

Studi Komparasi Metode *Newton Rapshon* dan *Fast Decoupled* untuk Deteksi Kerugian Daya dan Besar Arus Pada *Feeder* di PLN Rayon Tegal

Fitrizawati¹, YB. Praharto³, Lukman Fauzi³

^{1,2} Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknik Wiyoworotomo Purwokerto

Jl. Semangir No.1 Purwokerto

Corresponding Author e-mail : fitrizawati@gmail.com¹

Abstrak

Penggunaan tenaga listrik merupakan suatu kebutuhan atau tuntutan hidup yang tidak dapat dipisahkan dalam menunjang segala aktifitas sehari-hari. Meningkatnya aktifitas kehidupan manusia secara langsung akan mengakibatkan tingginya permintaan energy listrik. Selain faktor pemenuhan kapasitas daya, penyediaan tenaga listrik harus memperhatikan kualitas profil tegangan dan efisiensi daya listrik di jaringan distribusi. Kualitas profil tegangan diperlukan bagi pelanggan karena peralatan listrik mengacu pada tegangan nominal suplai listrik. Sementara efisiensi daya listrik di jaringan distribusi yang tinggi menguntungkan karena menurunkan susut daya listrik losses di jaringan dan juga menguntungkan pelanggan karena semakin banyak calon pelanggan yang akan dapat teraliri daya listrik untuk mengetahui berapa besar susut tegangan yang terjadi harus melakukan studi analisa aliran daya,. Penelitian ini akan mengkomparasikan dua metode newton rapshon dan metode fast de coupled pada jaringan distribusi feeder kksn 17 di PT.PLN (Persero) Tegal dengan jumlah 67 bus dan untuk mengetahui bagaimana hasil dari kedua metode akan disimulasikan dengan software ETAP 7.5. Setelah dilakukan beberapa kali simulasi dan analisis peneliti mendapatkan nilai konvergen didapatkan pada iterasi ke sembilan dan hasil studi aliran daya metode newton rapshon dan metode fast de coupled mendapatkan hasil analisis yang sama pada setiap iterasi ,setelah di teliti lebih lanjut hasil analisis yang selalu sama dikarenakan pada feeder ksn 17 mempunyai panjang jaringan 7,6 Km dan beban total yang sebesar 56% dari kapasitas total traffo distribusi. Rugi-rugi tegangan sebesar 0,01 % dianggap tidak berpengaruh karena susut tegangan yang ditentukan SPLN 10-1A : 1996 sebesar -5% dan + 10 %

Kata Kunci : *Newton Rapshon, Fast De Coupled, Kerugian Tegangan, Feeder*

1. Pendahuluan

Penggunaan tenaga listrik merupakan suatu kebutuhan atau tuntutan hidup yang tidak dapat dipisahkan dalam menunjang segala aktifitas sehari-hari. Meningkatnya aktifitas kehidupan manusia secara langsung akan mengakibatkan tingginya permintaan *energy* listrik. [1], dalam menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit kepada konsumen diperlukan suatu jaringan tenaga listrik. *System* jaringan ini terdiri dari jaringan *transmisi system extra tinggi* dan tegangan tinggi dan jaringan distribusi *system* tegangan menengah dan tegangan rendah, selain *faktor* pemenuhan kapasitas daya, penyediaan tenaga listrik harus memperhatikan kualitas profil tegangan dan efisiensi daya listrik di jaringan distribusi. Kualitas profil tegangan diperlukan bagi pelanggan karena peralatan listrik mengacu pada tegangan nominal suplai listrik, sementara efisiensi daya listrik di jaringan distribusi yang tinggi menguntungkan karena menurunkan susut daya listrik *losses* di jaringan dan juga menguntungkan pelanggan karena

ITEKS

Intuisi Teknologi dan Seni

semakin banyak calon pelanggan yang akan dapat teraliri daya listrik. Kualitas tegangan dan efisiensi *energy* listrik pada suatu *system* kelistrikan sangat dipengaruhi oleh adanya rugi-rugi/susut daya listrik yang terjadi, baik disisi pembangkitan, penyaluran ataupun pendistribusian melalui suatu jaringan distribusi. Dalam kenyataannya, susut daya listrik pada penyediaan *energy* listrik merupakan suatu yang tidak bias dihindarkan. Meski demikian susut *energy* yang terjadi dalam proses penyaluran dan distribusi *energy* harus dikendalikan secara optimal, [2].

Susut tegangan dan daya listrik terjadi pada dasarnya disebabkan oleh beberapa *faktor* seperti panjang jaringan, penampang kabel yang digunakan, arus beban yang mengalir dan sebagainya, untuk mengetahui berapa besar susut tegangan yang terjadi kita harus melakukan studi analisa aliran daya, untuk itu penulis mengambil judul Perbandingan *Metode Aliran Daya Newton Rhapsion* dan *Metode Fast Decoupled* Untuk Melihat Profil Tegangan Di *Feeder KSN 17 PT. PLN Rayon Tegal*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil terbaik metode aliran daya newtonrapsion dan metode fast de coupled untuk menganalisis aliran daya pada feeder ksn 17 PT. PLN Rayon Tegal, untuk mengetahui aliran daya yang ada pada feeder ksn17 sehingga bisa digunakan untuk perencanaan pembangunan jaringan berikutnya.

2. Tinjauan Pustaka

Penelitian yang berkaitan dengan perbandingan aliran daya sudah pernah dilakukan. Beberapa penjelasan mengenai penelitian tersebut antara lain penelitian *Metode Gauss Seidel*, *Metode Newton Rapshon*, *Metode Fast De Coupled*, dan *Metode Runge-Kutta Orde 4*. (Zamzami De Lima, 2014) [2]. Selain itu, analisa aliran daya dalam tenaga listrik digunakan untuk menentukan parameter-parameter tenaga listrik. Proses perhitungannya sendiri terkait dengan masalah optimasi . Perbandingan Analisa Aliran Daya dengan Menggunakan *Metode Algoritma Genetika* dan *Metode Newton Rapshon*, [3]. Persamaan umum untuk arus yang mengalir menuju suatu Bus adalah:

$$\begin{aligned} I_1 &= Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2 + Y_{13}V_3 + \dots + Y_{1n}V_n \\ I_2 &= Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2 + Y_{23}V_3 + \dots + Y_{2n}V_n \\ I_3 &= Y_{31}V_1 + Y_{32}V_2 + Y_{33}V_3 + \dots + Y_{3n}V_n \\ I_n &= Y_{n1}V_1 + Y_{n2}V_2 + Y_{n3}V_3 + \dots + Y_{nn}V_n \dots\dots\dots [1]. \end{aligned}$$

Dengan:

$$\begin{aligned} I_n &: \text{Arus yang mengalir ke bus} \\ Y_{mn} &: \text{Admitansi bus} \\ V_n &: \text{Tegangan pada Bus} \end{aligned}$$

Daya kompleks pada bus p tersebut adalah :

$$S_p = P_p + jQ_p = V_p I_p^* \dots\dots\dots [2]$$

Dengan:

$$\begin{aligned} S_p &: \text{Daya kompleks pada bus p} \\ P_p &: \text{Daya nyata pada bus p} \\ Q_p &: \text{Daya semu pada bus p} \end{aligned}$$

Persamaan aliran daya pada tiap-tiap saluran dapat ditentukan dengan cara sebagai Persamaan

ITEKS

Intuisi Teknologi dan Seni

aliran daya kompleks pada saluran :

$$P_{pq} + jQ_{pq} = I_{pq} \dots\dots\dots [3]$$

2.1. Metode Newton Rapson

Dasar dari metode *Newton Raphson* dalam penyelesaian aliran daya adalah deret *Taylor* untuk suatu fungsi dengan dua variable lebih. Metode *Newton Rhapsion* menyelesaikan masalah aliran daya dengan menggunakan suatu set persamaan non linier untuk menghitung besarnya tegangan dan sudut fasa tegangan tiap bus, daya injeksi pada bus “i” adalah :

$$P_i - j Q_i = V_i^* \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j$$

Dalam hal ini dilakukan pemisahan daya nyata dan daya reaktif pada bus i. Pemisahan ini akan menghasilkan suatu set persamaan simultan *non linear*, dalam koordinat kutub, nilai P, dan Q, telah diketahui, tetapi nilai V; dan δ_i tidak diketahui kecuali pada slack bus. Kedua persamaan non linier tersebut dapat diuraikan menjadi suatu set persamaan simultan linier dengan cara menyatakan hubungan antara perubahan daya nyata ΔP_i dan daya reaktif ΔQ_i terhadap perubahan magnitude tegangan ΔV_i dan sudut fasa tegangan $\Delta \delta$.

$$\begin{bmatrix} \Delta P_i \\ \Delta Q_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix}$$

Elemen - elemen matriks Jacobi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan daya nyata dan reaktif pada bus I, Elemen-elemen matriks Jacobi dihitung setiap akan melakukan iterasi. Perhitungan iterasi dimulai dengan memberikan perkiraan magnitude tegangan dan sudut fasa tegangan mula-mula. Perubahan- perubahan dalam daya nyata dan daya reaktif yang telah dijadwalkan dikurangi dengan daya nyata dan daya reaktif yang dihitung dari persamaan berikut;

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = -|V_i V_j Y_{ij}| \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}), j \neq i$$

$$\Delta P_i^{k-1} = P_{i(terjadwal)} - P_i^k$$

$$\Delta Q_i^k = Q_{i(terjadwal)} - Q_i^k \quad i = 1, 2, \dots, n-1$$

Elemen-elemen matriks Jacobi dihitung dengan menggunakan magnitude tegangan dan sudut fasa tegangan estimasi mula-mula. Dengan menggunakan metode invers langsung yang dapat dipecahkan untuk mendapatkan nilai-nilai magnitude tegangan dan sudut fasa tegangan estimasi yang baru pada tiap bus (kecuali slack bus), proses iterasi kembali lagi ke proses awal dan hal ini terus diulangi sampai ΔP_i^k dan ΔQ_i^k untuk semua bus (selain slack bus) memenuhi harga toleransi yang diberikan (biasanya diambil < 0.001).

ITEKS

Intuisi Teknologi dan Seni

2.2. Metode Fast Decoupled

Karakteristik dalam pengoperasian *system* tenaga dalam kondisi tunak adalah ketergantungan antara daya nyata dengan sudut fasa tegangan bus dan antara daya reaktif dengan magnitude tegangan bus. Dalam kondisi ini, adanya perubahan yang kecil pada magnitude tegangan tidak akan menyebabkan perubahan yang berarti pada daya nyata. Sedangkan perubahan kecil pada sudut tegangan fasa tidak akan menyebabkan perubahan berarti pada daya reaktif, untuk dapat dibuktikan pada pendekatan-pendekatan dilakukan untuk menyatakan keterkaitan antara P dan S serta antara Q dan V, dengan menggunakan bentuk koordinat kutub maka solusi permasalahan diperoleh yaitu dengan cara mengasumsikan elemen-elemen sub matriks J2 dan J3 dalam matriks Jacobi adalah nol. Pembentukan daya aktif faktor yang menentukan adalah sudut tegangan jadi adanya perubahan pada magnitude tegangan tidak mempengaruhi daya aktif. Kondisi sebaliknya diperuntukkan pada persamaan pembentukan daya reaktif yaitu perubahan kecil pada sudut fasa tidak akan menyebabkan perubahan yang berarti pada daya reaktif. Elemen-elemen matriks Jacobi atau dalam format iterasi:

$$\Delta P^k = H^k \cdot \Delta \delta^{k+1}$$

$$\Delta Q^k = L^k \cdot \Delta V^{k+1}$$

Metode *Decoupled* ini mempunyai konvergensi yang sama dengan metode *Newton Raphson*. Keuntungan yang dimiliki oleh metode ini adalah penggunaan memori komputer yang lebih kecil karena mengabaikan sub matriks N dan J (atau J2 dan J3), [4], [5].

3. Metode Penelitian

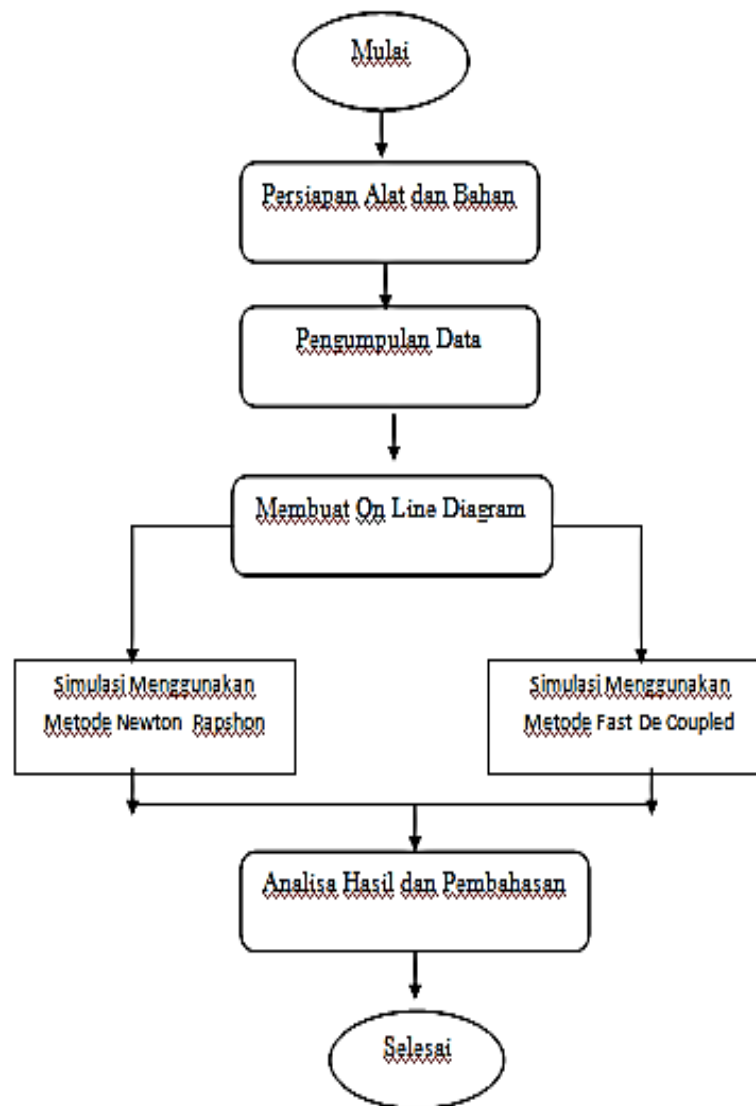
3.1. Bahan/media yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

- Single line diagram feeder* ksn 17
- Kapasitas gardu induk kebasen 60 MVasc
- Penghantar jenis AAAC 240 mm impedansi $0,1344 + j 0,3158 \Omega/\text{Km}$
- Data trafo sejumlah 112 trafo, total kapasitas 5.770 kVA dengan rincian :
- Data jumlah beban 112 beban dengan jumlah total 3.264 kVA

3.2. Tahapan Penelitian

Tahapan – tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dengan pengumpulan Data operasi dan perawatan yang diperlukan untuk membuat *on line diagram*, [5],[6]. Tahap ini merupakan tahap untuk menggambar *on line diagram* dan memasukan data kedalam *software Etap 7.5*. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- Menjalankan *software etap 7.5*
- Membuat studi kasus baru
- Membuat *on line diagram*
- Simulasi *one line diagram feeder*, Tahap ini merupakan tahap mensimulasikan *one line diagram feeder* KSN 17 yang sudah jadi dengan metode *newthon rapshon* dan metode *fast de coupled*. Tahapan penelitian ditunjukkan dalam diagram alur sesuai dengan gambar 1. Diagram alir penelitian komparasi dua sistem diatas sebagai berikut:

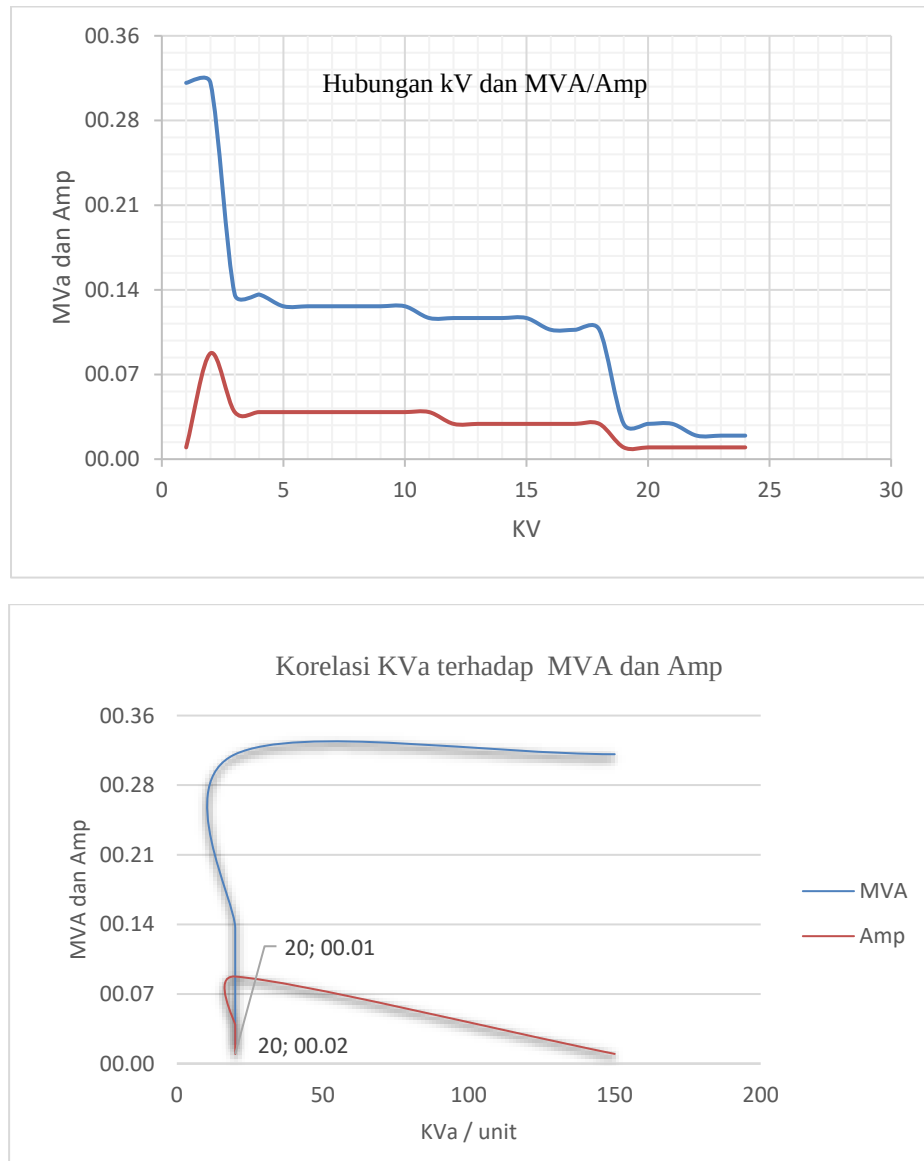
**Gambar .1.** Diagram Alir Perenelitian**4. Hasil dan Pembahasan**

Tahap ini merupakan tahap analisis dan pembahasan dari data-data yang diperoleh untuk mendapatkan penyelesaian masalah , sehingga terbentuknya laporan penelitian. Jaringan distribusi feeder KSN 17 dengan panjang 7,6 Km, jenis kabel AAAC 240 mm² dengan impedansi $0,1344 + j 0,3158 \Omega/\text{Km}$ dengan disimulasikan dengan software ETAP 7.5 didapatkan 67 Bus seperti pada tabel .1 berikut

Tabel .1. Perbandingan Aliran Daya Pada Tiap Bus

ID Bus	kV	Metode Newton Rapshon			Metode Fast De Coupled		
		MVA	Amp	%PF	MVA	Amp	%PF
Bus1	150	0.32	0.1	0.0	0.32	0.1	0
Bus2	20	0.32	0.9	0.0	0.32	0.9	0
Bus3	20	0.14	0.4	0.0	0.14	0.4	2.8
Bus4	20	0.14	0.4	0.0	0.14	0.4	2.8
Bus5	20	0.13	0.4	0.0	0.13	0.4	0.2
Bus6	20	0.13	0.4	0.0	0.13	0.4	0.1
Bus7	20	0.13	0.4	0.0	0.13	0.4	0.3
Bus9	20	0.13	0.4	0.0	0.13	0.4	0.3
Bus10	20	0.13	0.4	0.0	0.13	0.4	0.4
Bus11	20	0.13	0.4	0.0	0.13	0.4	0.3
Bus12	20	0.12	0.4	0.0	0.12	0.4	0.4
Bus13	20	0.12	0.3	0.0	0.12	0.3	0.3
Bus14	20	0.12	0.3	0.0	0.12	0.3	0.8
Bus15	20	0.12	0.3	0.0	0.12	0.3	1.4
Bus16	20	0.12	0.3	0.0	0.12	0.3	1.5
Bus17	20	0.11	0.3	0.0	0.11	0.3	2.7
Bus18	20	0.11	0.3	0.0	0.11	0.3	1.2
Bus19	20	0.11	0.3	0.0	0.11	0.3	0.5
Bus20	20	0.03	0.1	0.0	0.03	0.1	0.2
Bus21	20	0.03	0.1	0.0	0.03	0.1	0.9
Bus22	20	0.03	0.1	0.0	0.03	0.1	4.8
Bus23	20	0.02	0.1	0.0	0.02	0.1	3.1
Bus24	20	0.02	0.1	0.0	0.02	0.1	1.5
Bus25	20	0.02	0.1	0.0	0.02	0.1	18

Dari hasil simulasi pada tabel 4.1 didapatkan hasil yang sama antara Metode Newton Rapshon dan Metode Fast De Coupled yaitu didapatkan 67 bus dengan daya total daya yang mengalir 0,32 MVA , daya tersebut hampir sama dengan jumlah beban ada yang ada yaitu 0,326 MVA. Perilaku dan perubahan Mva dan Amp secara umum tidak signifikan, berdasarkan data terlihat bahwa selisih MVA dan Amp akibat perubahan tegangan antar bus, pada bus ke 3 sudah mulai menunjukkan stabil.

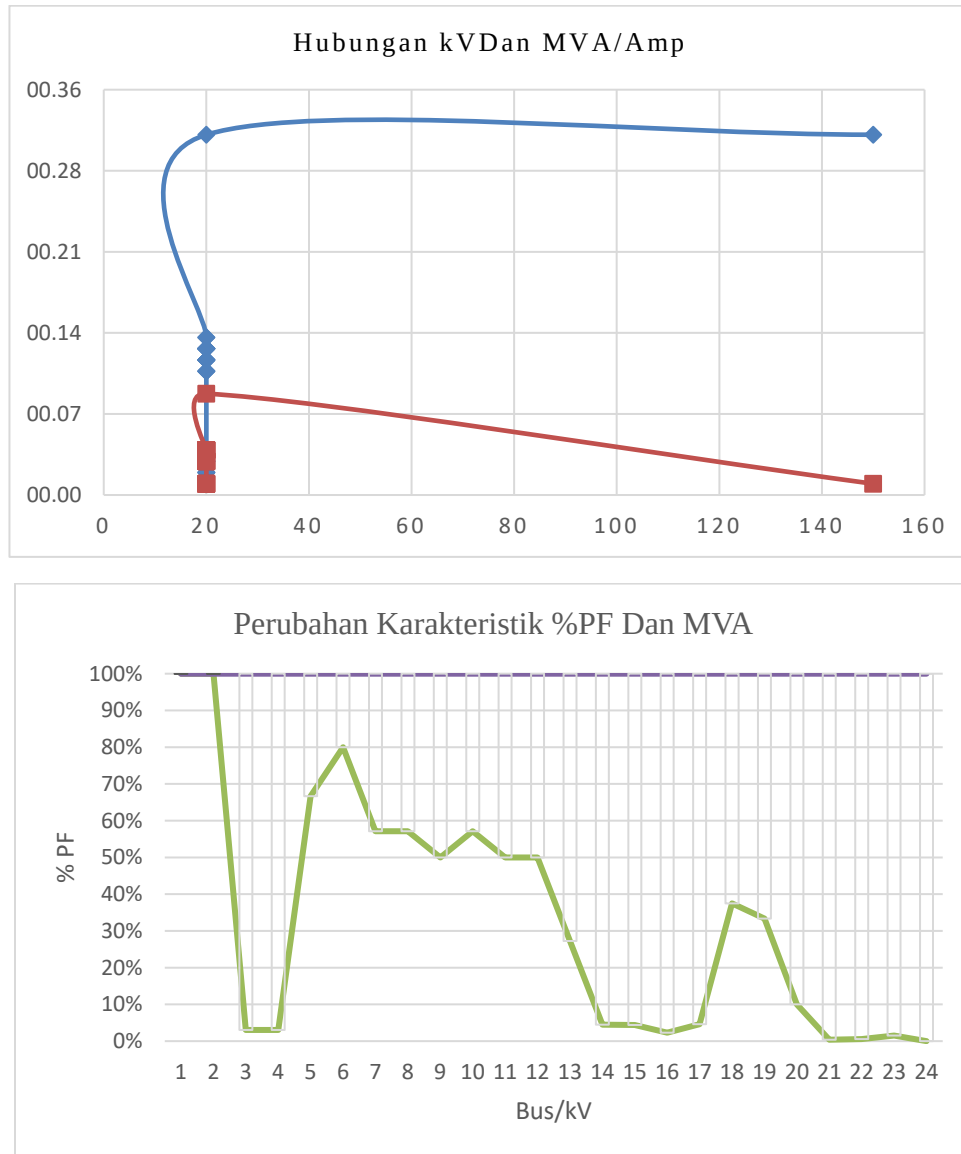


Gambar 2. Grafik Aliran Daya Pada Tiap Bus dengan metode Metode *Newton Rapshon*

Berdasarkan grafik 2, diketahui perubahan akibat terjadinya rugi-rugi tegangan. Rugi rugi yang diperbolehkan adalah sebesar -5 dan +10 sesuai dengan SPLN 10-1A, factor panjang jaringan dan besarnya beban sangat berpengaruh terhadap rugi-rugi tegangan. Setelah dilakukan pengamatan tidak terjadi susut tegangan/ rugi-rugi tegangan dikarenakan panjang

ITEKS**Intuisi Teknologi dan Seni**

jaringan yang pendek hanya 7,6 Km dan beban yang 0,32 MVA atau 0,5% dari gardu induk. Hasil analisis data menunjukkan perubahan yang sama pada Mva dan Amp pada kedua metode yang digunakan yaitu pada bus 20 dengan kV 20. Pengaruh tahapan BUS dan KV terhadap Kva dan Amp ditunjukkan gambar 2.



Gambar 2. Grafik Aliran Daya Pada Tiap Bus dengan metode Metode Fast Decoupled

ITEKS

Intuisi Teknologi dan Seni

Pada metode pengukuran aliran daya metode newton rapshon dan metode fast de coupled mendapatkan hasil analisis yang sama pada setiap iterasi ,setelah di teliti lebih lanjut hasil analisis yang selalu sama dikarenakan pada feeder ksn 17 mempunyai panjang jaringan 7,6 Km dan beban total yang sebesar 56% dari kapasitas total traffo distribusi, Rugi-rugi tegangan sebesar 0,01 % dianggap tidak berpengaruh karena susut tegangan yang ditentukan SPLN 10-1A : 1996 sebesar -5% dan + 10 %.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

- a. Pada metode pengukuran aliran daya metode newton rapshon dan metode fast de coupled mendapatkan hasil analisis yang sama pada setiap iterasi ,setelah di teliti lebih lanjut hasil analisis yang selalu sama dikarenakan pada feeder ksn 17 mempunyai panjang jaringan 7,6 Km dan beban total yang sebesar 56% dari kapasitas total traffo distribusi,
- b. Rugi-rugi tegangan sebesar 0,01 % dianggap tidak berpengaruh karena susut tegangan yang ditentukan SPLN 10-1A : 1996 sebesar -5% dan + 10 %

5.2. Saran

Berdasarkan data dan perilaku perubahan Kva dan Mva, perlu diujicoba kembali untuk dengan memaksimalkan beban karena setiap tahunnya kebutuhan energy listrik pasti akan bertambah, Software Etap 7.5 sangat membantu untuk mencari jaringan distribusi yang lossesnya tinggi

Daftar Pustaka

- [1] Sulasno, 2001“Analisa Sistem Tenaga Listrik Edisi Kedua”, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- [2] Zamzami De Lima,2014 : Metode Gauss Seidel, Metode Newton Rapshon, Metode Fast De Coupled dan Metode Runge- Kutta Orde 4.
- [3] Emy Hosea, Yusak Tanoto , 2004 : Perbandingan Analisa Aliran Daya Menggunakan Metode Algoritma Genetika dan Metode Newton Rapshon, Jurnal Teknik Elektro Vol 4, No 2, 2004
- [4] Dwi Sulistiono, 2011 : Perbandingan Metode Gauss-Siedel, Metode Newton Rapshon dan Metode Fast Decoupled Dalam Solusi Aliran Daya, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- [5] T. S. Hutaaruk, 1985 “Analisa Sistem Tenaga Listrik Jilid I”, Diklat Kuliah, Fakultas Teknik Industri, ITB, Bandung.
- [6] Fery Jusmedy, 2007 : Studi Aliran Daya Sistem 115 kV PT.Chevron Pacific Indonesia.