

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV MENGGUNAKAN
METODE *RELIABILITY INDEX ASSESSMENT* PADA PENYULANG
KTN 4 GARDU INDUK KENTUNGAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Strata-1

Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Disusun oleh:

NUR MUKHAMMAD ZAIDATUR ROCHMAN

NIM. 20130120033

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

YOGYAKARTA

2017

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV MENGGUNAKAN
METODE *RELIABILITY INDEX ASSESSMENT* PADA PENYULANG
KTN 4 GARDU INDUK KENTUNGAN**



Disusun Oleh:

NUR MUKHAMMAD ZAIDATUR ROCHMAN

NIM. 20130120033

Telah diperiksa dan disetujui:

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T.

NIK.19741010201010123056

Yudhi Ardiyanto, S.T., M.Eng.

NIK.1982052820150123089

HALAMAN PERYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Mukhammad Zaidatur Rochman

NIM : 20130120033

Jurusan : Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir (Skripsi) ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka. Apabila dikemudian hari pernyataan ini tidak benar, maka saya siap menerima sanksi dari Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 18 Maret 2017

Yang menyatakan,

Nur Mukhammad Zaidatur Rochman

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV MENGGUNAKAN
METODE *RELIABILITY INDEX ASSESSMENT* PADA PENYULANG
KTN 4 GARDU INDUK KENTUNGAN**

Disusun Oleh:

**NUR MUKHAMMAD ZAIDATUR ROCHMAN
NIM. 20130120033**

Telah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Pada Tanggal 23 Maret 2017

Susunan Tim Penguji:

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T.

NIK.19741010201010123056

Yudhi Ardiyanto, S.T., M.Eng.

NIK.1982052820150123089

Penguji

Muhamad Yusvin Mustar, S.T., M.Eng.

NIK.19880508201504123073

Tugas Akhir ini telah dinyatakan sah sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Ir. Agus Jamal, M.Eng.

NIK.19660829199502123020

MOTTO

وَلَا تَهِنُوا وَلَا تَحْزَنُوا وَأَنْتُمْ الْأَعْلَوْنَ إِنْ كُنْتُمْ مُؤْمِنِينَ ﴿١٣٩﴾

Artinya: "Janganlah kamu bersikap lemah, dan jangan pula kamu bersedih hati, padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi derajatnya, jika kamu orang-orang yang beriman."

(Q.S. Al-Imran: 139)

"Seseorang tidak akan beruntung dalam mencari ilmu kecuali dengan sedikit bekal (banyak prihatin dan tidak hura-hura)"

(Imam Syafi'i)

"Musuh yang paling berbahaya di atas dunia ini adalah penakut dan bimbang. Teman yang paling setia, hanyalah keberanian dan keyakinan yang teguh."

(Andrew Jackson)

"Orang-orang hebat di bidang apapun bukan baru bekerja karena mereka terinspirasi, namun mereka menjadi terinspirasi karena mereka lebih suka bekerja. Mereka tidak menyalakan waktu menunggu inspirasi."

(Ernest Newman)

HALAMAN PERSEMBAHAN



Karya kecil yang sangat sederhana ini penulis persembahkan kepada:

Bapak dan ibuku tercinta yang selalu ada di hatiku dan selalu

menyemangati,

Kakakku yang selalu memberikan pertolongan di saat aku

membutuhkan,

Keponakanku yang masih kecil-kecil yang membuat rame di rumahku,

Calon Pendamping Hidupku,

Sahabat-sahabatku di kampus UMY,

Almamaterku : Kampus Matahari Terbit Universitas Muhammadiyah

Yogyakarta.

INTISARI

Jaringan distribusi merupakan sistem yang paling dekat dengan konsumen, sehingga peranannya sangat penting dalam menjamin kontinuitas pelayanan listrik ke konsumen. Tingkat keandalan dari sebuah sistem distribusi dapat diukur dari sejauh mana penyaluran tenaga listrik dapat berlangsung secara kontinu kepada para pelanggan tanpa perlu terjadi pemadaman. Sebagian besar pemadaman yang terjadi pada sistem tenaga listrik yang terjadi diakibatkan oleh permasalahan atau gangguan yang timbul dalam sistem distribusi.

Tugas Akhir ini disusun dengan tujuan untuk menghitung keandalan dari sistem distribusi Area Yogyakarta Penyulang KTN 04. Metode yang digunakan untuk menganalisa yaitu menggunakan metode RIA (*Reliability Index Assessment*), dimana pada analisa yang pertama sistem diasumsikan berada dalam kondisi *perfect switching*, dan pada analisa yang kedua sistem diasumsikan berada dalam kondisi *imperfect switching*. Selanjutnya dilakukan analisa perhitungan berdasar gangguan yang terjadi pada tahun 2015 dan besarnya energi listrik yang hilang akibat gangguan.

Berdasar hasil analisa, pada kondisi *perfect switching* nilai SAIFI = 1.37 kali/tahun, MAIFI = 0.02055 kali/tahun, SAIDI = 1.21864 jam/tahun dan CAIDI = 0.88951 jam /tahun, dan pada kondisi *imperfect switching* nilai SAIFI = 1.683 kali/tahun, MAIFI = 0,02055 kali/tahun, SAIDI = 2.13345 jam/tahun dan CAIDI = 1.26764 jam/tahun. Sedangkan hasil analisa perhitungan berdasar pemadaman yang terjadi pada penyulang KTN 4 tahun 2015, nilai SAIFI = 0.754315 kali/tahun, SAIDI = 0.974807 jam/tahun, ENS = 53,7 MWh dan AENS = 5,92 kWh/pelanggan.

Jika ditinjau dari SPLN 68-2: 1986 dengan SAIFI 3,2 kali/tahun dan SAIDI 21 jam/tahun maka Penyulang KTN 4 telah memenuhi standar PLN tersebut, sehingga penyulang KTN 4 dapat dikategorikan handal. Sedangkan jika dibandingkan dengan standar WCS (*World Customer Service*) dan WCC (*world class company*) dengan SAIFI 3 kali/tahun dan SAIDI 100 menit/tahun saat sistem diasumsikan dalam kondisi *imperfect switching* masih belum memenuhi standar tersebut.

Kata kunci: Keandalan Sistem Distribusi Listrik, *Reliability Index Assesment*, SAIFI, SAIDI, MAIFI, CAIDI, ENS, dan AENS

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah rabbil 'alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat, karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “**Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Metode *Reliability Index Assessment* pada Penyulang KTN 4 Gardu Induk Kentungan**” yang disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata-1 di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Semoga karya sederhana ini dapat bermanfaat dan menjadi kontribusi bagi khasanah ilmu pengetahuan, khususnya bagi rekan-rekan mahasiswa seperjuangan.

Penulis menyadari dalam penelitian dan penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan, bantuan dan bimbingan, serta saran-saran yang berharga dari semua pihak. Oleh karena itu dengan tulus hati penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Gunawan Budiyanto, M.P., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Jazaul Ikhsan, ST., MT., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

3. Ir. Agus Jamal, M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 1 (satu), yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama melaksanakan penelitian tugas akhir hingga dapat menyelesaikan penulisan laporan ini.
5. Yudhi Ardiyanto, S.T., M.Eng, selaku dosen pembimbing 2 (dua), yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama melaksanakan penelitian tugas akhir hingga dapat menyelesaikan penulisan laporan ini.
6. Kedua orang tua saya dan seluruh keluarga saya yang selalu memberikan do'a dan motivasi baik secara moral maupun materiil.
7. Seluruh dosen program studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, yang telah memberikan ilmu yang banyak kepada penulis.
8. Teman-teman mahasiswa Teknik Elektro UMY, yang telah banyak membantu dan memberikan masukan kepada penulis.
9. Seluruh staf laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
10. Semua pihak yang telah secara tidak langsung membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, hal ini mengingat kemampuan dan pengalaman dalam penelitian

penyusunan tugas akhir ini yang sangat terbatas. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan dan pengembangan penelitian selanjutnya. Tidak ada yang dapat penulis berikan selain ucapan terimakasih atas seluruh bantuan yang telah diberikan.

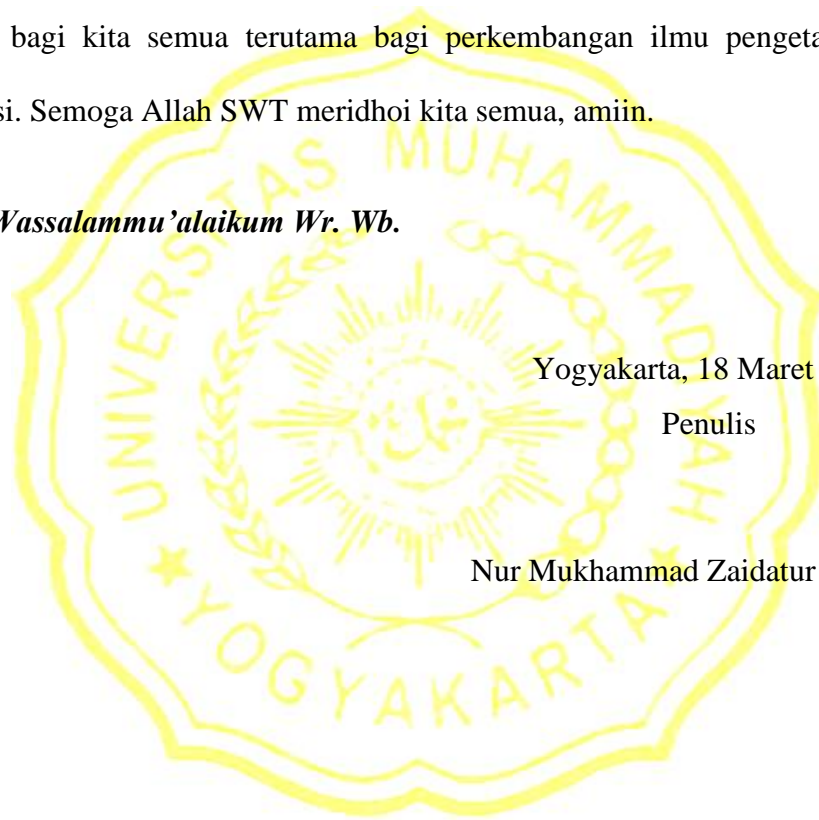
Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan informasi. Semoga Allah SWT meridhoi kita semua, amiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 18 Maret 2017

Penulis

Nur Mukhammad Zaidatur Rochman



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN.....	vi
INTISARI.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan	6
1.5 Manfaat	6
1.6 Sistematika Penulisan	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Tinjauan Pustaka	8
2.2 Landasan Teori.....	10
2.2.1 Sistem Tenaga Listrik	10
2.2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	12
2.2.3 Gardu Induk Distribusi	14
2.2.3.1 Klasifikasi Gardu Induk	14
2.2.3.2 Peralatan Gardu Induk.....	16

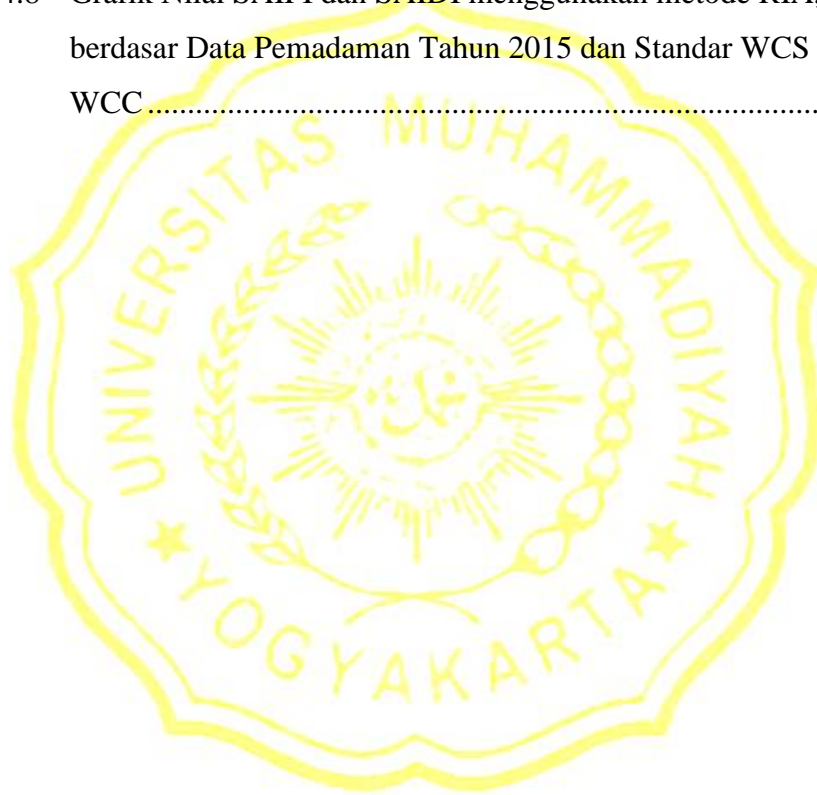
2.2.4	Klasifikasi Jaringan Distribusi	21
2.2.4.1	Saluran Jaringan Distribusi Primer	22
2.2.4.1	Konfigurasi Jaringan Distribusi Primer	24
2.2.5	Transformator Distribusi	31
2.2.6	Gangguan pada Sistem Distribusi	33
2.2.6.1	Penyebab Gangguan pada SUTM maupun SKTM	35
2.2.6.2	Klasifikasi Gangguan	35
2.2.7	Sistem Pengaman Jaringan Distribusi	37
2.2.7.1	Pengaman lebur (<i>Fuse Cut Out, FCO</i>)	37
2.2.7.2	Rele Arus Lebih (<i>Over Current Relay, OCR</i>)	38
2.2.7.3	Rele Arus Gangguan Tanah (<i>Ground Fault Relay</i>)	39
2.2.7.4	Rele Arus Gangguan Tanah Berarah (<i>Directional Ground Fault Relay</i>)	39
2.2.7.5	Rele Penutup Balik (<i>Reclosing Relay</i>)	39
2.2.7.6	Penutup Balik Otomatis (<i>PBO, Automatic Circuit Recloser</i>)	39
2.2.7.7	Saklar Seksi Otomatis (<i>SSO, Sectionalizer</i>)	40
2.2.7.8	Saklar Beban (<i>SB</i>)/ <i>Load Break Switch (LBS)</i>	41
2.2.7.9	<i>Arrester</i>	42
2.2.8	Keandalan Kontinuitas Penyaluran	42
2.2.9	Keandalan Sistem Distribusi	44
2.2.10	Komponen Perhitungan Keandalan	48
2.2.11	Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi	51
2.2.12	Perhitungan Dasar Keandalan Jaringan Distribusi	56
2.2.13	Metode RIA (<i>Reliability Index Assessment</i>)	58
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		66
3.1	Jenis Penelitian	66
3.2	Lokasi Penelitian Tugas Akhir	66
3.3	Alat yang Digunakan Dalam Penelitian	66
3.4	Tahapan Penelitian	67
3.4.1	Studi Pendahuluan	68

3.4.2	Identifikasi dan Perumusan Masalah	69
3.4.3	Studi Literatur	69
3.4.4	Pengumpulan Data	69
3.4.5	Pengolahan Data.....	72
3.4.6	Hasil Perhitungan	73
3.4.7	Analisa Hasil Perhitungan.....	73
3.4.8	Penyusunan Tugas Akhir	74
BAB IV	PEMBAHASAN	75
4.1	Gardu Induk Kentungan.....	75
4.2	Jumlah Konsumen Penyulang di Gardu Induk Kentungan.....	75
4.3	Penyulang KTN 4.....	77
4.4	Data Jumlah Pelanggan pada Penyulang KTN 4	82
4.5	Data Gangguan Penyulang KTN 4 pada Tahun 2015.....	84
4.6	Analisa Sistem.....	86
4.6.1	Sistem diasumsikan berada dalam kondisi <i>perfect switching</i>	86
4.6.2	Sistem diasumsikan berada dalam kondisi <i>imperfect switching</i>	108
4.7	Analisa Perhitungan SAIFI dan SAIDI penyulang KTN 4 Berdasar Jumlah Pelanggan di Gardu Induk Kentungan Tahun 2015	112
4.8	Analisa Perbandingan Hasil SAIFI dan SAIDI Penyulang KTN 4 dengan Standar SPLN 68-2: 1986.....	114
4.9	Analisa Perbandingan Hasil SAIFI dan SAIDI Penyulang KTN 4 dengan Standar WCS (<i>World Customer Service</i>) dan WCC (<i>World Class Company</i>)	115
4.10	Analisa Perhitungan Indeks ENS dan AENS penyulang KTN 4 Berdasar Data Gangguan pada Tahun 2015.....	116
BAB V	PENUTUP.....	120
5.1	Kesimpulan	120
5.2	Saran	122
DAFTAR PUSTAKA	123
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tiga komponen utama dalam Penyaluran Tenaga Listrik	10
Gambar 2.2	Diagram satu garis sistem distribusi	13
Gambar 2.3	Transformator Daya	16
Gambar 2.4	SF6 <i>Circuit Breaker</i>	17
Gambar 2.5	<i>Current Transformer</i>	19
Gambar 2.6	<i>Arrester</i>	19
Gambar 2.7	Sistem Distribusi Primer Tipe Radial	24
Gambar 2.8	Sistem distribusi radial pohon	25
Gambar 2.9	Sistem distribusi radial daerah fasa	26
Gambar 2.10	Sistem distribusi radial dengan <i>tie</i> dan <i>switch</i> pemisah	27
Gambar 2.11	Sistem distribusi radial pusat beban	28
Gambar 2.12	Sistem Jaringan Distribusi Primer Tipe Lingkar (<i>Loop/ring</i>)	29
Gambar 2.13	Sistem distribusi <i>mesh</i>	30
Gambar 2.14	Sistem Jaringan Distribusi Primer Tipe <i>Spindle</i>	31
Gambar 2.15	<i>Fuse Cut Out</i>	38
Gambar 2.16	<i>Load Break Switch</i>	41
Gambar 2.17	Blok Diagram untuk Sistem Seri	56
Gambar 2.18	Blok Diagram untuk sistem paralel	58
Gambar 2.19	Input dan Output dari RIA	59
Gambar 2.20	<i>Simple Distribution System</i>	64
Gambar 3.1	<i>Flow Chart</i> Tahapan penelitian	66
Gambar 4.1	<i>Single Line Diagram</i> Penyulang KTN 4	78
Gambar 4.2	<i>Single Line Diagram</i> Penyulang KTN 4 beserta pembagian wilayah	79
Gambar 4.3	Grafik indeks SAIFI dan MAIFI per <i>Section</i> saat sistem dalam kondisi <i>Perfect Switching</i>	91
Gambar 4.4	Grafik indeks SAIDI dan CAIDI per <i>Section</i> saat sistem dalam kondisi <i>Perfect Switching</i>	98

Gambar 4.5	Grafik indeks SAIFI dan MAIFI per <i>Section</i> saat sistem dalam kondisi <i>Imperfect Switching</i>	104
Gambar 4.6	Grafik indeks SAIDI dan CAIDI per <i>Section</i> saat sistem dalam kondisi <i>Imperfect Switching</i>	111
Gambar 4.7	Grafik Nilai SAIFI dan SAIDI menggunakan metode RIA, berdasar Data Pemadaman Tahun 2015 dan Standar SPLN 68-2: 1986	114
Gambar 4.8	Grafik Nilai SAIFI dan SAIDI menggunakan metode RIA, berdasar Data Pemadaman Tahun 2015 dan Standar WCS dan WCC	115



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Jumlah Pelanggan PLN Menurut Sektor.....	1
Tabel 1.2	Jumlah Penjualan Tenaga Listrik Nasional Menurut Sektor	2
Tabel 2.1	Perkiraan angka keluar komponen sistem distribusi berdasar SPLN 59: 1985.....	50
Tabel 2.2	Waktu operasi kerja dan pemulihan pelayanan.....	50
Tabel 2.3	Data Kegagalan untuk Saluran Udara	51
Tabel 4.1	Jumlah Konsumen Penyulang di Gardu Induk Kentungan	76
Tabel 4.2	Data panjang penyulang KTN 4.....	80
Tabel 4.3	Data jumlah pelanggan per seksi pada penyulang KTN 4	82
Tabel 4.4	Data gangguan penyulang KTN 4 bulan Januari 2015 - Desember 2015.....	85
Tabel 4.5	Perhitungan jumlah <i>sustained failures rate</i> dan <i>momentary failures rate</i>	87
Tabel 4.6	Perhitungan SAIFI dan MAIFI Setiap <i>Load Point</i>	88
Tabel 4.7	Perhitungan Indeks SAIFI dan MAIFI Per <i>Section</i>	91
Tabel 4.8	Perhitungan nilai <i>r</i> sistem dan <i>U</i> sistem saat kondisi <i>perfect switching</i>	93
Tabel 4.9	Perhitungan indeks SAIDI dan CAIDI per <i>Load Point</i>	94
Tabel 4.10	Perhitungan Indeks SAIDI dan CAIDI Per <i>Section</i>	97
Tabel 4.11	Perhitungan jumlah <i>sustained failures rate</i> dan <i>momentary failures rate</i>	99
Tabel 4.12	Perhitungan SAIFI dan MAIFI Setiap <i>Load Point</i>	100
Tabel 4.13	Perhitungan Indeks SAIFI dan MAIFI Per <i>Section</i>	104
Tabel 4.14	Perhitungan nilai <i>r</i> sistem dan <i>U</i> sistem.....	106
Tabel 4.15	Perhitungan indeks SAIDI dan CAIDI per <i>Load Point</i>	107
Tabel 4.16	Perhitungan Indeks SAIDI dan CAIDI Per <i>Section</i>	110
Tabel 4.17	Perhitungan SAIFI dan SADI Penyulang KTN 4 pada GI Kentungan Berdasar Data Pemadaman Tahun 2015.....	113
Tabel 4.18	Perhitungan ENS dan AENS penyulang KTN 4 tahun 2015.....	118

DAFTAR SINGKATAN

A	: <i>Ampere</i>
ABS	: <i>Air Break Switch</i>
AC	: <i>Alternative Current</i>
ACOS	: <i>Automatic Change Over Switch</i>
AENS	: <i>Average Energy Not Supplied</i>
APJ	: <i>Area Pelayanan Jaringan</i>
ASAI	: <i>Average System Availability Index</i>
ASUI	: <i>Average System Unavailability Index</i>
CAIDI	: <i>Customer Average Interruption Duration Index</i>
CAIFI	: <i>Customer Average Interruption Frequency Index</i>
ENS	: <i>Energi Not Supplied</i>
IEEE	: <i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
Kms	: <i>Kilo Meter Sircuit</i>
KV	: <i>Kilo Volt</i>
kVA	: <i>Kilo Volt Ampere</i>
KW	: <i>Kilowatt</i>
KWh	: <i>Kilowatt-hours</i>
L	: <i>Line (panjang saluran)</i>
LBS	: <i>Load Break Switch</i>
MAIFI	: <i>Momentary Average Interruption Frequency Index</i>
MVA	: <i>Mega Volt Ampere</i>
MW	: <i>Mega Watt</i>
MWh	: <i>Mega Watt hours</i>
NC	: <i>Normally Close</i>
NO	: <i>Normally Open</i>
PBO	: <i>Pemutus Balik Otomatis</i>
PLN	: <i>Perusahaan Listrik Negara</i>
PT	: <i>Perseroan Terbatas</i>

PTS : *Pole Top Switch*
RIA : *Reliability Index Assessment*
S : *Sectionalizer*
SAIDI : *System Average Interruption Duration Index*
SAIFI : *System Average Interruption Frequency Index*
SKBT : Saluran Kabel Bawah Tanah
V : *Volt*
W : *Watt*

