

REKONFIGURASI SISTEM DISTRIBUSI 20 KV GARDU INDUK TELUK LEMBU DAN PLTMG LANGGAM POWER UNTUK MENGURANGI RUGI DAYA DAN DROP TEGANGAN

Abrar Tanjung

Jurusan Teknik Elektro Universitas Lancang Kuning
Jl. Yos Sudarso Km. 08 Rumbai Telp. (0761) 52324
email : Abrartanjung_1970@yahoo.co.id

ABSTRAK

Gardu Induk Teluk lembu untuk memenuhi kebutuhan energi listrik sepanjang jalan Lintas timur Kabupaten Pelalawan meliputi daerah Kulim, Pasir putih, Sei kijang mati sampai Pangkalan kerinci sedangkan PLTMG Langgam Power untuk memenuhi sebahagian kebutuhan energi listrik daerah SP dan lintas timur Kota Pangkalan kerinci. Beban Feeder Cemara untuk memenuhi kebutuhan energi listrik sepanjang jalan lintas timur kabupaten pelalawan sudah cukup tinggi. Sehingga menyebabkan rugi daya (*power losses*) dan jatuh tegangan (*voltage drop*) cukup tinggi. Akibatnya kualitas pelayanan listrik menjadi rendah. Untuk mengurangi beban pada Feeder Cemara, maka akan dilakukan Rekonfigurasi dari Feeder Cemara Gardu Induk teluk lembu ke Feeder Langgam PLTMG langgam Power.

Berdasarkan hasil analisa pembahasan dan perhitungan menggunakan Program ETAP 7.5 tegangan terendah pada saluran Feeder Cemara terdapat pada trafo TR.1064 sebesar 16,27 kV sedangkan tegangan terendah pada Feeder Langgam pada trafo SP.26 sebesar 19,87 kV dengan rugi daya total sebesar 731,04 kW. Setelah dilakukan rekonfigurasi, maka rekonfigurasi 2 maka tegangan terendah Feeder Cemara terdapat pada trafo TR.1102 sebesar 18,70 kV, pada saluran Feeder Langgam yaitu pada trafo SP.26 sebesar 19,05 kV dan pada saluran Feeder Pasir putih pada trafo ST.262 sebesar 18,78 kV dengan rugi daya total sebesar 410,65 kW. Penghematan rugi daya total diperoleh sebesar 320,39 kW

Kata Kunci : Gardu induk, rugi daya, rekonfigurasi

ABSTRACT

Substation ox bay to meet the needs of electrical energy along the road along the east Pelalawan covers an area Kulim , white sand , Sei dead deer to Base kerinci while PLTMG Langgam Power to meet the electricity needs of the region sebahagian SP and the eastern city of Pangkalan Kerinci . Fir Feeder load to meet the needs of electrical energy along the highway east Pelalawan already quite high . Causing loss of power (power losses) and the voltage drop (voltage drop) is quite high . As a result the quality of electrical service to be low . To reduce the load on Fir Feeder , it will be Reconfiguration of fir Feeder bay substation feeder calf to Langgam PLTMG style Power .

Based on the analysis and discussion of the calculation using ETAP 7.5 Program lowest voltage at Fir Feeder channel contained on TR.1064 of 16.27 kV transformer while the lowest voltage at Feeder Langgam on SP.26 of 19.87 kV transformer with power losses totaling 731 , 04 kW . After reconfiguration , the reconfiguration of the lowest voltage Feeder 2 Fir contained in TR.1102 of 18.70 kV transformer , the feeder channel Langgam namely at 19.05 kV transformer SP.26 and the white sand feeder channel on transformer ST.262 amounted to 18.78 kV with a total power loss of 410.65 kW . Savings in total power losses obtained at 320.39 kW

Keywords : parent substation, power losses, reconfiguration

PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik merupakan salah satu tenaga yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat, perkantoran, industri, dan lain sebagainya, segala aktifitas yang berkaitan

dengan kebutuhan sehari-hari tidak terlepas dari kebutuhan akan tenaga listrik, karena tenaga listrik adalah kebutuhan yang pokok bagi kehidupan masyarakat modern. Selain itu, tenaga listrik merupakan salah satu tolak

ukur perkembangan suatu daerah, semakin berkembangnya suatu daerah, maka kebutuhan tenaga listrik juga semakin meningkat.

Kebutuhan listrik yang meningkat hingga jauh di pelosok daerah, maka PT. PLN (Persero) Wilayah Riau dan Kepulauan Riau membangun Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Langgam Power yang terletak di Km 22 Kecamatan Langgam Kabupaten Pelalawan sebagai pembantu suplai energi listrik kabupaten Pelalawan. Secara teknis sistem distribusi kelistrikan PT. PLN (Persero) Rayon Pangkalan Kerinci termasuk dalam jaringan transmisi Sistem Sumbar-Riau melalui Gardu Induk (GI) Teluk Lembu. OGF Cemara Gardu Induk Teluk Lembu memenuhi kebutuhan listrik kabupaten pelalawan meliputi daerah Lintas timur, Seikijang mati, Simp.Langgam, Pasir putih dan Cemara gading.

Perbandingan hasil aliran daya sistem 14 bus dan hasil aliran daya pada journal IEEE tidak memberikan penyimpangan yang jauh berbeda, berarti hasil yang diperoleh adalah sesuai dan tidak diragukan, sehingga permodelan ini dapat dijadikan model alternatif pada penyelesaian aliran daya yang sederhana dan rasional [3].

Tujuan penelitian dilakukan untuk menganalisa dan menghitung rugi daya dan drop tegangan dengan merenkofigurasi sistem distribusi 20 kV dari Feeder Cemara Gardu Induk Teluk Lembu ke Feeder Langgam PLTMG Langgam Power, sehingga dapat mengurangi rugi daya dan drop tegangan menggunakan program ETAP 7.5.

Permasalahan utama pada sistem ini adalah pembebanan Feeder Cemara untuk melayani Lintas timur dan sekitarnya sudah cukup besar, sehingga rugi daya (*Power Losses*) dan jatuh tegangan (*Voltage Drop*) pada Feeder tersebut cukup besar pula. Hal ini menyebabkan kualitas pelayanan listrik menjadi rendah. Berdasarkan permasalahan pada sistem distribusi dilakukan analisa dan perhitungan dengan rekonfigurasi menggunakan program ETAP 7.5 untuk meminimalkan rugi daya dan drop tegangan untuk kondisi sistem distribusi yang lebih baik sesuai standar perusahaan listrik negara (SPLN).

BAHAN DAN METODE

Parameter jatuh tegangan rata-rata dan faktor tegangan tak seimbang terjadi perubahan yang semakin baik untuk semua kasus pada masing-masing variasi pola beban. Untuk parameter total rugi saluran hasilnya bervariasi pada setiap kasus. Hasil pengujian menunjukkan parameter total daya kompleks tak seimbang tidak berubah untuk semua kasus pada semua variasi pola beban. Parameter arus netral trafo mempunyai nilai sama pada semua kasus. [1]

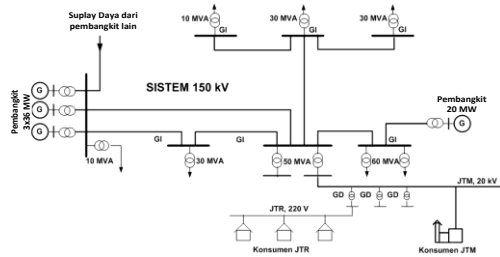
Rekonfigurasi saluran distribusi tenaga listrik menggunakan Genetic Algorithm dengan menggunakan metode Breeder Genetika Algoritma (BGA) yang telah dikembangkan dalam optimasi beban seimbang untuk konfigurasi saluran distribusi tegangan menengah. Hasil analisis menggunakan BGA menunjukkan konfigurasi baru yang optimal dengan *losses* terendah serta lebih cepat konvergen jika dibandingkan dengan Genetic Algorithm (GA) biasa, sehingga dapat menurunkan rugi daya aktif sebesar $12,278 \text{ kW} - 11,835 \text{ kW} = 0,443 \text{ kW}$ (37%) serta jatuh tegangan untuk masing-masing *feeder* masih dalam batas toleransi (+5%, dan -5%), minimum sebesar 0,01% dan maksimum sebesar 2,5% [2].

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik terdiri dari komponen-komponen listrik seperti : generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi, dan beban sistem yang merupakan satu kesatuan sehingga membentuk suatu sistem yang disebut sistem distribusi tenaga listrik. Contoh diagram garis (*single line diagram*) untuk sistem tenaga seperti pada Gambar 1.

Untuk keperluan penyediaan tenaga listrik bagi para pelanggan, diperlukan berbagai peralatan listrik. Berbagai peralatan listrik ini dihubungkan satu sama lain mempunyai inter relasi dan secara keseluruhan membentuk suatu sistem tenaga listrik. Yang dimaksud dengan sistem tenaga listrik disini adalah sekumpulan Pusat Listrik dan Gardu Induk (Pusat Beban) yang satu sama lain dihubungkan oleh jaringan transmisi sehingga merupakan sebuah kesatuan interkoneksi [5].

Tenaga listrik yang telah dihasilkan pada pusat listrik akan ditransmisikan ke beban melalui saluran transmisi. Sebelum ditransmisikan, tegangan dinaikkan menggunakan transformator penaik tegangan (*step-up*) pada pusat listrik. Tegangan tersebut dinaikkan kelevel tegangan tinggi (antara tegangan 70 kV sampai 150 kV) atau tegangan ekstra tinggi (diatas 150 kV). Saluran transmisi yang digunakan bisa berupa saluran udara maupun kabel tanah.[3].



Gambar 1. Sistem tenaga listrik

2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Pada dasarnya sistem pembangkit dan sistem penyaluran tenaga listrik yang lengkap mengandung tiga unsur. Pertama, adanya unsur pembangkit tenaga listrik. Tegangan yang dihasilkan oleh pusat tenaga listrik skala besar umumnya merupakan Tegangan Menengah (TM). Kedua, adalah sistem penyaluran, diantaranya saluran transmisi, yang dilengkapi dengan gardu induk. Karena jarak pengiriman yang cukup jauh dan besarnya daya yang dikirim maka diperlukan penggunaan Tegangan Tinggi (TT), atau Tegangan Ekstra Tinggi (TET). Saluran distribusi adalah saluran yang menghubungkan gardu induk dengan konsumen, terdiri atas saluran distribusi *primer* dengan Tegangan Menengah (TM) dan saluran distribusi *sekunder* dengan Tegangan Rendah (TR). Ketiga adalah saluran yang disebut instalasi pemanfaatan, yaitu saluran yang menghubungkan sumber tenaga listrik dengan peralatan pemanfaatan tenaga listrik [4].

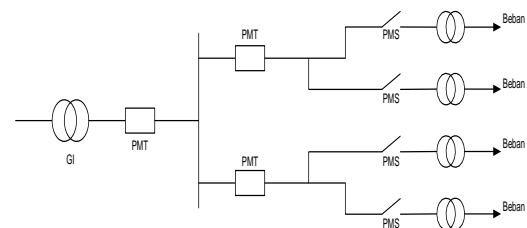
Batas maksimum pembebanan ditentukan oleh kemampuan hantaran arus dari saluran, kapasitas transformator dan jatuh tegangan maksimum yang diizinkan pada ujung saluran yang ditetapkan dalam Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) adalah -

10% dan +5%. Berdasarkan konfigurasi saluran ada beberapa jenis saluran distribusi tegangan menengah yang digunakan, yaitu ; sistem saluran distribusi *radial*, sistem saluran distribusi *loop*, dan sistem saluran distribusi *spindel*.

2.3 Sistem Saluran Distribusi Radial

Pada saluran *radial* mempunyai satu jalan aliran daya ke beban. Sistem ini biasa dipakai untuk melayani daerah beban dengan kerapatan beban rendah dan sedang. Pada sistem saluran *radial* sebuah *feeder* menyalurkan tenaga listrik yang terpisah antara *feeder* satu [4] dengan *feeder* yang lainnya. Sistem ini mempunyai sebuah saluran yang ditarik dari suatu sumber daya atau gardu induk dan saluran dicabangkan untuk beban-beban yang dilayani.

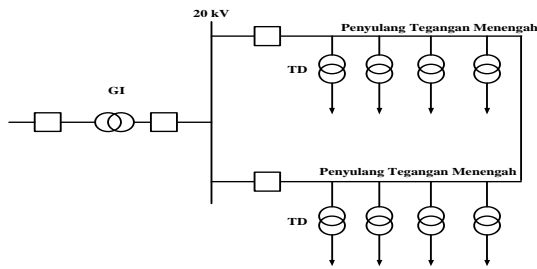
Suatu sistem distribusi *primer* dikatakan sebagai sistem *radial* apabila penyaluran daya dari sumber ke konsumen, tidak memungkinkan untuk mendapatkan masukan dari sumber lain, tetapi biasanya dibangun cabang dari *feeder* utama ke daerah beban tersebut.



Gambar 2 Sistem saluran distribusi jenis *radial*

2.4 Sistem Saluran Distribusi Loop

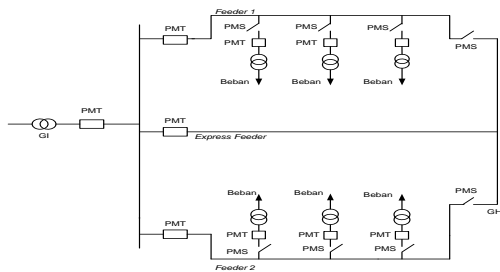
Konfigurasi *loop* merupakan interkoneksi antar gardu distribusi yang membentuk suatu lingkaran tertutup (*loop*). Pada konfigurasi ini bisa terdapat lebih dari satu busbar GI, dan masing-masing penyulangnya membentuk suatu rangkaian tertutup dengan GI. Keuntungan dari konfigurasi *loop* ini adalah pasokan daya listrik dari GI lebih terjamin. Sebab jika salah satu GI mengalami gangguan maka penyulang akan tetap mendapatkan pasokan dari GI yang lain yang tidak mengalami gangguan, dan GI yang mengalami gangguan dapat diperbaiki tanpa takut akan mengganggu suplai daya ke gardu distribusi. [4]



Gambar 3 Sistem saluran distribusi Konfigurasi loop

2.5 Saluran Distribusi Spindel

Sistem saluran distribusi *spindel* merupakan sistem perkembangan dari sistem saluran *loop*, dimana perluasan ini berupa penambahan saluran utama yang kesemuanya bertemu pada satu titik, dimana titik pertemuan tersebut merupakan sebuah Gardu Hubung (GH). Perbedaan sistem saluran *loop* dengan sistem saluran *spindel* yaitu pada sistem saluran *loop* besar ukuran penampang saluran penghantar harus mampu untuk memikul seluruh beban sedangkan pada sistem saluran *spindel* besar penampang penghantar berdasarkan atas jumlah beban yang paling besar pada saluran utama [4].



Gambar 4 Sistem saluran distribusi jenis *spindle*

2.6 Transformator

Transformator adalah suatu alat yang digunakan untuk mentransformasi tegangan yaitu menaikkan tegangan (*step up transformer*) dan menurunkan tegangan (*step down transformer*). Daya semu (kVA) dari transformator distribusi berkisar antara 5 sampai 1600 kVA, sedangkan untuk daya semu (kVA) diatas 1600 kVA sudah tergolong pada trafo daya [7].

Prinsip kerja transformator adalah :

- Sumber arus AC diberikan pada kumparan *primer* sehingga terjadi fluks yang berubah sesuai arus yang masuk
- Perubahan fluks mengalir pada inti besi dan menginduksikan kumparan *sekunder*
- Kumparan *sekunder* terinduksi fluks akan menimbulkan tegangan induksi, dan jika dibebani akan mengalir induksi.

Transformator dibagi dalam beberapa jenis antara lain :

- Transformator Daya adalah komponen yang paling utama dalam sebuah gardu induk atau pembangkit, fungsinya untuk mentransformasikan arus dan tegangan pada nilai daya dan frekuensi yang tetap, yaitu menerima tegangan tinggi atau ekstra tinggi pada sisi *primer* lalu merubahnya menjadi tegangan menengah dan menyalurkannya ke beban (trafo daya *step down*). Atau menerima tegangan menengah pada sisi *primer* lalu merubahnya menjadi tegangan tinggi atau ekstra tinggi dan menyalurkannya ke sistem transmisi (trafo daya *step up*).
- Transformator Distribusi adalah transformator distribusi berfungsi untuk menurunkan sistem tegangan *primer* dari 6-20 kV ke tegangan pemakaian 110/220 V, 220/380 V (di Indonesia).

2.7 Rugi-Rugi Daya

Rugi-rugi daya adalah besarnya daya yang hilang pada suatu jaringan, yang besarnya sama dengan daya yang disalurkan dari sumber dikurangi besarnya daya yang diterima. Pemilihan jenis kabel yang akan digunakan pada jaringan distribusi merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan dari suatu sistem tenaga listrik. Jenis kabel dengan nilai resistansi yang kecil akan dapat memperkecil rugi-rugi daya [6]. Besar rugi-rugi daya pada jaringan distribusi dapat ditulis sebagai berikut:

$$\Delta P = I^2 \cdot R \text{ (watt)}(1)$$

Keterangan:

- ΔP = Rugi daya pada jaringan (watt)
- I = Arus beban pada jaringan (amper)
- R = Tahanan murni (ohm)

Untuk rugi-rugi daya pada jaringan tiga fasa dinyatakan oleh persamaan:

$$\Delta P = \sqrt{3} \cdot I^2 \cdot R \text{ (watt)}(2)$$

impedansi *feeder* atau memindahkan suplai suatu titik beban trafo distribusi dari suatu *feeder* ke *feeder* yang lain. Rekonfigurasi dapat merubah parameter-parameter saluran distribusi antara lain, seperti impedansi dan arus *feeder*. Akibat perubahan kedua parameter tersebut, akan turut merubah rugi daya dan jatuh tegangan pada *feeder*, keseimbangan arus fasa dan keseimbangan arus *feeder* serta arus hubung singkat pada sisi ujung *feeder*. Oleh sebab itu, proses rekonfigurasi suatu sistem distribusi harus mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, terutama rugi daya dan jatuh tegangan [8].

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Arus Beban Kondisi Eksisting

Berdasarkan data beban yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) rayon Pekanbaru timur dan PT. PLN (Persero) rayon Pangkalan kerinci, data arus beban trafo pada sisi 380 V dapat dilihat pada lampiran I, maka Perhitungan arus beban dengan asumsi beban seimbang, sebagai contoh pada trafo TR.428 pada saluran OGF Cemara mempunyai beban $I_R = 118$ Amper ; $I_S = 179$ Amper ; $I_T = 194$ Amper,

Maka pembebanan seimbang diasumsikan dengan cara sebagai berikut:

$$I_{\text{rata-rata TR.428}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \\ = \frac{118 + 179 + 194}{3} \\ = 163,67 \text{ Amper}$$

Selanjutnya arus beban pada sisi 20 kV dapat pula dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$I_{\text{TR.428}} = \frac{V_2 \times I_2}{V_1} \\ I_{\text{TR.428}} = \frac{380 \times 163,67}{20000} \\ = 3,109 \text{ Amper}$$

3.2 Perhitungan Jatuh Tegangan dan Rugi Daya Untuk Kondisi Eksisting

Perhitungan jatuh tegangan untuk setiap bagian saluran (jarak antar trafo), perhitungan dimulai dari sisi gardu induk ke trafo di depannya. Besar jatuh tegangan pada setiap saluran diperoleh berdasarkan perkalian antara arus yang mengalir pada bagian tersebut dikalikan dengan impedansinya. Besar arus yang mengalir pada bagian saluran OGF Cemara antara Gardu Induk Teluk Lembu ke trafo didepannya (A) adalah 305,57 A,

sedangkan nilai impedansi total sebesar 0,6911 Ohm, maka jatuh tegangan pada bagian tersebut adalah :

$$\Delta V = I \times Z \\ \Delta V = 305,57 \times 0,6911 \\ = 211,179 \text{ volt}$$

Sehingga jatuh tegangan 3 fasa adalah :

$$= \sqrt{3} \times 211,179 \text{ volt} \\ = 365,773 \text{ volt}$$

Tegangan kirim pada Gardu Induk Teluk Lembu sebesar 20,4 kV, sehingga tegangan terima pada trafo di titik percabangan (A) adalah :

$$V_r A = V_s - \Delta V \\ = 20.400 - 365,773 \\ = 20.034,23 \text{ Volt}$$

Perhitungan rugi-rugi daya (ΔP) satu fasa dari GI Teluk Lembu ke percabangan A adalah :

$$\Delta P = I^2 \times R \\ = 305,57^2 \times 0,37835 \\ = 35.327,68 \text{ Watt}$$

Sedangkan untuk rugi-rugi saluran tiga fasa adalah:

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R \\ = 3 \times 305,57^2 \times 0,37835 \\ = 105.983,05 \text{ Watt}$$

3.3 Perhitungan Impedansi

Perhitungan impedansi kawat (Z) dengan jenis kawat AAAC 150 mm² adalah (0.2162 + j 0.3305) ohm/km sehingga:

$$Z = \sqrt{0.2162^2 + 0.3305^2} \\ = 0.39493 \text{ Ohm/km}$$

Panjang kawat penghantar feeder OGF Cemara yaitu dari Gardu Induk Teluk Lembu (GITL) Ke Titik A yang berada didepan GITL adalah 1,75 Km maka impedansi total dari kawat penghantar tersebut adalah :

$$Z_{\text{total}} = Z / \text{km} \times l (\text{km}) \\ = 0.39493 \times 1,75 \\ = 0,69113 \text{ Ohm}$$

3.4 Analisa Pembahasan Rekonfigurasi Menggunakan ETAP 7.5

Analisa dalam perhitungan rekonfigurasi dilakukan dalam beberapa tempat beban dari feeder Cemara ke feeder Langgam. Nilai hasil pembahasan dapat dilihat pada tabel 1.

Dari hasil analisa pembahasan rekonfigurasi menggunakan program ETAP 7.5 di peroleh pada rekonfigurasi 2 dengan

pengurangan rugi daya total sebesar 731,04 kW – 410,65 kW = 320,39 kW. Maka diperoleh penghematan daya sebesar 320,39kW. Hasil tabel di tunjukkan bahwa untuk mengurangi nilai rugi daya dan drop

tegangan, maka dilakukan pembagian beban dari feeder yang beban yang lebih besar yaitu feeder Cemara ke feeder yang beban yang lebih kecil yaitu feeder Langgam dan Pasir Putih.

Tabel 1. Analisa Pembahasan Rekonfigurasi Menggunakan ETAP 7.5

No	Rekonf	Tegangan terendah (kV)			Rugi daya (kW)			
		Cemara	Langgam	Pasir putih	Cemara	Langgam	Pasir putih	Total
1.	I	17,82	17,46	-	454,81	276,23	-	731,04
2.	II	18,70	19,10	18,83	225,67	65,09	119,89	410,65
3.	III	17,54	18,15	-	432,89	139,92	-	572,81

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan menggunakan program ETAP 7.5 diperoleh kesimpulan :

1. Tegangan terendah pada kondisi eksisting diperoleh sebesar 16,27 kV rugi daya total 731,04 kW pada trafo 1094 feeder Cemara.
2. Setelah dilakukan rekonfigurasi menggunakan Program ETAP 7.5 diperoleh tegangan terendah 18,70 kV, rugi daya total 410,65 kW pada trafo Tr. 112 feeder Cemara.
3. Dalam beberapa rekonfigurasi pada sistem distribusi diperoleh rekonfigurasi 2 dapat mengurangi rugi daya total sebesar 320,39 kW dan tegangan terendah dari tegangan 16,27 kV menjadi tegangan 18,70 kV serta penghematan daya sebesar 320,39 kW.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak yang telah ikut membantu dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Fakultas Teknik Unilak
- b. PT. PLN Area Pekanbaru
- c. Rekan – rekan dosen di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Unilak

DAFTAR PUSTAKA

Asy'ari, Hasim, 2011 “Perbaikan Jatuh Tegangan Dan Rekonfigurasi Beban Pada Panel Utama Prambanan”, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Cok Gede Indra Partha, 2006, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Menggunakan Breeder Genetic Algorithm (BGA)”, Jurnal Teknologi Elektro Vol 5, Teknik Elektro Unud, Bali.

Indra Jaya Mansur, 2003, “Model Beban dan Eliminasi Bus Beban Pada Penyelesaian Aliran Daya Menggunakan Metoda Newton Raphson”, Jurnal Penelitian Enjiniring Vol 9, Teknik Elektro Universitas Hasanuddin, Makasar.

Djiteng Marsudi, 2006, “Operasi Sistem Tenaga Listrik”, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Hutauruk. T. S,1985, “Transmisi Daya Listrik”, Erlangga, Jakarta.

Muhammad Fayyadl, 2010, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Daya Listrik Dengan Metode Algoritma Genetika”, Jurnal Teknik Elektro Universitas Diponegoro.

Kadir Abdul, 2000 “Distribusi Tenaga Listrik”, Universitas Indonesia, Jakarta.

Pabla, A. S, 1994 “Sistem Distribusi Daya Listrik.”, Penerbit Erlangga, Jakarta.