

**LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN HIBAH “GURU BESAR DAN DOKTOR”  
FAKULTAS TEKNIK**



**Strategi Operasi Sistem Distribusi Penyulang Pujon dengan  
Sumber *Hybrid Distributed Generation: Photovoltaic* dan  
Mikrohidro pada Kondisi *Islanding***

**Ketua/Anggota Tim:**

**Ketua : Prof. Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D., IPU. (0020057304)**

**Anggota : Ir. Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc. (0022016804)**

**M. Fauzan Edy Purnomo, S.T., M.T., Ph.D. (0009067103)**

Dibiayai oleh :

Fakultas Teknik

Melalui Dana Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) Universitas Brawijaya  
sesuai dengan Daftar Isian Pelaksana Anggaran (DIPA) Universitas Brawijaya

Nomor : DIPA - 023.17.2.677512/2021

Dengan Perjanjian Kontrak Nomor : 10/UN10.F07/PN/2021

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**LAPORAN AKHIR**

Judul : Strategi Operasi Sistem Distribusi Penyulang Pujon dengan Sumber *Hybrid Distributed Generation: Photovoltaic* dan Mikrohidro pada Kondisi *Islanding*

**Peneliti/Pelaksana**  
Nama Lengkap : Prof. Ir. HADI SUYONO, ST., MT., Ph.D., IPU.  
Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya  
NIDN : 0020057304  
Jabatan Fungsional : Guru Besar  
Program Studi : -  
Nomor HP : 082335587005  
Alamat surel (e-mail) : hadis@ub.ac.id

**Anggota (1)**  
Nama Lengkap : Dr. RINI NUR HASANAH, ST., M.Sc., IPM.  
NIDN : 0022016804  
Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya

**Anggota (2)**  
Nama Lengkap : MUHAMMAD FAUZAN EDY PURNOMO, ST., MT., Ph.D  
NIDN : 0009067103  
Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya  
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 1 tahun  
Biaya Tahun Berjalan : Rp 100,000,000.00  
Biaya Keseluruhan : Rp 100,000,000.00

Malang, 09 November 2021

Menyetujui,  
Dekan

Ketua Peneliti



Prof. Ir. HADI SUYONO, ST., MT., Ph.D., IPU.,  
ASEAN Eng.  
NIDN. 0020057304

Prof. Ir. HADI SUYONO, ST., MT., Ph.D., IPU.  
NIDN. 0020057304

## IDENTITAS PENELITIAN

1. Judul Penelitian : Strategi Operasi Sistem Distribusi Penyulang Pujon dengan Sumber *Hybrid Distributed Generation: Photovoltaic* dan Mikrohidro pada Kondisi *Islanding*
2. Kategori Kegiatan Penelitian: A / B\*
3. Ketua Tim Peneliti
- a. Nama Lengkap : Prof. Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
  - b. Bidang Keahlian : Teknik Energi Elektrik
  - c. Jabatan Struktural : -
  - d. Jabatan Fungsional : Guru Besar
  - e. Fakultas/Jurusan/PS : Teknik/Teknik Elektro/Teknik Elektro
  - f. Alamat rumah : Perum Srigading Dalam Kav. 24 Malang 65141
  - g. Telp./Fax/Email : 0341-411791/082335587005/ hadis@ub.ac.id; hadiaramsara@gmail.com

4. Anggota Tim Peneliti

a. Dosen

No.	Nama	Bidang Keahlian	Alokasi waktu (jam/minggu)
1.	Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc.	Teknik Energi Elektrik	4
2.	M. Fauzan Edy Purnomo, S.T., M.T., Ph.D.	Teknik Telekomunikasi	4

b. Mahasiswa

No.	Nama	NIM	Alokasi waktu (jam/minggu)
1	Mohammad Salman Abdurrohim, S.T.	216060301111005	3
2	Arkan Pradipta	185060300111005	3

5. Objek kegiatan Penelitian : Photovoltaic dan Mikrohidro, Sistem Kelistrikan Pujon
6. Masa pelaksanaan kegiatan penelitian:
- a. Mulai : Mei 2021
  - b. Berakhir : November 2021
7. Anggaran yang diusulkan : Rp. 100.000.000, - (Terbilang: seratus juta rupiah)
8. Lokasi Penelitian : Laboratorium Sistem Daya Elektrik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UB
9. Hasil yang ditargetkan : Rekayasa system daya hibrid distributed generation pada system distribusi, Jurnal Internasional
10. Institusi lain yang terlibat : -
11. Keterangan lain yang dianggap perlu: -

## RINGKASAN

---

Penyulang Pujon merupakan penyulang tipe radial yang mendapat suplai daya energi listrik dari Gardu Induk Sengkaling, Malang, Jawa Timur-Indonesia. Penambahan pembangkit tersebar (*distributed generation*) berbasis energi baru dan terbarukan (EBT) ke jaringan distribusi listrik dapat mengurangi rugi-rugi daya sistem dan jatuh tegangan pada setiap bus. Hal ini disebabkan karena injeksi pembangkit tersebar tersebut dapat menyuplai daya reaktif dan sumber tegangan yang diperlukan pada sistem. Namun demikian, injeksi pembangkit tersebar tersebut memerlukan kajian lebih lanjut terutama pada aspek kestabilan sistem dikarenakan injeksi pembangkit tersebar dengan lebih dari dua generator yang bekerja secara bersamaan, dapat menyebabkan kerugian besar jika kontinuitas suplai daya tidak stabil. Pada saat terjadi gangguan hubung singkat yang menyebabkan terjadinya perubahan struktur sistem daya (perubahan besar), yang terjadi secara tiba-tiba dan dalam waktu cepat, maka masalah kestabilan transien dalam suatu sistem kelistrikan harus diperhatikan, dengan melihat respon frekuensi, tegangan, dan sudut rotor pada sistem.

Berdasarkan kajian penelitian sebelumnya didapatkan bahwa Penyulang Pujon dapat diinjeksi Pembangkit Listrik Tenaga Solar (PLTS) dengan kapasitas sebesar 1,3 MVA, dengan lokasi di Gunung Banyak Kabupaten Batu. Di sisi lain, Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Pujon sekarang ini telah dibangun dengan kapasitas 15kVA, dan mempunyai potensi untuk diinjeksikan pada Penyulang Pujon. Penelitian ini mengkaji kestabilan pada saat sistem diinjeksikan dengan hybrid PLTS dan PLTMH tersebut dengan skema pengamanan (*defence scheme*) pada saat operasi *islanding* (*island operation*). Operasi *islanding* pembangkit tersebar yang terpisah dari sistem distribusi karena adanya gangguan hubung singkat dengan tetap memberikan suplai daya ke beban sesuai dengan kemampuan pembangkit agar kestabilan sistem jaringan distribusi tetap terjaga pada saat grid terputus. Karena itu, menjadi sangat penting untuk melakukan evaluasi dan analisis keadaan *steady-state* dan dinamis dari sistem penyulang Pujon ini pada saat kondisi *islanding* agar reliabilitas sistem tetap terjaga. Evaluasi penggunaan sectionalizer eksisting menjadi dasar untuk tetap atau penambahan jika diperlukan agar reliabilitas sistem pada kedua keadaan tersebut dapat tercapai.

**Kata kunci:** *Kestabilan transien, operasi islanding, pembangkit tersebar, skema pengamanan, hybrid PLTS dan PLTMH.*

## PRAKATA

---

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala berkah, rahmat dan hidayah-Nya sehingga Laporan Akhir Penelitian dengan judul "*Strategi Operasi Sistem Distribusi Penyulang Pujon dengan Sumber Hybrid Distributed Generation: Photovoltaic dan Mikrohidro pada Kondisi Islanding*" ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penelitian Hibah "Guru Besar dan Doktor" Fakultas Teknik Universitas Brawijaya ini merupakan skema penelitian Guru Besar/Profesor dengan pembiayaan DIPA Universitas Brawijaya tahun 2021 melalui Dana Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) Universitas Brawijaya Sesuai dengan Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Brawijaya Nomor: DIPA-023.17.2.677512/2021 dengan Perjanjian Kontrak Nomor: 10/UN10.F07/PN/2021.

Penelitian ini melibatkan mahasiswa yang bertujuan untuk mengarahkan mahasiswa dalam rangka memberikan pemahaman konsep metodologi riset, cara melakukan penelitian, dan penyusunan laporan yang sesuai standar baku yang diberikan. Penelitian ini juga sangat membantu dosen untuk meningkatkan penelitian ini menjadi penelitian yang dikompetisikan di tingkat regional atau nasional. Kegiatan penelitian ini melibatkan 2 (orang) orang mahasiswa dari Program Sarjana dan Program Magister Teknik Elektro FTUB. Penelitian ini telah menghasilkan luaran wajib satu jurnal internasional bereputasi dengan sebelumnya telah diseminasi pada seminar internasional dan sebagai luaran tambahannya adalah ketua peneliti telah menjadi *keynote speaker* pada seminar nasional.

Penelitian ini juga merupakan wujud pelaksanaan salah satu unsur Tri Dharma Perguruan Tinggi yang menjadi suatu kewajiban bagi setiap dosen. Namun demikian, disadari sepenuhnya bahwa penelitian ini banyak kekurangan dan perlu terus disempurnakan, untuk itu saran dan kritik yang konstruktif sangat diharapkan.

Malang, 8 November 2021

Ketua Peneliti,

**Prof. Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D., IPU.**

## DAFTAR PUSTAKA

---

- Gow, J.A.; Manning, C.D.: Development of a photovoltaic array model for use in power electronics simulation studies, IEE Proc. Electr. Power Appl., Vol. 146, No.2, March 1999, pp.193-200.
- Liu, S.; Dougal, R.A.: Dynamic Multiphysics Model for Solar Array, IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 17, No. 2, June 2002, pp. 285- 294.
- Walker, G.: Evaluating MPPT Converter Topologies using a Matlab PV Model, Journal of electrical and electronics engineering, Australia, Vol. 21, pp. 49–55, 2001.
- Adiatma, Septian Kevin. (2015). *Analisis Pengaruh Penyambungan Distributed Generation Pada Rugi-Rugi Daya Saluran Distribusi*. Malang: Universitas Brawijaya.
- ANSI/IEEE. (1987). *Guide for Abnormal Frequency Protection for Power Generating Plants*, IEEE Std C37.106-1987. New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineering.
- ANSI/IEEE. (2003). *Guide for Abnormal Frequency Protection for Power Generating Plants*, IEEE Std C37.106-2003 (Revision of ANSI/IEEE C37.106-1987). New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineering.
- Chiradeja, P., Ngaopitakkul, A. 2013. *The Impacts of Electrical Power Losses due to Distributed Generation Integration to Distributed System*. Indis:IEEE Conference Publication
- Das, J. C. (2010). *Transien in Electrical System, Analysis, Recognition, and Mitigation, Ch 12*. McGraw-Hill.
- Dhuha, Syamsu. (2017). *Kajian Peningkatan Keandalan Sistem Distribusi dengan Relokasi Sectionalizer pada Penyulang Pujon dengan Pembangkit Terdistribusi*. Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya.
- Dudiak, Jozef. *Island Operation Mode in Small Power System*. Slovakia: Technical University of Kosice.
- Firdaus, Muhammad Al Khausar. (2017). *Studi Penerapan Metode Island Operation Sebagai Defence Scheme Pada Gardu Induk Teluk Lembu*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Hakim, Lukman. (2016). *Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Surya-Angin Terhubung Grid Di Gunung Banyak Kota Batu*. Malang: Universitas Brawijaya.
- IEEE/CIGRE. (2004). *Definition and Classification of Power System Stability*, IEEE Transactions on Power System, Vol. 19, No. 2, May 2004.
- IEEE. (2007). *Guide for the Application of Protective Relays Used for Abnormal Frequency Load Shedding and Restoration*, in IEEE Std C37.117-2007, vol., no., pp.1-55, 24 Aug. 2007
- IEEE. *Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, 1995. IEEE Std 1159-1995.
- Jenkins, N., Allan, R., Cossley, P., Kirschen, D., & Strbac, G. (2000). *Embedded Generation*. London: The Institution of Electrical Engineers.
- Marsudi, Djiteng. (1990). *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Balai Penerbit & Humas ISTN.
- PT. PLN. (1981). *SPLN 1 Tegangan-tegangan Standar*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi.
- Saadat, Hadi. (1999). *Power System Analysis*. Singapore: McGraw-Hill.

- Stevenson, William D. (1984). *Element of Power System Analysis*, 4th Edition. Terjemahan Kamal Idris. Jakarta: Erlangga.
- Suhadi & Tri Wrahatnolo. (2008). *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Yudiestira. (2016). *Analisis Kestabilan Transien dan Mekanisme Pelepasan Beban di PT. Pertamina RU V Balikpapan Akibat Penambahan Generator 2x15 MW dan Penambahan Beban 25 MW*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- ANSI/IEEE Std 446-1995, IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications, Page(s): 1 – 272
- Azmy, A.M.; Erlich, I., 2005 "Impact of distributed generation on the stability of electrical power system", IEEE Power Engineering Society General Meeting, Page(s): 1056 - 1063 Vol. 2
- Freitas, Walmir ; Vieira, José C M, Jr. ; Morelato, Andre L. ; Da Silva, Luiz C Pereira ; Da Costa, Vivaldo F. ; Lemos, Flávio A Becon, 2006, "Comparative analysis between synchronous and induction machines for distributed generation applications", IEEE Transactions on Power Systems, Volume: 21, Issue: 1, Page(s): 301 - 311
- Gow, J.A.; Manning, C.D.: Development of a photovoltaic array model for use in power electronics simulation studies, IEE Proc. Electr. Power Appl., Vol. 146, No.2, March 1999, pp.193-200.
- Hossain, M. J. ; Saha, T. K. ; Mithulananthan, Nadarajah, 2011, Impacts of wind and solar integrations on the dynamic operations of distribution systems, Universities Power Engineering Conference (AUPEC), 2011 21st Australasian, Page(s): 1 - 6
- International Energy Agency-IEA, 2011, World Energy Statistical 2012
- Jenkins N., Allan R, Cossley P., Kirschen D., and Strbac G., Embedded Generation, The Institution of Electrical Engineers, London, 2000
- Liu, S.; Dougal, R.A.: Dynamic Multiphysics Model for Solar Array, IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 17, No. 2, June 2002, pp. 285- 294.
- PT. PLN Persero, 2011, Statistik PLN 2011, ISSN: 0852-8179, No. 02401.120722
- Scott, N. C. ; Atkinson, D. J. ; Morrell, J., 2002 "Use of Load Control to Regulate Voltage on Distribution Networks with Embedded Generation", IEEE Transactions on Power Systems, Volume: 17 , Issue: 2, Page(s): 510 - 515
- Walker, G.: Evaluating MPPT Converter Topologies using a Matlab PV Model, Journal of electrical and electronics engineering, Australia, Vol. 21, pp. 49–55, 2001.
- Woyte A., Vu Van T., Belmans R., Nijs J., 2006, "Voltage fluctuations on distribution level introduced by photovoltaic systems," IEEE Transactions on energy conversion, Vol.21, Issue 1, ISSN 0885-8969, IF 0.716, March; pp. 202-209.
- Zhu, D.; Broadwater, R.P.; Kwa-Sur Tam; Seguin, R.; Asgeirsson, H.: Impact of DG Placement on Reliability and Efficiency with Time-Varying Loads, IEEE Transactions on Power Systems, Volume: 21 , Issue: 1, 2006 , Page(s): 419 - 427