

**ANALISIS PERBANDINGAN RELOKASI *SECTIONALIZER* PADA
PENYULANG PUJON UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN
SISTEM DISTRIBUSI MENGGUNAKAN *ANT COLONY
OPTIMIZATION* DAN *SIMULATED ANNEALING METHOD***

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



SEPTI ULIYANI

NIM. 145060300111014

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PERBANDINGAN RELOKASI *SECTIONALIZER* PADA
PENYULANG PUJON UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN
SISTEM DISTRIBUSI MENGGUNAKAN *ANT COLONY
OPTIMIZATION* DAN *SIMULATED ANNEALING METHOD***

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI ENERGI ELEKTRIK

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



SEPTI ULİYANI

NIM. 145060300111014

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 18 Mei 2018

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dosen Pembimbing I

Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. IPM
NIP. 19730520 200801 1 013

Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. IPM
NIP. 19730520 200801 1 013

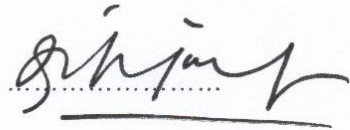
JUDUL SKRIPSI:

ANALISIS PERBANDINGAN RELOKASI *SECTIONALIZER* PADA PENYULANG
PUJON UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI
MENGUNAKAN *ANT COLONY OPTIMIZATION* DAN *SIMULATED ANNEALING*
METHOD

Nama Mahasiswa : Septi Uliyani
NIM : 145060300111014
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Energi Elektrik

Komisi Pembimbing :

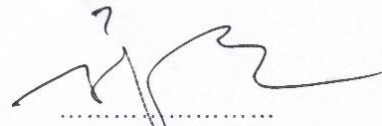
Ketua : Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D. IPM



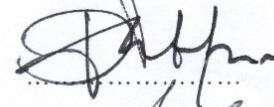
Anggota : -

Tim Dosen Penguji :

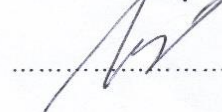
Dosen Penguji 1 : Ir. Wijono, M.T., Ph.D



Dosen Penguji 2 : Lunde Ardhenta, S.T., M.Sc.



Dosen Penguji 3 : Dr. Ir. Hari Santoso, M.S.



Tanggal Ujian : 27 April 2018

SK Penguji : 873/UN10.F07/SK/2018

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 27 April 2018

Mahasiswa,

SEPTI ULIYANI

NIM. 145060300111014

*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:
Ayahanda Albert R. Simarmata dan Ibunda Herlinda Simanjuntak Tercinta*

RINGKASAN

Septi Uliyani, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, April 2018, *Analisis Perbandingan Relokasi Sectionalizer pada Penyulang Pujon untuk Meningkatkan Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Ant Colony Optimization dan Simulated Annealing Method*. Dosen Pembimbing: Hadi Suyono, Ir., S.T., M.T., Ph.D., IPM.

Meningkatnya kebutuhan tenaga listrik menuntut sistem distribusi tenaga listrik mempunyai tingkat keandalan yang baik. Penentuan posisi *sectionalizer* sangat penting dalam meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik. Penambahan pembangkit terdistribusi juga dapat meningkatkan indeks keandalan sistem distribusi. Indeks keandalan yang umum digunakan pada sistem distribusi adalah SAIFI, SAIDI, dan CAIDI. Nilai SAIFI, SAIDI dan CAIDI dapat dihitung berdasarkan frekuensi kegagalan dan durasi gangguan yang terjadi dalam satu tahun. Keandalan dapat disimpulkan lebih baik jika nilai SAIFI, SAIDI, dan CAIDI lebih kecil

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan penempatan *sectionalizer* pada penyulang Pujon yang terhubung dengan pembangkit terdistribusi. Metode yang digunakan adalah optimasi dengan *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Simulated Annealing* (SA) menggunakan *software* Matlab R2015a.

Hasil penelitian menunjukkan nilai indeks keandalan (SAIFI, SAIDI, dan CAIDI) penyulang Pujon kondisi eksisting sebesar 7,1697 kali/tahun, 22,2411 jam/tahun, 3,1021 jam/tahun. Nilai indeks keandalan (SAIFI, SAIDI, dan CAIDI) saat kondisi penambahan pembangkit terdistribusi (mikrohidro dan *wind turbine*) turun menjadi 7,1154 kali/tahun, 22,0657 jam/tahun, dan 3,031 jam/tahun. Nilai indeks keandalan (SAIFI, SAIDI, dan CAIDI) saat kondisi relokasi sebanyak 16 *sectionalizer* kondisi penambahan pembangkit terdistribusi (mikrohidro dan *wind turbine*) dengan metode SA turun menjadi 4,0179 kali/tahun, 12,11745 jam/tahun, dan 3,030065 jam/tahun. Nilai indeks keandalan (SAIFI, SAIDI, dan CAIDI) saat kondisi relokasi sebanyak 16 *sectionalizer* kondisi penambahan pembangkit terdistribusi (mikrohidro dan *wind turbine*) dengan metode ACO turun menjadi 4,0093 kali/tahun, 12,0887 jam/tahun, dan 3,01516 jam/tahun.

Kata kunci: *sectionalizer*, indeks keandalan, pembangkit terdistribusi, *Ant Colony Optimization*, *Simulated Annealing*

SUMMARY

Septi Uliyani, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering University of Brawijaya, April 2018, **Comparison Analysis of Sectionalizer Relocation in Pujon Feeder for Increasing Reliability of Distribution System Using Ant Colony Optimization and Simulated Annealing Method**, Academic Supervisor: Hadi Suyono, Ir., S.T., M.T., Ph.D., IPM.

The increasing demand for electricity demanded the power distribution system has a good reliability. The determination of sectionalizer position is very important in reliability of electrical power system. The addition of distributed generation can increase the reliability index too. Reliability index used are SAIFI, SAIDI, and CAIDI. The value of SAIFI, SAIDI and CAIDI can be calculated from the failure rate and the outage duration in a year. Reliability can be concluded better if SAIFI, SAIDI, dan CAIDI smaller.

This research aimed to determined the placement of sectionalizer in Pujon feeder that connected with distributed generation. The method used are Ant Colony Optimization (ACO) and Simulated Annealing (SA). Using Matlab R2015a.

The results showed reliability index value (SAIFI, SAIDI, and CAIDI) in existing condition are 7,1697 failure/year, 22,2411 hours/year, and 3,1021 hours/year. The reliability index value (SAIFI, SAIDI, and CAIDI) after added by distributed generation (microhydro and wind turbine) are 7,1154 failure/year, 22,0657 hours/year, and 3,031 hours/year. The reliability index value (SAIFI, SAIDI, and CAIDI) in relocation 16 sectionalizer condition after added by distributed generation (microhydro and wind turbine) using SA method are 4,0179 failure/year, 12,11745 hours/year, and 3,030065 hours/year. The reliability index value (SAIFI, SAIDI, and CAIDI) in relocation 16 sectionalizer condition after added by distributed generation (microhydro and wind turbine) using ACO method are 4,0093 failure/year, 12,0887 hours/year, and 3,01516 hours/year.

Keywords: sectionalizer, reliability index, distributed generation, Ant Colony Optimization, Simulated Annealing

PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Analisis Perbandingan Relokasi *Sectionalizer* pada Penyulang Pujon untuk Meningkatkan Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan *Ant Colony Optimization* dan *Simulated Annealing Method*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penyusunan laporan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Ibu Ir. Nurussa’adah, M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Bapak Ali Mustofa, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
4. Ibu Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc selaku KKDK Konsentrasi Teknik Energi Elektrik yang telah banyak memberikan pengarahan, bimbingan dan saran yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. IPM selaku pembimbing utama, yang senantiasa memberikan ilmu, waktu, arahan, dan masukan yang baik dalam penelitian maupun penulisan skripsi ini.
6. Ibu Ir. Nurussa’adah, M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang sabar dalam mengarahkan dalam perkuliahan selama ini.
7. Orang tua penulis, Bapak Ir. Albert Riduanto Simarmata, M.S., dan Mama Dra. Herlinda Simanjuntak atas segala doa, kasih sayang, pengorbanan, nasihat, perhatian, dan dukungan baik secara finansial maupun moral. Serta kakak dan adik tercinta, Bertuani Casella Simarmata, S.E., dan Apriani Sinta Marito Simarmata atas doa, semangat, motivasi, dan perhatiannya.

8. Para Dosen Pengajar, karyawan, pranata laboratorium di Program Studi Teknik Elektro Universitas Brawijaya, yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan ilmu dan pengalaman dalam menyelesaikan studi.
9. PT. PLN (Persero) APJ Rayon Batu beserta para karyawan atas bantuan dan bimbingannya dalam memberikan data-data yang menunjang penulisan skripsi ini.
10. Bapak Ir. L. Kendys Manurung, M.H. (Mantan Manager PT. PLN (Persero) Area Palangkaraya) atas bimbingan, arahan, dan dukungannya baik teknis maupun non teknis.
11. Teman-teman seperjuangan skripsi (Imantaka, Anthony, Dimas, Amrul, Olivia, Wildan) yang saling mendukung dan memberikan semangat dalam pengerjaan skripsi.
12. Sahabat-sahabat penulis (Indah, Anang, Vio, Onang, Hans, Merthina, Emilita, Ido, Sipa, Sheny, Gallardio, Kefas, Even, Jordi, Frandi, Jane, Charles, Geraldly, Rana, Gralia, Aisha, Anis, Ratih, Adhif) atas dukungannya selama diperkuliahan.
13. Rekan-rekan Laboratorium Komputasi dan Jaringan (Mas Nugroho, Octa, Frido, Nadia, Novi, Gerdy, Indradianto, Rizar, Ditz, Aidil, Hideo, Novia, Nisa) atas kerjasama dan dukungannya.
14. Teman-teman konsentrasi Teknik Energi Elektrik angkatan 2014, dan teman-teman DIODA 2014 atas segala dukungan dan motivasinya selama menjalani perkuliahan.
15. Teman-teman PMK Yehezkiel FTUB dan Komisi 2 PMK Yehezkiel 2017 atas doa, dukungan dan perhatiannya.
16. Teman-teman Departemen Eksternal EME 2017/2018 atas kerjasama dan dukungannya selama menjadi anggota.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan semua pihak yang turut membantu skripsi ini terselesaikan. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak luput dari kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran membangun diperlukan demi perbaikan kedepannya. Skripsi ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Malang, April 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	
BAB I PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang.....	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.4 Tujuan.....	Error! Bookmark not defined.
1.5 Sistematika Penulisan	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	Error! Bookmark not defined.
2.2 Jaringan Distribusi Radial	Error! Bookmark not defined.
2.3 Keandalan	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Laju Kegagalan	Error! Bookmark not defined.
2.3.2 Keandalan Sistem Radial	Error! Bookmark not defined.
2.3.3 Frekuensi Gangguan Tiap Titik Beban ..	Error! Bookmark not defined.
2.3.4 Waktu Perbaikan Tiap Titik Beban	Error! Bookmark not defined.
2.3.5 Durasi Gangguan Rata-rata Tiap Titik Beban	Error! Bookmark not defined.
defined.	
2.4 Indeksi Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Sisi Pelanggan	
2.4.1 <i>System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)</i>	Error!
Bookmark not defined.	
2.4.2 <i>System Average Interruption Duration Index (SAIDI)</i>	
2.4.3 <i>Costumer Average Interruption Duration Index (CAIDI)</i>	Error!
Bookmark not defined.	
2.5 Sistem Proteksi Tenaga Listrik.....	Error! Bookmark not defined.
2.6 Pemodelan Jaringan Radial.....	Error! Bookmark not defined.

2.7 Pembangkit Terdistribusi (*Distributed Generation*)**Error! Bookmark not defined.**

2.7.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)**Error! Bookmark not defined.**

2.7.2 Pembangkit Listrik Tenaga Angin (*Wind Turbine*)**Error! Bookmark not defined.**

2.8 Optimasi.....**Error! Bookmark not defined.**

2.9 *Ant Colony Optimization***Error! Bookmark not defined.**

2.10 *Simulated Annealing Method*.....

BAB III METODE PENELITIAN.....

3.1 Diagram Alir Penelitian.....**Error! Bookmark not defined.**

3.2 Pengambilan Data.....**Error! Bookmark not defined.**

3.3 Perhitungan Nilai Indeks Keandalan Kondisi Eksisting**Error! Bookmark not defined.**

3.4 Perhitungan Indeks Keandalan dengan Penambahan Pembangkit Terdistribusi..

3.5 Relokasi Penempatan *Sectionalizer* dengan Penambahan Pembangkit Terdistribusi.....**Error! Bookmark not defined.**

3.5.1 Menggunakan *Ant Colony Optimization***Error! Bookmark not defined.**

3.5.2 Menggunakan *Simulated Annealing Method***Error! Bookmark not defined.**

3.5.3 Membandingkan Hasil dari *Ant Colony Optimization* dan *Simulated Annealing Method***Error! Bookmark not defined.**

3.6 Penarikan Kesimpulan dan Saran

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....

4.1 Penyulang Pujon Gardu Induk Sengkaling.....

4.2 Pembangkit Terdistribusi.....

4.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Angin (*Wind Turbine*)

4.2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

4.3 Perhitungan Indeks Keandalan Sistem Distribusi Penyulang Pujon Kondisi Eksisting

4.4 Perhitungan Indeks Keandalan Sistem Distribusi Penyulang Pujon Kondisi Penambahan Pembangkit Terdistribusi

4.5 Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Penambahan Pembangkit Terdistribusi.

4.6	Analisis Indeks Keandalan Sistem Distribusi Penyulang Pujon dengan <i>Simulated Annealing Method (SA)</i>	
4.6.1	Skenario Percobaan Variasi <i>Enorm</i>	
4.7	Analisis Indeks Keandalan Sistem Distribusi Penyulang Pujon dengan <i>Ant Colony Optimization (ACO)</i>	
4.7.1	Skenario Percobaan Variasi <i>Rho</i>	
4.8	Perbandingan Relokasi <i>Sectionalizer</i> Menggunakan <i>Ant Colony Optimization</i> dengan <i>Simulated Annealing Method</i>	
BAB V PENUTUP		Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2	Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN 1		Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 2		
LAMPIRAN 3		Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
Tabel 4.1	Spesifikasi Penyulang Pujon	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.2	Transformator 3 Penyulang Pujon Gardu Induk Sengkaling.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.3	Data Laju Kegagalan, Waktu Pemadaman dan Pemindehan Peralatan Distribusi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.4	Data Spesifikasi Pembangkit <i>Wind Turbine</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.5	Data Spesifikasi Pembangkit Mikrohidro	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Indeks Keandalan Kondisi Eksisting.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan Indeks Keandalan Kondisi Penambahan Pembangkit Terdistribusi.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.8	Perbandingan Indeks Keandalan Kondisi Eksisting dengan Penambahan Pembangkit Terdistribusi.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.9	Parameter Optimasi Perhitungan Menggunakan SA.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.10	Skenario Percobaan Kondisi Grid – <i>Wind Turbine</i> dengan 8 <i>Sectionalizer</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.11	Skenario Percobaan Kondisi Grid – <i>Wind Turbine</i> dengan 9 <i>Sectionalizer</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.12	Skenario Percobaan Kondisi Grid – <i>Wind Turbine</i> dengan 12 <i>Sectionalizer</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.13	Skenario Percobaan Kondisi Grid – <i>Wind Turbine</i> dengan 16 <i>Sectionalizer</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.14	Skenario Percobaan Kondisi Grid – Mikrohidro dengan 8 <i>Sectionalizer</i> ..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.15	Skenario Percobaan Kondisi Grid – Mikrohidro dengan 9 <i>Sectionalizer</i> ..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.16	Skenario Percobaan Kondisi Grid – Mikrohidro dengan 12 <i>Sectionalizer</i> ..	Error! Bookmark not defined.

Tabel 4.17 Skenario Percobaan Kondisi Grid – Mikrohidro dengan 16 *Sectionalizer* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.18 Skenario Percobaan Kondisi Grid – *Wind Turbine* – Mikrohidro dengan 8 *Sectionalizer* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.19 Skenario Percobaan Kondisi Grid – *Wind Turbine* – Mikrohidro dengan 9 *Sectionalizer* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.20 Skenario Percobaan Kondisi Grid – *Wind Turbine* – Mikrohidro dengan 12 *Sectionalizer* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.21 Skenario Percobaan Kondisi Grid – *Wind Turbine* – Mikrohidro dengan 16 *Sectionalizer* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.22 Parameter Optimasi Perhitungan Menggunakan ACO**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.23 Skenario Percobaan Kondisi Grid – *Wind Turbine* dengan 8 *Sectionalizer* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.24 Skenario Percobaan Kondisi Grid – *Wind Turbine* dengan 9 *Sectionalizer* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.25 Skenario Percobaan Kondisi Grid – *Wind Turbine* dengan 12 *Sectionalizer* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.26 Skenario Percobaan Kondisi Grid – *Wind Turbine* dengan 16 *Sectionalizer* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.27 Skenario Percobaan Kondisi Grid – Mikrohidro dengan 8 *Sectionalizer* ..**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.28 Skenario Percobaan Kondisi Grid – Mikrohidro dengan 9 *Sectionalizer* ..**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.29 Skenario Percobaan Kondisi Grid – Mikrohidro dengan 12 *Sectionalizer* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.30 Skenario Percobaan Kondisi Grid – Mikrohidro dengan 16 *Sectionalizer* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.31 Skenario Percobaan Kondisi Grid – *Wind Turbine* – Mikrohidro dengan 8 *Sectionalizer* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.32 Skenario Percobaan Kondisi Grid – *Wind Turbine* – Mikrohidro dengan 9 *Sectionalizer* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.33 Skenario Percobaan Kondisi Grid – *Wind Turbine* – Mikrohidro dengan 12 *Sectionalizer* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.34 Skenario Percobaan Kondisi Grid – *Wind Turbine* – Mikrohidro dengan 16 *Sectionalizer* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.35 Skenario Percobaan Kondisi Grid – *Wind Turbine* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.36 Skenario Percobaan Kondisi Grid – Mikrohidro **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.37 Skenario Percobaan Kondisi Grid – *Wind Turbine* – Mikrohidro..... **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
	<i>Gambar 2.1</i> Sistem Seri Jaringan Radial.....	6
	<i>Gambar 2.2</i> Grafik Min $f(x) = - \text{Max } f(x)$	Error! Bookmark not defined.
	<i>Gambar 3.1</i> Diagram Alir Penelitian	17
	<i>Gambar 3.2</i> Diagram Alir <i>Ant Colony Optimization</i>	Error! Bookmark not defined.
	<i>Gambar 3.3</i> Diagram Alir <i>Simulated Annealing Method</i>	Error! Bookmark not defined.
	<i>Gambar 4.1</i> <i>Single Line Diagram</i> Penyulang Pujon	Error! Bookmark not defined.
	<i>Gambar 4.2</i> Laju Kegagalan dan Waktu Pemadaman <i>Wind Turbine</i> pada <i>Software</i> Etap 12.6.0	Error! Bookmark not defined.
	<i>Gambar 4.3</i> Laju Kegagalan dan Waktu Pemadaman Mikrohidro pada <i>Software</i> Etap 12.6.0	Error! Bookmark not defined.
	<i>Gambar 4.4</i> Hasil <i>Best SAIFI</i> Kondisi Grid – <i>Wind Turbine</i> – Mikrohidro dengan <i>Enorm</i> $1e - 3$	32
	<i>Gambar 4.5</i> Hasil <i>Best SAIDI</i> Kondisi Grid – <i>Wind Turbine</i> – Mikrohidro dengan <i>Enorm</i> $1e - 3$	33
	<i>Gambar 4.6</i> Hasil <i>Best Fitness</i> Kondisi Grid – <i>Wind Turbine</i> – Mikrohidro dengan <i>Enorm</i> $1e - 3$	33
	<i>Gambar 4.7</i> Hasil <i>Best SAIDI</i> Kondisi Grid – Mikrohidro dengan <i>Enorm</i> $1e - 3$	36
	<i>Gambar 4.8</i> Hasil <i>Best SAIFI</i> Kondisi Grid – Mikrohidro dengan <i>Enorm</i> $1e - 3$	37
	<i>Gambar 4.9</i> Hasil <i>Best Fitness</i> Kondisi Grid – Mikrohidro dengan <i>Enorm</i> $1e - 3$	37
	<i>Gambar 4.10</i> Hasil <i>Best SAIFI</i> Kondisi Grid – <i>Wind Turbine</i> – Mikrohidro dengan <i>Enorm</i> $1e - 3$	40
	<i>Gambar 4.11</i> Hasil <i>Best SAIDI</i> Kondisi Grid – <i>Wind Turbine</i> – Mikrohidro dengan <i>Enorm</i> $1e - 3$	41
	<i>Gambar 4.12</i> Hasil <i>Best Fitness</i> Kondisi Grid – <i>Wind Turbine</i> – Mikrohidro dengan <i>Enorm</i> $1e - 3$	41
	<i>Gambar 4.13</i> Hasil <i>Best SAIFI</i> Kondisi Grid – <i>Wind Turbine</i> dengan <i>Rho</i> 0,1	46
	<i>Gambar 4.14</i> Hasil <i>Best SAIDI</i> Kondisi Grid – <i>Wind Turbine</i> dengan <i>Rho</i> 0,1.....	46
	<i>Gambar 4.15</i> Hasil <i>Best Fitness</i> Kondisi Grid – <i>Wind Turbine</i> dengan <i>Rho</i> 0,1	47
	<i>Gambar 4.16</i> Hasil <i>Best SAIFI</i> Kondisi Grid – Mikrohidro dengan <i>Rho</i> 0,1	50
	<i>Gambar 4.17</i> Hasil <i>Best SAIDI</i> Kondisi Grid – Mikrohidro dengan <i>Rho</i> 0,1	50

<i>Gambar 4.18 Hasil Best Fitness Kondisi Grid – Mikrohidro dengan Rho 0,1</i>	51
<i>Gambar 4.19 Hasil Best SAIFI Kondisi Grid – Wind Turbine - Mikrohidro dengan Rho 0,1</i>	54
<i>Gambar 4.20 Hasil Best SAIDI Kondisi Grid – Wind Turbine - Mikrohidro dengan Rho 0,1</i>	54
<i>Gambar 4.21 Hasil Best Fitness Kondisi Grid – Wind Turbine - Mikrohidro dengan Rho 0,1</i>	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Listing Program.....	67
Lampiran 2: Waktu Program dan Spesifikasi Laptop.....	90
Lampiran 3: Lokasi dan Grafik Percobaan	94