

**PEMODELAN DAN ANALISA SHUNT AKTIF FILTER
MENGUNAKAN METODE *CASCADED MULTILEVEL*
INVERTER UNTUK MEREDUKSI HARMONISA DI PT. MERAPI
AGUNG LESTARI MALANG**

SKRIPSI



**Disusun Oleh :
BAGUS RESHANDI GOMA WIANTO
12.12.005**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2016**

**PEMODELAN DAN ANALISA SHUNT AKTIF FILTER
MENGUNAKAN METODE *CASCADED MULTILEVEL INVERTER*
UNTUK MEREDUKSI HARMONISA DI PT. MERAPI
AGUNG LESTARI MALANG**

Bagus Reshandi Goma Wianto

NIM : 1212005

bagusres98@gmail.com

Dosen Pembimbing

Prof.Dr.Eng.Ir.Abraham Lomi, MSEE dan Ir.Yusuf Ismail Nakhoda,MT

Abstrak

Harmonisa adalah distorsi gelombang tegangan dan arus dari frekuensi fundamentalnya, fenomena ini merupakan masalah penting dalam kualitas daya listrik yang baik, penyebab terjadinya harmonisa adalah banyaknya penggunaan *Inverter* dan *Variabel Speed Drive* karena pada rangkaian tersebut menggunakan rangkaian elektronika daya, rangkaian ini sebagai pengendali motor listrik untuk menunjang sistem produksi pabrik. skripsi ini membahas *Shunt* Aktif Filter Metode *Cascaded Multilevel Inverter* 3 level, dimana switching frekuensi dari metode ini tidak menimbulkan rugi yang cukup besar dalam kasusnya di PT Merapi Agung Lestari terindikasi adanya THDV sebesar 20,99% melebihi standar yang ditetapkan di IEEE Std. 519-1992 maksimal THDV sebesar 5%. pemodelan dan analisis dari sistem sebelum dan sesudah menggunakan software PSIM. Hasil pemodelan sebelum pemasangan dan sesudah filter pada software PSIM THDV sebesar 21,35% dimana nilai tersebut melebihi batas yang ditentukan IEEE Std. 519-1992. dengan pemasangan *Shunt* Aktif filter Metode *Cascaded Multilevel Inverter* 3 level nilai THDV berkurang secara signifikan menjadi 0,65%.

Kata Kunci : Harmonisa, *Cascaded Multilevel Inverter* 3 level, THDV, IEEE Std. 519-1992, Software PSIM.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Harmonisa	5
2.1.1 Standar Harmonisa	5
2.1.2 Sumber-Sumber Harmonisa	6
2.1.3 Pengaruh Harmonisa Pada Komponen Peralatan Listrik	7
2.1.4 Pengaruh Harmonisa Pada Sistem Tegangan.....	8
2.1.5 Identifikasi Harmonisa	9
2.2 Indeks Harmonisa	9
2.2.1 <i>Total Harmonics Distortion</i> (THD)	9
2.2.1 Deret Fourier	10
2.3 <i>Variable Speed Drive</i> (VSD).....	12
2.3.1 Dampak <i>Variable Speed Drive</i> (VSD) pada Motor Induksi	12
2.4 <i>Shunt</i> Filter aktif.....	13
2.4.1 Voltage Source Inverter.....	15

2.5 <i>Cascaded Multilevel Inverter</i>	16
2.5.1 Komponen Utama Inverter	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Sistem Kelistrikan di PT. Merapi Agung Lestari	19
3.1.1 Data Sumber, Trafo dan Beban pada PT. Merapi Agung Lestari	21
3.2 Peralatan yang digunakan	22
3.3 Konsep <i>Cascaded Multilevel Inverter</i> Sebagai Filter Aktif	29
3.4 Proses Filtering	31
3.5 Proses Leveling	32
3.6 Proses Triggering	35
3.7 Output Dari <i>Cascaded Multilevel Inverter</i>	36
3.8 <i>Flowchart</i> Hasil Simulasi Menggunakan <i>Software</i>	37
3.8.1 <i>Algoritma</i> Pemecahan Masalah Perbaikan Harmonisa Menggunakan <i>Shunt Aktif Filter</i> Metode <i>Cascaded</i> <i>Multilevel Inverter</i>	38
BAB IV ANALISIS HASIL	39
4.1 <i>Single Line</i> Sistem Kelistrikan di PT. Merapi Agung Lestari....	39
4.2 Solusi Perbaikan Harmonisa Tegangan	40
4.3 Hasil Simulasi Sebelum Pemasangan Filter	40
4.4 Hasil Simulasi Setelah Pemasangan Filter	41
4.5 Perbandingan Perhitungan Nilai Harmonisa Tegangan	42
4.5.1 Hasil Pengukuran Menggunakan Alat Ukur Hioki 3286-20	42
4.5.2 Hasil Simulasi dan Perhitungan sistem PT Merapi Agung Lestari Nilai Harmonisa Tegangan Sebelum Pemasangan Filter	43
4.5.3 Perhitungan Nilai Harmonisa Tegangan Setelah Pemasangan Filter	44

BAB V PENUTUP	46
5.1. Kesimpulan	46
5.2. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk Gelombang harmonisa	5
Gambar 2.2 Gelombang beban linier dan non linier	7
Gambar 2.3 Rangkaian Distribusi yang sederhana	8
Gambar 2.4 Rangkaian <i>Variable Speed Drive</i> (VSD).....	12
Gambar 2.5 Diagram filter aktif	13
Gambar 2.6 Konfigurasi Filter Aktif Paralel	15
Gambar 2.7 Rangkaian Voltage Source Inverter	15
Gambar 2.8 Rangkaian Inverter Full Bridge.....	17
Gambar 3.1 <i>Single line</i> distribusi tenaga listrik PT. Merapi Agung Lestari	20
Gambar 3.2 Simulasi distribusi tenaga listrik PT. Merapi Agung Lestari dalam <i>PSIM</i>	27
Gambar 3.3 Grafik tegangan di PT. Merapi Agung Lestari	28
Gambar 3.4 Spektrum harmonisa tegangan	28
Gambar 3.5 Rangkaian <i>Cascaded Multilevel Inverter 7 -Level</i> <i>cascaded 3-Bridge</i>	30
Gambar 3.6 Gelombang <i>Cascaded Multilevel Inverter 7 -Level</i> <i>cascaded 3-Bridge</i>	30
Gambar 3.7 Blok diagram <i>Cascaded Multilevel Inverter</i> sebagai filter aktif	31
Gambar 3.8 Rangkaian filtering	31
Gambar 3.9 Gelombang harmonisa	32
Gambar 3.10 Rangkaian leveling	33
Gambar 3.11 Rangkaian leveling (7 level)	35
Gambar 3.12 Output <i>Cascaded Multilevel Inverter</i>	36
Gambar 3.13 <i>Flowchart</i> penyelesaian masalah	37
Gambar 4.1 Simulasi distribusi tenaga listrik dengan <i>Cascaded</i> <i>Multilevel Inverter</i> sebagai filter aktif PT. Merapi Agung Lestari dalam <i>PSIM</i>	39

Gambar 4.2	(a) Gambar gelombang tegangan sumber sebelum pemasangan filter dan	
	(b) Spektrum tegangan sumber sebelum pemasangan filter ...	40
Gambar 4.3	(a) Gambar gelombang tegangan sumber setelah pemasangan filter dan	
	(b) Spektrum tegangan sumber setelah pemasangan filter	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Harmonisa Tegangan	6
Tabel 2.2 Standar Harmonisa Arus	6
Tabel 3.1 Data Transformator	22
Tabel 3.2 Data Back Up Power (Genset)	24
Tabel 3.3 Data Beban PT. Merapi Agung Lestari – Malang.....	33
Tabel 3.4 Data Inverter PT Merapi Agung Lestari-Malang.....	33
Tabel 3.5 Variasi level amplitude dan pengaturan saklar	33
Tabel 4.1 Hasil pengukuran harmonisa sistem menggunakan Hioki 3286-20	41
Tabel 4.2 Peforma sistem (harmonisa tegangan) sebelum pemasangan filter	42
Tabel 4.3 Peforma sistem (harmonisa tegangan) sesudah pemasangan filter.....	43
Tabel 4.4 Peforma sistem (harmonisa tegangan) sebelum dan sesudah pemasangan filter.....	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan peralatan listrik yang semakin besar dan kompleks menjadi perhatian khusus pada dunia industri, terutama penggunaan peralatan beban *non linier*. Karena efek penggunaan beban *non linier* dapat mengakibatkan harmonisa. Dampak dari harmonisa dapat menjadi permasalahan yang sangat serius yaitu penurunan kualitas daya (*power quality*) pada sistem listrik.^[1]

Akibat lain dari harmonisa adalah jumlah arus yang melewati peralatan seperti trafo dan motor akan semakin besar sehingga efisiensi peralatan akan menurun, komponen-komponen peralatan akan menurun kinerjanya, *over heating*, dan akhirnya peralatan akan cepat rusak.

Sistem kelistrikan pada PT. Merapi Agung Lestari memiliki karakteristik instalasi beban motor listrik yang dikontrol dengan *variable speed drive (VSD)*. Salah satu contoh sumber harmonisa tegangan adalah *variable speed drive (VSD)* yang terdiri dari komponen elektronika daya *rectifier* dan *inverter*. *Variable speed drive (VSD)* ini sering digunakan untuk mengefisiensi konsumsi energi listrik pada motor.^[2]

Berdasarkan sumber harmonisanya pada beban *non linier* dibedakan menjadi dua jenis yaitu beban *non linier* sumber arus dan sumber tegangan. dari dua macam sumber harmonisa tersebut memiliki karakteristik yang berbeda.

Salah satu solusi yang dapat di pakai untuk mereduksi adanya harmonisa adalah dengan menggunakan Filter, ada beberapa jenis filter yang digunakan yaitu filter aktif dan filter pasif, perbedaan filter pasif dan aktif pada kinerja redusiny jika filter pasif yang di reduksi hanya pada orde tertinggi harmonisa dan komponen filter yang digunakan yaitu komponen pasif seperti

komponen R,L dan C , pada pembahasan ini penulis akan mengkaji reduksi harmonisa menggunakan *Shunt Active Power Filter (SAPF)* filter yang dipasang secara paralel.karena penguatan dan frekuensi nya mudah diatur selama op-amp masih memberikan sinyal,kelebihan dari filter aktif mampu mereduksi semua orde harmonisa.

Metode yang digunakan adalah *Cascaded Multilevel Inverter* , metode ini tidak membutuhkan *switching frekuensi* dan daya yang di hasilkan juga lebih besar sehingga tidak di butuhkan *transformator* Dibandingkan metode Pulse Width Modulation (PWM) yang membutuhkan *switching frekuensi* dan akan menimbulkan *losses*.^[3] Filter daya aktif akan di desain menggunakan metode *Cascade Multilevel Inverter 11 – Level Cascaded 5 – Bridge*. sehingga sesuai standarisasi dari *IEEE Std. 519-1992* , yaitu $\leq 5.00 \%$.

Maka dalam penelitian ini penulis akan membahas mengenai reduksi harmonisa akibat pemasangan *Variable speed drive (VSD)* dengan beban motor induksi tiga fasa di PT Merapi Agung Lestari , dan akan di bandingkan antara THD sistem kelistrikan tanpa filter dengan Metode *Cascaded Multilevel Inverter*.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan di bahas pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana memodelkan sistem kelistrikan di PT.Merapi Agung Lestari.
 - b. Bagaimana cara memodelkan *Shunt Active Filter* dengan metode *Cascaded Multilevel Inverter*.
 - c. Bagaimana kinerja *Shunt Active Filter* metode *Cascaded Multilevel Inverter*
-

1.3 Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan di atas maka, tujuan dalam penulisan skripsi adalah :

- a. Menganalisa hasil pemasangan *Shunt Active Filter* metode *Cascaded Multilevel Inverter*.
- b. Apakah harmonisa tegangan dapat di reduksi oleh *Shunt Active Filter* metode *Cascaded Multilevel Inverter*.
- c. Mengaplikasikan *Shunt Active Filter* metode *Cascaded Multilevel Inverter* pada sistem kelistrikan di PT. Merapi Agung Lestari

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak menyimpang dari pokok perumusan masalah dan tujuan dalam penulisan skripsi ini maka penulis memberi batasan sebagai berikut :

- a. Tempat penelitian dan pengambilan data dilakukan di PT. Merapi Agung Lestari
- b. Metode yang digunakan yaitu *Cascaded Multilevel Inverter*.
- c. Membahas harmonisa tegangan
- d. Tidak membahas harmonisa arus dan aspek ekonomis.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan skripsi ini disusun menjadi beberapa bab dan diuraikan dengan pembahasan sesuai daftar isi. Sistematika penyusunannya adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

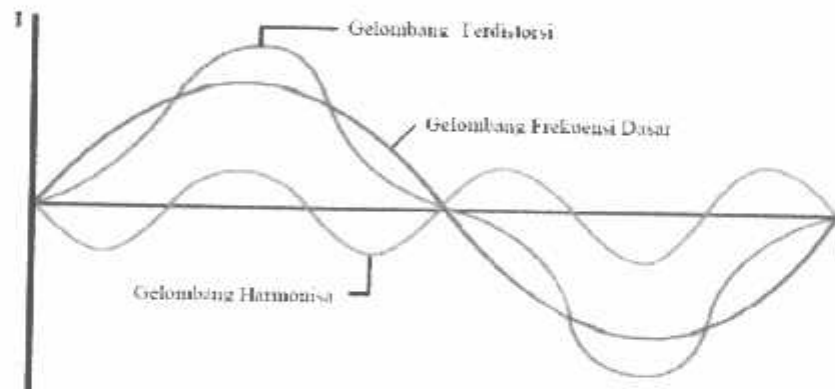
Pada Bab ini dibahas tentang teori sistem tenaga listrik yang mendukung dalam simulasi dan analisa skripsi ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Harmonisa

Harmonisa adalah distorsi gelombang arus dan tegangan yang mempunyai frekuensi gelombang kelipatan dari frekuensi fundamentalnya. Pada dasarnya, harmonisa merupakan gejala pembentukan gelombang dengan frekuensi yang berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang murni atau aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmoniknya.^[4]



Gambar 2.1 Bentuk Gelombang dari Harmonisa.

2.1.1 Standar Harmonisa

Standar harmonisa yang digunakan adalah *IEEE 519-1992*. Ada dua kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonisa. Yang pertama adalah batasan harmonisa arus dan yang kedua adalah batasan harmonisa tegangan. Untuk standar harmonisa arus, ditentukan oleh *ISC/IL*. THD_v adalah persentase jumlah total tegangan yang terdistorsi oleh harmonisa terhadap frekuensi fundamentalnya dan THD_i adalah persentase jumlah total arus yang terdistorsi oleh harmonisa terhadap frekuensi fundamentalnya.^[5]

Tabel 2.1 Standar Harmonisa Tegangan

Bus Voltage at PCC	Individual Voltage Distortion (%)	Total Voltage Distortion THD (%)
69 kV and below	3.0	5.0
69.001 kV through 161 kV	1.5	2.5
161.001 kV and above	1.0	1.5

NOTE: High-voltage systems can have up to 2.0% THD where the cause is an HVDC terminal that will attenuate by the time it is tapped for a user.

Tabel 2.2 Standar Harmonisa Arus
Current Distortion Limits for General Distribution Systems
(120 V Through 69000 V)

I_{sc}/I_L	Individual Harmonic Order (Odd Harmonics)					TDD
	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	
$<20^*$	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	16.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Even harmonics are limited to 25% of the odd harmonic limits above.

Current distortions that result in a dc offset, e.g. half-wave converters, are not allowed.

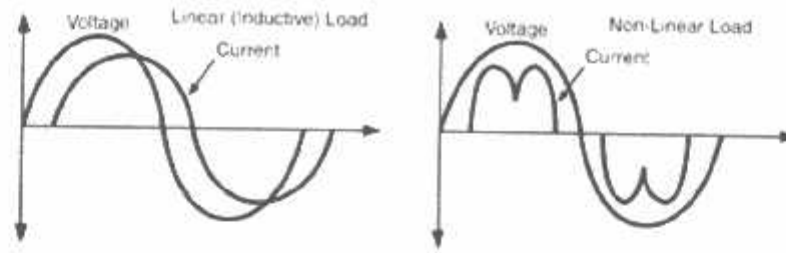
* All power generation equipment is limited to these values of current distortion, regardless of actual I_{sc}/I_L .

Where

- I_{sc} = maximum short-circuit current at PCC.
- I_L = maximum demand load current (fundamental frequency component) at PCC.
- TDD = Total demand distortion (RSS), harmonic current distortion in % of maximum demand load current (15 or 30 min demand).
- PCC = Point of common coupling.

2.1.2 Sumber-Sumber Harmonisa

Dalam sistem tenaga listrik terdapat 2 jenis beban, yaitu beban linier dan beban non linier. Beban linier adalah beban yang memiliki bentuk gelombang yang linier, artinya bentuk gelombang arus dan tegangan sebanding atau sefasa. Beban linier biasanya adalah beban yang bersifat resistif. Beban non linier adalah beban yang memiliki bentuk gelombang yang tidak sefasa, biasanya beban non linier bersifat induktif dan kapasitif. Akibat beban non linier tersebut menimbulkan distorsi gelombang yang mempunyai perbedaan gelombang frekuensi dari frekuensi fundamental.



Gambar 2.2 Gelombang beban linier dan non linier

2.1.3 Pengaruh Harmonisa Pada Komponen Peralatan Listrik

Harmonisa yang lebih banyak disebabkan karena adanya beban yang *non linier* misal membuat gangguan yang cukup besar kepada peralatan distribusi listrik. Beberapa komponen yang terpengaruhi oleh harmonisa, antara lain:

- *Konduktor*

Arus harmonisa dapat menyebabkan rugi-rugi pada kawat penghantar bertambah. Hal ini dikarenakan pada konduktor terdapat impedansi hambatan, yang meningkatkan arus harmonisa. Arus harmonisa yang mengalir tersebutlah yang menyebabkan panas. Panas tersebut semakin lama akan mengurangi daya hantamya. Sehingga pada akhirnya meningkatkan rugi-rugi daya dan menurunkan efisiensi.

- *Transformer*

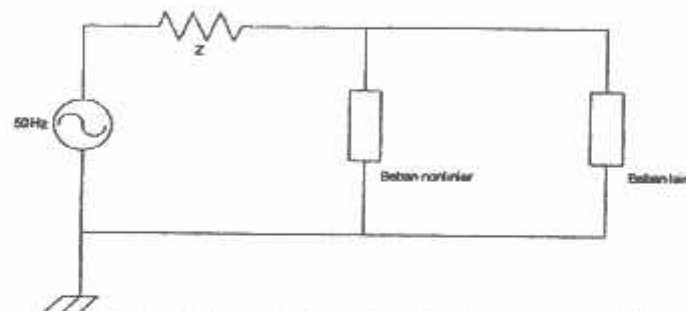
Pada transformer, yang mengalami kerugian daya adalah pada kumparan primer, kumparan sekundernya dan inti besi (*ferromagnetic losses*). Telah diketahui bahwa arus harmonisa menambah kerugian daya pada penghantar yang berbentuk panas. Pada transformator berlaku sistem penginduksian, dimana bila arus berharmonisa mengalir, maka fluks magnetik pada kumparan transformatornya akan menghasilkan rugi-rugi histerisis dan *Eddy current*. Rugi histerisis besarnya proporsional dengan harga frekuensinya dan rugi *Eddy current*-nya proporsional dengan kuadrat frekuensinya. Gabungan dan rugi-rugi tembaga dan inti besi akan menyebabkan transformier menjadi *overheating*

- *Circuit breaker*

Pada circuit breaker konvensional menggunakan panas untuk membuat kawat didalam circuit breaker tersebut menjadi panas dan pada akhirnya akan putus. Arus harmonisa yang melewati circuit breaker tersebut masih dapat diamankan oleh circuit breaker yang konvensional.

2.1.4 Pengaruh Harmonisa pada Sistem Tegangan

Peralatan yang diterapkan pada sistem tenaga listrik, seperti contoh yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.3 Rangkaian Distribusi Sederhana^[6]

Sebuah suplai energi listrik yang disalurkan ke beberapa beban yang terhubung paralel melalui kawat penghantar (*Transmission Lines*) yang mengandung impedansi sebesar Z . Apabila ada arus harmonisa yang melalui impedansi Z dan sumber, maka akan menimbulkan tegangan harmonisa yang besar dan amplitudo tegangannya akan semakin meningkat disertai juga dengan peningkatan frekuensinya. Karena terdapat impedansi hambatan saluran, maka terdapat selisih tegangan yang secara signifikan terdistorsi oleh beban non linear. Yang dimana arus akan timbul pada saat tegangan suplai mencapai titik maksimum saja. Hal ini akan menyebabkan turunnya tegangan yang melewati impedansi Z dan akan menjadi lebih besar pula apabila tegangan pada sumber mencapai titik maksimum. Sehingga tegangan yang dikirimkan pada akhirnya akan menjadi turun.^[6]

2.1.5 Identifikasi Harmonisa

Untuk mengidentifikasi kehadiran harmonisa pada sistem distribusi, dapat diketahui melalui langkah-langkah sebagai berikut:

1. Identifikasi Jenis Beban yang digunakan.
2. Pemeriksaan Transformator
Apabila arus netralnya lebih besar dari arus fasanya maka dapat diperkirakan adanya harmonisa dan kemungkinan turunnya kinerja transformator.
3. Pemeriksaan Tegangan Netral Tanah
Apabila tegangan yang terukur lebih besar dari 2 Volt maka terdapat indikasi adanya masalah harmonisa pada beban tersebut.

2.2. Indeks Harmonisa

Dalam analisa harmonisa terdapat beberapa indeks yang penting untuk menggambarkan efek dan harmonisa pada komponen sistem tenaga.

2.2.1 Total Harmonic Distortion (THD)

Pendefinisian rasio nilai rms komponen harmonisa ke nilai rms komponen dasar biasanya dinyatakan dalam bentuk persen (%). Indeks ini digunakan untuk mengukur deviasi bentuk gelombang periodik yang mengandung harmonisa dari gelombang sinus sempurna.

Pada saat terjadi gelombang sinus sempurna, nilai THD adalah nol. Nilai THD yang diijinkan secara internasional maksimal berkisar 5% dari tegangan atau arus frekuensi fundamentalnya. Semakin besar prosentase THD ini menyebabkan semakin besarnya resiko kerusakan peralatan akibat harmonisa yang terjadi pada arus maupun tegangan. Dapat dirumuskan sebagai berikut.^[7]

$$THDV = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_f} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$THDI = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_f} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

$V_h ; I_h =$ Ordo Harmonisa

$V_f ; I_f =$ Ordo Fundamental

2.2.2 Deret Fourier

Gelombang periodik yang memiliki bentuk $f(t) + f(t + T)$ dapat dinyatakan sebagai deret fourier bila memenuhi persyaratan :

1. Bila gelombang diskontinyu hanya terdapat jumlah diskontinuitas yang terbatas dalam periode T
2. Gelombang memiliki rata-rata yang terbatas dalam periode T
3. Gelombang memiliki jumlah maksimum dan minimum yang terbatas dalam periode T . bila syarat-syarat terpenuhi deret fourier dapat dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut.

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nat + b_n \sin nat) \dots\dots\dots(2.3)$$

Secara umum tegangan dan arus dapat dinyatakan dalam deret fourier sebagai :

$$a_h = \sum_{n=1}^{\infty} a^n \cos(h\omega_0 + \theta_h) \dots\dots\dots(2.4)$$

$$a_h = \sum_{n=1}^{\infty} b^n \cos(h\omega_0 + \theta_h) \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan :

$$a_h = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cosh \omega t dt \dots\dots\dots(2.6)$$

$$a_h = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sinh \omega t dt \dots\dots\dots(2.7)$$

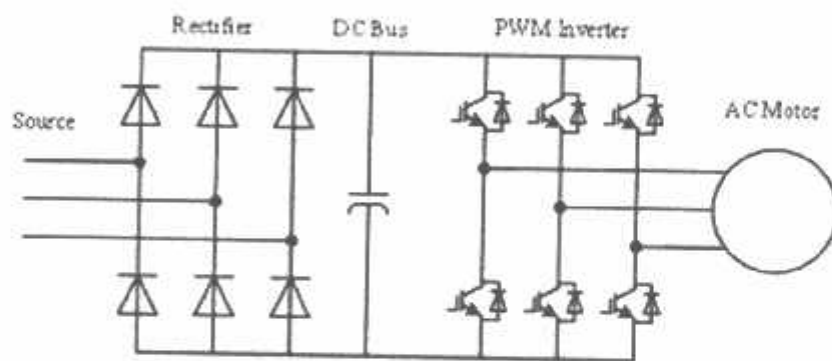
Dimana h adalah orde harmonisa ,yaitu bilangan 1 ,2 , 3 dan seterusnya, Kasus pada sistem tenaga listrik mumnya orde yang dominan adalah orde ganjil saja (1, 3, 5, 7, dst). Orde $h=1$ menyatakan komponen dasar atau fundamental dari gelombang. Suku a_0 menyatakan komponen dc atau nilai rata-rata dari gelombang yang umumnya komponen ini tidak muncul dalam jaringan sistem arus bolak - balik. bila gelombang arus atau tegangan berbentuk sinusiodal sempurna maka orde $h=1$ saja yang ada .Gelombang yang cacat (terdistorsi) memiliki koefsien - koefisien dengan indeks h amplitudo harmonisa biasa dinyatakan sebagai berikut

$$C_h = \sqrt{a_h^2 + b_h^2}, h \geq 1 \dots\dots\dots(2.8)$$

Nilai-nilai C sebagai fungsi h seringkali di gambarkan dalam suatu barchat dan dikenal dengan spectrum frekuensi gelombang .Tingkat kecepatan seringkali dinyatakan kecacatan seringkali dinyatakan dengan *Total Harmonic Distortion (THD)*.^[8]

2.3 Variable Speed Drive (VSD)

Variable speed drive disebut juga dengan *variable frequency drive* atau disebut dengan *inverter*. Sebuah alat pengatur kecepatan motor dengan mengubah nilai frekuensi dan tegangan yang masuk ke motor. Pengaturan nilai frekuensi dan tegangan ini dimaksudkan untuk mendapatkan kecepatan putaran dan torsi motor yang diinginkan atau sesuai dengan kebutuhan. Secara sederhana prinsip dasar inverter untuk dapat mengubah frekuensi menjadi lebih kecil atau lebih besar yaitu dengan mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC kemudian dijadikan tegangan AC lagi dengan frekuensi yang berbeda atau dapat diatur. ^[9]



Gambar 2.4 Rangkaian *variable speed drive* (VSD)

2.3.1 Dampak *Variable Speed Drive* (VSD) pada Motor Induksi

Penggunaan *variable speed drive* (VSD) telah menjadi lebih umum digunakan pada motor AC. Hal ini disebabkan fakta bahwa motor AC, seperti motor induksi dapat dioperasikan dibawah berbagai frekuensi dan tegangan yang berdampak pada penyesuaian kecepatan. Dalam banyak aplikasi motor penggunaan *variable speed drive* (VSD) menambahkan efisiensi energi dan performa dinamis. Namun *variable speed drive* (VSD) juga memiliki dampak terhadap motor induksi itu sendiri.

Semua *variable speed drive* (VSD) dalam industri yang ada memanfaatkan teknologi elektronika daya untuk memberikan variabel frekuensi tegangan melalui penggunaan perangkat switching. Hal ini membuat *variable speed drive* (VSD) rentan terhadap masalah yang

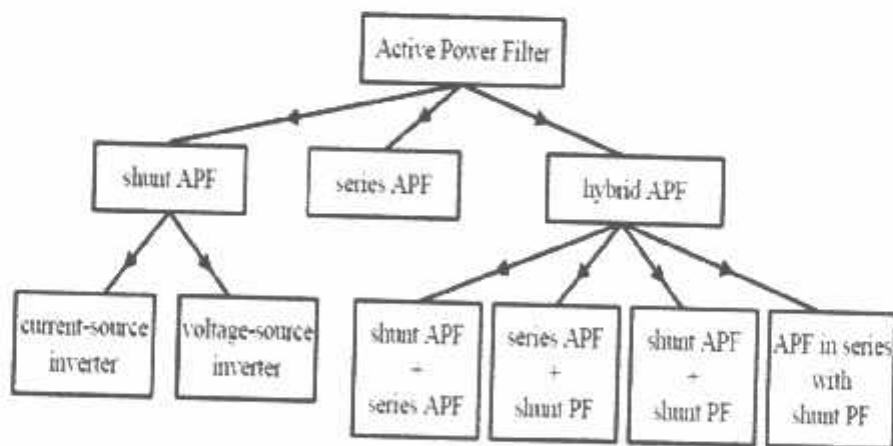
terkait dengan konversi tenaga listrik.

Berikut ini dampak negatif yang timbul pada motor induksi akibat penggunaan *variable speed drive* (VSD) antara lain.^[10]

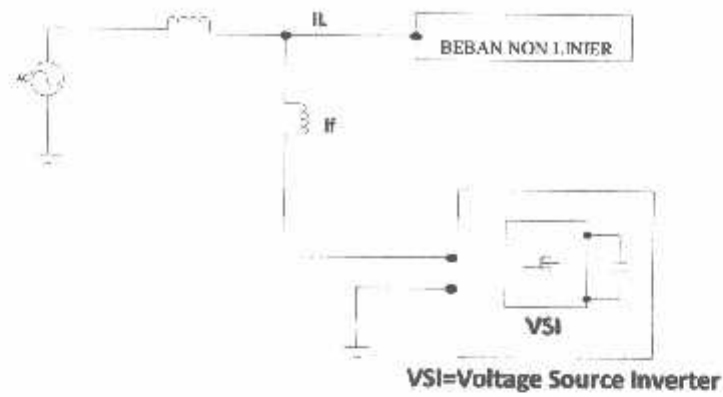
- Peningkatan rugi-rugi inti besi.
- Torsi motor menurun.
- Efek kulit (*skin effect*).
- Kerusakan isolasi dan bantalan motor.
- Penyimpangan kurva kecepatan torsi.
- Adanya *Electromagnetic Interference* (EMI).

2.4 Shunt Aktif Filter

Dalam dekade terakhir, telah muncul saklar-saklar semikonduktor yang dapat bekerja dengan frekuensi yang sangat tinggi. Sebuah aplikasinya adalah untuk pembuatan filter harmonisa aktif. Filter harmonisa aktif sering disebut sebagai Filter Daya Aktif (*Active Power Filter*). Istilah yang biasa digunakan adalah Filter Aktif. Filter aktif dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu Filter Aktif (FA) shunt, seri dan hibrid.



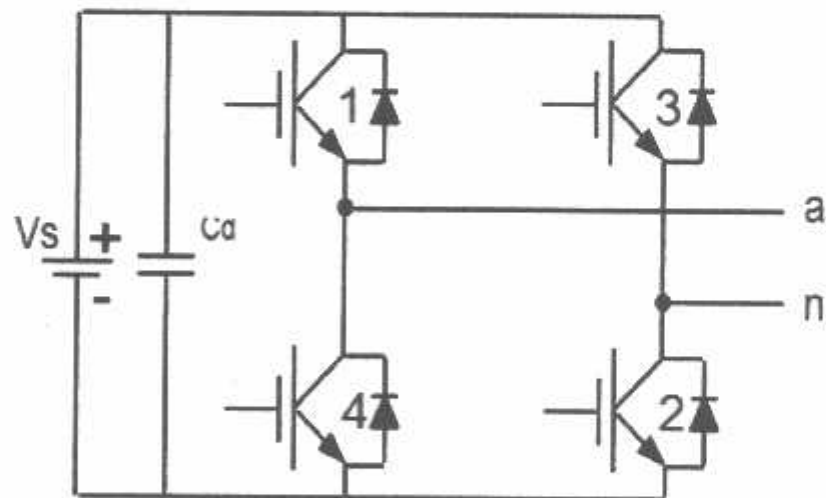
Gambar 2.5 Diagram filter aktif



Gambar 2.6 Konfigurasi Filter Aktif Paralel

2.4.1 Voltage Source Inverter

Definisi secara umum dari *inverter* adalah peralatan elektronika daya yang berfungsi mengubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak-balik (AC). Tipe *inverter* ada dua jenis yaitu *inverter* sumber tegangan (VSI) dan *inverter* sumber arus (CSI). Pada konfigurasi inverter VSI terdapat tegangan sumber V_s dan kapasitor C_d yang digunakan sebagai sumber dari *thyristor* seperti diperlihatkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Rangkaian Voltage Source Inverter (VSI)

Tipe VSI ini sering digunakan karena implementasinya yang mudah dan murah serta memiliki performansi yang cukup baik^[12].

2.5 Cascaded Multilevel Inverter

Prinsip dasar yang dibutuhkan peralatan semikonduktor, yaitu kemampuan mensuplai daya yang besar dan tegangan output yang halus (*smooth*). Pada metode PWM (*pulse width modulation*) untuk memperoleh tegangan output yang halus dapat dilakukan dengan menaikkan *frekuensi switching*. Namun pada aplikasi daya yang lebih, besar *frekuensi switching* tidak bisa dinaikkan disebabkan karena besar *losses* yang timbul pada switch itu sendiri. Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan metode *multilevel inverter*. Pada metode *multilevel inverter* rangkaian tegangan pada *switch* bisa lebih rendah dan mengatasi *losses* pada *switch*.^[11]

Sebuah *cascaded multilevel inverter* terdiri dari satu jembatan inverter penuh terhubung seri, masing-masing terisolasi dc bus mereka. Inverter multilevel ini dapat menghasilkan hampir sinusoidal gelombang tegangan dari beberapa sumber dc terpisah, yang dapat diperoleh dari sel surya, sel bahan bakar, baterai, kapasitor yang ultra, dll. Jenis converter ini tidak memerlukan transformator atau penjepit dioda atau kapasitor. Setiap tingkat dapat menghasilkan tiga output tegangan yang berbeda + Vdc, 0 dan -Vdc dengan menghubungkan sumber dc ke sisi output ac dengan kombinasi yang berbeda. Tegangan output dari inverter M-level adalah jumlah dari semua output inverter individu. Masing-masing perangkat switch aktif h-bridge itu hanya pada frekuensi dasar, dan setiap unit H-jembatan menghasilkan kuasi-persegi sebuah gelombang dengan fase-fase pergeseran kaki beralih timing positif dan negatif. Selanjutnya, masing-masing perangkat beralih 180° (atau setengah siklus) terlepas dari lebar pulsa gelombang kuasi-persegi sehingga hasil metode switching dalam menyamakan saat masing-masing perangkat aktif.

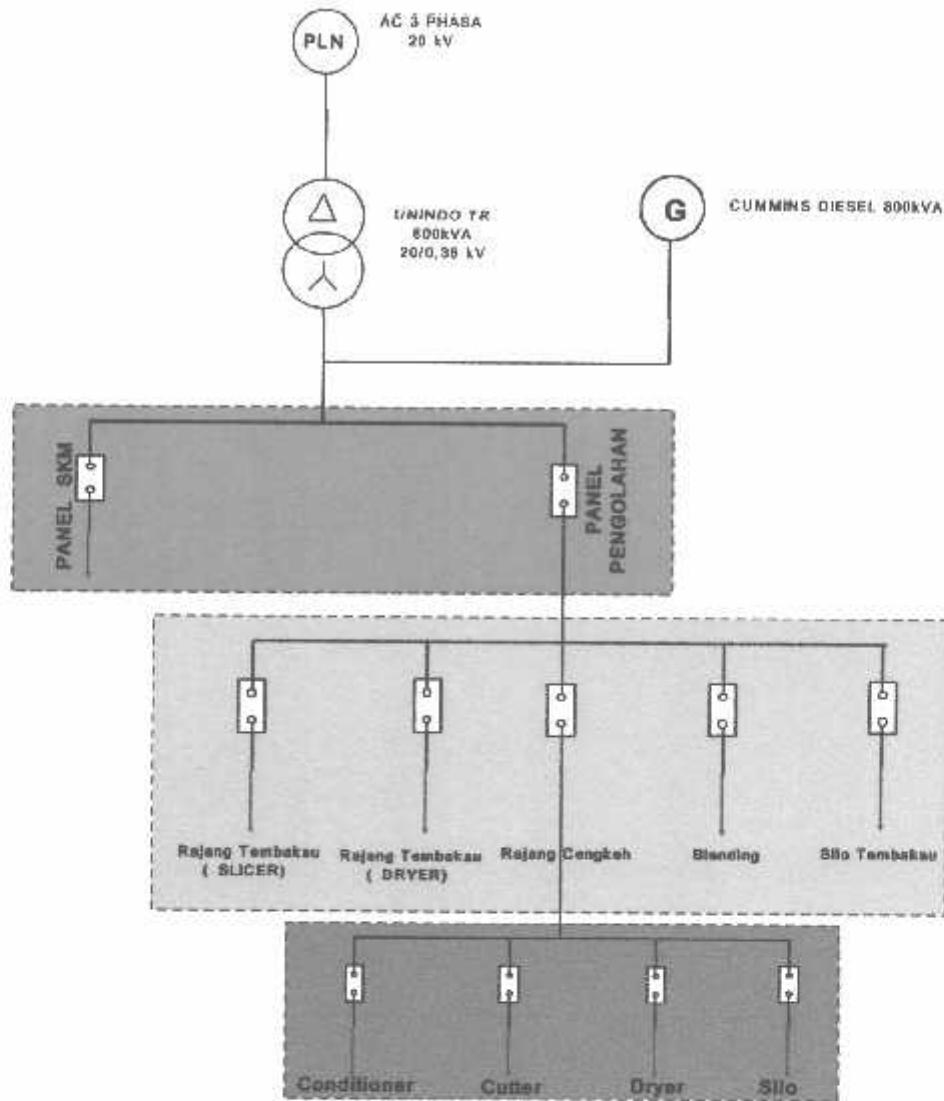
Topologi inverter ini cocok untuk tegangan tinggi dan daya inversi tinggi karena kemampuannya untuk mensintesis bentuk gelombang dengan spektrum harmonik yang lebih baik dan frekuensi switching rendah. Mengingat kesederhanaan sirkuit dan keuntungan, Topologi Cascaded H-bridge dipilih untuk pekerjaan yang diberikan. Sebuah inverter multilevel memiliki empat keuntungan utama atas inverter bipolar konvensional.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sistem Kelistrikan di PT. Merapi Agung Lestari

PT. Merapi Agung Lestari adalah sebuah pabrik yang bergerak dibidang pembuatan rokok yang bertempat di Mulyorejo Kota Malang. Pabrik ini dalam menunjang proses pengolahan dan produksinya menggunakan motor induksi jenis motor sangkar tupai (*Squirrel cage*) dengan jumlah yang cukup banyak. Hal ini tanpa disadari telah membuat kinerja sistem menurun yaitu berupa sering rusaknya motor induksi maupun peralatan lain yang sensitive.

Menurunnya sistem tersebut dikarenakan terdapat harmonisa pada sistem kelistrikan yang di timbulkan akibat dari banyaknya penggunaan beban *non linier* seperti penggunaan Variable Speed Drive (VSD) dalam jumlah yang cukup banyak untuk pengontrolan kecepatan motor induksi, sehingga mempunyai dampak penurunan performa pada sistem secara keseluruhan. Berikut adalah *Single line* PT Merapi Agung Lestari.



Gambar 3.1 Single line distribusi tenaga listrik PT. Merapi Agung Lestari-Malang

Gambar 3.1 Menunjukkan Single Line Sistem Jaringan Distribusi Listrik di PT Merapi Agung Lestari-Malang, terdiri dari satu sumber 3 fasa dengan tegangan 20 kV yang di hubungkan trafo *step-down* dengan perbandingan CT sisi primer & sisi sekunder 20 / 0.38 kV. Sistem ini terdiri dari 6 group beban yaitu Panel SKM, Panel Rajang Tembakau (Dryer), Panel Rajang Tembakau (Slicer), Panel Rajang Cengkeh, Panel Silo Tembakau, Panel Blending dimana masing – masing dari beban tersebut berupa motor induksi dengan tegangan 0.38 kV.

3.1.1 Data Trafo , Data Genset dan Beban pada PT. Merapi Agung Lestari

Tabel 3.1 Data Transformator

Standart Design	IEC 76
Daya	800 kVA
Tipe Konstruksi	<i>Indoor</i>
Tegangan Primer	20 kV
Tegangan Sekunder	0,4 kV
Vektor Group	<i>Dyn5</i>
Hubungan	Δ / Y
Frekuensi	50 Hz
Volume Minyak	600 L
Impedansi	4,5 %
Temperatur Oil	60°C
Temperatur Kumparan	65°C
Berat Total	2100 Kg
Panjang	1700 mm
Lebar	1020 mm
Tinggi	1640 mm
Tingkat Kebisingan	87 dB
Kelas Isolasi	A
Sistem Pendingin	ONAN

Tabel 3.2 Data Back Up Power (Genset)

Model	BCX800
Engine Model	KTA38-GA
Type of Governor	Electronic Governor
Alternator	Leroy Somer
Automatic Controller	Deep Sea and Hassan
Intake Type	Turbocharged
Standby Power	800 kVa
Rated speed	1800 Rpm

Bore x Stoke (mm)	159 x 159
Phase	3 Phase
Frequency	50 Hz
Dimension (mm)	5560 x 2000 x 2300
Weight (kg)	10.000

3.2 Peralatan yang digunakan

- a. Alat Ukur *Hioki Clamp On Power HiTESTER 3286-20*
 - b. Software *Power Simulator 9.0* untuk simulasi dan analisa data
-

Tabel 3.1 Data Beban PT. Merapi Agung Lestari – Malang

PANEL	KAPASITAS MOTOR	MANUFACTURE	JUMLAH MESIN	ARUS (I)	KW	POLE	TEGANGAN (V) Y-Δ	RPM
PANEL RAJANG TEMBAKAU (SLICER)	20 kW	SEW MOTOR	1	70 A	20 kW	6	220-380	960
	13 kW	YUEMA MOTOR	1	20 A	13 kW	6	220-380	980
	3 kW	SEW EURODRIVE	2	12,8 A	6 kW	6	220-380	960
	1,5 kW	ALLIANCE MOTORI	24	6,5 A	36 kW	4	220-380	1390
	0,75 kW	ALLIANCE ITALY	25	3,8 A	18,75 kW	4	220-380	1380
	18,5 kW	SEW MOTOR	1	31 A	18,5 kW	6	220-380	960
	5,5 kW	SEW EURODRIVE	2	11,0 A	11 kW	4	220-380	960
PANEL RAJANG TEMBAKAU (DRYER)	3 kW	SEW EURODRIVE	4	6,6 A	12 kW	4	220-380	1390
	2,2 kW	SEW EURODRIVE	4	6,0 A	8,8 kW	4	220-380	1425
	1,5 kW	ALLIANCE MOTORI	11	3,55 A	16,5 kW	4	220-380	1400
	1,1 kW	ALLIANCE MOTORI	12	2,8 A	13,2 kW	4	220-380	1400
	0,75 kW	ALLIANCE ITALY	4	2,1 A	3 kW	4	220-380	1400
	0,55 kW	ALLIANCE ITALY	3	1,75 A	1,65 kW	4	220-380	1400
	0,37 kW	ALLIANCE ITALY	12	1,2 A	4,44 kW	4	220-380	1400
	0,25 kW	ALLIANCE ITALY	1	0,68 A	0,25 kW	4	220-380	1400

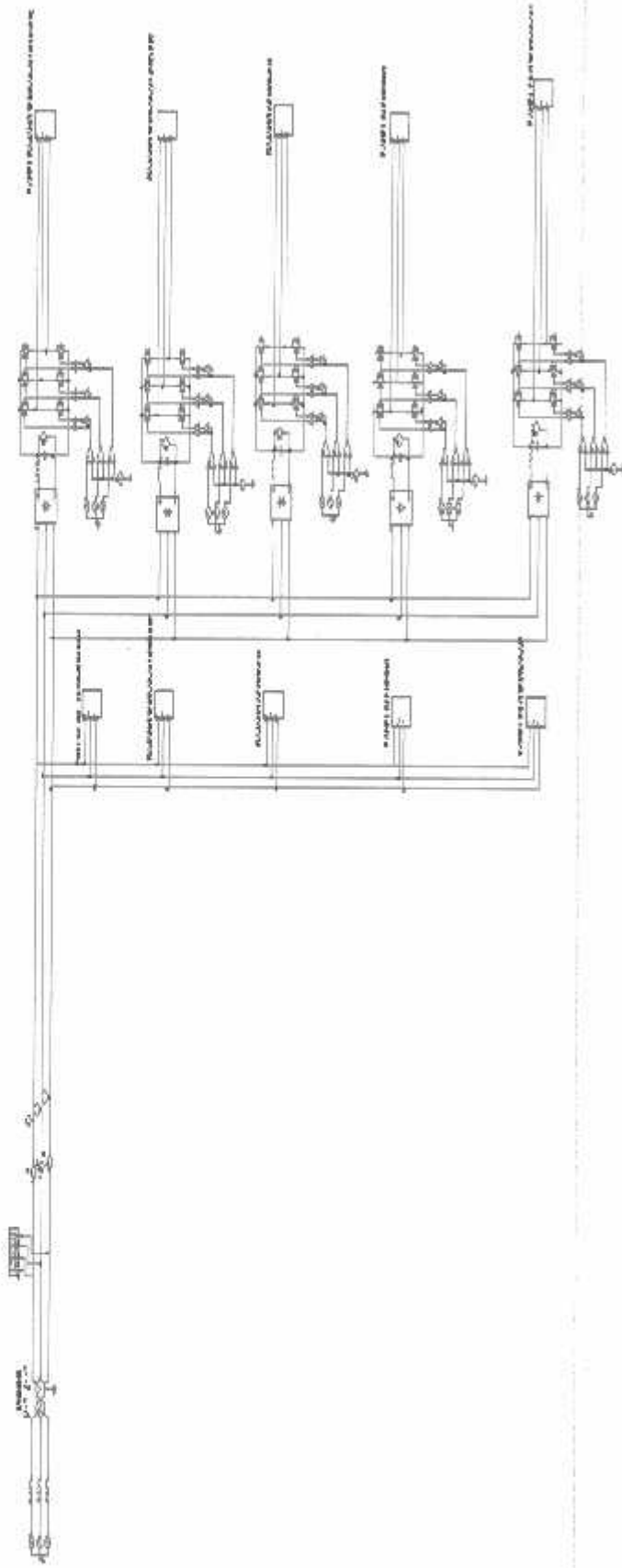
PANEL	KAPASITAS MOTOR	MANUFACTURE	JUMLAH MESIN	ARUS (I)	KW	POLE	TEGANGAN (V) Y-Δ	RPM
PANEL RAJANG CENGKEH	12 kW	YUEMA MOTOR	3	20,3 A	36 kW	6	220-380	1400
	3,5 kW	SIEMENS MOTORS co.,LTD	9	14 A	31,5 kW	6	220-380	920
	3 kW	SEW EURODRIVE	5	12,8 A	15 kW	6	220-380	960
	1,5 kW	ALLIANCE MOTORI	25	6,5 A	37,5 kW	4	220-380	1400
	0,75 kW	ALLIANCE ITALY	28	3,0 A	21 kW	4	220-380	1400
PANEL BLENDING	3 kW	SEW EURODRIVE	1	12,8 A	3 kW	6	220-380	960
	2,2 kW	SEW EURODRIVE	1	6,6 A	2,2 kW	4	220-380	1425
	1,5 kW	ALLIANCE MOTORI	15	6,5 A	22,5 kW	4	220-380	1400
	0,75 kW	ALLIANCE ITALY	16	3,8 A	12 kW	4	220-380	1400
	4 kW	HAONI	12	15,9 A	48 kW	4	220-380	1390
PANEL SILO TEMBAKAU	1,5 kW	ALLIANCE MOTORI	36	6,5 A	54 kW	4	220-380	1400
	0,75 kW	ALLIANCE ITALY	45	3,8 A	33,75 kW	4	220-380	1400
	0,55 kW	ALLIANCE ITALY	12	1,75 A	0,55 kW	4	220-380	1400
PANEL SKM	4,4 kW	HAONI	3	17,4 A	13,2 kW	4	220-380	1390
	2,2 kW	SEW EURODRIVE	10	6,6 A	22 kW	4	220-380	1425



PT. MERAPI AGUNG LESTARI

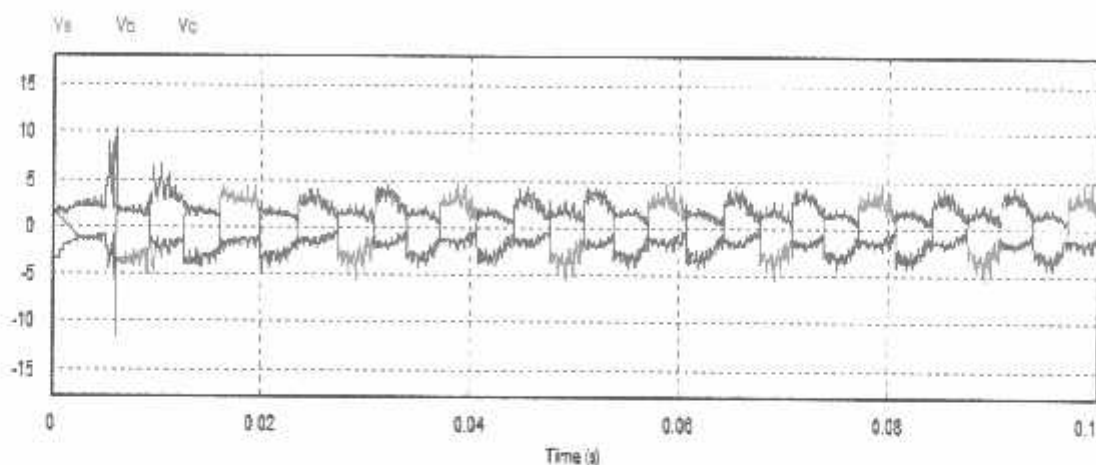
Tabel 3.2 Data Inverter PT Merapi Agung Lestari-Malang

NO	Kode Motor	Inverter	NO	Kode Motor	Inverter
1	406M1	ATV312HU15N4	21	206	ATV312HU15N4
2	406M2	ATV312HU15N4	22	216	ATV312HU15N4
3	407M1	ATV312HU15N4	23	304	ATV312HU15N4
4	407M2	ATV312HU15N4	24	305	ATV312HU30N4
5	408M1	ATV312HU15N4	25	309	ATV312HU30N4
6	408M2	ATV312HU30N4	26	310	DANFOSS VLT5027
7	412	ATV312HU30N4	27	M14CD	Foshan Tanfon
8	416MDM	ATV312HU30N4	28	M16CD	ATV312H075N4
9	416CF	ATV312HU30N4	29	M10CD	ATV312H075N4
10	416MCP	DANFOSS FC3025	30	M4C	ATV312H075N4
11	419	ATV212HD18N4	31	M7C	ATV312H075N4
12	421	ATV312H075N4	32	M4D	ATV312H075N4
13	421F	ATV312H075N4	33	M5D	ATV312H075N4
14	427	ATV312HU15N4	34	M3CDL	ATV312HU15N4
15	428	ATV312HU15N4	35	M1CDL	ATV312HU15N4
16	101F	ATV312HU15N4	36	M2CD	ATV312HU15N4
17	107	ATV312HU15N4	37	M7CD	ATV312HU15N4
18	201	ATV312HU15N4	38	M8CD	ATV312HU15N4
19	202	ATV312HU15N4	39	M10AB	ATV312HU15N4
20	204	ATV312HU15N4	40	M12AB	ATV312HU30N4

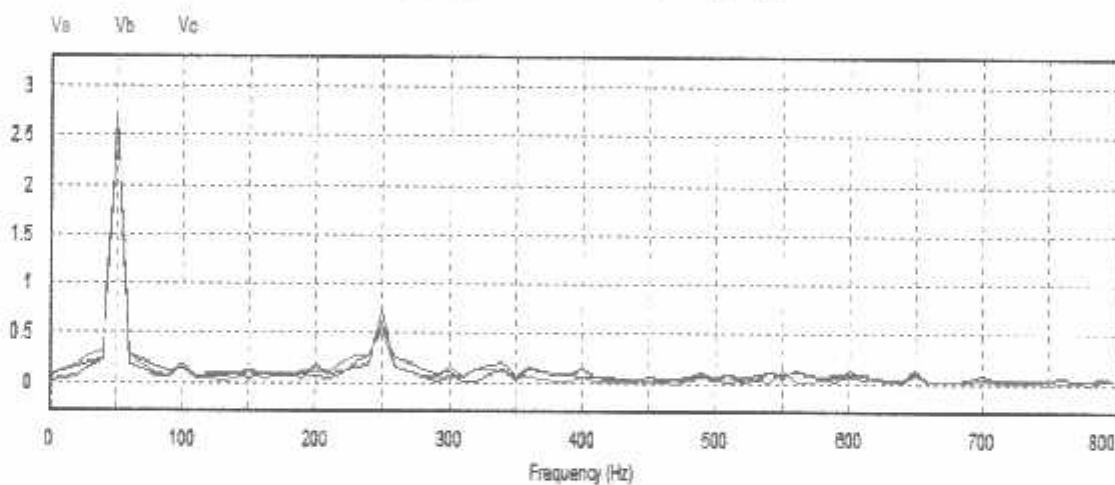


Gambar 3.2 Simulasi distribusi tenaga listrik PT. Merapi Agung Lestari dalam *PSIM*

- Berdasarkan hasil simulasi yang di ambil pada sisi sekunder trafo tegangan rendah 0,38 kV terlihat bahwa tegangan pada sistem tidak sinusoidal atau mengalami cacat gelombang.



Gambar 3.3 Grafik tegangan di PT. Merapi Agung Lestari



Gambar 3.4 Spektrum harmonisa tegangan

Gambar di atas menunjukkan gelombang tegangan dari simulasi sistem kelistrikan PT. Merapi Agung Lestari. Dapat dilihat bahwa gelombang tegangan tidak sinusoidal dimana itu tidak baik untuk sebuah sistem kelistrikan. Yang mana fenomena tersebut akan menyebabkan performa sistem menurun yaitu berupa sering rusaknya motor induksi maupun peralatan lain yang sensitive.

3.3 Konsep *Shunt* Aktif Filter Metode *Cascaded Multilevel Inverter*

Salah satu cara untuk memodelkan dan mengimplementasikan shunt aktif metode *Cascaded Multilevel inverter* pada sistem kelistrikan PT Merapi Agung Lestari adalah menggunakan inverter full bridge 1 fasa yang berjumlah 3 inverter ,inverter tersebut di hubungkan seri dengan sistem dan di beri sumber tegangan yang terpisah. *n-level cascaded H-Bridge*.

$$n = 2H + 1 \dots\dots\dots(3.1)$$

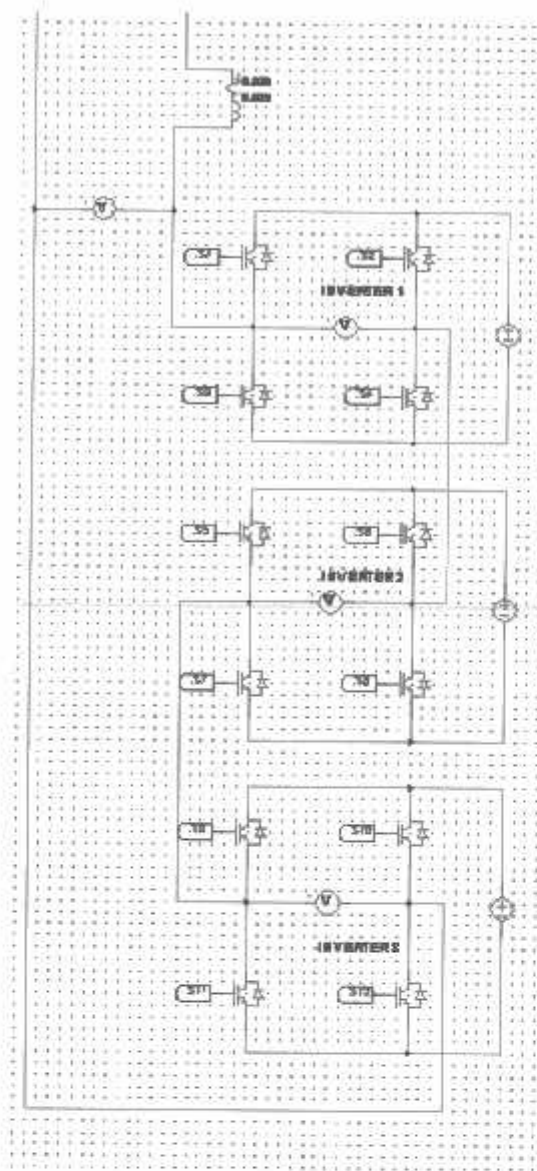
Dimana:

n = Jumlah level *Cascaded Multilevel Inverter*

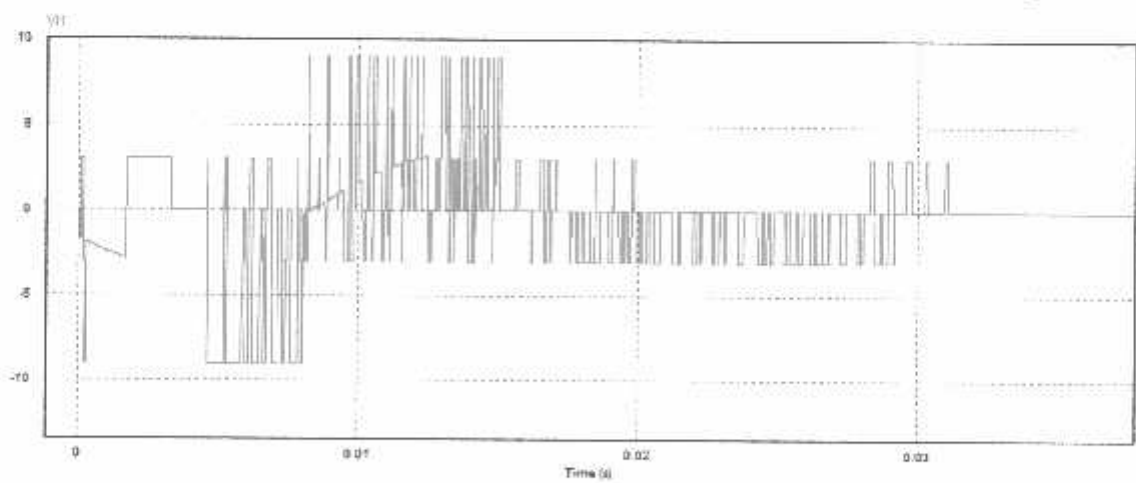
H = Jumlah inverter Full bridge.

Pada sistem *Cascaded Multilevel Inverter* semakin banyak level untuk reduksi tegangan semakin bagus dan outputnya semakin halus.tetapi semakin tinggi level maka H (jumlah inverter Full Bridge) semakin banyak dan komponen elektronika daya yang di pakai semakin banyak .Gambar rangkaian dan bentuk gelombang keluaran *Cascaded Multilevel Inverter 7-Level cascaded 3-Bridge*.

Keluaran dari rangkaian gambar 3.5 terdiri dari 7 level amplitudo, yaitu +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3. Bentuk keluaran dari gelombang rangkaian *Cascaded Multilevel Inverter 7-Level cascaded 3-Bridge* ditunjukkan pada Gambar 3.6. Pada Gambar tersebut gelombang referensi berupa gelombang sinus murni dan sehingga gelombang keluaran dari *Cascaded multilevel Inverter* juga berbentuk Pulse Width Modulation (PWM).

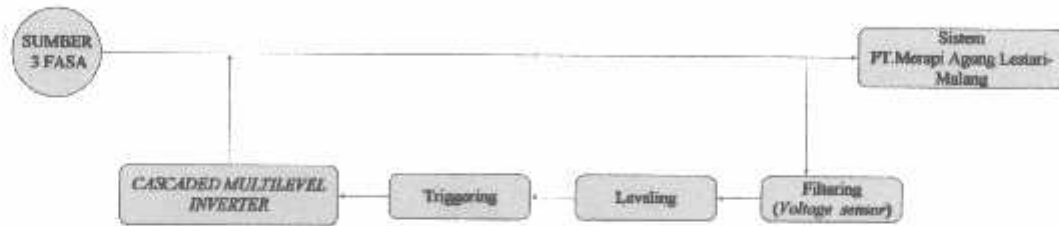


Gambar 3.5 Rangkaian *Cascaded Multilevel Inverter 7-Level cascaded 3-Bridge*



Gambar 3.6 Gelombang *Cascaded Multilevel Inverter 7-Level cascaded 3-Bridge*

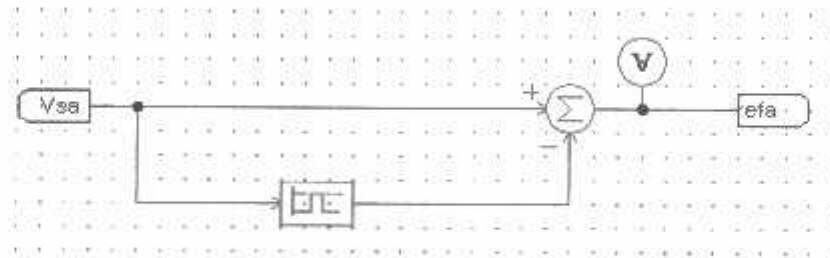
Cara kerja metode *cascaded multilevel inverter* sebagai filter aktif adalah dengan mengambil gelombang harmonisa pada sistem. Setelah mengambil gelombang harmonisa dari sistem , gelombang tersebut menjadi referensi gelombang pada rangkaian inverter. Dengan harapan rangkaian *Cascaded Multilevel Inverter* dapat membangkitkan gelombang yang sama dan amplitudnya yang sama dengan gelombang harmonisa sistem. Selanjutnya gelombang keluaran dari rangkaian *inverter* tersebut diinjeksikan ke sistem sebagai kompensasi harmonisa.



Gambar 3.7 Blok diagram *Cascaded Multilevel Inverter* sebagai filter aktif

3.4 Proses Filtering

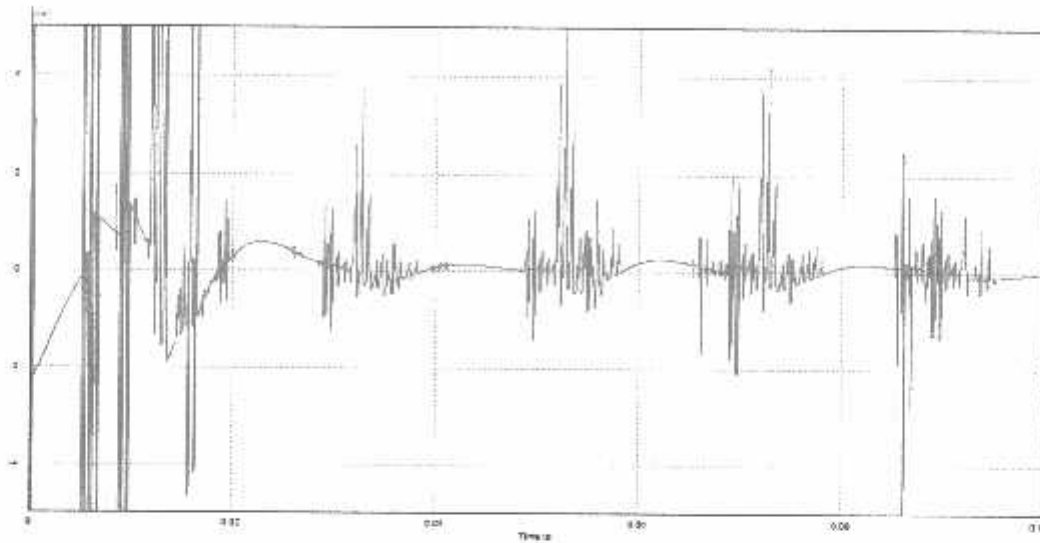
Pada proses *filtering* adalah proses pengambilan gelombang referensi harmonisa, dengan cara memasang band pass filter. Rangkaian filtering dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Rangkaian filtering

Untuk mendapatkan gelombang referensi, maka V_{sa} sebagai tegangan sistem dikurangi dengan komponen fundamental. Dengan cara memfilter menggunakan band pass filter pada frekuensi 50 Hz, kemudian tegangan dikurangi dengan komponen fundamental, sehingga didapatkan tegangan dengan komponen

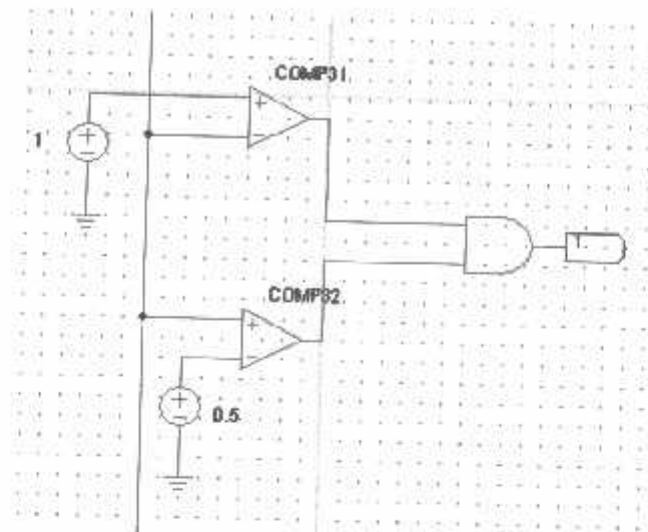
harmonisa saja. Gelombang tersebut sebagai referensi untuk rangkaian *Cascaded Multilevel Inverter*. Bentuk gelombang harmonisa dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Gelombang harmonisa

3.5 Proses Leveling

Agar menghasilkan bentuk yang sama dengan gelombang referensi, maka dilakukan pendeteksian level gelombang referensi atau yang disebut dengan leveling. Gelombang yang menjadi referensi dinormalisasikan terlebih dahulu sehingga di dapatkan amplitude maksimal +3 dan minimal -3. Rangkaian leveling menggunakan Op-Amp dan gerbang logika AND dapat dilihat pada gambar 3.10. Rangkaian leveling ini bertujuan agar *Cascaded Multilevel Inverter* dapat menghasilkan keluaran yang sama dengan gelombang referensinya.



Gambar 3.10 Rangkaian Leveling

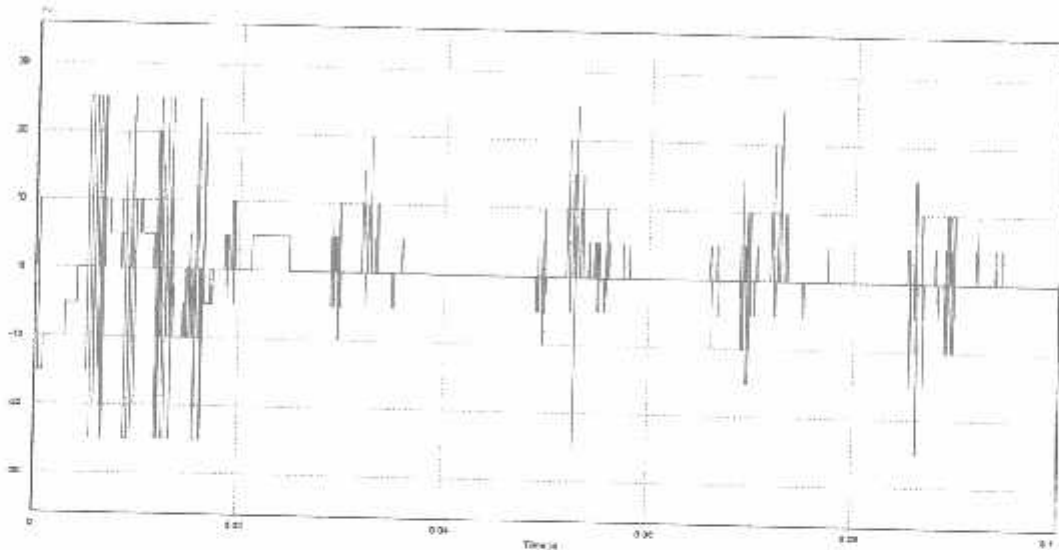
Pada gambar 3.10 terdapat 2 *Op-Amp* (A dan B) dan 1 gerbang AND. Rangkaian *Op-Amp* atau rangkaian Operasional Amplifier adalah rangkaian untuk membandingkan kedua input yaitu input inverting dan input not inverting pada rangkaian yang penulis buat menggunakan 2 rangkaian *Op-Amp* yaitu *Op-Amp* (A dan B), cara kerja *Op-Amp* A adalah untuk input inverting dan not inverting batas gelombang level atas dan gelombang referensi input negatif, sedangkan cara kerja untuk *Op-Amp* B juga untuk input not inverting dan inverting tetapi sebagai batas gelombang level bawah. Batas atas dan batas bawah yang dimaksud pada gambar 3.10 adalah batas amplitudo untuk tiap level. Sedangkan logika gerbang AND pada rangkaian ini memiliki fungsi memastikan bahwa amplitudo apakah berada diantara batas atas dan batas bawah. Selanjutnya salah satu inputan tidak terpenuhi, maka saklar pada level tersebut tidak bekerja atau dalam keadaan *OFF*.

Untuk tiap level memiliki pengaturan saklar yang bervariasi, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.2. Pada tiap level memerlukan rangkaian seperti pada gambar 3.10. Sehingga total rangkaian pendeteksi level ada 7 rangkaian sesuai dengan jumlah level nya (7 level). Gambar 3.11 menunjukkan rangkaian proses leveling pada CMLI 7 level.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa pada 7 level cascaded 3 bridge, amplitudo yang dihasilkan oleh inverter ini bervariasi dari $-V_3$ sampai dengan V_3 . Untuk mengatur variasi amplitudo, yang berperan utama adalah ke 12 saklar tersebut.

3.7 Output Dari *Cascaded Multilevel Inverter*

Setelah melewati proses filtering, leveling dan triggering selanjutnya di dapat output rangkaian *Cascaded Multilevel inverter*.



Gambar 3.12 Output *Cascaded Multilevel Inverter*

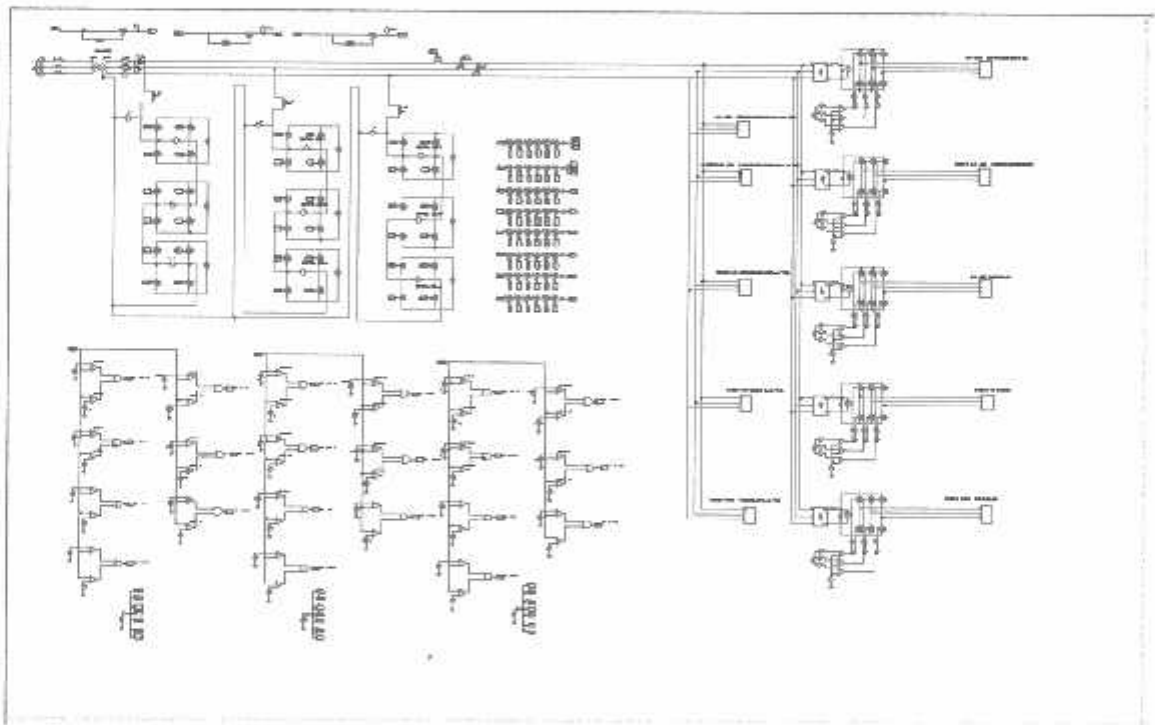
3.8.1 *Algoritma Pemecahan Masalah Perbaikan Harmonisa Menggunakan Shunt Aktif Filter Metode Cascaded Multilevel Inverter*

1. Mulai
 2. Pengambilan data di tempat penelitian yaitu PT. Merapi Agung Lestari
 3. Menggambar *single line* jaringan kelistrikan PT. Merapi Agung Lestari
 4. Menginputkan data sumber trafo dan beban .
 5. Menjalankan *Harmonics Analysis*.
 6. Apakah $THD_v < 5\%$?
Jika Ya lanjut ke step berikutnya
Jika tidak mendesain *Shunt Active Filter* metode *Cascaded Multilevel Inverter* kemudian memsangkan pada sistem jaringan kelistrikan PT. Merapi Agung Lestari.
 7. Tampilkan hasil simulasi program
 8. Selesai.
-

BAB IV ANALISA HASIL

4.1. *Single Line Sistem Kelistrikan di PT. Merapi Agung Lestari Malang*

Pada simulasi akan dilakukan pengambilan data dengan perbandingan saat sebelum dan sesudah pemasangan *Cascaded Multilevel Inverter* sebagai filter aktif. Setelah itu hasil keluaran harmonisa tegangan akan dianalisa dan dapat dilihat seberapa besar kemampuan filter dalam mereduksi harmonisa tegangan pada sistem. Untuk mensimulasi sistem dalam software *PSIM* maka terlebih dahulu digambarkan *single line* sistem jaringan PT. Merapi Agung Lestari. Kemudian mensimulasikan sesuai dengan langkah kerja dan menganalisa hasilnya. Berikut *single line* sistem kelistrikan PT Merapi Agung Lestari yang digambarkan menggunakan software *PSIM*.



Gambar 4.1 Simulasi distribusi tenaga listrik dengan *Cascaded Multilevel Inverter* sebagai filter aktif PT. Merapi Agung Lestari dalam *PSIM*

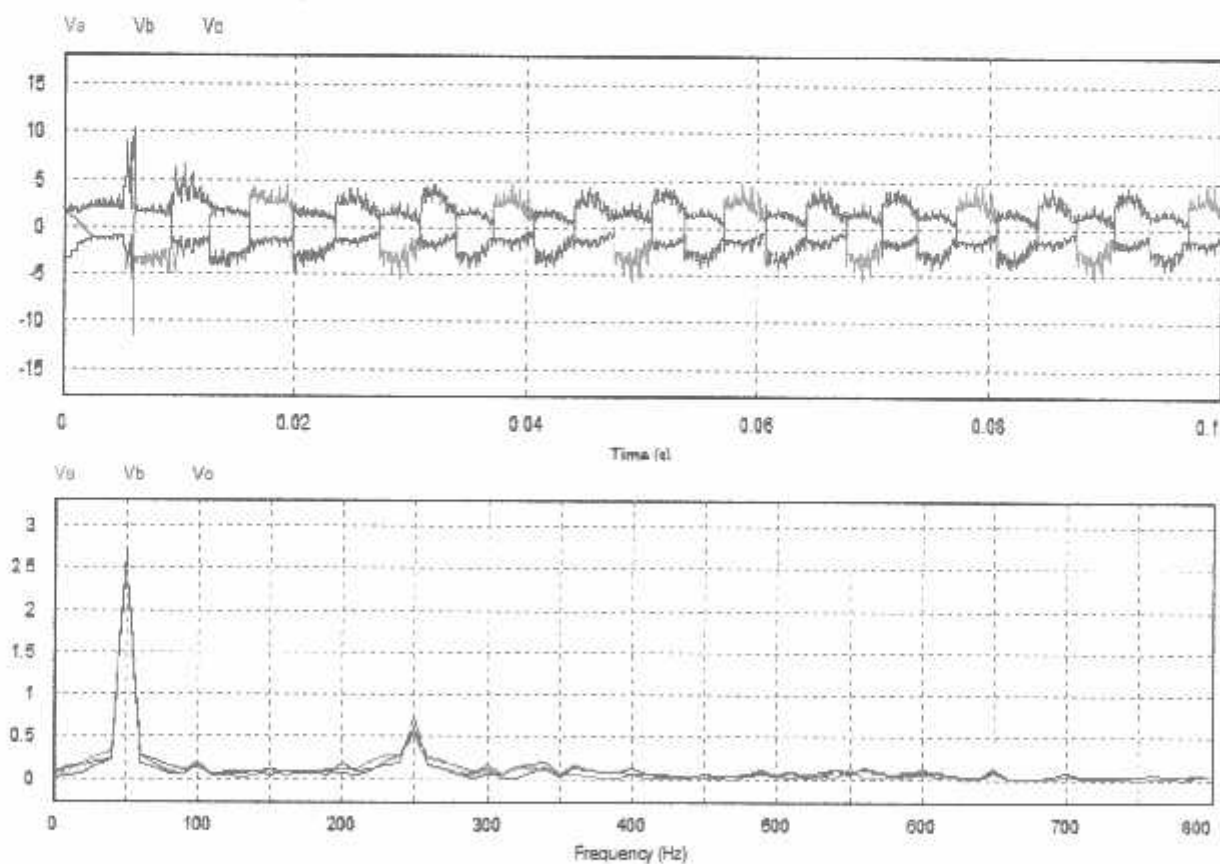
4.2. Solusi Perbaikan Harmonisa Tegangan

Simulasi perbaikan harmonisa menggunakan *Software PSIM* secara skematik dapat mengkonstruksi rangkaian, menjalankan simulasi, menganalisa hasil dan manajemen data dalam sebuah integrasi yang lengkap dalam hal grafis, termasuk kontrol dan alat-alat ukur. Dengan demikian permasalahan yang ada pada sistem kelistrikan PT. Merapi Agung Lestari dan solusi yang ingin diberikan dapat dilakukan menggunakan *software PSIM*, nilai parameter yang dipakai dalam perbaikan harmonisa tegangan menggunakan parameter sebagai berikut.

1. Kapasitas daya inverter yang di *Cascaded* adalah 1 kW
2. Besaran R,L dan C pada rangkaian *Cascaded Multilevel Inverter* sebagai berikut :
 $R= 265 \Omega$ $L= 0,125 \text{ H}$ $C= 2,6 \text{ mF}$

4.3 Hasil Simulasi Sebelum Pemasangan Filter

Untuk langkah awal akan dilakukan simulais tanpa pemasangan filter pada sisi sumber 3 fasa untuk mengetahui besar harmonisa tegangan yang ada pada sistem kelistrikan PT. Merapi Agung Lestari

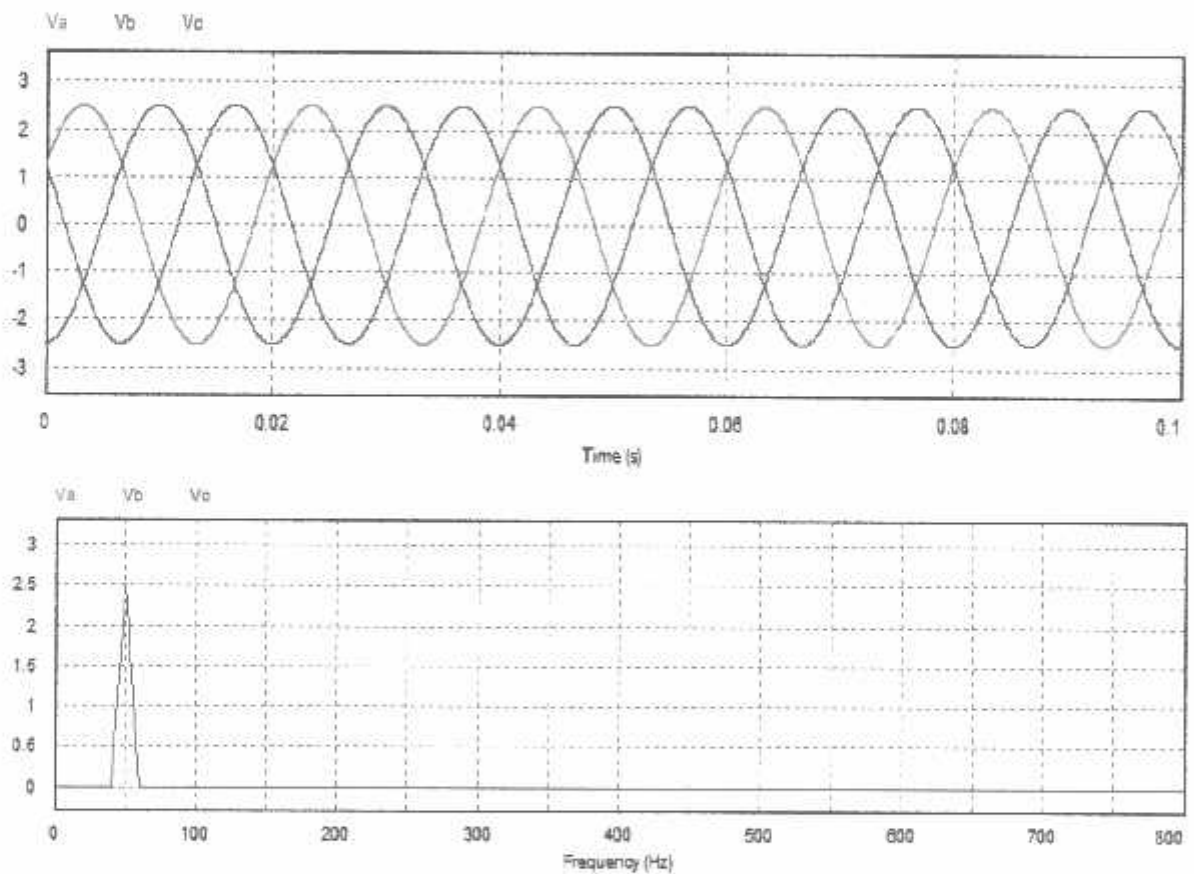


Gambar 4.2 (a) Gambar gelombang tegangan sumber sebelum pemasangan filter dan
 (b) Spektrum tegangan sumber sebelum pemasangan filter

Gambar 4.2 (a) menunjukkan bentuk gelombang tegangan pada sistem jaringan distribusi PT. Merapi Agung Lestari. Terlihat pada gambar gelombang tidak berbentuk sinusoida secara sempurna melainkan mengalami cacat pada bentuk gelombangnya karena terdistorsi harmonisa dengan THID sebesar 21,35 %.

4.4 Hasil Simulasi Setelah Pemasangan Filter

Untuk langkah selanjutnya akan dilakukan simulasi dengan pemasangan filter pada sisi sumber 3 fasa untuk mengetahui berapa besar harmonisa tegangan yang dapat direduksi filter aktif metode *Cascaded Multilevel Inverter* pada sistem kelistrikan PT. Merapi Agung Lestari



Gambar 4.3 (a) Gambar gelombang tegangan sumber setelah pemasangan filter dan
 (b) Spektrum tegangan sumber setelah pemasangan filter

Gambar 4.3 (a) menunjukkan bentuk gelombang tegangan yang awalnya tidak berbentuk sinusoidal karena efek terdistorsi harmonisa berubah menjadi sinusoidal. Itu menunjukkan bahwa *Cascaded Multilevel Inverter* sebagai filter mampu untuk mereduksi harmonisa tegangan pada system jaringan kelistrikan PT. Merapi Agung Lestari dengan THD sebesar 0.65 %.

4.5 Perbandingan Perhitungan Nilai Harmonisa Tegangan

4.5.1 Hasil Pengukuran Menggunakan Alat Ukur Hioki 3286-20

Tabel 4.1 Hasil pengukuran harmonisa sistem menggunakan
Clamp On Power Meter Hioki 3286-20

Orde Harmonisa	Tanpa Filter
3	0,1
5	0,55
7	0,055
9	0,023
11	0,14
13	0,1
15	0,008
THDV%	20,99%

$$THDV = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^n V_h^2}}{V_f} \dots\dots\dots(4.1)$$

$$THDV = \frac{\sqrt{\left(\frac{0.10}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.55}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.055}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.023}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.14}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.10}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.088}{\sqrt{2}}\right)^2}}{\frac{2.68}{\sqrt{2}}} \times 100\%$$

$$THDV = \frac{\sqrt{0.005 + 0.151 + 0.0015 + 0.00026 + 0.0098 + 0.005 + 0.000031}}{1.97} \times 100\%$$

$$THDV = 20,99 \%$$

4.5.2 Hasil Simulasi dan Perhitungan sistem PT. Merapi Agung Lestari Nilai Harmonisa Tegangan Sebelum Pemasangan Filter

Tabel 4.2 Peforma sistem (harmonisa tegangan) sebelum pemasangan filter

Orde Harmonisa	Tanpa Filter
3	0,112
5	0,54
7	0,067
9	0,020
11	0,13
13	0,091
15	0,0012
THDV%	21,35%

$$THDV = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_f} \dots\dots\dots(4.2)$$

$$THDV = \frac{\sqrt{\left(\frac{0.112}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.54}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.067}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.020}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.13}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.091}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0012}{\sqrt{2}}\right)^2}}{\frac{2.68}{\sqrt{2}}} \times 100\%$$

$$THDV = \frac{\sqrt{0.0062 + 0.145 + 0.0022 + 0.0002 + 0.0084 + 0.0041 + 0.00000072}}{1.97} \times 100\%$$

$$THDV = 21,35 \%$$

4.5.3 Perhitungan Nilai Harmonisa Tegangan Setelah Pemasangan Filter

Tabel 4.3 Peforma sistem (harmonisa tegangan) sesudah pemasangan filter

Orde Harmonisa	Dengan Filter
3	0,0010
5	0,00082
7	0,00065
9	0,00048
11	0,00048
13	0,00035
15	0,00011
THDV%	0,65 %

$$THDV = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^n V_h^2}}{V_1} \dots\dots\dots(4.3)$$

$$THDV = \frac{\sqrt{\left(\frac{0.0010}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.00082}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.00065}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.00048}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.00048}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.00035}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.00011}{\sqrt{2}}\right)^2}}{\frac{2.67}{\sqrt{2}}} \times 100\%$$

$$THDV = \frac{\sqrt{0.0000005 + 0.00000033 + 0.0000021 + 0.000011 + 0.0000011 + 0.00000006 + 0.00000060}}{1.88} \times 100\%$$

$$THDV = 0.65 \%$$

Tabel 4.4 Peforma sistem (harmonisa tegangan) sebelum dan sesudah pemasangan filter

Konfigurasi Sistem	Sebelum	Sesudah
Pengukuran THD %	20,99 %	0.65 %
Analisa THD %	21,35 %	0.65 %

Tabel 4.4 menjelaskan tentang peforma sistem sebelum dan sesudah pemasangan *Cascaded Multilevel Inverter* sebagai filter aktif pada sistem jaringan kelistrikan PT. Merapi Agung Lestari. Pada saat kondisi sebelum terpasang filter

dapat dilihat bahwa nilai THD harmonisa tegangan sebesar 21,35 %. Namun sesudah pemasangan *Cascaded Multilevel Inverter* sebagai filter maka nilai THD tegangan yang didapat berkurang secara signifikan yaitu menjadi 0.65 %.

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dengan diperolehnya hasil analisa *Shunt Active Filter* metode *Cascaded multilevel Inverter* dengan menggunakan bantuan *software* PSIM, maka dapat diambil kesimpulan :

- a. Dari hasil pengukuran harmonisa tegangan di PT Merapi Agung Lestari Menggunakan Clamp On Power Meter HIOKI 3286-20 dengan kondisi sebelum dipasang filter nilai THDV pada sistem tersebut sebesar 20,99% , setelah dilakukan pemodelan sistem pada *software* PSIM nilai THDV pada sistem sebesar 21,35 % dikarenakan toleransi pengukuran , kemudian dilakukan pemodelan dan pemasangan *Cascaded multilevel Inverter* sebagai Filter Aktif nilai THDV pada sistem awal mulanya 21,35 % turun menjadi 0,65 %
- b. Pemasangan *Cascaded multilevel Inverter* dapat mereduksi harmonisa tegangan pada sumber Sebesar 96 %.
- c. Pada sistem yang menggunakan filter aktif *Cascaded Multilevel Inverter*, Nilai THD Tegangan sumber dibawah batas yang diijinkan oleh standard IEEE Std. 519-1992 yaitu <5%

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat dikemukakan agar aplikasi ini dapat berfungsi lebih maksimal adalah :

Analisa ini hanya membahas tentang harmonisa tegangan karena kendala dilapangan untuk mengukur harmonisa arus sebagai perbandingan, pada penelitian selanjutnya dapat di tambahkan harmonisa arus agar hasil bisa lebih optimal dalam mereduksi harmonisa.

- [11] Y. Ari, "Desain dan Simulasi Filter Daya Aktif *Shunt* Untuk Kompensasi Harmonisa Menggunakan Metode *Cascaded Multilevel Inverter*", FTI Institut Teknologi Sepuluh November, 2009.
- [12] D. Mohan, Sreejith B.Kurub, "A Comparative Analysis of Multi Carrier SPWM Control Strategies using Fifteen Level Cascaded H - bridge Multilevel Inverter", International Journal of Computer Applications (0975 - 8887), Volume 41- No.21, March 2012
- [13] N. I. Raju, M. S. Islam dan A. A. Uddin, "Sinusoidal PWM Signal Generation Technique for Three Phase Voltage Source Inverter with Analog Circuit & Simulation of PWM Inverter for Standalone Load & Micro-Grid System," International Journal of Renewable Energy Research, vol. 3, no. 3
-



LAMPIRAN



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BN (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karang 6, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. Nama : EBAGUS RISHANDI GOMA WIANTO
2. NIM : 1212005
3. Program Studi : TEKNIK ELEKTRO S-1
4. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
5. Judul Skripsi : PEMODELAN DAN ANALISA *SHUNT* AKTIF FILTER MENGGUNAKAN METODE *CASCADED MULTILEVEL INVERTER* UNTUK MEREDUKSI HARMONISA DI PL. MERAPI AGUNG LESTARI MALANG.

Dipertahankan di hadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :
Hari : Kamis
Tanggal : 18 Agustus 2016
Dengan Nilai : 84,16 (A)

Panitia Ujian Skripsi

Ketua

(M. Ibrahim Ashari, ST, MT)
NIP. Y. 1030100358

Sekretaris

(Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT)
NIP. Y. 1030100361

Anggota Penguji

Penguji I

(Ir. Teguh Herbasuki, MT)
NIP. Y. 1038900209

Penguji II

(Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT)
NIP. P. 103140072



nomor Surat : ITN-202/EL-F/14.2016

8 Maret 2016

kepada : -

kepada : BIMBINGAN SKRIPSI (Baru)

kepada : Yth. Bapak/Ibu **Abraham Lomi, D., MS.E., Dr. Eng., Prof.**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : Bagus Reshandi G.
Nim : 1212005
Fakultas : **Teknologi Industri**
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : T. Energi Listrik S1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

“ Semester Genap Tahun Akademik 2015-2016 ”

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik
Elektro S-1



M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP. P. 1030100358



Nomor Surat : ITN-202/EL-FTI/2015

8 Maret 2016

Lampiran : -

Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI (**Baru**)

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Yusuf Ismail Nakhoda, Ir., MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa

Nama : Bagus Keshandi G.
Nim : 1212005
Fakultas : **Teknologi Industri**
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **T. Energi Listrik**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" Semester Genap Tahun Akademik 2015-2016 "

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1










M. Ibratun Ashari, S.T., MT
NIP.P. 1030100358

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Nama Mahasiswa :
 NIM :
 Nama Pembimbing :
 Judul Skripsi :








: BAGUS RESHANDI GOMA WIANTO
 : 12.12.005
 : Prof.Dr.Eng.Ir.Abraham Lomi, MSEE
 : ANALISA DAN PEMODELAN SHUNT AKTI
 FILTER UNTUK MEREDUKSI HARMONIS
 AKIBAT BEBAN NON LINIER MENGGUNAKAN
 METODE CACCADED MULTILEVEL INVERTEK
 PADA PT MERAPI AGUNG LESTARI MALANG

Ke- Minggu	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
	Rabu 23-3-2016		1.Revisi Judul 2.Revisi Rumusan Masalah	
	Kamis 24-3-2016		ACC Makalah Seminar Proposal	
	Selasa 4-4-2016		Konsultasi Revisi Hasil Berita Acara Seminar Proposal	
	Senin 25-4-2016		Konsultasi Pemodelan Software dan Pengambilan Data	
	Kamis 28-4-2016		Konsultasi Pemodelan Variable Speed Drive Pada PSIM Software	
	Selasa 24-5-2016		ACC Laporan Seminar Progres	
	Jum'at 3-6-2016		Bimbingan Bab III dan Rangkaian Cascaded Multilevel Inverter	

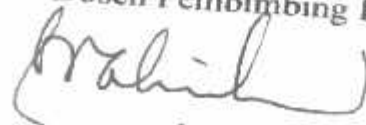
MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
 SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2014-2015

Nama Mahasiswa
 NIM
 Nama Pembimbing
 Judul Skripsi

: BAGUS RESHANDI GOMA WIAN TO
 : 1212005
 : Prof.Dr.Eng.Ir.Abraham Lomi, MSEE
 : ANALISA DAN PEMODELAN SHUNT AKTI
 FILTER UNTUK MEREDUKSI HARMONIS/
 AKIBAT BEBAN NON LINIER MENGGUNAKAN
 METODE CACCADED MULTILEVEL INVERTEER
 PADA PT MERAPI AGUNG LESTARI

linggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
8	Kamis 16-6-2016		Bimbingan Bab IV , Hasil Pengukuran dan Simulasi	
9	Selasa 20-7-2016		Bimbingan Bab V	
10	Kamis 22-7-2016		Bimbingan Makalah Seminar Hasil , Revisi Gambar , dan Standart Margin	
	Sabtu 30-7-2016		ACC Makalah Seminar Hasil	
	Kamis 4-7-2016		Konsultasi tambahan dari seminar Hasil	
	Kamis 11-8-2016		Revisi Laporan Skripsi	
	Sabtu 13-8-2016		ACC Laporan Skripsi	

Malang, 2016
 Dosen Pembimbing I,



Prof.Dr.Eng.Ir.Abraham Lomi,MSEE
 NIP.Y. 1018500108

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI

SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Nama Mahasiswa
 NIM
 Nama Pembimbing
 Judul Skripsi

: BAGUS RESHANDI GOMA WIANTO
 : 12.12.005
 : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
 : ANALISA DAN PEMODELAN SHUNT AKTIF
 FILTER UNTUK MEREDUKSI HARMONISASI
 AKIBAT BEBAN NON LINIER MENGGUNAKAN
 METODE CAACDED MULTILEVEL INVERTER
 PADA PT MERAPI AGUNG LESTARI MALANG

minggu ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	Selasa 8-3-2016		Revisi Rumusan Masalah	
	Rabu 16-3-2016		Revisi Keterangan Flowchat	
	Selasa 23-3-2016		ACC Makalah Seminar Proposal	
	Senin 19-4-2016		Konsultasi Pengambilan Data yang diperlukan	
	Kamis 12-5-2016		Konsultasi Bab III dan Hasil Pengambilan Data Perusahaan	
	Kamis 19-5-2016		Konsultasi Makalah Seminar Progres	
	Selasa 24-5-2016		ACC Laporan Seminar Progres	

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
 SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Nama Mahasiswa
 IM
 Nama Pembimbing
 Idris Skripsi




: BAGUS RESHANDI GOMA WIANTO
 : 1212005
 : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
 : ANALISA DAN PEMODELAN SHUNT AKTI
 FILTER UNTUK MEREDUKSI HARMONIS/
 AKIBAT BEBAN NON LINIER MENGGUNAKAN
 METODE CACCADED MULTILEVEL INVERTEER
 PADA PT MERAPI AGUNG LESTARI

Waktu Bimbingan	Hari, Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf
	Kamis 8-6-2016	Bimbingan Bab III	<i>[Signature]</i>
	Jum'at 17-6-2016	Bimbingan Bab IV	<i>[Signature]</i>
	Rabu 21-7-2016	Bimbingan Bab V	<i>[Signature]</i>
	Kamis 22-7-2016	Revisi Tabel, Gambar Makalah Seminar Hasil	<i>[Signature]</i>
	Kamis 28-7-2016	ACC Makalah Seminar Hasil	<i>[Signature]</i>
	Senin 15-8-2016	ACC Laporan Skripsi	<i>[Signature]</i>

Malang, 22 Agustus 2016
 Dosen Pembimbing II



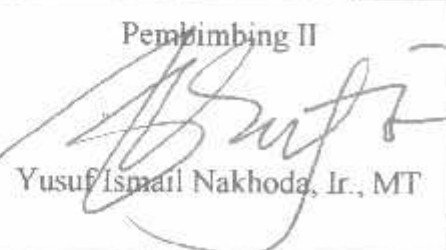
[Signature]
 Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
 NIP.Y. 1018800189

**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1**

KONSENTRASI		T. Energi Listrik		
1.	Nama Mahasiswa	Bagus Kesihandhi G.	NIM	1212003
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat / Ruang
	Pelaksanaan			
Spesifikasi Judul (haruslah terdapat salah satu)				
3.	a. Sistem Tenaga Elektrik	c. Embedded System	i. Sistem Informasi	
	b. Konversi Energi	f. Antar Muka	j. Jaringan Komputer	
	s. Sistem Kendali	g. Elektronika Telekomunikasi	k. Web	
	d. Tegangan Tinggi	h. Elektronika Instrumentasi	l. Algoritma Cerdas	
4.	Judul Proposal yang diseminasikan mahasiswa	Analisis Dan Pemodelan Shunt Aktif Filter Untuk Mereduksi Harmonisa Akibat Beban Non Linear Menggunakan Metode Cascaded Multilevel Inverter Pada PT. Merapi Agung Lestari		
5.	Perubahan Judul yang disetujui oleh Kelompok Dosen Keahlian			
6.	Catatan:	① Alasan pemilihan filter aktif ② Hubungan Cascade sp + ape ③ Metode pengukuran lampu ④ Blok diagram		
Persetujuan Judul Skripsi				
7.	Disetujui, Dosen Keahlian I		Disetujui, Dosen Keahlian II	
	Mengetahui, Ketua Jurusan  M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P. 1030100358		Calon Dosen Pembimbing Pembimbing I  Abraham Lomi, Ir., MSEE, Dr. Eng., (70)	
		Pembimbing II  Yusuf Ismail Nakhoda, Ir. NII		



**BERITA ACARA SEMINAR PROGRESS SKRIPSI
 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1**

KONSENTRASI		T. Energi Listrik		
1.	Nama Mahasiswa	Bagus Reshandi G.	NIM	1212005
2.	Keterangan Pelaksanaan	Tanggal	Waktu	Tempat / Ruang
3.	Judul Skripsi	Analisis Dan Pemodelan Shunt Aktif Filter Untuk Mereduksi Harmonisa Akibat Beban Non Linier Menggunakan Metode Cascaded Multilevel nverter Pada PT. Merapi Agung Lestari		
4.	Perubahan Judul		
Catatan :				
Progress di atas adalah :				
1. Mengonversi sistem yang telah menggunakan VSD direkti direktori yang menjadi program.				
2. Lembar kerja sistem Cascade inverter.				
3. Rancang model Filter Aktif				
5.	Mengetahui, Ketua Jurusan		Disetujui, Dosen Pembimbing	
 M. Ibrahim Ashari, ST, MT		Pembimbing I  Abraham Lomi, Ir., MSEE, Dr. Eng., Prof.	Pembimbing II  Yusuf Ismail Nakhoda, Ir., MT	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formullr Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA

Bagus Peshandi G

NIM

12.2.005

Perbaikan meliputi

- 1. Standar harmonisa yang digunakan harus dari IEEE 519-1992. Buku dari Jurnal "S. Jain, S-5"
- 2. Penomoran rumus diperbaiki dan berikan keterangan setiap rumus tersebut.
- 3. Perimbangan anda menggunakan VSI - Shunt APF ketimbang CSI - Shunt APF.
- 4. ~~tabel~~ Data Inefo dan Cosat dibuat / disusun dalam bentuk tabel punf
- 5. Daftar pustaka. Katared dan buku sambung tidak boleh dicatat keafinat.
- 6. Kapantus filter SAPF berapa ??

Malang, 18 Agustus 2016.

(Lauhil Mahfudz H), ST, MT



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA

NIM

Perbaikan meliputi

Bagus Reshanda G.W
1212005

1. Tujuan dan Kesimpulan harus disinkronkan /

2.

Malang, 18/8/16

()



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dalam Pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik, Maka Perlu Adanya Perbaikan Skripsi Untuk Mahasiswa:

Nama : Bagus Reshandi Goma Wianto
NIM : 12.12.005
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : PEMODELAN DAN ANALISA SHUNT AKTIF FILTER MENGGUNAKAN METODE CASCADED MULTILEVEL INVERTER UNTUK MEREDUKSI HARMONISA DI PT. MERAPI AGUNG LESTARI MALANG

Penguji	Materi Perbaikan	Ket.
Penguji I	a.Sinkronkan Tujuan dan Kesimpulan	

Disetujui:

Dosen Penguji I

(Ir. Teguh Herbasuki, MT)

NIP. Y. 1038900209

Mengetahui:

Dosen Pembimbing I

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE

NIP. Y. 1018500108

Dosen Pembimbing II

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT

NIP. Y. 1018800189



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

T. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 561431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417834 Malang

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dalam Pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata I Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik, Maka Perlu Adanya Perbaikan Skripsi Untuk Mahasiswa:

Nama : Bagus Reshandi Goma Wianto
NIM : 12.12.005
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : PEMODELAN DAN ANALISA SHUNT AKTIF FILTER MENGGUNAKAN METODE CASCADED MULTILEVEL INVERTER UNTUK MEREDUKSI HARMONISA DI PT. MERAPI AGUNG LESTARI MALANG

Penguji	Materi Perbaikan	Ket.
Penguji II	a. Rubah acuan standar harmonisa	h.
	b. Rubah Penomoran Rumus dan keterangan rumus	h.
	c. Pertimbangan menggunakan VSI SAPF	h.
	d. Data Trafo dan Genset disusun dalam bentuk tabel	h.
	e. Daftar Pustaka	h.
	f. Kapasitas Shunt Aktif Filter	h.

Disetujui:

Dosen Penguji II

(Laubil Mahfudz Hayusman, ST, MT)

NIP.P.103140072

Mengetahui:

Dosen Pembimbing I

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE

NIP.Y. 1018500108

Dosen Pembimbing II

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT

NIP.Y. 1018800189

PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

ada Tangan Dibawah Ini:

BAGUS RESHANDI GOMA UTAMTO

12.12.005

8 (DELAPAN)

Teknologi Industri

Teknik Elektro S-I

TEKNIK ENERGI LISTRIK

TEKNIK ELEKTRONIKA

TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA

TEKNIK KOMPUTER

TEKNIK TELEKOMUNIKASI

JL RAYA CANDI VC / 298 RT. 12 RW 05

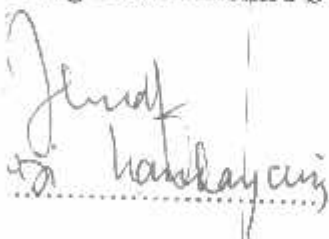
ngan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat SKRIPSI na. Untuk melengkapi permohonan tersenut, bersama ini kami lampirkan persyaratan-persyaratan penuhi.

aratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:


- Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
- Telah lulus dan menyerahkan laporan Praktek Kerja (.....)
- Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya (.....)
- Telah menempuh matakuliah > 134 sks dengan IPK > 2 dan tidak ada nilai E (.....)
- Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar Skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
- Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

mohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan

tebenarannya data tersebut diatas
rding Teknik Elektro S-I


.....

Disetujui
Prodi Teknik Elektro S-I


Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP. P. 1030100358

Malang, 201

Pemohon



(..... BAGUS RESHANDI.....)

Mengetahui
Dosen Wali


.....

...a yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat
dari Ketua Prodi T. elektro S-I

.....



PT. MERAPI AGUNG LESTARI MALANG

SIUP NO. 180/0071/SIUP.B/421.302/2012

Jl. Raya Pandanlandung RT.005 / RW.001 KEC. WAGIR Malang, 65147 - Indonesia
Telp : (0341) 585787 Fax : (0341) 585787 Web : <http://pt-mal.co.id>

Nomor :MAL-186/DEP-HAR/2016
Lampiran : 1
Hal : Surat Persetujuan Pengambilan Data

Kepada Yth:
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1
Institut Teknologi Nasional Malang
Di Tempat.

Menindaklanjuti surat dari Institut Teknologi Nasional Malang Nomor : (ITN-232/EL-FTI/2015 Perihal : Survey Pengambilan Data Skripsi , yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rico Yulianto Pratikno, ST
Jabatan : Kepala Departemen Pemeliharaan

Menerangkan bahwa,

Nama : Bagus Reshandi Goma Wianto
NIM : 1212005
Mahasiswa : Institut Teknologi Nasional Malang

Telah kami setuju untuk melaksanakan penelitian di perusahaan kami sebagai syarat penyusunan skripsi. Demikian surat ini kami sampaikan agar digunakan sebagai mestinya, dan atas terjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Malang, 21 April 2016

Hormat Kami

Kepala Departemen Pemeliharaan



Rico Yulianto Pratikno, ST
NIK 120080005

PANEL	3	5	7	9	11	13	15	THDV %	V	I	S	P	cos Q
Rajang Tembakau (DRYER)	0.01	0.079	0.083	0.0001	0.071	0.076	0.005	2.50%	380.13	116.35	91.81	86.02	0.94
Rajang Tembakau (SLICER)	0.036	0.16	0.19	0.028	0.15	0.1	0.015	5.70%	380.54	139.29	76.61	71.71	0.93
Rajang Cengkeh	0.017	0.015	0.11	0.02	0.076	0.074	0.015	7.73%	382.60	189.55	125.63	115.20	0.92
Blending	0.01	0.05	0.054	0.0088	0.058	0.047	0.0015	1.68%	379.90	59.43	39.11	34.15	0.87
Silo Tembakau	0.06	0.12	0.07	0	0.1	0	0.01	3.30%	380.37	67.04	44.17	42.76	0.97
Panel Utama	0.1	0.55	0.055	0.023	0.14	0.1	0.0079	20.99%	381.72	712.84	471.30	465.17	0.99

Malang, 15 - 05 - 2016

Diperiksa Oleh :

Kepala Departemen Pemeliharaan

DEP. PEMELIHARAAN

PT. MERAPIAGUNG LESTARI

Rico Yulianto Pratikno, ST

NIK 720080005

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

bertanda tangan di bawah ini :

: BAGUS RESHANDI GOMAWIANTO

: 12.12.005

n Studi

: TEKNIK ELEKTRO S-1

trasi

: TEKNIK ENERGI LISTRIK

ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri dan tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam Skripsi ini tidak memuat kutipan atau mengutip karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Surat pernyataan ini saya buat, dan apabila di kemudian hari ada tuntutan atau tuntutan atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, Agustus 2016

Yang membuat Pernyataan



(Bagus Reshandi Gomawianto)

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur saya ucapkan kepada Allah SWT karena sempat saat ini masih di beri nikmat umur, nikmat sehat, nikmat ilmu dan rezeki sampai karya tulis ini selesai, semoga Allah senantiasa melindungi langkah kita kemanapun dan dimanapun berada. sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan untuk baginda Nabi Muhammad SAW.

Karya Sederhana ini untuk Ayah (Rio Purwanto) dan Mama (Wiji Utami) Tak lupa saya haturkan Terima Kasih telah membantu doa, semangat materi maupun moril. Semoga Allah senantiasa menjadikan langkah untuk mencari biaya saya kuliah sampai lulus menjadi ibadah, aamin ya Allah. Tak lupa saya ucapkan terima kasih untuk kakak Agung Febri Wianto, ST terima kasih atas dukungannya, terima kasih untuk Fanny Nofita Sari yang selalu memberi dukungan dan semangat juga ☺☺. Karya tulis sederhana ini juga untuk Alm Bpk Suwito yang sebelum wafatnya selalu memberi nasihat saya ketika saya kuliah di semester awal, Terima kasih juga buat mbah kung, mbah uti doanya, Keluarga Besar Mergan, dan Keluarga Besar Badut, Keluarga Besar Bululawang.

Dalam Penulisan Karya Tulis ini saya berterima kasih juga khususnya kepada Bapak Prof.Dr.Eng.Ir Abraham Lomi, MSEE & Bapak Ir.Yusuf Ismail Nakhoda, MT dan Semua Dosen-Dosen ITN Malang yang telah membantu tulisan saya menjadi sempurna dan semoga bermanfaat untuk pembaca dan Pak Rico Yulianto Pratikno, ST yang telah memberi data di site.

Terima Kasih Untuk Keluarga Saya dikampus Dari Lab TDDE (Fajrian, Yoyok, Ikhzanul, Awi, Indah, Salim, Adi, Febri, Feri, Febri(lembung). dan Lab Renewable Energy (Sutowo Dkk).

Untuk Teman-Teman Elektro 2012 SUKSES SELALU !!!!!

الحمد لله

Contact Person : 089614219041
Home : Jl.Raya Candi Vc
No.298 RT 12 RW 05
Kec.Sukun Kota Malang

BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir di Malang pada tanggal 23 Agustus 1993 dari ayah Rio Purwanto dan ibu Wiji Utami. penulis merupakan putra kedua dari dua bersaudara. penulis memulai pendidikan pada tahun 1998 di TK Brawijaya Yasri Malang. pada tahun 1999 penulis melanjutkan pendidikan di SDN Tanjungrejo VI Malang. pada tahun 2005 penulis menempuh pendidikan di MTs Sunan Kalijogo sampai tahun 2008. kemudian melanjutkan pendidikan di SMK Teknologi Nasional Malang Jurusan Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Lulus tahun 2011, pada tahun 2011 penulis bekerja di salah satu kontraktor sampai 2012, kemudian tahun 2012 penulis melanjutkan Studi Perguruan Tinggi Institut

Teknologi Nasional Malang memilih Program Studi Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Energi Listrik Fakultas Teknologi Industri dan di wisuda 24 September 2016 dengan judul skripsi "Pemodelan dan Analisa Shunt Aktif Filter Menggunakan Cascaded Multilevel Inverter Untuk Meredusi Harmonisa di PT. Merapi Agung Lestari Malang". Selama menjadi mahasiswa penulis aktif mengikuti kegiatan mahasiswa yaitu Sebagai Asisten Laboratorium Transmisi distribusi Daya Elektrik, Asisten Pembangkit Energi Baru Terbarukan, dan Anggota Himpunan, Anggota Komunitas Renewable Energy, Pada tahun 2013 penulis mengikuti salah satu ajang Kompetisi Kincir Angin Indonesia, pada tahun 2014 Mengikuti Lomba Cipta Elektroteknik Nasional, Akhir 2014 mengikuti Kompetisi Kincir Angin Indonesia yang ke-2, pada tahun 2016 penulis juga melakukan penelitian dengan judul "Penerapan sistem proteksi dan Starting Motor" di PT. PetroKimia Gresik.