

Bidang Unggulan: Infrastruktur, Material dan Teknologi Informasi
Kode Topik Penelitian : D 9.2
Kode Rumpun Ilmu : 451/Teknik Elektro

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN UNGGULAN PROGRAM STUDI**



PENGARUH PENGOPERASIAN FILTER AKTIF DENGAN *FUZY LOGIC CONTROLLER* TERHADAP PENURUNAN ARUS HARMONIC DAN RUGI-RUGI DAYA PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

Tim Peneliti :

Ir. AA. Maharta Pemayun, MT. (Nidn: 0025056516)
Ir. I Nengah Suweden, MT. (Nidn: 015086310)

**Dibiayai oleh:
DIPA PNBP Universitas Udayana TA-2019
Sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian
Nomor: 2491/UN14.2.5.II/LT/2019 , tanggal 10 April 2019**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS UDAYANA
OKTOBER 2019**

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN UNGGULAN PROGRAM STUDI



Judul : PENGARUH PENGOPERASIAN FILTER AKTIF DENGAN FUZY LOGIC CONTROLLER TERHADAP PENURUNAN ARUS HARMONIC DAN RUGI-RUGI DAYA PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

Peneliti / Pelaksana

Nama lengkap : Ir. ANAK AGUNG GEDE MAHARTA PEMAYUN, MT
NIP/NIDN : 196512311993031016 / 0031126516
Jabatan Fungsional/Stuktural : Lektor / Tidak ada
Program Studi : Sarjana Teknik Elektro
Nomor HP : 081337990299
Alamat Surel (e-mail) : maharta@unud.ac.id

Anggota 1

Nama Lengkap : Ir. I Nengah Suweden, MT
NIDN : 0015086310
Perguruan Tinggi : Sarjana Teknik Elektro

Institusi Mitra (jika ada)

Nama Institusi Mitra :
Alamat :
Penanggung Jawab :

Tahun Pelaksanaan : Tahun ke-1 dari rencana 1 tahun
Biaya Diusulkan : Rp. 25.000.000
Biaya Disetujui : Rp. 25.000.000

Mengetahui

Ketua Jurusan/Kepala Bagian Teknik Elektro

Denpasar, 27 Oktober 2019

Ketua Tim Pelaksana



(Dr. Ida Bagus Gede Manuaba, ST., MT)

NIP:196901091997031003

(Ir. ANAK AGUNG GEDE MAHARTA PEMAYUN, MT)

NIP:196512311993031016

Menyetujui,

Dekan/Direktur Fakultas Teknik
Universitas Udayana



(Prof. Ir. Ngakan Putu Gede Suardana, MT, Ph.D.)

NIP:196409171989031002

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
ABSTRAK	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 <i>State of the art</i>	3
2.2 Harmonisa Pada Sistem Tenaga Listrik	4
2.2.1 Distorsi harmonik total (<i>Total Harmonic Distortion/THD</i>)	4
2.3 Filter Harmonisa	5
2.4 Perhitungan <i>losses</i> pada transformator akibat harmonisa	8
BAB III METODE PENELITIAN	10
3.1 Bagan konsep	10
3.2. Analisis data	10
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 Pemodelan System Kelistrikan	12
4.2 Simulasi THD _i (<i>Total Harmonic Distortions</i>)	16
4.3 Analisa Rugi-rugi daya akibat arus harmonisa (I_h)	21
4.4 Analisa Perbandingan Simulasi Kondisi Eksisting, dengan Filter Aktif, dan dengan Filter Aktif Berbasis <i>Fuzzy Logic Controller</i>	32
BAB V SIMPULAN	35
5.1 Simpulan	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konfigurasi <i>Filter</i> aktif	6
Gambar 2.2 <i>Shunt active power filter</i>	6
Gambar 2.3 <i>Voltage source inverter</i>	7
Gambar 2.4 <i>Current source inverter</i>	7
Gambar 2.5 <i>Series active power filter</i>	8
Gambar 3.1 Alur analisis	11
Gambar 4.1 Pemodelan pada kondisi Eksisting	12
Gambar 4.2 Pemodelan dengan mengoperasikan Filter Aktif	12
Gambar 4.3 Pemodelan dengan mengoperasikan Filter Aktif menggunakan <i>Fuzzy Logic Controller</i>	13
Gambar 4.4 <i>Block Parameter Series RLC Branch Transformator.</i>	16
Gambar 4.5 Bentuk gelombang arus dan orde harmonisa fasa R kondisi Eksisting	17
Gambar 4.6 Bentuk gelombang arus dan orde harmonisa fasa S kondisi Eksisting	17
Gambar 4.7 Bentuk gelombang arus dan orde harmonisa fasa T kondisi Eksisting	18
Gambar 4.8 Bentuk gelombang arus dan orde harmonisa fasa R dengan filter aktif	18
Gambar 4.9 Bentuk gelombang arus dan orde harmonisa fasa S dengan filter aktif	19
Gambar 4.10 Bentuk gelombang arus dan orde harmonisa fasa T dengan filter aktif	19
Gambar 4.11 Gelombang arus & orde harmonisa fasa R dng <i>Fuzzy Logic Controller</i>	20
Gambar 4.12 Bentuk gelombang arus dan orde harmonisa fasa S dng <i>Fuzzy Logic Controller</i>	20
Gambar 4.13 Bentuk gelombang arus dan orde harmonisa fasa T dng <i>Fuzzy Logic Controller</i>	21
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan THD _i hasil dari masing-masing model simulasi	33
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan P_{LL} hasil dari masing-masing model simulasi	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai dari P_{EC-R}	9
Tabel 4.1 THDi hasil dari masing-masing model simulasi	21
Tabel 4.2 Nilai Arus Harmonisa (I_h) Untuk Orde Harmonisa Ganjil pada Phasa R, S, dan T Kondisi Eksisting	22
Tabel 4.3 Nilai Arus Harmonisa (I_h) (p.u) Untuk Orde Harmonisa Ganjil pada phasa R, S, dan T Kondisi Eksisting	23
Tabel 4.4 Nilai I_h^2 untuk Phasa R Kondisi Eksisting	24
Tabel 4.5 Nilai I_h^2 dan untuk Phasa S Kondisi Eksisting	24
Tabel 4.6 Nilai I_h^2 dan untuk Phasa T Kondisi Eksisting	24
Tabel 4.7 Hasil Pehitungan P_{LL} (p.u) pada Phasa R, S, an T Kondisi Eksisting	25
Tabel 4.8 Hasil Pehitungan P_{LL} kW pada Phasa R, S, dan T Kondisi Eksisting	26
Tabel 4.9 Nilai Arus Harmonisa (I_h) Untuk Orde Harmonisa Ganjil pada Phasa R, S, dan T pada Pengoperasian Filter Aktif <i>Shunt</i>	27
Tabel 4.10 Nilai Arus Harmonisa (I_h) (p.u) Untuk Orde Harmonisa Ganjil pada Phasa R, S, dan T pada Pengoperasian Filter Aktif <i>Shunt</i>	28
Tabel 4.11 Nilai I_h^2 untuk Phasa R pada Pengoperasian Filter Aktif <i>Shunt</i>	28
Tabel 4.12 Nilai $I_h^2 \times h^2$ untuk Phasa R Filter Aktif <i>Shunt</i>	28
Tabel 4.13 Hasil Pehitungan P_{LL} (p.u) pada Phasa R, S, dan T pada Pengoperasian Filter Aktif	29
Tabel 4.14 Hasil Pehitungan P_{LL} kW pada Phasa R, S, dan T pada Pengoperasian Filter Aktif <i>Shunt</i>	29
Tabel 4.15 Nilai Arus Harmonisa (I_h) Untuk Orde Harmonisa Ganjil pada Phasa R, S, dan T pada Pengoperasian Filter Aktif <i>Shunt</i> Berbasis <i>Fuzzy Logic Controller</i>	30
Tabel 4.16 Nilai Arus Harmonisa (I_h) (p.u) Untuk Orde Harmonisa Ganjil pada Phasa R, S, dan T pada Pengoperasian Filter Aktif <i>Shunt</i> Berbasis <i>Fuzzy Logic Controller</i>	31
Tabel 4.17 Nilai I_h^2 untuk Phasa R pada Pengoperasian Filter Aktif <i>Shunt</i> Berbasis <i>Fuzzy Logic Controller</i>	31
Tabel 4.18 Hasil Pehitungan P_{LL} (p.u) pada Phasa R, S, dan T pada Pengoperasian Filter Aktif <i>Shunt</i> Berbasis <i>Fuzzy Logic Controller</i>	32
Tabel 4.19 Hasil Pehitungan P_{LL} kW pada Phasa R, S, dan T Pada Pengoperasian Filter Aktif <i>Shunt</i> Berbasis <i>Fuzzy Logic Controller</i>	32
Tabel 4.20 THDi hasil dari masing-masing model simulasi	32
Tabel 4.21 Perbandingan rugi-rugi daya akibat arus harmonisa	33

ABSTRAK

Pengoperasian beban-beban nonlinear dapat menimbulkan distorsi harmonisa pada bentuk gelombang tegangan dan arus yang mengakibatkan kondisi sistem kelistrikan tidak normal. Blue Point Bay Villa & Spa memiliki kandungan THDi (*Total Harmonics Distortion*) yang tidak sesuai dengan standar IEEE 519-1992 yaitu melebihi 8 %.

Hasil simulasi menggunakan software Simulink MATLAB pada kondisi eksisting didapatkan THDi yang belum standar ($\geq 8\%$) yaitu pada fasa R 18,48 %; S 19,16 %; dan T 21,91 %. dan dengan pengoperasian Filter Aktif didapatkan THDi pada fasa R 8,41 %; S 9,49 %; dan T 9,89 % (belum memenuhi standar IEEE 519-1992). Dengan simulasi menggunakan filter aktif berbasis *fuzzy logic controller* didapatkan THDi yang sudah memenuhi standar ($\leq 8\%$) dengan hasil pada fasa R 0,15 %; S 0,11 %, dan T 0,13 %.

Analisa rugi-rugi daya akibat pengaruh harmonisa arus adalah, pada kondisi eksisting 8,54 kW (4,05 %); pada kondisi pengoperasian filter aktif 4,66 kW (2,21 %), dan dengan filter aktif berbasis fuzzy logic controller sebesar 3,65 kW (1,7 %)

Kata kunci : THDi, filter aktif , Fuzzy Logic Controller dan rugi-rugi daya

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan perangkat elektronik yang pesat juga telah membawa dampak negatif pada kualitas daya dari sistem tenaga listrikan. Komponen elektronika daya yang terbuat dari semi konduktor antara lain; *thyristor*, dioda ataupun *MOSFET* yang banyak diaplikasikan pada peralatan elektronik seperti pengondisi udara, lampu hemat energi dengan *ballast*, komputer, printer dan sakelar elektronik lainnya yang merupakan peralatan elektronik dengan tipe beban *non linier* (De La Rosa. 2006).

Beban non linier merupakan peralatan yang menghasilkan gelombang-gelombang arus berbentuk sinusoidal yang memiliki frekuensi lebih tinggi dari frekuensi fundamentalnya sehingga dapat menimbulkan harmonisa. Harmonisa merupakan penyimpangan bentuk gelombang sinusoidal tegangan dan arus yang disebabkan oleh penumpangan frekuensi kelipatan bilangan integer dari frekuensi fundamemntal sehingga menyebabkan gelombang terdistorsi dan menjadi tidak sinusoidal (De La Rosa. 2006).

Harmonisa yang timbul pada jaringan akan menyebabkan rugi-rugi daya meningkat, penggunaan energi listrik tidak efisien dan waktu pemanasan perlatan yang semakin meningkat sehingga dapat mengakibatkan penurunan kinerja dari peralatan-peralatan yang terpasang pada jaringan (Dugan. 2004).

Ada beberapa cara untuk menanggulangi atau meredam harmonisa akibat beban *non linier* tersebut, salah satunya menggunakan filter aktif dengan atau tanpa sistem control. Teknik pengontrolan yang digunakan pada filter aktif akan sangat mempengaruhi performa filter dalam mereduksi harmonisa (Dhani, 2014) Sistem control yang digunakan pada filter aktif adalah menggunakan metode *fuzzy logic controller* (FLC).

Dari uraian latar belakang diatas, akan dilsakukan penelitian dengan mensimulasikan filter aktif dengan metode *fuzzy logic controller* untuk mereduksi harmonisa yang terdapat pada jaringan akibat beban *non linier*, menggunakan perangkat lunak Simulink MATLAB.

1.2 Rumusan masalah

Dari latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu: Bagaimanakah pengaruh pengoperasian filter aktif dengan metode *fuzzy logic controller* terhadap penurunan THDi dan rugi-rugi dayapada system tenaga listrik.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa dan mengetahui perubahan THDi dan rugi-rugi daya listrik yang terjadi akibat pengoperasian filter aktif dengan metode *fuzzy logic controller* pada suatu system tenaga listrik

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil analisis penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dalam pembelajaran mengenai THDi dan rugi-rugi daya listrik akibat pengoperasian Filter Aktif dengan Fuzzy Logic Controller. Hasil analisa ini juga berguna untuk mengetahui tingkat kandungan THDi dan rugi-rugi daya trafo pada sistem kelistrikan yang ada sekarang dan apakah sudah sesuai dengan standar yang diperbolehkan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *State of the art*

Ekastawa, dkk;(2014) dan kawan-kawan membuat penelitian yang berjudul *Kajian dan Analisa Distorsi Harmonisadi Hotel Amankila*. Hasil analisa pengoperasian *filter aktif shunt* pada sistem kelistrikan di Hotel Amankila mengakibatkan turunnya tingkat THD tegangan pada panel LVMDP dari 2,59 % menjadi 2,17 % dan THD arus mengalami penurunan dari 22,21 % menjadi 6,50 %, sehingga pengoperasian *filter aktif shunt* mengakibatkan kandungan THDi dan THDv pada sistem tenaga listrik di Hotel Amankila telah memenuhi standar IEEE-519 Tahun 1992.

Analisis Pengaruh Pengoperasian beban beban nonlinier terhadap distorsi harmonisa pada Blue Point Bay Villa & Spa. Penelitian ini disusun oleh IPutuAlitAnggaWidiantara,I WayanRinas, dan Antonius Ibi Weking pada tahun 2016. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah melakukan pengukuran dan analisa THD arus dan THD tegangan. Hasil analisa tersebut akan dibandingkan dengan IEEE standar 519-1992. Hasil simulasi menunjukkan nilai THD_I di Blue Point Bay Villa & Spatidak memenuhi standar,yaitu seluruh SDP memiliki persentase diatas 5,0% dengan presentase paling besar terdapat di SDP 1.5 sebesar 19,48 % sedangkan persentase THD_i di SDP lainnya memiliki rata-rata sebesar 8,8 %. Nilai THD_v hasil simulasi memenuhi standar, yaitu seluruh SDP memiliki nilai THD_v dibawah 5% , persentase THD_v paling besar terdapat di SDP 1.3 sebesar 2,83 % sedangkan persentase THD_v di SDP lainnya memiliki rata- rata sebesar 2,72 %.

Analisis Perhitungan Rugi-rugi Daya Transformator Akibat Harmonik. Penelitian ini disusun oleh Candra Agusman pada tahun 2011. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu melakukan pengukuran dan perhitungan THD yang kemudian dibandingkan dengan IEEE standar 519-1992. Berdasarkan hasil pengukuran diketahui THD arus sebesar 25,57 %, sedangkan berdasarkan perhitungan THD diketahui THD arus sebesar 26,13 % sehingga dari kedua hasil THD tersebut diketahui bahwa telah melebihi standar IEEE 519-1992.

Penelitian oleh Prawira, dkk; (2013) yang berjudul *Implementasi Fuzzy logic controller Pada Filter Active Shunt Untuk Menanggulangi Thd (Total Harmonic Distortion) Sistem Kelistrikan RSUP Sanglah*, pada penelitian ini dilakukan simulasi perbandingan THD_i dan THD_v pada system kelistrikan RSUP Sanglah dengan mengimplementasifuzzy logic pada filter, yang

dapat menghasilkan nilai Total Harmonic Distortion terendah. Penggunaan *fuzzy* logic pada kontrol PWM dapat memberikan kompensasi terhadap nilai Total Harmonic Distortion lebih baik dari pada pemakaian filter tanpa *fuzzy* logic.

2.2 Harmonisa Pada Sistem Tenaga Listrik

Harmonisa merupakan suatu fenomena yang timbul akibat pengoperasian beban listrik non linier, yang merupakan sumber terbentuknya gelombang frekuensi tinggi (kelipatan dari frekuensi fundamental, misal: 100Hz, 150Hz, 200Hz, 300Hz, dan seterusnya). Hal ini dapat mengganggu sistem kelistrikan pada frekuensi fundamentalnya yaitu 50/60 Hz, sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan yang idealnya adalah sinusoidal murni akan menjadi cacat akibat distorsi harmonisa yang terjadi.

2.2.1 Distorsi harmonik total (*Total Harmonic Distortion/THD*)

THD adalah ukuran dari nilai efektif bentuk gelombang yang terdistorsi dari komponen harmonisa (Dugan; dkk, 2003).

THD juga dapat didefinisikan sebagai rasio antara nilai RMS dari komponen harmonisa dan nilai RMS dari fundamental. Harmonik tegangan atau arus diukur dari besarnya masing-masing komponen harmonik terhadap komponen dasarnya dinyatakan dalam prosennya. Untuk memperoleh suatu parameter yang dipakai untuk menilai harmonik tersebut dipakai THD (Susiono, 1999).

THD dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut, yaitu:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{h_{max}} M_h^2}}{M_1} \quad (2.1)$$

Dimana M_h adalah nilai rms komponen harmonik h dalam jumlah M (Dugan; dkk, 2003). THD juga dapat dinyatakan dalam persamaan lain yaitu :

$$THD = \frac{1}{U_1} \left(\sum_{n=2}^k U_n^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.2)$$

dimana:

U_1 = Komponen harmonik fundamental

U_n = Kompponen harmonik ke-n

K = Komponen harmonik maksimum yang diamati.

$\%V_{THD}$ adalah persentasi jumlah total tegangan yang terdistorsi oleh harmonisa dan $\%I_{THD}$ adalah persentasi jumlah total arus yang terdistorsi oleh harmonisa. Rumus tegangan harmonisa (V_h) dapat dijelaskan sebagai rasio dari tegangan sistem nominal (V_s) dalam persen:

$$\%V_h = \frac{V_h}{V_s} \times 100 = h \frac{I_h}{I_{sc}} \times 100 \quad (2.3)$$

$$\%V_h = \frac{(I_h/I_i)}{(I_{sc}/I_i)} \times 100 \quad (2.4)$$

dimana:

V_h = Tegangan harmonisa

V_s = Tegangan sistem

I_h = Arus harmonisa

I_{sc} = Arus short circuit

h = Harmonisa

I_{sc}/I_i = Rasio yang ada pada tabel Limit Distorsi Arus Harmonisa

I_i = Arus yang mengambil daya beban elektronik

Total Harmonic Distortion (THD) pada arus didefinisikan:

$$I_{THD} = \frac{\sum_{h=1}^{\infty} \sqrt{I_h^2}}{I_i} \quad (2.5)$$

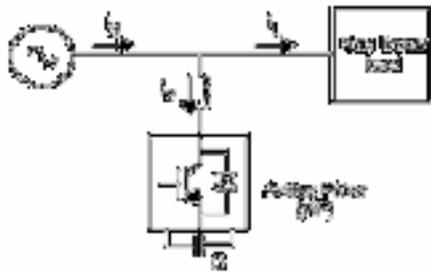
2.3 Filter Harmonisa

Obyek utama dari *filter* harmonisa adalah untuk menurunkan satu amplitude (atau lebih). Arus atau tegangan pada frekuensi tertentu. Pada saat digunakan untuk mencegah frekuensi tertentu dari pemasukan komponen atau bagian sistem tenaga sangatlah mungkin menggunakan rangkaian penyaring (*Filter*) yang berisi induktor paralel dan kapasitor, dimana memberikan impedansi yang besar untuk frekuensi yang relevan.

1. *Filter Aktif*

Suatu perangkat elektronik yang dapat memperbaiki kualitas daya yang dikirimkan dari sumber ke beban adalah *filter* aktif. Pemakaian *Filter Aktif* pada sistem tenaga listrik lebih fleksibel daripada *Filter Pasif* karena dari segi penggunaan dan unjuk kerja (*performance*) *filter* aktif lebih ekonomis. Prinsip dasar dari *Filter Aktif* menggunakan teknologi elektronika daya untuk menghasilkan komponen arus spesifik yang bertujuan untuk menggagalkan komponen arus harmonisa yang dihasilkan oleh beban non-linear.

Filter aktif adalah rangkaian elektronika yang terdiri dari komponen R, L, dan C yang dirancang untuk meredam harmonisa pada beban *non linier* dalam sistem tenaga karena *filter* pasif selalu bermasalah apabila gangguan tersebut semakin besar dan kontinyu. *Filter* aktif menginjeksikan arus untuk membatalkan harmonisa yang terkandung pada arus beban.

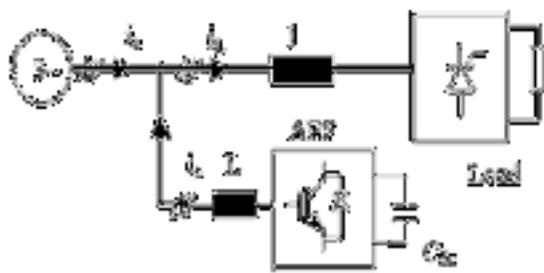


Gambar 2.1 Konfigurasi *Filter* aktif
(Sumber : Limantara, 2002)

Arus output IL menjadi sinusoidal dan mempunyai kualitas yang baik. Aktif *filter* terbagi dalam tipe yang berbeda sesuai dengan konfigurasi dalam sistem. Kelebihan proses mematikan diri sendiri (*Auto shutdown*) perhatian dapat difokuskan pada daya aktif yang menggunakan sebuah sumber arus dan sumber tegangan *converter* PWM.

A. Filter Aktif Paralel (*Shunt Active Filter*)

Shunt Active Power Filter adalah *Current-Controlled Voltage-Source Inverter* (CC-VSI) tiga fasa di mana terletak induktor pada sisi AC output dan kapasitor pada sisi DC dengan nilai tegangan DC yang konstan.



Gambar 2.2 *Shunt active power filter*
(Sumber: Izhar. M. et al. 2004)

Persamaan yang didapat dari rangkaian tersebut adalah sebagai berikut:

$$i_s = i_L - i_C \dots\dots\dots (2.6)$$

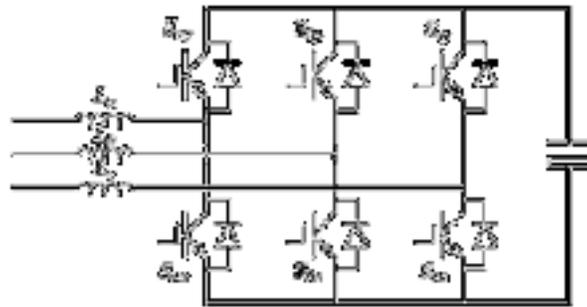
Dengan :

i_s = Arus harmonisa (*ampere*)

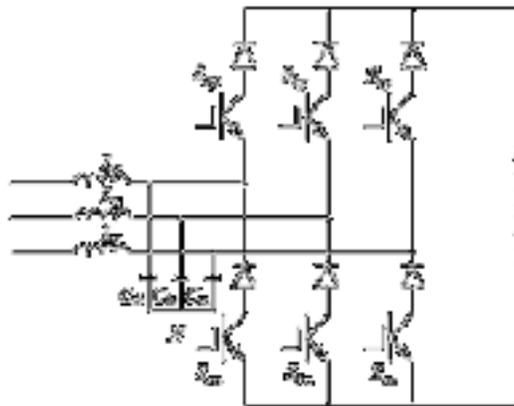
i_c = Arus yang diinjeksikan ke arus harmonisa (*ampere*)

i_L = Arus yang mengalir ke beban (*ampere*)

Active Power Filter terbagi dalam tipe yang berbeda sesuai dengan konfigurasi dari sistem, yaitu *Current Source Inverter* dan *Voltage Source Inverter*. Pada *Current Source Inverter Active Power filter* terdapat induktor DC dengan arus dc yang konstan. Sedangkan pada *Voltage Source Inverter Active Power Filter* terdapat kapasitor dc dengan tegangan DC yang konstan.



Gambar 2.3 *Voltage source inverter*
(Sumber: Izhar. M. et al. 2004)

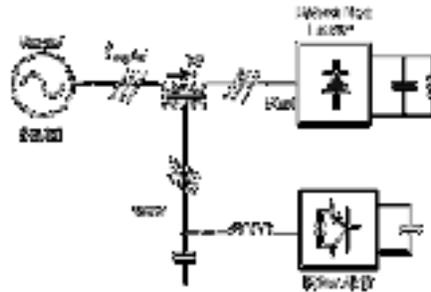


Gambar 2.4 *Current source inverter*
(Sumber: Izhar. M. et al. 2004)

B. Filter Aktif Seri (*Series Active Filter*)

Filter Aktif Seri banyak digunakan untuk memfilter harmonisa dan memkompensasi distorsi tegangan seperti tegangan kedip, flicker tegangan dan tegangan tidak seimbang pada level

sistem tegangan tinggi dan tegangan rendah. *Filter* aktif seri terdiri dari inverter dan keluaran (*output*) inverter dihubungkan dengan *filter* L atau LC kemudian dikopling dengan transformator. *Filter* Aktif Seri dihubungkan secara seri diantara suplai dengan beban seperti diperlihatkan pada Gambar 2.13



Gambar 2.5 Series active power filter

(sumber :Izhar. M. et al. 2004)

Dalam memfilter arus harmonisa, *inverter* menghasilkan tegangan keluaran (v_{filter}) yang sebanding terhadap arus harmonisa sumber (i_{suplai}). Pada tegangan keluaran (v_2) kopling transformator sisi sekunder sebanding terhadap rasio transformator kopling. Pada dasarnya bentuk gelombang tegangan dan arus listrik dalam sistem tenaga merupakan gelombang *sinusoidal* murni. Dengan perkembangan beban listrik semakin kompleks terutama penggunaan beban listrik tak linear sehingga menimbulkan terjadi perubahan distorsi bentuk gelombang tegangan dan arus. Tegangan sisi sekunder (v_2) transformator kopling adalah sebanding terhadap arus mengalir melalui transformator kopling atau disebut tahanan aktif pada frekwensi harmonisa. Arus harmonisa pada sumber akan berkurang dengan naiknya impedansi frekwensi harmonisa sumber yang disebabkan oleh tahanan aktif. Unjuk kerja *Filter* Aktif Seri sangat efektif mengurangi harmonisa pada impedansi beban rendah dibandingkan dengan impedansi beban tinggi .

2.4 Perhitungan *losses* pada transformator akibat harmonisa

Load loss (P_{LL}) dapat dipertimbangkan dengan dua komponen yaitu I^2R *loss* dan *eddy current loss* (P_{EC}) (Dugan; dkk, 2003):

$$P_{LL} = I^2 \cdot R + P_{EC} \quad (2.7)$$

I^2R *Loss* sebanding dengan nilai arus rms. *Eddy current* sebanding dengan kuadrat arus dengan frekuensi.

$$P_{EC} = K_{EC} \cdot I^2 \cdot h^2 \quad (2.8)$$

Load loss (P_{LL}) trafo dalam per unit, dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$P_{LL} = \sum I_h^2 + (\sum I_h^2 \times h^2) \cdot P_{EC-R} \text{ (p.u)} \quad (2.9)$$

dimana:

P_{EC-R} = Faktor eddy current loss

h = Angka harmonisa

I_h = Arus harmonisa

$\sum I_h^2$ merupakan komponen rugi I^2R dalam p.u, sedangkan ($\sum I_h^2 \times h^2$) P_{EC-R} merupakan faktor *eddy current loss* dibawah kondisi dasar dalam p.u. Faktor *eddy current loss* terdapat pada tabel 2.1 (Dugan; dkk, 2003):

Tabel 2.1 Nilai dari P_{EC-R}

Type	MVA	Voltage	% P_{EC-R}
Dry	≤ 1		3 - 8
	≥ 1.5	5 kV HV	12 - 20
Oil - filled	≤ 1.5	15 kV HV	9 - 15
	≤ 2.5	480 V LV	1
	2.5 - 5	481 V LV	1 - 5
	> 5	482 V LV	9 -15

Sumber : Dugan, 2003

BAB III. METODE PENELITIAN

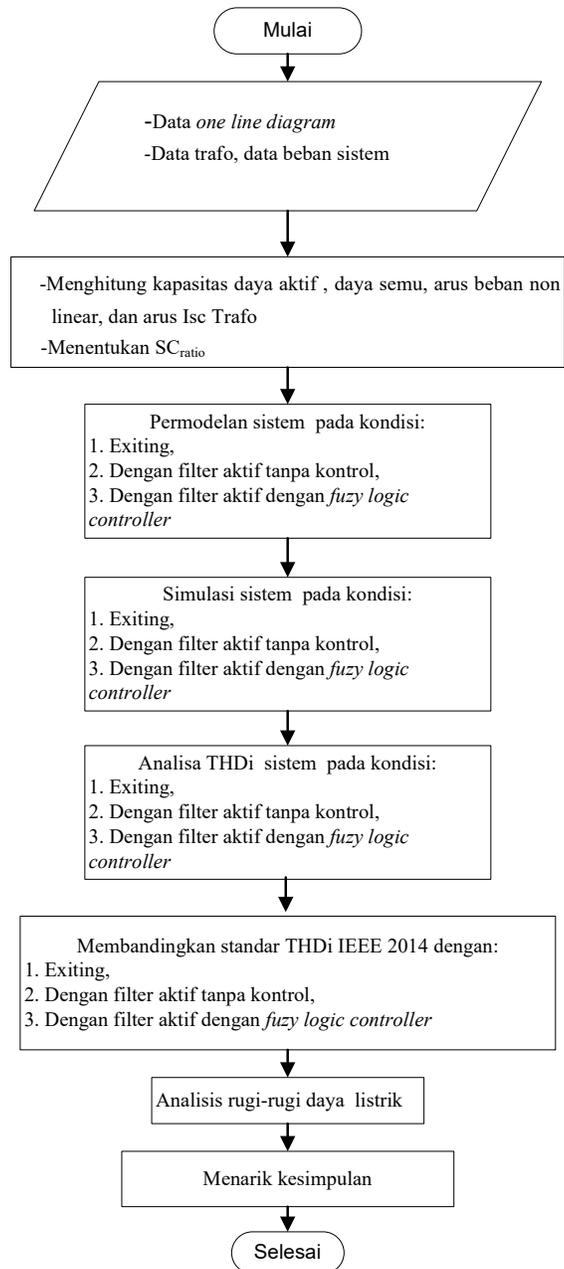
3.1 Bagan konsep

Analisis dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yang dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 3.1

3.2. Analisis data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut;

1. Menghitung total kapasitas daya aktif dan daya semu .
2. Menghitung arus hubung singkat, arus beban penuh dan SC_{ratio} pada system.
3. Membuat model system.
4. Membuat simulasi pada kondisi *existing*.
5. Mensimulasikan system dengan kondisi pengoperasian filter aktif tanpa control.
6. Mensimulasikan system dengan kondisi pengoperasian filter aktif dengan control fuzzy logic.
7. Membandingkan THD yang didapatkan dari perhitungan SC_{ratio} dengan standar IEEE 519 – 2014 dari ketiga hasil simulasi.
8. Menganalisis rugi-rugi daya listrik transformator akibat harmonisa dari ketiga simulasi yang dilakukan.
9. Membuat kesimpulan.

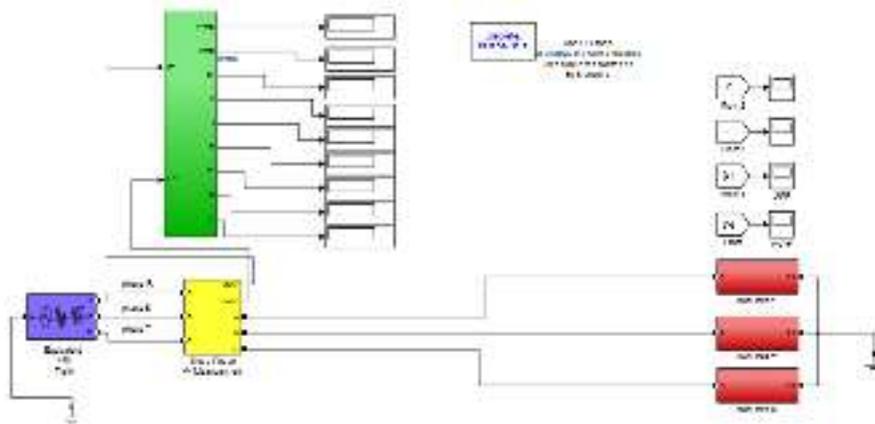


Gambar 3.1 Alur Analisis

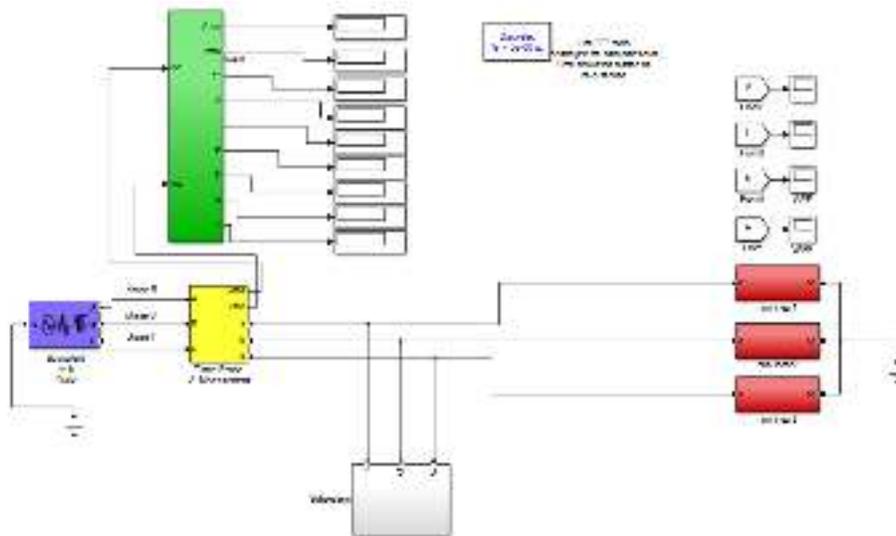
BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Pemodelan System Kelistrikan

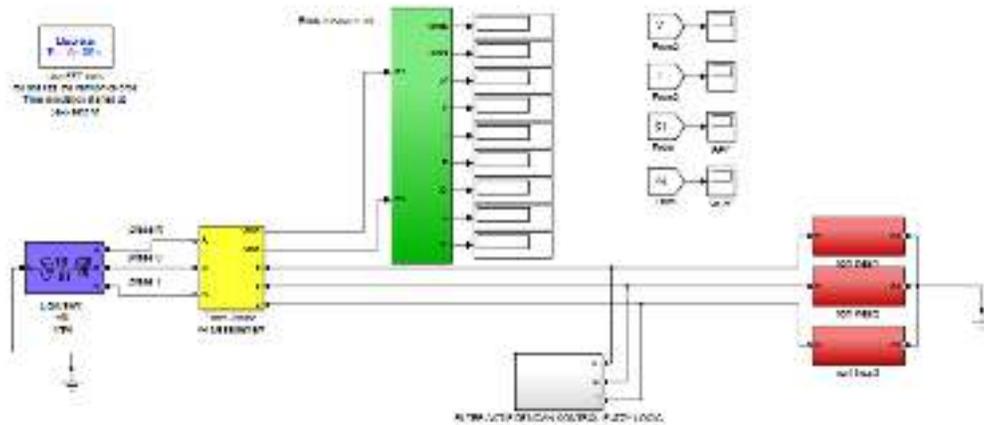
Dalam pemodelan akan dibuat model yang menggunakan Matlab Symulink untuk memudahkan dalam mensimulasikan hasil yang ingin kita analisa. Model yang dibuat adalah ; Pemodelan system pada kondisi eksisting, Pemodelan system dengan pengoperasian Filter Aktif dan Pemodelan system dengan pengoperasian Filter Aktif menggunakan control Fuzzy Logic (*Fuzzy Logic Controller*). Ketiga bentuk pemodelan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1; 4.2 dan 4.3 seperti berikut:



Gambar 4.1 Pemodelan pada kondisi Eksisting



Gambar 4.2 Pemodelan dengan mengoperasikan Filter Aktif



Gambar 4.3 Pemodelan dengan mengoperasikan Filter Aktif menggunakan *Fuzzy Logic Controller*

A. Pemodelan Sumber Tiga Fasa (*Three-Phase Source*)

Dalam pemodelan sumber tiga fasa (*Three Phase Source*) diperlukan beberapa parameter untuk dapat melakukan simulasi yang diperoleh berdasarkan perhitungan sebagai berikut :

- Tegangan rms / *Phase-to-phase rms voltage* (V_{rms}).
- Parameter yang kedua yaitu resistansi sumber / *source resistance* (R_s). Untuk menentukan nilai R_s maka dilakukan perhitungan nilai Z_s :

$$\begin{aligned} Z_s &= \frac{kV\phi^2}{MVA\ 3\phi} \times Z (\%) \\ &= \frac{0,38^2}{0,2} \times 4\% \\ &= 0,029\Omega \end{aligned}$$

maka selanjutnya dilakukan perhitungan X_s :

$$\begin{aligned} X_s &= \frac{X}{R} \times R_s \\ X_s &= \frac{3,93}{1,08} \times R_s \end{aligned}$$

$$X_s = 3,639 R_s$$

Berdasarkan nilai Z_s dan X_s , maka nilai R_s dapat dihitung :

$$Z_s^2 = X_s^2 + R_s^2$$

$$Z_s^2 = (3,639 R_s)^2 + R_s^2$$

$$Z_s^2 = 14,24 R_s^2$$

Sehingga nilai R_s :

$$R_s = \frac{Z_s}{\sqrt{Z_s^2}}$$

$$R_s = \frac{Z_s}{\sqrt{14,24}}$$

$$R_s = \frac{0,029}{3,773} = 0,0077 = 7,7e^{-3} \Omega$$

Setelah diperoleh nilai resistansi sumber (R_s) maka selanjutnya dilakukan perhitungan nilai induktansi sumber / *source inductance* (L_s). Untuk mencari nilai L_s dapat dihitung :

$$\begin{aligned} L_s &= \frac{X_s}{2 \times \pi \times f} \\ &= \frac{3,639 R_s}{2 \times 3,14 \times 50} \\ &= \frac{0,028}{314} \\ &= 0,000089 = 8,9 e^{-5} H \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai tegangan rms (V_{rms}), resistansi sumber (R_s), dan induktansi sumber (L_s) yang telah diketahui berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka dalam *block parameter Three-Phase Source*, parameter-parameter tersebut dapat diinputkan untuk dapat dilakukan simulasi.

B. Penentuan Beban Tiap Phasa pada Simulasi

Penentuan nilai *input* dalam block parameter pada simulasi MATLAB selain resistansi sumber dan induktansi sumber kita juga harus menentukan kapasitas beban R dan L. Sebagai contoh perhitungan untuk menentukan kapasitas beban R dan L pada MDP .

Diketahui:

$$V = 220 \text{ Volt,}$$

$$P = 13.830 \text{ Watt,}$$

$$RF = 5\%,$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

Nilai R dapat ditentukan :

$$R = \frac{V^2}{P}$$

$$R = \frac{220^2}{13830}$$

$$= 3.379 \Omega$$

Nilai C dapat ditentukan :

$$C = \frac{1}{4\sqrt{3} \cdot f \cdot RF \cdot R}$$

$$C = \frac{1}{4\sqrt{3} \times 50 \times 0,05 \times 3,379}$$

$$= 0.017 \text{ Farad}$$

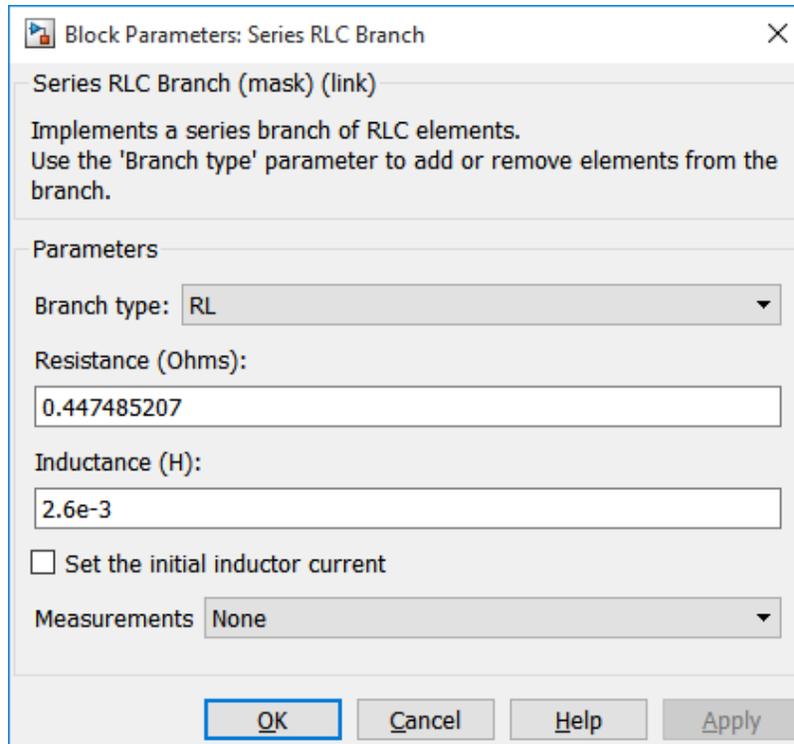
Untuk menentukan L didapat :

$$L = \frac{0,236 R}{2 \pi f \cdot C}$$

$$L = \frac{0,236 \times 3,379}{2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0171}$$

$$= 0,148 \text{ Henry}$$

Dari nilai R_{beban} , L_{beban} yang telah diperoleh berdasarkan perhitungan di atas maka selanjutnya dapat dimasukkan sebagai input data dalam *block parameter Series RLC Branch* pada simulasi seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Block Parameter Series RLC Branch Transformator.

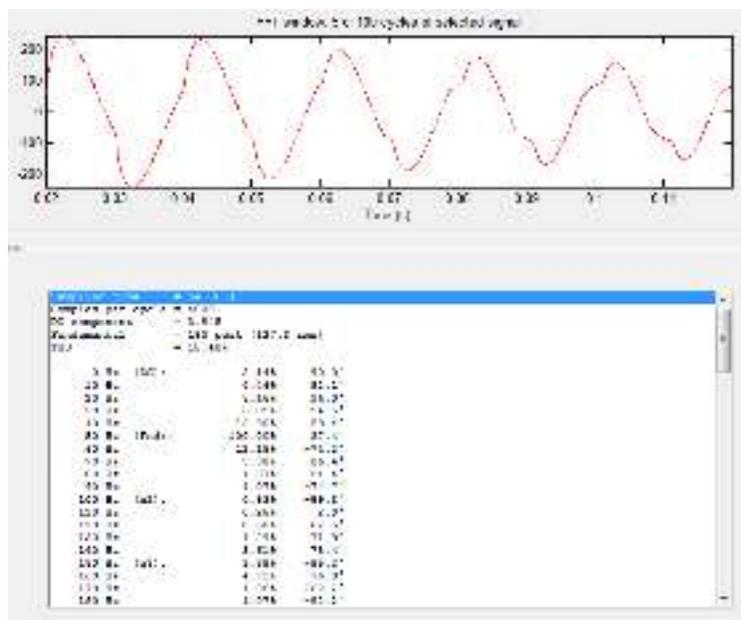
4.2 Simulasi THD_i (*Total Harmonic Distortions*)

Pada simulasi ini akan dilakukan simulasi menggunakan model seperti gambar 4.1; 4.2 dan 4.3 . Simulasi dilakukan untuk melihat THD_i bentuk output gelombang arus dan orde harmonisa arus fundamentalnya.

Sebelum melakukan simulasi, kita perlu mengisi block-block parameter dengan nilai yang kita dapatkan dari hasil perhitungan, seperti tegangan sekunder sistem, nilai Resistansi R sistem dan Induktansi L sistem.

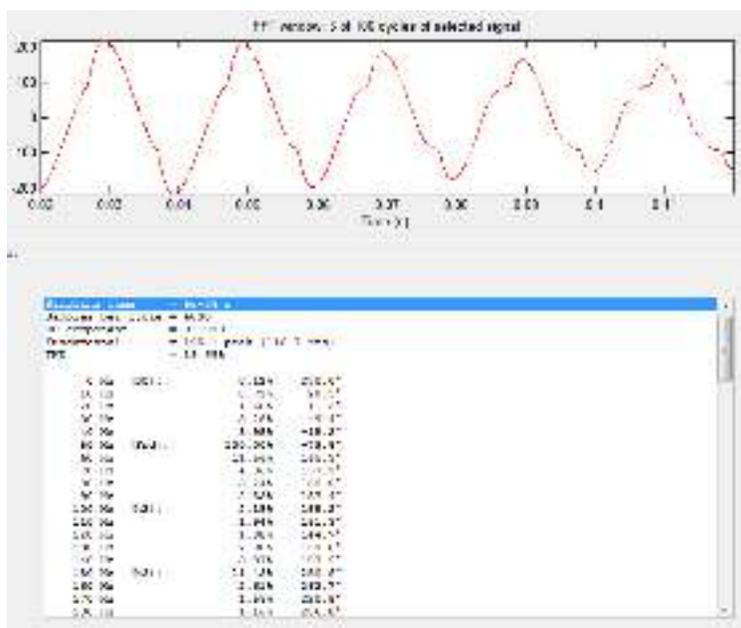
A. Simulasi THD_i pada kondisi exiting.

Hasil simulasi THD_i berbentuk gelombang dan orde harmonisa dengan menggunakan bantuan dari *Fast Fourier Transform (FFT)* tool. Hasil simulasi THD_i pada phasa R yang didapatkan dari *FFT* pada kondisi eksisting dapat dilihat pada gambar 4.5 .



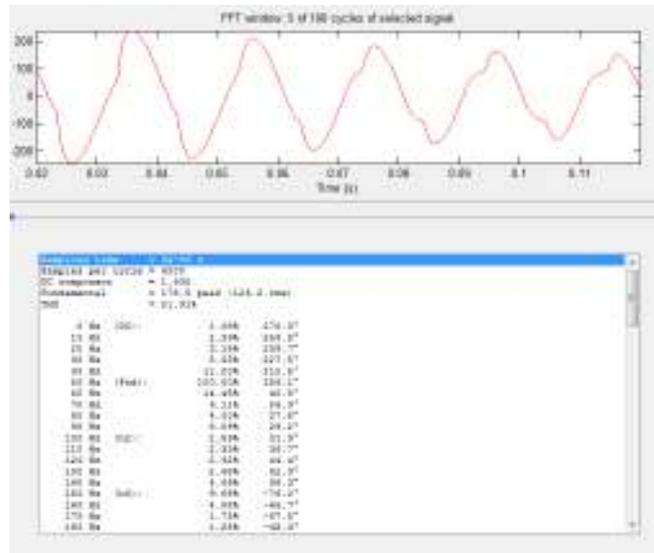
Gambar 4. 5 Bentuk gelombang arus dan orde harmonisa fase R kondisi Eksisting

Hasil simulasi pada gambar 4.5 untuk fase R pada kondisi eksisting didapatkan: THD_i sebesar 18,48 %, arus puncaknya 180 A dan 127,3 rms.



Gambar 4. 6 Bentuk gelombang arus dan orde harmonisa fase S kondisi Eksisting

Hasil simulasi gambar 4.6 untuk fase S pada kondisi eksisting didapatkan: THD_i sebesar 19,69 %, arus puncaknya 165,1 A dan 116,7 rms.

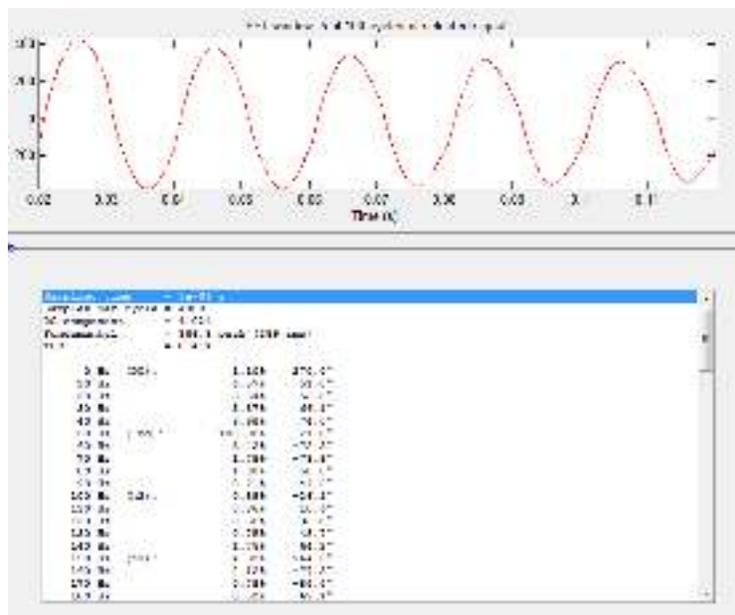


Gambar 4. 7 Bentuk gelombang arus dan orde harmonisa fase T kondisi Eksisting

Hasil simulasi gambar 4.7 untuk fase T pada kondisi eksisting didapatkan: THD_i sebesar 21,91 %, arus puncaknya 178,5 A dan 126,2 rms.

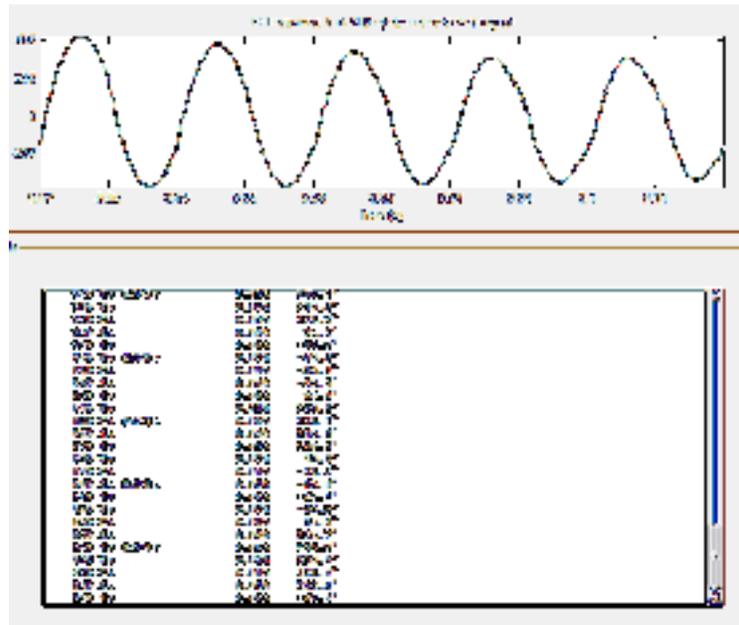
B. Simulasi THD_i pada kondisi pengoperasian Filter Aktif.

Hasil simulasi THD_i berbentuk gelombang dan orde harmonisa dengan menggunakan bantuan dari *Fast Fourier Transform (FFT)* tool. Hasil simulasi THD_i pada fase R yang didapatkan dari *FFT* pada kondisi eksisting dapat dilihat pada gambar 4.8 .



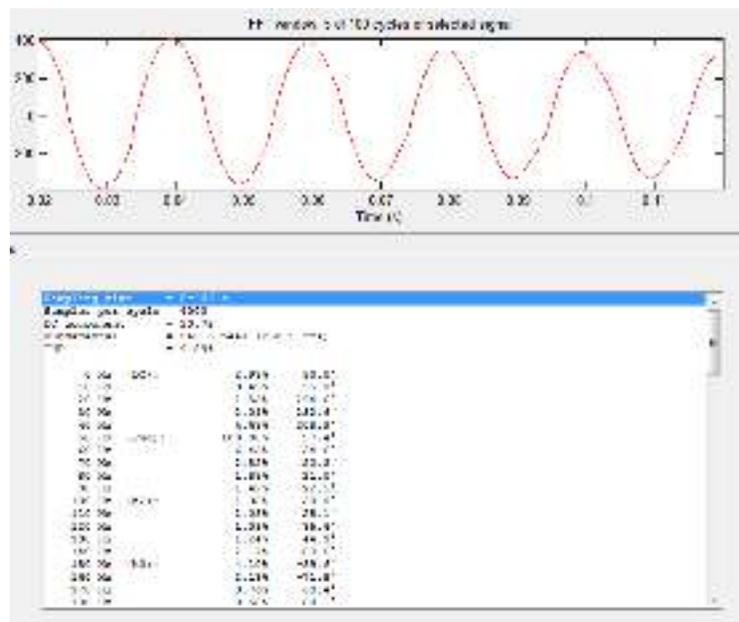
Gambar 4. 8 Bentuk gelombang arus dan orde harmonisa fase R dengan filter aktif

Hasil simulasi pada gambar 4.8 untuk fase R pada kondisi pengoperasian filter aktif didapatkan: THD_i sebesar 8,41 %, arus puncaknya 366,3 A dan 259 rms.



Gambar 4. 9 Bentuk gelombang arus dan orde harmonisa fase S dengan filter aktif

Hasil simulasi pada gambar 4.9 untuk fase S pada kondisi pengoperasian filter aktif didapatkan: THD_i sebesar 9,49 %, arus puncaknya 351,1 A dan 248,3 rms.

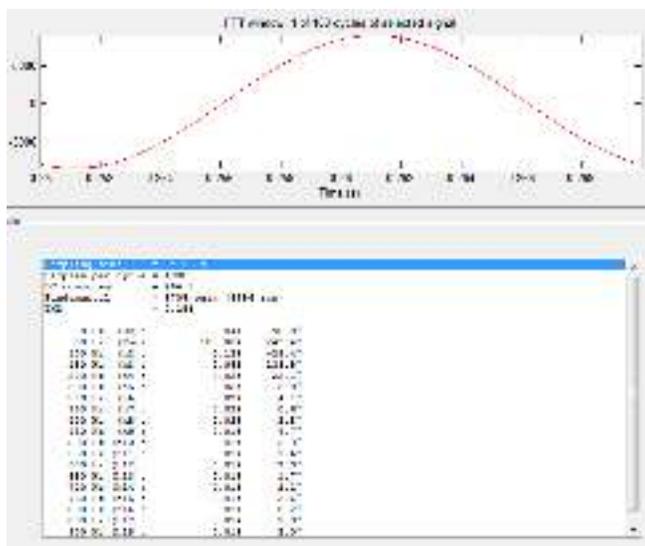


Gambar 4. 10 Bentuk gelombang arus dan orde harmonisa fase T dengan filter aktif

Hasil simulasi pada gambar 4.10 untuk fase T pada kondisi pengoperasian filter aktif didapatkan: THD_i sebesar 9,89 %, arus puncaknya 365,6 A dan 258,5 rms.

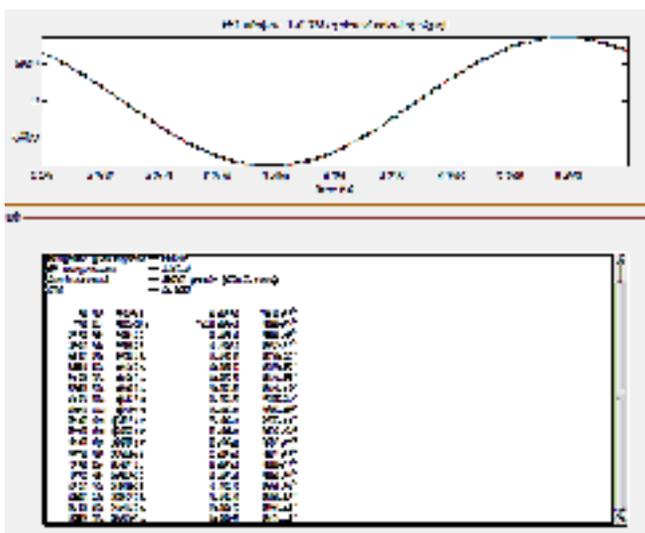
C. Simulasi THD_i pada kondisi pengoperasian Filter Aktif dengan *Fuzzy Logic Controller*

Hasil simulasi THD_i berbentuk gelombang dan orde harmonisa dengan menggunakan bantuan dari *Fast Fourier Transform (FFT)* tool. Hasil simulasi THD_i pada fase R yang didapatkan dari *FFT* pada kondisi eksisting dapat dilihat pada gambar 4.11 .



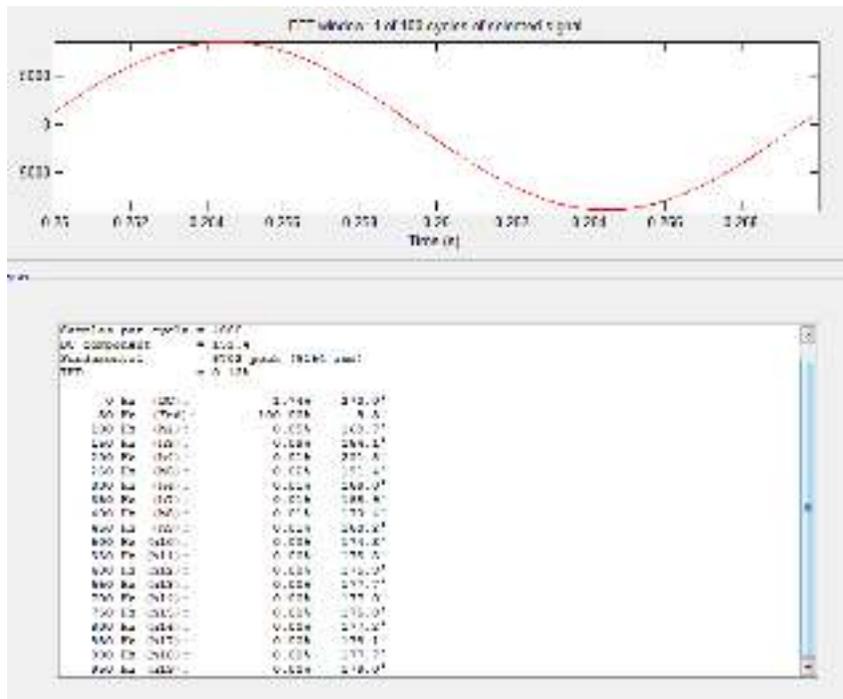
Gambar 4. 11 Gelombang arus & orde harmonisa fase R dng *Fuzzy Logic Controller*

Hasil simulasi pada gambar 4.11 untuk fase R pada kondisi pengoperasian filter aktif dengan *Fuzzy Logic Controller* didapatkan: THD_i sebesar 0,15 %, arus puncaknya 8705 A dan 6156 rms.



Gambar 4. 12 Bentuk gelombang arus dan orde harmonisa fase S dng *Fuzzy Logic Controller*

Hasil simulasi pada gambar 4.12 untuk fase S pada kondisi pengoperasian filter aktif dengan *Fuzzy Logic Controller* didapatkan: THD_i sebesar 0,11 %, arus puncaknya 8712 A dan 6161 rms.



Gambar 4. 13 Bentuk gelombang arus dan orde harmonisa fase T dng *Fuzzy Logic Controller*

Hasil simulasi pada gambar 4.13 untuk fase T pada kondisi pengoperasian filter aktif dengan *Fuzzy Logic Controller* didapatkan: THD_i sebesar 0.13 %, arus puncaknya 8702 A dan 6154 rms. Dari ketiga model simulasi yang dilakukan, akan dapat dilihat perubahan THDi yang terjadi pada simulasi yang dilakukan seperti terlihat pada table 4.1.

Tabel 4.1 THDi hasil dari masing-masing model simulasi

NO	MODEL SIMULASI	THD _i (%)			KETERANGAN
		R	S	T	
1	Eksisting	18,48	19,69	21,91	-
2	Filter Aktif	8,41	9,49	9,89	Ada penurunan THDi
3	<i>Fuzzy Logic Controller</i>	0,15	0,11	0,13	Ada penurunan THDi

4.3 Analisa Rugi-rugi daya akibat arus harmonisa (I_h)

Pada analisa rugi-rugi daya listrik di RSUD Klungkung, dilakukan dengan menghitung rugi-rugi pada transformator dengan kapasitas 200 kVA, tegangan primer 20 kV, dan tegangan sekunder 400 V, serta impedansi sebesar 4%. Perhitungan rugi-rugi daya listrik dilakukan pada 3

kondisi berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, yaitu pada kondisi eksisting pada kondisi pengoperasian filter aktif *shunt*, dan pada kondisi pengoperasian filter aktif *shunt* berbasis *fuzzy logic controller*.

A. Analisa Rugi-Rugi Daya Listrik Pada Kondisi Eksisting

Pada simulasi yang telah dilakukan diketahui I_{rms} pada fase R yaitu 127,3 A, persentase I_h orde 3 yaitu 9,9%. Untuk mengetahui arus harmonisa (I_h) pada setiap orde, maka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$I_{h3_phasaR} = \frac{I_{h3} \times I_{rms}}{100}$$

$$I_{h3_phasaR} = \frac{9,38 \times 127,3}{100}$$

$$I_{h3_phasaR} = 11,941 \text{ A}$$

Dari hasil perhitungan arus harmonisa (I_h) orde 3 pada fase R, dapat diketahui nilai arus harmonisanya sebesar 11,941 A. Arus harmonisa pada setiap orde untuk fase R, S, dan T dapat dihitung menggunakan persamaan yang sama seperti pada tabel 4.2 .

Tabel 4.2 Nilai Arus Harmonisa (I_h) Untuk Orde Harmonisa Ganjil pada Fase R, S, dan T Kondisi Eksisting

Orde Harmonisa	Fase R		Fase S		Fase T	
	I_h (%)	I_h (A)	I_h (%)	I_h (A)	I_h (%)	I_h (A)
1	100	127.30	100	116.70	100	126.20
3	9.38	11.941	11.43	13.339	9.08	11.459
5	4.14	5.270	3.62	4.225	3.47	4.379
7	1.71	2.177	1.22	1.424	2.04	2.574
9	0.75	0.955	0.8	0.934	0.65	0.820
11	0.48	0.611	0.27	0.315	0.35	0.442
13	0.42	0.535	0.27	0.315	0.6	0.757
15	0.37	0.471	0.31	0.362	0.31	0.391
17	0.3	0.382	0.15	0.175	0.27	0.341
19	0.26	0.331	0.09	0.105	0.38	0.480

Dari hasil perhitungan pada tabel 4.2, dapat diketahui nilai arus harmonisa untuk setiap orde harmonisanya. Setelah nilai arus harmonisa untuk setiap orde didapatkan, maka dapat dihitung arus harmonisa (I_h) per unit (p.u) sebagai berikut:

Perhitungan arus harmonis I_h per unit (p.u) untuk orde 1 pada fase R dapat dihitung sebagai berikut :

$$I_{h1_phasaR} (p.u) = \frac{I_{h1}}{I_{h1}}$$

$$I_{h1_phasaR} (p.u) = \frac{127.3}{127,3}$$

$$I_{h1_phasaR}(p.u) = 1,000(p.u)$$

Setelah didapatkan nilai arus harmonisa (I_h) per unit (p.u) untuk orde 1, maka selanjutnya dilakukan perhitungan (I_h) per unit (p.u) untuk orde 3 pada phasa R:

$$I_{h3_phasaR} (p.u) = \frac{I_{h3}}{I_{h1}}$$

$$I_{h3_phasaR} (p.u) = \frac{11,941}{127,3}$$

$$I_{h3_phasaR}(p.u) = 0.094 (p.u)$$

Dari hasil perhitungan arus harmonisa (I_h) per unit (p.u) untuk orde 1 dan 3, maka dapat dihitung arus harmonisa (I_h) per unit (p.u) untuk masing-masing orde pada setiap phasa R, S, dan T dengan menggunakan persamaan yang sama dan dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai Arus Harmonisa (I_h) (p.u) Untuk Orde Harmonisa Ganjil pada Phasa R, S, dan T Kondisi Eksisting

Orde Harmonisa	Phasa R		Phasa S		Phasa T	
	I_h (A)	I_h (p.u)	I_h (A)	I_h (p.u)	I_h (A)	I_h (p.u)
1	127.30	1.00	116.70	1.00	126.20	1.00
3	11.941	0.094	13.339	0.114	11.459	0.091
5	5.270	0.041	4.225	0.036	4.379	0.035
7	2.177	0.017	1.424	0.012	2.574	0.020
9	0.955	0.008	0.934	0.008	0.820	0.007
11	0.611	0.005	0.315	0.003	0.442	0.004
13	0.535	0.004	0.315	0.003	0.757	0.006
15	0.471	0.004	0.362	0.003	0.391	0.003
17	0.382	0.003	0.175	0.002	0.341	0.003
19	0.331	0.003	0.105	0.001	0.480	0.004

Berdasarkan hasil perhitungan I_h (p.u) untuk setiap orde seperti pada tabel 4.3, maka dapat dihitung nilai I_h^2 per unit (p.u) dan nilai $I_h^2 \times h^2$ per unit (p.u) untuk masing-masing phasa R, S, dan T pada masing-masing tabel 4.4; 4.5; dan 4.6.

Tabel 4.4 Nilai I_h^2 untuk Phasa R Kondisi Eksisting

Orde Harmonisa (h)	Phasa R	
	I_h (p.u)	I_h^2 (p.u)
3	1.00	1.00000
5	0.094	0.00880
7	0.041	0.00171
9	0.017	0.00029
11	0.008	0.00006
13	0.005	0.00002
15	0.004	0.00002
17	0.004	0.00001
19	0.003	0.00001
Total (Σ)		0,0126006

Tabel 4.5 Nilai I_h^2 dan untuk Phasa S Kondisi Eksisting

Orde Harmonisa (h)	Phasa S	
	I_h (p.u)	I_h^2 (p.u)
3	1.00	1.00000
5	0.114	0.01306
7	0.036	0.00131
9	0.012	0.00015
11	0.008	0.00006
13	0.003	0.00001
15	0.003	0.00001
17	0.003	0.00001
19	0.002	0.00000
Total (Σ)		0,016009

Tabel 4.6 Nilai I_h^2 dan untuk Phasa T Kondisi Eksisting

Orde Harmonisa (h)	Phasa T	
	I_h (p.u)	I_h^2 (p.u)
3	1.00	1.00000
5	0.091	0.00824
7	0.035	0.00120
9	0.020	0.00042
11	0.007	0.00004
13	0.004	0.00001
15	0.006	0.00004
17	0.003	0.00001
19	0.003	0.00001
Total (Σ)		0,011561

Hasil perhitungan harmonisa dari orde 3 sampai dengan orde 19, maka dapat dihitung nilai P_{LL} (rugi-rugi daya), dan nilai P_{EC-R} untuk transformator dengan tegangan sekunder 400 V adalah 1% (0,01)

Perhitungan P_{LL} pada fasa R:

$$P_{LL} = \sum I_h^2 + (\sum I_h^2 \times h^2) \times P_{EC-R}$$

$$P_{LL} = 0,0126006 + 1.15481 \times 0,01$$

$$P_{LL} = 0,0224781 \text{ (p.u)}$$

Hasil perhitungan di atas, maka didapatkan hasil P_{LL} untuk fasa R sebesar 0,0285 (p.u). Untuk fasa S, dan T dapat dilakukan perhitungan P_{LL} dengan menggunakan persamaan yang sama. Hasil dari perhitungan fasa R, S, dan T disajikan pada tabel 4.7

Tabel 4.7 Hasil Pehitungan P_{LL} (p.u) pada Fasa R, S, dan T Kondisi Eksisting

Phasa	P_{LL} (p.u)
R	0,0224781
S	0,0263004
T	0,0214417

Dari tabel 4.7, diketahui bahwa nilai harmonisa untuk masing-masing fasa mengalami peningkatan *losses* yaitu untuk fasa R sebesar 0.0224781 (p.u), fasa S sebesar 0.0263004 (p.u), dan fasa T sebesar 0,0214417 (p.u).

Untuk menghitung *Load-Loss* (P_{LL}), terlebih dahulu dilakukan perhitungan $P_{Base1\phi}$ sistem dengan mengetahui kapasitas transformator (S) sebesar 200 kVA dan $\cos \varphi$ sebesar 0,8773, maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

$$P_{Base1\phi} = \frac{S \times \cos \varphi}{\sqrt{3}}$$

$$P_{Base1\phi} = \frac{200 \times 0,8773}{\sqrt{3}}$$

$$P_{Base1\phi} = 121,657 \text{ kW}$$

Hasil perhitungan, didapatkan nilai $P_{Base1\phi}$ sebesar 121,657 kW. Setelah nilai $P_{Base1\phi}$ diketahui, kemudian dilakukan perhitungan P_{LL} dalam satuan kW untuk fasa R, sebagai berikut :

$$Losses \text{ (kW)} = Losses \text{ (p.u)} \times P_{Base1\phi}$$

$$Losses \text{ (kW)} = 0,0224781 \times 121,657$$

$$Losses (kW) = 2,734618 kW$$

Dari hasil perhitungan P_{LL} dalam satuan kW untuk fasa R didapatkan nilai *losses* sebesar 2.734618 kW. Untuk fasa S, dan T dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan yang sama. Nilai hasil perhitungan P_{LL} dalam satuan kW untuk masing-masing fasa dapat dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Hasil Pehitungan P_{LL} kW pada Fasa R, S, dan T Kondisi Eksisting

Phasa	P_{LL} (p.u)	$P_{Base1\phi}$ (kW)	P_{LL} (kW)
R	0,0224781	121,657	2,734618
S	0,0263004	121,657	3,199628
T	0,0214417	121,657	2,608533
Total <i>Losses</i>			8,542779

Berdasarkan tabel 4.8, dapat diketahui nilai P_{LL} dalam satuan kW untuk fasa R sebesar 2,734618 kW, fasa S sebesar 3,199628 kW, dan fasa T sebesar 2,608533 kW. Sehingga didapatkan total *losses* atau rugi-rugi daya listrik pada kondisi eksisting yaitu 8,54 kW (4,054 %)

B. Analisa Rugi-Rugi Daya Listrik Dengan Pengoperasian Filter Aktif *Shunt*

Pada simulasi yang telah dilakukan diketahui I_{rms} pada fasa R yaitu 286,2 A, persentase I_h orde 3 yaitu 4,68%. Untuk mengetahui arus harmonisa (I_h) pada setiap orde, maka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.11.

$$I_{h3_phasaR} = \frac{I_{h3} \times I_{rms}}{100}$$

$$I_{h3_phasaR} = \frac{4.32 \times 259}{100}$$

$$I_{h3_phasaR} = 11,189 \text{ A}$$

Dari hasil perhitungan arus harmonisa (I_h) orde 3 pada fasa R, dapat diketahui nilai arus harmonisanya sebesar 11,189 A. Untuk arus harmonisa pada setiap orde untuk fasa R, S, dan T dapat dihitung menggunakan persamaan yang sama dan dapat dilihat pada tabel 4.9 sebagai berikut :

Tabel 4.9 Nilai Arus Harmonisa (I_h) Untuk Orde Harmonisa Ganjil pada Phasa R, S, dan T pada Pengoperasian Filter Aktif *Shunt*

Orde Harmonisa	Phasa R		Phasa S		Phasa T	
	I_h (%)	I_h (A)	I_h (%)	I_h (A)	I_h (%)	I_h (A)
1	100	259.00	100	248.30	100	258.50
3	4.32	11.189	5.42	13.458	4.1	10.599
5	1.77	4.584	1.51	3.749	1.56	4.033
7	0.66	1.709	0.48	1.192	0.88	2.275
9	0.24	0.622	0.4	0.993	0.21	0.543
11	0.14	0.363	0.19	0.472	0.16	0.414
13	0.12	0.311	0.12	0.298	0.15	0.388
15	0.11	0.285	0.17	0.422	0.09	0.233
17	0.08	0.207	0.12	0.298	0.13	0.336
19	0.06	0.155	0.05	0.124	0.15	0.388

Dari hasil perhitungan pada tabel 4.9, dapat diketahui nilai arus harmonisa untuk setiap orde harmonisanya. Setelah nilai arus harmonisa untuk setiap orde didapatkan, maka dapat dihitung arus harmonisa (I_h) dalam per unit (p.u) sebagai berikut:

Perhitungan arus harmonis per unit (I_h p.u), untuk orde 1 pada phasa R dapat dihitung menggunakan persamaan 2.12 sebagai berikut :

$$I_{h1_phasaR} (p.u) = \frac{I_{h1}}{I_{h1}}$$

$$I_{h1_phasaR} (p.u) = \frac{259}{259}$$

$$I_{h1_phasaR} (p.u) = 1,0(p.u)$$

Setelah didapatkan nilai arus harmonisa (I_h) per unit (p.u) untuk orde 1, maka selanjutnya dilakukan perhitungan (I_h) per unit (p.u) untuk orde 3 pada phasa R:

$$I_{h3_phasaR} (p.u) = \frac{I_{h3}}{I_{h1}}$$

$$I_{h3_phasaR} (p.u) = \frac{11.189}{259}$$

$$I_{h3_phasaR} (p.u) = 0,00187 (p.u)$$

Dari hasil perhitungan arus harmonisa (I_h) per unit (p.u) untuk orde 1 dan 3, maka dapat dihitung arus harmonisa (I_h) per unit (p.u) untuk masing-masing orde pada setiap phasa R, S, dan T dengan menggunakan persamaan yang sama dan dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Nilai Arus Harmonisa (I_h) (p.u) Untuk Orde Harmonisa Ganjil pada Phasa R, S, dan T pada Pengoperasian Filter Aktif *Shunt*

Orde Harmonisa	Phasa R		Phasa S		Phasa T	
	I_h (A)	I_h (p.u)	I_h (A)	I_h (p.u)	I_h (A)	I_h (p.u)
1	259.00	1.00	248.30	1.00	258.50	1.00
3	11.189	0.043	13.458	0.054	10.599	0.041
5	4.584	0.018	3.749	0.015	4.033	0.016
7	1.709	0.007	1.192	0.005	2.275	0.009
9	0.622	0.002	0.993	0.004	0.543	0.002
11	0.363	0.001	0.472	0.002	0.414	0.002
13	0.311	0.001	0.298	0.001	0.388	0.002
15	0.285	0.001	0.422	0.002	0.233	0.001
17	0.207	0.001	0.298	0.001	0.336	0.001
19	0.155	0.001	0.124	0.001	0.388	0.002

Berdasarkan hasil perhitungan I_h (p.u) untuk setiap orde seperti pada tabel 4.10, maka dapat dihitung nilai I_h^2 per unit (p.u) dan nilai $I_h^2 \times h^2$ per unit (p.u) untuk phasa R, dapat dilihat pada table 4.11.

Tabel 4.11 Nilai I_h^2 untuk Phasa R pada Pengoperasian Filter Aktif *Shunt*

Orde Harmonisa (h)	Phasa R	
	I_h (p.u)	I_h^2 (p.u)
1	1.0	1.00000
3	0.043	0.00187
5	0.018	0.00031
7	0.007	0.00004
9	0.002	0.00001
11	0.001	0.00000
13	0.001	0.00000
15	0.001	0.00000
17	0.001	0.00000
19	0.001	0.00000
Total (Σ)		0.00223

Tabel 4.12 Nilai $I_h^2 \times h^2$ untuk Phasa R Filter Aktif *Shunt*

Orde Harmonisa (h)	Phasa R	
	I_h^2 (p.u)	$(I_h^2$ (p.u) X h^2)
1	1.00000	1.00000
3	0.00187	0.01680
5	0.00031	0.00783
7	0.00004	0.00213
9	0.00001	0.00047
11	0.00000	0.00024

13	0.00000	0.00024
15	0.00000	0.00027
17	0.00000	0.00018
19	0.00000	0.00013
Total (Σ)		1.02830

P_{LL} pada fase R, dapat dihitung dengan nilai P_{EC-R} untuk transformator dengan tegangan sekunder 400 V yaitu sebesar 1%, sebagai berikut:

Perhitungan P_{LL} pada fase R:

$$P_{LL} = \Sigma I_h^2 + (\Sigma I_h^2 \times h^2) \times P_{EC-R}$$

$$P_{LL} = 0.00223 + 1.02830 \times 0,01$$

$$P_{LL} = 0,012513 \text{ (p.u)}$$

Hasil P_{LL} untuk fase R sebesar 0,012513 (p.u). Dengan cara yang sama P_{LL} untuk fase S, dan T dapat dihitung. Hasil perhitungan fase R, S, dan T untuk P_{LL} pu dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Pehitungan P_{LL} (p.u) pada Fase R, S, dan T pada Pengoperasian Filter Aktif

Phasa	P_{LL} (p.u)
R	0.012513
S	0.013574
T	0.0122954

Nilai $P_{Base1\phi}$ sebesar 121,657 kW. Setelah nilai $P_{Base1\phi}$ diketahui, kemudian dilakukan perhitungan P_{LL} dalam satuan kW untuk kondisi pengoperasian Filter Aktif dapat dilihat pada table 4.14.

Tabel 4.14 Hasil Pehitungan P_{LL} kW pada Fase R, S, dan T pada Pengoperasian Filter Aktif *Shunt*

Phasa	P_{LL} (p.u)	$P_{Base1\phi}$ (kW)	P_{LL} (kW)
R	0.012513	121,657	1.522294
S	0.013574	121,657	1.651372
T	0.0122954	121,657	1.495821
Total <i>Losses</i>			4.669488

Berdasarkan tabel 4.14, dapat diketahui nilai P_{LL} dalam satuan kW untuk fase R sebesar 1.522294 kW, fase S sebesar 1.651372 kW, dan fase T sebesar 1.495821 kW. Sehingga didapatkan total *losses* atau rugi-rugi daya listrik pada kondisi eksisting yaitu 4.66 kW (2,21 %)

C. Analisa Rugi-Rugi Daya Listrik Dengan Pengoperasian Filter Aktif *Shunt* Berbasis *Fuzzy Logic Controller*

Pada simulasi yang telah dilakukan diketahui I_{rms} pada fase R yaitu 6156 A. Untuk mengetahui arus harmonisa (I_h) pada setiap orde, maka dapat dihitung dengan :

$$I_{h3_phasaR} = \frac{I_{h3} \times I_{rms}}{100}$$

$$I_{h3_phasaR} = \frac{0.05 \times 6156}{100}$$

$$I_{h3_phasaR} = 3,078 \text{ A}$$

Dari hasil perhitungan arus harmonisa (I_h) orde 3 pada fase R, dapatdiketahui nilai arus harmonisanya sebesar 3,07A. Untuk arus harmonisa pada setiap orde untuk fase R, S, dan T dapat dihitung menggunakan persamaan yang sama dan dapat dilihat pada tabel 4.15 sebagai berikut :

Tabel 4.15 Nilai Arus Harmonisa (I_h) Untuk Orde Harmonisa Ganjil pada Fase R, S, dan T pada Pengoperasian Filter Aktif *Shunt* Berbasis *Fuzzy Logic Controller*

Orde Harmonisa	Fase R		Fase S		Fase T	
	I_h (%)	I_h (A)	I_h (%)	I_h (A)	I_h (%)	I_h (A)
1	100	6156.00	100	6161.00	100	6154.00
3	0.05	3.078	0.09	5.545	0.09	5.539
5	0.03	1.847	0.02	1.232	0.02	1.231
7	0.02	1.231	0.01	0.616	0.01	0.615
9	0.01	0.616	0.01	0.616	0.01	0.615
11	0.01	0.616	0.01	0.616	0	0.000
13	0.01	0.616	0.01	0.616	0	0.000
15	0.01	0.616	0.01	0.616	0	0.000
17	0.01	0.616	0.01	0.616	0	0.000
19	0.01	0.616	0	0.000	0	0.000

Dari hasil perhitungan pada tabel 4.15, dapat diketahui nilai arus harmonisa untuk setiap orde harmonisanya. Setelah nilai arus harmonisa untuk setiap orde didapatkan, maka dapat dihitung arus harmonisa per unit (I_h p.u) sebagai berikut:

Perhitungan I_h p.u untuk orde 1 pada fase R didapat sebagai berikut :

$$I_{h1_phasaR} (p.u) = \frac{I_{h1}}{I_{h1}}$$

$$I_{h1_phasaR} (p.u) = \frac{6156}{6156}$$

$$I_{h1_phasaR} (p.u) = 1,000(p.u)$$

Setelah didapatkan I_h p.u untuk orde 1, dengan cara yang sama, I_h p.u orde harmonisa untuk fasa R, S dan T dapat dihitung, hasilnya bisa dilihat pada table 4.16.

Tabel 4.16 Nilai Arus Harmonisa (I_h) (p.u) Untuk Orde Harmonisa Ganjil pada Fasa R, S, dan T pada Pengoperasian Filter Aktif *Shunt* Berbasis *Fuzzy Logic Controller*

Orde Harmonisa	Fasa R		Fasa S		Fasa T	
	I_h (A)	I_h (p.u)	I_h (A)	I_h (p.u)	I_h (A)	I_h (p.u)
1	6156.00	1.00	6161.00	1.00	6154.00	1.00
3	3.078	0.001	5.545	0.001	5.539	0.001
5	1.847	0.000	1.232	0.000	1.231	0.000
7	1.231	0.000	0.616	0.000	0.615	0.000
9	0.616	0.000	0.616	0.000	0.615	0.000
11	0.616	0.000	0.616	0.000	0.000	0.000
13	0.616	0.000	0.616	0.000	0.000	0.000
15	0.616	0.000	0.616	0.000	0.000	0.000
17	0.616	0.000	0.616	0.000	0.000	0.000
19	0.616	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Berdasarkan hasil perhitungan I_h (p.u) untuk setiap orde seperti pada tabel 4.16, maka dapat dihitung nilai I_h^2 per unit (p.u) dan nilai $I_h^2 \times h^2$ per unit (p.u) untuk masing-masing fasa R, seperti pada table 4.17.

Tabel 4.17 Nilai I_h^2 untuk Fasa R pada Pengoperasian Filter Aktif *Shunt* Berbasis *Fuzzy Logic Controller*

Orde Harmonisa (h)	Fasa R		
	I_h (p.u)	I_h^2 (p.u)	I_h^2 (p.u)X h^2
1	1.00	1.00000	1.00000
3	0.001	0.00000	0.00000
5	0.000	0.00000	0.00000
7	0.000	0.00000	0.00000
9	0.000	0.00000	0.00000
11	0.000	0.00000	0.00000
13	0.000	0.00000	0.00000
15	0.000	0.00000	0.00000
17	0.000	0.00000	0.00000
19	0.000	0.00000	0.00000
Total (Σ)		0.00	1.00002

P_{LL} pada fasa R, dapat dihitung dengan nilai P_{EC-R} untuk transformator dengan tegangan sekunder 400 V yaitu sebesar 1%, sebagai berikut:

Perhitungan P_{LL} pada fasa R:

$$P_{LL} = \Sigma I_h^2 + (\Sigma I_h^2 \times h^2) \times P_{EC-R}$$

$$P_{LL} = 0.00 + 1.00002 \times 0,01$$

$$P_{LL} = 0,0100002 \text{ (p.u)}$$

Hasil P_{LL} untuk fasa R sebesar 0,0100002 (p.u). Dengan cara yang sama P_{LL} untuk fasa S, dan T dapat dihitung. Hasil perhitungan fasa R, S, dan T untuk P_{LL} pu dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Hasil Pehitungan P_{LL} (p.u) pada Fasa R, S, dan T pada Pengoperasian Filter Aktif *Shunt* Berbasis *Fuzzy Logic Controller*

Phasa	P_{LL} (p.u)
R	0,0100002
S	0,0100002
T	0,0100001

Nilai $P_{Base1\phi}$ sebesar 121,657 kW. Setelah nilai $P_{Base1\phi}$ diketahui, kemudian dilakukan perhitungan P_{LL} dalam satuan kW untuk kondisi pengoperasian Filter Aktif berbasis *Fuzzy Logic Controller* dapat dilihat pada table 4.19.

Tabel 4.19 Hasil Pehitungan P_{LL} kW pada Fasa R, S, dan T pada Pengoperasian Filter Aktif *Shunt* Berbasis *Fuzzy Logic Controller*

Phasa	P_{LL} (p.u)	$P_{Base1\phi}$ (kW)	P_{LL} (kW)
R	0,0100002	121,657	1.216594
S	0,0100002	121,657	1.216594
T	0,0100001	121,657	1.216582
Total <i>Losses</i>			3.649771

Berdasarkan tabel 4.19, dapat diketahui nilai P_{LL} dalam satuan kW untuk fasa R sebesar 1.216594 kW, fasa S sebesar 1.216594 kW, dan fasa T sebesar 1.216582 kW. Sehingga didapatkan total *losses* atau rugi-rugi daya listrik pada pengoperasian filter aktif *shunt* berbasis *fuzzy logic controller* yaitu 3.649771 kW (1,7 %).

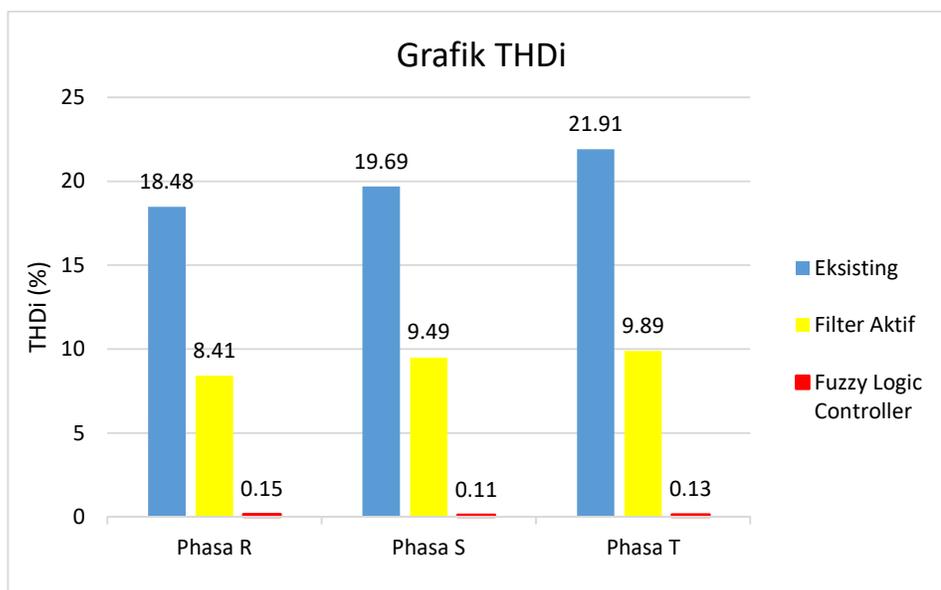
4.4 Analisa Perbandingan Simulasi Kondisi Eksisting, dengan Filter Aktif, dan dengan Filter Aktif Berbasis *Fuzzy Logic Controller*

Perbandingan hasil simulasi THDi untuk ketiga kondisi tersebut seperti table 4.20 dapat digambarkan grafik perbandingannya seperti gambar 4.14 seperti berikut.

Tabel 4.20 THDi hasil dari masing-masing model simulasi

NO	MODEL SIMULASI	THDi (%)			KETERANGAN
		R	S	T	
1	Eksisting	18,48	19,69	21,91	-
2	Filter Aktif	8,41	9,49	9,89	Ada penurunanTHDi
3	<i>Fuzzy Logic Controller</i>	0,15	0,11	0,13	Ada penurunanTHDi

Dari hasil simulasi dapat dilihat, terjadi penurunan THD_i dari kondisi eksisting ke kondisi pengoperasian filter aktif dan berlanjut terjadi penurunan THD_i yang sangat signifikan pada pengoperasian filter aktif berbasis *fuzzy logic controller*.



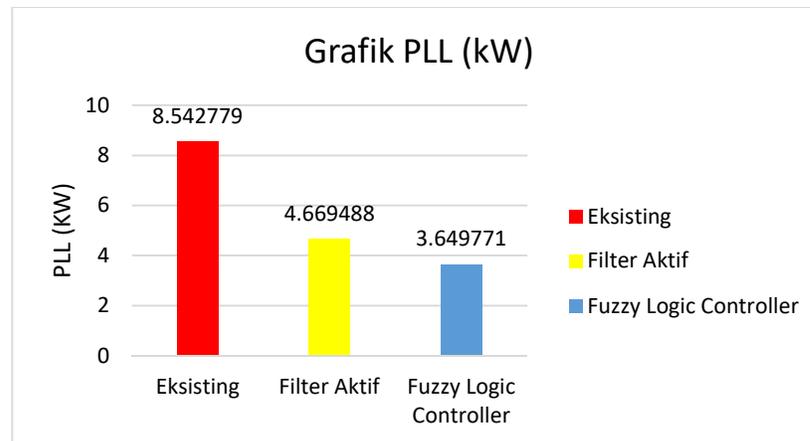
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan THD_i hasil dari masing-masing model simulasi

Perbandingan hasil analisa rugi-rugi daya untuk ketiga kondisi tersebut dapat dilihat seperti table 4.21. Penurunan rugi-rugi daya dapat terlihat dari hasil simulasi dengan rugi-rugi daya phasa R sebesar 8,542779 kW; phasa S sebesar 4.669488 kW) dan phasa T sebesar 3.649771 kW .

Tabel 4.21 Perbandingan rugi-rugi daya akibat arus harmonisa

Kondisi Pengoperasian	P_{LL} (kW)	P_{LL} (%)
Eksisting	8,542779	4,054
Filter Aktif	4.669488	2,21
Filter Aktif berbasis <i>FLC</i>	3.649771	1,7

Dari grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.15, dapat diketahui nilai rugi-rugi daya listrik mengalami penurunan dari kondisi eksisting sebesar 4,054 % dari P_{base} , pada kondisi pengoperasian filter aktif rugi-rugi daya listriknya 2,21 % dan pada pengoperasian filter aktif berbasis *fuzzy logic controller* sebesar 1,7 %.



Gambar 4.15 Grafik Perbandingan P_{LL} hasil dari masing-masing model simulasi

BAB V **SIMPULAN**

5.1 Simpulan

Pengoperasian beban-beban nonlinear yang berlebihan pada system tenaga listrik dapat menimbulkan distorsi harmonisa pada bentuk gelombang tegangan dan arus yang mengakibatkan kondisi sistem kelistrikan tidak normal. Blue Point Bay Villa & Spa memiliki kandungan THDi (*Total Harmonics Distortion*) belum sesuai dengan standar IEEE 519-1992 yaitu melebihi 8 %.

Simulasi menggunakan software Simulink MATLAB dilakukan pada tiga kondisi yaitu pada kondisi eksisting , kondisi dengan Filter Aktif dan kondisi dengan Filter Aktif berbasis *FLC* (*fuzzy logic controller*) . Hasil simulasi pada kondisi eksisting didapatkan THDi yang belum standar ($\geq 8\%$) yaitu pada fasa R 18,48 %; S 19,16 %; dan T 21,91 %. dan dengan pengoperasian Filter Aktif didapatkan THDi pada fasa R 8,41 %; S 9,49 %; dan T 9,89 % (belum memenuhi standar IEEE 519-1992). Dengan simulasi menggunakan filter aktif berbasis *FLC* didapatkan THDi yang sudah memenuhi standar ($\leq 8\%$) dengan hasil pada fasa R 0,15 %; S 0,11 %, dan T 0,13 %.

Analisa rugi-rugi daya akibat pengaruh harmonisa arus adalah, pada kondisi eksisting 8,54 kW (4,05 %); pada kondisi pengoperasian filter aktif 4,66 kW (2,21 %), dan dengan filter aktif berbasis fuzzy logic controller sebesar 3,65 kW (1,7 %)

DAFTAR PUSTAKA

- De La Rosa, F. C. 2006. *Harmonics And Power System. United State of America* : Taylor & Francis Group.
- Dugan, RC., dkk. 2004. *Electrical Power System Quality-Second Edition*. The McGraw-Hill.
- EkastawaPutra, IW.2014. “Kajian dan Analisa Distorsi Harmonisa di Hotel Amankila” (tugas akhir). Jimbaran: Universitas Udayana.
- Ferracci, Ph. 2001. *Power Quality*. Cahier Technique Merlin Gerin no: 199.
- IEEE Std 519™-2014 (Revision of IEEE Std 519-1992). 2014. *IEEE Recommended Practice And Requirements For Harmonic Control In Electric Power Systems*. New York : IEEE Standart Association
- Izhar. M. et al. “*Performance for Passive and Active Power Filter in Reducing Harmonics in the Distribution System*”, *National Power & Energi Conference (PECon) 2004, IEEE Proceedings*, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 104-108, 2004.
- Pahlevi, AB. 2017. “Reduksi Harmonisa Pada Motor Sinkron 3 Fasa Menggunakan Filter Aktif Shunt Berbasis *Fuzzy Logic*”. Yogyakarta : CITEE 2017.
- Purwajaya, IW.2013. “Analisis Perbandingan Penggunaan Filter Pasif, Filter Aktif, Dan Filter *Hybrid Shunt* Untuk Meredam Gangguan Resonansi Harmonisa” (tugas akhir). Jimbaran: Universitas Udayana.
- Rosa. Francisco C. De La. 2006. *Harmonics and Power Systems. Distribution Control Systems, Inc.; USA*

LAMPIRAN

Lampiran 1. Justifikasi anggaran

1. Honor				
Honor Pembantu peneliti (mahasiswa)	Honor/jam (Rp)	Waktu (jam/minggu)	Minggu	Honor per tahun (Rp)
Abid Surya Bimantara (1705541060)	22.400	5	10	1.120.000
Gede Agus Wira Dharma (1705541060)	22.400	5	10	1.120.000
1705541010 I Kadek Oki Dwi Lasmana	22.400	5	10	1.120.000
I Wayan Aditya Darmawan (1705541014)	22.400	5	10	1.120.000
I Putu Dedi Wiriastika (1705541016)	22.400	5	10	1.120.000
I Made Agus Artha Putra (1705541018)	22.400	5	10	1.120.000
SUB TOTAL (Rp)				6.720.000
2. Peralatan Penunjang				
Material	Justifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Harga Peralatan Penunjang (Rp)
Alat Komunikasi	Untuk alat komunikasi	2	1.200.000	2.400.000
Tang-amper	Mengukur tingkat harmonisa	2	1.150.000	2.300.000
Alat Ukur Ampermeter Digital	Mengukur Arus listrik	2	300,000	600,000
Toolset	Untuk pekerjaan Instalasi	1	300.000	300.000
Tangga Aluminium	Untuk mengecek instalasi	1	750.000	700.000
Alat Ukur Volt meter Digital	Mengukur Tegangan listrik	2	300,000	600,000
SUB TOTAL (Rp)				6.900.000
3. Bahan Habis Pakai				

Material	Justifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Harga Peralatan Penunjang (Rp)
Solder + timah	Menyolder rangkaian	1	350.000	350.000
Kabel	Instalasi sistem	2 rol	1.250.000	2.500.000
Meteran	pengukuran	2 unit	125.000	250,000
SUB TOTAL (Rp)				3.100.000
4. Perjalanan				
Material	Justifikasi Perjalanan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Harga Peralatan Penunjang (Rp)
TransportasiKuripan -Kampus Bukit	Survey dan pengukuran	10	3.00.000	3.000.000
Perjalanan Manggis-Tuban	Seminar	1	250.000	250.000
SUB TOTAL (Rp)				3.250.000
5. Lain-Lain				
Material	Justifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Harga Peralatan Penunjang (Rp)
Konsumsi	Pembelian konsumsi untuk 6 orang	10	100.000	1.000.000
Mencetak buku Laporan	Cetak dan Jilid	15	50,000	750,000
Seminar	Registrasi	1	1,000,000	1,000,000
Publikasi Jurnal	Pengiriman	1	1,500,000	1,500,000
SUB TOTAL (Rp)				4.250.000
TOTAL ANGGARAN YANG DIPERLUKAN SETAHUN (RP)				25.000.000

Lampiran 2. Dukungan sarana dan prasarana penelitian

Dukungan sarana dan prasarana penelitian

Penelitian ini akan didukung dan dilaksanakan di Laboratorium Dasar teknik Elektro yang terletak di PS Teknik Elektro Kampus Bukit Jimbaran.. Lab. Ini juga memiliki 1 buah osiloskop digital dan beberapa multimeter digital.

Lampiran 3. Susunan organisasi tim peneliti dan pembagian tugas

No.	Nama/NIDN	Instansi Asal	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu (jam/minggu)	Uraian Tugas
1	Ir. AA.Gd. Maharta Pelayun, MT. (Ketua, (Nidn: 0025056516)	FT Unud	Teknik Tenaga Listrik	10	Mengatur Rencana, pelaksanaan penelitian dan analisa
2	Ir. I Nengah Suweden	FT Unud	Teknik Tenaga Listrik	8	Mengatur Rencana, pelaksanaan penelitian dan analisa
3	Abid Surya Bimantara (1705541060)	FT Unud	Teknik Tenaga Listrik	6	Perakitan rangkaian
4	Gede Agus Wira Dharma (1705541060)	FT Unud	Teknik Tenaga Listrik	6	Perakitan rangkaian
5	1705541010 I Kadek Oki Dwi Lasmana	FT Unud	Teknik Tenaga Listrik	6	Pengambilan data
6	I Wayan Aditya Darmawan (1705541014)	FT Unud	Teknik Tenaga Listrik	6	Pengambilan data
7	I Putu Dedi Wiriastika (1705541016)	FT Unud	Teknik Tenaga Listrik	6	Pengambilan data
8	I Made Agus Artha Putra (1705541018)				

**LAMPIRAN 4. BIODATA KETUA DAN ANGGOTA TIM PENELITIAN
KETUA TIM PENELITIAN**

A. Identitas Diri

LAMPIRAN 1. FORMAT BIODATA KETUA DAN ANGGOTA TIM PENELITIAN

1.	Nama Lengkap (dengan gelar)	Ir. Anak Agung Gede Maharta Pelayun, MT	L/P
2.	Jabatan Fungsional	Lektor	
3.	Jabatan Struktural	III d / Pembina Tk I	

4.	NIP/NIK/No. Identitas lainnya	19651231 199303 1 016
5.	NIDN	0025056516
6.	Tempat dan Tanggal Lahir	Koripan, Br,Angkan Tahun 1965
7.	Alamat Rumah	Jl. Durian 8 Dusun Koripan Tengah, Br.Angkan – Klungkung
8.	Nomor Telepon/Faks /HP	081 337 990 299
9.	Alamat Kantor	Fakultas Teknik Unud Kampus Bukit Jimbaran
10.	Nomor Telepon/Faks	0361 703321, 0361 701806
11.	Alamat e-mail	maharta@unud.ac.id
12.	Lulusan yang telah dihasilkan	S-1= ... orang; S-2= ...Orang; S-3= Orang ...
13.	Mata Kuliah yg diampu	1. Fisika I 2. Pancasila 3. Teknik Tenaga Listrik 4. Rangkaian Listrik

B. Riwayat Pendidikan

Program	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Udayana	Universitas Udayana	
Bidang Ilmu	Teknik Elektro	Managemen Energi Listrik	
Tahun Masuk	1984	2010	
Tahun Lulus	1992	2014	
Judul Skripsi/Thesis/Disertasi	Studi Penggunaan Rele Power Line Carrier (PLC) Pada Sistem Pengaman Saluran Transmisi 150 KV di Bali	Analisa Kepuasan Pelanggan Listrik PT.PLN (Persero) Distribusi Bali	
Nama Pembimbing/Promotor	Prof. Ir. Ontoseno P., Ph.D, Ir. I Made Amir	Prof.Ir I.A.D. Giriantari,M.Eng. Sc.Ph.D. Nyoman Satya Kumara,ST. M.Sc.Ph.D	

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber *)	Jml (Juta Rp.)
1	2016	Operation of LED Light as Emergency Lighting Resource DC with Charger Control Based Arduino Uno ATmega	DIPA PNPB Universitas Udayana	25
2	2017	Pemanfaatan PLTS sebagai Sumber Daya Baterai Charger Control Berbasis Arduino Uno Atmega untuk Sistem Komunikasi di Daerah Terpencil	DIPA PNPB Universitas Udayana	25.
3	2018	KAJIAN PENGOPERASIAN TRAFODAYA 3 ϕ HUBUNGAN OPEN DELTA DAN HUBUNGAN DELTA UNTUK MENGETAHUI EFESIENSINYA	DIPA PNPB Universitas Udayana	25.

--	--	--	--	--

D. Pengalaman Pengabdian kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber *)	Jml (Juta Rp.)
1	2016	GAMBAR RENCANA PENATAAN PURA SEKAR ANGSANA DI DESA PAKRAMAN TEMUKUS, DESA BESAKIH, KECAMATAN RENDANG, KABUPATEN KARANGASEM	-	-
2	2017	Pengenalan dan Sosialisasi Penerapan Instalasi Kelistrikan SWER Untuk Penerangan Jalan di Banjar Sambian Undagi Desa Timpag, Kecamatan Kerambitan, Tabanan	DIPA PNPB Universitas Udayana	10.
3	2017	Sosialisai kesehatan lingkungan dengan pengadaan jamban sehat di desa manikyang kecamatan selemadeg kabupaten tabanan	DIPA PNPB Universitas Udayana	10.

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Volume/Nomor	Nama Jurnal
1	Operation of LED Light as Emergency Lighting Resource DC with Charger Control Based Arduino Uno ATmega	1/2	Journal of Electrical, Electronics and Informatics
2	Pemanfaatan PLTS sebagai Sumber Daya Baterai Charger Control Berbasis Arduino Uno Atmega untuk Sistem Komunikasi di Daerah Terpencil	Seminar Nasional dan Teknologi IV 2017	Prosiding

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral pada Pertemuan/ Seminar Ilmiah dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Nama Pertemuan ilmiah/ Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1.			
Dst.			

G. Pengalaman Penulisan Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1.	KUALITAS DAYA LISTRIK DAN BEBERAPA SOLUSINYA	2017	168	Udayana University Press

Dst.				
------	--	--	--	--

H. Pengalaman Perolehan HKI dalam 5 – 10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Thema HKI	Tahun	Jenis	No.P/ID
1.				
Dst.				

I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
1.				
Dst.				

J. Penghargaan yang Pernah Diraih dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1.			
Dst.			

C. Pengalaman Pengabdian kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber *)	Jml (Juta Rp.)
1.	2013	Perbaikan Sistem Kelistrikan Pada Pura Silayukti Karangasem	Hibah Teknik Elektro Unud	7,5

D. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Volume/Nomor	Nama Jurnal
1.	Analisa Kepuasan Pelanggan Listrik PT.PLN (Persero) Distribusi Bali		Majalah Ilmiah Teknik Elektro, Universitas Udayana
dst			

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Volume/Nomor	Nama Jurnal
Dst.			

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral pada Pertemuan/ Seminar Ilmiah dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Nama Pertemuan ilmiah/ Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1.			
Dst.			

G. Pengalaman Penulisan Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1.				
Dst.				

H. Pengalaman Perolehan HKI dalam 5 – 10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Thema HKI	Tahun	Jenis	No.P/ID
1.				
Dst.				

I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
1.				
Dst.				

J. Penghargaan yang Pernah Diraih dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan penelitian

Badung, 5 -7-2019
Ketua Peneliti



(Ir. Anak Agung Gede Maharta Pemayun, MT)
NIP. 19651231 199303 1 016

ANGGOTA TIM 1

A. Identitas Diri

1.	Nama Lengkap (denganglebar)	Ir. INengah Suweden, MT.	L/P
2.	Jabatan Fungsional	Lektor	
3.	Jabatan Struktural	III d/ Penata Tingkat I	
4.	NIP/NIK/No. Identitas lainnya	196308151990031003	
5.	NIDN	0015086310	
6.	Tempat dan Tanggal Lahir	Tabanan, 15 Agustus 1963	
7.	Alamat Rumah	Jl. Raya Sesetan Gg Kelapa I/3D Sesetan-Denpasar Bali	
8.	Nomor Telepon/Faks/HP	081558803160	
9.	Alamat Kantor	Fakultas Teknik Unud Kampus Bukit Jimbaran	
10.	Nomor Telepon/Faks	0361703321, 0361701806	
11.	Alamat e-mail	Suweden.nengah@gmail.com	
12.	Lulus yang telah dihasilkan	S-1 = ... orang; S-2 = ... Orang; S-3 = Orang...	
13.	Mata Kuliah yang diampu	1. Kendali Sistem Tenaga Listrik	
		2. Sistem Pembangkit Thermal	
		3. Statistik Teknik	
		3. Perencanaan Sistem Tenaga Listrik	

B. Riwayat Pendidikan

Program	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Brawijaya	Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)	
Bidang Ilmu	Teknik Elektro	Teknik Sistem Tenaga/Teknik Elektro	
Tahun Masuk	1984	2004	
Tahun Lulus	1989	2007	
Judul Skripsi/Thesis/Disertasi	Studi Perencanaan Sistem Pentanahan Gardu Induk 150 kV Gilimanuk Bali dengan metode Grafis	Analisis Kontrol Current Source Inverter (CSI) StatCom Menggunakan Fuzzy Logic	
Nama Pembimbing/Promotor	Ir. Choiri Ir. Harry Soekotjo D	Dr. Ir. Imam Robandi, MT	

C. Pengalaman Peneliti dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*)	Jml (Juta Rp.)
1	2018	Karakteristik Kincir Air Sudu Melengkung Pada Variasi Sudut Air Masuk Dan Sudut Kelengkungan Sudu	Unud	
2	2017	Studi Analisis Governor Sebagai Load Frekuensi Kontrol Pada PLTG menggunakan Fuzzy Logic Controller	Unud	

D. Pengalaman Pengabdian kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*)	Jml (Juta Rp.)
1	2018	Pengabdian Masyarakat Di Pura Dalem Pengembak Sanur		
2	2018	Pengabdian Masyarakat di Pura Kentel Gumi Kabupaten Klungkung Bali		

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Volume/Nomor	Nama Jurnal
1	Investigasi Desain Snifter Valves Pada Pompa Hydram		Majalah Ilmiah Teknik Universitas Udayana
Dst.			

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral pada Pertemuan/Seminar Ilmiah dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Nama Pertemuan Ilmiah/ Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1.			
Dst.			

G. Pengalaman Penulisan Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1.				
Dst.				

H. Pengalaman Perolehan HKI dalam 5–10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Thema HKI	Tahun	Jenis	No.P/ID
1.				
Dst.				

I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 5 Tahun Terakhir

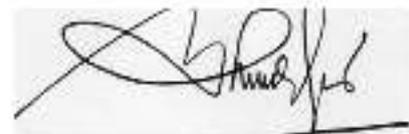
No.	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
1.				
Dst.				

J. Penghargaan yang Pernah Diraih dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1.			
Dst.			

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan penelitian: Hibah Unggulan Program Studi

Badung, 5 -7-2019
Pengusul



(Ir. I Nengah Suweden, MT.)
NIP: 19630815 1990 03 003

SURAT PERNYATAAN TANGGUNG JAWAB BELANJA

Yang bertanda tangan dibawah ini :

1. Nama : Ir. Anak Agung Gede Maharta Pelayun, MT.
2. Alamat : Kampus Universitas Udayanan di Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali.

Berdasarkan Surat Perjanjian/Kontrak Nomor :2491/UN14.2.5.II/LT/2019 mendapatkan Anggaran Penelitian "PENGARUH PENGOPERASIAN FILTER AKTIF DENGAN *FUZYLOGIC CONTROLLER* TERHADAP PENURUNAN ARUS HARMONIC DAN RUGI-RUGI DAYA PADA SISTEM TENAGA LISTRIK " sebesar RP. 25.000.000.

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Biaya kegiatan penelitian dibawah ini meliputi :

No	Penerima	Uraian	Tanggal	Jumlah (Rp)	Pajak yang dipungut BP/BPP	
					PPN(Rp)	PPH (Rp)
1	UD Srikandi	Cetak 10 proposal, @ Rp. 40.000	20-3-2019	400.000		16.000
2	CV Dian Perdana	Pembelian 2 unit Voltmeter Digital, @Rp.300.000	10-5-2019	1.200.000	109.090,9	-
		Pembelian 2 unit Ampermeter Digital, @ Rp.300.000				
3	CV Dian Perdana	Pembelian 2 unit HT, @ Rp. 1.150.000		4.500.000	409.090,9	61.363,6
		Pembelian 2 unit Tang Amper, @ Rp.1.100.000				
4	CV Dian Perdana	Pembelian 1 unit tangga, @ Rp. 750.000		1.650.000	150.000	-
		Pembelian 1 set Toolset, @ Rp. 300.000				
		Pembelian 2 unit meteran, @ Rp. 125.000				
		Pembelian 1 set solder listrik, @ Rp. 350.000				
5	CV Dian Perdana	Pembelian 2 rol kabel NYM, @ Rp. 1.250.000		2.500.000	227.272,7	34.090,9
2	UD Srikandi	Pembelian 1 lusin boxy, @ Rp. 90.000	30-4-2019	530.000		21.200
		Pembelian 8 rim HVS A4 70 gr, @ Rp.45.000				
		Pembelian 1 lusin spidol, @ Rp. 80.000				
3	Swalayan Cintamani	Pembelian 8 kotak (Nasi @ Rp.25.000+ snack @Rp.15.000 (Persiapan awal)	1,2,3-5-2019	960.000		28.800
		Pembelian 6 kotak (Nasi @ Rp.25.000+ snack @Rp.15.000 (rapat koordinasi)				
		Pembelian 6 kotak (Nasi @ Rp.25.000+ snack @Rp.15.000 (Mempersiapkan alat)				

4	Artha Nadi Transport	Sewa mobil untuk persiapan, @Rp. 300.000	1,2,3-5-2019	900.000	36.000	
		Sewa mobil untuk koordinasi, @Rp. 300.000				
		Sewa mobil untuk persiapan alat, @Rp. 300.000				
5	Swalayan Cintamani	Pembelian 8 kotak (Nasi @ Rp.25.000+ snack @Rp.15.000 (persiapan pengukuran)	4,5,-5-2019	960.000		38.400
		Pembelian 7 kotak (Nasi @ Rp.25.000+ snack @Rp.15.000 (pengukuran pagi)				
		Pembelian 6 kotak (Nasi @ Rp.25.000+ snack @Rp.15.000 (pengukuran sore)				
6	Artha Nadi Transport	Sewa mobil untuk persiapan pengukuran, @Rp. 300.000	4,5,6-5-2019	900.000	36.000	
		Sewa mobil untuk pembuatan model, @Rp. 300.000				
		Sewa mobil untuk membuat simulasi, @Rp. 300.000				
7	Artha Nadi Transport	Sewa mobil untuk analisis hasil, @Rp. 300.000	15,16-5-2019	900.000	36.000	
		Sewa mobil untuk analisis hasil, @Rp. 300.000				
		Sewa mobil untuk persiapan pembuatan laporan hasil analisis, @Rp. 300.000				
	Swalayan Cintamani	Pembelian 8 kotak (Nasi @ Rp.25.000+ snack @Rp.15.000 (untuk koordinasi hasil analisis)	20-9-2019	320.000		12.800
8	BNI 46	Daftar Senastek @ Rp. 1.000.000	26-7-2019	1.000.000		40.000
9	UD Srikandi	Cetak Laporan Kemajuan 12 buah, @Rp.45.000	4-8-2019	540.000		21.600
11	UD Srikandi	Cetak Poster , @ Rp.120.000	15-10-2019	720.000		28.800
		Cetak Lap. Akhir 12 buah, @ Rp. 50.000				
12	Kwitansi	Honor 6 orang Mahasiswa, @ Rp.1.120.000	16-10-2019	6.720.000		201.600
13	Artha Nadi Transport	Sewa mobil 1 hari untuk menghadiri Senastek 2019, @Rp. 300.000	14-11-2019	300.000	12.000	
	TOTAL PENGGUNAAN DANA,			25.000.000	1.015.454,5	504.654,5

2. Jumlah uang tersebut pada angka 1, benar-benar dikeluarkan untuk pelaksanaan kegiatan penelitian/pengabdian* yang dimaksud.
3. Bersedia menyimpan dengan baik seluruh bukti pengeluaran belanja yang telah dilaksanakan.
4. Bersedia untuk dilakukan pemeriksaan terhadap bukti-bukti pengeluaran oleh aparat pengawas fungsional pemerintah.
5. Apabila dikemudian hari, pernyataan yang saya buat ini mengakibatkan kerugian maka saya bersedia dituntut penggantian kerugian negara dimaksud sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Denpasar, 30-10-2019
Ketua Pelaksana



(Ir. Anak Agung Gede Maharta Pemayun, MT.)
NIP. 19651231 199303 1 016

LAMPIRAN 5

SURAT PERNYATAAN KETUA PENELITIAN



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS UDAYANA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
Kampus Bukit Jimbaran. Telp. (Fax) (0361) 703367: 704622.
E-Mail: info-lppm@unud.ac.id [Http://lppm.unud.ac.id](http://lppm.unud.ac.id)

SURAT PERNYATAAN KETUA PENGUSUL

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Ir. AA.GD. Maharta Pemayun,MT.
NIP/NIDN : 196512311993031016 / 0031126516
Pangkat / Golomngan : Pembina Tk. I/III d
Jabatan Fungsional : Lektor
Program Studi/Fakultas : Elektro/Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa proposal saya dengan judul: "PENGARUH PENGOPERASIAN FILTER AKTIF DENGAN *FUZYLOGIC CONTROLLER* TERHADAP PENURUNAN ARUS HARMONIC DAN RUGI-RUGI DAYA PADA SISTEM TENAGA LISTRIK", yang diusulkan dalam skema Penelitian Unggulan Program Studi, untuk tahun anggaran 2019 dibuat secara bersama-sama oleh tim pengusul dan **bersifat original dan belum pernah dibiayai oleh lembaga/sumber dana lain.**

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya penugasan yang sudah diterima ke BLU.

Demikian Surat Pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.



Mengetahui
Ketua LPPM

(Prof. Dr. Ir. I Gede Rai Maya Temaja, MP)
NIP 19621009 198803 1 002

Badung, 4 - 02 - 2019
Yang menyatakan



(Ir. AA.GD. Maharta Pemayun,MT.)
NIP 196512311993031016