



YAYASAN BRATA BHAKTI JAWA-TIMUR
UNIVERSITAS BHAYANGKARA SURABAYA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
(LPPM)

Jalan Ahmad Yani 114 Surabaya, Telp. 031-8285602, 8291055, Fax. 031-8285601

SURAT KETERANGAN

Nomor : Sket/ 71 /II/2023/LPPM/UBHARA

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Drs. Heru Irianto, M.Si
NIP : 9000028
NIDN : 0714056102
Jabatan : Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
(LPPM) Universitas bhayangkara Surabaya

Dengan ini menerangkan bahwa dosen prodi Teknik elektro Universitas Bhayangkara Surabaya atas nama **Dr. Ir. Saidah, MT** benar telah melakukan kegiatan :

1. **Penelitian Fundamental** pada Penelitian Kompetitif Nasional berjudul **Kendali Lanjut Pada Penyearah Berbasis Kendali Cerdas untuk Mengatur Kecepatan Motor DC** (Tahun Kedua) dengan nilai hibah sebesar **Rp. 60.000.000 (Enam Puluh Juta Rupiah)** dari Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRPM)-Kementrian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi **Tahun Pendanaan 2016**.
2. Terlampir dalam surat keterangan berkas pendukung antara-lain: Surat Tugas, laporan akhir 100% penelitian.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk kepentingan kelengkapan pengusulan Guru Besar.



Surabaya, 31 Januari 2023

Kepala LPPM

Drs. Heru Irianto, M.Si.



YAYASAN BRATA BHAKTI DAERAH JAWA TIMUR
UNIVERSITAS BHAYANGKARA SURABAYA
FAKULTAS TEKNIK

Kampus : Jl. A. Yani 114 Surabaya Telp. 031 - 8285602, 8291055, Fax. 031 - 8285601

SURAT TUGAS

Nomor: 076 /FT/II/2016

- Pertimbangan :
- Bahwa dalam rangka pelaksanaan salah satu Tri Dharma Perguruan Tinggi dalam bidang penelitian di lingkungan Universitas Bhayangkara Surabaya.
 - Bahwa dalam rangka memperlancar pelaksanaan penelitian fundamental di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Bhayangkara Surabaya.
 - Bahwa sehubungan dengan hal tersebut diatas maka dipandang perlu untuk mengeluarkan Surat Tugas ini.

- Dasar :
- Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi.
 - Permenpan & RB Nomor 17 Tahun 2013 tentang Jabatan Fungsional dan Angka Kreditnya sebagaimana telah diubah dengan Permenpan & RB Nomor 46 Tahun 2013.
 - Statuta Universitas Bhayangkara Surabaya Tahun 2014.
 - Surat Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Nomor: 0299/E3/2016 tanggal 27 Januari 2016 tentang Penerima Hibah Penelitian dan Pengabdian Masyarakat di Perguruan Tinggi Tahun 2016.

DITUGASKAN

- Kepada :
- Dr.Ir. Saidah, MT. (Ketua)
 - Dr. Bambang Purwahyudi, ST.,MT. (Anggota I)
 - Ir. Kuspijani, M.MT. (Anggota II)

- Untuk :
- Mempersiapkan segala sesuatu yang berhubungan dengan kelancaran pelaksanaan penelitian fundamental berjudul "*Kendali Lanjut pada Penyearah Berbasis Kendali Cerdas untuk Mengatur Kecepatan Motor DC*".
 - Melaksanakan tugas ini dengan seksama dan penuh rasa tanggung jawab.
 - Tugas ini berlaku sejak tanggal ditetapkan sampai selesainya kegiatan.

Selesai.

Dikeluarkan Di : Surabaya
Pada Tanggal : 10 Pebruari 2016
Dekan.



Dr. Bambang Purwahyudi, ST.,MT.

Tembusan Kepada Yth.:

- Rektor Universitas Bhayangkara Surabaya.
- Warek I Universitas Bhayangkara Surabaya.
- Kepala LPPM Universitas Bhayangkara Surabaya.
- Yang Bersangkutan.
- Pertinggal.

Kode / nama Rumpun Ilmu :
451 / Teknik Elektro

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN FUNDAMENTAL



**KENDALI LANJUT PADA PENYEARAH BERBASIS KENDALI CERDAS
UNTUK MENGATUR KECEPATAN MOTOR DC**

TIM PENELITI

Dr. Ir. Saidah, MT (NIDN : 0712066101) (Ketua)
Dr. Bambang Purwahyudi, ST., MT (NIDN : 0025057001) (Anggota)
Ir. Kuspiani, MMT (NIDN : 0029045901) (Anggota)

UNIVERSITAS BHAYANGKARA SURABAYA
NOPEMBER 2016

HALAMAN PENGESAHAN

Judul KENDALI LANJUT PADA PENYEERAH BERBASIS KENDALI CERDAS UNTUK MENGATUR KECEPATAN MOTOR DC

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap Dr., Ir SAIDAH MT
Perguruan Tinggi · Universitas Bhayangkara Surabaya
NIDN 0712066101
Jabatan Fungsional Lektor Kepala
Program Studi · Teknik Elektro
Nomor HP 081553339064
Alamat surel (e-mail) sdhbaisa61@yahoo.com

Anggota (1)
Nama Lengkap · Dr BAMBANG PURWAHYUDI ST., MT.
NIDN 0025057001
Perguruan Tinggi · Universitas Bhayangkara Surabaya

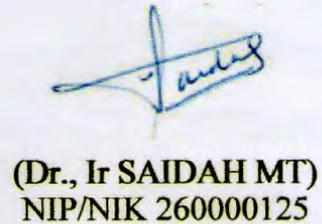
Anggota (2)
Nama Lengkap Ir KUSPIJANI M.MT
NIDN · 0029045901
Perguruan Tinggi Universitas Bhayangkara Surabaya
Institusi Mitra (jika ada)
Nama Institusi Mitra -
Alamat -
Penanggung Jawab -
Tahun Pelaksanaan · Tahun ke 2 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan Rp 60.000.000,00
Biaya Keseluruhan Rp 125.000.000,00

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



(Dr. Bambang Purwahyudi, ST., MT)
NIP/NIK 197005252005011003

Surabaya, 27 - 11 - 2016
Ketua,



(Dr., Ir SAIDAH MT)
NIP/NIK 260000125

Menyetujui,
Kepala LPPM



(Drs. Ec. Nurul Qomari, M.Si)
NIP/NIK 8900014

RINGKASAN

Penelitian ini berangkat dari latar belakang semakin luasnya penggunaan rangkaian elektronika daya terutama penyearah untuk berbagai aplikasi di industri. Penyearah tiga fasa sebagai perangkat untuk mengkonversi sumber tegangan AC menjadi sumber DC, sering dijumpai secara luas untuk berbagai aplikasi di industri sebagai sumber DC, UPS, pada sistem transmisi DC, pengatur kecepatan motor DC dan lain lain. Di industri, hampir 70 % energi listrik digunakan untuk menggerakkan motor listrik. Banyaknya penggunaan motor dengan kecepatan bervariasi telah menggerakkan penelitian ini untuk membahas tentang penyearah yang digunakan sebagai pengatur kecepatan motor DC. Untuk mengatur kecepatan motor DC diperlukan tegangan DC stabil bervariasi.

Penyearah terdiri dari saklar-saklar sehingga penggunaan penyearah akan menghasilkan harmonisa arus (THD arus) pada sisi masukan (jaringan PLN) dan pada sisi keluaran tegangan DC yang dihasilkan menjadi tidak stabil dengan riak tinggi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan kendali yang tepat pada penyearah sehingga dapat memperbaiki kinerjanya. Penyearah merupakan sistem nonlinier, sehingga kendali yang tepat adalah kendali nonlinier berbasis cerdas yaitu kendali fuzzy. Selama ini diperlukan dua buah kendali untuk memperbaiki kinerja penyearah, gabungan kendali konvensional + cerdas (PI + fuzzy). Penyearah dengan kendali ini memerlukan filter berukuran besar baik pada sisi jaringan dan pada sisi DC, sehingga memerlukan biaya yang mahal untuk implementasi. Dalam penelitian ini diusulkan metode kendali lanjut yang hanya menggunakan satu kendali fuzzy yang dapat memperkecil THD dan membuat tegangan DC tetap stabil dengan riak kecil walaupun kecepatan motor berubah-ubah. Dengan metode kendali fuzzy yang ditawarkan akan menjadi lebih sederhana, memperkecil ukuran filter, menghilangkan penggunaan sensor arus (current sensorless). Disamping itu didalam penelitian ini, digunakan teknik PWM yang sebelumnya belum pernah digunakan pada penyearah disebut *Space Vector PWM* yang dapat menghasilkan tegangan DC keluaran penyearah mencapai 90,6% dari kapasitas penyearah, dengan demikian terjadi kenaikan efisiensi sekitar 15%.

Penelitian tahun pertama menghasilkan model penyearah dengan teknik SVPWM menggunakan kendali lanjut yaitu kendali Logika Fuzzy untuk mengatur kecepatan motor DC dan melakukan uji simulasi dengan Matlab. Simulasi model dilakukan dalam kondisi normal dan gangguan artinya kecepatan motor DC dikehendaki berubah-ubah. Hasil simulasi model penyearah menggunakan logika fuzzy ini menunjukkan hasil THD rendah, power factor mendekati satu pada sisi jaringan dan yang terpenting telah menghasilkan tegangan DC yang stabil tanpa riak dan overshoot walaupun kecepatan motor DC yang dikehendaki berubah-ubah

Sedangkan penelitian tahun kedua dititik beratkan pada pengujian laboratorium dari model sistem penyearah dengan teknik SVPWM menggunakan kendali lanjut secara real time yaitu kendali Logika Fuzzy untuk mengatur kecepatan motor DC. Melakukan uji laboratorium diawali dengan uji laboratorium pada penyearah dengan teknik SVPWM, uji laboratorium pada kendali fuzzy serta uji laboratorium pada keseluruhan sistem dengan menggunakan beban motor DC. Hasil uji laboratorium dari model secara real time akan dipublikasikan pada jurnal nasional/internasional.

Kata Kunci : Penyearah, SVPWM (Space Vector Pulse Width Modulation), kendali Fuzzy

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Tujuan Khusus	2
1.3 Urgensi Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Model Penyearah Dengan Space Vector PWM (SVPWM)	4
2.2 Kendali Cerdas	5
2.3 Motor DC	8
BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	10
3.1 Tujuan Penelitian	10
3.2 Manfaat Penelitian	10
BAB IV METODE PENELITIAN	11
4.1 Bagan Alir Penelitian	12
4.2 Kegiatan-kegiatan Penelitian Tahun Pertama	13
4.3 Kegiatan-kegiatan Penelitian Tahun Kedua	14
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	16
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penyearah aktif Tiga Phasa	4
Gambar 2.2 Space Vector PWM	5
Gambar 2.3 Algoritma Space Vector PWM	5
Gambar 2.4 Struktur Dasar Kendali Logika Fuzzy	6
Gambar 2.5 Motor D.C Sederhana	8
Gambar 4.1 Roadmap Penelitian	11
Gambar 4.2 Gambar Diagram Alir Penelitian	12
Gambar 4.3 Blok Diagram Penelitian Tahun II	13
Gambar 4.4 Diagram Pengujian	15
Gambar 5.1 Rangkaian Saklar Daya untuk Pembangkitan Tegangan 3 Fase	17
Gambar 5.2 Rangkaian driver IGBT dengan menggunakan optocoupler PC923	18
Gambar 5.3 Rangkaian Driver Lengkap	18
Gambar 5.4 Perubahan sinyal masuk ke mikrocontroller	19
Gambar 5.5 Rangkaian Penggeser sinyal AC	20
Gambar 5.6 Rangkaian Penggeser Level dan Penskala Tegangan	20
Gambar 5.7 Diagram Blok MC56F8123	21
Gambar 5.8 Perhitungan Sektor dan Dutycycle	22
Gambar 5.9 Transformator 3 x 1 fase untuk penurunan tegangan	23
Gambar 5.10 Rangkaian Penggeser level sinyal tegangan 3 fase	23
Gambar 5.11 Rangkaian witching Daya 3 Fase	24
Gambar 5.12. Rangkaian Driver untuk Sistem Daya 3 fase	24
Gambar 5.13 Rangkaian Mikroprosesor MC56F832	25
Gambar 5.14 Rangkaian Lengkap Inverter Daya 3 fase	26
Gambar 5.15 Bentuk Gelombang Tegangan Fase a SVPWM	26
Gambar 5.16 Bentuk gelombang tegangan masukan fasa a dan tegangan keluaran setelah lewat Filter	27
Gambar 5.17 Rangkaian uji model Penyearah tiga fasa SVPWM dengan fuzzy untuk mengatur kecepatan motor DC	28
Gambar 5.18 Grafik antara Arus efektif dari fasa A terhadap jumlah lampu	29
Gambar 5.19 Grafik Tegangan dan arus dari fasa A untuk (a) 1 Lampu , (b) 2 Lampu dan (c) 3 Lampu	30

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Listrik mempunyai peranan yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Setiap aktivitas yang dilakukan oleh masyarakat tidak terlepas dari peran listrik, seperti aktivitas rumah tangga, usaha maupun industri. Berdasarkan hasil proyeksi kebutuhan listrik dari tahun 2003 s.d. 2020 oleh Dinas Perencanaan Sistem PT. PLN dan Tim Energi BPPT, bahwa kebutuhan listrik didominasi oleh sektor industri, kemudian sektor rumah tangga, usaha, dan umum. Di industri, hampir 70 % energi listrik digunakan untuk menggerakkan motor listrik. Banyaknya penggunaan motor dengan kecepatan bervariasi telah menggerakkan para peneliti untuk mengatur kecepatan motor sesuai dengan yang diperlukan agar terhindar dari kerugian yang besar.

Motor DC merupakan salah satu jenis motor listrik yang banyak digunakan di industri. Pengaturan kecepatan motor DC dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain dengan cara mengatur tegangan terminal (tegangan DC). Pengaturan tegangan terminal pada lilitan jangkar dapat langsung digunakan untuk mengatur kecepatan pada saat pengasutan (*starting*) dan sekaligus pada saat berjalan (*running*). Pengaturan pada tegangan DC menjadi lebih mudah dan efisien jika menggunakan peralatan elektronika daya. Rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengatur kecepatan motor DC adalah penyearah.

Penyearah merupakan rangkaian yang dapat mengkonversi tegangan AC dari PLN menjadi tegangan DC. Komponen saklar pada penyearah berfungsi untuk mengendalikan tegangan DC keluaran penyearah. Cara Pengaturan tegangan keluaran DC pada penyearah dapat dilakukan dengan teknik PWM (*Pulse Width Modulation*) yaitu mengendalikan *duty cycle* saklar pada penyearah, sehingga diperoleh tegangan DC yang bervariasi.

Hal yang perlu dicermati bahwa penyearah merupakan sistem nonlinier, sehingga penggunaan penyearah akan menghasilkan harmonisa arus (THD arus) pada sisi jaringan PLN yang pada akhirnya mempengaruhi kualitas daya listrik dengan faktor daya lebih rendah dari 0,67. Sedangkan pada sisi keluaran penyearah, harmonisa menyebabkan tegangan DC menjadi tidak stabil dan terjadi riak pada tegangan. Oleh karena itu, harmonisa akibat pemakaian penyearah ini perlu dikendalikan (diperkecil sesuai dengan standart IEEE).

Penggunaan kendali yang tepat pada penyearah dapat memberikan perbaikan performa penyearah yaitu memperkecil THD dan membuat tegangan DC menjadi stabil dengan riak kecil. Kendali yang telah ditawarkan oleh peneliti sebelumnya adalah kendali linier PID. Kendali PID adalah kendali yang sederhana dan murah dalam implementasi, namun mempunyai kelemahan karena PID menggunakan algoritma *off-line tuning* dan sangat sulit digunakan dalam kondisi tegangan DC yang bervariasi. Mengingat penyearah adalah sistem nonlinier, maka kendali nonlinier adalah kendali yang sesuai untuk penyearah. Kendali nonlinier fuzzy adalah kendali cerdas yang mempunyai struktur yang sederhana dan mempunyai proses adaptif menyebabkan performa penyearah menjadi lebih baik walaupun terjadi perubahan parameter akibat adanya perubahan kecepatan motor yang bervariasi. Penggunaan logika fuzzy pertama-tama diperkenalkan dalam paper [9,10], akan tetapi untuk memperbaiki kinerja penyearah diperlukan dua kendali yaitu (Fuzzy + PID). Didalam penelitian tersebut masih diperlukan filter yang berukuran besar baik disisi masukan maupun disisi keluaran, sehingga memerlukan biaya yang mahal untuk implementasi. Dalam penelitian ini diusulkan metode kendali lanjut yang hanya menggunakan satu kendali fuzzy yang dapat memperkecil THD dan membuat tegangan DC tetap stabil dengan riak kecil walaupun kecepatan motor berubah-ubah. Dengan metode kendali fuzzy yang ditawarkan akan menjadi lebih sederhana, memperkecil ukuran filter, menghilangkan penggunaan sensor arus (current sensorless). Disamping itu untuk penghematan energi, efisiensi penyearah merupakan suatu parameter yang penting. Didalam penelitian ini, digunakan teknik PWM yang sebelumnya belum pernah digunakan pada penyearah disebut *Space Vector PWM* yang dapat menghasilkan tegangan DC keluaran penyearah mencapai 90,6% dari kapasitas penyearah, dengan demikian terjadi kenaikan efisiensi sekitar 15%.

I.2. Tujuan Khusus

- a. Menemukan model penyearah yang mempunyai efisien tinggi dengan teknik SVPWM sebagai masukan pada motor DC. Dengan membuat model penyearah yang mempunyai efisien yang tinggi, mengendalikan tegangan DC stabil dengan riak kecil serta menghasilkan THD rendah pada jaringan dapat dimanfaatkan oleh dunia industri sebagai pengatur kecepatan motor DC, pada industri yang membutuhkan supply tegangan DC. Disamping itu penyearah ini dapat membantu pemerintah dalam hal ini PLN untuk membangun transmisi sistem DC yang akan memperbaiki kestabilan sistem kelistrikan secara keseluruhan.

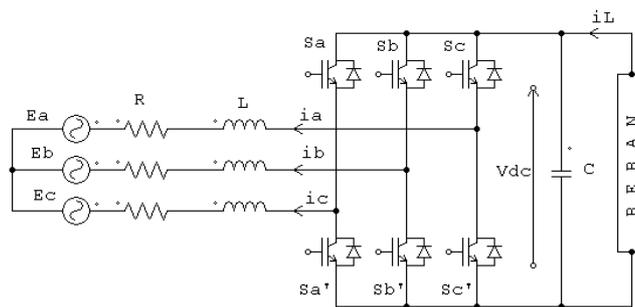
- b. Menemukan suatu metode kendali fuzzy lanjut pada penyearah yang dapat menghasilkan tegangan DC stabil dengan riak kecil, THD rendah, menggunakan filter dengan ukuran kecil dan tanpa menggunakan sensor arus. Mengembangkan Teknologi kendali pada elektronika daya ini juga terbukti membantu suksesnya otomatisasi dan program hemat energi di banyak industri.
- c. Menemukan model penyearah ideal sebagai pengatur kecepatan motor DC. Dengan semakin majunya teknologi elektronika daya dan pengendaliannya, diharapkan sistem DC akan terus semakin murah dan andal sehingga penerapannya semakin luas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Model penyearah dengan Space Vector PWM (SVPWM)

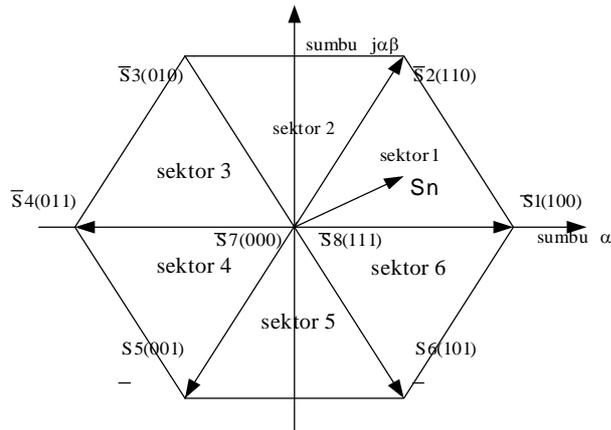
Penyearah aktif tiga fasa pada Gambar 2.1 menggunakan 6 buah saklar berupa komponen semikonduktor seperti transistor IGBT. Saklar-saklar tersebut bekerja sedemikian rupa dan memerlukan sinyal yang sesuai untuk mengatur nyala (ON) dan mati (OFF) transistor. Metode untuk mengkodekan sinyal analog menjadi durasi ON atau OFF tersebut adalah PWM. Untuk penghematan energi, efisiensi penyearah merupakan suatu parameter yang penting. Dengan metode konvensional SPWM (*Sinusoidal Pulse Width Modulation*) tegangan DC yang dihasilkan sekitar 78% dari kapasitas maksimum penyearah [K. Vinoth Kumar (2010)]. Didalam penelitian ini digunakan metode PWM yang disebut *Space Vector PWM* (SVPWM) [K. Vinoth Kumar (2010)] yang dapat menghasilkan tegangan output DC mencapai 90,6% dari kapasitas penyearah, dengan demikian terjadi kenaikan efisiensi sekitar 15%.



Gambar 2.1 Penyearah aktif Tiga Fasa

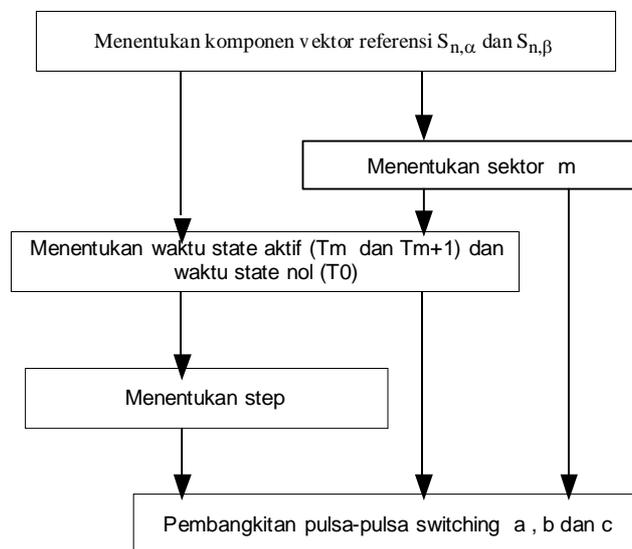
Metode SVPWM merupakan metode yang mudah diimplementasikan secara digital. Kedudukan saklar-saklar yang berpasangan (S_a dan $S_{a'}$, S_b dan $S_{b'}$, S_c dan $S_{c'}$) diatur sedemikian hingga setiap pasang tidak pernah bersama-sama ON ataupun sama-sama OFF. Artinya jika saklar S_a dalam keadaan ON, maka saklar $S_{a'}$ berada dalam keadaan OFF atau sebaliknya. Demikian pula untuk pasangan S_b dan $S_{b'}$, S_c dan $S_{c'}$.

Ada 8 kombinasi kedudukan ON-OFF dari saklar-saklar tersebut, yang dinyatakan sebagai state. ditunjukkan dalam Gambar 2.2. State 0 dan state 7 menyatakan vektor nol. State 1 – 6 adalah vektor aktif, sehingga keenam vektor state aktif tersebut membagi bidang space vector menjadi enam sektor yang sama.



Gambar 2.2 Space Vector PWM

Algoritma space vector PWM dapat dilukiskan dalam bentuk diagram alir sebagaimana terlihat pada Gambar 2.3.



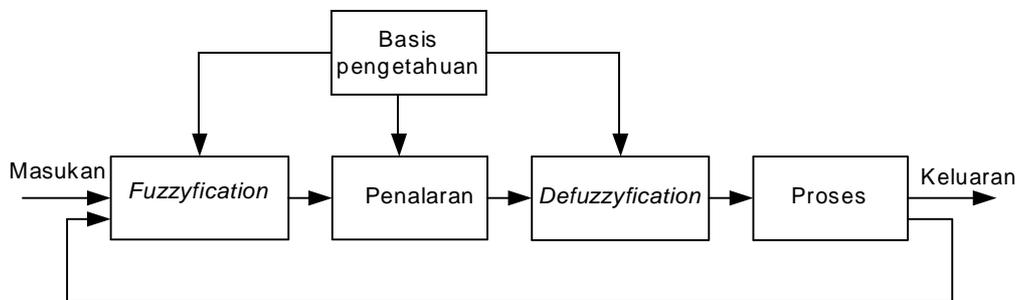
Gambar 2.3. Algoritma Space Vector PWM

2.2. Kendali Cerdas

Aplikasi kendali cerdas untuk penyearah yang telah digunakan oleh peneliti sebelumnya adalah NN (Neural Network) [Joseph Jawhar (2006)] digunakan untuk mengendalikan THD arus yang berdasarkan pada penyimpangan tegangan DC. Namun setelah dilakukan simulasi diperoleh respon yang lambat, karena kendali NN membutuhkan waktu untuk proses pembelajaran. Dalam penelitian lain, penggunaan kendali cerdas yang lebih populer adalah *Fuzzy Logic Controller* atau pengendalian logika fuzzy (FLC)[Masoud Hajihashemi (2009)] digunakan untuk mengendalikan tegangan tidak seimbang pada sisi

masukan. Didalam penelitian ini digunakan kendali cerdas berbasis logika fuzzy yang digunakan untuk mengendalikan arus jaringan berdasarkan pada penyimpangan tegangan DC terhadap referensinya. Logika fuzzy berdasarkan pada suatu sekumpulan rule (aturan) yang ditentukan oleh komposisi rule dari inference (Gambar 2.5). Fuzzy sistem merealisasikan suatu hubungan non linier diantara vector input dan output yang scalar, melalui step-step berikut :

1. *Fuzzyfication* (pembentukan himpunan fuzzy)
2. *Inference* (reasoning/penalaran)
3. *Knowledge base* (basis pengetahuan)
4. *Defuzzyfication* (penegasan)



Gambar 2.4. Struktur Dasar Kendali Logika Fuzzy

a. *Fuzzyfication* (pembentukan himpunan fuzzy)

Fuzzyfication merupakan proses untuk mengubah variable non fuzzy (variable numerik) menjadi variable fuzzy (variable linguistik). Proses transformasi dilakukan dengan cara mapping (pemetaan) ruang input variable non fuzzy ke dalam ruang input variable fuzzy dengan bantuan faktor penskala (scalling factor). Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka dari nilai-nilai masukan tersebut menjadi informasi yang berguna nantinya untuk proses pengolahan secara fuzzy pula. Proses ini disebut *Fuzzyfication*.

b. Teknik Penalaran Fuzzy (*Fuzzy Reasoning*)

Pada teknik penalaran fuzzy, terjadi pemberlakuan bahwa masukan pengukuran sistem (masukan unit pengendalian logika fuzzy) dalam domain crisp diberlakukan sebagai fuzzy tunggal (*fuzzy singleton*).

Pada umumnya aturan fuzzy dinyatakan dalam bentuk logika “Jika – Maka” yang merupakan dasar dari relasi fuzzy. Relasi fuzzy R, dalam basis pengetahuan fuzzy didefinisikan sebagai implikasi fuzzy (*fuzzy implication*).

c. Basis Pengetahuan Fuzzy

Basis pengetahuan fuzzy terdiri dari beberapa aturan fuzzy (fuzzy rule) yang dikelompokkan dalam suatu basis aturan fuzzy (fuzzy rule base). Rule base merupakan dasar pengambilan keputusan atau inference proses, untuk mendapatkan aksi keluaran sinyal kendali dari suatu kondisi masukan, yaitu x dan y, berdasarkan rule-rule yang ditetapkan.

Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi

IF x adalah A THEN y adalah B

Dengan x dan y adalah scalar, A dan B adalah himpunan fuzzy. Proposisi yang mengikuti IF disebut antesenden, sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut konsekwen.

Proposisi ini dapat diperluas dengan menggunakan operasi fuzzy, seperti :

IF (x₁ adalah A₁) • (x₂ adalah A₂) • • (x₃ adalah A₃) THEN y adalah B

Dengan • adalah operator (mis : OR atau AND)

d. Defuzzification (Penegasan)

Pada dasarnya Defuzzification adalah pemetaan ruang aksi pengendali fuzzy (domain fuzzy) ke dalam ruang aksi pengendali non fuzzy (crisp). Metode Defuzzification yang digunakan adalah pusat area (Center of Area / COA)

Metode ini didefinisikan dengan menggunakan persamaan berikut ini

$$v_0 = \frac{\sum_{k=1}^m v_k \mu_v(v_k)}{\sum_{k=1}^m \mu_v(v_k)} \tag{2.1}$$

dengan :

v₀ = tingkat kuantisasi

m = elemen ke-k

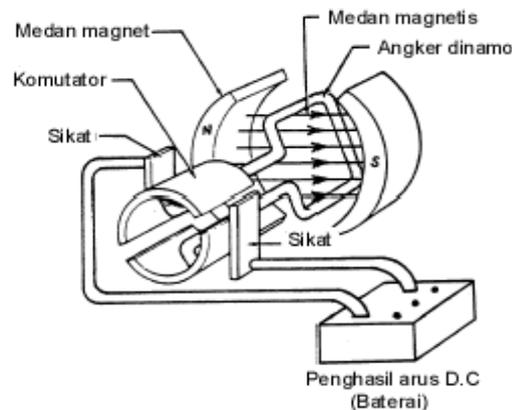
μ_k(v_k) = derajat keanggotaan elemen-elemen pada himpunan fuzzy v

V = semesta pembicaraan

2.3. Motor DC

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower*, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan,dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, *fan* angin) dan di industri.

Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.



Gambar 2.5. Motor D.C Sederhana

Catu tegangan dc dari baterai menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan.

Mengatur Kecepatan Motor DC

Berdasarkan persamaan di bawah ini :

$$E_a = C \cdot N \cdot \phi \quad (2.2)$$

Keterangan : E_b = gaya gerak listrik lawan (V)

C = konstanta

N = kecepatan putaran jangkar (rps)

ϕ = fluks magnet (Wb)

$$E_s = V_t - I_a \cdot R_a \quad (2.3)$$

Keterangan : V_t = Tegangan Terminal (V)

I_a = Arus jangkar (A)

R_a = tahanan jangkar (Ω)

Dari persamaan (2.2) dan (2.3) digabungkan diperoleh :

$$N = (V_t - I_a \cdot R_a) / (C \phi)$$

Jika flux Φ tetap dijaga konstan, dan kecepatannya berubah berdasarkan voltage (V_t). Dengan naiknya atau turunnya V_t , kecepatan motor akan naik atau turun sesuai dengan perbandingannya.

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian Tahun II ini adalah :

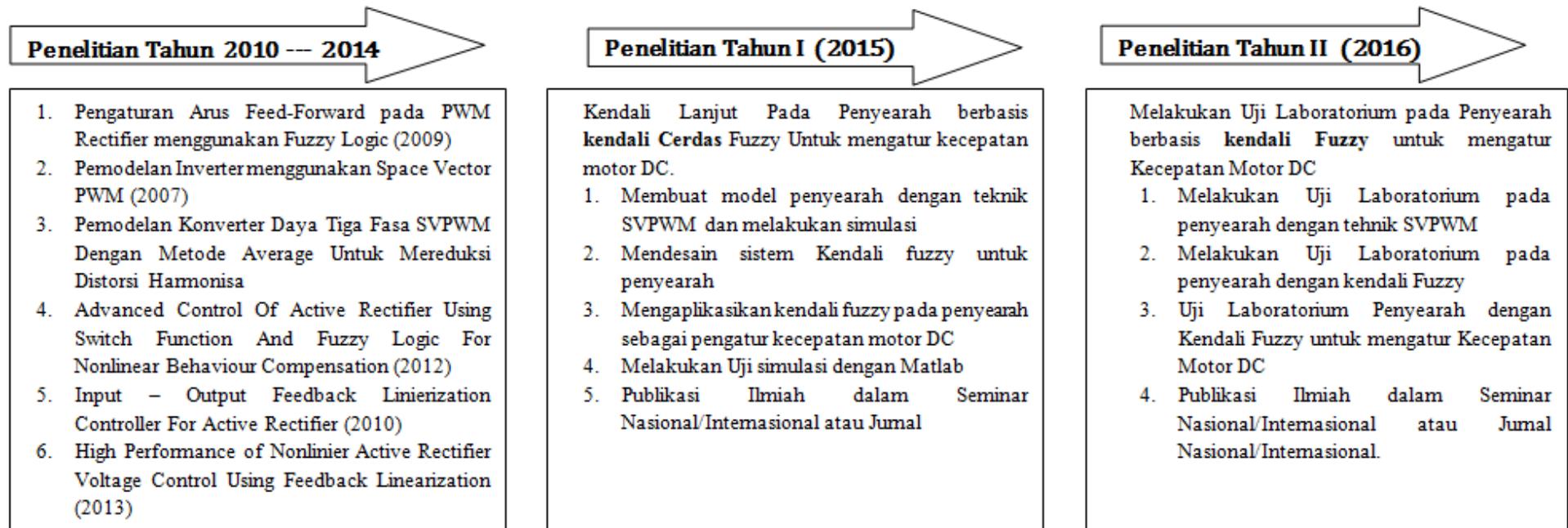
Pada penelitian tahun II akan dilakukan pengujian di laboratorium dari hasil pada tahun I. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sistem penyearah dengan kendali fuzzy sebagai kendali lanjut pada penyearah untuk memperoleh kecepatan motor DC yang bervariasi

3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat Luaran Penelitian ini Pada Tahun II antara lain :

1. Menguji di laboratorium model penyearah yang mempunyai efisien yang tinggi, mengendalikan tegangan DC stabil dengan riak kecil serta menghasilkan THD rendah pada jaringan sehingga dapat dimanfaatkan oleh dunia industri sebagai pengatur kecepatan motor DC, disamping itu penyearah ini dapat membantu pemerintah dalam hal ini PLN untuk membangun transmisi sistem DC yang akan memperbaiki kestabilan sistem kelistrikan secara keseluruhan.
2. Mengembangkan Teknologi kendali pada elektronika daya sehingga membantu suksesnya otomatisasi dan program hemat energi di banyak industri.
3. Mempublikasikan hasil penelitian dalam bentuk artikel ilmiah melalui Jurnal Internasional terindeks Scopus

BAB IV METODE PENELITIAN



Kebaharuan penelitian ini dibandingkan dengan penelitian sebelumnya :

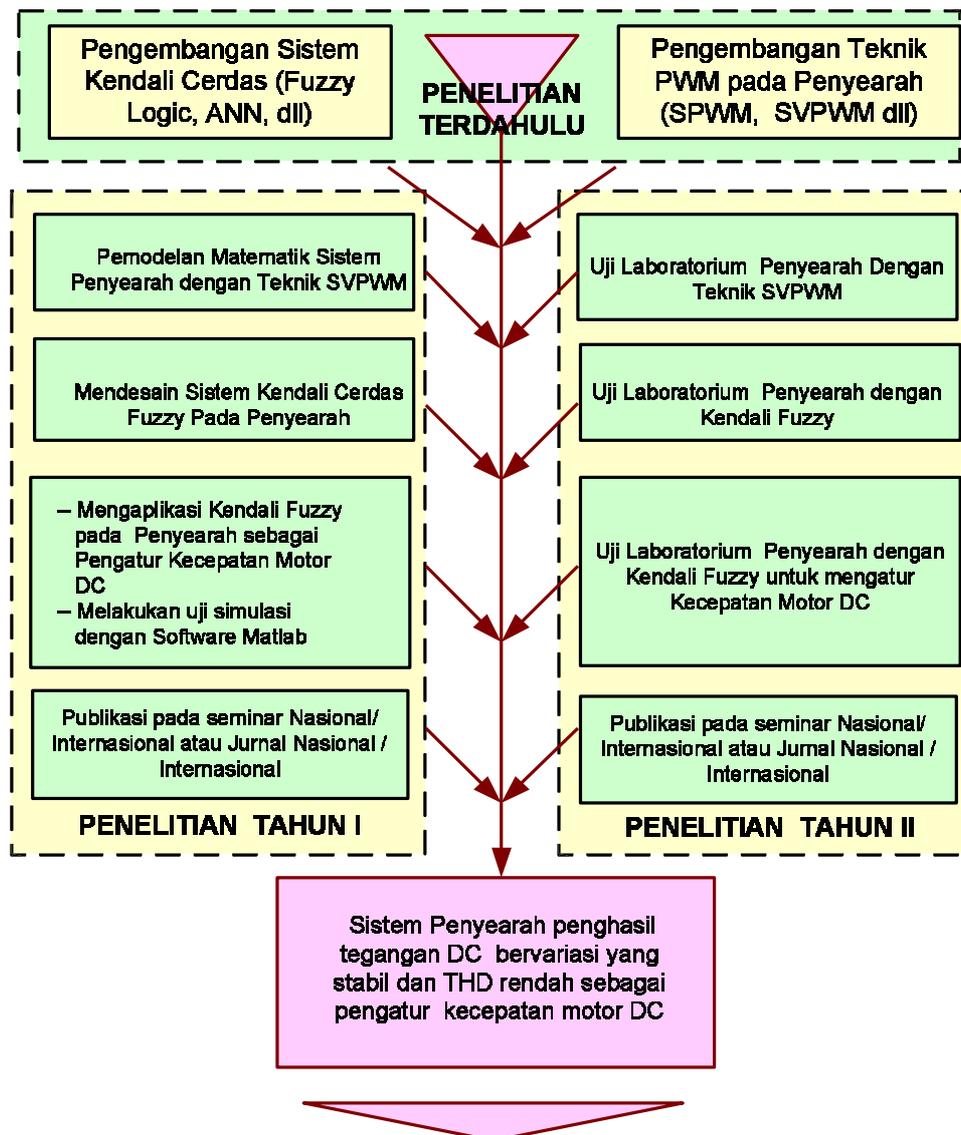
- a. SVPWM diaplikasikan pada penyearah aktif, sedangkan penelitian sebelumnya diaplikasikan pada inverter
- b. Mendesain sebuah kendali Fuzzy hanya menggunakan sebuah kendali fuzzy
- c. Dalam melakukan kendali arus tidak diperlukan sensor arus, dengan demikian akan terhindar dari sensor noise, memperkecil biaya dalam implementasi dan sekaligus mengurangi

Gambar 4.1 Roadmap Penelitian

4.1 Bagan Alir Penelitian

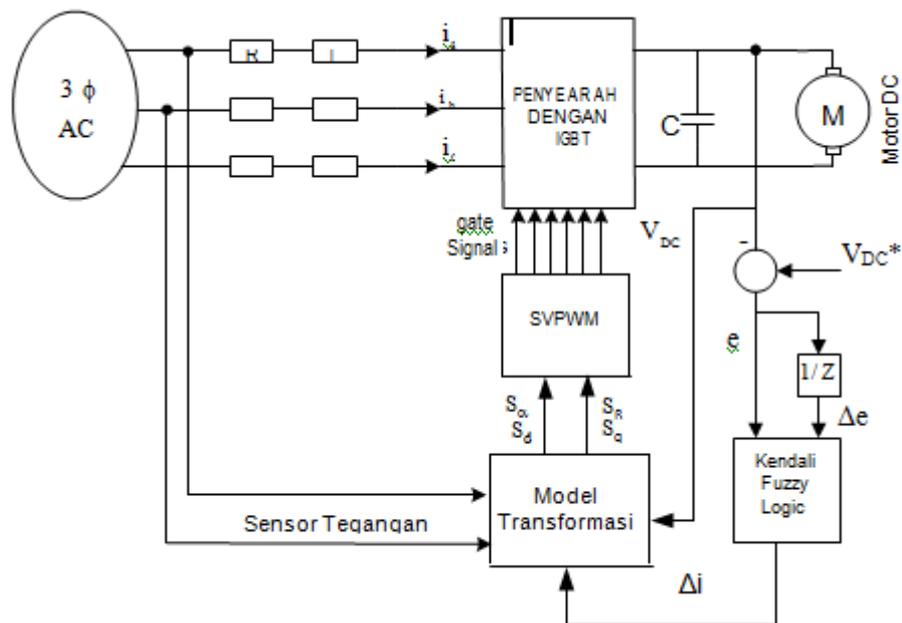
Penelitian yang diusulkan dalam proposal ini akan mengembangkan sistem Kendali yang sesuai digunakan pada penyearah sehingga mempunyai efisiensi tinggi dan mampu menghasilkan tegangan DC stabil bervariasi serta menghasilkan nilai THD rendah. Sistem penyearah ini akan digunakan sebagai pengatur kecepatan motor DC.

Penelitian ini secara keseluruhan dibagi menjadi dua tahap dan akan dilaksanakan dalam jangka waktu dua tahun. Tahapan-tahapan penelitian tersebut dituangkan berupa diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Gambar Diagram Alir Penelitian

4.2 Kegiatan-Kegiatan Penelitian Tahun Pertama



Gambar 4.3. Blok Diagram Penelitian Tahun I

1. Pemodelan Sistem Penyearah dengan Teknik SVPWM.

Melanjutkan studi pendahuluan yang telah dilakukan, penelitian pada tahun I diawali dengan pembuatan model matematik penyearah dengan teknik SVPWM. Model matematik tersebut dituangkan kedalam bentuk Matlab/Simulink.

2. Desain Kendali Cerdas Fuzzy.

Mendesain kendali Fuzzy diaplikasikan pada penyearah pada point 1. untuk dapat menghasilkan tegangan DC (V_{dc}) bervariasi dan THD (Total Harmonic Distortion) arus jaringan (Δi) mendekati nol. Kinerja logika fuzzy ini tergantung dari fungsi keanggotaanya (*membership function*). Logika fuzzy ini mempunyai dua masukan yaitu kesalahan (*error*) dan perubahan kesalahan (*delta error*) dari tegangan DC serta mempunyai satu keluaran perubahan amplitudo arus jaringan. Selanjutnya dituangkan dalam bentuk Simulink Matlab.

3. Membuat Persamaan Matematik Blok Transformasi dan beban motor DC.

Membuat persamaan matematik pada blok transformasi yang akan menghubungkan antara Fuzzy dan SVPWM pada penyearah. Kemudian dilanjutkan dengan membuat model matematik beban motor DC.

4. Pemodelan total penyearah dengan kendali Fuzzy sebagai pengatur kecepatan motor DC.

Pada tahap ini Menggabungkan point 1,2 dan 3 dalam bentuk simulink/Matlab kemudian dilakukan pengujian dengan melakukan simulasi Matlab.

5. Pengujian Simulasi sistem

Pada saat simulasi dilakukan pengamatan pada variabel tegangan DC dan THD pada kecepatan motor yang bervariasi..

6. Publikasi Ilmiah Hasil Penelitian

Mempublikasikan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan selama Tahun I dalam bentuk makalah dan diterbitkan pada jurnal nasional/Internasional.

Indikator Luaran Yang dicapai Tahun I

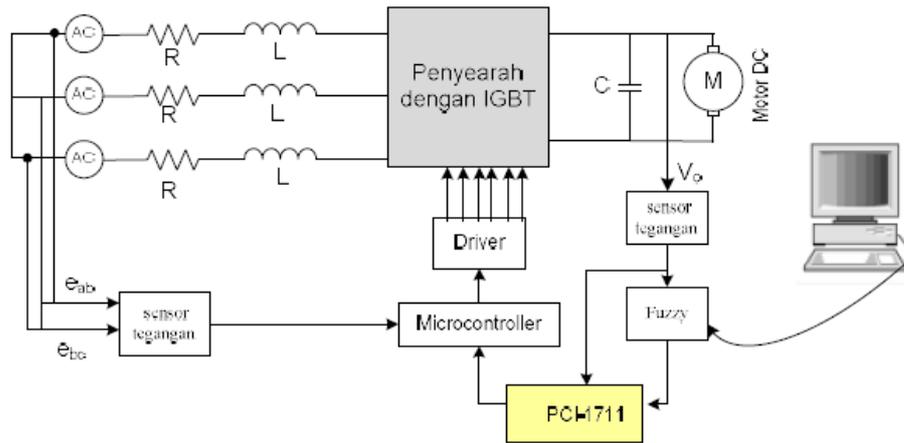
1. Ditemukannya model penyearah dengan metode kendali baru yaitu Fuzzy yang diaplikasikan sebagai pengatur kecepatan motor DC.
2. Publikasi hasil-hasil penelitian di Jurnal Internasional terindeks Scopus

4.3 Kegiatan-Kegiatan Penelitian Tahun Kedua

Pada penelitian tahun II akan dilakukan kelanjutan pengujian di laboratorium dari hasil pada tahun I. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sistem penyearah dengan kendali fuzzy. Gambar 4.4. menunjukkan diagram yang diperlukan untuk pengujian pada kendali fuzzy sebagai kendali lanjut pada penyearah untuk kecepatan motor DC. Didasarkan pada diagram alir Gambar 4.1 dan skema rancangan kendali cerdas Gambar 4.2 pada tahun II penelitian akan dilakukan kegiatan-kegiatan antara lain :

1. Pengujian penyearah dengan metode SVPWM dan kendali fuzzy

Pada pengujian ini diperlukan pembuatan penyearah tiga fasa dengan komponen saklar berupa komponen IGBT dilengkapi dengan driver tegangan tinggi kemudian dihubungkan dengan tegangan AC tiga fasa dari PLN sebagai sisi masukan dan pada sisi keluaran dihubungkan dengan kapasitor. Kemudian metode pensaklaran digunakan metode SVPWM yang tersimpan pada mikrocontroller.



Gambar 4.4 Diagram Pengujian

Kemudian dilanjutkan dengan menggabungkan penyearah tersebut dengan kendali Fuzzy yang tersimpan pada komputer dalam program Matlab melalui peralatan interface (PCI-1711) dan dirangkai membentuk rangkaian sistem penyearah berbasis kendali Fuzzy sebagai penghasil tegangan DC stabil bervariasi dan THD rendah. Pada tahap ini dapat dilakukan pengamatan pada variabel tegangan DC pada sisi output penyearah dan THD arus pada sisi jaringan.

2. Pengujian dengan beban Motor DC

Pada tahap ini dilakukan pengujian pada penyearah dengan kendali fuzzy diberi beban motor DC dan dilakukan pengamatan pada kecepatan motor DC dengan tegangan DC bervariasi.

3. Pengujian dan analisa sistem

Hasil pengujian secara real time dibandingkan dengan hasil simulasi sistem pada tahun I dan kemudian di analisa. Analisa sistem yang diusulkan didasarkan pada nilai THD dan tegangan DC stabil bervariasi.

4. Publikasi Ilmiah hasil penelitian

Pada tahap ini dibuat karya ilmiah untuk mempublikasikan hasil-hasil penelitian yang telah diperoleh pada seminar nasional internasional atau jurnal nasional/internasional. Sedangkan luaran penelitian yang diharapkan pada tahun kedua ini adalah dihasilkan hasil pengujian pada penyearah dengan kendali fuzzy sebagai pengatur kecepatan motor DC dan publikasi hasil-hasil penelitian ini di seminar nasional/internasional atau jurnal nasional/internasional.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian tahun II dilakukan proses pengujian laboratorium dari hasil tahun I yang meliputi beberapa tahap:

1. Tahap I membuat hardware three phase power Inverter SVPWM dan dilakukan pengujian
2. Tahap II membuat rangkaian penggeser level dan penskala sinyal tegangan 3 fase agar dapat diproses ke 2 fase menurut metode Clarke dalam mikrokontroler, kemudian dilakukan pengujian
3. Tahap III desain mikrokontroler dengan menggunakan MC56F8323 untuk mengolah sinyal dan proses pembuatan sinyal SVWPM, kemudian dilakukan pengujian
4. Tahap IV Desain three phase power Rectifier berbasiskan inverter
5. Tahap V Desain three phase rectifier SVPWM dengan reduksi harmonisa rendah dan menghasilkan kecepatan yang bervariasi untuk mengatur motor DC dengan Fuzzy (belum selesai)

Tahap Pertama:

1. Dalam desain Three Phase Inverter SVPWM meliputi beberapa tahap desain desain rangkaian power IGBT, dan desain rangkaian driver untuk 6 IGBT. Gambar 5.1 menunjukkan rangkaian yang dibuat.

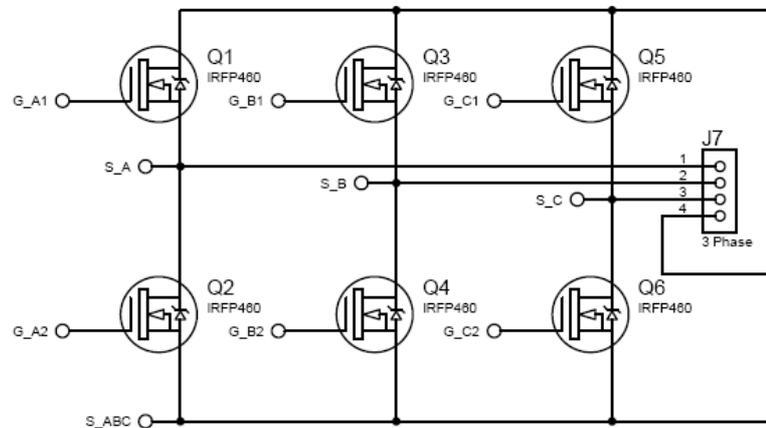
Tegangan keluaran inverter daya 3 fase adalah 25 volt dengan frekuensi 50Hz dengan daya 450VA. Sedangkan tegangan masuk adalah tegangan DC yang bervariasi antara 150V sampai 250V. Jadi daya dan arus inverter tiap fase adalah:

$$P = \frac{450}{3} = 150W$$

$$I = \frac{150}{150} = 1A$$

Perhitungan arus per fase didasarkan pada keadaan tegangan DC terendah pada daya keluaran maksimum 150W. Dengan demikian dapat IGBT yang dapat digunakan adalah type IRFP480. Untuk menyalurkan panas yang timbul akibat daya yang hilang di IGBT disini perlu ditambahkan pelat pendingin yang dipasang pada setiap IGBT yang disekat

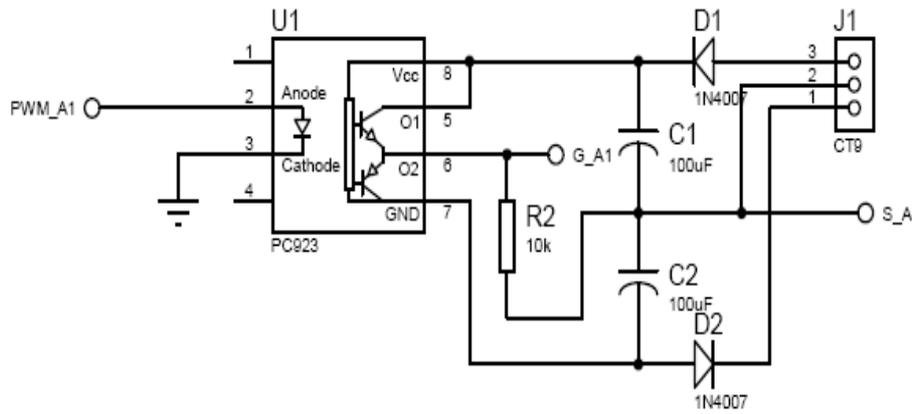
dengan bahan isolator. Pada sisi output DC perlu dipasang kapasitor 1000uF/250V yang berfungsi untuk menampung energi DC.



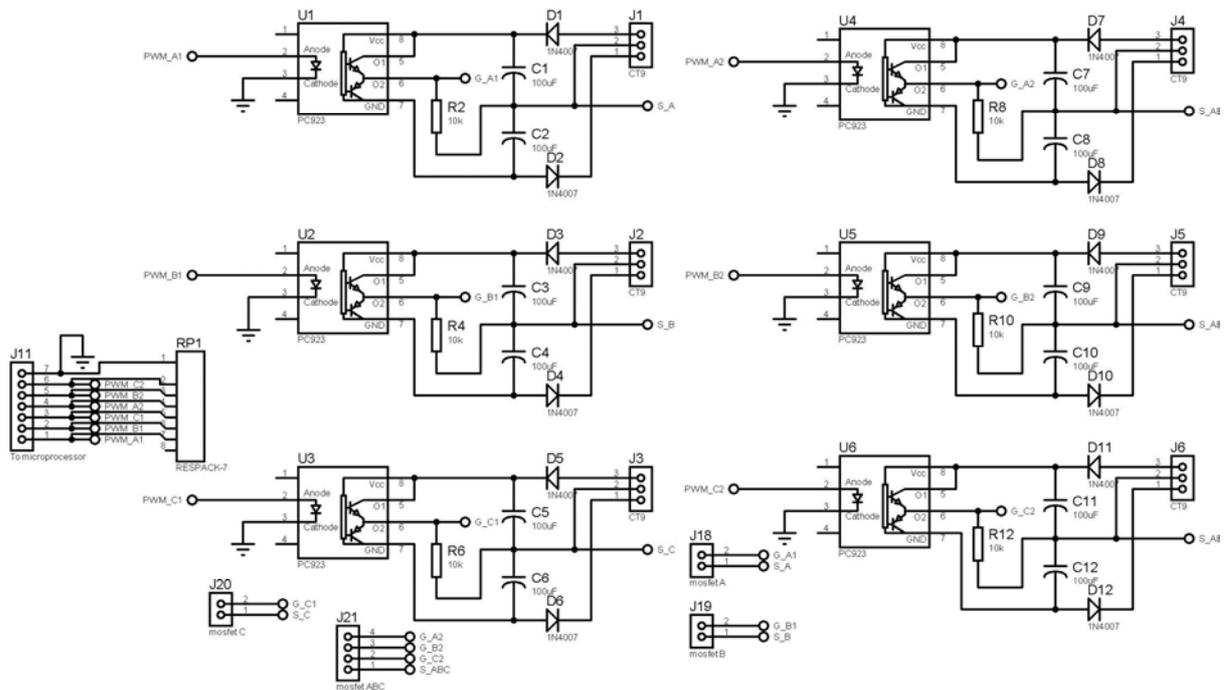
Gambar 5.1 Rangkaian Saklar Daya untuk Pembangkitan Tegangan 3 Fase

2. Desain driver untuk IGBT.

Rangkaian driver dibutuhkan untuk mengontrol dan memberi bias IGBT. Karena terdapat 6 buah IGBT yang membutuhkan bias terpisah, maka dibutuhkan 6 buah driver dengan suplai juga terpisah. Gambar berikut menunjukkan salah satu rangkaian driver IGBT dengan optocoupler PC923. Optocoupler ini berfungsi sebagai pemisah sinyal data/control agar antara sinyal masukan dan sinyal keluaran, agar tidak mempengaruhi bias IGBT satu dengan yang lain. Sinyal masuk driver pada kondisi aktif HIGH adalah 5 volt dengan arus sebesar 6mA. Sedangkan tegangan keluaran dari rangkaian driver pada kondisi masukan HIGH adalah 12 V dan pada kondisi masukan LOW adalah -12 Volt. Untuk itu perlu dibuat rectifier daya untuk setiap driver sebanyak 6 buah dengan tegangan AC efektif 9V yang menghasilkan tegangan positif DC dan tegangan negatif DC sebesar $9\sqrt{2}$ atau sekitar 12 volt. Pada gambar J1 dihubungkan ke transformator penurun dan pemisah tegangan dari 220V ke 9 V dengan dilengkapi centertap (0V). Adapun sinyal masukan adalah sinyal PWM dengan frekuensi sekitar 100 kHz dengan amplitudo 5 Volt dan arus maksimum 10 mA. Sisi masukan dihubungkan dengan keluaran mikrokontroler MC56F8323.



Gambar 5.2 Rangkaian driver IGBT dengan menggunakan optocoupler PC923



Gambar 5.3 Rangkaian Driver Lengkap

Tahap Kedua:

Tahap kedua adalah membuat rangkaian mengubah sinyal tegangan bolak balik 3 fase yang bertegangan sekitar 220 volt (max 250V) menjadi tegangan searah yang bervariasi

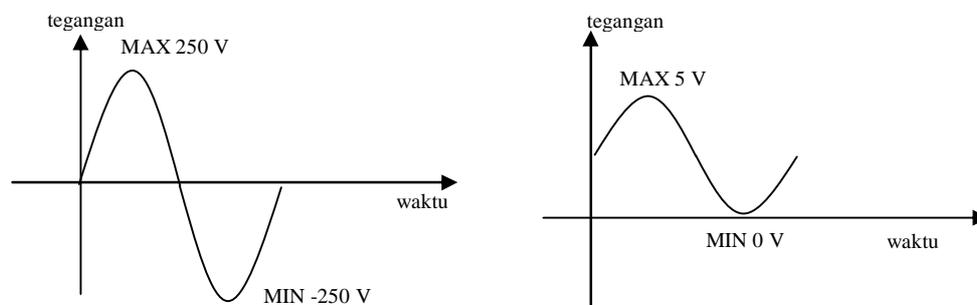
dari rendah ke tinggi (sampai 5V). Rangkaian ini pada dasarnya mengubah sinyal AC fase a,b,dan c agar dapat diolah oleh mikrokontroler. Seperti diketahui bahwa sinyal arus bolak balik mempunyai tegangan positif dan negatif dengan frekuensi 50 Hz serta sudut fase yang harus bisa diukur oleh mikrokontroler, maka sinyal tersebut harus diturunkan dulu dan digeser amplitudonya menjadi sinyal positif dengan nilai minimum 0 volt dan maksimum adalah 5 V atau sesuai dengan kemampuan mikrocontroller. Gambar 5.5 menunjukkan bentuk sinyal masukan (sebelah kiri) dan gambar sinyal keluaran (sebelah kanan) . Jadi jika tegangan maksimum yang mampu dibaca ditala 311V atau $220\sqrt{2}$ dan sinyal yang masuk kontroler terbaca 5 volt, maka ketika tegangan AC tidak ada, keluarannya rangkaian ini adalah 2.5 V.

Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

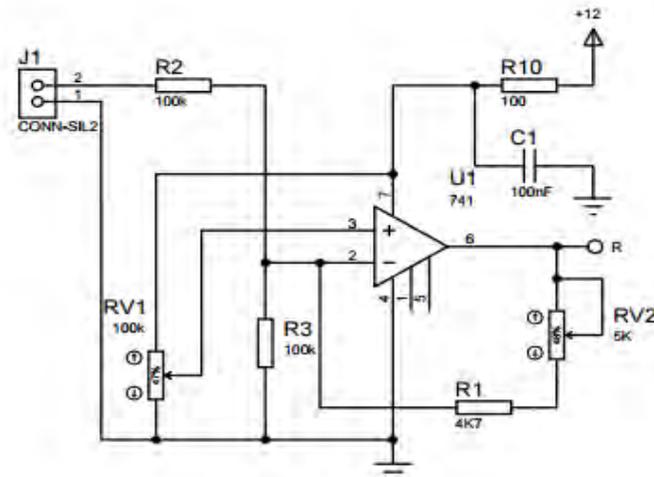
$$v_{controler} = AV + B$$

Dalam persamaan tersebut A ditala 0.008 dan B ditala 2.5. Metode penalaan adalah sebagai berikut. Untuk menala B adalah dengan mengatur potensio pada gambar 5 RV1 agar tegangan keluaran bernilai 2.5volt.

Selanjutnya untuk menala A adalah ketika beri tegangan masukan pada batas maksimum yangdiizinkan (misalkan 311 V), maka tegangan keluaran yang menuju conroler diatur melalui RV2 sebesar 5 Volt.

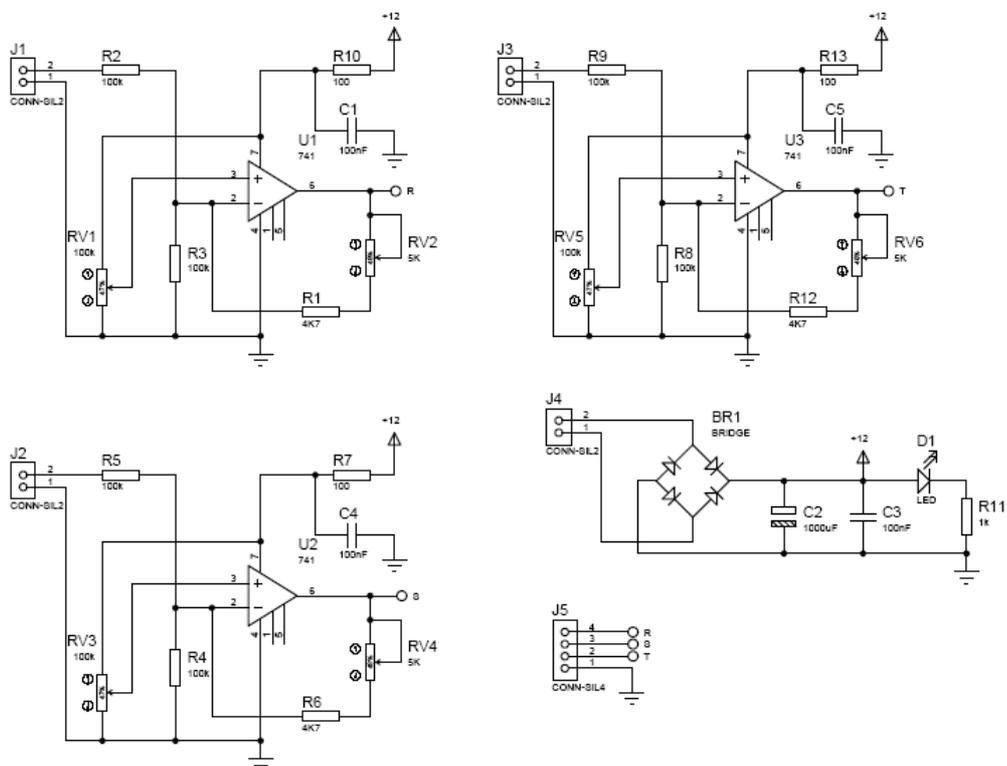


Gambar 5.4 Perubahan sinyal masuk ke mikrocontroller



Gambar 5.5 Rangkaian Penggeser sinyal AC

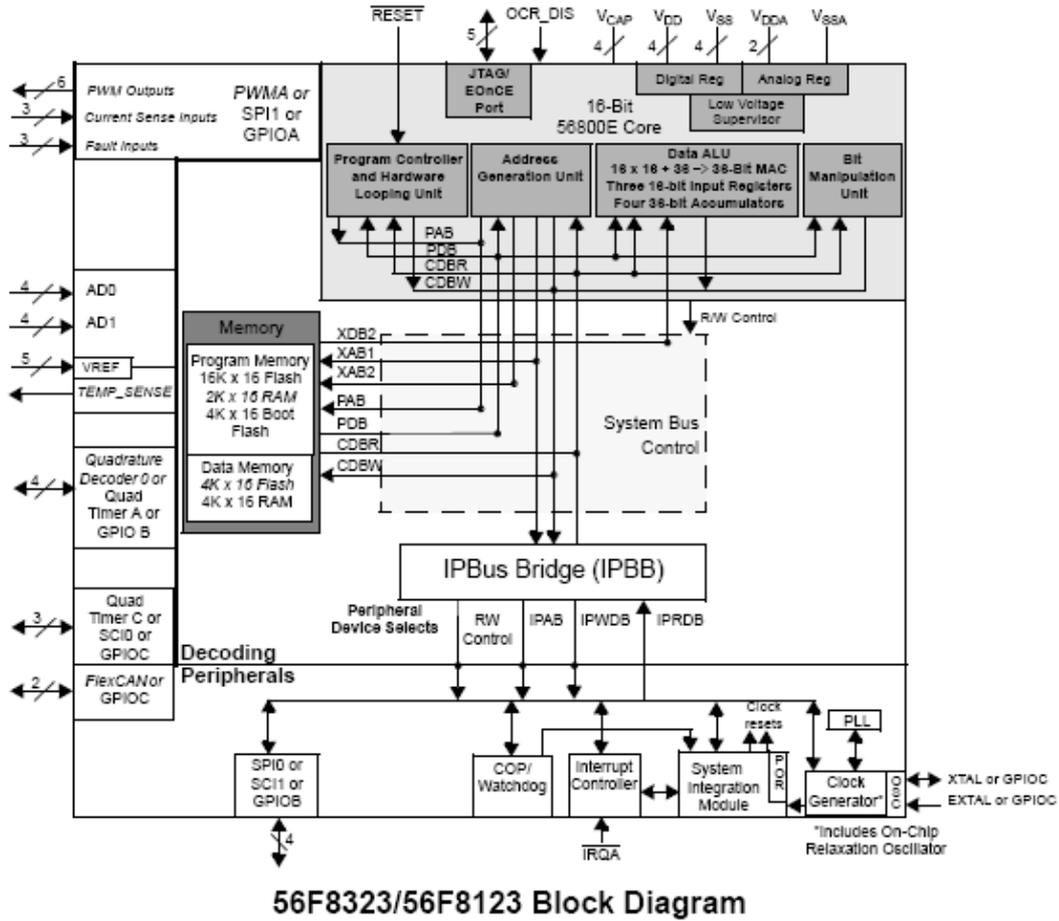
Rangkaian pada gambar 5.5 ini hanya dipakai untuk fase a saja. Tegangan masuk adalah mewakili tegangan jala-jala PLN yang diturunkan lebih dulu, sedang tegangan keluaran (masuk ke microcontroller) adalah titik R (pin no.6 opamp). Jika membutuhkan 3 rangkaian untuk penggeser sinyal a,b, dan c maka rangkaian lengkapnya adalah seperti pada gambar 5.6. Tentu saja rangkaian ini harus disuplai dengan menggunakan tegangan DC 12 Volt agar op amp 741 dapat bekerja. Rangkaian ini menggunakan tegangan single suplai saja.



Gambar 5.6 Rangkaian Penggeser Level dan Penskala Tegangan

Tahap Ketiga

Pada tahap ketiga adalah pembuatan mikrocontroler MC56F8323.



Gambar 5.7 Diagram Blok MC56F8123

Tegangan masukan a,b, dan c dikonversi menjadi tegangan 2 fase V_α dan V_β sebagai:

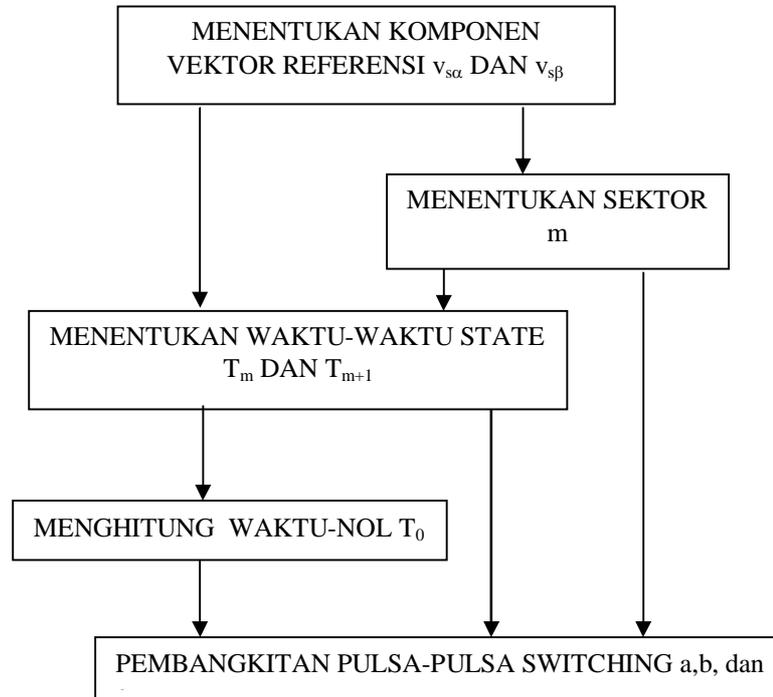
$$\begin{bmatrix} v_{s\alpha}(t) \\ v_{s\phi}(t) \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & \cos \gamma & \cos 2\gamma \\ 0 & \sin \gamma & \sin 2\gamma \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_a(t) \\ v_b(t) \\ v_c(t) \end{bmatrix}$$

Dengan besaran V_α dan V_β , maka posisi sektor m dapat ditentukan dan juga besaran duty cyclenya.

$$T_m = \frac{T\sqrt{3}}{V_{DC}} [v_{s\alpha} \sin(\frac{m\pi}{3}) - v_{s\beta} \sin(\frac{m\pi}{3})]$$

$$T_{m+1} = \frac{T\sqrt{3}}{V_{DC}} [v_{s\beta} \cos(\frac{(m-1)\pi}{3}) - v_{s\alpha} \cos(\frac{(m-1)\pi}{3})]$$

Gambar 5.8 menunjukkan diagram alir untuk perhitungan sektor, state yang aktif dan duty cycle.



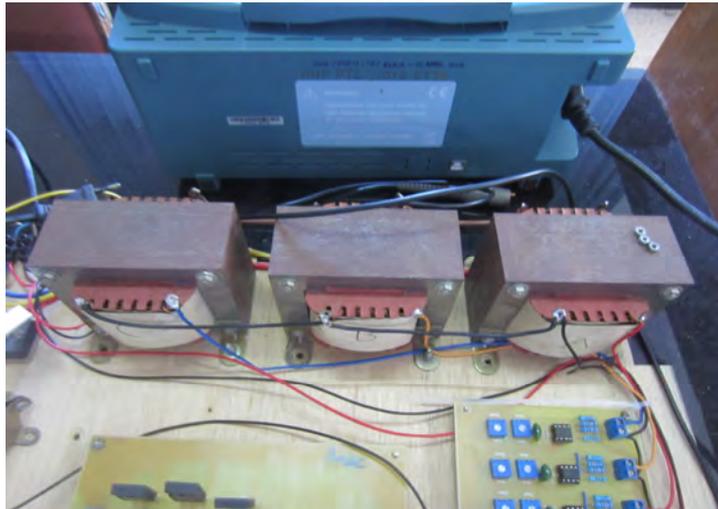
Gamabr 5.8 Perhitungan Sektor dan Dutycycle

Hasil Pengujian

Pembuatan pertama pembuatan rectifier adalah pembuatan alat sebagai inverter daya 3 fase. Pembuatan alat meliputi penurun tegangan dengan transformator, rangkaian penggeser level untuk memproses sinyal tegangan 3 fase menjadi 2 fase agar dapat diproses melalui microcontroller, rangkaian mikroprosesor ,dan rangkaian switching 3 fase dengan menggunakan 6 buah IGBT dan driver untuk mengendalikan IGBT-IGBT.

1. Hasil Pembuatan Transformator 3 fase.

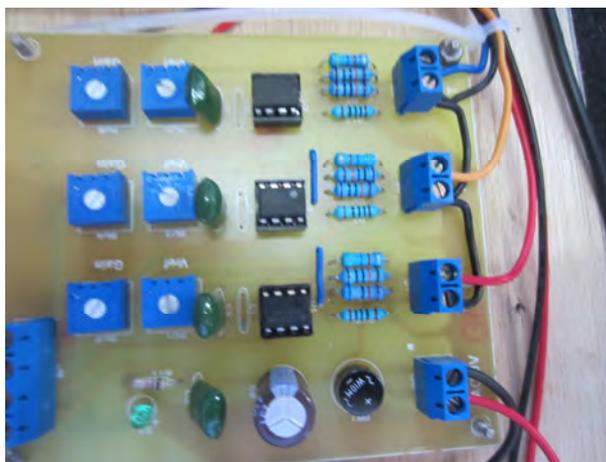
Tiga buah transformator daya digunakan untuk menurunkan tegangan 220V menjadi 25V dengan frekuensi kerja 50Hz dengan kapasitas daya 300VA. Transformator ini hanya digunakan untuk eksperimental saja sebab dalam proses yang sebenarnya alat ini tidak digunakan.



Gambar 5.9 Transformator 3 x 1 fase untuk penurunan tegangan

2. Rangkaian Penggeser Level Tegangan

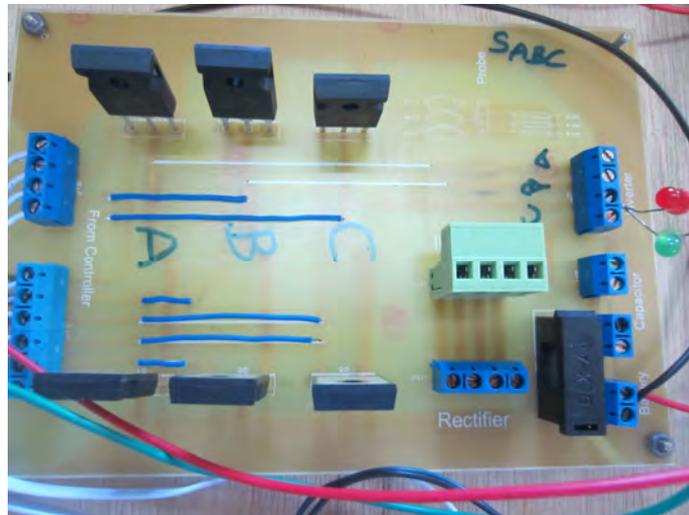
Rangkaian penggeser level tegangan digunakan untuk membuat sinyal tegangan bolak balik (yang bernilai negatif dan positif) digeser dengan menggunakan tegangan dc agar menjadi tegangan positif saja agar dapat dibaca oleh rangkaian ADC dari mikrokontroler. Gambar 2.2 menunjukkan hasil pembuatan rangkaian penggeser level untuk tegangan a,b, dan c. (3 fase).



Gambar 5.10 Rangkaian Penggeser level sinyal tegangan 3 fase

3. Rangkaian Switching Daya 3 fase

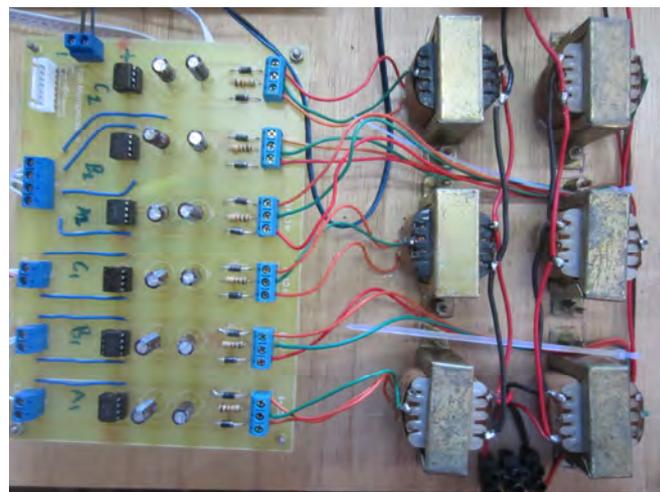
Rangkaian switching daya 3 fase terdiri atas 6 (enam) buah IGBT dengan menggunakan seri IRF 460.



Gambar 5.11 Rangkaian Switching Daya 3 Fase

4. Rangkaian Driver IGBT untuk sistem 3 fase

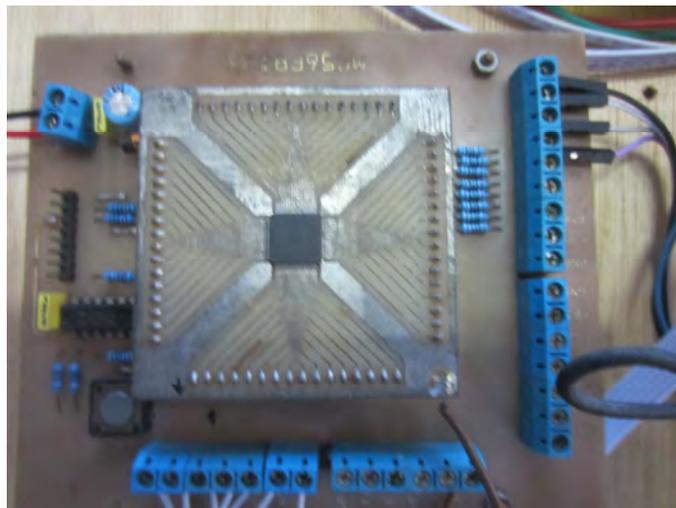
Rangkaian ini terdiri atas 6 buah rectifier yang menghasilkan tegangan -12V dan +12V dengan centertap. Masing-masing rectifier mempunyai titik nol yang terpisah (terisolir). Keenam buah masukan pengontrol mempunyai ground yang sama dari mikrokontroler. Tetapi keluaran dari rangkaian driver ini mempunyai nol yang berbeda, sehingga diperlukan rangkaian optocoupler PC923 untuk frekuensi kerja yang tinggi.



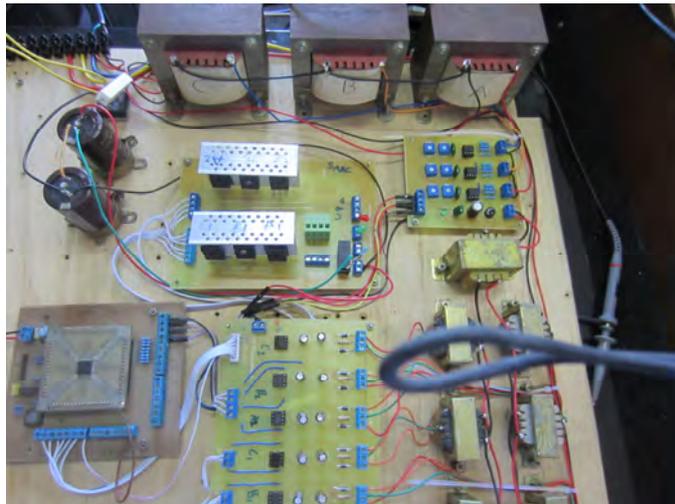
Gambar 5.12. Rangkaian Driver untuk Sistem Daya 3 fase

5. Rangkaian Pengolah Mikro MC56F8323

Rangkaian pengolah mikro MC56F8323, yang digunakan hanya 3 buah masukan ADC untuk tegangan a,b,dan c. Tegangan ini diolah ke dalam prosesor untuk membentuk gelombang tegangan V_α dan tegangan V_β . Dari kedua besaran tersebut kemudian digunakan untuk membentuk gelombang PWM untuk sinyal a,b, dan c serta a',b' dan c'. Untuk itu sinyal alfa dan beta terlebih dulu digunakan untuk mencari posisi sektor dan state-state yang aktif, serta menghitung duty cycle dari masing-masing state. Gambar 5.12 menunjukkan rangkaian CPU untuk mengolah sinyal yang masuk dan membentuk sinyal SVPWM. Tegangan suplai yang dibutuhkan untuk tegangan referensi ADC adalah 3.3 V. Adapun rangkaian lengkapnya adalah seperti terlihat pada gambar 5.13. Rangkaian tersebut berfungsi sebagai inverter daya 3 fase SVPWM (space vector pulse width modulation).

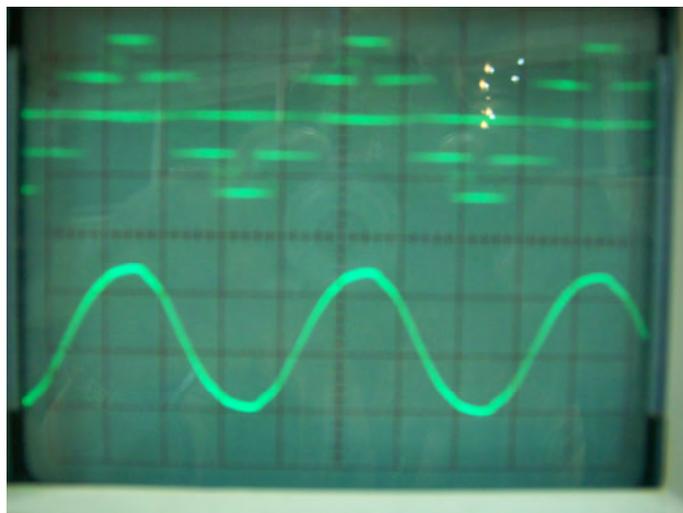


Gambar 5.13 Rangkaian Mikroprosesor MC56F832

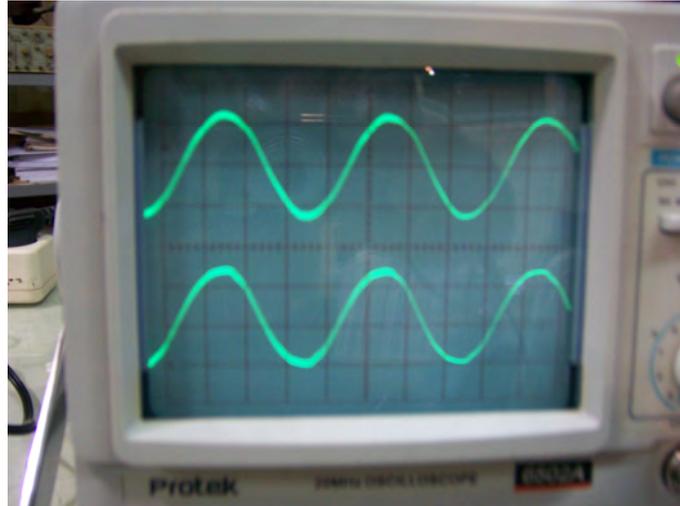


Gambar 5.14 Rangkaian Lengkap Inverter Daya 3 fase

Pengujian yang dilakukan pada tahap pertama adalah menguji rectifier 3 fase SVPWM yang dioperasikan sebagai inverter 3 fase. Dalam percobaan ini peralatan diberi tegangan dc. Sedangkan gelombang yang masuk dalam rangkaian penggeser level untuk percobaan ini adalah fase a. Hasil percobaan ditunjukkan seperti pada gambar 5.14. Dalam gambar tersebut bagian atas adalah gelombang SVPWM sedangkan bagian bawah adalah sinyal tegangan setelah melalui rangkaian LPF (low pass filter).

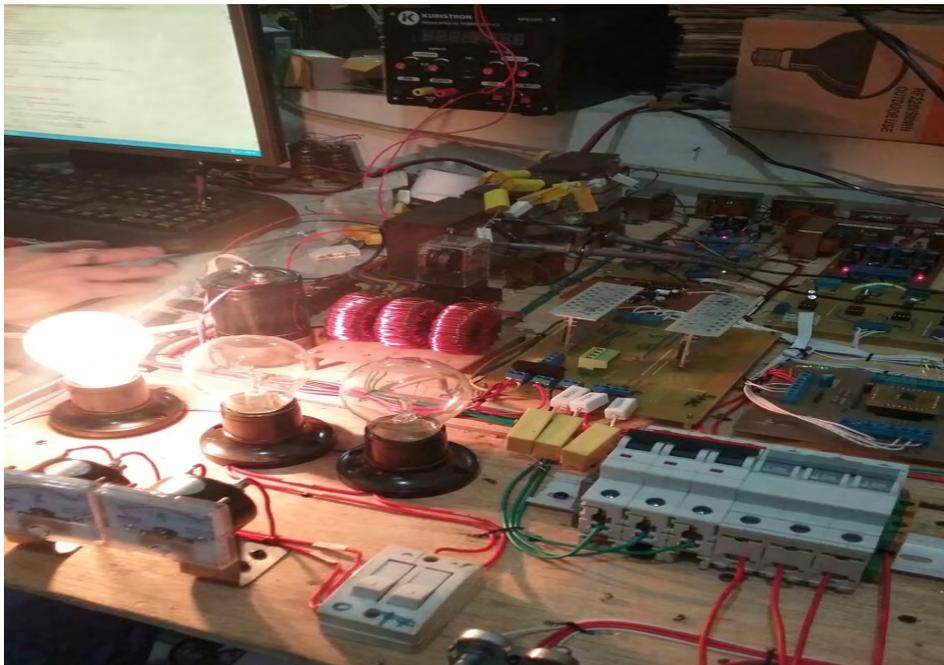


Gambar 5.15 Bentuk Gelombang Tegangan Fase a SVPWM

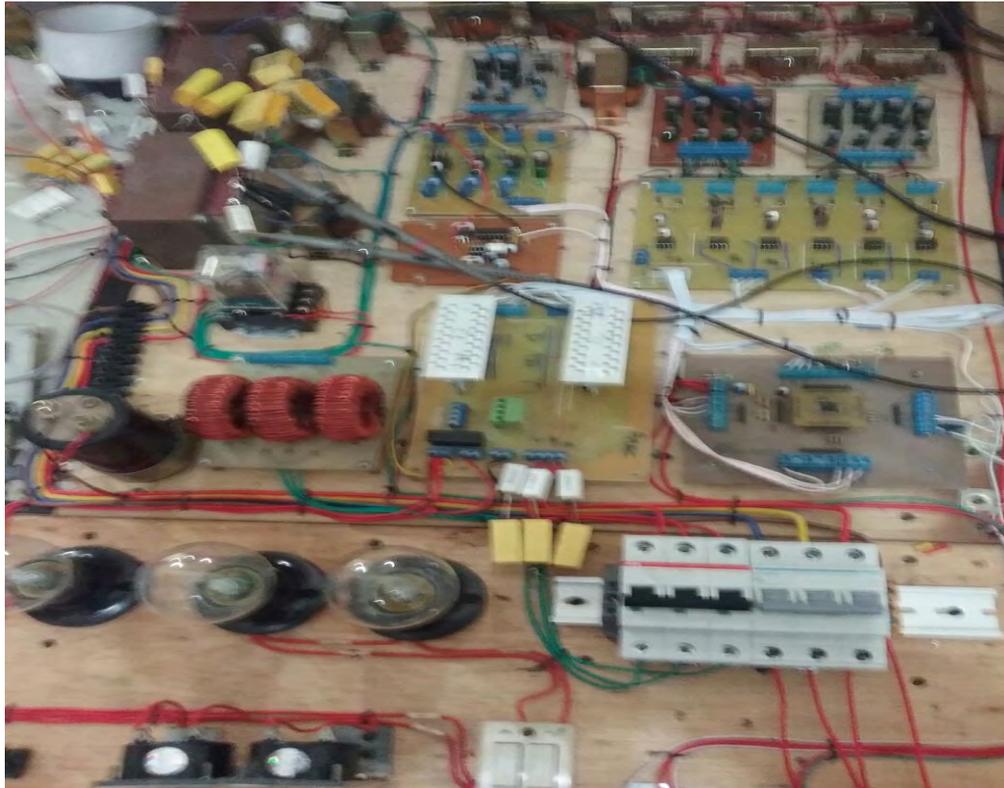


Gambar 5.16 Bentuk gelombang tegangan masukan Fasa a dan tegangan keluaran setelah filter

6. Menyelesaikan pengujian tahap terakhir dengan penyearah tiga fasa SVPWM dengan fuzzy untuk mengatur kecepatan motor DC.



(a)



(b)

Gambar 5.17 Rangkaian uji model Penyearah tiga fasa SVPWM dengan fuzzy untuk mengatur kecepatan motor DC..

Tabel 5.1 Hasil Uji Laboratorium dengan melakukan 3 kali percobaan

PERCOBAAN 1

Percobaan dengan Setting tegangan DC 150 V

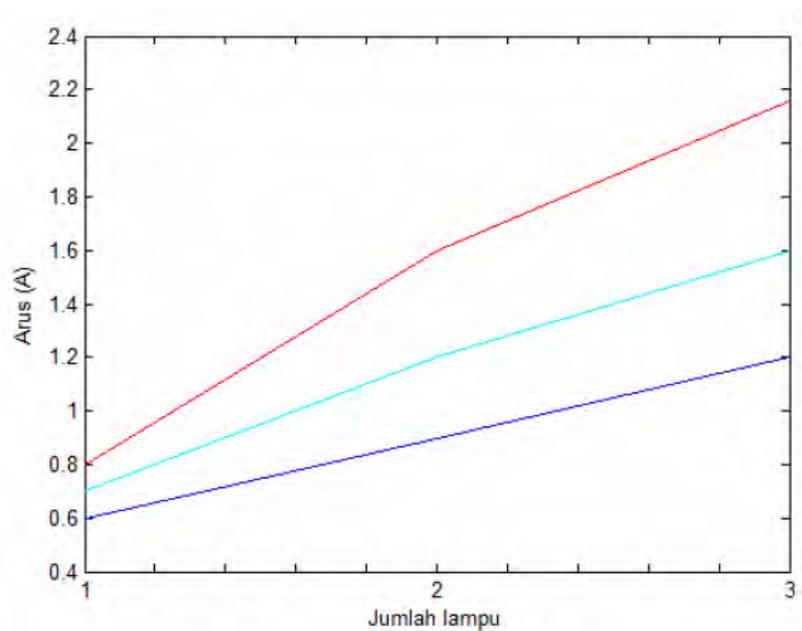
No.	Testing	Tegangan Masukan	V_o	Arus Fase A
1.	No Load	23 V	150 V	0,25 A
2.	1 Lampu	23 V	150 V	0,8 A
3.	2 Lampu	23 V	150 V	1,6 A
4.	3 Lampu	23 V	150 V	2,16 A
5.	3 Lampu dan Motor DC	23 V	150 V	2,3 A

PERCOBAAN 2
Percobaan dengan Setting tegangan DC 135 V

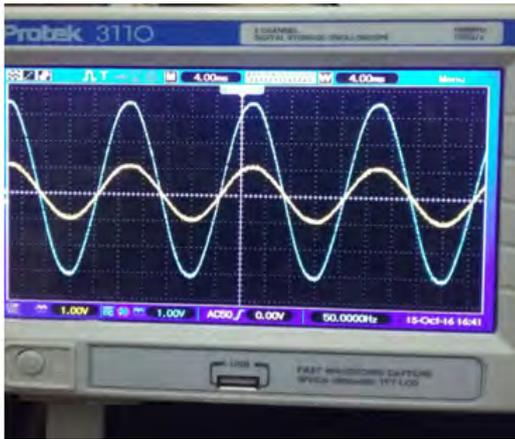
No.	Testing	Tegangan Masukan	V _o	Arus Fase A
1.	No Load	23 V	135 V	0,25 A
2.	1 Lampu	23 V	135 V	0,7 A
3.	2 Lampu	23 V	135 V	1,2 A
4.	3 Lampu	23 V	135 V	1,6 A
5.	3 Lampu dan Motor DC	23 V	135 V	1,8 A

PERCOBAAN 3
Percobaan dengan Setting tegangan DC 120V

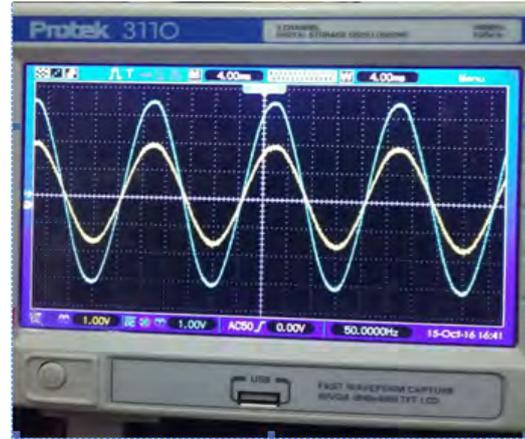
No.	Testing	Tegangan Masukan	V _o	Arus Fase A
1.	No Load	23 V	120 V	0,25 A
2.	1 Lampu	23 V	120 V	0,6 A
3.	2 Lampu	23 V	120 V	0,9 A
4.	3 Lampu	23 V	120 V	1,4 A
5.	3 Lampu dan Motor DC	23 V	120 V	1,5 A



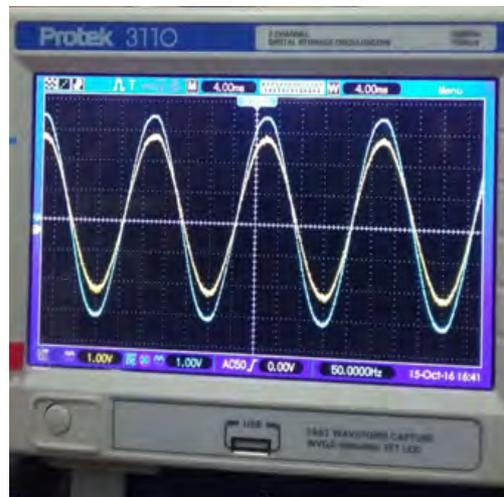
Gambar 5.18 Grafik antara Arus efektif dari fasa A terhadap jumlah lampu



(a)



(b)



(c)

Gambar 5.19 Grafik Tegangan dan arus dari fasa A untuk (a) 1 Lampu , (b) 2 Lampu dan (c) 3 Lampu

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Penelitian ini mengembangkan sistem penyearah menggunakan metode kendali lanjut (kendali Logica Fuzzy) untuk menghasilkan tegangan DC stabil dengan riak kecil dan bervariasi sehingga dapat digunakan untuk mengatur kecepatan motor DC. Kendali logika fuzzy digunakan untuk mengendalikan arus jaringan sehingga diperoleh THD (Total Harmonic Distortion) rendah, faktor daya mendekati satu dan menjaga kondisi tegangan DC tetap stabil walaupun kecepatan motor DC berubah-ubah. Pengembangan penyearah ini bertujuan untuk menghasilkan suatu model penyearah yang dapat dimanfaatkan di dunia industri khususnya untuk mengatur kecepatan motor DC.

Uji Laboratorium terhadap model penyearah tiga fasa sebagai pengatur kecepatan motor DC yang dilakukan pada kondisi tidak berbeban maupun pada kondisi berbeban. Kondisi berbeban dilakukan dengan beban lampu 60 W, 120 W, 180 W pada tegangan berubah ubah yaitu tegangan DC 150 volt, 135 volt, 120 volt. Hasil uji laboratorium diperoleh;

- a. Pada saat tanpa beban, penggunaan penyearah menimbulkan arus sebesar 0,25 A (lihat tabel 5.1, sedangkan pada kondisi berbeban baik beban 1 Lampu, 2 Lampu, 3 Lampu dan motor DC dengan tegangan masukan DC yang bervariasi menghasilkan grafik linier seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.17.
- b. Tegangan dan arus di jaringan mempunyai fasa yang sama, baik untuk beban 1 Lampu, 2 Lampu, 3 Lampu dan motor DC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.18, sehingga mempunyai faktor daya mendekati sempurna.
- c. Hibah ini menghasilkan 2 buah paper, paper yang pertama sudah terkirim ke IJPEDES, sedangkan paper kedua sedang dalam proses editing.

6.2 Saran

Hasil uji Laboratorium dari model Penyearah tiga fasa SVPWM dengan fuzzy untuk mengatur kecepatan motor DC, belum menunjukkan hasil yang baik, dikarenakan keterbatasan kualitas komponen yang digunakan. Komponen dengan kualitas yang baik mempunyai harga Yang mahal. Untuk itu seharusnya hibah Fundamental ini diajukan dalam 3 tahun. Sehingga kebutuhan akan komponen dengan kualitas yang baik akan terpenuhi.

DAFTAR PUSTAKA

- K. Vinoth Kumar, Prawin Angel Michael, Joseph P. John And Dr. S. Suresh Kumar (2010), "Simulation And Comparison Of Spwm And Svpwm Control For Three Phase Inverter", ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, ISSN 1819-6608
- A.E. Leon, J.A. Solsona, M.I. Valla (2009), "Exponentially convergent estimator to improve performance of voltage source converters", IET Power Electron., 2010, Vol. 3, Iss. 5, pp. 668–680.
- Masoud Hajihashemi, Ali Nazeran Motlagh (2009), "Improved 3-phase PWM Boost Rectifiers in Unbalanced Network by Fuzzy Controller", The International Conference on Electrical Engineering
- Dong-Eok Kim, Dong-Choon Lee (2007), "Feedback Linearization Control of Three-Phase AC/DC PWM Converters with LCL Input Filters", The 7th International Conference on Power Electronics.
- S. Venkateshwarlu, B. P. Muni, A. D. Rajkumar, and J. Praveen, (2008) "Direct Power Control Strategies for Multilevel Inverter Based Custom Power Devices", World Academy of Science, Engineering and Technology 39
- Mariusz Malinowski and Marian P. Kazmierkowski, (2004), "Control of Three-Phase PWM Rectifier – A Comparative Review", IEEE Industrial Electronics Society Newsletter Issn 0746-1240 Vol. 51, No. 1
- M. Sc. Mariusz Malinowski, (2001), "Sensorless Control Strategies for Three - Phase PWM Rectifiers", Ph.D. Thesis Warsaw University of Technology Faculty of Electrical Engineering Institute of Control and Industrial Electronics.
- Michał Knapczyk, Krzysztof Pienkowski, (2007) "High-Performance Decoupled Control Of PWM Rectifier With Load Compensation", Politechniki Wrocławskiej Nr 60 Studia i Materiały Nr .
- Joseph Jawhar. S , Dr. N.S. Marimuthu, Albert Singh. N, (2006)," An Neuro-Fuzzy Controller for a Non Linear Power Electronic Boost Converter", IEEE
- Vilathgamuwa, D.M.; Jayasinghe, S.D.G., (2012), "Rectifier systems for variable speed wind generation", IEEE Conference Publications.



Saidah Ubhara <saidah@ubhara.ac.id>

[IJPEDS] Submission Acknowledgement

Tole Sutikno <ijpeds@iaesjournal.com>

19 November 2016 22.39

Kepada: saidah Baisa <saidah@ubhara.ac.id>

Dear saidah Baisa:

Thank you for submitting the manuscript, "Control Strategy for PWM Voltage Source Converter Using Fuzzy Logic for Adjustable Speed DC Motor" to International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS). With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL:

<http://www.iaesjournal.com/online/index.php/IJPEDS/author/submission/13107>

Username: saidah

If you have any questions, please contact us. Please refer to your paper ID whenever you communicate with our Editorial Office in the future. Your paper ID is latest number at Manuscript URL.

Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Best Regards,

Tole Sutikno

International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)

International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)

<http://iaesjournal.com/online/index.php/IJPEDS>