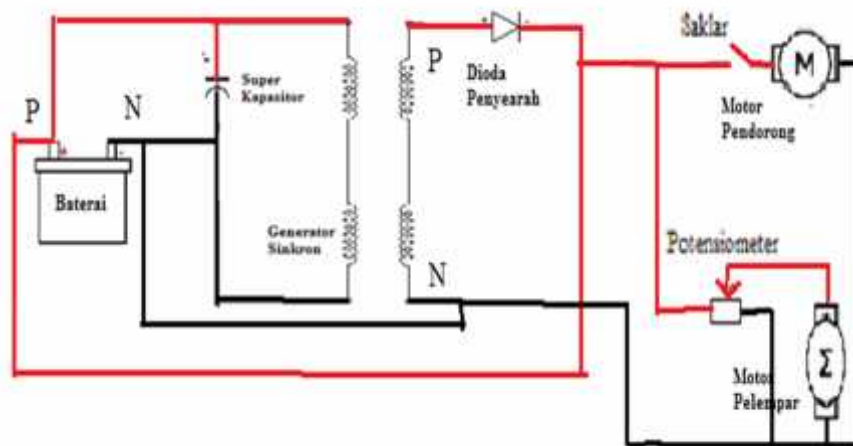
No	Bahan	Jumlah
1	Generator Sinkron	2 buah
2	Motor DC 100RPM	2 Buah
3	Super Kapasitor	2 Buah
4	Aki	1 Buah
5	Regulator Step-Up	1 Buah
6	Rangkaian Pengatur RPM	1 Buah
7	Kabel	Secukupnya
8	Saklar	2 Buah

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS

A. Mesin Penyebar Pupuk berbasis Generator Sinkron dengan Eksitasi Sendiri

Untuk rancangan mesin penyebar pupuk berbasis generator sinkron dengan eksitasi sendiri yaitu menggunakan alat-alat kontrol seperti saklar dan rangkaian potensiometer ke beban berupa motor pendorong dan motor pelempar pupuk.



Gambar 4.1 Rangkaian mesin peyebaran pupuk

Rangkaian generator sinkron eksitasi sendiri dimana menggunakan dua motor DC sebagai alternator dan generator. Penyuplai energi listrik awal untuk menggerakkan generator sinkron yaitu dari baterai kemudian dihubungkan ke super kapasitor untuk menaikkan arus listrik ke kumparan medan motor alternator. Pada kumparan generator sinkron menghasilkan energi listrik yang

kemudian dibuatkan dioda sebagai penyearah listrik agar dapat menyimpan energi listrik ke baterai kembali.

Rancangan mesin penyebaran pupuk menggunakan beberapa modifikasi rangkaian motor. Motor pendorong berfungsi sebagai mendorong pupuk-pupuk menuju ke motor pelepasan dengan menggunakan saklar sebagai pengaktifan motor, sedangkan pada motor pelepasan berfungsi sebagai penyebaran pupuk ketanaman padi. Jarak penyebaran pupuk pada mesin tergantung pada kecepatan putaran motor pelepasan sehingga menggunakan rangkaian potensiometer sebagai pengatur kecepatan motor pelepasan. Tegangan yang digunakan pada kedua motor sebesar 5 VDC.



Gambar 4.2 Bentuk fisik mesin penabur pupuk

B. Hasil Pengujian Alat

B.1 Percobaan Generator Sinkron

Pengujian generator sinkron terlebih dahulu tanpa beban dengan sumber energi listrik dari aki. Setelah itu dilakukan eksitasi sendiri pada generator sinkron pengujian ini dilakukan untuk membandingkan kecepatan dan tegangan yang dihasilkan generator sinkron.

Tabel 4.1 Data hasil percobaan generator sinkron

No.	Generator Sinkron	Kecepatan (rpm)	Tegangan keluaran (V)
1	Tanpa beban	125	12,3
2	Eksitasi Sendiri	102	9,8

Dari hasil percobaan menggunakan alat pengukuran *Tachometer Contact* untuk mengukur kecepatan pada generator sinkron dan *Voltmeter* untuk mengetahui perubahan tegangan dan kecepatan motor yang dihasilkan generator sinkron tanpa beban dan eksitasi sendiri.

Sehingga percobaan generator sinkron tanpa beban sebelum eksitasi sendiri menghasilkan putaran 125 rpm dengan tegangan yang dihasilkan 12,3 volt. Setelah dibuatkan rangkaian agar generator sinkron bereksitasi sendiri menghasilkan putaran generator 102 rpm dengan tegangan yang dihasilkan 9,8 volt.

B.2 Pengujian Mesin Penabur Pupuk

Pengujian dilakukan dengan membandingkan alat mesin penebar pupuk dengan penebar pupuk biasa yang dilakukan oleh para petani. Luas area sawah dalam melakukan pengujian alat 100 m² dan 200 m². Pengujian ini untuk mengetahui berapa lama waktu yang digunakan oleh mesin dan jumlah pupuk yang digunakan. Waktu pengujian dilakukan pada tanggal 25 april 2018 dipersawahan gowa.

Pegujian pertama dilakukan menggunakan alat manual yang biasa dilakukan oleh petani pada tanggal 25 april 2018.

Tabel 4.2 Hasil Mengujian Alat Manual Petani

No.	luas area sawah (m ²)	Data Hasil Pengujian	
		pemakaian pupuk (kg)	waktu pemupukan (S)
1	100	3	1200
2	200	5	1800

Dari tabel 4.2 menunjukkan pemakaian pupuk pada area luas sawah 100 m² sekitar 3 kg dengan waktu yang ditempuh dalam pemupukan 1200 detik dan luas sawah 200 m² pemakaian pupuk 5 kg dengan waktu 1800 detik.

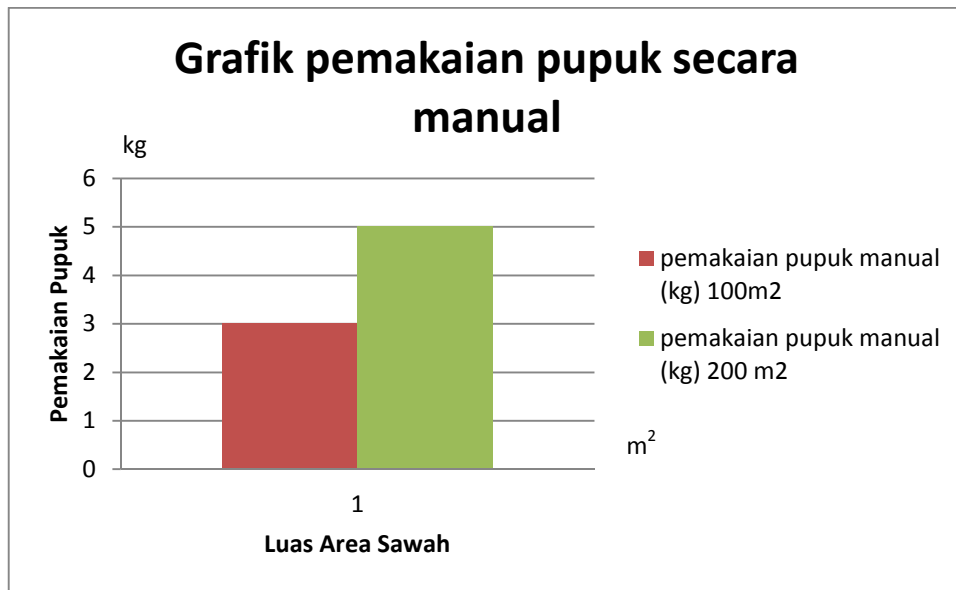
Selanjutnya dilakukan pengujian alat mesin penebar pupuk dengan dengan beberapa kecepatan putaran motor penaburan pupuk.

Tabel 4.3 hasil mengujian mesin

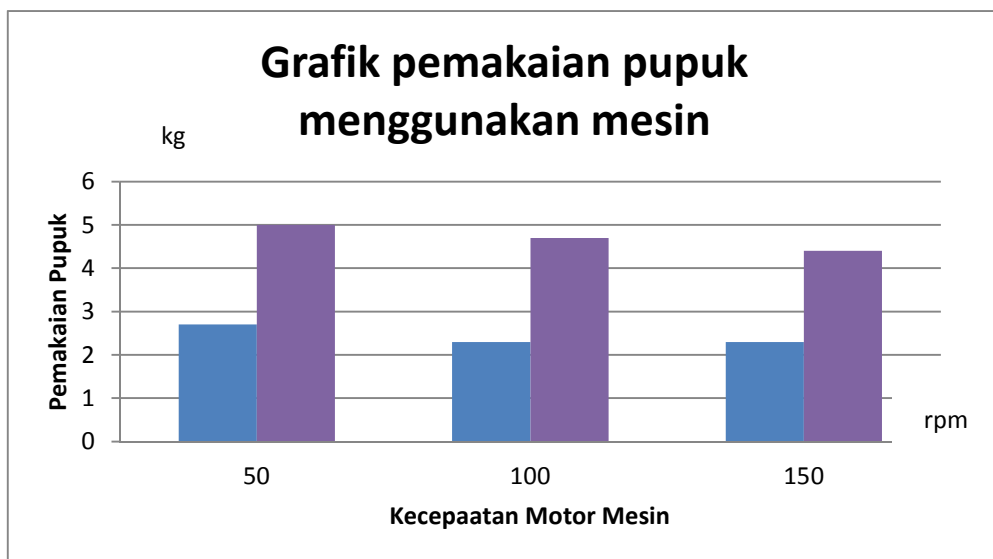
luas area sawah (m ²)	Data Hasil Pengujian		
	kecepatan motor (rpm)	pemakaian pupuk (kg)	waktu pemupukan (S)
100	50	2,7	1300
	100	2,3	1100
	150	2,3	1000
200	50	5	2000
	100	4,7	1600
	150	4,4	1500

Hasil pengujian alat mesin pada luas area sawah 100 m² dengan mengatur kecepatan putar mesin 50 rpm pemakaian pupuk 2,7 kg dengan waktu yg ditempuh 1300 detik. Kemudian menaikkan kecepatan motor penabur pupuk sampai 150 rpm pemakaian pupuk berkurang sampai 2,3 kg dan waktu pemupukan semakin cepat selesai sekitar 1000 detik. Sedangkan pada area sawah 200 m² putaran motor awal 50 rpm, pemakaian pupuk 5 kg dengan waktu yang ditempuh 2000 detik. Setelah dinaikkan kecepatan motor penabur sampai 150 rpm pemakaian pupuk berkurang sampai 4,4 kg dengan waktu yang digunakan 1500 detik.

Dari hasil pengujian alat dapat dibuatkan perbandingan pemakaian pupuk yang dilakukan secara manual dengan menggunakan mesin dan perbandingan waktu yang digunakan dalam penaburan pupuk.



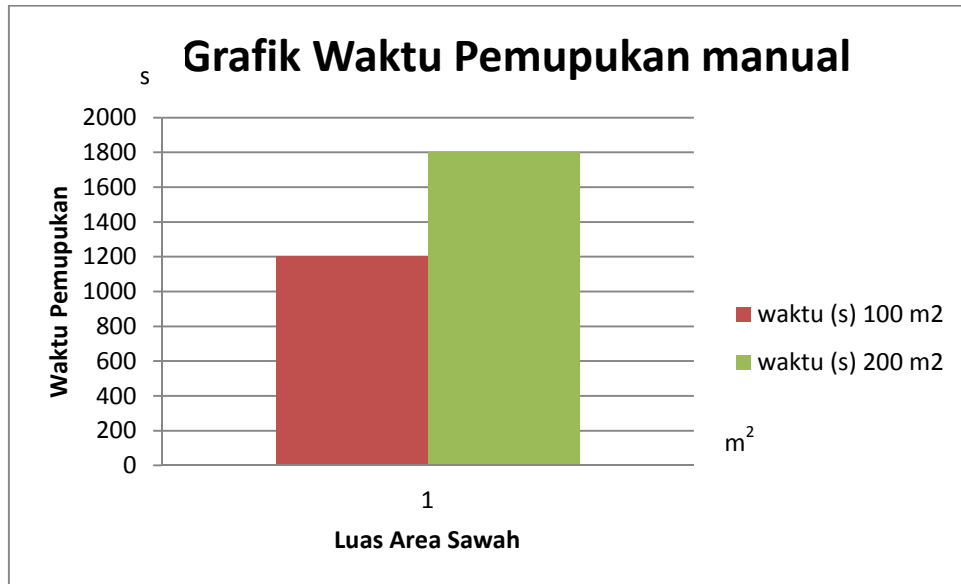
Gambar 4.3 Grafik pemakaian pupuk secara manual



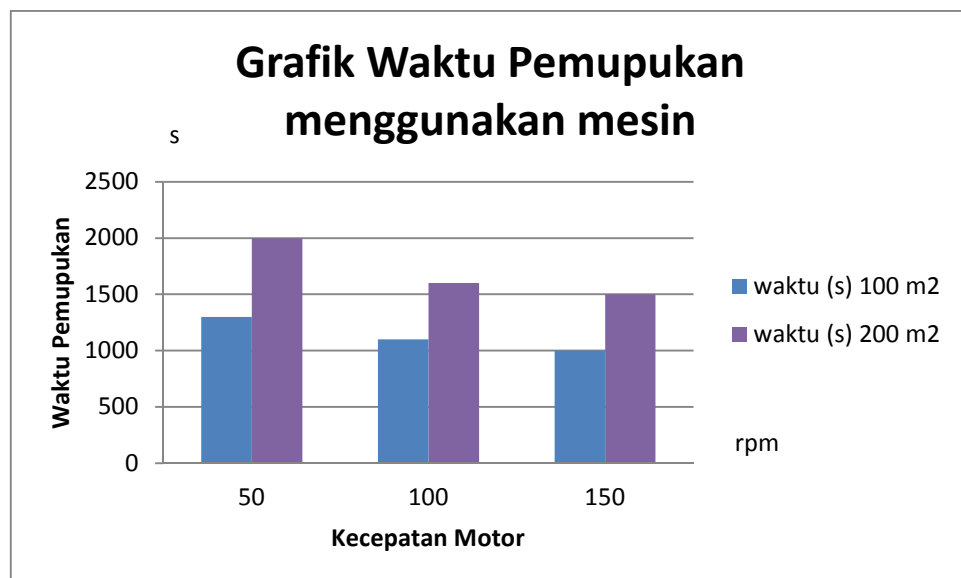
Gambar 4.4 Grafik pemakaian pupuk menggunakan mesin

Pada gambar 4.3 dan 4.4 grafik perbandingan pemakaian pupuk menggunakan alat manual dengan mesin dapat terlihat jelas, pemakaian pupuk manual pada luas area sawah 100 m² sampai 3 kg sedangkan menggunakan mesin

pemakaian pupuk tidak sampai 3 kg. Sehingga dapat menghemat biaya dalam pemakaian pupuk.



Gambar 4.5 Grafik perbandingan waktu pemupukan



Gambar 4.6 Grafik perbandingan waktu pemupukan

Pada gambar 4.5 dan gambar 4.6 grafik perbandingan waktu yang dilakukan dalam pemupukan pada luas sawah 100 m^2 menempuh 1200 detik jika dilakukan secara manual sedangkan dengan menggunakan mesin waktu yang dibutuhkan sampai 1000 detik. Pada area sawah 200 m^2 waktu yang digunakan dalam pemupukan manual 1800 detik, sedangkan menggunakan mesin dapat menghemat waktu sekitar 300 detik. Sehingga dengan menggunakan mesin para petani bisa menghemat waktu pekerjaan dalam pemupukan.

C. Perhitungan Frekuensi generator

C.1 Pada saat tidak eksitasi sendiri

Frekuensi generator sinkron yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kecepatan putaran rotor dan jumlah kutub magnet pada generator. Jumlah kutub pada generator ada 2 kutub. Generator tidak eksitasi sendiri atau tanpa beban pada saat pengukuran menghasilkan kecepatan generator 125 rpm sehingga dapat dapat diketahui frekuensinya sebagai berikut .:

Diketahui kecepatan generator :125 rpm

Jumlah kutub : 2 kutub

Maka :

$$f_e = \frac{N}{1} \dots\dots\dots (2)$$

$$f_e = \frac{1 \times 2}{1}$$

$$f_e = \frac{2}{1}$$

$$f_e = 2,083 \text{ Hz}$$

C.2 Frekuensi pada saat eksitasi sendiri

Frekuensi yang dihasilkan generator sinkron sangat dipengaruhi oleh kecepatan putaran rotor dan jumlah kutub magnet pada generator. Jika beban generator berubah, akan mempengaruhi kecepatan rotor generator. Perubahan kecepatan rotor ini secara langsung akan mempengaruhi frekuensi yang dihasilkan generator.

Pada saat percobaan generator eksitasi sendiri kecepatan putar generator berubah menjadi 102 rpm sehingga frekuensi generator saat eksitasi sendiri dapat diketahui sebagai berikut :

Kecepatan putar generator (n) = 102 rpm

Jumlah kutub (p) = 2 kutub

Maka :

$$f_e = \frac{N}{1} \dots\dots\dots (2)$$

$$f_e = \frac{1 \times 2}{1}$$

$$f_e = \frac{2}{1}$$

$$f_e = 1,7 \text{ Hz}$$

Pada hasil perhitungan frekuensi generator sinkron tidak eksitasi sendiri menghasilkan frekuensi 2,08 Hz sedangkan saat eksitasi sendiri frekuensi

yang dihasilkan generator sebesar 1,7 Hz. Sehingga dapat dilihat perbandingan frekuensi generator sinkron tidak eksitasi sendiri dan saat eksitasi sendiri.

D. Pembahasan

Setelah dilakukan pengujian alat generator sinkron dan mesin penyebar pupuk selama beberapa hari menunjukkan hasil tegangan generator sinkron berpengaruh pada kecepatan putar generator ketika tanpa beban dan bereksitasi sendiri.

Pada pengujian lapangan box penampung dapat menampung pupuk maksimal 11 kg. Pada saat terjadinya penyebaran pupuk jarak terlemparnya pupuk jika diatur pengontrolan kecepatan motor sampai maksimal jaraknya sampai 1 meter.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang diambil pada rancang bangun penyebar pupuk berbasis generator sinkron dengan eksitasi sendiri, setelah pengujian adalah:

1. Pemakaian pupuk manual pada luas area sawah 100 m^2 yaitu 3 kg sedangkan menggunakan mesin pemakaian pupuk tidak sampai 2,7 kg. Sehingga dapat menghemat biaya dalam pemakaian pupuk sedangkan perbandingan waktu yang dilakukan dalam pemupukan pada luas sawah 100 m^2 menempuh 1200 detik jika dilakukan secara manual sedangkan dengan menggunakan mesin waktu yang dibutuhkan sampai 1000 detik.
2. Generator sinkron sebagai sumber energi listrik bisa dimanfaatkan pada alat mesin penyebar pupuk padi.
3. Kecepatan generator sinkron saat tidak eksitasi sendiri menghasilkan 125 rpm sehingga frekuensi generator sinkron 2,083 Hz sedangkan generator sinkron saat eksitasi sendiri menghasilkan kecepatan 102 rpm dan frekuensi generator sinkron 1,7 Hz.

B. Saran

Setelah melakukan penelitian diperoleh beberapa hal yang dapat dijadikan untuk melakukan penelitian lebih lanjut, yaitu:

1. Rancangan generator sinkron eksitasi sendiri ini pada penelitiannya selanjutnya dimanfaatkan pada mesin-mesin yang lainnya yang berskala tegangan vdc.
2. Sebaiknya menggunakan generator yang menghasilkan energi listrik diatas 12 vdc agar dapat digunakan pada mesin penyebar pupuk padi skala besar.
3. Pada saat terjadinya eksitasi sendiri sebaiknya menggunakan aki 12 vdc dengan arus yang lebih besar agar generator sinkron bekerja lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih S., M. Soepartini, A. Kusno, Mulyadi, dan W. Hartati. 1994. *Teknologi untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Sawah dan Lahan Kering*. Prosiding Temu Konsultasi Sumberdaya Lahan Untuk Pembangunan Kawasan Timur Indonesia di Palu 17 – 20 Januari 1994.
- Drs.Sutomo, M.A, *Motor Listrik Arus Bolak Balik*. Yogyakarta: Andi offset
- Fitzgerald, A.E. dkk. 1997. *Mesin-Mesin Listrik, Edisi Keempat*. Ahli Bahasa oleh Ir. Djoko Achyanto, M.Sc.EE. Jakarta : Erlangga.
- Hasyim Asy'ari, Jatmiko, Aziz Ardiyatmoko. 2012. *Desain Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Atau Bayu (PLTB)*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Margana, Oong Iban S. 2009. *Perancangan dan Pembuatan Generator Aksial Putaran Rendah dengan Kontrol Switch Proses Charging*. Universitas Muhammadiyah Malang
- Muslim, H. Soepari. 2008. *Teknik Pembangkit Listrik, Jilid 1,2 dan 3*. Departemen Pendidikan Nasional.
- Stevenson, William Jr. 1984 *Analisis Sistem Tenaga Listrik, Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga.
- Sumanto, DRS. 1993. *Motor Listrik Arus Bolak- Balik*, Edisi Pertama, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
- Suyoso. 2003. *Common Textbook Listik Magnet*. Jakarta: JICA IMSTEP
- Tjahjohutomo R., C.Y. Purwanta, D.A. Nasution. 1994. *Rekayasa dan Rancang Bangun Alat Pembenam Pupuk Urea Bentuk Tablet*. Laporan Akhir Kegiatan Penelitian TA 1993/1994, Balai Besar Pengembangan Alat dan Mesin Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Serpong. (Unpublished).
- Zainal Abidin, *motor induksi tiga fasa*, Diakses dari [http://bungaelin19.blogspot.com /2013/02/motor-induksi-3-fasa.html](http://bungaelin19.blogspot.com/2013/02/motor-induksi-3-fasa.html), pada tanggal 17 april pukul 22.03