

ANALISA UNDER VOLTAGE LOAD SHEDDING PADA SAAT TERJADI GANGGUAN BEBAN LEBIH PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV PT. PLN UPJ GEDANGAN MENGGUNAKAN PSO ALGORITHM

Denny Zul Aji Soebrata

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail: dennysoebrata@mhs.unesa.ac.id

Tri Wrahatnolo

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail: triwrahatnolo@unesa.ac.id

Abstrak

Jaringan distribusi merupakan salah satu sistem yang harus dijaga keandalan dan kualitas jaringannya, yang mencakup kontinuitas, penyaluran, nilai daya, tegangan, frekuensi dan sebagainya. Kualitas besaran-besaran listrik ini akan mempengaruhi kinerja peralatan listrik, pencegahan terhadap kerusakan, kepuasan konsumen dan sebagainya. Namun pada jaringan distribusi sering terjadi masalah, salah satunya adalah masalah pada stabilitas tegangan. Dalam sistem tenaga listrik *Under-voltage load shedding* sangatlah penting untuk mencegah *voltage collapse* dan mengantisipasi terhadap kondisi diluar perencanaan, atau kondisi ekstrem yaitu mencegah terjadinya penyebaran sistem yang *collapse* menjadi lebih luas. Penyulang Aloha merupakan salah satu penyulang yang beroperasi secara radial yang terdiri 68 transformator distribusi serta panjang salurannya mencapai 255 km. Adapun metode dapat digunakan untuk mencari nilai minimum dan lokasi pelepasan beban ialah *PSO algorithm*. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pelepasan beban dengan *PSO algorithm* dapat mencari nilai minimum jumlah pelepasan beban, dimana pelepasan beban menggunakan *PSO algorithm* mengalami penurunan sebesar 22% dari pada data PLN, dan penurunan nilai rugi daya sebesar 3,56%, dan kenaikan tegangan minimum sistem sebesar 0,3%.

Kata Kunci: Jaringan Distribusi, Pelepasan Beban, PSO algoritma

Abstract

Distribution network is one of the systems that must be maintained the reliability and quality of the network, which includes continuity, distribution, value of power, voltage, frequency and so on. The quality of these electrical quantities will affect the performance of electrical equipment, prevention of damage, customer satisfaction and so on. But in the distribution network problems often occur, one of which is a problem in voltage stability. In an electric power system *Under-voltage load shedding* is very important to prevent voltage collapse and to anticipate conditions outside of planning, or extreme conditions, namely to prevent the spread of the collapse of the system becoming wider. Aloha feeder is a feeder that operates radially consisting of 68 distribution transformers and the channel length reaches 255 km. The method can be used to find the minimum value and the location load shedding is the *PSO algorithm*. From the results of research that has been done, it can be concluded that the release of the load with the *PSO algorithm* can find the minimum value of the amount of load release, where the release of the load using the *PSO algorithm* has decreased by 22% from the PLN data, and a decrease in the value of power loss of 3.56%, and a minimum system voltage increase of 0.3%.

Keywords: Distribution Networks, Load Shedding, PSO algorithm.

PENDAHULUAN

Jaringan distribusi adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk membagi atau mendistribusikan tenaga listrik dari saluran transmisi

sampai ke konsumen. Suatu sub sistem jaringan distribusi memiliki tegangan yang semula bernilai 20 kV dari gardu induk dan diturunkan oleh trafo distribusi bernilai 220/380 V untuk dikonsumsi oleh konsumen. Jaringan

distribusi merupakan salah satu sistem yang harus dijaga keandalan dan kualitas jaringannya, yang mencakup kontinuitas, penyaluran, nilai daya, tegangan, frekuensi dan sebagainya. Kualitas besaran-besaran listrik ini akan mempengaruhi kinerja peralatan listrik, pencegahan terhadap kerusakan, kepuasan konsumen dan sebagainya. Daya yang dialirkan harus memenuhi permintaan konsumen, tegangan harus sesuai dengan standar yang ditetapkan dan stabil, demikian juga tegangan harus dijaga konstan sesuai standar yang berlaku.

Namun pada jaringan distribusi sering terjadi masalah, salah satunya adalah masalah pada stabilitas tegangan. Gangguan yang sering terjadi adalah *under-frequency* dan *under-voltage* karena ketidakseimbangan beban antara pembangkit dengan beban. Hal tersebut dapat diatasi dengan teknik *Under-frequency load shedding* (UFLS) dan *Under-voltage load shedding* (UVLS). Yang dimana teknik menggunakan kemantapan frekuensi dan stabilitas tegangan sebagai faktor pembatas untuk operasi yang seimbang dari sistem tenaga. UVLS sendiri adalah pendekatan biaya yang efektif untuk menghindari runtuhnya tegangan dan pemeliharaan sistem.

Dalam sistem tenaga listrik *Under-voltage load shedding* sangatlah penting untuk mencegah *voltage collapse* dan mengantisipasi terhadap kondisi diluar perencanaan, atau kondisi ekstrem yaitu mencegah terjadinya penyebaran sistem yang *collapse* menjadi lebih luas dengan cara menentukan karakteristik dan lokasi dari beban yang akan dilepas untuk menstabilkan tegangan kembali.

Untuk memperoleh hasil maksimal perlu adanya metode yang tepat, dengan adanya metode *particle swarm optimization* (PSO) dapat meminimalkan nilai jumlah pelepasan beban dibandingkan metode konvensional sebelumnya. Sehingga tujuan sistem distribusi listrik terhindar dari *voltage collapse* dapat terealisasikan.

KAJIAN TEORI Pelepasan Beban

Gangguan yang besar dapat menyebabkan ketidakstabilan frekuensi dan tegangan pada sistem. Ketidakstabilan tegangan seperti penurunan tegangan yang drastis dapat menyebabkan sistem mengalami pemadaman total (blackout). Salah satu strategi untuk mengantisipasi terhadap kemungkinan turunnya tegangan secara drastis adalah pelepasan sebagian beban yang dipikul oleh sistem [9]. Setelah sebagian beban dilepas, beban-beban yang dipikul oleh pembangkit yang masih beroperasi akan berkurang dan tegangan akan dapat kembali ke keadaan normal segera setelah terjadi keseimbangan antara pembangkitan dan pembebanan. Pelepasan beban harus dilakukan segera pada saat

tegangan sistem mulai menurun dengan drastis. Jika terjadi gangguan dalam sistem yang menyebabkan daya yang tersedia tidak dapat melayani beban, misalnya disebabkan oleh adanya saluran transmisi yang lepas, maka untuk mencegah terjadinya *collaps* pada sistem perlu dilakukan pelepasan beban. Kondisi jatuhnya salah satu unit pembangkit dapat dideteksi dengan adanya penurunan tegangan sistem yang drastis. Jika tegangan menurun, maka setelah mencapai titik puncak dilakukan pelepasan beban tahap pertama sesuai dengan tegangan yang menurun dan seterusnya sampai tahap yang telah ditentukan berdasarkan besarnya perubahan tegangan. Mencapai titik tegangan puncak yang telah mencapai keseimbangan atau normal kembali dikatakan seperti itu setelah melalui beberapa tahap pelepasan beban. Makin besar unit pembangkit yang jatuh yang berarti makin besar pula daya yang hilang, maka tegangan akan menurun dengan cepat. Selain itu kecepatan menurunnya tegangan juga tergantung pada besar kecilnya konstanta inersia sistem. (Kundur, 1994).

Dalam stabilitas sistem terdapat dua hal yang mempengaruhinya yaitu frekuensi dan tegangan. Kedua hal tersebut dapat diatasi dengan 2 teknik *load shedding* yaitu, *under frequency load shedding* (UFLS), dan *under voltage load shedding* (UVLS). Teknik-teknik ini masing-masing menggunakan kemantapan frekuensi dan stabilitas tegangan sebagai faktor pembatas untuk operasi sistem tenaga yang seimbang. (Gonen, 1986).

Jenis-Jenis Pelepasan Beban

Pada proses pelepasan beban perlu direncanakan sebelumnya beban mana yang akan dilepas, dengan urutan prioritas. Prioritas utama yaitu beban-beban yang kurang penting karena beban-beban penting perlu mendapat pelayanan listrik secara kontinyu. Dalam pelaksanaannya pelepasan beban dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu:

1. Pelepasan beban manual
Pelepasan beban secara manual hanya berlaku pada kondisi sistem yang tidak kritis dan dalam hal ini operator harus mengambil inisiatif sendiri untuk melepaskan sebagian beban. Kekurangan-kekurangan pelepasan beban secara manual adalah sebagai berikut, diperlukan operator yang banyak, dapat terjadi pelepasan beban berlebih (*over shedding*), kelambatan waktu bertindak operator, dan pada kondisi yang kritis dimana arus naik sangat cepat, tindakan pelepasan beban secara manual sulit untuk mengantisipasi kenaikan arus.
2. Pelepasan beban otomatis
Pelepasan beban secara otomatis direncanakan khusus untuk mengatasi kondisi sistem yang kritis. Pelepasan beban secara otomatis menggunakan peralatan pengaman diantaranya *Underfrequency Relay* dan *Undervoltage Relay*. Dengan adanya pelepasan beban otomatis maka sistem secara keseluruhan dapat

diselamatkan dengan cepat tanpa harus menunggu operator bekerja. Dengan pelepasan beban secara otomatis dapat dilakukan mencegah voltage collapse.

Optimal Under Voltage Load Shedding

Pelepasan beban adalah masalah optimisasi nonlinier yang kompleks dan harus ditangani secara optimal. Dalam masalah UVLS diformulasikan sebagai masalah optimisasi multi objektif untuk menentukan lokasi yang optimal dan jumlah terbaik pelepasan beban dalam kondisi kontingensi. Pendekatan multi objektif mencakup fungsi kebugaran yang berbeda termasuk, minimalisasi rugi daya, minimalisasi tegangan deviasi, dan biaya pelepasan beban.(Muhammad Usman,2018).

1. Power Loss Minimization

Minimalisasi rugi daya merupakan salah satu hal penting untuk menjaga kualitas tegangan pada suatu sistem. Untuk perumusannya dapat dilihat pada persamaan (1) dan (2).

$$\min F_1 = \frac{\sum_{i=1}^j P_{loss(i,i+1)}}{\rho_1} \tag{1}$$

$$P_{loss(i,i+1)} = \left(\frac{P_i^2 + Q_i^2}{|V_i|^2} \right) \tag{2}$$

Keterangan	
Ploss(i,i+1)	= Rugi daya antara <i>node</i> (i) dan (i +1)
ρ1	= total permintaan beban.
Pi dan Qi	= Permintaan daya aktif dan reaktif pada simpul i.
Ri	= Resistensi cabang yang terkait dengan simpul (i).
Vi	=Tegangan simpul ke-i dan j menunjukkan jumlah total cabang dalam jaringan

2. Voltage Deviation Minimization

Untuk menjaga tegangan setiap bus dalam batas yang ditentukan, minimalisasi deviasi tegangan diambil sebagai tujuan kedua. Minimalisasi deviasi tegangan sangat penting untuk meningkatkan kualitas daya dan untuk meminimalkan rugi daya.

$$\min F_2 = \frac{|1 - V_{min}|}{1(p.u)} \tag{3}$$

Keterangan	
Vmin	= Tegangan minimum sistem yang dihitung dari analisis aliran beban.

3. Cost Of Load Disconnection

Pemutusan beban adalah opsi terakhir bagi utilitas untuk menyelamatkan sistem dari pemadaman. Utilitas harus membayar harga pemutusan muatan. Oleh karena itu, penting untuk meminimalkan jumlah pemutusan muatan untuk menghindari penalti yang ditanggung oleh utilitas. Oleh karena itu, minimalisasi biaya pemutusan muatan dianggap sebagai tujuan ketiga dan dirumuskan sebagai berikut.

$$\min F_3 = \frac{\sum_{i=1}^j P_{i,shed} \times \beta}{(\rho_1 \times \beta)} \tag{4}$$

Keterangan	
Pi shed	= Jumlah pelepasan beban dari simpul i
β	= Biaya gangguan beban , dan
ρ1 x β	= Biaya keseluruhan dari pemutusan beban lengkap.

Particle Swarm Optimization

Particle Swarm Optimization (PSO) didasarkan pada perilaku sekawanan burung atau ikan. Algoritma PSO meniru perilaku sosial organisme ini. Perilaku sosial terdiri dari tindakan individu dan pengaruh dari individu-individu lain dalam suatu kelompok. Kata partikel menunjukkan, misalnya, seekor burung dalam kawanan burung. Setiap individu atau partikel berperilaku dengan cara menggunakan kecerdasannya (intelligence) sendiri dan juga dipengaruhi perilaku kelompok kolektifnya. Dengan demikian, jika satu partikel atau seekor burung menemukan jalan yang tepat atau pendek menuju ke sumber makanan, sisa kelompok yang lain juga akan dapat segera mengikuti jalan tersebut meskipun lokasi mereka jauh di kelompok tersebut.(Santosa Budi, 2011)

Algoritma dimulai dengan inisialisasi populasi ukuran N partikel. Setiap partikel dalam sebuah ruang pencarian ddimensi diberikan posisi acak dan kecepatan (V). Kemudian partikel-partikel mengevaluasi fungsi kebugaran dan dari evaluasi ini posisi setiap partikel dinyatakan sebagai posisi terbaik lokal (PBest) dan di antara partikel terbaik lokal yang terbaik disebut sebagai terbaik global terbaik (GBest). (Bakhsid,2015)

Setelah deklarasi ini, partikel memperbarui kecepatan dan posisinya masing-masing dengan menggunakan persamaan (5) dan (6).(Santosa Budi,2011)

$$V_k^{l+1} = \omega \times V_k^l + C_1 \times Rand_1 \times (P_{k,Best}^l - X_k^l) + C_2 \times Rand_2(G_{Best}^l - X_k^l) \tag{5}$$

$$X_k^{l+1} = X_k^l + V_k^{l+1} \quad (6)$$

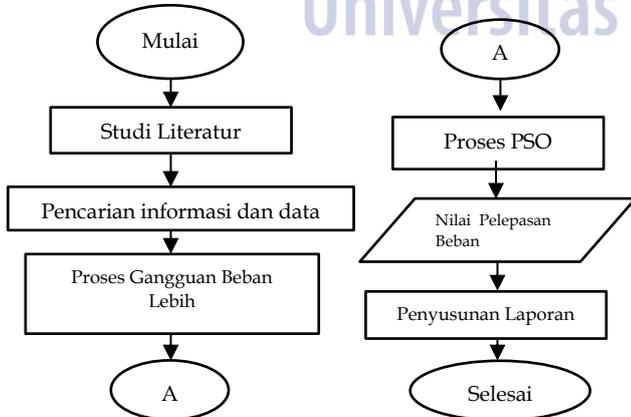
Keterangan

- V_k^l =Kecepatan partikel k pada iterasi ke-l,
- C1 & C2 =Faktor pembelajaran dan keduanya
- Rand1 & Rand2 =Dua angka acak dalam kisaran 0 hingga 1
- X_k^l =Posisi partikel k untuk iterasi ke-l
- P_k^{1Best} =Posisi terbaik dari partikel k untuk iterasi ke-l
- G^{1Best} =Posisi terbaik yang dicapai oleh setiap partikel di seluruh kawanan
- ω =Bobot inersia.

Setelah partikel memperbarui posisi mereka, mereka digunakan untuk mengevaluasi fungsi kebugaran dengan posisi baru mereka. Setelah proses evaluasi, posisi sebelumnya dan yang diperbarui digabungkan bersama dalam satu set untuk proses seleksi turnamen. Dalam proses pemilihan turnamen, kompetisi acak antara posisi dilakukan dan posisi mendapat skor ketika kebugarannya lebih baik daripada posisi pesaing. Setelah proses ini, posisi diberi peringkat dalam urutan menurun berdasarkan skor yang dicapai. Posisi N atas dipilih untuk iterasi berikutnya. Semua posisi yang dipilih ini diperlakukan sebagai Pbest yang diperbarui dan di antara mereka posisi pertama dianggap sebagai Gbest. Pada akhirnya, kriteria terminasi loop diperiksa, jika kriteria benar optimasi akan berhenti, jika tidak seluruh proses akan mengulangi lagi.

METODE PENELITIAN

Tahapan untuk pembuatan skripsi “Analisa *Under Voltage Load Shedding* Pada Saat Terjadi Gangguan Beban Lebih Pada Jaringan Distribusi 20kV PT PLN UPJ Gedangan Menggunakan PSO *Algorithm*” ini akan di perjelas pada *flowchart* yang ada pada sistem dan akan disajikan pada Gambar 1,dimana adanya *flowchart* ini dimaksudkan akan mempermudah pembaca dalam memahami alur pengerjaan skripsi ini.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Pada penjelasan Gambar 1 akan dijelaskan tahap-tahap alir penelitian sebagai berikut.

1. Studi literatur
Melakukan kajian buku, makalah serta jurnal penelitian yang menunjang skripsi.
2. Pencarian informasi dan data
Informasi dan data didapat PT. PLN UPJ Gedangan dengan data yang digunakan pada penelitian ini, yaitu single line diagram, spesifikasi saluran sistem, data pembebanan trafo, tegangan, rugi daya, pelepasan beban.
3. Proses gangguan beban lebih
Merupakan proses penambahan beban hingga sistem mengalami kondisi *over load*
4. Proses PSO
Algoritma PSO berfungsi untuk menentukan nilai dan lokasi pelepasan beban dengan pertimbangan dari *multi objective fitness* yaitu rugi daya, tegangan deviasi, nilai pelepasan beban, dan konstrain tegangan yang telah ditentukan.
5. Nilai pelepasan beban
Nilai pelepasan beban merupakan output dari penelitian ini dengan membandingkan dari dua jenis percobaan pelepasan beban menggunakan PSO *algorithm* dan pelepasan beban konvensional.
6. Penyusunan Laporan
Penyusunan laporan merupakan penyusunan hasil dari studi literatur, pencarian informasi data, proses gangguan beban lebih, proses PSO, nilai pelepasan beban.

HASIL PENELITIAN

Pelepasan Beban Menggunakan PSO *algorithm*

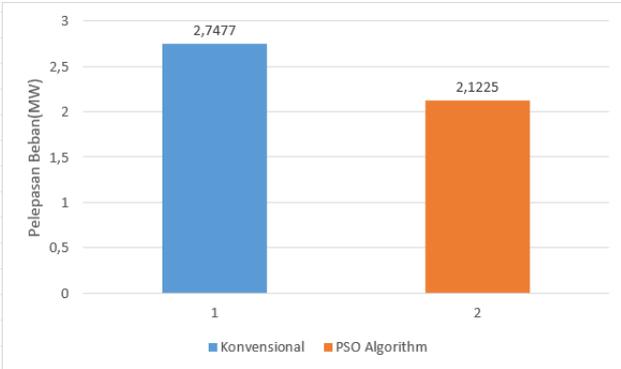
Selanjutnya metode PSO digunakan untuk menentukan lokasi dan nilai pelepasan beban dengan syarat konstrain tegangan dan minimalisasi fungsi kebugaran. Pada penelitian ini terdapat tiga kali *running* pelepasan beban, dengan menggunakan tiga *multi objective fitness function*, yaitu rugi daya, tegangan deviasi, dan menggunakan biaya pelepasan beban. Tabel 1 berikut merupakan parameter pelepasan beban PSO.

Tabel 1 Parameter Pelepasan Beban PSO

Parameter	PSO
Populasi	20
Iterasi	200
Running	3
Konstraint Tegangan	$0,98 \leq V_{min}(p.u) \leq 1.0$
Bobot Inersia(w)	1
<i>Learning Factors</i>	2
R1&R2	0-1

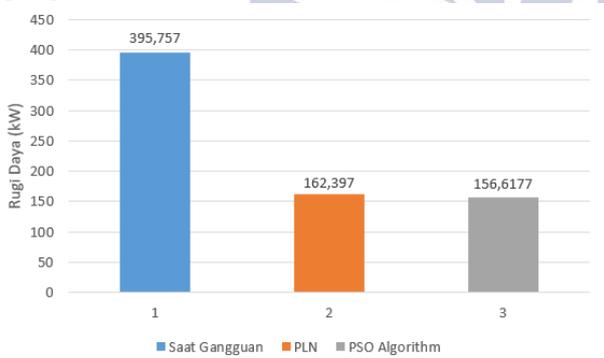
Hasil Pelepasan Beban Menggunakan PSO

Dari ketiga *running* PSO didapatkan hasil perbandingan jumlah pelepasan beban, rugi daya, minimum tegangan, seperti yang terdapat pada Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4 berikut.



Gambar 2 Perbandingan nilai pelepasan beban

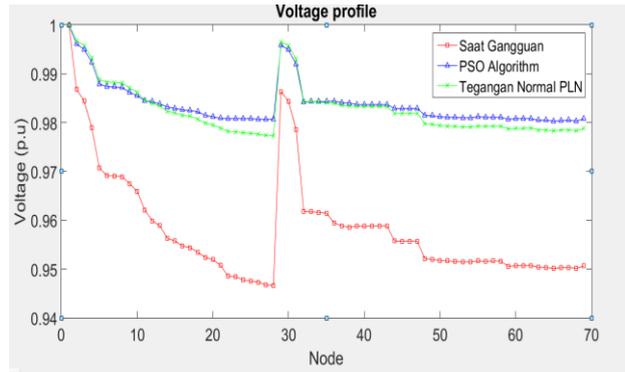
Dari Gambar 2 dapat dilihat perbandingan jumlah pelepasan beban asli dengan pelepasan beban menggunakan PSO *algorithm*. Pada pelepasan beban konvensional jumlah pelepasan bebannya sebesar 2,7477 MW, dan pada pelepasan beban menggunakan PSO *algorithm* mengalami penurunan, dengan jumlah pelepasan sebesar 2,1225 MW.



Gambar 3 Perbandingan Rugi Daya

Pada Gambar 3 menunjukkan perbandingan rugi daya saat terjadi gangguan, rugi daya PLN, dan rugi daya setelah pelepasan beban menggunakan PSO *algorithm* pada saat terjadi gangguan rugi dayanya sebesar 395,757 kW, untuk rugi daya pada PLN bernilai 162,397 kW, dan rugi daya setelah pelepasan beban PSO *algorithm* mengalami penurunan dengan nilai rugi daya sebesar 156,618 kW.

Pada Gambar 4 dapat dilihat grafik perbandingan minimum tegangan saat terjadi gangguan, tegangan PLN, dan setelah pelepasan beban menggunakan PSO *algorithm*, pada saat terjadi gangguan tegangan minimum sistem sebesar 18,93 kV (0,9466 p.u), untuk tegangan PLN sendiri bernilai 19,55 kV(0,9773 p.u),



dan pada PSO *algorithm* mengalami kenaikan dengan nilai tegangan minimum sebesar 19,61 kV(0,98028 p.u).

Gambar 4 Grafik Perbandingan Tegangan Minimum

PENUTUP
Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pelepasan beban dengan PSO *algorithm* dapat mencari nilai minimum jumlah pelepasan beban, dimana pelepasan beban menggunakan PSO *algorithm* mengalami penurunan sebesar 22% dari pada data PLN, dan penurunan nilai rugi daya sebesar 3,56%, dan kenaikan tegangan minimum sistem sebesar 0,3%.

Saran

Dari hasil penelitian yang didapat, untuk penelitian selanjutnya peneliti menyarankan untuk melanjutkan penelitian menggunakan EPSO (*Evolutionary Particle Swarm Optimization*) dimana pada metode tersebut terdapat persaingan dari posisi sebelum dan sesudah untuk menentukan solusi yang terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

B. Bakhsideh Zad. "Optimal reactive power control of DGs for voltage regulation of MV distribution systems using sensitivity analysis method and PSO algorithm," *Electrical Power and Energy Systems*, vol. 68, 2015, pp. 52-60.

Farich Arfiyan. 2019. "Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20kV Penyulang Bandilan Dengan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Surabaya : Universitas Negeri Surabaya Vol 08 No 03.

Gonen, Turan. 1986."Electric Power Distribution System Engineering". USA: MCGraw-Hill.

K. Z. Oo, K. M. Lin & T. N. Aung, "Particle Swarm Optimization based optimal reactive power dispatch for power distribution network with distributed generation," *International Journal of Energy and Power Engineering*, vol. 6, no. 4, 2017, pp. 53-60.

Kundur, Prabha. 1994. "Power System Stability and Control". USA: MCGraw-Hill.

- N.M.Sapari, H. Mokhlis, A.H.A. Bakar, M.R.M.Dahalan. 2014.” Online Stability Index Monitoring for Load Shedding Scheme in Isolated Distribution Network”. *Jurnal IEEE*.
- Santosa Budi. 2011. “Particle Swarm Optimization”. Surabaya : Institute Teknologi Sepuluh November.
- Suhadi, dkk. 2008, “*Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*”. Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional.
- Usman, Adil Amin, Muhammad Muneer A., H. Mokhlis. 2018.”Optimal Under Voltage Load Shedding Scheme for a Distribution Network Using EPSO algorithm”. *Jurnal IEEE*.
- V. Miranda, Nuno Fonseca. 2002.”New Evolutionary Particle Swarm Algorithm (EPSO) Applied To Voltage/VAR Control”. *Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto*.

