



**YAYASAN BRATA BHAKTI DAERAH JAWA TIMUR
UNIVERSITAS BHAYANGKARA SURABAYA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN PADA MASYARAKAT
(LPPM)**

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

SURAT KETERANGAN

Nomor: Sket/50/I/2023/LPPM/UBHARA

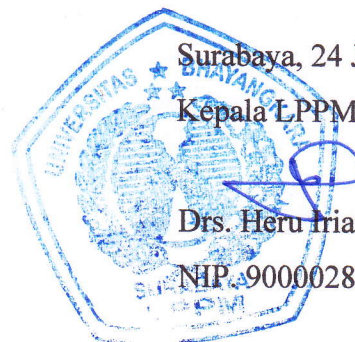
Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Bhayangkara Surabaya menerangkan bahwa:

Nama : Dr. Amirullah, ST, MT.
NIP : 197705202005011001
NIDN : 0020057701
Unit Kerja : Universitas Bhayangkara Surabaya

Benar telah melaksanakan kegiatan:

1. Penelitian Hibah Bersaing (Penelitian Kompetitif Nasional) berjudul Pengembangan Model Pembangkit Photovoltaic (PV) Terhubung Grid Terhadap Kualitas Daya Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Menggunakan Kendali Kecerdasan Buatan Fuzzy Maximum Power Point Tracking (MPPT) (Tahun Pertama) dengan nilai hibah sebesar Rp. 50.000.000 (Lima Puluh Juta Rupiah) dari Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRPM)-Kementrian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Tahun Pendanaan 2016.
2. Terlampir dalam surat keterangan berkas pendukung antara-lain: surat pengumuman, lampiran pengumuman, dokumen kontrak, laporan penggunaan dana 100%, dan laporan akhir 100% penelitian..

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



Surabaya, 24 Januari 2023

Kepala LPPM

Drs. Heru Prianto, M.Si.

NIP. 9000028

Lampiran 1

Surat Pengumuman



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
DIREKTORAT JENDERAL PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN
Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat
Lt.4 Gedung D Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta 10270
Telepon: (021) 57946042 Fax: (021) 57946085
Laman: www.dikti.go.id

Nomor : 0581 /E3/2016
Lampiran: 1 (satu) berkas
Hal : Penerima Penugasan Penelitian
di Perguruan Tinggi Tahun 2016

24 Februari 2016

Yth. 1. Rektor/Direktur/Ketua Perguruan Tinggi Negeri dan Swasta
2. Koordinator Kopertis Wilayah I s/d XIV

Diberitahukan dengan hormat bahwa Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) telah melakukan seleksi proposal Penelitian untuk pendanaan tahun 2016. Bersama ini kami sampaikan daftar nama penerima penugasan penelitian tahun 2016 sebagaimana terlampir.

Kami informasikan bahwa penerima penugasan penelitian tahun 2016 adalah pengusul yang proposalnya dinyatakan lolos seleksi, dan yang bersangkutan juga telah mengisi serta mengunggah dalam SIMLITABMAS dokumen-dokumen pelaporan, hasil pelaksanaan kegiatan penelitian tahun 2015 meliputi,

1. Laporan Penggunaan Anggaran;
2. Laporan Akhir; dan
3. Berkas Seminar Hasil (Artikel Ilmiah, Borang Capaian Kegiatan, Poster, dan Profil) bagi yang sudah selesai di tahun 2015.

Berkenaan dengan hal tersebut, DRPM mengucapkan selamat kepada penerima penugasan penelitian tahun 2016. DRPM mengucapkan terima kasih kepada pengusul yang telah berpartisipasi dan apabila nama pengusul tidak tercantum, maka dapat mengusulkan kembali proposal penelitian untuk pendanaan tahun 2017.

Selanjutnya, kami mohon bantuan Saudara untuk menyampaikan informasi di atas kepada masing-masing penerima Penelitian tahun 2016.

Hal-hal lain yang terkait dengan mekanisme penyaluran dana dan pelaksanaan Penelitian akan diinformasikan kemudian melalui laman: <http://simlitabmas.dikti.go.id>

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami ucapkan terima kasih.

Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat,

TTD

Ocky Karna Radjasa
NIP 19651029 199003 1001

Tembusan yth.:
1. Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan;
2. Ketua LP/LPPM/LPM Perguruan Tinggi;
3. Sekretaris Pelaksanaan Kopertis Wilayah I s/d XIV.

Lampiran 2

Lampiran Pengumuman

DAFTAR PEMENANG PENELITIAN TAHUN 2016 (BATCH 2)

Kode PT	Nama PT	NIDN	Nama Ketua	Judul	Skim	Status
101001	Universitas Bung Hatta	1003026501	HARYANI	MODEL PENGEMBANGAN WISATA KAMPUNG NELAYAN DENGAN PARTISIPASI MASYARAKAT SEBAGAI DESTINASI WISATA BARU	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		1004077903	RENI YULIVIONA	Model Pengembangan Pariwisata Berkelanjutan di Ranah Minang Sumatera Barat	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		1006066502	ELMI SUNDARI	Perancangan Ekstraktor Inulin Untuk Membangkitkan Potensi Tanaman Dahlia Di Sumatera Barat	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		1012097403	RENI DESMIARTI	Penghilangan Bakteri Salmonella dan Phenol dalam Air dengan Sistem Plasma Radio Frekuensi	Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi	Baru
		1015096901	BUKHARI	PENGLOLAAN PENANGKAPAN IKAN BILIH UNTUK MENINGKATKAN PENDAPATAN NELAYAN DI DANAU SINGKARAK	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		1030107501	TOMI ERIAWAN	Peningkatan Kualitas Ruang Kota Melalui Penilaian Indeks Pemanfaatan Ruang Publik (Studi Kasus Kota Padang)	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		1031057001	HIDAYAT	Pengembangan Sistem Kontrol Cerdas (Smart Control) pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Dalam Rangka Meningkatkan Efektifitas dan Efisiensi Potensi Air	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		0002085903	MULYANEF	Pengembangan Alat Destilasi Surya Hemat Energi Untuk Mengolah Air Laut Menjadi Garam dan Air Bersih	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		0003076301	KAIDIR	PENGEMBANGAN MESIN PENGKONDISIAN UDARA HIBRIDA SURYA HEMAT ENERGI UNTUK PENDINGIN UDARA DAN PEMANAS AIR	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
101002	Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat	0027126901	BURMAWI	Pengembangan Biokomposit HAP-Borosilikat sebagai Material Implant dengan Kombinasi Teknik Pressure Sintering dan Centrifugation	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		1008087203	WEDY NASRUL	Model Penguatan Pasar Tradisional Gambir (Uncaria gambir Roxb) Melalui Peran Kelembagaan Lokal	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		0030076701	RAHMAWATI	ROADMAP PENGEMBANGAN PERTANIAN ORGANIK DI KABUPATEN AGAM, PROVINSI SUMATERA BARAT (KASUS STUDI: PERTANIAN PADI SAWAH ORGANIK)	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
101003	Universitas Ekasakti	0012106103	DEWIRMAN PRIMA PUTRA	Keanekaragaman bentuk Stup yang Efektif untuk Perbanyak Koloni dan Kajian Biologi Sarang Trigona minangkabau di Sumatera Barat	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		0023016301	YULFI DESI	Upaya Pengendalian Penyakit Layu Stewart (Pantoea stewartii) Pada Tanaman Jagung Menggunakan Rizobakteria	Penelitian Hibah Bersaing	Baru

Kode PT	Nama PT	NIDN	Nama Ketua	Judul	Skim	Status
		0730114101	RIKA SUBARNIATI	Pengendalian Diet Karbohidrat Terhadap Sekresi Faktor Anabolik Kondrosit Melalui Peningkatan Fungsi Aktifitas Perlekan Untuk Menurunkan Kerusakan Kartilago Artikularis Pasca Trauma	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
071010	Universitas Bhayangkara Surabaya	0015055902	MOHAMMAD BALAFIF	PENGEMBANGAN MODEL PEMBERDAYAAN PENGRAJIN SONGKOK MELALUI PENDEKATAN RELATIONAL BENEFIT BERBASIS KONSEP PEMASARAN BERWAWASAN SOSIAL	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		0020057701	AMIRULLAH	Pengembangan Model Pembangkit Photovoltaic (PV) Terhubung Grid Terhadap Kualitas Daya Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Menggunakan Kendali Kecerdasan Buatan Fuzzy Maximum Power Point Tracking (MPPT)	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		0025057001	BAMBANG PURWAHYUDI	Maximum Power Point Tracking (MPPT) Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Kecerdasan Buatan untuk Kemandirian Energi Sektor Rumah Tangga	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		0714056102	HERU IRIANTO	RANCANGAN MODEL SINERGISITAS IMPLEMENTASI KEBIJAKAN USAHA PENINGKATAN PENDAPATAN KELUARGA SEJAHTERA (UPPKS) UNTUK MENINGKATKAN JUMLAH ASEPTOR KB DI ERA DI ERA OTONOMI DAERAH	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		0717026401	DEWI AMARTANI	Rancangan Model Pengembangan Wisata Lumpur “Lapindo” Sidoarjo Untuk Meningkatkan Potensi Ekowisata Berbasis Komunitas (community-based ecotourism)	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		0719115701	NOVA RETNOWATI	PENGEMBANGAN MODEL KAMPANYE SOSIAL BERBASIS NILAI BUDAYA LOKAL UNTUK MEMASYARAKATKAN PANGAN LOKAL DI SURABAYA	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		0727076701	TRI PRASETIJOWATI	MEMBANGUN MODEL PENGEMBANGAN USAHA MELALUI REFUNGSIONALISASI ASET PADA KOMUNITAS PEMULUNG DI KOTA SURABAYA	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		0729096503	SUTOPO	MODEL PEMBERDAYAAN NELAYAN MELALUI PENGELOLAAN SUMBERDAYA PERIKANAN BERKELANJUTAN BERBASIS KEARIFAN LOKAL DI PESIR LAMONGAN	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		0730037402	HASTI AFIANI	Rancang Bangun Koordinasi Antara AC dan DC Microgrid Berbasis Bidirectional Converter	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
071011	Universitas Wijaya Putra	0709066602	SRI JUNI WORO ASTUTI	Pengembangan Strategi Inovasi dalam rangka peningkatan daya saing daerah dan pengentasan kemiskinan (studi pada Pemerintah Daerah Mojokerto dan Bojonegoro)	Penelitian Hibah Bersaing	Baru
		0719117101	SLAMET RIYADI	PENGEMBANGAN PROTOTIPE MESIN PEMBUAT PELET IKAN BERBAHAN DASAR SEKAM PADI UNTUK PENINGKATAN USAHA PETANI LELE	Penelitian Hibah Bersaing	Baru

Lampiran 3

Dokumen Kontrak



**YAYASAN BRATA BHAKTI DAERAH JAWA TIMUR
UNIVERSITAS BHAYANGKARA SURABAYA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN PADA MASYARAKAT
(LPPM)**

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

**SURAT PERJANJIAN PENUGASAN
DALAM RANGKA PELAKSANAAN PROGRAM PENELITIAN
TAHUN ANGGARAN 2016
Nomor : 77 / LPPM / IV / UB / 2016**

Pada hari ini Senin tanggal Dua Puluh Tiga bulan Mei tahun Dua Ribu Enam Belas, kami yang bertandatangan dibawah ini :

1. Drs.Ec. Nurul Qomari. M.Si : **Ketua LPPM Universitas Bhayangkara Surabaya**, bertindak atas nama Kepala LPPM yang selanjutnya dalam Surat Perjanjian ini disebut sebagai **PIHAK PERTAMA**;
2. Amirullah ST.MT : Dosen Universitas Bahayangkara Surabaya, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2016 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

Perjanjian penugasan ini berdasarkan pada Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian bagi dosen perguruan tinggi Swasta Kopertis Wilayah VII Surabaya Tahun Anggaran 2016, Nomor : 008/SP2H/P/K7/KM/2016, tanggal 25 April 2016

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian Hibah Bersaing Tahun 2016 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagaimana diatur dalam pasal-pasal sebagai berikut:

Pasal 1

1. **PIHAK PERTAMA** memberi tugas kepada **PIHAK KEDUA**, dan **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut untuk melaksanakan Penugasan Penelitian Hibah Bersaing baru tahun 2016 dengan judul “ *Pengembangan Model Pembangkit Photovoltaic (PV) Terhubung Grid Terhadap Kualitas Daya Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Menggunakan Kendali Kecerdasan Buatan Fuzzy Maximum Power Point Tracking (MPPT)* “.
2. **PIHAK KEDUA** bertanggung jawab penuh atas pelaksanaan Administrasi dan keuangan atas pekerjaan sebagai mana dimaksud pada ayat 1 dan berkewajiban menyerahkan semua bukti-bukti pengeluaran serta dokumen pelaksanaan lainnya dalam bendel laporan yang tersusun secara sistematis kepada **PIHAK PERTAMA**.

3. Pelaksanaan Penugasan Penelitian Hibah Bersaing Baru tahun 2016 sebagaimana dimaksud judul penelitian di atas didanai dari DIPA Kopertis Wilayah VII Surabaya Nomor DIPA 008/SP2H/P/K7/KM/2016 tanggal 25 April 2016

Pasal 2

1. **PIHAK PERTAMA** menyerahkan dana penelitian sebagaimana dimaksud dalam pasal 1 sebesar **Rp. 50.000.000,- (Lima Puluh Juta Rupiah)** yang berasal dari DIPA Kopertis Wilayah VII Surabaya Nomor DIPA : 008/SP2H/P/K7/KM/2016 tanggal 25 April 2016
2. Dana Penugasan Pelaksanaan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:
- a. Pembayaran Tahap Pertama sebesar 70% dari total bantuan dana kegiatan yaitu **70% X Rp. 50.000.000,- = Rp. 35.000.000,- (Tiga Puluh Lima Juta Rupiah)**.
 - b. Pembayaran Tahap Kedua sebesar 30% dari total dana yaitu **30% X Rp. 50.000.000,- = Rp. 15.000.000,- (Lima Belas Juta Rupiah)**, dibayarkan setelah **PIHAK KEDUA** menyerahkan *hardcopy* Laporan Kemajuan Pelaksanaan Penugasan Penelitian Hibang Bersaing Baru Tahun Anggaran 2016 dan Laporan Penggunaan Anggaran 70% yang telah dilaksanakan kepada **PIHAK PERTAMA** dan mengunggah *soft copy*nya ke SIMLITABMAS paling lambat tanggal 30 Juni 2016.
 - c. **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab mutlak dalam pembelanjaan dana tersebut pada ayat (1) sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui dan berkewajiban untuk menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** semua bukti-bukti pengeluaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA**.
 - d. **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengembalikan sisa dana yang tidak dibelanjakan ke kepada **PIHAK PERTAMA** untuk disetor ke Kas Negara.

Pasal 3

Dana Penugasan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat 1 dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** melalui rekening yang diajukan dan atas nama **PIHAK KEDUA**.

Pasal 4

1. **PIHAK KEDUA** berkewajiban menindaklanjuti dan mengupayakan hasil Program Hibah Penelitian berupa hak kekayaan intelektual dan atau publikasi ilmiah sesuai dengan luaran yang dijanjikan pada Proposal.
2. Perolehan hasil sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi.
3. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan perolehan hasil sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA** selambat-lambatnya pada tanggal 10 Oktober 2016.

Pasal 5

1. **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah laporan kemajuan pelaksanaan kegiatan ke SIM-LITABMAS paling lambat tanggal 30 Juni 2016 sesuai ketentuan pada Buku Panduan Program Hibah Penelitian Tahun 2016.
2. **PIHAK PERTAMA** melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Program Hibah Penelitian tahun 2016 sebelum pelaksanaan monitoring dan evaluasi eksternal oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.

Pasal 6

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Program Hibah Penelitian dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi

Pasal 7

1. **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Akhir pelaksanaan Penugasan Program Hibah Penelitian Tahun 2016 sesuai ketentuan pada Buku Panduan Program Hibah Penelitian Tahun 2016 dan mengisi Rekapitulasi Laporan Penggunaan Anggaran 100% pada SIM-LITABMAS paling lambat tanggal 10 Nopember 2016.
2. Hard copy Laporan Akhir dan Rekapitulasi Laporan Penggunaan Anggaran sebagaimana dimaksud ayat (1) diserahkan kepada **PIHAK PERTAMA** paling lambat tanggal 10 Nopember 2016.

Pasal 8

1. Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 tidak dapat melaksanakan Program Hibah Penelitian Tahun 2016, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**.
2. Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 maka **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
3. Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 9

1. Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Hibah Penelitian telah berakhir, **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya dan atau terlambat mengirim laporan Kemajuan dan atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi denda sebesar 1 % (satu permil) setiap hari keterlambatan sampai dengan setinggi-tingginya 5% (lima persen), terhitung dari tanggal

jatuh tempo sebagaimana tersebut pada pasal 1 ayat (1), 2 dan ayat (3), yang terdapat dalam Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Program Hibah Penelitian Universitas Bhayangkara Surabaya Tahun Anggaran 2016 ;

2. Denda sebagaimana dimaksud pada ayat (3) disetorkan ke Kas Negara dan foto copy bukti setor denda yang telah divalidasi oleh KPPN setempat diserahkan kepada **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 10

1. Apabila dikemudian hari judul Penelitian Hibah Bersaing sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Hibah Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran/itikad kurang baik yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah, maka kegiatan Program Hibah Penelitian tersebut dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana Penelitian Hibah Bersaing Tahun 2016 yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
2. Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh kepada **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 11

Hal-hal dan atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggungjawab **PIHAK KEDUA** dan harus dibayarkan ke kantor pelayanan pajak setempat sebagai berikut:

1. Pembelian barang dan jasa dikenai PPN sebesar 10% dan PPh 22 sebesar 1,5%;
2. Belanja honorarium dikenai PPh Pasal 21 dengan ketentuan:
 - a. 5% bagi yang memiliki NPWP untuk golongan III, serta 6% bagi yang tidak memiliki NPWP.
 - b. Untuk golongan IV sebesar 15%; dan
3. Pajak-pajak lain sesuai ketentuan yang berlaku.

Pasal 12

1. Hak atas kekayaan intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan Program Hibah Penelitian diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.
2. Hasil Program Hibah Penelitian berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari kegiatan ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada institusi/lembaga/masyarakat melalui Surat Keterangan Hibah.

Pasal 13

1. Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.
2. Hal-hal yang belum diatur dalam perjanjian ini diatur kemudian oleh kedua belah pihak.

Pasal 14

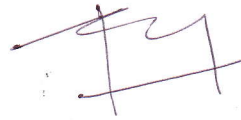
Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Hibah Penelitian ini dibuat rangkap 2 (dua) dan bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

PIHAK PERTAMA



D.S.E.C. Nurul Qomari. M.Si
NIP. 8900014

PIHAK KEDUA



Amirullah ST.MT
NIDN : 20057701

Lampiran 4

Laporan Penggunaan

Dana 100%

Rekapitulasi Penggunaan Dana Penelitian

Judul : Pengembangan Model Pembangkit Photovoltaic (PV)
Terhubung Grid Terhadap Kualitas Daya Jaringan Distribusi
Tegangan Rendah Menggunakan Kendali Kecerdasan Buatan
Fuzzy Maximum Power Point Tracking (MPPT)
Skema Hibah : Penelitian Hibah Bersaing
Peneliti / Pelaksana : AMIRULLAH ST, MT
Nama Ketua : Universitas Bhayangkara Surabaya
Perguruan Tinggi : 0020057701
NIDN : AGUS KISWANTONO ST., MT.
Nama Anggota (1) : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun
Tahun Pelaksanaan : Rp 50.000.000,00
Dana Tahun Berjalan : 2016-08-10
Dana Mulai Diterima Tanggal

Rincian Penggunaan

1. HONOR OUTPUT KEGIATAN				
Item Honor	Volume	Satuan	Honor/Jam (Rp)	Total (Rp)
1. Honor ketua peneliti PHB 2016 (20%)	1.00	orang	10.000.000	10.000.000
2. Honor anggota peneliti PHB 2016 (10%)	1.00	orang	5.000.000	5.000.000
3. PPh 5% Ketua Peneliti Hibah Bersaing 2016 (I)	1.00	orang	500.000	500.000
4. PPh 5% Anggota Peneliti Hibah Bersaing 2016 (I)	1.00	orang	250.000	250.000
Sub Total (Rp)				15.750.000,00
2. BELANJA BAHAN				
Item Bahan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1. Beli paket pulsa internet bulanan	5.00	bulan	200.000	1.000.000
2. Beli buku pendukung	1.00	paket	800.000	800.000
3. Beli software Matlab versi 2009a	1.00	paket	1.200.000	1.200.000
Sub Total (Rp)				3.000.000,00
3. BELANJA BARANG NON OPERASIONAL LAINNYA				
Item Barang	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)

1. Uang saku ketua peneliti PHB 2016	2.00	hari	200.000	400.000
2. Uang saku anggota peneliti PHB 2016	2.00	hari	200.000	400.000
3. Uang saku ketua peneliti PHB 2016	3.00	hari	200.000	600.000
4. Uang saku anggota pelaksana PHB 2016	3.00	hari	200.000	600.000
5. Uang saku ketua peneliti PHB 2016	3.00	hari	200.000	600.000
6. Uang saku anggota peneliti PHB 2016	3.00	hari	200.000	600.000
7. Uang saku ketua peneliti PHB 2016	3.00	hari	200.000	600.000
8. Uang saku anggota peneliti PHB 2016	3.00	hari	200.000	600.000
9. Uang makan ketua peneliti PHB 2016	3.00	hari	100.000	300.000
10. Uang makan anggota peneliti PHB 2016	3.00	hari	100.000	300.000
11. Biaya Makalah Jurnal Internasional IJECE	1.00	publikasi	5.019.245	5.019.245
12. Uang saku penyusunan jurnal untuk ketua peneliti	2.00	hari	300.000	600.000
13. Uang saku penyusunan jurnal untuk anggota peneliti	2.00	hari	300.000	600.000
14. Uang saku penyusunan bahan monev ketua	3.00	hari	300.000	900.000
15. Uang saku penyusunan bahan monev anggota	3.00	hari	300.000	900.000
16. Uang saku monev ketua	1.00	hari	300.000	300.000
17. Uang saku monev anggota	1.00	hari	300.000	300.000
18. Uang saku ketua peneliti	4.00	hari	300.000	1.200.000
19. Uang saku anggota peneliti	4.00	hari	300.000	1.200.000
20. Uang saku penyusunan laporan akhir ketua	4.00	hari	300.000	1.200.000
21. Uang saku penyusunan laporan akhir anggota	4.00	hari	300.000	1.200.000
Sub Total (Rp)				18.419.245,00
4. BELANJA PERJALANAN LAINNYA				
Item Perjalanan	Volume	Satuan	Biaya Satuan (Rp)	Total (Rp)

1. Uang transportasi ketua peneliti PHB 2016	2.00	hari	200.000	400.000
2. Uang transportasi ketua peneliti PHB 2016	3.00	hari	200.000	600.000
3. Uang transportasi anggota peneliti PHB 2016	3.00	hari	200.000	600.000
4. Uang transportasi anggota peneliti PHB 2016	2.00	hari	200.000	400.000
5. Uang transportasi ketua peneliti PHB 2016	3.00	hari	200.000	600.000
6. Uang transportasi anggota peneliti PHB 2016	3.00	hari	200.000	600.000
7. Uang transportasi ketua peneliti PHB 2016	3.00	hari	200.000	600.000
8. Uang transportasi anggota peneliti PHB 2016	3.00	hari	200.000	600.000
9. Transportasi penyusunan jurnal ketua peneliti	2.00	hari	300.000	600.000
10. Transportasi penyusunan jurnal anggota peneliti	2.00	hari	300.000	600.000
11. Transportasi penyusunan bahan monev ketua	3.00	hari	300.000	900.000
12. Transportasi penyusunan bahan monev anggota	3.00	hari	300.000	900.000
13. Transportasi monev anggota	1.00	hari	300.000	300.000
14. Transportasi monev ketua	1.00	hari	330.755	330.755
15. Transportasi penyusunan laporan akhir ketua	4.00	hari	300.000	1.200.000
16. Transportasi penyusunan laporan akhir anggota	4.00	hari	300.000	1.200.000
17. Transportasi ketua peneliti	4.00	hari	300.000	1.200.000
18. Transportasi anggota peneliti	4.00	hari	300.000	1.200.000
Sub Total (Rp)				12.830.755,00
Total Pengeluaran Dalam Satu Tahun (Rp)				50.000.000,00

Mengetahui,

Surabaya, 1 - 12 - 2016



Kepala LPPM

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

Ketua,

(AMIRULLAH ST, MT)
NIP/NIK 197705202005011001

Lampiran 5

Laporan Akhir 100%

Kode>Nama Rumpun Ilmu: 451/Teknik Elektro

LAPORAN AKHIR PENELITIAN HIBAH BERSAING



**PENGEMBANGAN MODEL PEMBANGKIT PHOTOVOLTAIC (PV)
TERHUBUNG GRID TERHADAP KUALITAS DAYA JARINGAN DISTRIBUSI
TEGANGAN RENDAH MENGGUNAKAN KENDALI KECERDASAN BUATAN
FUZZY-MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT)**

Tahun Kesatu dari Rencana Dua Tahun

Oleh:

Tim Pelaksana:

AMIRULLAH, ST, MT.

(NIDN: 0020057701)

AGUS KISWANTONO, ST, MT.

(NIDN: 0715087101)

**UNIVERSITAS BHAYANGKARA
SURABAYA
NOPEMBER 2016**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengembangan Model Pembangkit Photovoltaic (PV)
Terhubung Grid Terhadap Kualitas Daya Jaringan
Distribusi Tegangan Rendah Menggunakan Kendali
Kecerdasan Buatan Fuzzy Maximum Power Point
Tracking (MPPT)

Peneliti/Pelaksana

Nama Lengkap : AMIRULLAH ST, MT
Perguruan Tinggi : Universitas Bhayangkara Surabaya
NIDN : 0020057701
Jabatan Fungsional : Lektor
Program Studi : Teknik Elektro
Nomor HP : 081949649423
Alamat surel (e-mail) : am9520012003@yahoo.com

Anggota (1)

Nama Lengkap : AGUS KISWANTONO ST., MT.
NIDN : 0715087101
Perguruan Tinggi : Universitas Bhayangkara Surabaya
Institusi Mitra (jika ada) : -
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 50.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp 125.000.000,00

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



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

Surabaya, 30 - 11 - 2016

Ketua,



(AMIRULLAH ST, MT)
NIP/NIK 197705202005011001

Menyetujui,
Kepala LPPM



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

RINGKASAN

Tujuan penelitian adalah mengembangkan model pembangkit *photovoltaic* (PV) terhubung grid terhadap kualitas daya pada jaringan distribusi tegangan rendah menggunakan kendali kecerdasan buatan Fuzzy Maximum Power Point Tracking (MPPT) dan konverter algoritma *pulse width modulation* (PWM). Penelitian diharapkan mampu mengurangi rugi-rugi akibat fluktuasi tegangan dan arus, faktor daya rendah, dan harmonisa tegangan dan arus pada bus *point common coupling* (PCC) saluran distribusi tegangan rendah. Metode kecerdasan buatan menggunakan algoritma *fuzzy logic* untuk menghasilkan nilai *duty cycle* (D) dengan variabel step untuk mengendalikan rangkaian *boost converter* pada konverter DC/DC dan selanjutnya menghasilkan konvergensi perhitungan secara cepat untuk menentukan nilai MPPT sebagai kendali pembangkit PV.

Metode penelitian adalah (1) membuat model matematis dan desain model rangkaian pembangkit PV, (2) desain model kendali tegangan daya, dan level radiasi (*irradiance*) pada sistem pembangkit PV kendali MPPT Fuzzy, (3) desain teknik penyearah pembangkit PV menggunakan algoritma PWM, (4) aplikasi metode kendali MPPT Fuzzy dan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada kondisi tingkat suhu tetap serta radiasi dan integrasi pembangkit PV berbeda, (5) Melakukan uji simulasi menggunakan Matlab/Simulink, (6) validasi hasil simulasi dengan Metode MPPT P and O, (7) menentukan pengaruh dampak implementasi model pembangkit PV terhubung ke grid berbasis metode Fuzzy MPPT dengan kendali PWM terhadap Metode MPPT P and O pada tingkat suhu tetap serta radiasi dan integrasi pembangkit PV berbeda, mengacu pada parameter perubahan nilai tegangan dan arus pada setiap fasa, tegangan dan arus tidak seimbang, harmonisa (THD) tegangan dan arus, serta perbaikan faktor daya masukan pada bus PCC yang memenuhi Standar ANSI/IEEE 241-1990, IEEE 519-1992, PLN.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Metode MPPT P and O dan MPPT Fuzzy pada level radiasi dan integrasi pembangkit PV berbeda menghasilkan nilai tegangan tidak seimbang relatif stabil. Pada kondisi sama penggunaan Metode MPPT Fuzzy menghasilkan nilai arus tidak seimbang lebih besar dibandingkan Metode MPPT P and O. Pada tingkat radiasi matahari tetap, semakin banyak jumlah pembangkit PV terhubung ke grid tiga fasa, maka nilai THD tegangan dan arus semakin besar. Pada level radiasi matahari semakin meningkat, maka nilai THD rata-rata tegangan dan arus grid juga semakin meningkat. Nilai THD rata-rata tegangan dan arus grid nilainya berkurang setelah menggunakan Metode MPPT Fuzzy. Dengan demikian penggunaan metode logika fuzzy untuk kendali MPPT mampu memperbaiki profil THD tegangan dan arus grid akibat integrasi sejumlah pembangkit PV pada grid tiga fasa sesuai Standar IEEE 519-1992. Metode MPPT Fuzzy mampu memperbaiki nilai faktor daya masukan lebih baik dibandingkan Metode MPPT P and O.

Kata-Kunci: Photovoltaic, MPPT P and O, MPPT Fuzzy, PWM, Harmonisa, THD

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah, SWT., karena penulis telah berhasil menyusun Laporan Akhir Penelitian Hibah Bersaing Tahun Pertama (2016) berjudul “Pengembangan Model Pembangkit *Photovoltaic* (PV) Terhubung Grid terhadap Kualitas Daya pada Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Menggunakan Kendali Kecerdasan Buatan Fuzzy Maximum Power Point Tracking (MPPT)”. Kegiatan penelitian berlangsung pada bulan April s/d Nopember 2016.

Kegiatan IbM dibiayai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat, sesuai dengan Surat Nomor 0581 /E3/2016 tanggal 24 Februari 2016 dari Direktur Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi tentang Penerima Penugasan Penelitian di Perguruan Tinggi Tahun 2016 (Tahap 2). Laporan kemajuan terdiri 7 (tujuh) bab yang terdiri dari Bab 1 Pendahuluan, Bab 2 Tinjauan Pustaka, Bab 3 Tujuan dan Manfaat Penelitian, Bab 4 Metode Penelitian, Bab 5 Hasil dan Luaran yang Dicapai, Bab 6 Rencana Tahapan Berikutnya, dan Bab 7 Kesimpulan dan Saran.

Atas selesainya laporan kemajuan penulis mengucapkan terima-kasih sebesar-besarnya kepada sejumlah pihak antara-lain Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kemenristek dan Dikti, Drs. Edy Prawoto, SH, M.Hum sebagai Rektor UBHARA Surabaya, Drs. Ec. Nurul Qomari, M.Si., sebagai Kepala LPPM UBHARA Surabaya, Dr. Dra. Ita Kusuma, M.Si, Kabag Penelitian LPPM UBHARA Surabaya, Anggota Peneliti Agus Kiswantono, ST, MT, serta Kepala Laboratorium Teknik Elektro Program Studi Teknik Elektro UBHARA Surabaya Dr. Ir. Prihastono, MT., yang telah mendukung dan memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini.

Surabaya, 30 Nopember 2016
Ketua Peneliti,



(Amirullah, ST, MT.)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	1
HALAMAN PENGESAHAN.....	2
RINGKASAN	3
PRAKATA	4
DAFTAR ISI	5
DAFTAR TABEL	7
DAFTAR GAMBAR	8
 Bab 1. Pendahuluan.....	 9
1.1. Latar Belakang Masalah.....	9
1.2. Perumusan Masalah.....	14
1.3. Tujuan Khusus.....	15
1.4. Urgensi (Keutamaan) Penelitian	16
1.5. Luaran yang Diharapkan	17
Bab 2. Tinjauan Pustaka.....	18
2.1. Sistem Tenaga Berbasis Sistem Pembangkit Photovoltaic	18
2.1.1. Sistem Photovoltaic.....	19
2.1.2. Model Sistem Konversi Energi PV Surya.....	21
2.2. Microgrid.....	23
2.3. <i>Distributed Generation</i> Menggunakan Konverter	24
2.4. Maximum Power Point Menggunakan Algoritma <i>Perturb and Observe</i> (P and O).....	26
2.5. Maximum Power Point Tracking menggunakan Kendali Fuzzy Logic.....	27
2.6. Kualitas Daya	29
2.6.1. Harmonisa	30
2.6.2. Ketidakseimbangan (Unbalance) Tegangan dan Arus	32
2.6.3. Perbaikan Faktor Daya	32
Bab 3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	33
3.1. Tujuan Penelitian.....	33
3.2. Manfaat Penelitian.....	33
Bab 4. Metode Penelitian	35
4.1. Road Map dan Bagan Alir Penelitian.....	35
4.2. Metode Penelitian Tahun I	38
4.3. Lokasi Penelitian	42
Bab 5. Hasil dan Luaran yang Dicapai.....	43
5.1. Model Sistem yang Diusulkan	43
5.2. Kendali MPPT Algoritma P and O dan MPPT Fuzzy	46
5.3. Hasil dan Pembahasan.....	50
5.3. Luaran yang Dicapai Penelitian Tahun Pertama (2016)	56
Bab 6. Rencana Tahapan Berikutnya	59
6.1. Rencana Penelitian Tahun Kedua (Tahun 2017)	59
6.2. Lokasi Penelitian	62
6.3. Metode Penelitian Tahun Kedua (Tahun 2017)	62

Bab 7. Kesimpulan dan Saran	65
7.1. Kesimpulan.....	65
7.2. Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	69
Lampiran 1. Biodata Ketua dan Anggota Peneliti.....	69
Lampiran 1.1. Biodata Ketua Peneliti	69
Lampiran 1.2. Biodata Anggota Peneliti.....	77

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Contoh fuzzy rules	29
Tabel 2.2. Standar batas distorsi tegangan menurut Standar IEEE 519-1992	31
Tabel 2.3. Batas distorsi harmonisa arus sistem berdasarkan Standar IEEE 519-1992	31
Tabel 4.1. Rincian metode penelitian tahun pertama	37
Tabel 5.1. Parameter Simulasi.....	46
Tabel 5.2. Rules pada kendali logika fuzzy	49
Tabel 5.3. Tegangan tidak seimbang dan THD tegangan grid tiga model integrasi PV	50
Tabel 5.4. Arus tidak seimbang, THD arus grid, dan faktor daya tiga model integrasi PV.....	52
Tabel 6.1. Rincian Metode Penelitian Kedua.....	61

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Sistem tenaga listrik berbasis sistem pembangkit PV	18
Gambar 2.2. Profil intensitas radiasi dan ketinggian matahari terhadap waktu	20
Gambar 2.3. Kurva karakteristik panel PV	20
Gambar 2.4. Rangkaian ekivalen listrik PV surya modul/panel	22
Gambar 2.5. Simulasi dan pengukuran kurva karakteristik P-V	23
Gambar 2.6. Konverter shunt terintegrasi dengan pembangkit photovoltaic (PV).....	25
Gambar 2.7. Konverter satu phasa terhubung dengan pembangkit photovoltaic (PV).....	26
Gambar 2.8. Algoritma Perturb and Observe (P and O)	27
Gambar 2.9. Blok diagram metode kendali logika fuzzy	28
Gambar 2.10. Fungsi keanggotaan segitiga	28
Gambar 2.11. Gelombang Terdistorsi Akibat Harmonisa.....	30
Gambar 4.1. Road map penelitian.....	35
Gambar 4.2. Bagan alir penelitian.....	36
Gambar 4.3. Rancangan penelitian Tahun I.....	39
Gambar 5.1. Model sistem pembangkit PV tunggal terhubung grid tiga phasa.....	45
Gambar 5.2. Usulan tiga model sistem pembangkit PV terhubung grid tiga phasa.....	45
Gambar 5.3. Model Matlab/Simulink untuk kendali MPPT algoritma P and O.....	47
Gambar 5.4. Matlab/Simulink untuk MPPT kendali logika Fuzzy.....	47
Gambar 5.5. Variabel input kendali logika fuzzy perubahan tegangan (delta voltage)	48
Gambar 5.6. Variabel input kendali logika fuzzy perubahan daya (delta power)	48
Gambar 5.7. Variabel output kendali logika fuzzy perubahan <i>duty cycle</i> (delta DC)	48
Gambar 5.8. Hasil simulasi tegangan grid pada dua model integrasi PV	51
Gambar 5.9. Spektrum harmonisa tegangan grid phasa A pada dua model integrasi PV.....	51
Gambar 5.10. Grafik harmonisa tegangan grid pada tiga model integrasi PV.....	52
Gambar 5.11. Hasil simulasi arus grid pada dua model penetrasi PV	53
Gambar 5.12. Spektrum harmonisa arus grid phasa A pada dua model penetrasi PV	54
Gambar 5.13. Grafik harmonisa arus grid pada tiga model penetrasi PV.....	54
Gambar 5.14. Publikasi hasil PHB Tahun Pertama (2016) di Jurnal IJECE	57
Gambar 5.15. Jurnal Internasional IJECE dengan H-Indeks 2	57
Gambar 5.16. Jurnal Internasional IJECE Terindeks di Scopus Q3	57
Gambar 6.1. Bagan Penelitian Tahun Kedua (2016)	60
Gambar 6.2. Rancangan Penelitian Tahun Kedua (2016).....	63

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Selama beberapa tahun terakhir, permintaan terhadap sumber energi terbarukan telah meningkat secara signifikan karena adanya kenyataan bahwa sumber energi berbasis bahan bakar fosil akan segera habis dalam waktu dekat dan dampak bahaya lingkungan akibat penggunaan bahan bakar fosil. Dari berbagai jenis sumber energi terbarukan, energi surya menjadi salah satu sumber daya yang paling menjanjikan dan menarik untuk dikembangkan. Dewasa ini pemanfaatan energi matahari berbasis photovoltaic (PV) digunakan secara luas dalam banyak aplikasi karena memiliki keuntungan ditinjau dari aspek pemeliharaan dan bebas polusi. Belakangan ini, penggunaan panel PV telah berkembang secara konsisten karena faktor berikut; efisiensi PV meningkat, teknologi manufaktur meningkat dan biaya pembuatan panel PV menurun. Dalam perkembangan lebih lanjut, sejumlah besar modul PV terhubung grid sudah terpasang dan memasok listrik ke jaringan distribusi sejumlah negara.

Indonesia merupakan daerah tropis yang mempunyai potensi energi surya sangat besar dengan intensitas radiasi matahari rata-rata 4,5 - 4,8 kWh/m²/hari. Sehingga energi surya menjadi salah satu bentuk energi terbarukan yang potensial untuk dikembangkan. Mengingat kondisi geografis Indonesia yang terdiri atas pulau-pulau kecil dan banyak yang terpencil, diperkirakan sekitar 6.200 desa tidak akan mungkin atau sulit dialiri listrik dengan cara perluasan jaringan PLN. Pembangunan listrik pedesaan merupakan penugasan pemerintah atau *public service obligation (PSO)* untuk memberikan listrik kepada masyarakat pedesaan. Kebijakan Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) dan PLN dalam pembangunan listrik desa adalah memenuhi rasio elektrifikasi 80% dan desa dialiri listrik 98,9% pada tahun 2014. Pembangunan tersebut sesuai dengan RPJM Kementerian ESDM 2010 s/d 2014, yaitu melistriki desa baru maupun lama yang sebagian besar dari dusun tersebut belum dialiri listrik, daerah terpencil dan daerah perbatasan, serta dimungkinkan untuk pengadaan sistem pembangkit *hybrid* PV dan *hybrid* bayu yang sistemnya terintegrasi pada grid PLN (Ari Rahayuningtyas, et. al, 2014).

Daya keluaran dari PV array terutama dipengaruhi oleh radiasi (jumlah radiasi matahari) dan suhu. Selain pada radiasi dan suhu tertentu, daya keluaran susunan PV adalah fungsi tegangan terminal dan hanya ada satu nilai tegangan terminal PV dimana panel PV

digunakan secara efisien. Prosedur pencarian nilai tegangan disebut *maximum power point tracking* (MPPT). Beberapa algoritma telah dikembangkan untuk mencapai Teknik MPPT, antara-lain; Algoritma *Perturb and Observe* (P dan O), *Incremental Conductance*, *Open Circuit Voltage*, *Short Circuit Current*, *Neural Network*, dan *Logika Fuzzy*. Susunan PV menghasilkan daya DC sehingga konverter elektronika daya menjadi sangat penting. Sebenarnya konverter elektronika daya dibutuhkan oleh konverter untuk membangkitkan daya DC ke AC dan mencapai nilai MPPT. MPPT dapat dicapai bisa dalam satu atau dua tahap. Pada satu tahap, susunan PV terhubung ke grid melalui konverter AC/DC dan konverter digunakan untuk mendapatkan dua nilai sekaligus yaitu MPPT dan konversi tegangan DC yang dibangkitkan. Sedangkan pada dua tahap, susunan PV terhubung ke grid melalui konverter AC/DC dan konverter DC/DC. Pada kondisi ini, MPPT adalah diperoleh melalui konverter DC/DC dengan mengendalikan tegangan masukan PV. Sedangkan inverter berfungsi mengubah tegangan PV dari DC ke AC dan untuk menjaga tegangan keluaran konverter DC/DC supaya tetap konstan. Penelitian terbaru tentang pengembangan MPPT pada PV adalah menggunakan algoritma kendali kecerdasan buatan misalnya *neural network* dan *fuzzy logic* (Almoataz Y. Abdelaziz, et. al, 2013). Keuntungan menggunakan kedua metode tersebut adalah meningkatkan batas kestabilan dan efisiensi. Kendali neural network membutuhkan waktu untuk proses pembelajaran (*training*), sehingga menghasilkan respon kendali yang lebih lambat. Metode kendali *fuzzy logic* lebih populer dibandingkan terhadap *neural network* karena lebih akurat, performansi tinggi, dan menghasilkan efisiensi maksimum. Banyak penelitian pada bidang berkaitan dengan kesalahan operasi panel PV khususnya pada radiasi matahari rendah dan derajat temperatur tinggi (Mahmoud L Ali, et. al, 2014).

Penggunaan multilevel inverter berbasis shunt active power filter (SAPF) untuk meningkatkan kualitas daya akibat sistem pembangkit PV terhubung ke grid sudah dilaksanakan (S. Karunambigai, et.al., 2015). Metode yang diusulkan secara efisien dapat dipakai untuk kompensasi daya reaktif dan mengurangi THD arus sumber menjadi 0,57 %. Sistem ini juga mampu menyalurkan daya aktif dengan faktor daya mendekati satu menuju grid. Kelemahan penelitian adalah tidak membahas perbaikan harmonisa tegangan dan pembangkit terhubung ke grid masih berjumlah satu. Penelitian tentang analisis dampak pembangkit PV terhubung ke grid mempertimbangkan aspek kualitas daya harmonisa arus pada jaringan distribusi sudah dilakukan (Zhou Chang, et.al, 2013). Hasil penelitian menunjukkan bahwa injeksi harmonisa arus dihasilkan oleh pelanggan sisi grid terhubung ke

pembangkitan PV masih memenuhi persyaratan standar. Kelemahan penelitian adalah tidak membahas dampak integrasi PV terhadap harmonisa tegangan, fluktuasi tegangan, flicker tegangan, dsb, karena parameter ini juga menjadi aspek penting pada indeks kualitas daya.

Penelitian mengenai penggunaan logika fuzzy sebagai strategi MPPT untuk mengendalikan tegangan keluaran PV untuk mencapai kendali siklus tertutup yang secara halus dan cepat untuk mencapai nilai maksimum power point (MPP) dari array PV sudah dilakukan (Prince Jose, et.al, 2014). Sistem PV baik yang bersifat mandiri (stand-alone) dan terhubung grid sudah dimodelkan dan disimulasikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa skema kendali P-Q mampu memberikan kendali tertutup secara cepat dan sistem PV mampu membangkitkan tegangan sinusoida dengan THD sangat kecil sebesar 2,08%. Kelemahan penelitian adalah tidak membahas perbaikan THD arus akibat integrasi pembangkit PV ke grid dan jumlah pembangkit PV yang digunakan hanya tunggal.

Penelitian analisis kualitas daya akibat integrasi multi pembangkit PV terhubung grid tiga fasa pada tingkat radiasi matahari berbeda sudah dilaksanakan (Amirullah, et.al, 2016). Penelitian menunjukkan bahwa nilai tegangan dan arus grid pada bus PCC sebelum menggunakan filter pasif *double tuned* pada kondisi hanya terhubung satu pembangkit masih stabil. Namun jika pembangkit PV yang terhubung pada grid tiga fasa, berjumlah lebih dari satu pembangkit, maka tegangan dan arus grid nilainya menjadi tidak stabil (bervariasi). Pada tingkat radiasi matahari tetap, semakin banyak jumlah pembangkit PV terhubung ke grid tiga fasa, maka nilai THD tegangan dan arus semakin besar. Pada level radiasi matahari semakin meningkat, maka nilai THD rata-rata tegangan dan arus grid juga semakin meningkat. Nilai THD rata-rata tegangan dan arus grid nilainya berkurang setelah dipasang filter pasif *double tuned*. Kelemahan penelitian adalah kendali MPPT pada pembangkit PV masih menggunakan algoritma P and O dan belum menggunakan kendali cerdas misalnya kendali logika fuzzy.

Peningkatan kualitas pada grid tiga fasa terhubung pembangkit PV menggunakan kendali fuzzy pada kondisi atmosfer dan radiasi matahari berubah sudah dilakukan (G. Banu Sree, et.al, 2015). Untuk menjaga sistem tetap stabil kendali logika fuzzy digunakan untuk menjaga supaya sistem tetap mempunyai faktor daya satu pada semua kondisi. Hasil kendali logika fuzzy mampu meningkatkan kestabilan sistem secara keseluruhan pada grid tiga fasa terhubung sistem PV pada beberapa variasi parameter. Penggunaan metode kendali logika fuzzy mampu mengurangi nilai THD arus dibandingkan kendali PI dan robust. Nilai harmonisa arus menggunakan kendali PI, robust, dan logika fuzzy berturut-turut berkurang

dari 4,05%, 2,08%, hingga 1,05% untuk mencapai daya maksimum. Kelemahan penelitian adalah pembangkit PV terhubung ke grid masih berjumlah satu.

Penelitian mengusulkan pengembangan model pembangkit *photovoltaic* (PV) terhubung grid terhadap kualitas daya pada jaringan distribusi tegangan rendah menggunakan metode kendali berbasis kecerdasan buatan dan konverter berbasis algoritma *pulse width modulation* (PWM). Model sistem pembangkit PV berbentuk tunggal dengan tegangan keluaran tiga fasa dan terhubung grid tiga fasa. Rangkaian DC/DC converter terdiri dari rangkaian boost converter yang berfungsi menaikkan tegangan keluaran DC dari pembangkit PV. Tegangan keluaran DC dari rangkaian *boost converter* selanjutnya diubah oleh DC/AC inverter tiga fasa menjadi tegangan AC menuju grid tiga fasa. Model pembangkit PV tunggal tersebut selanjutnya dipakai sebagai referensi untuk menyusun model banyak (multi) pembangkit PV terhubung pada grid melalui sebuah transformator distribusi tiga fasa. Penelitian menggunakan tiga model kelompok pembangkit PV dengan daya aktif masing-masing 100 kW. Selain terhubung pada grid tiga fasa, pembangkit PV juga terhubung pada tiga kelompok beban tiga fasa dengan daya aktif masing-masing 20 kW.

Analisis penelitian meliputi pengaruh radiasi matahari dan integrasi sejumlah pembangkit PV terhadap kualitas daya pada suhu dan beban tetap. Pengembangan model pembangkit PV terhubung grid terhadap kualitas jaringan distribusi tegangan rendah menggunakan kecerdasan buatan diharapkan mampu mengurangi rugi-rugi akibat gangguan tegangan, faktor daya rendah, maupun harmonisa tegangan dan arus di sisi bus *point common coupling* (PCC). Metode kecerdasan buatan menggunakan algoritma logika *fuzzy* untuk menghasilkan nilai *duty cycle* (D) dengan variabel step untuk mengendalikan rangkaian *boost converter* pada konverter DC/DC dan selanjutnya menghasilkan konvergensi perhitungan secara cepat untuk menentukan nilai MPPT sebagai kendali pembangkit PV. Konverter DC/DC menghasilkan tegangan DC yang menjadi masukan ke konverter DC/AC dengan algoritma PWM. Penelitian difokuskan pada dampak integrasi PV terhubung grid terhadap kualitas daya menggunakan metode kendali Fuzzy MPPT dan kendali konverter berbasis algoritma PWM. Hasil penelitian selanjutnya divalidasi dengan algoritma Perturb and Observe (P and O) berbasis MPPT.

Ada dua skenario pembangkit PV terhubung pada grid tiga phasa yaitu menggunakan metode MPPT algoritma P and O dan MPPT menggunakan kendali logika Fuzzy (MPPT Fuzzy). Masing-masing kendali MPPT mempunyai empat skenario sehingga total berjumlah delapan skenario level integrasi pembangkit PV meliputi:

1. Metode MPPT Perturb and Observer (P and O)

- a. Radiasi 400 W/m^2 pada kondisi 1, 2, dan 3 model pembangkit PV terhubung ke grid tiga phasa.
- b. Radiasi 600 W/m^2 pada kondisi 1, 2, dan 3 model pembangkit PV terhubung ke grid tiga phasa.
- c. Radiasi 800 W/m^2 pada kondisi 1, 2, dan 3 model pembangkit PV terhubung ke grid tiga phasa.
- d. Radiasi 1000 W/m^2 pada kondisi 1, 2, dan 3 model pembangkit PV terhubung ke grid tiga phasa.

2. Metode MPPT dengan Kendali Logika Fuzzy (MPPT Fuzzy)

- a. Radiasi 400 W/m^2 pada kondisi 1, 2, dan 3 model pembangkit PV terhubung ke grid tiga phasa.
- b. Radiasi 600 W/m^2 pada kondisi 1, 2, dan 3 model pembangkit PV terhubung ke grid tiga phasa.
- c. Radiasi 800 W/m^2 pada kondisi 1, 2, dan 3 model pembangkit PV terhubung ke grid tiga phasa.
- d. Radiasi 1000 W/m^2 pada kondisi 1, 2, dan 3 model pembangkit PV terhubung ke grid tiga phasa.

Tahap berikutnya adalah menentukan tegangan dan arus tidak seimbang, harmonisa (THD) tegangan dan arus, serta perbaikan faktor daya input atau *power factor correction (PFC)* pada bus PCC tegangan rendah grid tiga phasa. Terakhir adalah melakukan validasi hasil penelitian mengacu pada Standar ANSI/IEEE 241-1990 (tegangan dan arus tidak seimbang), Standar IEEE 519-1992 (harmonisa tegangan dan arus grid), dan Standar PLN (faktor daya masukan). Simulasi dan analisis hasil penelitian menggunakan bantuan perangkat lunak Matlab/Simulink.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan dalam penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat model matematis, rangkaian pembangkit PV, kendali tegangan, daya, dan level radiasi pada sistem pembangkit PV menggunakan Kendali Fuzzy MPPT, serta model penyearah pembangkit PV menggunakan algoritma PWM, konverter DC/DC, konverter DC/AC, kualitas daya (PQ), *total harmonic distortion* (THD) tegangan, THD arus, dan sumber energi terbarukan.
2. Bagaimana mendesain metode kendali Fuzzy MPPT dan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada kondisi tingkat radiasi berbeda dan integrasi berbeda pada saluran distribusi tegangan rendah menggunakan Matlab/Simulink divalidasi dengan Metode Algoritma P dan O berbasis MPPT?
3. Berapa nilai perubahan tegangan dan arus phasa, tegangan dan arus tidak seimbang, THD tegangan dan arus, serta nilai perbaikan faktor daya masukan atau *power factor corection* (PFC) bus PCC tegangan rendah model pembangkit PV terhubung ke grid menggunakan Metode MPPT P and O kendali penyearah berbasis algoritma PWM pada kondisi tingkat:
 - a. Radiasi berbeda (radiasi matahari 400 W/m^2 , 600 W/m^2 , 800 W/m^2 , 1000 W/m^2).
 - b. Integrasi pembangkit PV berbeda (PV1, PV1+PV2, dan PV1, PV2+PV3).
4. Berapa tegangan dan arus pada setiap phasa, tegangan dan arus tidak seimbang, harmonisa (THD) tegangan dan arus, serta perbaikan faktor daya input atau *power factor correction* (PFC) pada bus PCC tegangan rendah grid tiga phasa menggunakan metode kecerdasan buatan MPPT-Fuzzy dengan kendali penyearah berbasis algoritma PWM pada kondisi tingkat:
 - a. Radiasi berbeda (radiasi matahari 400 W/m^2 , 600 W/m^2 , 800 W/m^2 , 1000 W/m^2).
 - b. Integrasi pembangkit PV berbeda (PV1, PV1+PV2, dan PV1, PV2+PV3).
5. Bagaimana pengaruh integrasi parameter nilai perubahan tegangan dan arus pada setiap phasa, tegangan dan arus tidak seimbang, harmonisa (THD) tegangan dan arus, serta perbaikan faktor daya masukan pada bus PCC tegangan rendah grid tiga phasa menggunakan metode kecerdasan buatan MPPT Fuzzy dengan kendali PWM dibandingkan Metode P and O sesuai Standar ANSI/IEEE 241-1990, IEEE 519-1992, PLN?

6. Bagaimana pengaruh dampak implementasi model pembangkit PV terhubung ke grid berbasis metode Fuzzy MPPT dengan kendali PWM terhadap Metode MPPT P and O pada tingkat radiasi dan integrasi pembangkit PV berbeda, mengacu pada parameter perubahan nilai tegangan dan arus pada setiap phasa, tegangan dan arus tidak seimbang, harmonisa (THD) tegangan dan arus, serta perbaikan faktor daya masukan pada bus PCC yang memenuhi Standar ANSI/IEEE 241-1990, IEEE 519-1992, PLN?

1.3. Tujuan Khusus

Penelitian bertujuan mengembangkan model pembangkit photovoltaic (PV) terhubung grid terhadap kualitas daya pada jaringan distribusi tegangan rendah menggunakan metode kendali berbasis kecerdasan buatan dan konverter dengan algoritma PWM. Pengembangan model pembangkit PV terhubung grid terhadap kualitas jaringan distribusi tegangan rendah menggunakan kecerdasan buatan diharapkan mampu mengurangi rugi-rugi akibat gangguan tegangan, faktor daya rendah, maupun harmonisa tegangan dan arus di sisi sumber. Metode kecerdasan buatan menggunakan algoritma *fuzzy logic* untuk menghasilkan nilai *duty cycle* (D) dengan variabel step untuk mengendalikan rangkaian *boost converter* pada konverter DC/DC dan selanjutnya menghasilkan konvergensi perhitungan secara cepat untuk menentukan nilai MPPT sebagai kendali pembangkit PV. Konverter DC/DC menghasilkan tegangan DC yang akan menjadi masukan ke konverter DC/AC, dengan menggunakan algoritma PWM. Penelitian difokuskan pada dampak integrasi PV terhubung grid terhadap kualitas daya menggunakan Metode Fuzzy MPPT dan kendali konverter berbasis algoritma PWM divalidasi dengan Metode MPPT P and O. Observasi penelitian dilakukan pada pembangkit multi PV berjumlah tiga pembangkit PV kondisi level suhu lingkungan tetap serta radiasi matahari dan integrasi PV berbeda. Kajian penelitian dilakukan pada penentuan tegangan dan arus tidak seimbang, harmonisa (THD) tegangan dan arus, serta perbaikan faktor daya input atau *power factor correction (PFC)* pada bus PCC tegangan rendah grid tiga phasa. Hasil penelitian selanjutnya divalidasi mengacu pada Standar ANSI/IEEE 241-1990 (tegangan dan arus tidak seimbang), Standar IEEE 519-1992 (harmonisa tegangan dan arus grid), dan Standar PLN (faktor daya masukan). Simulasi dan analisis hasil penelitian menggunakan bantuan perangkat lunak Matlab/Simulink.

1.4. Urgensi (Keutamaan) Penelitian

1. Memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan sains (Ipteks) antara-lain:
 - a. Model matematis, rangkaian pembangkit PV, kendali tegangan, daya, dan level radiasi pada sistem pembangkit PV menggunakan Kendali Fuzzy MPPT, serta model penyearah pembangkit PV menggunakan algoritma PWM, konverter DC/DC, konverter DC/AC, kualitas daya (PQ), *total harmonic distortion* (THD) tegangan, THD arus, dan sumber energi terbarukan.
 - b. Model kendali Fuzzy MPPT dan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada kondisi tingkat radiasi berbeda dan integrasi berbeda pada saluran distribusi tegangan rendah menggunakan Matlab/Simulink divalidasi dengan Metode Algoritma P dan O berbasis MPPT.
 - c. Pengembangan model multi (banyak) pembangkit PV terhubung ke grid berbasis metode kecerdasan buatan Fuzzy MPPT pada tingkat suhu lingkungan tetap serta radiasi matahari dan integrasi PV berbeda. Parameternya adalah nilai perubahan tegangan dan arus fasa, tegangan dan arus tidak seimbang, THD tegangan dan arus, serta nilai perbaikan faktor daya masukan atau *power factor corection* (PFC) bus PCC tegangan rendah model pembangkit PV terhubung ke grid berbasis metode kecerdasan buatan Fuzzy MPPT dan kendali penyearah berbasis algoritma PWM. Hasil penelitian selanjutnya divalidasi mengacu pada Standar ANSI/IEEE 241-1990 (tegangan dan arus tidak seimbang), Standar IEEE 519-1992 (harmonisa tegangan dan arus grid), dan Standar PLN (faktor daya masukan).
2. Memberikan masukan kepada pemerintah (PLN) untuk mengembangkan dan mengimplementasikan model rangkaian sistem pembangkit PV terhubung grid pada jaringan distribusi tegangan rendah berbasis kecerdasan buatan Fuzzy MPPT menjadi rangkaian sebenarnya dengan kualitas daya (PQ) yang baik. Indikatornya adalah Standar ANSI/IEEE 241-1990 (tegangan dan arus tidak seimbang), Standar IEEE 519-1992 (harmonisa tegangan dan arus grid), dan Standar PLN (faktor daya masukan).
3. Pelanggan PLN perumahan (rumah-tangga) mempunyai dua jenis sumber tegangan yaitu sumber tegangan AC dan DC dengan kendali tegangan dan daya berbasis kecerdasan buatan Fuzzy MPPT dan konverter berbasis algoritma PMW. Selain dikonversi menjadi tegangan AC melalui inverter, tegangan keluaran DC yang dihasilkan oleh pembangkit

PV dapat disimpan dalam baterai berfungsi sebagai sumber tegangan DC bagi peralatan rumah-tangga (motor DC, telepon genggam, telepon pintar, printer, pengering rambut, dsb), sehingga peralatan tidak lagi memerlukan inverter AC ke DC di dalamnya sehingga harganya menjadi lebih murah.

1.5. Luaran yang Diharapkan

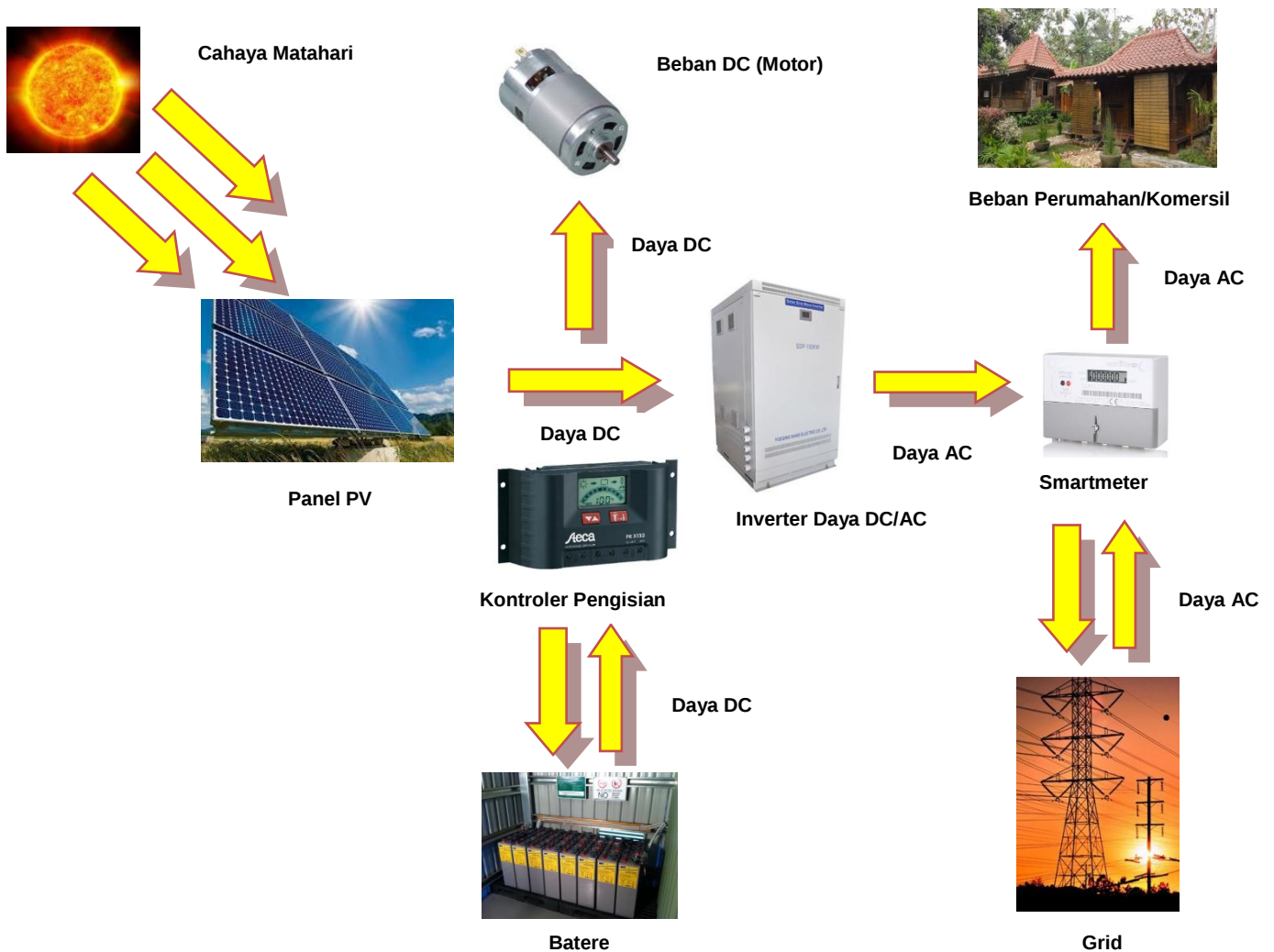
1. Model matematis, rangkaian pembangkit PV, kendali tegangan, daya, dan level radiasi pada sistem pembangkit PV menggunakan Kendali Fuzzy MPPT, serta model penyearah pembangkit PV menggunakan algoritma PWM, konverter DC/DC, konverter DC/AC, kualitas daya (PQ), *total harmonic distortion* (THD) tegangan, THD arus, dan sumber energi terbarukan.
2. Model kendali Fuzzy MPPT dan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada kondisi tingkat radiasi berbeda dan integrasi berbeda pada saluran distribusi tegangan rendah menggunakan Matlab/Simulink divalidasi dengan Metode Algoritma P dan O berbasis MPPT.
3. Pengembangan model multi (banyak) pembangkit PV terhubung ke grid berbasis metode kecerdasan buatan Fuzzy MPPT pada tingkat suhu lingkungan tetap serta radiasi matahari dan integrasi PV berbeda. Parameternya adalah nilai perubahan tegangan dan arus fasa, tegangan dan arus tidak seimbang, THD tegangan dan arus, serta nilai perbaikan faktor daya masukan atau *power factor corection* (PFC) bus PCC tegangan rendah model pembangkit PV terhubung ke grid berbasis metode kecerdasan buatan Fuzzy MPPT dan kendali penyearah berbasis PWM. Hasil penelitian selanjutnya divalidasi mengacu pada Standar ANSI/IEEE 241-1990 (tegangan dan arus tidak seimbang), Standar IEEE 519-1992 (harmonisa tegangan dan arus grid), dan Standar PLN (faktor daya masukan).
4. Publikasikan hasil penelitian pada Jurnal Internasional Terindeks Scopus.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Tenaga Berbasis Sistem Pembangkit Photovoltaic

Gambar 2.1 menunjukkan sistem tenaga berbasis sistem pembangkit photovoltaic (Carlos Osorio, Principal Application Engineer, MathWorks-Natick, MA, <https://www.youtube.com/watch?v=GnZFi9CzF9Q>, tanggal akses, 3/3/2015).



Gambar 2.1. Sistem tenaga listrik berbasis sistem pembangkit photovoltaic (PV)

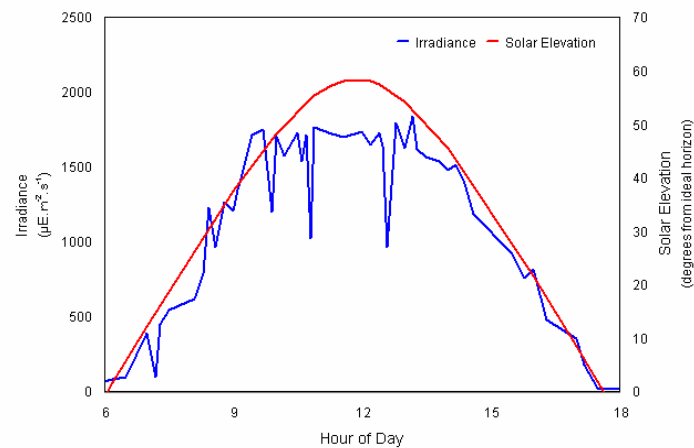
Sistem pembangkit *photovoltaic* (PV) atau panel surya adalah salah satu pembangkit listrik energi terbarukan yang terbuat dari silikon dan memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi utamanya. Ketika sinar matahari mencapai permukaan panel surya, maka photon dengan tingkat energi tertentu akan diserap sehingga membebaskan elektron dari

ikatan atomnya dan mengalirkan arus listrik searah (DC). Dari panel PV, arus DC mengalir ke baterai (aki) yang berfungsi sebagai media penyimpan energi listrik ketika tidak ada sinar matahari melalui kontroler pengisian. Kontroler berfungsi mengatur pengisian arus DC dari panel PV kepada baterai atau sebaliknya dan menuju beban DC secara langsung. Jika kapasitas baterai tersisa 20 s/d 30% maka regulator akan memutuskan beban. Regulator baterai juga berfungsi mengatur kelebihan pengisian baterai dan kelebihan tegangan dari panel surya. Alat ini juga bermanfaat untuk menghindari *full discharge*, *over loading*, dan memonitor suhu baterai, karena kelebihan tegangan dan pengisian dapat mengurangi umur baterai. Kontroler dilengkapi dengan diode pelindung supaya arus DC baterai tidak masuk kembali ke panel PV. Inverter daya selanjutnya akan mengubah arus DC menjadi AC dari panel surya menjadi arus AC untuk mensuplai daya listrik ke grid dan beban (perumahan atau komersial) yang menggunakan arus AC (Ari Rahayuningtyas, et al., 2014)

Pembangkit energi terbarukan seperti sistem PV, energi angin, atau sel bahan bakar (*fuel-cell*) merupakan bagian penting dari pembangkitan terdistribusi atau *distributed generation* (DG). Secara umum, DG didefinisikan sebagai pembangkit tenaga listrik dalam jaringan distribusi atau di sisi pelanggan pada jaringan yang terdistribusi secara fisik. Aliran listrik pada sistem pembangkitan terdistribusi adalah dua arah yaitu daya dapat mengalir dari grid ke beban dan ketika daya dihasilkan oleh DG jumlahnya cukup maka daya dapat kembali ke grid. Daya yang dihasilkan dari sistem PV dapat dihubungkan langsung melalui konverter DC/AC ke bus AC grid (Piyush Agarwal and Rajesh Gupta, 2014).

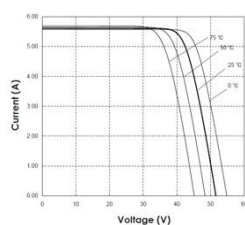
2.1.1. Sistem Photovoltaic

Sistem *photovoltaic* (PV) atau panel surya adalah salah satu pembangkit listrik energi terbarukan yang memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber utamanya dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik. Secara umum listrik tenaga surya sudah dapat diterima sebagai sumber energi alternatif. Persoalan yang ada sekarang adalah harganya yang masih mahal dibandingkan dengan listrik yang dibangkitkan dengan sumber energi lain, sehingga penggunaannya sekarang terbatas hanya dalam skala kecil seperti pada barang-barang elektronik dan juga digunakan sebagai pembangkit listrik pada daerah yang masih sulit dijangkau oleh jaringan listrik. Gambar 2.2 menunjukkan profil intensitas radiasi dan ketinggian matahari terhadap waktu (<http://www.reefkeeping.com/issues/2002-09/atj/feature/>, tanggal akses 3/3/2014).

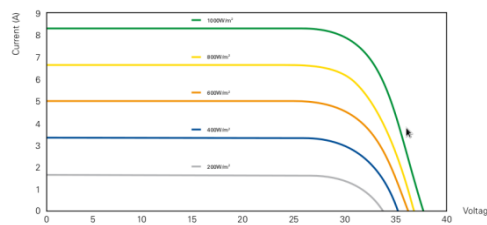


Gambar 2.2. Profil intensitas radiasi dan ketinggian matahari terhadap waktu

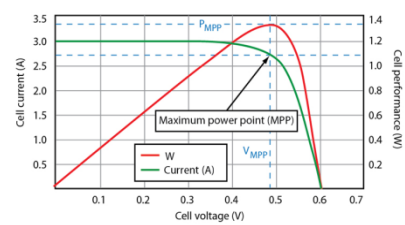
Prinsip kerja panel surya hampir sama dengan piranti semikonduktor diode. Ketika sinar matahari mencapai permukaan panel surya, maka photon dengan tingkat energi tertentu akan diserap sehingga membebaskan elektron dari ikatan atomnya dan mengalirkan arus listrik. Panel surya menghasilkan arus yang beragam tergantung pada tegangan panel surya. Karakteristik tegangan-arus menunjukkan hubungan tersebut. Ketika tegangan panel surya sama dengan nol, short circuit current (I_{SC}), yang sebanding dengan besarnya radiasi sinar matahari terhadap panel surya dapat diukur. Nilai I_{SC} naik dengan meningkatnya temperatur, meskipun temperatur standar yang tercatat untuk arus rangkaian pendek adalah 25°C . Jika arus panel surya sama dengan nol, panel surya tersebut digambarkan sebagai rangkaian terbuka. Tegangan pada rangkaian terbuka atau open circuit voltage (V_{OC}), bergantung terhadap besarnya radiasi sinar matahari. Ketergantungan ini bersifat logaritmis, dan penurunan yang lebih cepat disertai peningkatan temperatur melebihi kecepatan kenaikan I_{SC} . Daya maksimum panel surya dan efisiensi panel surya akan menurun dengan peningkatan temperatur. Pada kebanyakan panel surya, peningkatan temperatur dari 25°C mengakibatkan penurunan daya sekitar 10%. (Amirullah, Ontoseno Penangsang, Adi Soeprijanto, 2015).



(a) Kurva I-V panel PV untuk tingkat radiasi tetap dan suhu berubah-ubah



(b) Kurva I-V panel PV untuk tingkat radiasi berubah-ubah dan suhu tetap



(c) Kurva arus terhadap tegangan dan daya

Gambar 2.3. Kurva karakteristik panel PV

2.1.2. Model Sistem Konversi Energi PV Surya

Model sistem konversi energi PV surya yang diusulkan untuk aplikasi pada sistem DG terdiri dari susunan PV surya terhubung pada grid listrik. Struktur blok susunan PV adalah sel surya, yang pada prinsipnya adalah semikonduktor sambungan PN yang secara langsung mengkonversikan radiasi matahari menjadi arus dc menggunakan efek PV. Sel PV surya ideal dapat dimodelkan secara listrik dengan rangkaian yang mengandung cahaya yang dihasilkan oleh sumber, sebuah dioda anti-paralel mewakili impedansi nonlinier pada sambungan PN serta resistansi intrinsik seri dan paralel. Karena panel PV (atau modul) terutama terdiri dari sel-sel terhubung seri, dan susunan PV terdiri dari modul yang dihubungkan secara seri dan paralel, rangkaian sel tunggal secara teoritis dapat ditingkatkan untuk mewakili setiap kombinasi rangkaian NS-seri dan NP-paralel, seperti digambarkan pada Gambar 2. Model matematika disederhanakan yang memprediksi produksi daya pembangkit PV menjadi model aljabar sederhana, menjadi persamaan arus-tegangan didefinisikan dalam Persamaan 1 (Marcelo G. Molina, et. al, 2010).

$$I_A = N_P I_{Ph} - N_P I_{RS} \left\{ \exp \left[\frac{q}{AkT_C} \left(\frac{V_A}{N_S} + \frac{I_A R_S}{N_P} \right) \right] - 1 \right\} - \frac{N_P}{R_P} \left(\frac{V_A}{N_S} + \frac{I_A R_S}{N_P} \right) \quad (2.1.)$$

Keterangan:

- I_A : Arus output panel PV (A)
- V_A : Tegangan output panel PV (V)
- I_{Ph} : Arus photo sel surya (A)
- I_{RS} : Arus saturasi balik sel surya (Arus aka dark, A)
- A : Faktor sambungan P-N, 1 s/d 5 (tanpa satuan).
- k : Konstanta Boltzmann, $1,380658 \times 10^{-23}$ J/K
- T_C : Suhu operasi puncak sel surya (K)
- R_S : Resistansi intrinsik seri sel (Ω)
- R_P : Resistansi intrinsik seri dan paralel sel (Ω)

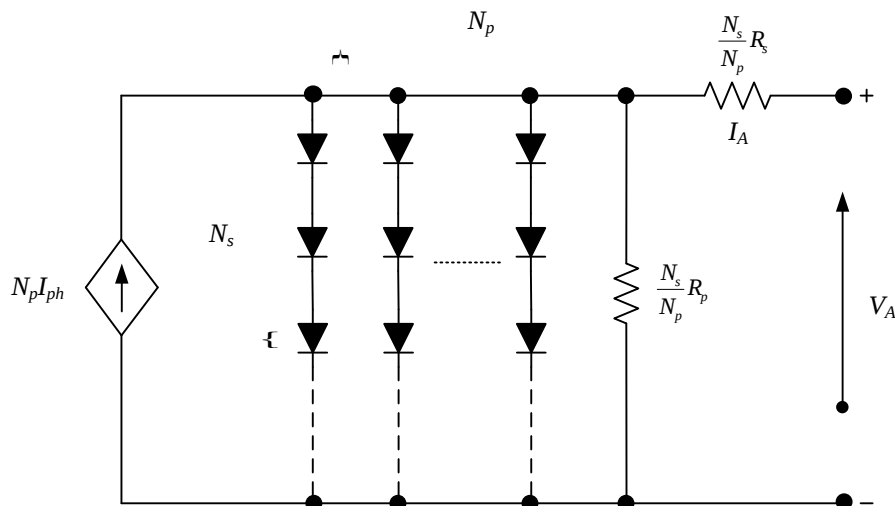
Arus photo I_{Ph} pada beberapa kondisi operasi panel PV diasumsikan berhubungan dengan arus photo pada kondisi pengujian standar sebagaimana dinyatakan pada Persamaan 2 (Marcelo G. Molina, et. al, 2010).

$$I_{ph} = f_{AM} f_{IA} [I_{SC} + \alpha_{I_{SC}} (T_C - T_R)] \frac{S}{S_R} \quad (2.2.)$$

Keterangan:

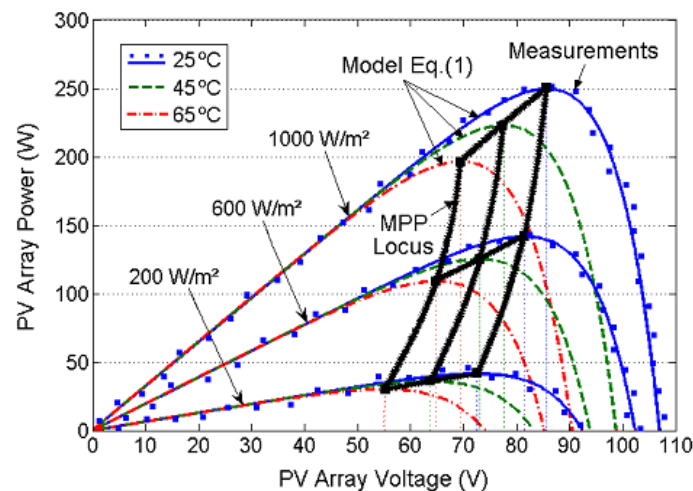
- f_{AM} : Fungsi massa udara absolut yang menggambarkan pengaruh spektral surya pada arus foto I_{ph} (tanpa satuan)
- f_{IA} : Fungsi sudut insiden menggambarkan pengaruh pada arus photo I_{ph} (tanpa satuan)
- I_{SC} : Arus hubung singkat sel surya (A)
- $\alpha_{I_{SC}}$: Koefisien temperatur sel surya pada arus hubung singkat (A/K)
- T_R : Suhu referensi mutlak sel surya di STC (298,15 K)
- S : Jumlah radiasi matahari yang diserap pada bidang panel sel surya (W/m^2)
- S_R : Jumlah radiasi matahari referensi di STC, $1000 W/m^2$

Model matematika yang dijelaskan sebelumnya telah diimplementasikan dalam perangkat lunak (software) Matlab/Simulink menggunakan beberapa toolbox khusus dan fungsi bagi pengguna untuk mendapatkan kurva karakteristik P-V (daya versus tegangan) panel PV 250 Wp (daya puncak) pada kondisi cuaca berbeda. Sebagai tambahan, implementasi panel, terdiri dari 5 rangkaian terhubung seri, efisiensi tinggi, dari modul PV polycrystalline ($N_S = 5$, $N_P = 1$) 50 Wp (model Solartec KS50), sudah diuji melalui eksperimen pada kondisi cuaca sama. Semua koefisien ditentukan pada modul sel PV silikon polycrystalline modul yang disediakan.



Gambar 2.4. Rangkaian ekivalen listrik PV surya modul/panel

Gambar 2.5 menggambarkan kurva P-V karakteristik diperoleh dari simulasi menggunakan model yang diusulkan (garis biru tebal), dan dari pengukuran, melalui eksperimen set-up (biru garis putus-putus), untuk kondisi cuaca yang berbeda, seperti pada 25°C dan 200/600/1000 W/m². Hasil tersebut menunjukkan bahwa data keluaran sesuai dengan data yang diukur pada semua tingkat radiasi matahari. Seperti juga sudah dijelaskan melalui Gambar. 3, menunjukkan kurva karakteristik P-V pada PV modul/panel sangat nonlinear, sangat tergantung pada kondisi cuaca. Pada semua kurva tersebut, terdapat titik tertentu dimana daya yang dihasilkan dapat dimaksimumkan (juga dikenal sebagai *maximum power point* atau MPP). Karena MPP berubah dengan variasi radiasi matahari dan suhu operasi sel surya, panel PV harus terus menerus beroperasi dalam lokus MMP (ditandai dalam daerah garis hitam tebal) untuk pemanfaatan optimum dari sistem PV. Dengan cara ini, penyesuaian terus menerus dari tegangan terminal pada panel surya photovoltaic dibutuhkan untuk menyediakan daya maksimum ke jaringan listrik.



Gambar 2.5. Simulasi dan pengukuran kurva karakteristik P-V dari 5 modul PV string Solartec KS50 pada kondisi cuaca berbeda

2.2. Microgrid

Microgrid, Distributed Generation (DG), atau pembangkitan terdistribusi merupakan sekelompok beban dan pembangkit yang beroperasi sebagai sebuah sistem terkontrol yang menyediakan listrik ke sebuah wilayah tertentu yang relatif kecil. Microgrid merupakan sebuah teknologi yang digunakan untuk menanggulangi krisis sumber daya mineral. Biasanya dalam microgrid, digunakan sebuah energi dari sumber energi terbarukan.

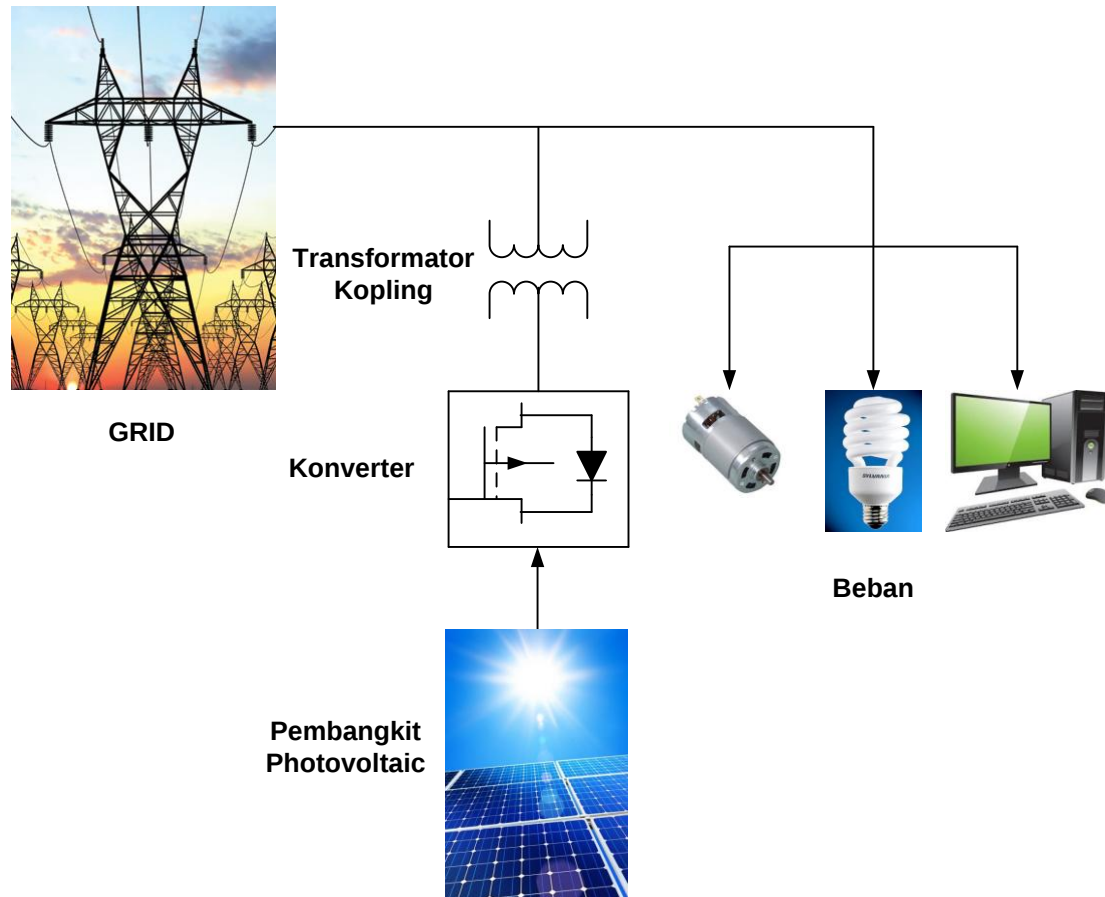
Dengan berkembangnya microgrid dapat berkontribusi untuk mereduksi emisi dan mengurangi efek perubahan iklim. Hal ini dikarenakan saat ini sedang dikembangkan teknologi unit pembangkit terdistribusi yang menggunakan sumber energi terbarukan dan sumber mikro yang mempunyai tingkat emisi sangat rendah (F.D. Kanellos, 2005).

Pada microgrid, sumber energi dan beban bisa terhubung (*on-grid*) maupun terputus ke jaringan distribusi (*off-grid*). Pada saat microgrid terputus dengan jaringan distribusi dimana *interconnection switch* dalam keadaan terbuka, microgrid harus mampu mensuplai beban setempat dengan pembangkitnya sendiri karena pada kondisi ini jaringan listrik tidak bisa membantu mensuplai listrik ke beban, kondisi ini disebut *islanded mode*. Selain microgrid harus dapat memenuhi kebutuhan beban, microgrid juga harus bisa menjamin kualitas frekuensi dan tegangan, karena pada umumnya akan ada gangguan ketika proses pergantian dari kondisi terkoneksi grid ke kondisi *islanded mode* (Amirullah dan Adiananda, 2012).

2.3. Distributed Generation Menggunakan Konverter

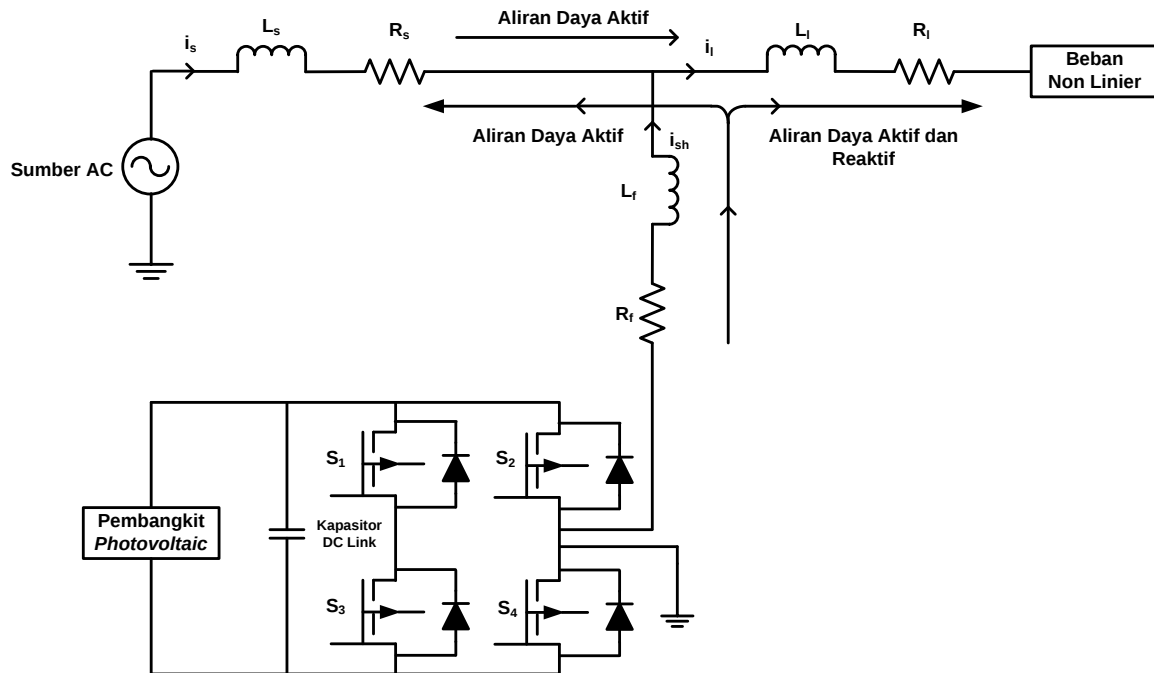
Secara umum, DG dapat didefinisikan sebagai pembangkit tenaga listrik dalam jaringan distribusi atau jaringan yang terdistribusi secara fisik disisi pelanggan. Aliran daya pada sistem pembangkitan terdistribusi adalah dua arah yaitu daya dapat mengalir dari grid ke beban dan ketika daya yang dihasilkan oleh DG seperti sistem PV, sistem energi angin atau sel bahan bakar kuantitasnya cukup, maka daya dapat kembali ke grid. Daya yang dihasilkan dari sistem PV dapat langsung dihubungkan melalui konverter DC/AC menuju bus AC dari grid sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.6 (Piyush Agarwal and Rajesh Gupta, 2014).

Alternatif desain didasarkan pada menggunakan boost-converter DC-DC untuk menaikkan tegangan DC, menyediakan daya maksimum, dan selanjutnya menggunakan konverter DC-AC (Amirullah dan Saidah, 2010). Umumnya beban grid terhubung beban yang digunakan pada sistem terdistribusi adalah satu fasa, dengan demikian penggunaan topologi inverter satu fasa lebih penting. Inverter satu fasa dapat digunakan dalam untuk keperluan domestik, sehingga dengan menempatkan DG skala kecil, misalnya panel PV di atas atap rumah dan bangunan komersil, energi yang dihasilkan dapat disumbangkan ke grid melalui sejumlah besar panel PV supaya bisa menarik lebih banyak daya listrik menuju grid.



Gambar 2.6. Konverter shunt terintegrasi dengan pembangkit photovoltaic (PV)

Topologi konverter shunt satu phasa yang digunakan untuk menginjeksikan daya aktif dari pembangkit photovoltaic (PV) yang ditunjukkan pada Gambar 2.7. Konverter DC-AC adalah rangkaian H-bridge tunggal terdiri dari empat saklar IGBT. Rangkaian H-bridge terhubung ke grid pada point common coupling (PCC) melalui filter induktansi dan resistansi untuk menginjeksikan daya aktif dan reaktif yang diperlukan untuk injeksi masing-masing kompensasi daya aktif dan reaktif. Daya aktif disuplai kepada beban dan kelebihan daya diberikan kepada grid (Amirullah dan Saidah, 2011). Pada Gambar 2.7 sumber grid satu phasa memberikan kelebihan daya kepada beban non-linier satu phasa.



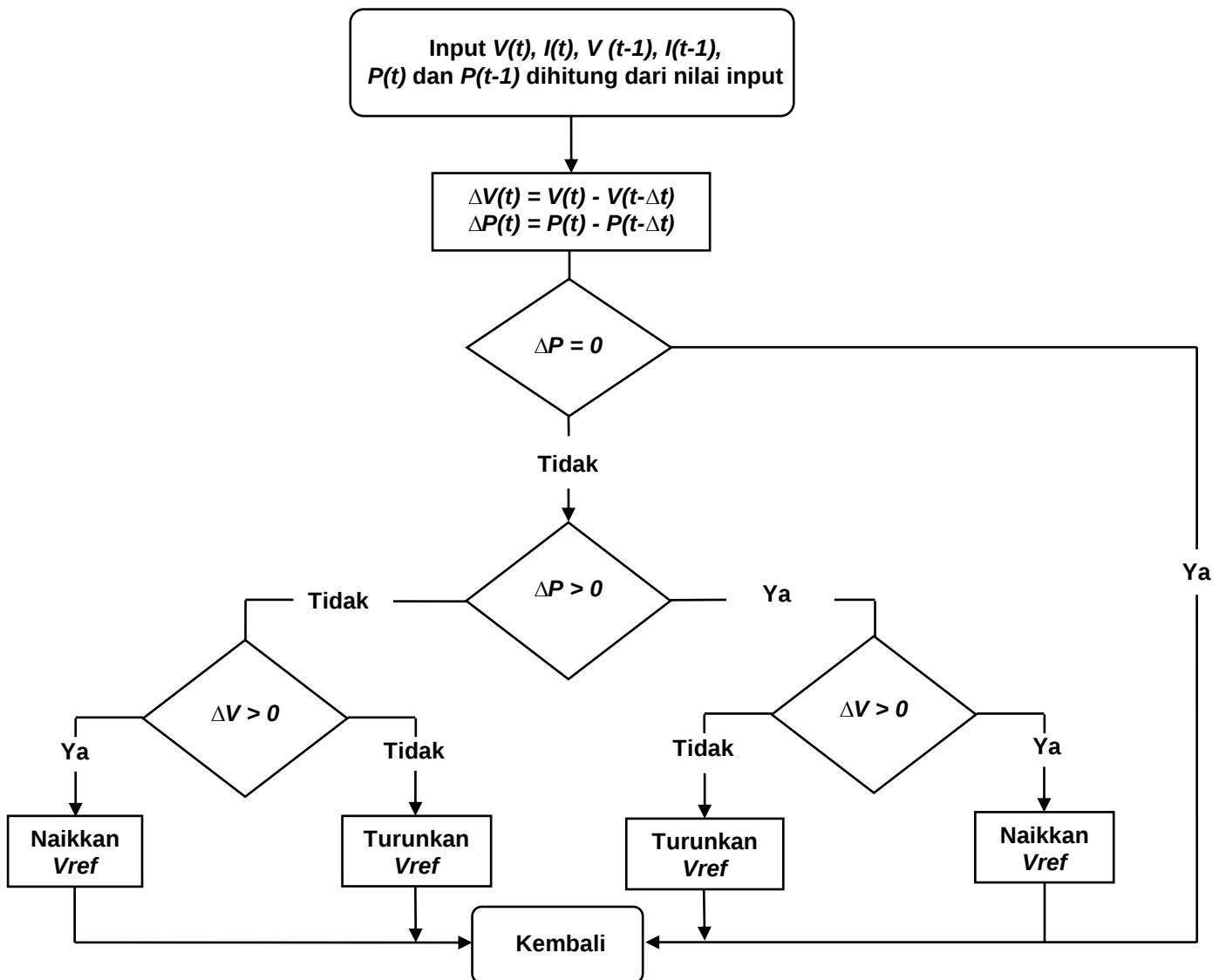
Gambar 2.7. Konverter satu phasa terhubung dengan pembangkit photovoltaic (PV)

2.4. Maximum Power Point Menggunakan Algoritma *Perturb and Observe* (P and O)

Algoritma *Perturb and Observe* (P and O) disebut juga "hill-climbing", tetapi kedua metode mengacu pada kondisi sama tergantung pada model implementasinya. Algoritma ini mengacu pada perubahan duty cycle konverter daya dan perubahan P and O tegangan operasi DC link antara susunan PV dan konverter daya. Pada kasus Hill-climbing, perubahan siklus tugas dari konverter daya menyebabkan perubahan tegangan DC link antara susunan PV dan konverter daya, sehingga kedua nama mengacu pada teknik yang sama. Pada konverter PV daya maksimum yang tersedia ditentukan oleh karakteristik sel PV, tetapi nilai ini seringkali tidak sesuai dengan maximum power point (MPP) beban. Dengan menerapkan MPPT di dalam sistem PV, MPP dalam sel PV dapat dipertahankan (dilacak) sehingga jumlah dan ukuran panel PV dapat dikurangi/menghasilkan energi optimal (L. Siva C.K., 2014).

Melalui pergerakan matahari, yang mendorong perubahan radiasi, sudut panel PV, variasi jumlah radiasi mencapai panel, dan energi yang mampu diserap panel PV, nilainya tidak selalu konstan dari waktu ke waktu. Ketika kondisi ini terjadi, karakteristik VI akan berubah dan MPP akan bergerak. Jika sistem beroperasi sebelum mencapai MPP, ada kemungkinan menimbulkan rugi-rugi daya pada kondisi operasi sama dan baru. Untuk mengatasi masalah tersebut, MPPT sudah dikembangkan. Sistem meliputi bagian tidak bergerak (dimana modul bergerak untuk melacak posisi Matahari). MPPT menelusuri atau

mencari daya maksimum independen berdasarkan kondisi lingkungan (mengikuti perubahan radiasi matahari dan suhu) dan menjaga tegangan terminal PV tetap konstan pada nilai maksimum. Metode yang paling banyak digunakan pada MPPT adalah *Perturb and Observe* (P and O) yang algoritmanya ditunjukkan pada Gambar 2.8 (MD Safia, 2013).

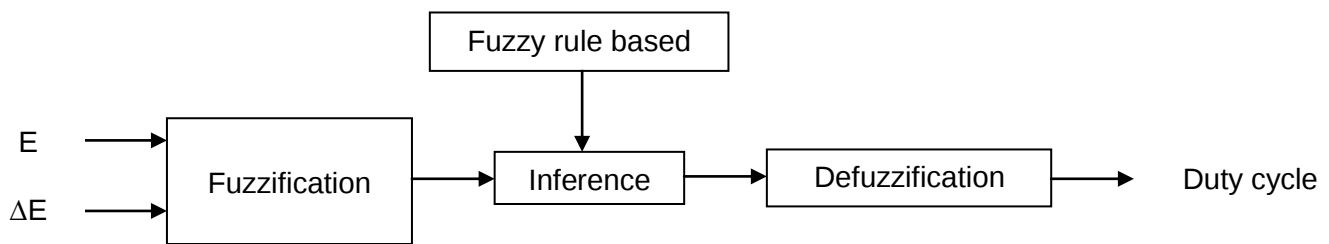


Gambar 2.8. Algoritma Perturb and Observe (P and O)

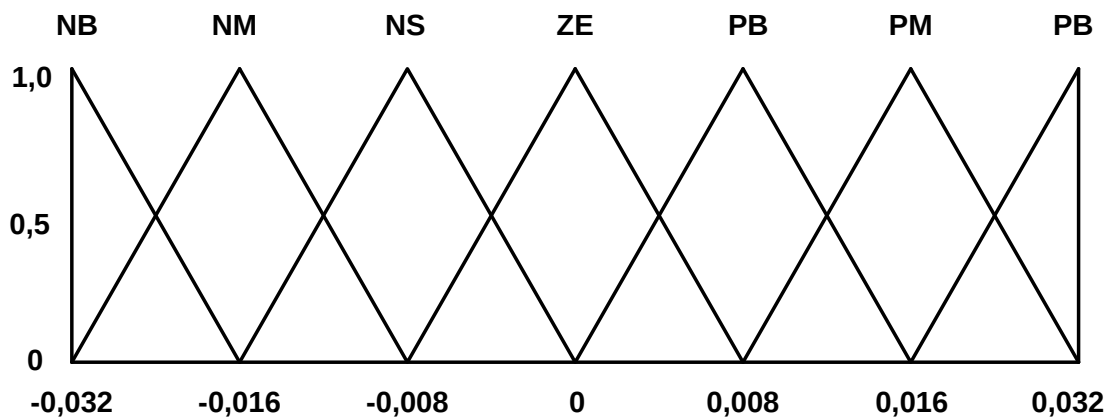
2.5. Maximum Power Point Tracking menggunakan Kendali Fuzzy Logic

Maximum power point tracking (MPPT) menggunakan kendali Fuzzy Logic mempunyai keunggulan dari segi kecerdasan, kecepatan, dan efisiensi. Pada tahapan ini variabel masukan kendali fuzzy yang diusulkan adalah daya keluaran (ΔP) dan tegangan keluaran (ΔV) pembangkit PV. Sejumlah variabel diekspresikan dalam tujuh variabel

pernyataan linguistik fuzzy sets; Negative Big (NB), Negative Medium (NM), Negative Small (NS), Zero (ZE), Positive Big (PB), Positive Medium (PM) and Positive Small (PS) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.10 menggunakan fuzzy subset dasar (P.Thirumuraugan, 2013). Usulan kendali fuzzy logic terdiri dari tiga blok fungsi; fuzzifikasi, fuzzy rule base, dan defuzzifikasi. Nilai error input dan perubahan error dinormalisasi menggunakan faktor skala yang ditunjukkan pada Gambar 2.9 (Mahmoud N. Ali, 2014).



Gambar 2.9. Blok diagram Metode Kendali Fuzzy Logic



Gambar 2.10. Fungsi keanggotaan segitiga

Pada sistem ini faktor skala input dirancang sehingga nilai faktor skala input antara -0,032 dan 0,032. Model segitiga dari fungsi keanggotaan pada susunan ini menggunakan asumsi pendahuluan bahwa untuk setiap bagian input hanya ada satu subset fuzzy yang dominan. Kendali *fuzzy logic* bergantung pada nilai fungsi keanggotaan dan *fuzzy rule base*. Input kendali *fuzzy* umumnya adalah error (E) dan perubahan error (ΔE). Error dapat dipilih $\Delta P/\Delta V$ karena nol adalah nilai *maximum power point*. Selanjutnya E dan ΔE didefinisikan berdasarkan persamaan berikut (M.Valan Rajkumar, 2014):

$$E = \frac{P(k) - P(k-1)}{V(k) - V(k-1)} \quad (2.3.)$$

$$E = E(k) - E(k-1) \quad (2.4.)$$

Fuzzy rule base adalah aturan untuk konverter DC/DC, dimana inputnya adalah E dan ΔE . Outputnya adalah perubahan nilai duty cycle (ΔD). Fungsi *inference system* yang digunakan adalah Metode Max-Min. Fungsi error (E) dan perubahan error (ΔE) yang dibuat selama proses fuzzifikasi. Pada aturan fuzzy dasar, sejumlah variabel selanjutnya dibandingkan terhadap sebuah set yang nilainya telah dirancang sebelumnya untuk menentukan respon yang tepat. Dalam blok *defuzzifikasi*, kumpulan nilai *fuzzy set* digunakan untuk membangkitkan nilai *crisp* yaitu *duty cycle* keluaran (D). Tujuh *fuzzy rules* yang digunakan untuk melacak MPP menggunakan usulan teknik sebagaimana ditunjukkan Tabel 3.2. Kendali *fuzzy logic* menghasilkan nilai duty cycle (D) dengan variabel step untuk mengendalikan rangkaian *boost converter* pada konverter DC/DC dan selanjutnya menghasilkan konvergensi perhitungan secara cepat untuk menentukan nilai MPP (Almoataz Y.A, 2013).

Tabel 2.1. Contoh Fuzzy Rules

E/ ΔE	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	ZE	ZE	ZE	NB	NB	NB	NB
NM	ZE	ZE	ZE	NM	NM	NM	NM
NS	NS	ZE	ZE	NS	NS	NS	NS
ZE	NM	NS	ZE	ZE	ZE	PS	PM
PS	PM	PS	PS	PS	ZE	ZE	PS
PM	PM	PM	PM	PM	PM	ZE	ZE
PB	PB	PB	PB	PB	ZE	ZE	ZE

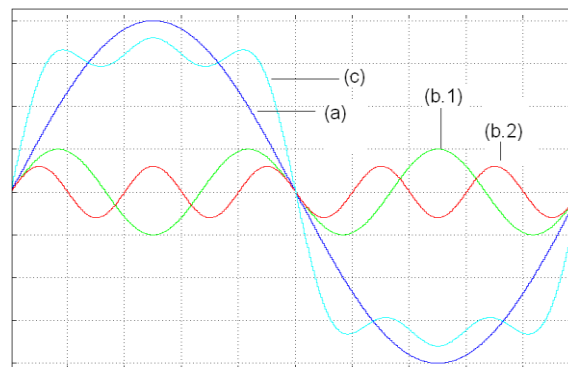
2.6. Kualitas Daya

Kualitas daya sudah menjadi perhatian utama di dunia listrik dalam beberapa dekade terakhir. Parameter ini adalah daya listrik yang digunakan oleh konsumen, tidak merusak atau mengurangi umur peralatan, dan daya, jika digunakan secara efisien. Kualitas daya berarti kualitas tegangan dan arus. Kualitas tegangan dan arus ditentukan berdasarkan nilai atau batas toleransi dari peralatan yang digunakan. Pada umumnya gelombang arus dan tegangan berbentuk gelombang sinusoida murni. Salah satu masalah yang muncul adalah munculnya gelombang arus dan tegangan tidak sinusoida atau cacat yang disebabkan oleh munculnya harmonisa yang dihasilkan oleh sistem tenaga [Thomas M. Bloming, P.E. et. al., 2005]. Aspek kualitas daya akibat penggunaan filter pasif, filter aktif seri, dan filter hibrid tiga fasa

yang dianalisis pada penelitian ini adalah harmonisa tegangan dan arus, tegangan dan arus tidak seimbang, serta faktor daya.

2.6.1. Harmonisa

Istilah harmonisa digunakan untuk menjelaskan penyimpangan gelombang sinusoidal yang berhubungan dengan arus dan tegangan dari amplitudo dan frekuensi yang berbeda. Perubahan bentuk gelombang arus dan tegangan yang disebabkan oleh harmonisa akan mengganggu sistem distribusi listrik dan menurunkan kualitas dari daya sistem tersebut. Pada sistem tenaga listrik, definisi harmonisa dapat dijelaskan sebagai gelombang terdistorsi secara periodik pada keadaan *steady state* yang disebabkan oleh interaksi antara bentuk gelombang sinus sistem pada frekuensi fundamental dengan komponen gelombang lain yang merupakan frekuensi kelipatan interger dari frekuensi fundamental sumber. Gambar 2.17 menunjukkan distorsi gelombang sinyal akibat harmonisa.



Gambar 2.17. Gelombang Terdistorsi Akibat Harmonisa. Keterangan: a = Gelombang pada frekuensi fundamental, b.1 = Gelombang harmonisa ke-3, b.2 = Gelombang harmonisa ke-5, c. = Gelombang Terdistorsi

Distorsi harmonisa dijelaskan melalui beberapa parameter utama untuk menggambarkan efek harmonisa pada komponen sistem tenaga. Parameter pertama adalah *Total Harmonic Distortion* (THD). THD adalah perbandingan nilai rms komponen harmonisa terhadap nilai rms dari komponen fundamental dan umumnya dinyatakan dalam persen (%). Indeks ini digunakan untuk mengukur penyimpangan bentuk gelombang periodik mengandung harmonisa dari gelombang sinus sempurna [Arrilaga, Jos, et. al, 2003]. Pada gelombang sinus sempurna nilai THD adalah nol persen. Nilai THD tegangan dinyatakan dalam Persamaan 2.5 sebagai berikut:

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^k U_n^2}}{U_1} \times 100 \% \quad (2.5)$$

Keterangan: U_n = komponen harmonisa; U_1 = komponen fundamental; K = komponen harmonisa maksimum

Parameter kedua adalah *Individual Harmonic Distortion* (IHD) yaitu perbandingan nilai rms harmonisa individu terhadap nilai rms komponen fundamentalnya. Parameter ketiga adalah *Total Distortion Demand* (TDD) atau THD_I yaitu jumlah distorsi harmonisa arus dan didefinisikan dalam Persamaan 2.6 sebagai berikut [Sankaran C, 2002]:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^k I_n^2}}{I_L} \times 100 \% \quad (2.6)$$

Dimana I_L adalah arus beban maksimum (selama 15 atau 30 menit) pada frekuensi fundamental pada *Point of Common Coupling* (PCC), dihitung dari arus rata-rata dari beban maksimum 12 bulan sebelumnya.

Nilai THD maksimum yang diijinkan untuk tiap negara berbeda tergantung standar yang digunakan. Standar THD yang paling sering dipakai pada sistem tenaga listrik adalah Standar IEEE 519-1992. Ada dua kriteria yang digunakan dalam analisis distorsi harmonisa yaitu batas distorsi tegangan dan batas distorsi arus. Tabel 2.2 menunjukkan limit distorsi (THD) tegangan pada sistem distribusi tenaga listrik. Tabel 2.3 menunjukkan batas distorsi arus berdasarkan Standar IEEE 519-1992 [Thomas E. Bloming, et. al., 2005].

Tabel 2.2. Standar Batas Distorsi Tegangan Menurut IEEE 519-1992

Tegangan Bus pada PCC	Individual Voltage Distortion (%)	THD (%)
Dibawah 69 kV	3,0	5,0
69,001 kV s/d 161 kV	1,5	2,5
Diatas 161,001 kV	1,0	1,5

Tabel 2.3. Batas distorsi harmonisa arus sistem distribusi berdasarkan Standar IEEE 519-1992

Batas Distorsi Harmonisa Arus (In % dari Nilai Fundamental)						
Level Harmonisa Individu (Harmonisa Ganjil)						
I_{sc}/I_L	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20*	4	2	1,5	0,6	0,3	5
20 s/d 50	7	3,5	2,5	1	0,5	8

50 s/d 100	10	4,5	4	1,5	0,7	12
100 s/d 1000	12	5,5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2,5	1,4	20

2.6.2. Ketidakseimbangan (Unbalance) Tegangan dan Arus

Ada beberapa standar yang digunakan untuk menentukan nilai ketidakseimbangan (*unbalance*) tegangan pada sistem tiga phasa, misalnya IEC, NEMA, dan IEEE. Pada penelitian ini, nilai tegangan tidak seimbang dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.7 berdasarkan Standar ANSI/IEEE 241-1990 sebagai berikut [ANSI/IEEE 241, 1990]:

$$V(\%) = \frac{|V_{average} - V_{a,b,c \min or \max}|}{V_{average}} \times 100\% \quad (2.7)$$

Dengan menggunakan Persamaan 2.7, nilai *unbalance* tegangan dinyatakan dalam persen (%) dan dinyatakan sebagai berikut:

$V_{average}$ adalah tegangan rata-rata maksimum pada phase a, b, c, (volt)

$V_{a,b,c \min}$ adalah tegangan minimum pada phase a, b, c, (volt)

$V_{a,b,c \max}$ adalah tegangan maximum pada phase a, b, c (volt)

V adalah nilai ketidakseimbangan (*unbalance*) tegangan (%)

Dengan menggunakan persamaan sama, selanjutnya nilai unbalance arus dapat dihitung dengan cara mengganti besaran tegangan ke besaran arus.

2.6.3. Perbaikan Faktor Daya

Nilai perbaikan faktor daya atau *power factor correction* (PFC) masukan dapat diperoleh berdasarkan nilai distorsi harmonisa (THD) arus sumber. Persamaan 2.8 menunjukkan nilai faktor daya masukan sebagai fungsi THD arus sumber (S. Parthasarathy, et. al., 2012):

$$PF = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{THD_I(\%)}{100} \right)^2}} \quad (2.8)$$

PF adalah faktor daya masukan dan THD_I adalah nilai harmonisa arus dinyatakan dalam persen.

BAB 3

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah mengembangkan model pembangkit PV terhubung grid terhadap kualitas daya pada jaringan distribusi tegangan rendah menggunakan metode kendali berbasis kecerdasan buatan dan konverter dengan algoritma PWM. Pengembangan model pembangkit PV terhubung grid terhadap kualitas jaringan distribusi tegangan rendah menggunakan kecerdasan buatan diharapkan mampu mengurangi rugi-rugi akibat gangguan tegangan, faktor daya rendah, maupun harmonisa tegangan dan arus di sisi sumber. Metode kecerdasan buatan menggunakan algoritma *fuzzy logic* menghasilkan nilai *duty cycle* (D) dengan variabel step untuk mengendalikan rangkaian *boost converter* pada konverter DC/DC dan selanjutnya menghasilkan konvergensi perhitungan secara cepat untuk menentukan nilai MPPT sebagai kendali pembangkit PV. Konverter DC/DC menghasilkan tegangan DC yang akan menjadi masukan ke konverter DC/AC, dengan menggunakan algoritma PWM. Penelitian difokuskan pada dampak integrasi PV terhubung grid terhadap kualitas daya menggunakan Metode Fuzzy MPPT dan kendali konverter berbasis algoritma PWM divalidasi dengan Metode MPPT P and O. Observasi penelitian dilakukan pada pembangkit multi PV berjumlah tiga pembangkit PV kondisi level suhu lingkungan tetap serta radiasi matahari dan integrasi PV berbeda. Kajian penelitian dilakukan pada penentuan tegangan dan arus tidak seimbang, harmonisa (THD) tegangan dan arus, serta perbaikan faktor daya input atau *power factor correction (PFC)* pada bus PCC tegangan rendah grid tiga phasa. Hasil penelitian selanjutnya divalidasi mengacu pada Standar ANSI/IEEE 241-1990 (tegangan dan arus tidak seimbang), Standar IEEE 519-1992 (harmonisa tegangan dan arus grid), dan Standar PLN (faktor daya masukan). Simulasi dan analisis hasil penelitian menggunakan bantuan perangkat lunak Matlab/Simulink.

3.2. Manfaat Penelitian

1. Memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan sains (Ipteks) antara-lain:

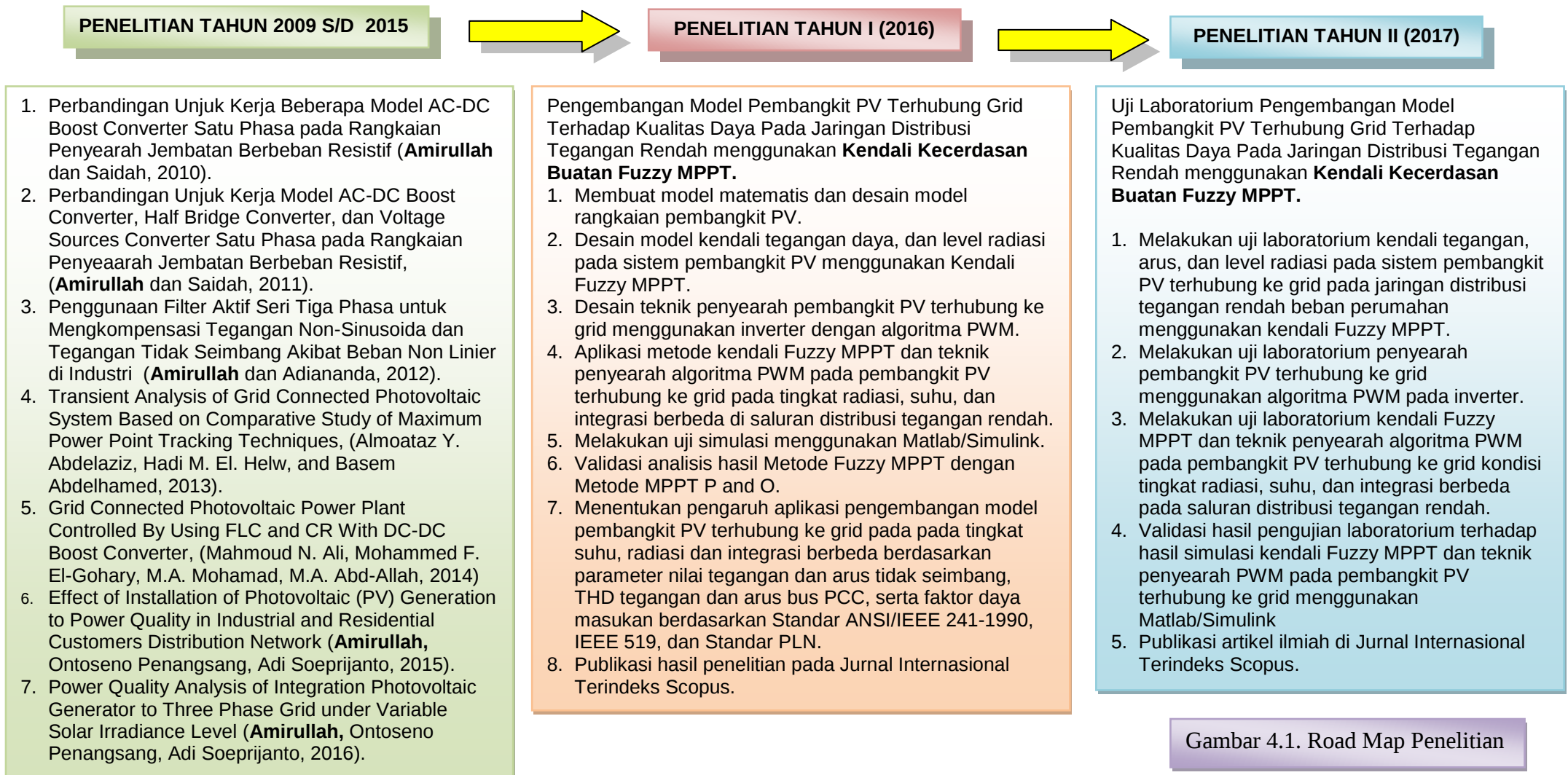
- a. Model matematis, rangkaian pembangkit PV, kendali tegangan, daya, dan level radiasi pada sistem pembangkit PV menggunakan Kendali Fuzzy MPPT, serta model penyearah pembangkit PV menggunakan algoritma PWM, konverter DC/DC, konverter DC/AC, kualitas daya (PQ), *total harmonic distortion* (THD) tegangan, THD arus, dan sumber energi terbarukan.
 - b. Model kendali Fuzzy MPPT dan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada kondisi tingkat radiasi berbeda dan integrasi berbeda pada saluran distribusi tegangan rendah menggunakan Matlab/Simulink divalidasi dengan Metode Algoritma P dan O berbasis MPPT.
 - c. Pengembangan model multi (banyak) pembangkit PV terhubung ke grid berbasis metode kecerdasan buatan Fuzzy MPPT pada tingkat suhu lingkungan tetap serta radiasi matahari dan integrasi PV berbeda. Parameternya adalah nilai perubahan tegangan dan arus fasa, tegangan dan arus tidak seimbang, THD tegangan dan arus, serta nilai perbaikan faktor daya masukan atau *power factor corection* (PFC) bus PCC tegangan rendah model pembangkit PV terhubung ke grid berbasis metode kecerdasan buatan Fuzzy MPPT dan kendali penyearah berbasis algoritma PWM. Hasil penelitian selanjutnya divalidasi mengacu pada Standar ANSI/IEEE 241-1990 (tegangan dan arus tidak seimbang), Standar IEEE 519-1992 (harmonisa tegangan dan arus grid), dan Standar PLN (faktor daya masukan).
2. Memberikan masukan kepada pemerintah (PLN) untuk mengembangkan dan mengimplementasikan model rangkaian sistem pembangkit PV terhubung grid pada jaringan distribusi tegangan rendah berbasis kecerdasan buatan Fuzzy MPPT menjadi rangkaian sebenarnya dengan kualitas daya (PQ) yang baik. Indikatornya adalah Standar ANSI/IEEE 241-1990 (tegangan dan arus tidak seimbang), Standar IEEE 519-1992 (harmonisa tegangan dan arus grid), dan Standar PLN (faktor daya masukan).
 3. Pelanggan PLN perumahan (rumah-tangga) mempunyai dua jenis sumber tegangan yaitu sumber tegangan AC dan DC dengan kendali tegangan dan daya berbasis kecerdasan buatan Fuzzy MPPT dan konverter berbasis algoritma PWM. Selain dikonversi menjadi tegangan AC melalui inverter, tegangan keluaran DC yang dihasilkan oleh pembangkit PV dapat disimpan dalam baterai berfungsi sebagai sumber tegangan DC bagi peralatan listrik rumah-tangga, sehingga peralatan tidak lagi memerlukan inverter AC ke DC di dalamnya sehingga harganya menjadi lebih murah.

BAB 4

METODE PENELITIAN

4.1. Road Map dan Bagan Alir Penelitian

Road map penelitian dan bagan alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan 4.2.



ASPEK YANG DITELITI

Tahun I: Pengembangan Model Pembangkit Photovoltaic (PV) Terhubung Grid Terhadap Kualitas Daya Pada Jaringan Distribusi Tegangan Rendah menggunakan Kendali **Kecerdasan Buatan MPPT Fuzzy**.

Aspek yang diteliti: (1) Membuat model matematis dan desain model rangkaian pembangkit PV, (2) Desain model kendali tegangan daya, dan level radiasi (*irradiance*) pada sistem pembangkit PV Kendali MPPT Fuzzy, (3) Desain teknik penyearah pembangkit PV menggunakan algoritma PWM, (4) Aplikasi metode kendali MPPT Fuzzy dan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada kondisi tingkat suhu tetap serta radiasi dan integrasi PV berbeda-beda, (5) Melakukan uji simulasi menggunakan Matlab/Simulink, (6) Validasi hasil simulasi dengan metode MPPT P and O, (7) Menentukan pengaruh aplikasi pengembangan model pembangkit PV terhubung ke grid pada tingkat suhu sama, radiasi dan integrasi berbeda berdasarkan parameter nilai tegangan dan arus tidak seimbang, THD tegangan dan arus bus PCC, serta faktor daya masukan berdasarkan Standar ANSI/IEEE 241-1990, IEEE 519, dan PLN.

TARGET LUARAN YANG DICAPAI

Tahun I: Ditemukan Pengembangan Model Pembangkit Photovoltaic (PV) Terhubung Grid Terhadap Kualitas Daya Pada Jaringan Distribusi Tegangan Rendah menggunakan Kendali **Kecerdasan Buatan MPPT Fuzzy**.

Target Luaran: (1) Model matematis dan rangkaian pembangkit PV, (2) Model kendali tegangan, daya, dan level radiasi (*irradiance*) pada sistem pembangkit PV menggunakan kendali MPPT Fuzzy, (3) Model teknik penyearah pembangkit PV menggunakan algoritma PWM, (4) Metode kendali MPPT Fuzzy dan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung pada tingkat suhu sama, radiasi dan integrasi berbeda, (5) Hasil pengujian simulasi menggunakan Matlab/Simulink, (6) Hasil validasi dengan Metode MPPT P and O, (7) Pengembangan model pembangkit PV terhubung ke grid pada tingkat suhu, radiasi dan integrasi berbeda berdasarkan parameter nilai tegangan dan arus tidak seimbang, THD tegangan dan arus bus PCC, serta faktor daya masukan berdasarkan Standar ANSI/IEEE 241-1990, IEEE 519, dan PLN, (8) Publikasikan hasil penelitian pada jurnal internasional terindeks Scopus.

HASIL YANG DICAPAI DARI KEGIATAN PENELITIAN HIBAH BERSAING (TAHUN 2016)

1. Model matematis, rangkaian pembangkit PV, kendali tegangan, daya, dan level radiasi pada sistem pembangkit PV menggunakan kendali MPPT Fuzzy, serta konverter pembangkit PV menggunakan algoritma PWM.
2. Model kendali MPPT Fuzzy dan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada kondisi pada tingkat suhu sama serta radiasi dan integrasi PV berbeda menggunakan Matlab/Simulink divalidasi dengan Metode MPPT P and O.
3. Pengembangan model pembangkit PV terhubung ke grid berbasis metode kecerdasan buatan MPPT Fuzzy pada tingkat suhu sama serta radiasi dan integrasi PV berbeda berdasarkan parameter nilai tegangan dan arus tidak seimbang, THD tegangan dan arus bus PCC, serta faktor daya masukan berdasarkan Standar ANSI/IEEE 241-1990, IEEE 519, dan PLN.
4. Publikasikan hasil penelitian pada Jurnal Ilmiah Internasional Terindeks Scopus.

Gambar 4.2. Bagan Alir Penelitian Tahun Pertama

Rincian metode penelitian tahun pertama dan kedua ditunjukkan pada Tabel 4.1.

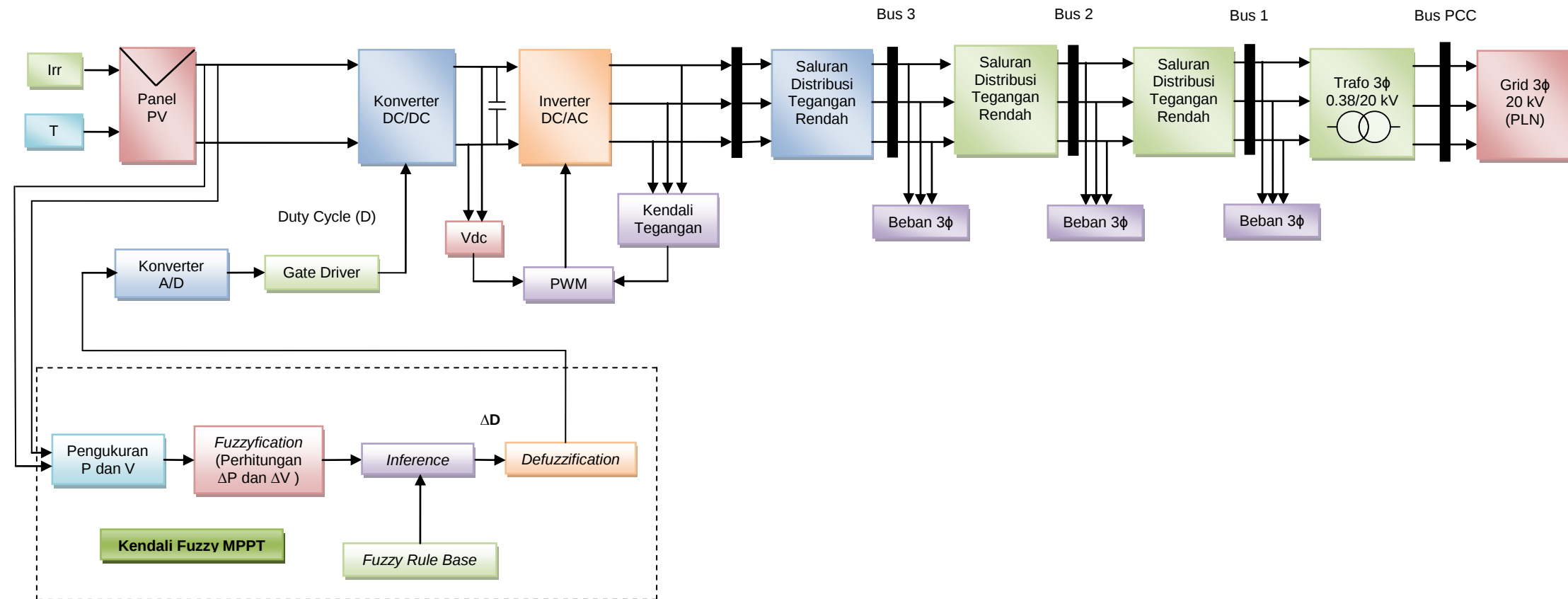
Tabel 4.1. Rincian Metode Penelitian Tahun Pertama

Pelaksanaan Penelitian	Rancangan	Metode Penelitian	Indikator Capaian
TAHUN KE I			
(1) Membuat model matematis dan desain model rangkaian pembangkit PV.	Model matematis dan desain model rangkaian pembangkit PV.	<u>Metode Penelitian</u> (1) Model matematis daya keluaran yang dihasilkan oleh pembangkit PV, Arus panel surya yang dihasilkan oleh susunan PV untuk sejumlah kondisi operasi berdasarkan arus panel surya pada tes kondisi standar (Marcelo G. Molina, 2010), (2) Tegangan dan arus keluaran modul pembangkit PV yang diturunkan dengan Hukum Arus Kirchoff (Cemal Keles, 2013).	Diperoleh model persamaan matematis daya keluaran, tegangan, dan arus modul pembangkit PV serta desain model rangkaian pembangkit PV menggunakan Matlab/Simulink.
(2) Desain model kendali tegangan daya, dan level radiasi pada sistem pembangkit PV dan metode kendali Fuzzy MPPT.	Model kendali tegangan daya, dan level radiasi pada sistem pembangkit PV Kendali Fuzzy MPPT,	<u>Metode Penelitian</u> (1)Kelebihan metode Fuzzy MPPT ditinjau dari segi kecerdasan dan kecepatan, (2)Variabel masukan kendali fuzzy yaitu daya keluaran ΔP dan tegangan keluaran ΔV pembangkit PV, (3) Tujuh variabel linguistik fuzzy sets, (4) Blok sistem operasi fuzzy: fuzzification, fuzzy rule base, dan defuzzification, (5) Fungsi error (E) dan perubahan error (ΔE) selama proses fuzzification, table fuzzy rule base, nilai crisp untuk menentukan duty cycle (D) pada fase defuzzification dengan variabel step untuk mengendalikan rangkaian <i>boost converter</i> pada konverter DC/DC dan selanjutnya menghasilkan konvergensi perhitungan secara cepat untuk menentukan nilai MPP (Almoataz Y.A, 2013).	Diperoleh model kendali tegangan, daya, dan level radiasi pada sistem pembangkit PV dan Kendali Fuzzy MPPT menggunakan Matlab/Simulink.
(3) Desain teknik penyearah pembangkit PV menggunakan algoritma PWM .	Teknik penyearah pembangkit PV menggunakan algoritma SVPWM sebagai kendali switching inverter DC/AC.	<u>Metode Penelitian</u> (1) Model penyalan saklar vektor dan sektor pada PWM, (2) Strategi kendali PWM terhadap PWM untuk mengurangi rugi-rugi daya dengan mengurangi peralatan sakelar frekuensi,(3)	Diperoleh teknik penyearah pembangkit PV menggunakan SVPWM sebagai kendali switching inverter DC/AC menggunakan Matlab/Simulink.

		Tabel model strategi penyalaaan sakelar pada PWM (P.Thirumuraugan, 2013)	
(4) Aplikasi metode kendali Fuzzy MPPT dan teknik penyearah algoritma PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada jaringan distribusi tegangan rendah.	Metode kendali Fuzzy MPPT dan teknik penyearah algoritma PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada jaringan distribusi tegangan rendah.	<u>Metode Penelitian</u> Metode kendali Fuzzy MPPT dan teknik penyearah menggunakan algoritma PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada kondisi tingkat suhu sama serta radiasi dan integrasi PV berbeda.	Diperoleh metode kendali Fuzzy MPPT dan teknik penyearah menggunakan algoritma PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada jaringan distribusi tegangan rendah menggunakan Matlab/ Simulink.
(5) Validasi hasil simulasi kendali Fuzzy MPPT dengan Metode Algoritma Perturb and Observe (P and O) berbasis MPPT.	Melakukan validasi hasil simulasi kendali Fuzzy MPPT dengan Metode Algoritma P and O) berbasis MPPT.	<u>Metode Pengamatan</u> Melakukan validasi hasil simulasi kendali Fuzzy MPPT dengan Metode Algoritma Perturb dan Observe (P dan O) berbasis MPPT untuk mengetahui akurasi hasil penerapan metode kendali Fuzzy MPPT dan teknik penyearah VPWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada jaringan tegangan rendah.	Diperoleh hasil validasi (perbandingan) simulasi kendali Fuzzy MPPT dengan Metode Algoritma Perturb and Observe (P and O) berbasis MPPT untuk mengetahui akurasi hasil penerapan metode kendali Fuzzy MPPT dan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada jaringan tegangan rendah.
(6) Menentukan pengaruh aplikasi pengembangan model pembangkit PV terhubung ke grid terhadap kualitas daya jaringan distribusi tegangan rendah pada kondisi tingkat suhu sama serta radiasi dan integrasi PV berbeda.	Pengaruh aplikasi pengembangan model pembangkit PV terhubung ke grid terhadap kualitas daya jaringan distribusi tegangan rendah pada kondisi tingkat suhu sama serta radiasi dan integrasi PV berbeda.	<u>Metode Pengamatan:</u> Menentukan pengaruh aplikasi pengembangan model pembangkit PV terhubung ke grid berbasis metode kecerdasan buatan Fuzzy MPPT pada tingkat suhu sama serta radiasi dan integrasi PV berbeda berdasarkan parameter nilai tegangan dan arus tidak seimbang, THD tegangan dan arus bus PCC, serta faktor daya masukan berdasarkan Standar ANSI/IEEE 241-1990, IEEE 519, dan PLN.	Diperoleh nilai perubahan tegangan dan arus phasa, nilai tegangan dan arus tidak seimbang, THD tegangan dan arus bus PCC, serta faktor daya masukan berdasarkan Standar ANSI/IEEE 241-1990, IEEE 519, dan PLN.

4.2. Metode Penelitian Tahun I

Gambar 4.3 menunjukkan rancangan model penelitian Tahun I, sedangkan metode penelitian Tahun I dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:



Gambar 4.3. Rancangan model penelitian Tahun I

1. Membuat model matematis dan desain model rangkaian pembangkit PV

(1) Model matematis daya keluaran yang dihasilkan oleh pembangkit PV, Arus panel surya yang dihasilkan oleh susunan PV untuk sejumlah kondisi operasi berdasarkan arus panel surya pada tes kondisi standar (Marcelo G. Molina, 2010), (2) Tegangan dan arus keluaran modul pembangkit PV diturunkan dengan Hukum Arus Kirchoff (Cemal Keles, 2013).

2. Desain model kendali tegangan daya, dan level radiasi pada sistem pembangkit PV dan metode kendali Fuzzy MPPT

Maximum power point tracking (MPPT) menggunakan Fuzzy Logic mempunyai keunggulan dari segi kecerdasan dan kecepatan. Pada tahapan ini variabel masukan kendali fuzzy yang diusulkan adalah daya keluaran (ΔP) dan tegangan keluaran (ΔV) pembangkit PV. Sejumlah variabel diekspresikan dalam tujuh variabel pernyataan linguistik fuzzy sets; Negative Big (NB), Negative Medium (NM), Negative Small (NS), Zero (ZE), Positive Big (PB), Positive Medium (PM) and Positive Small (PS) menggunakan fuzzy subset dasar sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.10 (P. Thirumuragan, 2013). Usulan kendali fuzzy logic terdiri dari tiga blok fungsi; fuzzifikasi, fuzzy rule base, dan defuzzifikasi. Nilai error input dan perubahan error dinormalisasi menggunakan faktor skala sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.9 (M.Valan Rajkumar, 2014). Pada sistem ini faktor skala input dirancang sehingga nilai faktor skala input antara -0,032 dan 0,032. Model triangular dari fungsi keanggotaan pada susunan ini menggunakan asumsi pendahuluan bahwa untuk setiap bagian input hanya ada satu subset fuzzy yang dominan. Kendali fuzzy logic bergantung pada nilai fungsi keanggotaan dan fuzzy rule base. Input kendali fuzzy umumnya adalah perubahan daya (ΔP) dan perubahan tegangan (ΔV) dan perubahan nilai duty cycle (ΔP) sebagai nilai keluaran (M.Valan Rajkumar, 2014).

Fuzzy rule base adalah aturan untuk konverter DC/DC, dimana inputnya adalah ΔV dan ΔP Outputnya adalah perubahan nilai duty cycle (ΔD). Fungsi inference system yang digunakan adalah Metode Max-Min. Fungsi ΔP dan ΔV yang dibuat selama proses fuzzifikasi. Pada aturan fuzzy dasar, sejumlah variabel selanjutnya dibandingkan terhadap sebuah set yang nilainya telah dirancang sebelumnya untuk menentukan respon yang tepat. Dalam blok defuzzifikasi, kumpulan nilai fuzzy set digunakan untuk membangkitkan nilai crips yaitu duty cycle keluaran (D). Contoh tujuh fuzzy rules yang digunakan untuk melacak MPP menggunakan usulan teknik sebagaimana ditunjukkan Tabel 2.1. Kendali fuzzy logic menghasilkan nilai *duty cycle* (D) dengan variabel step untuk mengendalikan

rangkaian *boost converter* pada konverter DC/DC dan selanjutnya menghasilkan konvergensi perhitungan secara cepat untuk menentukan nilai MPP (Almoataz Y.A, 2013).

Metode penelitian pada tahap ini meliputi: (1) Kelebihan metode Fuzzy MPPT ditinjau dari segi kecerdasan dan kecepatan, (2) Variabel masukan kendali fuzzy yaitu daya keluaran ΔP dan tegangan keluaran ΔV pembangkit PV, (3) Tujuh variabel linguistik fuzzy sets, (4) Blok sistem operasi fuzzy: fuzzification, fuzzy rule base, dan defuzzification, (5) Fungsi perubahan daya (ΔP) dan perubahan tegangan (ΔV) selama proses fuzzification, table fuzzy rule base, nilai crisp untuk menentukan perubahan duty cycle (ΔD) pada fase defuzzification dengan variabel step untuk mengendalikan rangkaian *boost converter* pada konverter DC/DC dan selanjutnya menghasilkan konvergensi perhitungan secara cepat untuk menentukan nilai MPP.

3. Desain teknik penyearah pembangkit PV menggunakan PWM Inverter

Metode penelitian pada tahap ini meliputi: (1) Model penyalan saklar vektor dan sektor pada PWM, (2) Strategi kendali PWM untuk mengurangi rugi-rugi daya dengan mengurangi peralatan sakelar frekuensi, dan (3) Tabel model strategi penyalan sakelar pada PWM (P.Thirumuraugan, 2013).

4. Aplikasi metode kendali Fuzzy MPPT dan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada jaringan distribusi tegangan rendah

Metode kendali Fuzzy MPPT dan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada kondisi: (1) tingkat suhu tetap, (2) radiasi matahari dan integrasi PV berbeda.

5. Validasi hasil simulasi kendali Fuzzy MPPT dengan Metode Algoritma Perturb dan Observe (P dan O) berbasis MPPT

Melakukan validasi hasil simulasi kendali Fuzzy MPPT dengan Metode Algoritma Perturb dan Observe (P dan O) berbasis MPPT untuk mengetahui akurasi hasil penerapan metode kendali Fuzzy MPPT dan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada jaringan tegangan rendah.

6. Menentukan pengaruh aplikasi pengembangan model pembangkit PV terhubung ke grid terhadap kualitas daya jaringan distribusi tegangan rendah

Menentukan pengaruh aplikasi pengembangan model pembangkit PV terhubung ke grid berbasis metode kecerdasan buatan Fuzzy MPPT pada tingkat suhu tetap serta radiasi dan integrasi PV berbeda berdasarkan parameter nilai tegangan dan arus tidak seimbang, THD

tegangan dan arus bus PCC, serta faktor daya masukan berdasarkan Standar ANSI/IEEE 241-1990, IEEE 519, dan PLN.

4.3. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bhayangkara Surabaya.

BAB 5

HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1. Model yang Diusulkan

Gambar 5.1 menunjukkan model sistem pembangkit PV tunggal terhubung grid tiga phasa. Rangkaian DC/DC converter terdiri dari rangkaian boost converter yang berfungsi menaikkan tegangan keluaran DC dari pembangkit PV. Tegangan keluaran DC dari rangkaian *boost converter* selanjutnya diubah oleh oleh DC/AC inverter tiga phasa menjadi tegangan AC menuju grid tiga phasa. Model pembangkit PV tunggal tersebut selanjutnya dipakai sebagai referensi untuk menyusun model banyak (multi) pembangkit PV terhubung pada grid melalui sebuah transformator distribusi tiga phasa (Gambar 5.2). Penelitian menggunakan tiga model kelompok pembangkit PV dengan daya aktif masing-masing 100 kW. Selain terhubung pada grid tiga phasa, pembangkit PV juga terhubung pada tiga kelompok beban tiga phasa dengan daya aktif masing-masing 20 kW. Tujuan penelitian adalah mengembangkan model pembangkit PV terhubung grid terhadap kualitas daya pada jaringan distribusi tegangan rendah menggunakan metode kendali berbasis kecerdasan buatan dan konverter dengan algoritma PWM. Analisis penelitian meliputi pengaruh radiasi matahari dan integrasi sejumlah pembangkit PV terhadap kualitas daya pada suhu dan beban tetap, berdasarkan perubahan level integrasi PV. Pengembangan model pembangkit PV terhubung grid terhadap kualitas jaringan distribusi tegangan rendah menggunakan kecerdasan buatan diharapkan mampu mengurangi rugi-rugi akibat fluktuasi tegangan dan arus, faktor daya rendah, maupun harmonisa tegangan dan arus pada bus PCC grid tegangan rendah tiga phasa. Metode kecerdasan buatan menggunakan algoritma logika *fuzzy* untuk menghasilkan nilai *duty cycle* (D) dengan variabel step untuk mengendalikan rangkaian *boost converter* pada konverter DC/DC dan selanjutnya menghasilkan konvergensi perhitungan secara cepat untuk menentukan nilai MPPT sebagai kendali pembangkit PV. Konverter DC/DC menghasilkan tegangan DC yang akan menjadi masukan ke konverter DC/AC dengan algoritma PWM. Penelitian difokuskan pada dampak integrasi PV terhubung grid terhadap kualitas daya (PQ) menggunakan metode kendali Fuzzy MPPT dan kendali konverter berbasis algoritma PWM. Hasil penelitian selanjutnya divalidasi menggunakan Algoritma Perturb and Observe (P and O) berbasis MPPT.

Ada dua skenario pembangkit PV terhubung pada grid tiga fasa yaitu menggunakan metode MPPT dengan algoritma P and O dan MPPT dengan kendali logika Fuzzy (MPPT Fuzzy). Masing-masing kendali MPPT mempunyai empat skenario sehingga total berjumlah delapan skenario level integrasi pembangkit PV. Secara lengkap delapan skenario tersebut meliputi:

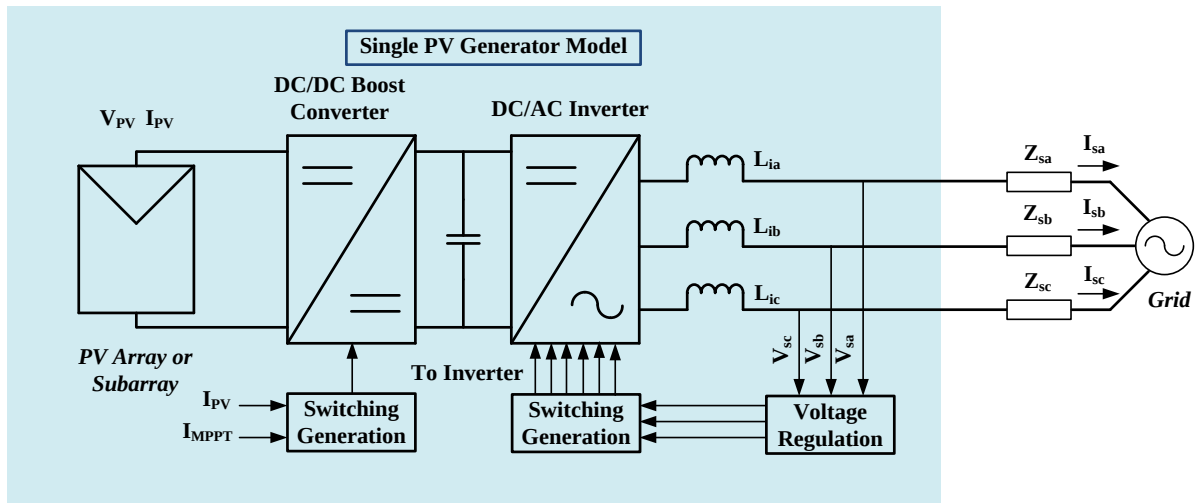
1. Metode MPPT Perturb and Observer (P and O)

- a. Radiasi 400 W/m^2 pada kondisi 1, 2, dan 3 model pembangkit PV terhubung ke grid tiga fasa.
- b. Radiasi 600 W/m^2 pada kondisi 1, 2, dan 3 model pembangkit PV terhubung ke grid tiga fasa.
- c. Radiasi 800 W/m^2 pada kondisi 1, 2, dan 3 model pembangkit PV terhubung ke grid tiga fasa.
- d. Radiasi 1000 W/m^2 pada kondisi 1, 2, dan 3 model pembangkit PV terhubung ke grid tiga fasa.

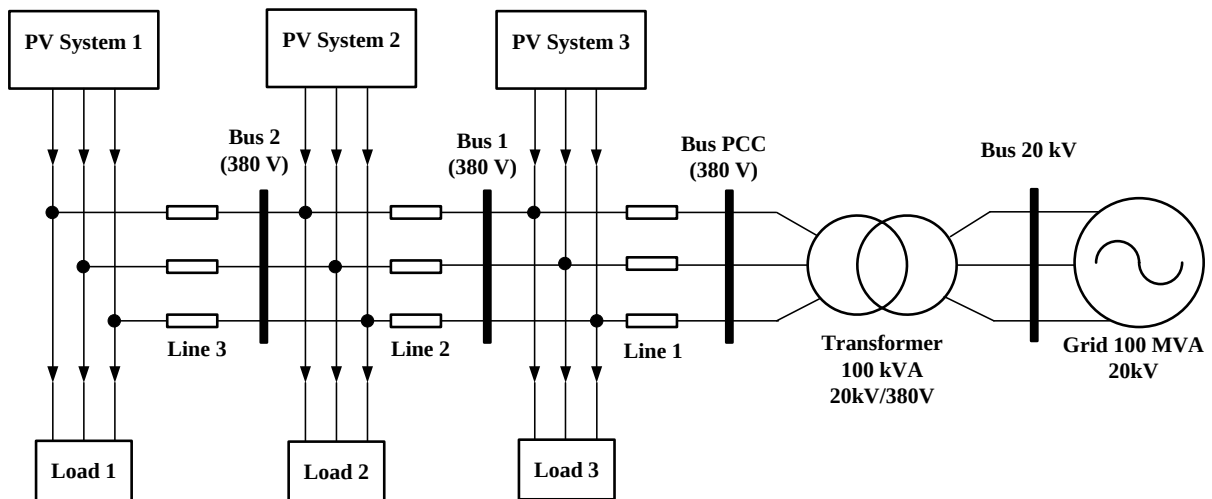
2. Metode MPPT dengan Kendali Logika Fuzzy (MPPT Fuzzy)

- a. Radiasi 400 W/m^2 pada kondisi 1, 2, dan 3 model pembangkit PV terhubung ke grid tiga fasa.
- b. Radiasi 600 W/m^2 pada kondisi 1, 2, dan 3 model pembangkit PV terhubung ke grid tiga fasa.
- c. Radiasi 800 W/m^2 pada kondisi 1, 2, dan 3 model pembangkit PV terhubung ke grid tiga fasa.
- d. Radiasi 1000 W/m^2 pada kondisi 1, 2, dan 3 model pembangkit PV terhubung ke grid tiga fasa.

Tahapan selanjutnya adalah menentukan tegangan dan arus tidak seimbang, harmonisa (THD) tegangan dan arus, serta perbaikan faktor daya input atau *power factor correction (PFC)* pada bus *point common coupling (PCC)* tegangan rendah grid tiga fasa. Langkah terakhir adalah melakukan validasi hasil penelitian mengacu pada Standar ANSI/IEEE 241-1990 (tegangan dan arus tidak seimbang), Standar IEEE 519-1992 (harmonisa tegangan dan arus grid), dan Standar PLN (faktor daya masukan). Simulasi dan analisis hasil penelitian menggunakan bantuan *software* Matlab/Simulink.



Gambar 5.1. Model sistem pembangkit PV tunggal terhubung grid tiga fasa



Gambar 5.2. Usulan tiga model sistem pembangkit PV terhubung grid tiga fasa

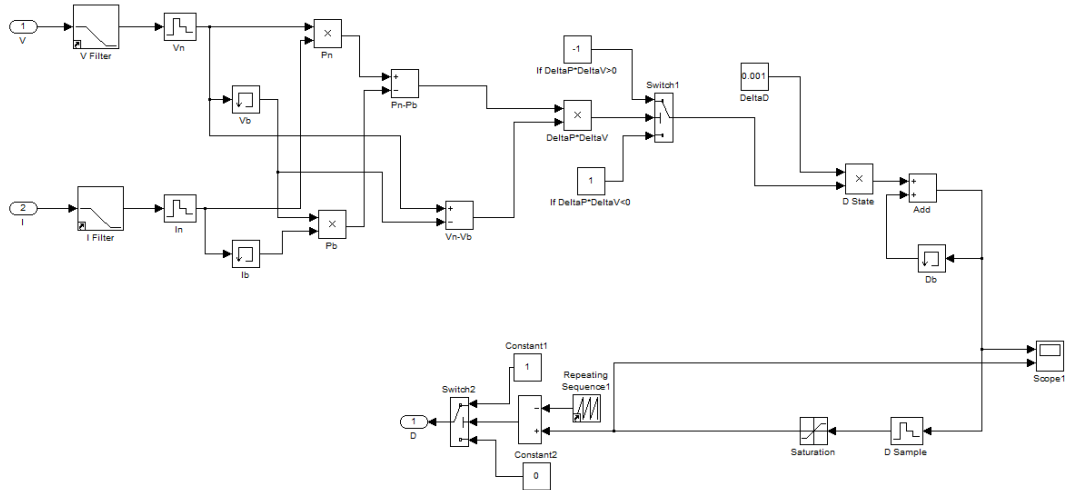
Tabel 5.1 menunjukkan peralatan, parameter, dan nilai simulasi integrasi tiga model pembangkit PV terhubung ke grid tiga fasa.

Tabel 5.1. Parameter Simulasi

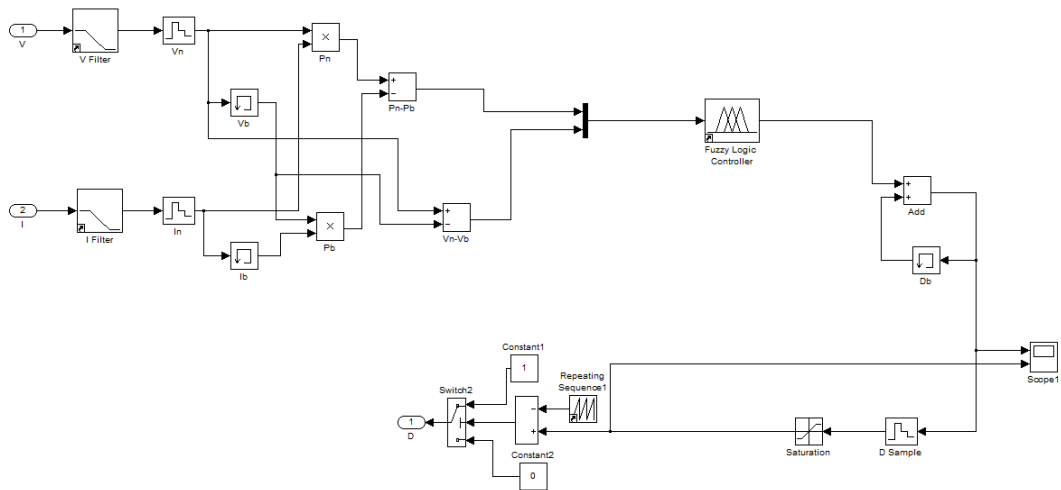
Peralatan	Parameter	Nilai
Pembangkit PV 1, 2, dan 3	Daya Suhu Radiasi	100 kW 40 ⁰ C 400, 600, 800, dan 1000 W/m ²
Grid tiga phasa	MVA Hubung Singkat Tegangan (phasa-phasa) Frekuensi	100 MVA 380 volt 50 Hz
Three Phase Distribution Transformer	Rating Daya Frekuensi Rating Tegangan	100 kVA 50 Hz 380 Volt/20 kV
Beban 1, 2, 3	Tipe Daya Aktif Tegangan Frekuensi	2 Kumparan 20 kW 380 Volt 50 Hz
Saluran Tegangan Rendah 1,2, dan 3	Resistansi Induktansi	R = 0,1273 Ohm/km L = 93,37 mH/km
Panjang Saluran Tegangan Rendah	Kapasitansi	C = 1,274 μ F/km
DC Link Kapasitor	Saluran 1	1 km
PWM Generator	Saluran 2	1 km
Setiap Pembangkit PV	Saluran 3	1 km
	Kapasitansi Frekuensi Sampling time	2000 μ F 4 kHz 5 x 10 ⁻⁶ detik
Fuzzy inference system	Metode	Mamdani
Model Fuzzy	Komposisi	Max-Min
Fungsi Membership Masukan	Delta Tegangan Delta Daya	gbellmf, trimf gbellmf, trimf
Fungsi Membership Keluaran	Delta duty cycle	trimf

5.2. Kendali MPPT Algoritma P and O dan MPPT Fuzzy

Tahap pertama penelitian adalah menentukan nilai *duty cycle* (D) dengan variabel step untuk mengendalikan rangkaian *boost converter* pada konverter DC/DC dengan algoritma MPPT P and O. Tahap selanjutnya adalah melakukan prosedur yang sama untuk menentukan nilai D, namun menggunakan Metode MPPT Fuzzy. Pertimbangan pemilihan metode Fuzzy MPPT adalah segi kecerdasan dan kecepatan. Metode MPPT Fuzzy dilakukan dengan cara menentukan variabel masukan kendali fuzzy yaitu daya keluaran ΔP dan tegangan keluaran ΔV pembangkit PV, tujuh variabel linguistik fuzzy sets, blok sistem operasi fuzzy (fuzzification, fuzzy rule base, dan defuzzification), Fungsi ΔP dan ΔV selama proses fuzzification, tabel fuzzy rule base, nilai crisp untuk menentukan *duty cycle* (D) pada fase defuzzification dengan variabel step untuk mengendalikan rangkaian *boost converter* pada konverter DC/DC. Gambar 5.3 dan 5.4 menunjukkan Model Matlab/Simulink untuk kendali MPPT P and O dan MPPT Fuzzy.

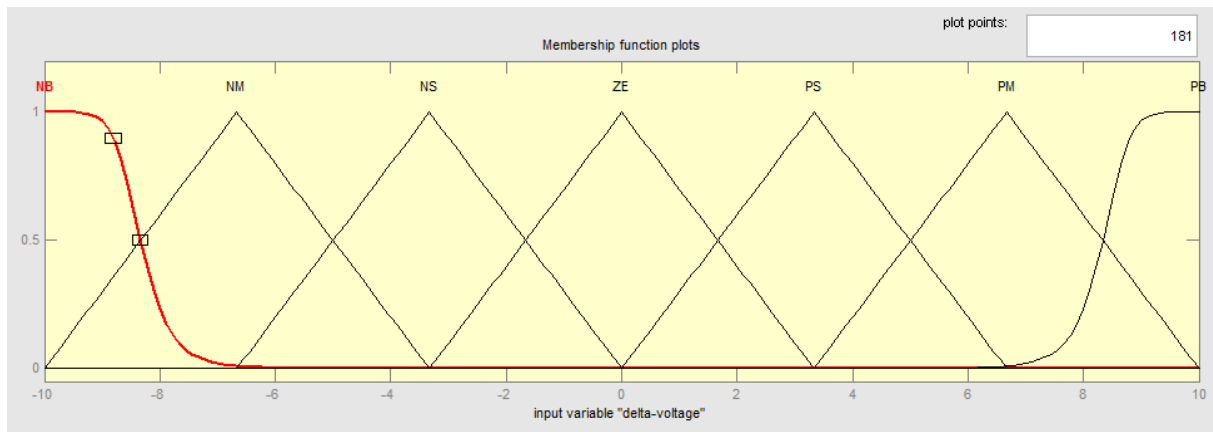


Gambar 5.3 Model Matlab/Simulink untuk kendali MPPT algoritma P and O

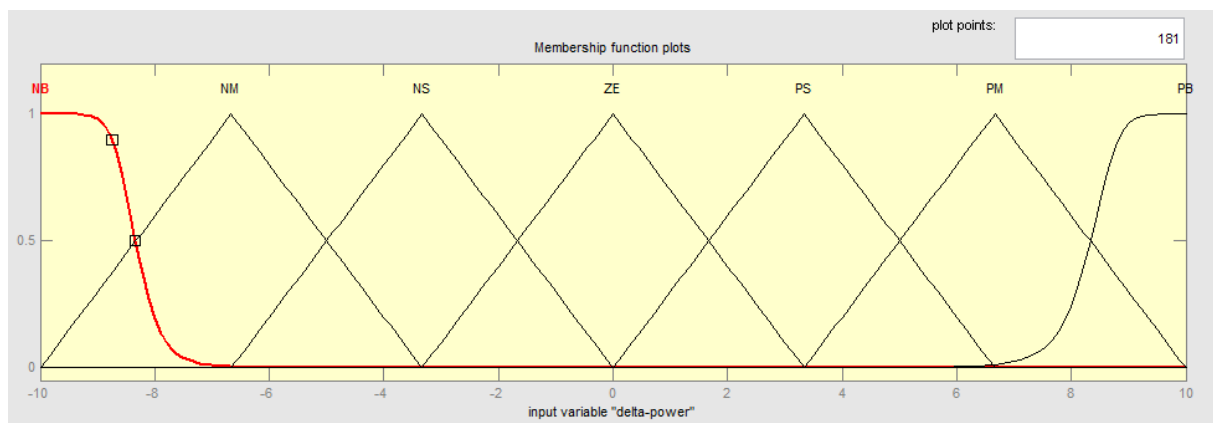


Gambar 5.4. Model Matlab/Simulink untuk MPPT kendali logika Fuzzy

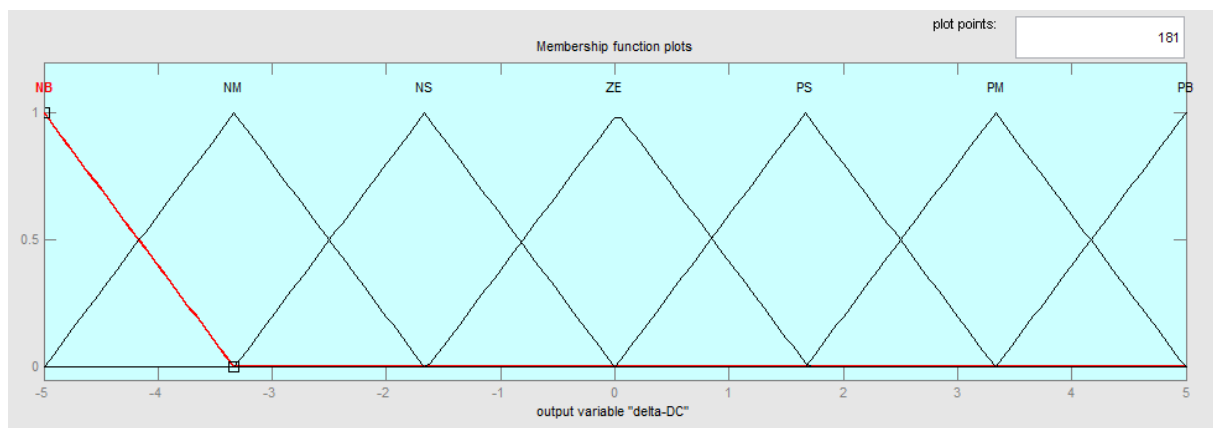
Pada tahap fuzzification, sejumlah variabel input dihitung dan dikonversi menjadi variabel linguistik berdasarkan subset yang disebut fungsi keanggotaan (*membership function*). Untuk menerjemahkan nilai perubahan tegangan dan perubahan daya, input fuzzy “perubahan tegangan” dan “perubahan daya” didesain menggunakan tujuh variabel fuzzy yang disebut PB (Positif Big), PM (Positif Medium), NS (Negatif Small), PS (Positif Small), ZE (Zero), NM (Negatif Medium), dan Negatif Big (NB). Perubahan tegangan (ΔV) dan perubahan daya (ΔP) adalah variabel input sistem yang diusulkan dan variabel output kendali logika fuzzy adalah perubahan nilai duty cycle (ΔD). Fungsi keanggotaan perubahan tegangan, perubahan daya, dan perubahan nilai duty cycle, masing-masing ditunjukkan pada Gambar 5.5 s/d 5.7. Batas fungsi keanggotaan input dan output yang diaplikasikan dalam sistem, ditentukan oleh pengetahuan sebelumnya mengenai variasi parameter sistem.



Gambar 5.5. Variabel input kendali logika fuzzy perubahan tegangan (delta voltage)



Gambar 5.6. Variabel input kendali logika fuzzy perubahan daya (delta power)



Gambar 5.7. Variabel output kendali logika fuzzy perubahan *duty cycle* (delta DC)

Algoritma aturan fuzzy mengumpulkan sejumlah aturan kendali fuzzy dalam urutan tertentu. Aturan ini digunakan untuk mengendalikan sistem untuk memenuhi persyaratan kinerja yang dikehendaki dan mereka dirancang dari sejumlah pengetahuan kendali cerdas sistem. Fuzzy inference dari kendali logika fuzzy menggunakan Metode Mamdani yang berhubungan dengan komposisi max-min. Sistem fuzzy inference dalam kendali logika fuzzy terdiri dari tiga bagian yaitu rule base, database, dan reasoning mechanism. Rule base terdiri dari sejumlah If-Then rule untuk operasi yang tepat dari kontroler. Bagian If dari rule disebut anteseden dan bagian Then disebut consequence. Sejumlah aturan ini dapat dianggap sebagai respon serupa yang dibuat oleh proses pemikiran manusia dan kontroler menggunakan variabel input linguistik, memperoleh setelah fuzzification untuk pengoperasian aturan-aturan tersebut. Database terdiri dari semua fungsi keanggotaan yang ditetapkan pengguna yang akan digunakan dalam sejumlah aturan tersebut. Reasoning mechanism pada dasarnya memproses aturan yang diberikan berdasarkan dengan aturan tertentu dan diberikan kondisi yang memberikan hasil yang dibutuhkan terhadap pengguna.

Setelah nilai ΔV dan ΔP ditentukan, nilai tersebut selanjutnya diubah ke variabel linguistik dan menggunakannya keduanya sebagai fungsi input bagi kendali logika fuzzy. Nilai output adalah ΔD yang dibangkitkan menggunakan blok inference dan aturan kendali logika fuzzy sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.2. Akhirnya blok defuzzification beroperasi untuk mengubah nilai ΔD yang dibangkitkan dari variabel linguistik menjadi variabel numerik kembali. Variabel numerik tersebut menjadi masukan bagi unit PWM supaya mampu membangkitkan sinyal masukan bagi sakelar IGBT boost converter dc-dc supaya mampu menentukan nilai MPPT pada masing-masing pembangkit PV secara akurat sekaligus mampu meningkatkan kualitas daya grid akibat integrasi tiga pembangkit PV ke grid tiga phasa tegangan rendah.

Tabel 5.2. Sejumlah aturan pada kendali logika fuzzy

ΔV	ΔP	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB		PB	PM	PS	NS	NS	NM	NB
NM		PM	PS	PS	NS	NS	NS	NM
NS		PS	PS	PS	NS	NS	NS	NM
ZE		NS	NS	PS	ZE	ZE	NS	NS
PS		NS	NS	NS	PS	PS	PS	PS
PM		NM	NM	NS	PS	PS	PS	PS
PB		NB	NB	NM	PS	PS	PM	PB

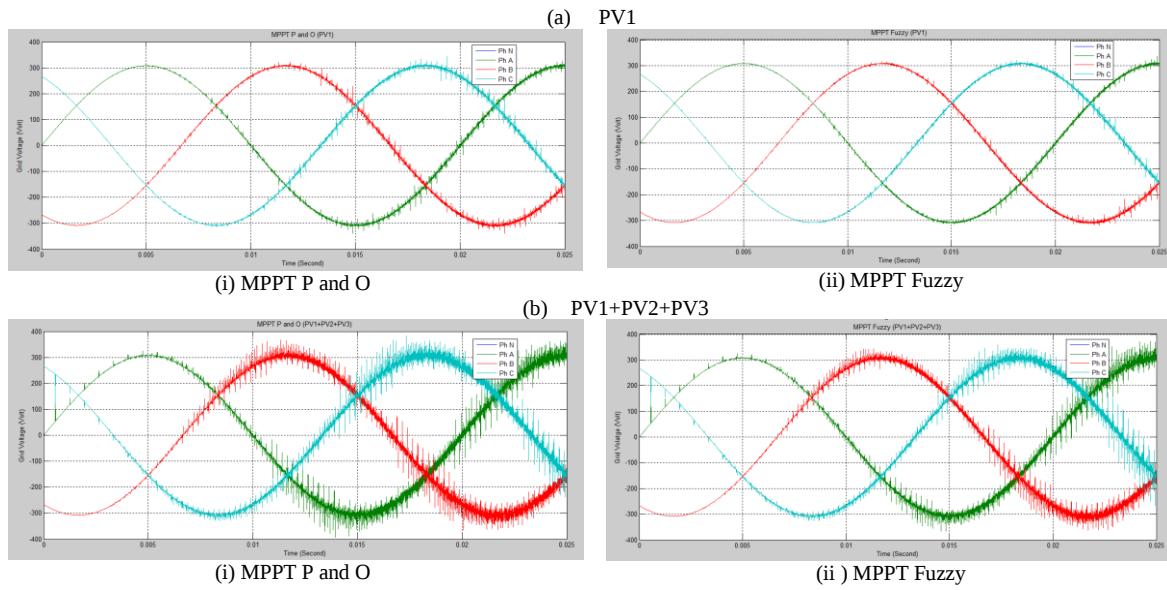
5.3. Hasil dan Pembahasan

Langkah berikutnya adalah menentukan tegangan maksimum dan minimum tegangan grid pada masing-masing fasa, nilai tegangan tidak seimbang menggunakan Persamaan 2.7, serta nilai THD tegangan pada grid tiga fasa di bus PCC menggunakan Metode MPPT P and O dan MPPT Fuzzy. Dengan menggunakan prosedur sama selanjutnya diperoleh nilai arus tidak seimbang, nilai THD arus, dan faktor daya masukan menggunakan Persamaan 2.8 berdasarkan nilai THD arus grid yang didapat sebelumnya. Tabel 5.3 menunjukkan nilai tegangan tidak seimbang dan THD tegangan grid pada tiga model integrasi pembangkit PV dan empat level radiasi berbeda terhubung ke grid tiga fasa menggunakan metode MPPT P and O dan MMPT Fuzzy.

Tabel 5.3. Tegangan tidak seimbang dan THD tegangan grid pada tiga model integrasi pembangkit PV terhubung pada grid tiga fasa

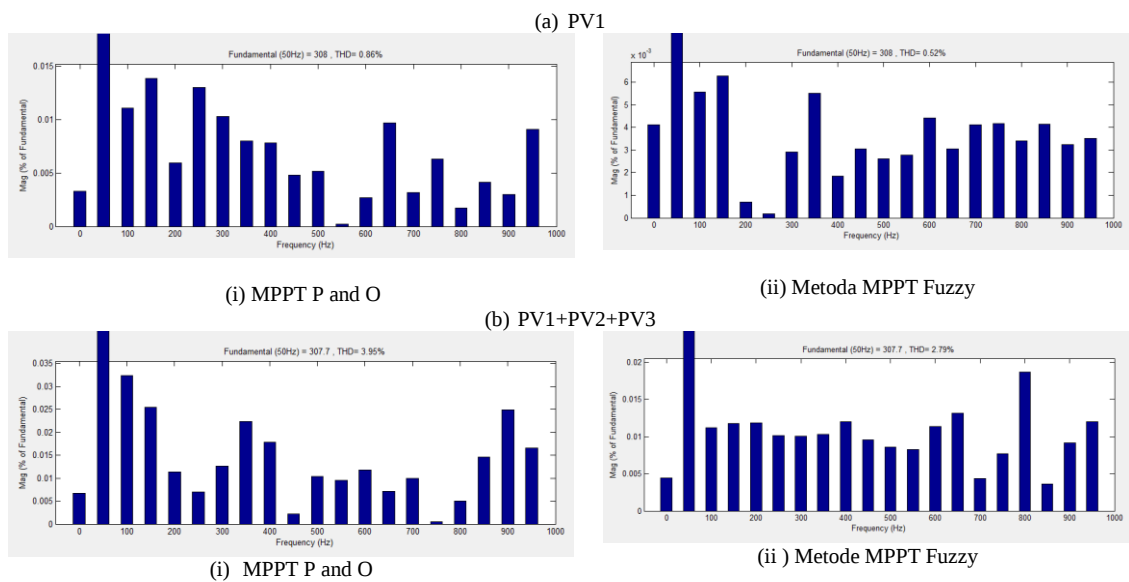
No.	Level Radiasi (W/m ²)	Penetrasi PV	Tegangan Fasa Maks (V)			Tegangan Tak Seimbang (%)	THD _v (%)			THD _v Rata2 (%)
			A	B	C		A	B	C	
			Metode MPPT P and O							
1	400	PV ₁	308	308	308	0	0.54	0.51	0.49	0.52
		PV ₁ + PV ₂	308	308	308	0	0.90	0.87	0.97	0.92
		PV ₁ + PV ₂ + PV ₃	310	310	310	0	2.68	2.58	2.63	2.63
2	600	PV ₁	308	308	308	0	0.78	0.73	0.65	0.72
		PV ₁ + PV ₂	308	308	308	0	1.13	1.22	1.39	1.25
		PV ₁ + PV ₂ + PV ₃	310	310	310	0	3.71	3.62	3.54	3.63
3	800	PV ₁	308	308	308	0	0.94	0.86	0.84	0.88
		PV ₁ + PV ₂	308	308	308	0	1.60	1.50	1.54	1.55
		PV ₁ + PV ₂ + PV ₃	310	310	310	0	4.11	4.17	4.05	4.11
4	1000	PV ₁	308	308	308	0	0.86	0.83	0.79	0.83
		PV ₁ + PV ₂	308	308	308	0	1.45	1.49	1.59	1.51
		PV ₁ + PV ₂ + PV ₃	310	310	310	0	3.95	3.92	3.84	3.91
			Metode MPPT Fuzzy							
1	400	PV ₁	308	308	308	0	0.25	0.23	0.21	0.23
		PV ₁ + PV ₂	308	308	308	0	0.38	0.42	0.43	0.41
		PV ₁ + PV ₂ + PV ₃	308	308	308	0	1.80	1.56	1.74	1.70
2	600	PV ₁	308	308	308	0	0.35	0.30	0.28	0.31
		PV ₁ + PV ₂	308	308	308	0	0.53	0.51	0.60	0.55
		PV ₁ + PV ₂ + PV ₃	308	308	308	0	2.11	1.90	2.06	2.03
3	800	PV ₁	308	308	308	0	0.38	0.34	0.32	0.35
		PV ₁ + PV ₂	308	308	308	0	0.61	0.60	0.70	0.64
		PV ₁ + PV ₂ + PV ₃	308	308	308	0	2.49	2.09	2.39	2.33
4	1000	PV ₁	308	308	308	0	0.52	0.48	0.44	0.48
		PV ₁ + PV ₂	308	308	308	0	0.85	0.80	0.93	0.86
		PV ₁ + PV ₂ + PV ₃	308	308	308	0	2.79	2.80	2.68	2.76

Gambar 5.8 menunjukkan tegangan grid pada dua model integrasi pembangkit PV terhubung grid tiga fasa (radiasi matahari 1000 W/m²) di bus PCC menggunakan metode (i) MPPT P and O dan (ii) MPPT Fuzzy.



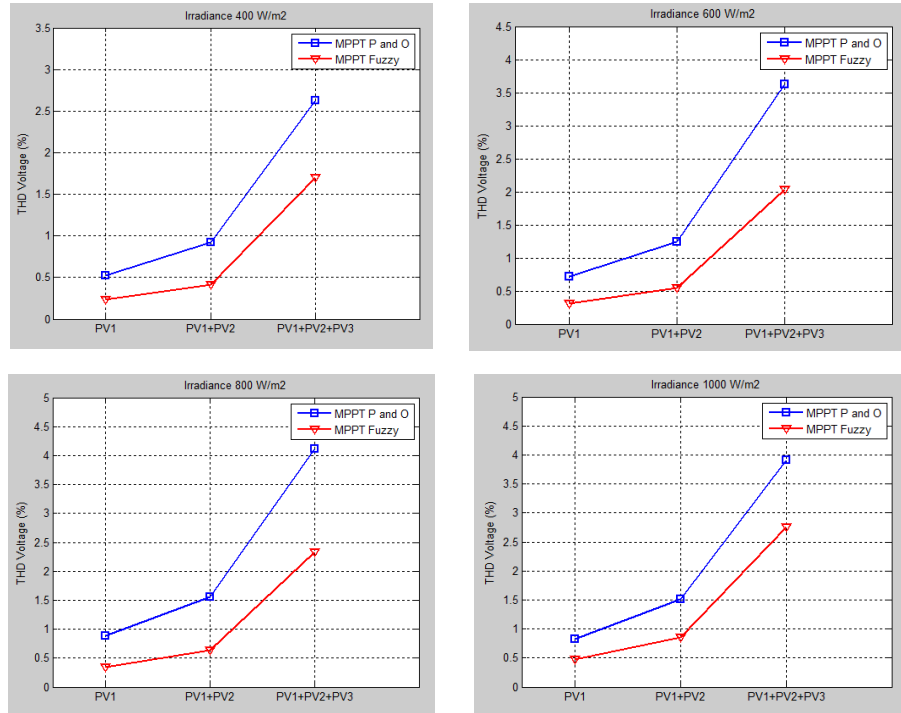
Gambar 5.8. Hasil simulasi tegangan grid pada dua model integrasi PV terhubung grid tiga fasa (radiasi matahari 1000 W/m^2)

Gambar 5.9 menunjukkan spektrum harmonisa tegangan grid fasa A pada dua model integrasi pembangkit PV terhubung grid tiga fasa (radiasi matahari 1000 W/m^2) di bus *PCC* menggunakan metode (i) MMPT P and O dan (ii) MMPT Fuzzy.



Gambar 5.9. Spektrum harmonisa tegangan grid fasa A pada dua model integrasi PV terhubung grid tiga fasa (radiasi matahari 1000 W/m^2)

Gambar 5.10 menunjukkan grafik nilai harmonisa (THD) tegangan rata-rata pada tiga model integrasi pembangkit PV dan empat level radiasi matahari terhubung grid tiga fase di bus PCC menggunakan metode (i) MPPT P and O dan (ii) MPPT Fuzzy.



Gambar 5.10. Grafik harmonisa tegangan grid pada tiga model integrasi PV terhubung grid tiga fase (radiasi matahari 400 s/d 1000 W/m²)

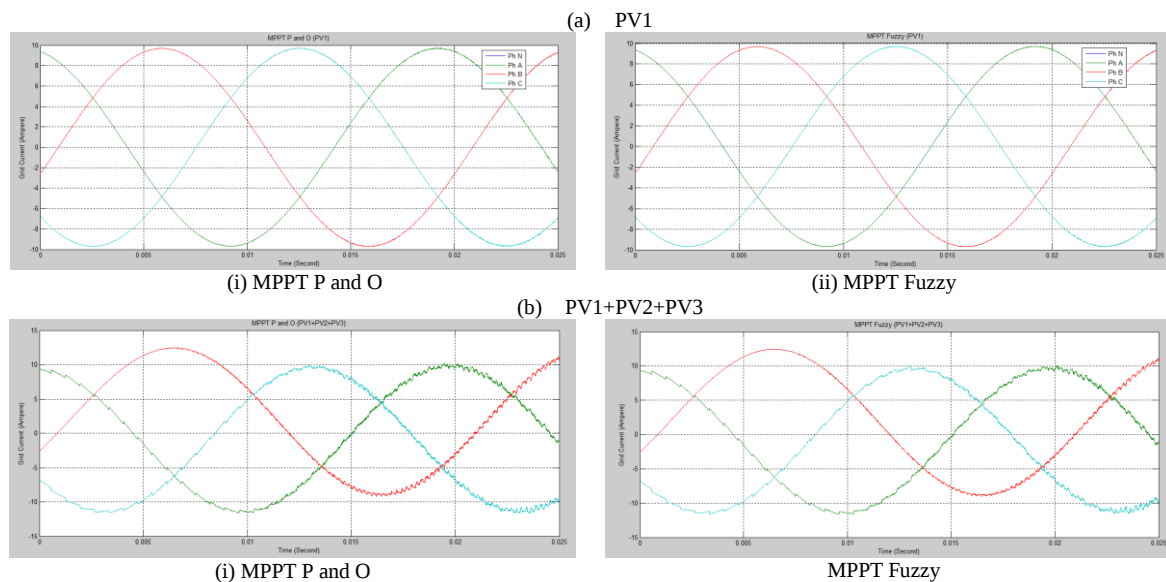
Tabel 5.4. menunjukkan nilai arus tidak seimbang, THD arus grid, dan faktor daya masukan pada tiga model integrasi pembangkit PV dan empat level radiasi berbeda terhubung ke grid tiga fase menggunakan metode MPPT P and O dan MMPT Fuzzy.

Tabel 5.4. Arus tidak seimbang, THD arus grid, dan factor daya masukan pada tiga model integrasi pembangkit PV terhubung pada grid tiga fase

No	Level Radiasi (W/m ²)	Penetrasi PV	Arus Phasa Maks (A)			Arus Tak Seimbang (%)	THD ₁ (%)			THD ₁ Rata2 (%)	PF Rata2 (%)
			A	B	C		A	B	C		
			Metode MPPT P and O								
1	400	PV ₁	9.69	9.69	9.69	0	0.07	0.08	0.06	0.07	99.999
		PV ₁ + PV ₂	9.60	9.50	9.80	1.7300	0.24	0.24	0.34	0.28	99.999
		PV ₁ + PV ₂ + PV ₃	12.5	10.0	10.0	15.385	2.01	1.27	1.69	1.66	99.986
2	600	PV ₁	9.70	9.70	9.70	0	0.10	0.11	0.10	0.11	99.999
		PV ₁ + PV ₂	9.60	9.50	9.80	1.7300	0.35	0.24	0.39	0.33	99.999
		PV ₁ + PV ₂ + PV ₃	12.5	10.0	10.0	15.385	2.24	1.48	1.83	1.85	99.983
3	800	PV ₁	9.70	9.70	9.70	0	0.13	0.14	0.13	0.13	99.999
		PV ₁ + PV ₂	9.60	9.50	9.80	1.7300	0.44	0.31	0.40	0.38	99.999
		PV ₁ + PV ₂ + PV ₃	12.5	10.0	10.0	15.385	2.28	1.56	1.93	1.93	99.982
4	1000	PV ₁	9.70	9.70	9.70	0	0.12	0.14	0.13	0.13	99.999
		PV ₁ + PV ₂	9.60	9.50	9.80	1.7300	0.39	0.32	0.41	0.38	99.999

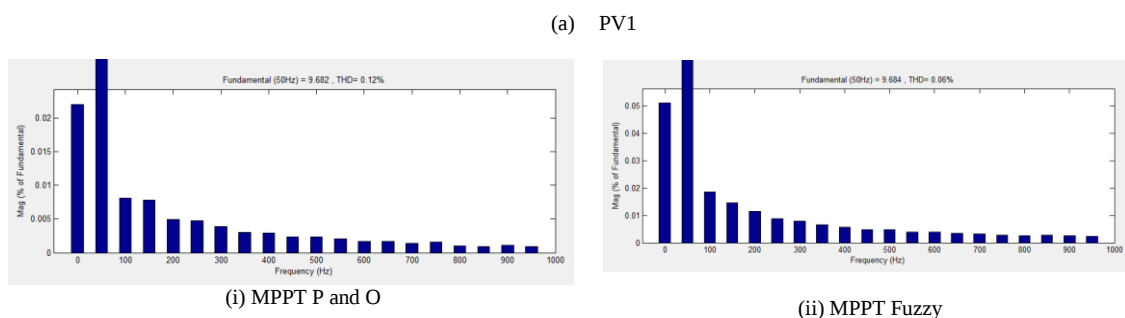
		PV ₁ + PV ₂ + PV ₃	12.5	10.0	10.0	15.385	2.31	1.61	1.85	1.93	99.982
		Metode MPPT-Fuzzy									
1	400	PV ₁	9.68	9.69	9.70	0.1032	0.06	0.05	0.02	0.04	99.999
		PV ₁ + PV ₂	9.50	9.40	9.70	1.7480	0.12	0.32	0.34	0.26	99.999
		PV ₁ + PV ₂ + PV ₃	12.5	9.50	9.50	19.048	1.79	1.19	1.57	1.52	99.988
2	600	PV ₁	9.68	9.69	9.70	0.1032	0.06	0.06	0.03	0.05	99.999
		PV ₁ + PV ₂	9.60	9.40	9.70	1.3940	0.15	0.30	0.34	0.26	99.999
		PV ₁ + PV ₂ + PV ₃	12.5	9.50	9.50	19.048	1.87	1.18	1.60	1.55	99.988
3	800	PV ₁	9.68	9.69	9.70	0.1032	0.06	0.06	0.03	0.05	99.999
		PV ₁ + PV ₂	9.68	9.40	9.70	1.3940	0.16	0.29	0.35	0.26	99.999
		PV ₁ + PV ₂ + PV ₃	12.5	9.50	9.50	19.048	1.65	0.86	1.69	1.40	99.990
4	1000	PV ₁	9.68	9.69	9.70	0.1032	0.06	0.08	0.05	0.06	99.999
		PV ₁ + PV ₂	9.60	9.40	9.70	1.3940	0.21	0.23	0.32	0.26	99.999
		PV ₁ + PV ₂ + PV ₃	12.5	9.50	9.50	19.048	2.06	1.26	1.70	1.68	99.986

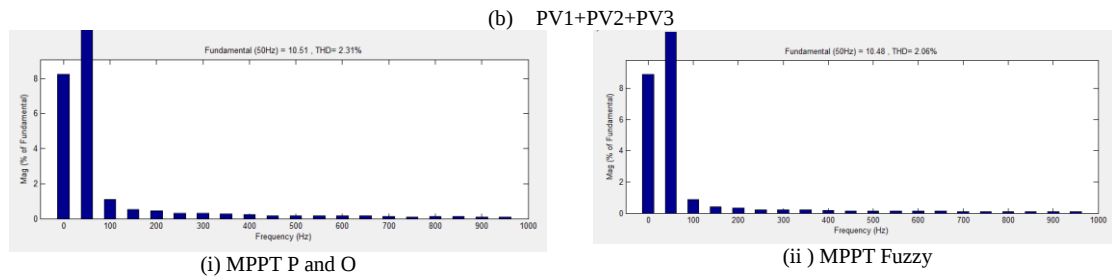
Gambar 5.11 menunjukkan kurva arus grid pada dua model integrasi pembangkit PV terhubung grid tiga fase (radiasi matahari 1000 W/m²) di bus PCC menggunakan metode (i) MPPT P and O dan (ii) MMPT Fuzzy.



Gambar 4.9. Hasil simulasi arus grid pada dua model penetrasi PV terhubung grid tiga fase (radiasi matahari 1000 W/m²)

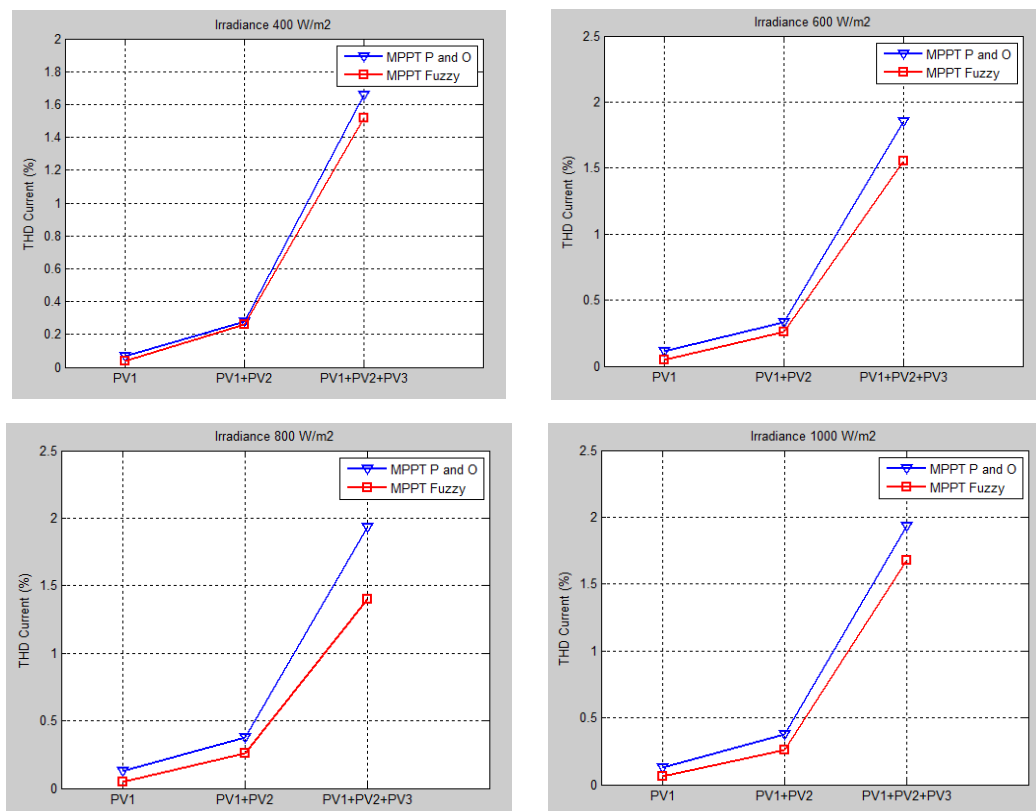
Gambar 5.12 menunjukkan spektrum harmonisa arus grid fase A pada dua model integrasi pembangkit PV terhubung grid tiga fase (radiasi matahari 1000 W/m²) di bus PCC menggunakan metode (i) MPPT P and O dan (ii) MPPT Fuzzy.





Gambar 5.12. Spektrum harmonisa arus grid fase A pada dua model penetrasi PV terhubung grid tiga fase (radiasi matahari 1000 W/m^2)

Gambar 5.13. menunjukkan grafik nilai harmonisa (THD) arus rata-rata pada tiga model integrasi pembangkit PV dan empat level radiasi matahari terhubung grid tiga fase di bus *PCC* menggunakan metode (i) MPPT P and O dan (ii) MPPT Fuzzy.



Gambar 5.13. Grafik harmonisa arus grid pada tiga model penetrasi PV terhubung grid tiga fase (radiasi matahari 400 s/d 1000 W/m^2)

Berdasarkan Tabel 5.3 diperoleh bahwa nilai tegangan grid sebelum menggunakan Metode P and O pada kondisi hanya terhubung satu pembangkit (PV1) dan dua pembangkit (PV1+PV2) masih stabil masing-masing 308 Volt. Namun jika pembangkit PV yang terhubung pada grid tiga fasa, berjumlah tiga pembangkit PV1+PV2+PV3) maka tegangan grid pada bus PCC naik menjadi 310 atau 0.65%. Metode P and O menghasilkan nilai tegangan tidak seimbang untuk semua level radiasi (400%, 600%, 800%, 1000%) dan integrasi (PV1, PV1+PV2, dan PV1+PV2+PV3) sebesar 0%. Penggunaan Metode MPPT Fuzzy menunjukkan bahwa tegangan grid pada setiap fasa untuk semua level radiasi dan integrasi pembangkit nilainya stabil 308 volt dan tegangan tidak seimbang 0%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan kedua metode tidak terlalu berdampak signifikan terhadap perubahan nilai tegangan tidak seimbang. Jika menggunakan Metode MPPT P and O, maka THD tegangan grid rata-rata terbesar dihasilkan pada kondisi tiga pembangkit PV terhubung pada grid tiga fasa (PV1+PV2+PV3) dan level radiasi 800 W/m² sebesar 4.11%. Nilai THD tegangan grid rata-rata terkecil dihasilkan pada kondisi satu pembangkit PV terhubung pada grid tiga fasa (PV1) dan level radiasi 400 W/m² sebesar 0.52%. Jika menggunakan Metoda MPPT Fuzzy, THD tegangan grid rata-rata terbesar dihasilkan pada kondisi tiga pembangkit PV terhubung pada grid tiga fasa (PV1+PV2+PV3) dan level radiasi 1000 W/m² sebesar 2.76 %. Nilai THD tegangan grid rata-rata terkecil dihasilkan pada kondisi satu pembangkit PV terhubung pada grid tiga fasa (PV1) dan level radiasi 400 W/m² sebesar 0.23%. Berdasarkan Gambar 4.6 dan 4.7 diperoleh bahwa pada tingkat radiasi matahari tetap, semakin banyak jumlah pembangkit PV terhubung ke grid tiga fasa, maka nilai THD tegangan semakin besar. Gambar 4.8 juga menunjukkan bahwa pada level radiasi matahari semakin meningkat baik menggunakan metode MPPT P and O dan MPPT Fuzzy, maka nilai THD rata-rata tegangan grid juga akan semakin meningkat. Nilai THD rata-rata tegangan grid nilainya berkurang setelah menggunakan Metode MPPT Fuzzy. Dengan demikian penggunaan metode logika fuzzy untuk kendali MPPT mampu memperbaiki profil THD tegangan grid akibat integrasi pembangkit PV pada grid tiga fasa.

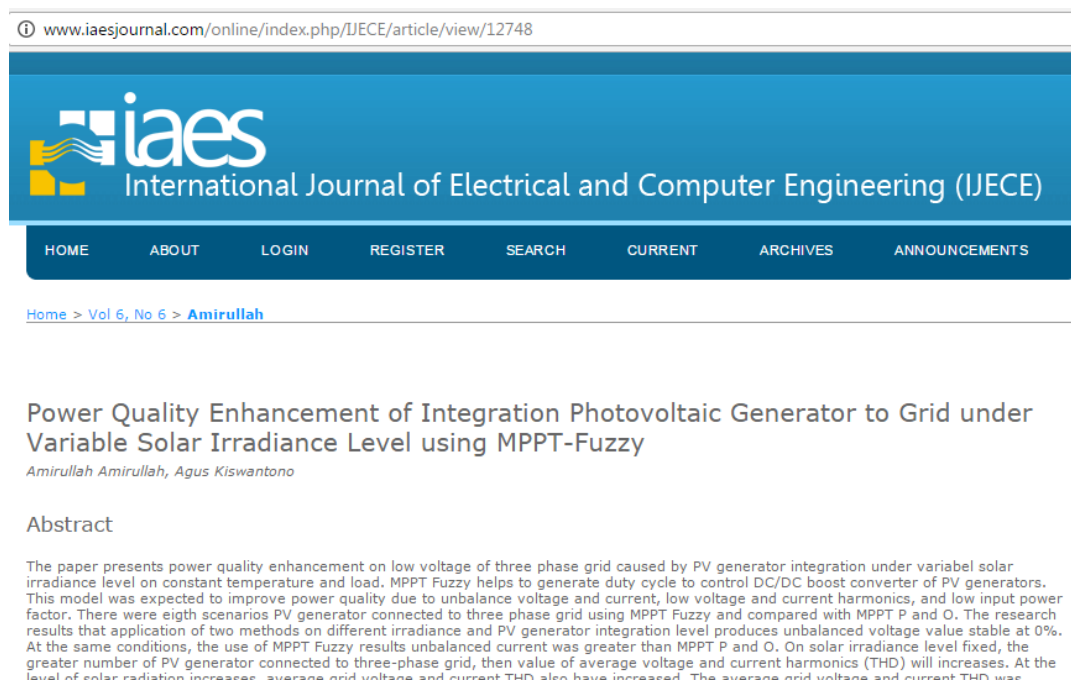
Berdasarkan Tabel 5.4 diperoleh bahwa penggunaan Metode P and O menghasilkan nilai arus tidak seimbang untuk semua level radiasi (400%, 600%, 800%, 1000%) dan integrasi (PV1+PV2+PV3) mulai 0%, 1.73%, dan 15.385%. Kondisi yang sama jika menggunakan Metode MPPT Fuzzy menghasilkan peningkatan nilai arus tidak seimbang mulai 0.1032%, 1.3940%, dan 19.048%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan

Metode MPPT Fuzzy menghasilkan nilai arus tidak seimbang lebih besar dibandingkan Metode MPPT P and O. Jika menggunakan Metode MPPT P and O, maka THD tegangan grid rata-rata terbesar dihasilkan pada kondisi tiga pembangkit PV terhubung pada grid tiga phasa (PV1+PV2+PV3) dan level radiasi 800 W/m^2 sebesar 1.93%. Nilai THD tegangan grid rata-rata paling kecil dihasilkan pada kondisi satu pembangkit PV terhubung pada grid tiga phasa (PV1) dan level radiasi 400 W/m^2 sebesar 0.07%. Jika menggunakan Metoda MPPT Fuzzy, THD arus grid rata-rata terbesar dihasilkan pada kondisi tiga pembangkit PV terhubung pada grid tiga phasa (PV1+PV2+PV3) dan level radiasi 1000 W/m^2 sebesar 1.68%. Nilai THD arus grid rata-rata paling kecil dihasilkan pada kondisi satu pembangkit PV terhubung pada grid tiga phasa (PV1) dan level radiasi 400 W/m^2 sebesar 0.04%. Metode MPPT Fuzzy mampu memperbaiki nilai faktor daya masukan lebih baik dibandingkan Metode MPPT P and O. Gambar 4.9 dan 4.10 menunjukkan bahwa pada tingkat radiasi matahari tetap, semakin banyak jumlah pembangkit PV terhubung ke grid tiga phasa, maka nilai THD arus semakin besar. Gambar 4.11 juga menunjukkan bahwa pada level radiasi matahari semakin meningkat baik menggunakan metode MPPT P and O dan MPPT Fuzzy, maka nilai THD rata-rata arus grid juga semakin meningkat. Nilai THD rata-rata arus grid nilainya berkurang setelah menggunakan Metode MPPT Fuzzy. Dengan demikian penggunaan metode logika fuzzy untuk kendali MPPT mampu memperbaiki profil THD arus grid akibat integrasi sejumlah pembangkit PV pada grid tiga phasa.

5.4. Luaran yang Dicapai Penelitian Tahun Pertama (2016)

1. Model matematis, rangkaian pembangkit PV, kendali tegangan, daya, dan level radiasi pada sistem pembangkit PV menggunakan kendali MPPT Fuzzy, serta konverter pembangkit PV menggunakan algoritma PWM.
2. Model kendali MPPT Fuzzy dan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada kondisi pada tingkat suhu sama serta radiasi dan integrasi PV berbeda menggunakan Matlab/Simulink divalidasi dengan Metode MPPT P and O.
3. Pengembangan model pembangkit PV terhubung ke grid berbasis metode kecerdasan buatan MPPT Fuzzy pada tingkat suhu sama serta radiasi dan integrasi PV berbeda berdasarkan parameter nilai tegangan dan arus tidak seimbang, THD tegangan dan arus bus PCC, serta faktor daya masukan berdasarkan Standar ANSI/IEEE 241-1990, IEEE 519, dan PLN.

4. Publikasi penelitian hibah bersaing tahun pertama (2016) berjudul “Power Quality Enhancement of Integration Photovoltaic Generator to Grid under Variable Solar Irradiance Level using MPPT-Fuzzy” di International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE) Volume 6 Nomor 6 Desember 2016, Publisher IAEAS (Indexed Scopus Q3). Status makalah sudah diterima dan dapat diakses secara online di alamat <http://www.iaesjournal.com/online/index.php/IJECE/article/view/12748>.



Gambar 5.14. Publikasi hasil PHB Tahun Pertama (2016) di Jurnal Internasional IJECE



Gambar 5.15. Jurnal Internasional IJECE dengan H-Indeks 2

www.scimagojr.com/journalrank.php?country=ID												
4	Teikomnika	journal	0.211 Q3	8	93	325	1608	116	324	0.27	17.29	
5	Bulletin of Chemical Reaction Engineering and Catalysis	journal	0.192 Q4	6	38	81	940	42	75	0.46	24.74	
6	Biodiversitas	journal	0.173 Q4	2	44	37	1918	9	37	0.24	43.59	
7	Journal of ICT Research and Applications	journal	0.169 Q3	16	40	388	11	40	0.35	24.25		
8	International Journal of Electrical and Computer Engineering	journal	0.164 Q3	2	177	108	3478	38	108	0.35	19.65	
9	Indonesian Journal of Chemistry	journal	0.157 Q4	3	43	131	1120	42	127	0.27	26.05	

Gambar 5.16. Jurnal Internasional IJECE Terindeks di Scopus Q3 berdasarkan
<http://www.scimagojr.com/journalrank.php?country=ID>

BAB 6

RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

6.1. Rencana Penelitian Tahun Kedua (Tahun 2017)

Berdasarkan proposal dan capaian hasil sebelumnya, maka penelitian hibah bersaing tahun pertama (2016) akan dilanjutkan ke tahun kedua (2017). Pada tahun kedua penelitian akan dilanjutkan pada aspek uji laboratorium pengembangan model pembangkit photovoltaic (PV) terhubung grid terhadap kualitas daya pada jaringan distribusi tegangan rendah menggunakan metode kecerdasan buatan fuzzy MPPT. Target luaran penelitian tahun kedua adalah hasil pengujian laboratorium pengembangan model pembangkit PV terhubung grid terhadap kualitas daya pada jaringan distribusi tegangan rendah menggunakan metode kecerdasan buatan Fuzzy MPPT. Penjelasan lengkap tentang rencana penelitian tahun kedua ditunjukkan pada bagan alir sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.1. Rincian metode penelitian kedua ditunjukkan pada Tabel 6.1.

ASPEK YANG DITELITI

Tahun II: Uji Laboratorium Pengembangan Model Pembangkit Photovoltaic (PV) Terhubung Grid Terhadap Kualitas Daya Pada Jaringan Distribusi Tegangan Rendah menggunakan Metode Kecerdasan Buatan Fuzzy MPPT.

Aspek yang diteliti: (1) Melakukan uji laboratorium kendali tegangan, arus, dan level radiasi pada sistem pembangkit PV menggunakan Kendali Fuzzy MPPT, (2) Melakukan uji laboratorium penyearah pembangkit PV menggunakan algoritma PWM, (3) Melakukan uji laboratorium kendali Fuzzy MPPT dan P and O dengan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada kondisi tingkat radiasi, suhu, dan integrasi berbeda pada saluran distribusi tegangan rendah, (4) Validasi hasil pengujian laboratorium terhadap hasil simulasi kendali Fuzzy MPPT dan P and O dengan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid menggunakan Matlab/Simulink.

TARGET LUARAN YANG DICAPAI

Tahun II: Hasil Pengujian Laboratorium Pengembangan Model Pembangkit Photovoltaic (PV) Terhubung Grid Terhadap Kualitas Daya Pada Jaringan Distribusi Tegangan Rendah dengan Metode Kecerdasan Buatan Fuzzy MPPT.

Target Luaran: (1) Hasil uji laboratorium kendali tegangan, arus, dan level radiasi pada sistem pembangkit PV menggunakan Kendali Fuzzy MPPT, (2) Hasil uji laboratorium penyearah pembangkit PV menggunakan algoritma PWM, (3) Hasil uji laboratorium kendali Fuzzy MPPT dan P and O dengan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada kondisi tingkat radiasi, suhu, dan integrasi berbeda pada saluran distribusi tegangan rendah, (4) Hasil validasi hasil pengujian laboratorium terhadap hasil simulasi kendali Fuzzy MPPT dan P and O dengan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid menggunakan Matlab/Simulink, (5) Mempublikasikan hasil penelitian pada Jurnal Internasional terindeks Scopus.

HASIL YANG DICAPAI DARI KEGIATAN PENELITIAN HIBAH BERSAING (TAHUN 2016 DAN 2017)

1. Uji laboratorium kendali tegangan, arus, dan level radiasi pada sistem pembangkit PV terhubung ke grid pada jaringan distribusi tegangan rendah beban perumahan menggunakan kendali Fuzzy MPPT.
2. Uji laboratorium penyearah pembangkit PV terhubung ke grid menggunakan algoritma PWM pada inverter.
3. Uji laboratorium kendali Fuzzy MPPT dan teknik penyearah algoritma PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid kondisi tingkat radiasi, suhu, dan integrasi berbeda pada saluran distribusi tegangan rendah.
4. Validasi hasil pengujian laboratorium terhadap hasil simulasi kendali Fuzzy MPPT dan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid menggunakan Matlab/Simulink.
5. Publikasi artikel ilmiah di Jurnal Internasional Terindeks Scopus.

Gambar 6.1. Bagan Alir Penelitian Tahun Kedua (2017)

Tabel 6.1. Rincian Metode Penelitian Kedua

Pelaksanaan Penelitian	Rancangan	Metode Penelitian	Indikator Capaian
TAHUN II			
(1) Melakukan uji laboratorium kendali daya, tegangan, dan level radiasi pada sistem pembangkit PV menggunakan Kendali Fuzzy MPPT dan P and O.	Uji laboratorium kendali tegangan, arus, dan level radiasi pada sistem pembangkit PV menggunakan Kendali Fuzzy MPPT dan P and O.	<u>Metode Penelitian</u> (1) Daya dan tegangan keluaran DC pembangkit PV dideteksi oleh sensor daya dan tegangan yang selanjutnya menjadi input kendali Fuzzy MPPT, (2) Sinyal keluaran dari kendali Fuzzy MPPT selanjutnya masuk ke converter analog/digital (A/D), (3) Sinyal keluaran dari konverter A/D digabungkan dengan komputer PC yang menyimpan Program Matlab/Simulink melalui PCI-1711, (4) Dari PCI-1711 sinyal masuk ke mikrokontroler dan gate driver tegangan untuk menghasilkan nilai duty cycle (D) yang berfungsi mengendalikan tegangan masukan konverter DC/DC, (5) Nilai duty cycle juga akan mengatur tegangan keluaran konverter DC/DC yang akan menjadi masukan bagi inverter DC ke AC (IGBT) dan untuk menjaga tegangan keluaran konverter DC/DC supaya tetap konstan.	Diperoleh hasil uji laboratorium yaitu daya dan tegangan tegangan keluaran DC dan level radiasi pada sistem pembangkit PV menggunakan Kendali Fuzzy MPPT dan P and O.
(2) Melakukan uji laboratorium penyearah pembangkit PV menggunakan PWM Inverter.	Uji laboratorium penyearah pembangkit PV menggunakan PWM Inverter.	<u>Metode Penelitian</u> (1) Pengujian memerlukan pembuatan inverter DC/AC tiga fasa dengan komponen saklar berupa komponen IGBT dengan kapasitor pada sisi masukan, (2) Dari kapasitor selanjutnya dihubungkan kendali pensaklaran menggunakan algoritma PWM.	Diperoleh hasil uji laboratorium yaitu tegangan output konverter DC/DC dari pembangkit PV yang sekaligus menjadi masukan bagi inverter DC/AC algoritma PWM.
(3) Melakukan uji laboratorium kendali Fuzzy MPPT dan P and O dengan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada kondisi tingkat radiasi, suhu, dan integrasi berbeda pada saluran	Uji laboratorium kendali Fuzzy MPPT dan P and O dengan teknik penyearah SVPWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada kondisi tingkat radiasi, suhu, dan integrasi berbeda pada saluran distribusi	<u>Metode Penelitian</u> Melakukan uji laboratorium dengan menggabungkan kendali Fuzzy MPPT dan P and O pensaklaran inverter DC/AC menggunakan algoritma PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada kondisi pada saluran tingkat radiasi, suhu, dan integrasi berbeda pada saluran distribusi	Diperoleh hasil uji laboratorium yaitu: nilai perubahan tegangan bus beban, arus saluran, harmonisa (THD) tegangan bus PCC, THD tegangan, dan THD arus saluran di sisi jaringan distribusi tegangan rendah pada model

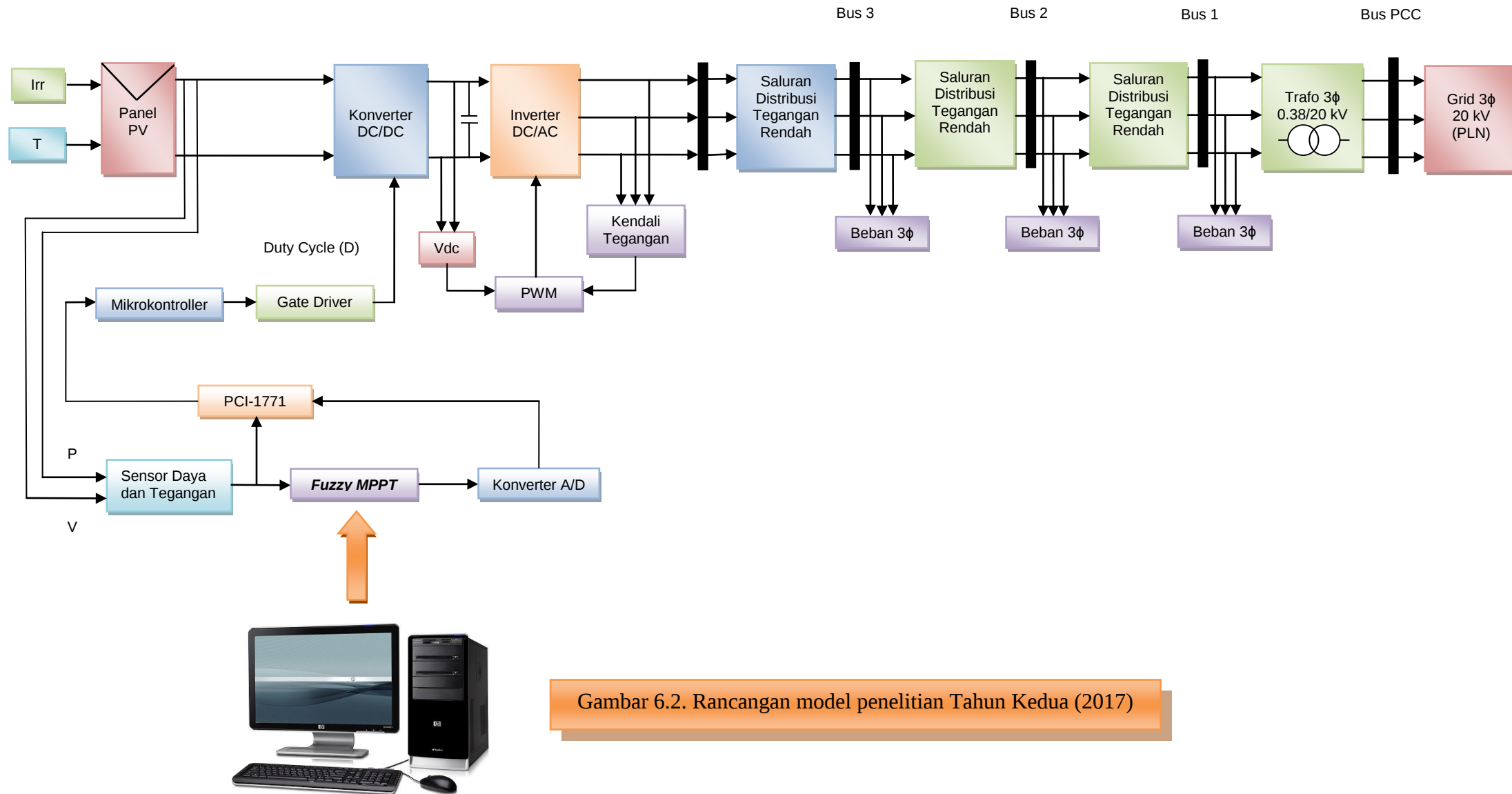
distribusi tegangan rendah.	tegangan rendah.	tegangan rendah.	pembangkit PV terhubung ke grid berdasarkan Standar ANSI/IEEE 241-1990 (tegangan/arus tidak seimbang), Standar IEEE 519 (harmonisa), dan Standar PLN (Faktor Daya).
(4) Melakukan validasi hasil pengujian laboratorium terhadap hasil simulasi kendali Fuzzy MPPT dan P and O dengan teknik penyearah algoritma PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid menggunakan Matlab/Simulink.	Validasi hasil pengujian laboratorium terhadap hasil simulasi kendali Fuzzy MPPT dan P and O dengan teknik penyearah algoritma PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid.	Metode Penelitian Melakukan validasi hasil pengujian laboratorium secara real time terhadap hasil simulasi kendali Fuzzy MPPT dan algoritma PWM inveter DC/AC pada pembangkit PV terhubung ke grid menggunakan Matlab/Simulink (hasil penelitian Tahun I) pada kondisi tingkat radiasi, suhu, dan integrasi berbeda pada saluran distribusi tegangan rendah.	Diperoleh validasi hasil pengujian laboratorium secara real time terhadap hasil simulasi kendali Fuzzy MPPT dan P and O dengan teknik penyearah algoritma PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid menggunakan Matlab/Simulink (hasil penelitian Tahun I), untuk mengetahui akurasi hasil simulasi terhadap hasil pengujian skala laboratorium pada tingkat radiasi, suhu, dan integrasi berbeda pada saluran distribusi tegangan rendah.

6.2. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bhayangkara Surabaya.

6.3. Metode Penelitian Tahun Kedua

Gambar 6.2 menunjukkan rancangan model penelitian Tahun Kedua (Tahun 2017).



Gambar 6.2. Rancangan model penelitian Tahun Kedua (2017)

1. Uji laboratorium tentang kendali daya, tegangan, dan level radiasi pada sistem pembangkit PV menggunakan Kendali Fuzzy MPPT

Metode penelitian pada tahap ini meliputi; (1) Daya dan tegangan keluaran DC pembangkit PV dideteksi oleh sensor daya dan tegangan yang selanjutnya menjadi input kendali Fuzzy MPPT, (2) Sinyal keluaran dari kendali Fuzzy MPPT selanjutnya masuk ke converter analog/digital (A/D), (3) Sinyal keluaran dari konverter A/D digabungkan dengan komputer PC yang menyimpan Program Matlab/Simulink melalui PCI-1711, (4) Dari PCI-1711 sinyal masuk ke mikrokontroler dan gate driver tegangan untuk menghasilkan nilai duty cycle (D) yang berfungsi mengendalikan tegangan masukan konverter DC/DC, (5) Nilai duty cycle juga akan mengatur tegangan keluaran konverter DC/DC yang akan menjadi masukan bagi inverter DC ke AC (IGBT) dan untuk menjaga tegangan keluaran konverter DC/DC supaya tetap terjaga konstan.

2. Uji laboratorium konverter pembangkit PV dengan teknik penyearah PWM

Metode penelitian pada tahap ini meliputi; (1) Pengujian memerlukan pembuatan inverter DC/AC tiga fasa dengan komponen saklar berupa komponen IGBT dengan kapasitor pada sisi masukan, (2) Tegangan DC keluaran dari kapasitor selanjutnya dihubungkan ke IGBT menggunakan algoritma SVPWM.

3. Uji laboratorium kendali Fuzzy MPPT dan teknik penyearah PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid

Metode penelitian pada tahap ini dilakukan melalui uji laboratorium dengan menggabungkan kendali Fuzzy MPPT dan P and O menggunakan pensaklaran inverter DC/AC menggunakan Teknik PWM pada pembangkit PV terhubung ke grid pada kondisi tingkat radiasi, suhu, dan integrasi berbeda pada saluran distribusi tegangan rendah.

4. Validasi hasil pengujian laboratorium mengenai hasil simulasi kendali Fuzzy MPPT dan teknik penyearah SVPWM pada pembangkit PV terhubung ke grid

Metode penelitian pada tahap ini dilakukan dengan melakukan validasi hasil pengujian laboratorium **secara real-time** terhadap hasil simulasi kendali Fuzzy MPPT dan P and O menggunakan teknik pensaklaran PWM inverter DC/AC pada pembangkit PV terhubung ke grid menggunakan Matlab/Simulink (**hasil penelitian Tahun Pertama**) pada kondisi pada kondisi tingkat radiasi, suhu, dan integrasi berbeda pada saluran distribusi tegangan rendah.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Penggunaan Metode MPPT P and O dan MPPT Fuzzy pada level radiasi dan integrasi pembangkit PV berbeda menghasilkan nilai tegangan tidak seimbang stabil sebesar 0%. Pada kondisi sama penggunaan Metode MPPT Fuzzy menghasilkan nilai arus tidak seimbang lebih besar dibandingkan Metode MPPT P and O. Pada tingkat radiasi matahari tetap, semakin banyak jumlah pembangkit PV terhubung ke grid tiga fasa, maka nilai THD tegangan dan arus semakin besar. Pada level radiasi matahari semakin meningkat, maka nilai THD rata-rata tegangan dan arus grid juga semakin meningkat. Nilai THD rata-rata tegangan dan arus grid nilainya berkurang setelah menggunakan Metode MPPT Fuzzy. Dengan demikian penggunaan metode logika fuzzy untuk kendali MPPT mampu memperbaiki profil THD tegangan dan arus grid akibat integrasi sejumlah pembangkit PV pada grid tiga fasa sesuai Standar IEEE 519-1992. Metode MPPT Fuzzy mampu memperbaiki nilai faktor daya masukan lebih baik dibandingkan Metode MPPT P and O.

7.2. Saran

Penelitian pengembangan model pembangkit photovoltaic (PV) terhubung grid terhadap kualitas daya jaringan distribusi tegangan rendah menggunakan kendali kecerdasan buatan fuzzy maximum power point tracking (MPPT) masih dilakukan dengan menggunakan bantuan simulasi Matlab/Simulink. Untuk memperoleh validasi hasil penelitian lebih baik, peneliti akan melakukan penelitian lanjut skala di laboratorium. Untuk mewujudkan langkah tersebut maka penelitian Hibah Bersaing Tahun 2016 (Tahun Pertama) akan dilanjutkan ke Penelitian Hibah Bersaing atau Penelitian Produk Terapan Tahun 2017 (Tahun Kedua). Pendanaan penelitian tahun kedua (Tahun 2017) selanjutnya akan diusulkan kepada DRPM Kemenristek Dikti.

DAFTAR PUSTAKA

- Almoataz Y. Abdelaziz, Hadi M. El. Helw, and Basem Abdelhamed, "Transient Analysis of Grid Connected Photovoltaic System Based on Comparative Study of Maximum Power Point Tracking Techniques", International Journal of Advances in Power Systems (IJAPS) ISSN: 2335-1772 Vol. 1, No.3, Desember 2013.
- Amirullah dan Saidah, Perbandingan Unjuk Kerja Beberapa Model AC-DC Boost Converter Satu Fasa pada Rangkaian Penyearah Jembatan Berbeban Resistif, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Aplikasinya, Bukti Prosiding: ISSN. 2085-2347, Politeknik Negeri Malang, 11 Maret 2010.
- Amirullah dan Saidah, Perbandingan Unjuk Kerja Model AC-DC Boost Converter, Half Bridge Converter, dan Voltage Sources Converter Satu Fasa pada Rangkaian Penyearah Jembatan Berbeban Resistif, Jurnal Sains dan Teknologi (Saintek), Kopertis Wilayah VII Jawa-Timur 201, Vol. 8, No. 1 Hal. 33-42 Surabaya Juni 2011.
- Amirullah dan Adiananda, Penggunaan Filter Aktif Seri Tiga Fasa untuk Mengkompensasi Tegangan Non-Sinusoida dan Tegangan Tidak Seimbang Akibat Beban Non Linier di Industri, Bukti Prosiding ISBN: 978-979-96964-8-9, Hal D-155, Prosiding Seminar Teknoin, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 10 November 2012.
- Amirullah, Ontoseno Penangsang, Adi Soeprijanto, Effect of Installation of Photovoltaic (PV) Generation to Power Quality in Industrial and Residential Customers Distribution Network, Proceeding International Seminar Intelligent Technology and Its Application (ISITIA), Sepuluh Nopember Institute of Technology (ITS) Surabaya, 20 May 2015.
- Amirullah, Ontoseno Penangsang, Adi Soeprijanto, 2016, "Power Quality Analysis of Integration Photovoltaic Generator to Three Phase Grid under Variable Solar Irradiance Level", TELKOMNIKA, Vol.14, No.1, March 2016, pp. 29~38, ISSN: 1693-6930, DOI: 10.12928/TELKOMNIKA.v14i1.3298.
- Ari Rahayuningtyas, Seri Intan Kuala, dan Ign. Fajar Apriyanto, "Studi Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Sederhana di Daerah Pedesaan Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif untuk Mendukung Program Ramah Lingkungan dan Energi Terbarukan, Prosiding Seminar Nasional Penelitian, dan PKM Sains, Teknologi dan Kesehatan 2014, ISSN 2089-3582-EISSN 2303-2480, Vol. 4., No. 1, Tahun 2014.
- G. Bhanu Sree and D. Sunder Singh, 2015, "Power Quality Improvement in Three Phase Grid Connected System Integrated with Photovoltaic Cells using Fuzzy Controller", International Journal of Scientific Engineering and Technology Research, ISSN 2319-8885, Vol. 04, Issue 48, November 2015, Pages: 10426-10432.

- Bengi Tolunay, Space Vector Pulse Width Modulation for Three-Level Converters-A Lab View Implementation, Master Thesis, ISSN: 1654-7616, UPTEC E12001, Uppsala University Swedia, February 2013.
- F.D. Kanellos, A. I. Tsouchinkas and N.D. Hatziaargryi-ouo, "Microgrid Simulation during Grid Connected and Islanded Modes of Operation", International Conference on Power Systems Transients, Montreal, 2005, Paper. IPST05-113.
- L. Siva Chaitanya Kumar and K. Padma, "Matlab/Simulink Based Modelling and Simulation of Residential Grid Connected Solar Photovoltaic", International Journal of Engineering Reseach and Technology (IJERT), ISSN: 2278-0181, Vol. 3. Issue 3, March-2014.
- Piyush Agarwal and Rajesh Gupta, "Grid Integration of Solar PV Power Using Shunt Connected VSC S.T. Senini dan P.J. Wolfs, Department of Electrical Engineering Motilal Institute of Technology, Allahabad-211004, IEEE 2013.
- Prince Jose and Priya Rani Jos, "Grid Connected Photovoltaic System with Fuzzy Logic Control Based MPPT", International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), ISSN: 2277-3754, Volume 3, Issue 8, February 2014.
- Mahmoud N. Ali, Mohammed F. El-Gohary, M.A. Mohamad, M.A. Abd-Allah, "Grid Connected Photovoltaic Power Plant Controlled By Using FLC and CR With DC-DC Boost Converter", International Journal of Scientific Reseach Engineering and Technology (IJSRET) ISSN 2278-0882, Volume 3, Issue, 6 September 2014.
- Marcello G. Molina and Euzeli C. Dos Santos Jr, "Improved Power Conditioning System for Grid Integration of Photovoltaic Solar Energy Conversion System", IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America, 2010.
- MD. Safia and TVV Pavan Kumar, "Design and Simulation of Grid Connected PV System Using Multilevel Inverters", International Journal of Electrical Engineering (IJEET), ISSN (PRINT): 2231-5184, Volume-4, Issue-2, 2013.
- M. Valan Rajkumar and P.S. Manoharan, Space Vector Pulse Width Modulation of Three Phase DCMLI With Neurofuzzy MPPT for Photovoltaic System, World Journal of Modelling and Simulation, ISSN 1 746-7233, England, UK, Vol. 10 (2014) No. 3 pp. 193-205.
- S.V. Swarna Kumary, V. Arangarajan Aman Maung Than O, GM Shafiullah, Alex Stojcevski "Modelling and Power Quality Analysis of a Grid Connected Solar PV System", Australian Universities Power Engineering Conferences, AUPEC 2014, Curtin University, Perth Australia, 28 September – 1 October 2014.
- S. Karunambigai, K. Geetha, and H.A. Shabeer, 2015, "Power Quality Improvement of Grid Connected Solar System", Journal of Scientific and Industrial Research Vol. 74, June 2015, pp. 354-357.

- S. Parthasarathy and Dr. Rajasekaran, 2012, "Harmonic Migitation in Rectifier System Using Hybrid Power System", 2012 International Conference on Computing, Electronics, and Electrical Technologies [ICCEET].
- Zhou Chang and Shi Tao, "Power Quality Analysis of Photovoltaic Generation Integrated in User Side Grid", International Journal of Computer and Electrical Engineering, Vol. 5, No.2, April 2013. DOI: 10.7763/IJCEE.2013.V5.690.
- Carlos Osorio, Principal Application Engineer, MathWorks-Natick, MA, <https://www.youtube.com/watch?v=GnZFi9CzF9Q>, tanggal akses, 3/3/2015.
- <http://www.reefkeeping.com/issues/2002-09/atj/feature/>, tanggal akses 3/3/2014.
- Thomas M. Bloming, P.E. and Daniel J. Carnovale, P.E., "Application of IEEE Standar 519-1992 Harmonic Limits", Presented at The 2005 IEEE IAS Pulp and Paper Industry Conference in Appleton, WI.
- Arrilaga, Jos and Watson, Neville, "Power System Harmonics", Chicester: John Willey and Sons, 2003.
- Sankaran C, "Power Quality", CRC Press LLC, 2002.
- ANSI/IEEE 241, "IEEE Recommended Practice for Electric Power Systems in Commercial Buildings," 1990.
- Panduan Pelaksanaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat di Perguruan Tinggi Edisi X, Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Tahun 2016.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Biodata Ketua dan Anggota Peneliti

Lampiran 1.1. Biodata Ketua Peneliti

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Amirullah, ST, MT.	
2	Jenis Kelamin	L	
3	Jabatan Fungsional	Lektor	
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	197705202005011001	
5	NIDN	0020057701	
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Sampang, 20 Mei 1977	
7	E-mail	am9520012003@yahoo.com	
8	Nomor Telepon/HP	081949649423	
9	Alamat Kantor	Jl. Ahmad Yani 114 Surabaya	
10	Nomor Telepon/Faks	031-8285602/031-8285601	
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1 = 15 orang; S-2 = ...orang; S-3 = ... orang	
12	Mata Kuliah yg Diampu	1. Analisa Sistem Tenaga I (3 sks)	
		2. Analisa Sistem Tenaga II (3 sks)	
		3. Sistem Proteksi (3 sks)	
		4. Peralatan Tenaga Listrik (2 sks)	
		5. Sistem Kelistrikan Industri (2 sks)	

B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Brawijaya Malang	Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya	Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (Semester 5)
Bidang Ilmu	Teknik Elektro-Teknik Sistem Tenaga	Teknik Elektro-Teknik Sistem Tenaga	Teknik Elektro-Teknik Sistem Tenaga
Tahun Masuk-Lulus	1995-2000	2006-2008	2014 s/d Sekarang
Judul Skripsi/Tesis/ Disertasi	Studi Penentuan Rating Pemutus Tenaga Jenis Gas SF ₆ beserta Rele Pengaman pada Saluran Transmisi 150 kV antara GI Kebonagung dan GI Malang Timur di GI Kebonagung.	Studi Aliran Daya Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Counterpropagation Termomodifikasi.	Disertasi: Peningkatan Kualitas Daya Pembangkit Hibrid Photovoltaic (PV) dan Angin Terhubung pada Grid Tiga Fasa Menggunakan UPQC dan Battery Energy Storage dengan Kendali Logika Fuzzy.
Nama Pembimbing/ Promotor	Ir. Setiyo Saksomo. Ir. Teguh Utomo, MT.	Prof. Dr. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc. Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M. Eng.	Prof. Dr. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc. Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT.

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir (Bukan Skripsi, Tesis, maupun Disertasi)

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2003	Penggunaan Kapasitor AC untuk Pengereman Motor Induksi Satu Fasa	Mandiri	2
2	2003	Studi Pengoperasian Transformator Tiga Fasa dengan Tegangan Masukan Satu Fasa	Mandiri	2
3	2007	Studi Perencanaan Sistem Instalasi Penerangan Jalan pada Jembatan Bentang Panjang di Indonesia (Studi Kasus pada Jembatan Suramadu), Penelitian Dosen Muda (PDM), sebagai Ketua Peneliti.	DP2M Dikti Kemendiknas	10
4	2008	Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek pada Hari Libur Islam di Madura Menggunakan Metode Jaring Saraf Tiruan (JST) Backpropagation, Penelitian Dosen Muda (PDM), sebagai Ketua Peneliti.	DP2M Dikti Kemendiknas	10
5	2009	Perbandingan Unjuk Kerja Beberapa Model AC-DC Boost Converter Satu Fasa pada Rangkaian Penyearah Jembatan Berbeban Resistif, Penelitian Dosen Muda (PDM), sebagai Ketua Peneliti.	DP2M Dikti Kemendiknas	10
6	2011	Penggunaan Filter Aktif Seri Tiga Fasa untuk Mengkompensasi Tegangan Non-Sinusoida dan Tegangan Tidak Seimbang Akibat Beban Non Linier di Industri, Penelitian Dosen Pemula (PDP), sebagai Ketua Peneliti.	DP2M Dikti Kemendiknas	6
7	2013	Peramalan Energi Listrik Jangka Panjang di Kabupaten Sampang Pasca Suramadu Menggunakan Metode Jaring Saraf Tiruan Conterpropagation Termodifikasi, Penelitian Dosen Pemula (PDP), sebagai Ketua Peneliti.	Ditlitabmas Dikti Kemendikbud	14,5
8	2013	Penentuan Setting Rele Arus Lebih di Industri Menggunakan Metode Jaring Syaraf Tiruan Constructive Backpropagation, Penelitian Dosen Pemula (PDP), sebagai Anggota Peneliti.	Ditlitabmas Dikti Kemendikbud	13,5
9	2016	Pengembangan Model Pembangkit Photovoltaic (PV) Terhubung Grid Terhadap Kualitas Daya Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Menggunakan Kendali Kecerdasan	DRPM Kemenristek dan Dikti	50

		Buatan Fuzzy Maximum Power Point Tracking (MPPT), Penelitian Hibah Bersaing (PHB), sebagai Ketua Peneliti		
10	2016	Peningkatan Kualitas Daya Listrik Akibat Beban Non-Linier di Industri Menggunakan Model Filter Pasif, Filter Aktif Seri, dan Filter Aktif Hibrid Tiga Fasa, Penelitian Dosen Pemula (PDP), sebagai Anggota Peneliti.	DRPM Kemenristek dan Dikti	11,6

* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema penelitian DIKTI maupun dari sumber lainnya.

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2010	Pemberdayaan Masyarakat Pesisir dalam Pengelolaan Hutan Bakau untuk Mencegah Abrasi Pantai di Kecamatan Sampang Kabupaten Sampang Jawa-Timur, Hibah Kuliah Kerja Nyata-Pemberdayaan dan Pembelajaran kepada Masyarakat (KKN-PPM) 2010, sebagai Ketua Pelaksana.	DP2M Dikti Kemendiknas	85
2	2013	Pemberdayaan Masyarakat dalam Rehabilitasi Lahan Kritis di Wilayah Perbukitan Kapur untuk Mencegah Banjir di Kecamatan Sampang Kabupaten Sampang Jawa-Timur, Hibah Kuliah Kerja Nyata-Pemberdayaan dan Pembelajaran kepada Masyarakat (KKN-PPM) 2013, sebagai Anggota Pelaksana.	Ditlitabmas Dikti Kemendikbud	70
3	2015	Pemberdayaan Kelompok Petani Garam untuk Meningkatkan Kualitas, Kuantitas, Efisiensi Biaya dan Pemasaran Produksi Garam Lokal di Kecamatan Sampang Kabupaten Sampang Jawa-Timur. (KKN-PPM) 2015, sebagai Ketua Pelaksana.	Ditlitabmas Dikti	85
4	2015	Ipteks bagi Masyarakat (IbM) Kerupuk Puli "Aneka Rasa" untuk Meningkatkan Kualitas, Pemasaran, dan Manajemen Produksi Kerupuk Puli di Kelurahan Polagan Kecamatan Sampang Kabupaten Sampang Jawa-Timur. (IbM) 2015, Anggota Pelaksana.	Ditlitabmas Dikti	42
5	2016	Ipteks bagi Masyarakat (IbM) Pemberdayaan Usaha Kerajinan Tangan Eceng Gondok "Sulam Pita" Bernilai Ekonomis Tinggi di Kelurahan Kebraon Kecamatan Karangpilang Kota Surabaya. (IbM) 2016, sebagai Anggota	DRPM Kemenristek dan Dikti	36,1

		Pelaksana.		
--	--	------------	--	--

* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema pengabdian kepada masyarakat DIKTI maupun dari sumber lainnya.

E. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/Tahun
1	Inverter Tiga Fasa Menggunakan Dua Inverter Satu Fasa,	Jurnal Sains dan Teknologi, Fakultas Teknik UHT Surabaya.	Vol. 4 No. 1, Hal. 9, Pebruari 2006, ISSN. 1693-0851.
2	Pengaruh Penggunaan Filter DC pada Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa, Jurnal Sains dan Teknologi.	Jurnal Sains dan Teknologi, Fakultas Teknik UHT Surabaya	Vol. 4 No. 2, Hal. 53, Agustus 2006. ISSN. 1693-0851.
3	Pengaruh Penggunaan Filter DC pada Penyearah Gelombang Penuh Tiga Fasa.	Jurnal Ilmu-Ilmu Eksakta dan Teknologi "Rekayasa", LPPM Unijoyo Bangkalan	Vol. 2 No. 2, Hal. 124, April 2007, ISSN. 0216-9
4	Studi Perencanaan Sistem Instalasi Penerangan Jalan pada Jembatan Bentang Panjang di Indonesia	Jurnal Ilmu-Ilmu Eksakta dan Teknologi "Rekayasa", LPPM Universitas Trunojoyo, Bangkalan-Madura	Vol. 2 No. 2, Hal. 124, Oktober 2007, ISSN. 0216-9495.
5	Perbandingan Unjuk Kerja Model AC-DC Boost Converter, Half Bridge Converter, dan Voltage Sources Converter Satu Fasa pada Rangkaian Penyearah Jembatan Berbeban Resistif.	Jurnal Sains dan Teknologi (Saintek), Kopertis Wilayah VII Jawa-Timur 2011	Volume 8, Nomor 1 Hal. 33-42 Surabaya Juni 2011, ISSN: 1693-8917.
6	Peramalan Energi Listrik Jangka Panjang di Kabupaten Sampang Pasca Suramadu Menggunakan Metode Jaring Saraf Tiruan Conterpropagation Termodifikasi	Jurnal Sains dan Teknologi (Saintek), Kopertis Wilayah VII Jawa-Timur 2014	Volume 10, Nomor 1 Hal. 33-42 Surabaya Juni 2014, ISSN: 1693-8917.
7	Power Quality Analysis of Integration Photovoltaic Generator to Three Phase Grid under Variable Solar Irradiance Level	TELKOMNIKA (Indexed Scopus Q3)	Volume14, Nomor 1, March 2016, ISSN: 1693-6930, e-ISSN: 2302-9293

F. Pemakalah Seminar Ilmiah (Oral Presentation) dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah/Seminar	Waktu dan Tempat	Judul Artikel Ilmiah
1	Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Aplikasinya (SENTIA) 2009	Politeknik Negeri Malang, 12 Maret 2009.	Analisis Kontingensi Tegangan Bus dan Daya Saluran pada Sistem Jamali 500 kV menggunakan Metode Performansi Indeks. Hal. H-1, 12 Maret 2009, Bukti Prosiding: ISSN. 977-2085-234007

2	Basic Science Seminar (BSS) 2010	Jurusan Biologi FMIPA, Universitas Brawijaya Malang, 20 Februari 2010.	Penyediaan Energi yang Ramah Lingkungan di Jawa-Timur. Hal. II-98, Bukti Prosiding: ISBN. 978-602-96393-0-8.
3	Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Aplikasinya (SENTIA) 2010	Politeknik Negeri Malang, 11 Maret 2010.	Perbandingan Unjuk Kerja Beberapa Model AC-DC Boost Converter Satu Fasa pada Rangkaian Penyearah Jembatan Berbeban Resistif. Bukti Prosiding: ISSN. 2085-2347.
4	The 5th Electrical Power, Electronics, Communication, Control, and Informatics Seminar (EECCIS) 2010	Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang, 16 Desember 2010.	Perbandingan Pemasangan Kapasitor Shunt dan Rekonfigurasi Jaringan pada Sistem Kelistrikan PT. PLN Subsistem Wlingi untuk Memperbaiki Kualitas Tegangan Menggunakan Perangkat Lunak Digsilent, Bukti Prosiding: ISBN. 979257703-3.
5	Seminar Nasional Teknologi Industri dan Aplikasinya (SENTIA) 2011	Politeknik Negeri Malang, 28 s/d 29 April 2011.	Analisis Pengaman Gangguan Hubung Singkat pada Penyulang 20 kV di Industri Menggunakan ETAP, Bukti Prosiding: Bukti Prosiding: ISSN. 2085-2347.
6	Seminar Nasional Rekayasa Teknologi untuk Meningkatkan daya Saing Bisnis 2011	Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, 1 Oktober 2011.	Analisis Perbaikan Harmonisa dan Faktor Daya pada Motor Induksi Penggerak Chiller Water System menggunakan Filter Pasif Single Tuned di PT Royal Plaza Surabaya, 5. Bukti Prosiding: ISBN: 987-602-19029-0-5
7	Seminar Nasional Teknoin 2012	Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 10 November 2012.	Penggunaan Filter Aktif Seri Tiga Fasa untuk Mengkompensasi Tegangan Non-Sinusoida dan Tegangan Tidak Seimbang Akibat Beban Non Linier di Industri. Hal D-155, Bukti Prosiding ISBN: 978-979-96964-8-9.
8	Seminar Nasional Teknologi Industri dan Aplikasinya (SENTIA)	Politeknik Negeri Malang, 30 Mei 2013.	Analisis Gangguan Hubung Singkat pada Sistem Kelistrikan di PT. Taksi Blue Bird Indonesia Menggunakan ETAP. Hal. C-20, Bukti Prosiding: Bukti Prosiding: ISSN. 2085-2347.
9	International Seminar Intelligent Technology and Its Application (ISITIA)	ITS Surabaya, 20 Mei 2015	Effect of Installation of Photovoltaic (PV) Generation to Power Quality in Industrial and Residential Customers Distribution Network.

10	International Conference on Electrical Engineering, Informatics, and Its Education (CEIE) 2015	State University of Malang (UM) Indonesia, Saturday, 3 rd October 2015	Power Quality Analysis of Integration Photovoltaic Generator to Three Phase Grid under Variable Solar Irradiance Level. The paper is selected as one of seven best paper and presentation as well as granted to publish in TELKOMNIKA, Vol.14, No.1, March 2016 (Publication E.7.)
11.	2016 Applied Mathematics in Science and Engineering International Conference (APPEMSE)	26 - 28 January 2016, The Pines Hotel, Melaka, Malaysia	Multi Units of Single Phase Distributed Generation Combined With Battery Energy Storage for Phase Balancing in Distribution Network

G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1	Inkonsistensi Penurunan Harga BBM	16 Januari 2009	1 halaman	Koran Radar Surabaya (Jawa-Pos Group)
2	Tarif Dasar Listrik Juga Harus Direvisi	17 Februari 2009.	1 halaman	Koran Radar Surabaya (Jawa-Pos Group)
3	Kontroversi Penurunan (Lagi) Harga BBM	5 Maret 2009.	1 halaman	Koran Radar Surabaya (Jawa-Pos Group)
4	Mengoptimalkan Penggunaan Software Open Source	13 September 2009.	1 halaman	Koran Jawa-Pos
5	Desentralisasi Pengelolaan Kelistrikan	29 September 2009.	1 halaman	Koran Radar Surabaya (Jawa-Pos Group)
6	Otonomi Pengelolaan Listrik di Daerah	15 Oktober 2009.	1 halaman	Koran Kompas Jatim
7	Hemat Energi agar Tidak Byar Pet	Koran Jawa-Pos, 8 Desember 2009.	1 halaman	Koran Jawa-Pos
8	Nasib PLN di Tangan Dahlan	29 Desember 2009.	1 halaman	Koran Radar Surabaya (Jawa-Pos Group)
9	Menimbang Rencana Listrik Prabayar	24 Maret 2009.	1 halaman	Koran Radar Surabaya (Jawa-Pos Group)
10	Kenaikan TDL untuk Pelanggan Kecil	15 April 2010.	1 halaman	Koran Radar Surabaya

				(Jawa-Pos Group)
11	Pembatasan Konsumsi BBM Transportasi	18 Mei 2010.	1 halaman	Koran Radar Surabaya (Jawa-Pos Group)
12	Tragedi Masiv Kompor dan Tabung Elpiji	5 Juni 2010.	1 halaman	Koran Radar Surabaya (Jawa-Pos Group)
13	Ketika TDL Kembali Naik	13 Juli 2010.	1 halaman	Koran Radar Surabaya (Jawa-Pos Group)
14	Pembatasan Konsumsi BBM Bersubsidi	2 Desember 2010.	1 halaman	Koran Radar Surabaya (Jawa-Pos Group)
15	Tsunami dan Bencana Nuklir di Jepang	24 Maret 2011.	1 halaman	Koran Radar Surabaya (Jawa-Pos Group)
16	Kembali ke Energi Baru dan Terbarukan	7 Juni 2011.	1 halaman	Koran Radar Surabaya (Jawa-Pos Group)
17	RSBI dan Eleminasi Pungutan PSB	4 Juli 2011.	1 halaman	Koran Radar Surabaya (Jawa-Pos Group)
18	PLN Pasca Dahlan Iskan	29 Oktober 2011.	1 halaman	Koran Radar Surabaya (Jawa-Pos Group)
19	Dijamin Mutu atau Dijamin Lulus?	24 September 2015	1 halaman	Koran Jawa Pos
20	Menunggu Provinsi "Telok Lemak"	12 Nopember 2015	1 halaman	Koran Jawa Pos

H. Perolehan HKI dalam 5–10 Tahun Terakhir

No	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1				
2				

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

No	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tahun Penerapan	Respon Masyarakat
1				
2				

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

No	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Pemilihan Dosen Berprestasi Tingkat Kopertis Wilayah VII Jawa-Timur, Hotel Inna Tretes, Jl. Pesanggrahan No. 2, Prigen, Tretes, Pasuruan	Kopertis Wilayah VII Jawa-Timur	26 - 27 April 2010
2	The 9 th Asian School on Renewable Energy, as one of 10 participants (PhD Students) from Asian countries who get full funded sponsorship following the meeting. The participant (Amirullah) had presented "The progress, status and future plans of technology development and policy of renewable energy in Indonesia".	National University of Malaysia or Universitas Kebangsaan Malaysia (UKM) Selangor, Malaysia, jointly organized by Solar Energy Research Institute (SERI), United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO), Ministry of Education, Sustainable Energy Development Authority Malaysia (SEDA) and South East Asia Sustainability Network (SEASN).	23 - 27 May 2016

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

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pelaksanaan Penelitian Hibah Bersaing (PHB) Tahun Pendanaan 2016.

Surabaya, 30 Nopember 2016

Anggota Pelaksana,



(AMIRULLAH, ST, MT.)

NIP: 197705202005011001

Lampiran 1.2. Biodata Anggota Peneliti

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Agus Kiswantono, ST, MT.	
2	Jenis Kelamin	L	
3	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli	
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	3525141508710001	
5	NIDN	0715087101	
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Malang, 5 Agustus 1971	
7	E-mail	kiswantono@gmail.com	
8	Nomor Telepon/HP	08123242214	
9	Alamat Kantor	Jalan Ahmad Yani 114 Surabaya 60321	
10	Nomor Telepon/Faks	031-8285602/031-8285601	
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1 = 20 orang; S-2 = ... orang; S-3 = ... orang	
12	Mata Kuliah yg Diampu	1. Penggunaan Komputer dalam Sistem Tenaga (2 sks)	
		2. Distribusi Sistem Tenaga Listrik (2 sks)	
		3. Kewirausahaan (2 sks)	
		4. Teknik Tegangan Tinggi (2 sks)	

B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	Institut Teknologi Adi Tama Surabaya (ITATS) Surabaya	Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya	
Bidang Ilmu	Teknik Elektro-Sistem Tenaga	Sistem Tenaga	
Tahun Masuk-Lulus	1991 - 1995	2009	
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	Pengaruh Spark Over pada SUTET 500 kV	Self Organizing Learning Array pada Single Machine Infinite Bus (SMIB)	
Nama Pembimbing/Promotor	Ir. Syarifudin	Prof. Dr.Eng. Ir. Imam Robandi, MT.	

B. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir (Bukan Skripsi, Tesis, maupun Disertasi)

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2016	Pengembangan Model Pembangkit Photovoltaic (PV) Terhubung Grid Terhadap Kualitas Daya Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Menggunakan Kendali Kecerdasan	DRPM Kemenristek dan Dikti	50

		Buatan Fuzzy Maximum Power Point Tracking (MPPT), Penelitian Hibah Bersaing (PHB) 2016 sebagai Anggota Pelaksana.		
2	2016	Peningkatan Kualitas Daya Listrik Akibat Beban Non-Linier di Industri Menggunakan Model Filter Pasif, Filter Aktif Seri, dan Filter Aktif Hibrid Tiga Phasa, Penelitian Dosen Pemula (PDP) 2016 sebagai Ketua Pelaksana.	DRPM Kemenristek dan Dikti	11,6

* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema penelitian DIKTI maupun dari sumber lainnya.

C. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2014	Penyuluhan lampu hemat energi untuk penghematan konsumsi energi listrik di sektor rumah tangga kecamatan pacet kab. Mojokerto	Mandiri	2
2	2015	Penyuluhan lampu hemat energi dengan bersumber renewable source (solar cell, mikrohydro, kompos) kecamatan pacet kab. Mojokerto	Mandiri	2
3	2016	Ipteks bagi Masyarakat (IbM) Peningkatan Kualitas, Manajemen, dan Pemasaran Batik Tulis Motif Tajung Melalui Penambahan "Aromaterapi" di Kelurahan Polagan Kecamatan Sampang Kabupaten Sampang Jawa-Timur, sebagai Ketua Tim Pelaksana	DRPM Kemenristek dan Dikti	45,5

* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema pengabdian kepada masyarakat DIKTI maupun dari sumber lainnya.

E. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/Tahun
1			

F. Pemakalah Seminar Ilmiah (Oral Presentation) dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah/Seminar	Waktu dan Tempat	Judul Artikel Ilmiah
1	Seminar Nasional Diversifikasi Sumber Energi Untuk Mendukung Kemajuan Industri Dan Kelistrikan	24 Maret 2007 Universitas Sebelas Maret Surakarta	Optimasi Kinerja Power System Stabilizer Pada Generator Tunggal Dengan Self Organizing Learning Array
2	Seminar Nasional Electrica	2009 Universitas Negeri Malang	Monitoring Distribusi Listrik menggunakan KWH digital nirkabel FHSS
3	Seminar Nasional Teknik Elektro dan	4 Desember 2013	Desain Monitoring Multi

	pendidikan teknik elektro 2013	Jurusan Teknik Elektro, FT Unesa	Generator Kapal Niaga M000236 dengan menggunakan Automatic Meter Reading (AMR) Nirkabel
--	--------------------------------	-------------------------------------	--

G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1				

H. Perolehan HKI dalam 5–10 Tahun Terakhir

No	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1				

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

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

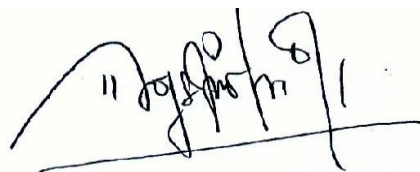
J. Penghargaan dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1			

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

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pelaksanaan Penelitian Hibah Bersaing (PHB) Tahun Pendanaan 2016.

Surabaya, 30 Nopember 2016
Ketua Peneliti,



(Agus Kiswantono. ST.,MT.)
NIDN: 0715087101