

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN TIM PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Keaslian dan Kontribusi Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	8
2.1 Tinjauan Pustaka.....	8
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 Jaringan Tegangan Menengah	10
2.2.2 SCADA.....	11
2.2.3 <i>Remote Control Switch (RCS)</i>	11
2.2.4 <i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i>	13
2.2.5 <i>Simple Additive Weighting (SAW)</i>	18
2.2.6 <i>Technique For Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)</i>	20
2.2.7 <i>Reliability Assessment</i>	23
2.2.7.1 <i>System Average Interruption Duration Index (SAIDI)</i>	23
2.2.7.2 <i>System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)</i> ...	23
2.2.7.3 <i>Energy Not Supplied (ENS)</i>	24
2.2.7.4 <i>Medium Voltage Outage Duration (MVOD)</i>	25
2.3 Pertanyaan Penelitian.....	25
2.4 Hipotesis.....	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	27

3.1.1	Alat Penelitian	27
3.1.2	Bahan Penelitian	27
3.2	Alur Penelitian	27
3.3	Pengumpulan Data	29
3.3.1	Kuesioner Kriteria Penempatan RCS	29
3.3.2	<i>Single Line Diagram</i> Penyulang.....	30
3.3.3	Data Pendukung Gardu Distribusi	31
3.4	Metode AHP.....	31
3.5	Metode SAW	32
3.6	Metode TOPSIS	33
3.7	Variabel Pengamatan	33
3.8	Formulasi Optimasi Penentuan Jumlah Minimum RCS	34
3.9	Simulasi Gangguan	35
3.10	Data Historis Gangguan	36
3.11	Analisis Sensitivitas.....	36
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1	Analisis Data dengan Metode AHP	37
4.1.1	Pengumpulan Data Primer	37
4.1.2	Perhitungan Bobot Kriteria	38
4.1.3	Pengujian Konsistensi.....	40
4.2	Analisis Data untuk Penentuan Peringkat Alternatif.....	40
4.2.1	Penentuan Peringkat Alternatif dengan SAW	41
4.2.2	Penentuan Peringkat Alternatif dengan TOPSIS	42
4.2.3	Komparasi Peringkat Alternatif antara SAW dan TOPSIS.....	44
4.3	<i>Reliability Assessment</i>	45
4.3.1	Skenario Simulasi.....	45
4.3.2	Data Pembanding	47
4.3.3	Segmen Terganggu GI arah G1	47
4.3.3.1	Analisis SAIDI dan SAIFI Gangguan Segmen GI - G1 ...	47
4.3.3.2	Analisis ENS Gangguan Segmen GI - G1	48
4.3.3.3	Analisis MVOD Gangguan Segmen GI - G1	49
4.3.4	Segmen Terganggu G1 arah G2	50
4.3.4.1	Analisis SAIDI dan SAIFI Gangguan Segmen G1 - G2 ..	50
4.3.4.2	Analisis ENS Gangguan Segmen G1 - G2	50
4.3.4.3	Analisis MVOD Gangguan Segmen G1 - G2.....	50
4.3.5	Segmen Terganggu G2 arah G3	51
4.3.5.1	Analisis SAIDI dan SAIFI Gangguan Segmen G2 - G3 ..	51
4.3.5.2	Analisis ENS Gangguan Segmen G2 - G3	52
4.3.5.3	Analisis MVOD Gangguan Segmen G2 - G3.....	53
4.3.6	Segmen Terganggu G3 arah G4	54
4.3.6.1	Analisis SAIDI dan SAIFI Gangguan Segmen G3 - G4 ..	54
4.3.6.2	Analisis ENS Gangguan Segmen G3 - G4	54

4.3.6.3	Analisis MVOD Gangguan Segmen G3 - G4.....	55
4.3.7	Segmen Terganggu G4 arah G5	56
4.3.7.1	Analisis SAIDI dan SAIFI Gangguan Segmen G4 - G5 ..	56
4.3.7.2	Analisis ENS Gangguan Segmen G4 - G5	56
4.3.7.3	Analisis MVOD Gangguan Segmen G4 - G5.....	56
4.3.8	Segmen Terganggu G5 arah G6	57
4.3.8.1	Analisis SAIDI dan SAIFI Gangguan Segmen G5 - G6 ..	57
4.3.8.2	Analisis ENS Gangguan Segmen G5 - G6	59
4.3.8.3	Analisis MVOD Gangguan Segmen G5 - G6.....	60
4.3.9	Segmen Terganggu G6 arah G7	61
4.3.9.1	Analisis SAIDI dan SAIFI Gangguan Segmen G6 - G7 ..	61
4.3.9.2	Analisis ENS Gangguan Segmen G6 - G7	61
4.3.9.3	Analisis MVOD Gangguan Segmen G6 - G7.....	62
4.3.10	Segmen Terganggu G7 arah G8	63
4.3.10.1	Analisis SAIDI dan SAIFI Gangguan Segmen G7 - G8 ..	63
4.3.10.2	Analisis ENS Gangguan Segmen G7 - G8	64
4.3.10.3	Analisis MVOD Gangguan Segmen G7 - G8.....	64
4.3.11	Segmen Terganggu G8 arah G9	65
4.3.11.1	Analisis SAIDI dan SAIFI Gangguan Segmen G8 - G9 ..	65
4.3.11.2	Analisis ENS Gangguan Segmen G8 - G9	65
4.3.11.3	Analisis MVOD Gangguan Segmen G8 - G9.....	66
4.3.12	Segmen Terganggu G9 arah G10.....	67
4.3.12.1	Analisis SAIDI dan SAIFI Gangguan Segmen G9 - G10.	67
4.3.12.2	Analisis ENS Gangguan Segmen G9 - G10.....	68
4.3.12.3	Analisis MVOD Gangguan Segmen G9 - G10	68
4.3.13	Segmen Terganggu G10 arah G11	69
4.3.13.1	Analisis SAIDI dan SAIFI Gangguan Segmen G10 - G11	69
4.3.13.2	Analisis ENS Gangguan Segmen G10 - G11	70
4.3.13.3	Analisis MVOD Gangguan Segmen G10 - G11	71
4.3.14	Segmen Terganggu G11 arah G12	71
4.3.14.1	Analisis SAIDI dan SAIFI Gangguan Segmen G11 - G12	71
4.3.14.2	Analisis ENS Gangguan Segmen G11 - G12	72
4.3.14.3	Analisis MVOD Gangguan Segmen G11 - G12	73
4.3.15	Segmen Terganggu G12 arah G13	74
4.3.15.1	Analisis SAIDI dan SAIFI Gangguan Segmen G12 - G13	74
4.3.15.2	Analisis ENS Gangguan Segmen G12 - G13	74
4.3.15.3	Analisis MVOD Gangguan Segmen G12 - G13	75
4.3.16	Segmen Terganggu G13 arah G14	76
4.3.16.1	Analisis SAIDI dan SAIFI Gangguan Segmen G13 - G14	76
4.3.16.2	Analisis ENS Gangguan Segmen G13 - G14	76
4.3.16.3	Analisis MVOD Gangguan Segmen G13 - G14	77
4.3.17	Segmen Terganggu G14 arah GH.....	78

4.3.17.1	Analisis SAIDI dan SAIFI Gangguan Segmen G14 - GH	78
4.3.17.2	Analisis ENS Gangguan Segmen G14 - GH	78
4.3.17.3	Analisis MVOD Gangguan Segmen G14 - GH	79
4.4	Penentuan Jumlah RCS yang Optimal	80
4.5	Analisis Sensitivitas	81
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	84
5.1	Kesimpulan	84
5.2	Saran	84
	DAFTAR PUSTAKA	85
	LAMPIRAN	L-1
	Lampiran 1: Kuesioner Penilaian Kriteria Prioritas Pemasangan RCS	L-1
	Lampiran 2: Hasil Simulasi Gangguan Segmen GI-G1	L-4
	Lampiran 3: Hasil Simulasi Gangguan Segmen G1-G2	L-6
	Lampiran 4: Hasil Simulasi Gangguan Segmen G2-G3	L-8
	Lampiran 5: Hasil Simulasi Gangguan Segmen G3-G4	L-12
	Lampiran 6: Hasil Simulasi Gangguan Segmen G4-G5	L-16
	Lampiran 7: Hasil Simulasi Gangguan Segmen G5-G6	L-20
	Lampiran 8: Hasil Simulasi Gangguan Segmen G6-G7	L-24
	Lampiran 9: Hasil Simulasi Gangguan Segmen G7-G8	L-28
	Lampiran 10: Hasil Simulasi Gangguan Segmen G8-G9	L-32
	Lampiran 11: Hasil Simulasi Gangguan Segmen G9-G10	L-36
	Lampiran 12: Hasil Simulasi Gangguan Segmen G10-G11	L-40
	Lampiran 13: Hasil Simulasi Gangguan Segmen G11-G12	L-41
	Lampiran 14: Hasil Simulasi Gangguan Segmen G12-G13	L-43
	Lampiran 15: Hasil Simulasi Gangguan Segmen G13-G14	L-45
	Lampiran 16: Hasil Simulasi Gangguan Segmen G14-GH	L-47

Tabel 2.1	Skala Tingkat Kepentingan.....	15
Tabel 2.2	Nilai <i>Random Index</i> (RI) berdasarkan jumlah kriteria	18
Tabel 3.1	Profil Gardu Distribusi pada Penyulang Jujur	31
Tabel 4.1	Kriteria Penentuan Penempatan RCS	37
Tabel 4.2	Hasil Survei Tingkat Kepentingan Kriteria.....	38
Tabel 4.3	Matriks Perbandingan Berpasangan.....	39
Tabel 4.4	Normalisasi Matriks Perbandingan Berpasangan dan Bobot Kriteria..	40
Tabel 4.5	Kriteria Penentuan Atribut Kriteria.....	41
Tabel 4.6	Nilai Normalisasi Atribut dengan Metode SAW	41
Tabel 4.7	Peringkat Alternatif dengan Metode SAW	42
Tabel 4.8	Nilai Normalisasi Atribut	43
Tabel 4.9	Nilai Pembobotan Atribut	43
Tabel 4.10	Solusi Ideal Positif dan Negatif	44
Tabel 4.11	Jarak Solusi Ideal, Nilai Preferensi, dan Peringkat Alternatif.....	45
Tabel 4.12	Nilai Normalisasi Atribut	46
Tabel 4.13	Simulasi Penambahan RCS	46
Tabel 4.14	Waktu Restorasi	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Pola Pemasangan RCS.	2
Gambar 1.2	Pemasangan RCS yang Berdekatan.	2
Gambar 2.1	Konfigurasi Sistem SCADA Distribusi 20 kV, diadaptasi dari [35].	12
Gambar 2.2	Struktur Hierarki.	14
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.	28
Gambar 3.2	<i>Single Line Diagram</i>	30
Gambar 3.3	Struktur Hierarki AHP.	32
Gambar 4.1	Grafik Perbaikan SAIDI pada Segmen GI – G1.....	48
Gambar 4.2	Grafik Perbaikan SAIFI pada Segmen GI – G1	48
Gambar 4.3	Grafik Perbaikan ENS pada Segmen GI – G1	49
Gambar 4.4	Grafik Perbaikan MVOD pada Segmen GI – G1	49
Gambar 4.5	Grafik Perbaikan SAIDI pada Segmen G1 – G2	50
Gambar 4.6	Grafik Perbaikan SAIFI pada Segmen G1 – G2.....	51
Gambar 4.7	Grafik Perbaikan ENS pada Segmen G1 – G2.....	51
Gambar 4.8	Grafik Perbaikan MVOD pada Segmen G1 – G2	52
Gambar 4.9	Grafik Perbaikan SAIDI pada Segmen G2 – G3	52
Gambar 4.10	Grafik Perbaikan SAIFI pada Segmen G2 – G3.....	53
Gambar 4.11	Grafik Perbaikan ENS pada Segmen G2 – G3.....	53
Gambar 4.12	Grafik Perbaikan MVOD pada Segmen G2 – G3	54
Gambar 4.13	Grafik Perbaikan SAIDI pada Segmen G3 – G4	54
Gambar 4.14	Grafik Perbaikan SAIFI pada Segmen G3 – G4.....	55
Gambar 4.15	Grafik Perbaikan ENS pada Segmen G3 – G4.....	55
Gambar 4.16	Grafik Perbaikan MVOD pada Segmen G3 – G4	56
Gambar 4.17	Grafik Perbaikan SAIDI pada Segmen G4 – G5	57
Gambar 4.18	Grafik Perbaikan SAIFI pada Segmen G4 – G5.....	57
Gambar 4.19	Grafik Perbaikan ENS pada Segmen G4 – G5.....	58
Gambar 4.20	Grafik Perbaikan MVOD pada Segmen G4 – G5	58
Gambar 4.21	Grafik Perbaikan SAIDI pada Segmen G5 – G6	59
Gambar 4.22	Grafik Perbaikan SAIFI pada Segmen G5 – G6.....	59
Gambar 4.23	Grafik Perbaikan ENS pada Segmen G5 – G6.....	60
Gambar 4.24	Grafik Perbaikan MVOD pada Segmen G5 – G6	60
Gambar 4.25	Grafik Perbaikan SAIDI pada Segmen G6 – G7	61
Gambar 4.26	Grafik Perbaikan SAIFI pada Segmen G6 – G7.....	62
Gambar 4.27	Grafik Perbaikan ENS pada Segmen G6 – G7.....	62
Gambar 4.28	Grafik Perbaikan MVOD pada Segmen G6 – G7	63
Gambar 4.29	Grafik Perbaikan SAIDI pada Segmen G7 – G8	63
Gambar 4.30	Grafik Perbaikan SAIFI pada Segmen G7 – G8.....	64
Gambar 4.31	Grafik Perbaikan ENS pada Segmen G7 – G8.....	64
Gambar 4.32	Grafik Perbaikan MVOD pada Segmen G7 – G8	65
Gambar 4.33	Grafik Perbaikan SAIDI pada Segmen G8 – G9	66

Gambar 4.34	Grafik Perbaikan SAIFI pada Segmen G8 – G9.....	66
Gambar 4.35	Grafik Perbaikan ENS pada Segmen G8 – G9.....	67
Gambar 4.36	Grafik Perbaikan MVOD pada Segmen G8 – G9	67
Gambar 4.37	Grafik Perbaikan SAIDI pada Segmen G9 – G10	68
Gambar 4.38	Grafik Perbaikan SAIFI pada Segmen G9 – G10	68
Gambar 4.39	Grafik Perbaikan ENS pada Segmen G9 – G10	69
Gambar 4.40	Grafik Perbaikan MVOD pada Segmen G9 – G10	69
Gambar 4.41	Grafik Perbaikan SAIDI pada Segmen G10 – G11	70
Gambar 4.42	Grafik Perbaikan SAIFI pada Segmen G10 – G11	70
Gambar 4.43	Grafik Perbaikan ENS pada Segmen G10 – G11	71
Gambar 4.44	Grafik Perbaikan MVOD pada Segmen G10 – G11.....	71
Gambar 4.45	Grafik Perbaikan SAIDI pada Segmen G11 – G12.....	72
Gambar 4.46	Grafik Perbaikan SAIFI pada Segmen G11 – G12	72
Gambar 4.47	Grafik Perbaikan ENS pada Segmen G11 – G12	73
Gambar 4.48	Grafik Perbaikan MVOD pada Segmen G11 – G12.....	73
Gambar 4.49	Grafik Perbaikan SAIDI pada Segmen G12 – G13.....	74
Gambar 4.50	Grafik Perbaikan SAIFI pada Segmen G12 – G13	74
Gambar 4.51	Grafik Perbaikan ENS pada Segmen G12 – G13	75
Gambar 4.52	Grafik Perbaikan MVOD pada Segmen G12 – G13.....	75
Gambar 4.53	Grafik Perbaikan SAIDI pada Segmen G13 – G14.....	76
Gambar 4.54	Grafik Perbaikan SAIFI pada Segmen G13 – G14	76
Gambar 4.55	Grafik Perbaikan ENS pada Segmen G13 – G14	77
Gambar 4.56	Grafik Perbaikan MVOD pada Segmen G13 – G14.....	77
Gambar 4.57	Grafik Perbaikan SAIDI pada Segmen G14 – GH.....	78
Gambar 4.58	Grafik Perbaikan SAIFI pada Segmen G14 – GH	78
Gambar 4.59	Grafik Perbaikan ENS pada Segmen G14 – GH	79
Gambar 4.60	Grafik Perbaikan MVOD pada Segmen G14 – GH.....	79
Gambar 4.61	Analisis Sensitivitas Pemeringkatan Gardu dengan SAW	82
Gambar 4.62	Analisis Sensitivitas Pemeringkatan Gardu dengan TOPSIS	83

Daftar Lambang

A	Matriks perbandingan berpasangan pada metode AHP
a_{ij}	Nilai perbandingan tingkat kepentingan elemen atau kriteria ke- i terhadap elemen atau kriteria ke- j
$a_{ij}^{(p)}$	Nilai perbandingan dari responden ke- p pada elemen a_{ij}
n	Jumlah kriteria
f	Jumlah kejadian gangguan
g	Indeks gardu distribusi
h	Indeks kejadian gangguan
p	Indeks responden
q	Jumlah responden pada agregasi penilaian
m	Jumlah alternatif
w_j	Bobot kriteria ke- j
$\mathbf{w}$	Vektor bobot kriteria
$\lambda_{\max}$	Nilai eigen maksimum pada pengujian konsistensi AHP
X	Matriks keputusan yang memuat nilai alternatif terhadap setiap kriteria
x_{ij}	Nilai alternatif ke- i terhadap kriteria ke- j
r_{ij}	Nilai ternormalisasi alternatif ke- i terhadap kriteria ke- j
y_{ij}	Nilai ternormalisasi terbobot alternatif ke- i terhadap kriteria ke- j
V_i	Nilai preferensi alternatif ke- i pada metode SAW
C_i	Nilai preferensi atau koefisien kedekatan relatif alternatif ke- i pada metode TOPSIS
A^+	Solusi ideal positif pada metode TOPSIS
A^-	Solusi ideal negatif pada metode TOPSIS
y_j^+	Nilai ideal positif pada kriteria ke- j
y_j^-	Nilai ideal negatif pada kriteria ke- j
D_i^+	Jarak alternatif ke- i terhadap solusi ideal positif
D_i^-	Jarak alternatif ke- i terhadap solusi ideal negatif
C_1	Kriteria pembebanan gardu distribusi
C_2	Kriteria jumlah pelanggan
C_3	Kriteria jumlah pelanggan prioritas
C_4	Kriteria waktu tempuh
r_h	Waktu pemulihan gangguan ke- h

N_h	Jumlah pelanggan yang terdampak pada gangguan ke- h
N_T	Jumlah total pelanggan yang dilayani
P_h	Daya beban yang terdampak pada gangguan ke- h
ENS_h	Energi tidak tersalurkan pada gangguan ke- h
V	Tegangan sistem
I_h	Arus beban yang terdampak pada gangguan ke- h
$\cos \varphi$	Faktor daya
φ	Sudut faktor daya
T_{hg}	Durasi padam gardu distribusi ke- g akibat gangguan ke- h
$t_{0,h}$	Waktu awal terjadinya gangguan ke- h
$t_{r,hg}$	Waktu pemulihan pasokan pada gardu distribusi ke- g akibat gangguan ke- h
$MVOD_h$	Waktu restorasi terlama pada jaringan tegangan menengah akibat gangguan ke- h
G_h	Himpunan gardu distribusi yang terdampak oleh gangguan ke- h
t_{RM}	Total waktu restorasi manual
t_{Tr}	Waktu tempuh personel teknis menuju gardu distribusi
t_A	Waktu untuk melakukan penilaian awal atau <i>assessment</i>
t_C	Waktu komunikasi dengan pusat kendali atau <i>Control Center</i>
t_{Man}	Waktu pelaksanaan manuver switching secara manual
k	Jumlah RCS yang dipasang
U_k	Konfigurasi pemasangan RCS dengan jumlah k unit
Z	Himpunan urutan prioritas gardu alternatif berdasarkan hasil pemeringkatan
z	Prioritas gardu alternatif
S	Himpunan seluruh segmen gangguan yang disimulasikan
s	Segmen gangguan dalam himpunan S

Daftar Singkatan

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
CBO	<i>Circuit Breaker Outgoing</i>
CI	<i>Consistency Index</i>
CR	<i>Consistency Ratio</i>
CT	<i>Current Transformer</i>
ENS	<i>Energy Not Supplied</i>
FDI	<i>Fault Detection Indicator</i>

FI	<i>Fault Indicator</i>
FLISR	<i>Fault Location, Isolation, and Service Restoration</i>
GA	<i>Genetic Algorithm</i>
GH	Gardu Hubung
GI	Gardu Induk
HFD	<i>Homopolar Fault Detector</i>
IED	<i>Intelligent Electronic Device</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
JTM	Jaringan Tegangan Menengah
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MCDM	<i>Multi-Criteria Decision Making</i>
MILP	<i>Mixed Integer Linear Programming</i>
MVOD	<i>Medium Voltage Outage Duration</i>
NSGA-II	<i>Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II</i>
PLN	Perusahaan Listrik Negara
RCS	<i>Remote Control Switch</i>
RI	<i>Random Index</i>
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i>
SAIDI	<i>System Average Interruption Duration Index</i>
SAIFI	<i>System Average Interruption Frequency Index</i>
SAW	<i>Simple Additive Weighting</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
TCIT	<i>Total Customer Interruption Cost</i>
TOPSIS	<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
UID	Unit Induk Distribusi
VAC	<i>Volt Alternating Current</i>
VIP	<i>Very Important Person</i>
VVIP	<i>Very Very Important Person</i>