

**ANALISIS PROFIL TEGANGAN
SALURAN TRANSMISI 150 KV SUBSISTEM CIRATA
MENGUNAKAN METODE *NEWTON-RHAPSON* DAN
*ALGORITMA ANT COLONY OPTIMIZATION***

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro
Program Studi S-1 Teknik Elektro



Oleh

Faqih Fakhruddin

E.5051.1500812

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2019

**ANALISIS PROFIL TEGANGAN
SALURAN TRANSMISI 150 KV SUBSISTEM CIRATA
MENGUNAKAN METODE *NEWTON-RHAPSON* DAN
ALGORITMA *ANT COLONY OPTIMIZATION***

Oleh
Faqih Fakhruddin

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan

© Faqih Fakhruddin 2019
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2019

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

FAQIH FAKHRUDDIN

E.5051.1500812

**ANALISIS PROFIL TEGANGAN
SALURAN TRANSMISI 150 KV SUBSISTEM CIRATA
MENGUNAKAN METODE *NEWTION-RHAPSON* DAN
*ALGORITMA ANT COLONY OPTIMIZATION***

Disetujui dan disahkan oleh :

Pembimbing I,



Dr. Tasma Sucita, ST., MT.
NIP.19641007 199101 1 001

Pembimbing II,



Dr. Elih Mulyana, M.Si.
NIP.19640417 199202 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen
Pendidikan Teknik Elektro



Prof. Dr. Hj. Budi Mulyanti, M.Si.
NIP.19630109 199302 2 001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “ **ANALISIS PROFIL TEGANGAN SALURAN TRANSMISI 150 KV SUBSISTEM CIRATA MENGGUNAKAN METODE NEWTHON-RHAPSON DAN ALGORITMA ANT COLONY OPTIMIZATION** ” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2019

Yang membuat pernyataan,

Faqih Fakhruddin

NIM. 1500812

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala, atas segala rahmat dan ridho-nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ **Analisis Profil Tegangan Saluran Transmisi 150 kV Subsistem Cirata Menggunakan Metode *Newthon-Rhapson* dan Algoritma *Ant Colony Optimization*** ” skripsi ini disusun sebagai bagian dari persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Universitas Pendidikan Indonesia Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Departemen Pendidikan Teknik Elektro program studi Teknik Elektro S1.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tentunya tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu dengan segala hormat penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Mamah dan Abi, sebagai orang tua yang tak hentinya memberikan semangat dan do'a sehingga menjadi motivasi bagi penulis.
2. Naufal, sebagai adik tercinta yang menjadi alasan utama penulis selalu semangat dalam mengerjakan skripsi ini.
3. Prof. Dr. Hj. Budi Mulyanti, M.Si. selaku ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro.
4. Dr. Aip Saripudin, MT. Selaku ketua Program Studi S1 Teknik Elektro.
5. Bapak Dr. Ir. H. Dadang Lukman Hakim, MT. selaku dosen wali pembimbing akademik dan juga bapak spiritual yang selama didunia perkuliahan selalu memberikan arahan dan semangat untuk penulis.
6. Bapak Dr. Tasma Sucita, ST, M.T. selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan, arahan serta motivasi kepada penulis dalam terselesaikannya skripsi ini.
7. Bapak Dr. Elih Mulyana, M.Si. selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, arahan serta motivasi kepada penulis dalam terselesaikannya skripsi ini.
8. Seluruh dosen yang mengajar di Departemen Pendidikan Teknik Elektro, terimakasih atas ilmu yang sudah diberikan selama ini kepada penulis.

9. Bapak Komar dan jajaran staf tata usaha DPTE yang selalu sabar melayani dan memberikan kemudahan kepada penulis dalam hal administrasi dan persuratan.
10. Kepada Tastaf, Alfin, Trya, Ilza, Yudha, Nadia Asti, Dimas, Irvan, Putri Ayu, Farid, Sapta, Ali, Rifky, Mahfud Gali, Andhika Dentan, Ibnu , Deri, Rizal, Affan, Khansa, Lazuardi, Regita, Giri, Boaz, Trisina, Hendra, Wahyu, Rezha, Tegar, Raihan, Nadya Richna, Ivan, Julian, Adhiswara, Ruly Nur Aliman dan juga Agung Yuda Sulaksana tanpa kalian kehidupan perkuliahan penulis tidak akan semenarik ini dan juga tanpa kalian skripsi ini tidak akan selesai karena kalian juga lah motivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Keluarga TEUAS yang telah memberikan arti dari keluarga dan juga kesolidan di dunia perkuliahan.
12. Kepada Zaky Dzulfikar, Rizal Tiannov, Rizwan Kholiq dan Maudya Nur Azrina.
13. Kepada Andi Ahmad S.Pd. sebagai teman yang telah membantu penulis untuk berdiskusi seputar perkuliahan dan juga kehidupan.
14. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga amal kebaikan, bapak dan ibu serta rekan-rekan sekalian mendapatkan pahala dan ganjaran yang lebih baik dari Allah SWT. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang Teknik Elektro.

Bandung, Agustus 2019

Penulis

ABSTRAK

Saluran transmisi 150 kV subsistem Cirata merupakan bagian dari sistem interkoneksi transmisi 150 kV Jawa Barat yang mempunyai kapasitas daya 500 MVA. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperbaiki profil tegangan sistem tenaga listrik 150 kV subsistem Cirata yang mengalami penurunan profil tegangan. Profil tegangan sistem tenaga listrik harus dijaga agar penyaluran daya dari sumber tenaga listrik ke pihak konsumen tidak mengalami rugi-rugi daya yang besar. Solusi untuk memperbaiki profil tegangan yang mengalami penurunan adalah pemasangan kapasitor pada sistem tenaga listrik dengan penentuan letak dan kapasitas kapasitor yang optimal. Metode penelitian yang digunakan untuk penentuan letak dan kapasitas kapasitor yang optimal yang bertujuan memperbaiki profil tegangan tersebut adalah metode analisis aliran daya Newthor-Rhapon dan algoritma Ant Colony Optimization yang disimulasikan pada MATLAB R2017a. Berdasarkan simulasi aliran daya menunjukkan terdapat 5 bus pada sistem tenaga listrik 150 kV subsistem Cirata yang mengalami penurunan profil tegangan dibawah standar PLN +5% dan -10% (135 kV – 157,5 kV) sehingga menyebabkan rugi-rugi daya yang besar sedangkan setelah pemasangan kapasitor dengan metode *Newthor-Rhapon* dan *algoritma Ant Colony Optimization* 5 bus sistem tenaga listrik 150 kV subsistem Cirata yang sebelumnya mengalami penurunan profil tegangan telah mengalami perbaikan profil tegangan sehingga telah sesuai dengan standar PLN dan dapat mengurangi rugi-rugi daya hingga 24.66 %.

Kata kunci : Profil Tegangan, Kapasitor, Newthor-Rhapon, Ant Colony Optimization

ABSTRACT

The 150 kV Cirata subsystem transmission line is part of the 150 kV West Java transmission interconnect system that has a power capacity of 500 MVA. The purpose of this study was to improve the voltage profile of the 150 kV Cirata subsystem which experienced a decrease in the voltage profile. The voltage profile of the electric power system must be maintained so that power distribution from the power source to the consumer does not experience large power losses. The solution to improve the voltage profile that has decreased is the installation of capacitors in the electric power system by determining the location and capacity of the optimal capacitor. The research method used to determine the optimal capacitor location and capacity that aims to improve the voltage profile is the Newthor-Rhapon power flow analysis method and the Ant Colony Optimization algorithm which is simulated on MATLAB R2017a. Based on the simulation of the power flow shows that there are 5 buses in the 150 kV Cirata subsystem that have decreased the voltage profile under the PLN standard of + 5% and -10% (135 kV - 157.5 kV), causing large power losses whereas after installation of capacitors by the Newthor-Rhapon method and the Ant Colony Optimization algorithm 5 bus 150 kV Cirata subsystem which previously decreased the voltage profile has improved the voltage profile so that it is in accordance with PLN standards and can reduce power losses by up to 24.66%.

Key word: Voltage Profile, Capacitors, Newthor-Rhapon, Ant Colony Optimization

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Struktur Organisasi Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Sistem Tenaga Listrik.....	6
2.2 Transmisi Tenaga Listrik.....	7
2.3 Beban	8
2.4 Sistem Interkoneksi	11
2.5 Kualitas Sistem Tenaga Listrik.....	12
2.6 Daya Listrik	13
2.6.1 Macam – Macam Daya Listrik	13
2.6.2 Segitiga Daya	15
2.7 Faktor Daya	15
2.8 Jatuh Tegangan (Drop Voltage).....	16
2.9 Rugi Daya	19
2.10 Kapasitor.....	19
2.11 Sistem Per – Unit.....	23
2.12 Matriks Admitansi Bus	24

2.12.1	Klasifikasi Bus.....	27
2.13	Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik	28
2.14	Metode Analisis Aliran Daya Newthton-Rhapson	30
2.15	Ant Colony Optimization	34
2.15.1	Cara Kerja Ant Colony Optimization Mencari Jalur Optimal.....	35
2.15.2	Ant Colony System.....	36
2.15.3	Karakteristik Ant Colony System.....	37
2.16	MATLAB	40
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Alur Penelitian.....	43
3.2	Data dan Lokasi Penelitian	45
3.3	Instrumen Penelitian	47
3.4	Metodologi Penelitian.....	48
3.4.1	Newthton-Rhapson.....	48
3.4.2	Ant Colony Optimization.....	50
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN		
4.1	Temuan	54
4.1.1	Data Aliran Daya Sebelum Dikompensasi Menggunakan Metode Newton-Rhapson.....	54
4.1.2	Data Aliran Daya Setelah Dikompensasi Menggunakan Metode Algoritma Ant Colony Optimization.....	60
4.1.3	Perbandingan Jatuh Tegangan, Rugi – Rugi Daya dan Daya Pada Bus Sebelum dan Setelah Dikompensasi	66
4.2	Pembahasan	74
4.2.1	Letak Pemasangan dan Kapasitas Kapasitor Untuk Kompensasi Jatuh Tegangan dan Rugi – Rugi Daya	74
4.2.2	Perbandingan Jatuh Tegangan dan Rugi – Rugi Daya Sebelum dan Setelah Dikompensasi.....	76
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI		
5.1	Simpulan.....	80

5.2	Implikasi	81
5.2.1	Implikasi Teoritis	81
5.2.2	Implikasi Praktis	81
5.3	Rekomendasi	82
DAFTAR PUSTAKA		xiv
LAMPIRAN		83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Penyaluran Tenaga Listrik.....	7
Gambar 2.2	Grafik Gelombang Sinus Beban Resistif.....	9
Gambar 2.3	Grafik Gelombang Sinus Beban Induktif.....	10
Gambar 2.4	Grafik Gelombang Sinus Beban Kapasitor	10
Gambar 2.5	Sistem Interkoneksi Tenaga Listrik.....	11
Gambar 2.6	Segitiga Daya.....	15
Gambar 2.7	Hubungan Arus Terhadap Tegangan.....	17
Gambar 2.8	Diagram Phasor Tegangan dan Arus	18
Gambar 2.9	Kapasitor Terhubung dengan Lilitan Tersier Transformator....	21
Gambar 2.10	Kapasitor Terhubung dengan Bus Tegangan Tinggi	21
Gambar 2.11	Diagram Phasor Arus Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor.....	22
Gambar 2.12	Diagram Phasor Transmisi Daya Sebelum Pemasangan Kapasitor	22
Gambar 2.13	Diagram Phasor Transmisi Daya Setelah Pemasangan Kapasitor	23
Gambar 2.14	Diagram Impedansi Dari Suatu Sistem Tenaga.....	24
Gambar 2.15	Diagram Admitansi Dari Sistem Tenaga.....	25
Gambar 2.16	Diagram Satu Garis GI Tipe Bus dari Sistem Tenaga.....	29
Gambar 2.17	Model Saluran Transmisi	34
Gambar 2.18	Lintasan Awal Semut Menuju Tempat Makanan.....	36
Gambar 2.19	Lintasan Optimal Semut Menuju Tempat Makanan.....	36
Gambar 2.20	Tampilan <i>Command window</i>	41
Gambar 2.21	Tampilan <i>Command History</i>	41
Gambar 2.22	Tampilan <i>Current Folder</i>	42
Gambar 2.23	Tampilan <i>Workspace</i>	42
Gambar 2.24	Tampilan Editor.....	42
Gambar 3.1	Diagram Alur Penelitian.....	44
Gambar 3.2	Single Line Diagram Distem Transmisi 150 kV Subsistem Cirata	46
Gambar 3.3	Diagram Alur Aliran Daya <i>Newthon-Rhapson</i>	49

Gambar 3.4	Diagram Alur Penentuan Kapasitas Kapasitor yang Optimal Menggunakan <i>Ant Colony Optimization</i>	52
Gambar 4.1	Bus – Bus yang Mengalami Jatuh Tegangan yang Tidak Sesuai dengan Batas yang Diijinkan.....	55
Gambar 4.2	Grafik Profil Tegangan Pada Masing – Masing Bus Sebelum Dikompensasi	56
Gambar 4.3	Grafik Rugi Daya Aktif Pada Masing – Masing Saluran Sebelum Dikompensasi	59
Gambar 4.4	Grafik Rugi Daya Reaktif Pada Masing – Masing Saluran Sebelum Dikompensasi	59
Gambar 4.5	Grafik Profil Tegangan Pada Masing – Masing Bus Setelah Dikompensasi	62
Gambar 4.6	Grafik Rugi Daya Aktif Pada Masing – Masing Saluran Setelah Dikompensasi	65
Gambar 4.7	Grafik Rugi Daya Reaktif Pada Masing – Masing Saluran Setelah Dikompensasi	65
Gambar 4.8	Grafik Perbandingan Profil Tegangan Pada Masing – Masing Bus Sebelum dan Setelah Dikompensasi.....	67
Gambar 4.9	Grafik Perbandingan Rugi Daya Aktif Pada Masing – Masing Saluran Bus Sebelum dan Setelah Dikompensasi	69
Gambar 4.10	Grafik Perbandingan Rugi Daya Reaktif Pada Masing – Masing Saluran Bus Sebelum dan Setelah Dikompensasi	69
Gambar 4.11	Grafik Perbandingan Daya Aktif Pada Masing – Masing Bus Konsumsi Sebelum dan Setelah Dikompensasi	71
Gambar 4.12	Grafik Perbandingan Daya Reaktif Pada Masing – Masing Bus Konsumsi Sebelum dan Setelah Dikompensasi	71
Gambar 4.13	Grafik Perbandingan Daya Semu Pada Masing – Masing Bus Konsumsi Sebelum dan Setelah Dikompensasi	72
Gambar 4.14	Grafik Perbandingan Daya Aktif Pada Masing – Masing Bus Pembangkitan Sebelum dan Setelah Dikompensasi.....	73
Gambar 4.15	Grafik Perbandingan Daya Reaktif Pada Masing – Masing Bus Pembangkitan Sebelum dan Setelah Dikompensasi.....	73

Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Daya Semu Pada Masing – Masing Bus
Pembangkitan Sebelum dan Setelah Dikompensasi.....74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Bus Pada Sistem Tenaga Listrik	27
Tabel 3.1	Data Pembangkitan dan Pembebanan Sistem Transmisi 150 kV Subsistem Cirata	46
Tabel 3.2	Data Saluran Impedansi Sistem Transmisi 150 kV Subsistem Cirata	47
Tabel 4.1	Data Aliran Daya Sebelum Dikompensasi	54
Tabel 4.2	Aliran Daya Saluran Pada Sistem Transmisi 150 kV Subsistem Cirata Sebelum Dikompensasi	56
Tabel 4.3	Rugi – Rugi Daya Pada Sistem Transmisi 150 kV Subsistem Cirata Sebelum Dikompensasi	58
Tabel 4.4	Data Aliran Daya Setelah Dikompensasi Dengan Metode Algoritma Ant Colony Optimization	61
Tabel 4.5	Aliran Daya Saluran Pada Sistem Transmisi 150 kV Subsistem Cirata Setelah Dikompensasi.....	62
Tabel 4.6	Rugi – Rugi Daya Pada Sistem Transmisi 150 kV Subsistem Cirata Setelah Dikompensasi	64
Tabel 4.7	Data Perbandingan Profil Tegangan Sebelum dan Sesudah Dikompensasi	66
Tabel 4.8	Data Perbandingan Rugi – Rugi Daya Sebelum dan Sesudah Dikompensasi	67
Tabel 4.9	Data Daya Pada Bus Konsumsi Sebelum dan Sesudah Dikompensasi	70
Tabel 4.10	Data Daya Pada Bus Pembangkitan Sebelum dan Sesudah Dikompensasi	72
Tabel 4.11	Penentuan Kapasitas Kapasitor Menggunakan Ant Colony Optimization	76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Listing Program Aliran Daya Saluran Transmisi 150 kV Subsistem Cirata Menggunakan Metode Newthon-Rhapson	86
Lampiran 2	Listing Program Function Ant Colony Optimization.....	91
Lampiran 3	Listing Program Algoritma Ant Colony Optimization.....	98
Lampiran 4	Surat SK Pembimbing 1	103
Lampiran 5	Surat SK Pembimbing 2	104
Lampiran 6	Buku Bimbingan Pembimbing 1	105
Lampiran 7	Buku Bimbingan Pembimbing 2	106
Lampiran 8	Surat Izin Penelitian PT. PLN (PERSERO) UP2B Jawa Barat....	108

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, A. N. (2005). Sistem Tenaga Listrik, Operasi Sistem dan pengendalian.
- Alland, K. (2013). *Perancangan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Line Mess I Di Pt. Bumi Lamongan Sejati (Wbl)*. Jurnal Teknik Elektro, 2(1).
- Andini, N. (2017). *Analisis Aliran Daya Saluran Transmisi 150 kV Pada Subsistem Cibatu IBT 3-4 dan Mandirancan* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan
- Aryani, T. (2016). *Analisis Pengaruh Pemasangan Alat Penghemat Energi Listrik Pada Beban Peralatan Elektronik Rumah Tangga Ditinjau Dari Potensi Penghematan Daya Listrik* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Cahyanto, R. D. (2008). Studi Perbaikan Kualitas Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya Pada Penyulang Pupur dan Bedak Menggunakan Bank Kapasitor, Trafo Pengubah Tap Dan Penggantian Kabel Penyulang. Skripsi: Universitas Indonesia.
- Dachi, I. A. (2017). *Analisis Pelepasan Beban (Load Shedding) Akibat Gangguan Kontingensi (N-2) Pada Saluran Transmisi 150 Kv Subsistem Cirata* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Dani, A., & Hasanuddin, M. (2018, September). Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Sebagai Kompensator Daya Reaktif (Studi Kasus Stt Sinar Husni). In Seminar Nasional Royal (SENAR) (Vol. 1, No. 1, pp. 673-678).
- Hamdany, M. (2015). *Efisiensi Penyaluran Daya Listrik Di Jaringan Distribusi Sekunder Pada Penyulang Cendana Menggunakan Matlab Di Pt Pln (Persero) Rayon Ampera* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Hartoyo. (2006). Perbaikan Keandalan (N-1) Sistem Tenaga Listrik PLN Jawa Tengah dan DIY
- Jusmedy, F. (2009). Studi Aliran Daya Sistem 115 kV PT . CHEVRON PACIFIC INDONESIA.

- Kundur, P., Balu, N. J., & Lauby, M. G. (1994). *Power System Stability and Control* (Vol. 7). New York: McGraw-hill.
- Laksono, H.D. (2010). Optimasi Penempatan Kapasitor Pada Sistem Tenaga Listrik Dengan Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus Sistem PT.PLN Sumbar-Riau).No.43 Vol.Thn.XVII November 2010.ISSN:0845-8471
- Masoum, M. A., Ladjevardi, M., Jafarian, A., & Fuchs, E. F. (2004). *Optimal Placement, Replacement And Sizing Of Capacitor Banks In Distorted Distribution Networks By Genetic Algorithms. IEEE Transactions On Power Delivery, 19(4), 1794-1801.*
- Mindaputra, E., & Irawanto, B. (2009). *Penggunaan Algoritma Ant Colony System dalam Traveling Salesman Problem (TSP) pada PT. Eka Jaya Motor* (Doctoral dissertation, Mathematics and Natural science).
- Pramono, J. (2010). Makalah Teknik Tenaga Listrik, Transmission of Electrical Energy (Transmisi Tenaga Listrik). *Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok. Diambil dari <http://staff.ui.ac.id/system/files/users/chairul.hudaya/material/papertransmissionofelectricalenergy.pdf>.*
- Rahmaan, A. B. A. (2016). Optimalisasi Penempatan Kapasitor Bank untuk Memperbaiki Kualitas Daya Pada Sistem Kelistrikan PT. Semen Indonesia Aceh Menggunakan Metode Genetic Algorithm (GA). *Jurnal Teknik ITS, 5(2), B229-B235.*
- Saadat, H. (1999). *Power System Analysis.*
- Sadewo, T. A. (2016). *Pengaturan Tegangan Sisi Sekunder Pada Transformator Daya I 60 MVA 150/20 kV Dengan Pengubah Tap Berbebandi Gardu Induk Keramasan PT. PLN* (Doctoral dissertation, POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA).

- Santoso, M. I. (2014). *Optimasi Penggunaan Energi Pada Sistem Pencahayaan Gedung Rektorat Universitas Lampung Dalam Rangka Konservasi Energi* (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik).
- Shintawaty, L. (2013). Peranan Daya Reaktif Pada Sistem Kelistrikan. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 1(2).
- Sirait, A. (2004). *Penyelesaian Masalah Nilai Awal Persamaan Diferensial Biasa Ordo Satu Dengan Menggunakan Metode Runge Ruta* (Doctoral dissertation, STMIK AKAKOM Yogyakarta).
- Sudirham, S. (2012). Analisis Sistem Tenaga. *Bandung: Darpublic*.
- Suripto, S. (2011). Buku Ajar Sistem Tenaga Listrik. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Utama, N. P. S. (2008). Memperbaiki Profil Tegangan Di Sistem Distribusi Primer Dengan Kapasitor Shunt.
- Wijanarko, E., Sukmadi, T., & Nugroho, A. (2011). *Optimasi Penempatan Kapasitor Shunt Untuk Perbaikan Daya Reaktif Pada Penyulang Distribusi Primer Radial Dengan Algoritma Genetik* (Doctoral dissertation, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip).
- Zuhal. (2000). *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Zwingly, H. (2017) Optimasi Penempatan dan Kapasitas Distributed Generation (DG) dengan Menggunakan Artificial Immune Negative Selection.