

STUDI ALIRAN DAYA TIGA FASA UNTUK SISTEM DISTRIBUSI DENGAN METODE PENDEKATAN LANGSUNG

Adrianti, Silvia Iriani

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang

Abstrak

Power flow analysis is a very basic study in electrical power system planning and operation. Many methods such as Gauss Seidel, Newton Raphson and Fast Decoupled, are common used for this analysis. But these methods will fail if they are used for unbalance power system, like distribution system. This paper describe three phase power flow analysis for radial distribution system using direct approach method. This method is accurate but simple. Testing on standart sistem IEEE 13 bus radial, shows an acceptable result. This method applied to Bawan feeder (Pasaman). The result shows a little unbalance in that distribution sistem.

Key words: Power flow, unbalanced system, radial, distribution system

I. PENDAHULUAN

Pengkajian aliran daya sangat berguna untuk perencanaan dan perancangan ekspansi sistem tenaga dan juga digunakan untuk menentukan kondisi operasi sistem yang paling efisien. Hasil paling mendasar dari pengkajian aliran daya adalah besar dan sudut fasa dari tegangan masing-masing bus serta aliran daya aktif dan reaktif pada tiap saluran. Banyak program aplikasi *real time* dalam suatu area distribusi otomatis, seperti optimasi jaringan, perencanaan Var, serta *switching* membutuhkan metode aliran daya yang kokoh dan efisien.

Metode aliran daya yang ada seperti Gauss Seidel, Newton Rapsion serta Fast-decouple pada umumnya merupakan metode yang digunakan pada sistem transmisi sedangkan karakteristik sistem distribusi berbeda dengan sistem transmisi. Sebagaimana diketahui karakteristik dari sistem distribusi adalah pada umumnya struktur jaringan radial, fasa tidak seimbang, serta banyaknya jumlah dari cabang dan node. Dengan perbedaan tersebut maka metode aliran daya yang ada pada sistem transmisi bisa menjadi gagal jika diterapkan pada sistem distribusi. Oleh karena itu diperlukan suatu metode untuk menganalisa aliran daya yang sesuai dengan karakteristik sistem distribusi.

Algoritma dalam penelitian ini adalah baru tetapi klasik. Input data dari algoritma hanyalah suatu orientasi data bus cabang biasa. Tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasikan suatu formula yang telah dikembangkan dengan mengambil keuntungan dari pendekatan topologi jaringan sistem distribusi dan memecahkan aliran daya distribusi secara langsung. Adapun dua matrik yang dikembangkan adalah matrik bus injeksi terhadap arus cabang dan matrik arus cabang terhadap tegangan bus, sehingga solusi aliran daya melalui perkalian matrik sederhana ini menjadi lebih sederhana, kokoh serta efisien. Selain itu metode ini juga sesuai dengan karakteristik sistem distribusi yang radial dan sistem tiga fasa yang tidak seimbang.

Teknika

II. ALIRAN DAYA DAN SISTEM DISTRIBUSI

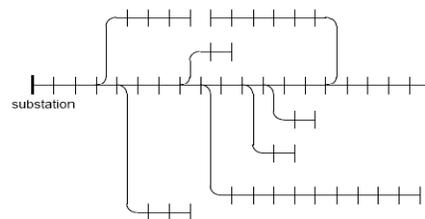
2.1 Aliran Daya

Untuk menilai performansi sistem distribusi daya dan untuk menguji keefektifan perubahan-perubahan yang direncanakan pada suatu sistem pada tahap perencanaan, sangat penting untuk dilakukan analisis aliran daya [3]. Studi aliran daya ini dilakukan untuk menentukan :

1. Aliran daya aktif dan reaktif pada cabang – cabang rangkaian
2. Tidak ada rangkaian yang mempunyai beban lebih dan tegangan busbar dalam batas – batas yang dapat diterima.
3. Pengaruh penambahan atau perubahan pada suatu sistem.

2.2 Sistem Distribusi

Jaringan distribusi umumnya berbentuk radial. Sistem ini memiliki pola jaringan yang hanya memiliki satu jalur dari sumber ke beban. Penghantar yang terletak di pangkal jaringan sistem ini pada umumnya memiliki diameter dan kuat hantar arus (KHA) yang lebih besar karena beban arus yang dipikulnya lebih besar daripada penghantar yang lebih dekat ke ujung jaringan. Skema jaringan radial ditunjukkan pada gambar 1.

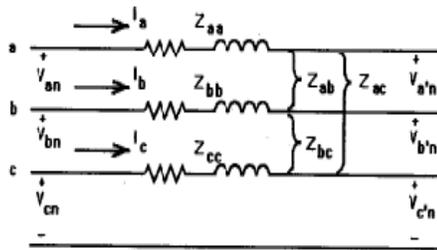


Gambar-1 Contoh Sistem Distribusi Radial

2.3 Model Saluran Tiga Fasa Untuk Sistem Tidak Seimbang

Model saluran tiga fasa antara bus i dan bus j dapat diperlihatkan pada gambar 2 berikut. Parameter saluran dapat ditentukan dari suatu

metode yang dikembangkan oleh Carson dan Lewis. 4x4 matrik diri dan mutual kopling dari saluran tiga fasa dapat diperlihatkan pada matrik di bawah [8].



Gambar-2 Pemodelan saluran tiga fasa

Tegangan pada sisi terima untuk pemodelan saluran tersebut dapat ditulis pada persamaan berikut:

$$\begin{bmatrix} V_{an} \\ V_{bn} \\ V_{cn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{a'n} \\ V_{b'n} \\ V_{c'n} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Persamaan diatas dapat ditulis ulang dengan persamaan berikut :

$$[V_{abc}] = [V'_{abc}] + [Z_{abc}][I_{abc}] \quad (2.2)$$

Pada (2.1), Z_{abc} mengacu pada matrik impedansi fasa. Elemen matrik dapat ditentukan dari suatu persamaan Carson dan kemudian disederhanakan dengan reduksi kron. Formula yang dimodifikasi dari suatu persamaan Carson diberikan sebagai berikut :

$$z_{ii} = r_i + 0.0953 + j0.12134 x [\ln(1/GMR_i) + 7.934] \Omega / mi \quad (2.3)$$

$$z_{ij} = 0.0953 + j0.12134 [\ln(1/D_{ij}) + 7.934] \Omega / mi \quad (2.4)$$

Dimana r_i adalah resistansi konduktor (ohm/mile), GMR_i geometric mean radius (ft), dan D_{ij} adalah jarak antara konduktor i dan j (ft). Aplikasi dari (2.3) dan (2.4) adalah saluran tiga fasa empat kawat dengan salah satunya merupakan kawat netral, dari saluran tersebut akan menghasilkan matrik impedansi primitif 4x 4.

$$[Z_{Prim}] = \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} & Z_{an} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} & Z_{bn} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} & Z_{cn} \\ Z_{na} & Z_{nb} & Z_{nc} & Z_{nn} \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

Matrik ini kemudian direduksi menjadi matrik 3x 3 dengan menggunakan reduksi kron dimana tiap elemennya dari matrik impedansi fasa diberikan melalui persamaan berikut :

$$Z_{ij} = z_{ij} - z_{in} z_{ij} / z_{nn} \quad (2.6)$$

Ketika persamaan (2.3) dan (2.4) ditampilkan pada saluran udara tiga fasa atau saluran bawah tanah yang terdiri dari n ekivalen fasa dan konduktor netral, hasil dari matrik impedansi primitif akan menjadi matrik n x n. Matrik ini kemudian direduksi menjadi matrik impedansi fasa 3 x 3 dengan mempartisi baris dan kolom fasa c serta baris dan kolom netral. Reduksi kron dalam partisi diberikan dengan persamaan berikut

$$[Z_{abc}] = [z_{abc}] - [z_{an}] [z_{nn}]^{-1} [z_{na}] \quad (2.7)$$

III. ALIRAN DAYA TIGA FASA DENGAN METODE PENDEKATAN LANGSUNG

3.1 Pengembangan Formula

Tujuan metode aliran daya pendekatan langsung berdasarkan topologi jaringan ini dikembangkan atas 2 matrik, yaitu : matrik bus injeksi terhadap arus pencabangan dan matrik arus cabang terhadap tegangan bus.

3.1.1 Ekivalen Injeksi Arus

Untuk jaringan distribusi, rangkaian ekivalen injeksi arus dapat digambarkan berdasarkan model lebih praktis [1]-[2]. Untuk bus i, beban kompleks S_i dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

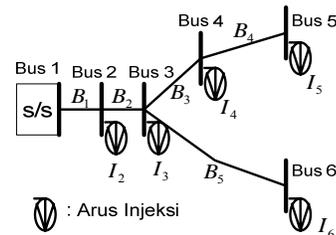
$$S_i = (P_i + jQ_i) \quad i = 1, \dots, N. \quad (3.1)$$

Dan hubungan ekivalen arus injeksi pada k-th iterasi adalah:

$$I_i^k = I_i^r (V_i^k) + jI_i^i (V_i^k) = \left(\frac{P_i + jQ_i}{V_i^k} \right) \quad (3.2)$$

Dimana V_i^k dan I_i^k adalah tegangan dan ekivalen arus injeksi dari bus i pada k-th iterasi. Sedangkan I_i^r dan I_i^i adalah bagian real dan imajiner dari ekivalen arus injeksi pada bus i dengan k-th iterasi.

3.1.2 Hubungan Pengembangan Matrik



Gambar3. Sistem Distribusi Sederhana

3.1.2.1 Matrik Injeksi Arus-Arus Cabang (BIBC)

Sistem distribusi sederhana ditunjukkan pada gambar 3 digunakan sebagai contoh pemecahan

aliran daya sistem distribusi sederhana. Injeksi daya dapat dirubah dalam suatu ekivalen injeksi arus, dan hubungan antara bus arus injeksi dan pencabangan arus dapat ditentukan berdasarkan hukum arus Kirchhoff (KCL) pada jaringan distribusi yaitu jumlah arus yang masuk sama dengan jumlah arus keluar [1]-[2]. Pencabangan arus dapat diformulakan dalam suatu ekivalen injeksi arus. Sebagai contoh, untuk pencabangan arus $B_1, B_3, dan B_5$ dapat ditampilkan dalam satu injeksi arus :

$$\begin{aligned} B_1 &= I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 \\ B_3 &= I_4 + I_5 \\ B_5 &= I_6 \end{aligned} \tag{3.3}$$

Oleh karena itu hubungan antara bus injeksi arus dan pencabangan arus dapat ditampilkan dari matrik berikut.

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{bmatrix} \tag{3.4a}$$

Persamaan diatas dapat ditampilkan dalam suatu persamaan umum

$$[B] = [BIBC] [I] \tag{3.4b}$$

Dimana BIBC adalah matrik bus injeksi terhadap pencabangan arus.

Konstanta matrik BIBC adalah sisi atas dari matrik segitiga yang hanya mengandung nilai 0 dan +1.

3.1.2.2. Matrik Arus Cabang-Tegangan Bus (BCBV)

Hubungan antara pencabangan arus dan tegangan bus seperti diperlihatkan pada gambar 3 dapat ditentukan berdasarkan (2.1) dan (3.4). Sebagai contoh, tegangan bus 2,3 dan 4 adalah

$$\begin{aligned} V_2 &= V_1 - B_1 Z_{12} \\ V_3 &= V_2 - B_2 Z_{23} \\ V_4 &= V_3 - B_3 Z_{34} \end{aligned} \tag{3.5}$$

Dimana V_i adalah tegangan pada bus i dan Z_{ij} adalah impedansi saluran antara bus i dan bus j.

Dengan mensubstitusi persamaan ketiga persamaan (3.5), diperoleh

$$V_4 = V_1 - B_1 Z_{12} - B_2 Z_{23} - B_3 Z_{34} \tag{3.6}$$

Dari persamaan tersebut dapat dilihat bahwa tegangan bus dapat diekspresikan sebagai fungsi cabang arus, parameter saluran, dan tegangan tambahan. Dengan prosedur yang sama dapat ditampilkan kembali untuk bus yang lainnya sehingga hubungan antara arus cabang dan tegangan bus dapat diekspresikan dalam matrik berikut.

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_1 \\ V_1 \\ V_1 \\ V_1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & Z_{36} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} \tag{3.7a}$$

Persamaan diatas dapat ditulis ulang

$$[\Delta V] = [BCBV] [B] \tag{3.7b}$$

Dimana BCBV adalah matrik arus cabang terhadap tegangan bus.

Algoritma ini dapat dengan mudah diperluas untuk sistem saluran tiga fasa. Sebagai contoh jika saluran berada antara bus i dan bus j pada saluran tiga fasa, maka hubungan cabang arus B_i menjadi vektor 3 x 1 sedangkan untuk matrik diagonal menjadi 3 x 3 matrik identik. Sama halnya untuk matrik BCBV yang berada antara bus i dan bus j pada sistem tiga fasa menjadi 3 x 3 matrik impedansi.

Solusi Teknik Pengembangan

Matrik BIBC dan BCBV dapat dikembangkan berdasarkan struktur topologi sistem distribusi. BIBC matrik menampilkan hubungan antara bus injeksi arus dan arus cabang. Variasi hubungan arus cabang, dibangkitkan dari variasi bus injeksi arus yang dapat dikalkulasikan secara langsung dengan matrik BIBC. Matrik BCBV menampilkan hubungan antara arus cabang dan tegangan bus. Variasi hubungan tegangan bus, dibangkitkan dari variasi arus cabang yang dapat dikalkulasikan secara langsung dengan matrik BCBV. Dengan menggabungkan (3.4b) dan (3.7b) kedua matrik injeksi arus dan tegangan bus tersebut didapat persamaan:

$$[\Delta V] = [BCBV] [BIBC] [I]$$

$$[\Delta V] = [DLF] [I] \tag{3.8}$$

Adapun solusi untuk distribusi aliran beban dapat ditentukan dengan persamaan dengan iterasi

$$I_i^k = I_i^r (V_i^k) + jI_i^i (V_i^k) = \left(\frac{P_i + jQ_i}{V_i^k} \right)^* \tag{3.9a}$$

$$[\Delta V^{k+1}] = [DLF] [I^k] \tag{3.9b}$$

$$[V^{k+1}] = [V^0] + [\Delta V^{k+1}] \tag{3.9c}$$

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Program untuk Kondisi Radial 3 Fasa

Untuk menguji kebenaran program bagi sistem tiga fasa tak seimbang dilakukan pengujian dengan sistem distribusi radial 13 bus.

4.1.1 Data Sistem Distribusi Radial 13 bus

Data yang digunakan untuk pengujian sistem distribusi radial tiga fasa takseimbang berdasarkan jurnal IEEE 13 bus [15] yang telah dimodifikasi dimana untuk pengujian data dilakukan mulai dari bus konfigurasi 671. Untuk data impedansi saluran

diberikan dalam bentuk tiga fasa sesuai dengan persamaan (2.5) yang sebelumnya telah direduksi kron menjadi matrik 3 x 3 dengan satuan ohm /mil.

4.1.2 Hasil dan Pembahasan Sistem Distribusi 13 Bus

Tegangan dasar untuk distribusi 13 bus diambil dari data gardu sebesar 4,16 KV hubungan bintang ditanahkan, sedangkan untuk data KVA dasar adalah 5000 KVA. Untuk perhitungan sistem distribusi tiga fasa takseimbang ini dimulai pada cabang 671 dengan menganggap titik ini sebagai bus ayun. Hal ini dilakukan karena pada pembuatan program tidak memperhitungkan pengatur tegangan dan pemakaian transformator sehingga untuk tegangan dan sudut pada *slack* bus diambil dari hasil jurnal IEEE 13-bus pada cabang 671. modifikasi sistem ini sendiri terdiri dari 7-bus (ekivalen dengan 16-bus) dimana 4 bus terdiri dari rangkaian dan beban tiga fasa, 1 bus untuk rangkaian dan beban dua fasa serta 2 bus untuk rangkaian dan beban satu fasa, sedangkan pemasangan kapasitor shunt sendiri terdapat pada bus 611 dan 675. Hasil tegangan dan sudut dengan metode pendekatan langsung dalam nilai per unit dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut.

Tabel-4.1 Perbandingan hasil tegangan dan sudut antara metode langsung dengan jurnal IEEE 13-bus

Bus No	Fasa	Metode Langsung		Jurnal IEEE	
		V (pu)	Δ (deg)	V (pu)	δ (deg)
671	A	0,9900	-5,30	0,9900	-5,30
671	B	1,0529	-122,34	1,0529	-122,34
671	C	0,9778	116,02	0,9778	116,02
680	A	0,9900	-5,30	0,9900	-5,30
680	B	1,0529	-122,34	1,0529	-122,34
680	C	0,9778	116,02	0,9778	116,02
684	A	0,9880	-5,32	0,9881	-5,32
684	C	0,9758	115,91	0,9758	115,92
652	A	0,9822	-5,24	0,9825	-5,25
611	C	0,9738	115,76	0,9738	115,78
692	A	0,9900	-5,30	0,9900	-5,30
692	B	1,0529	-122,34	1,0529	-122,34
692	C	0,9778	116,02	0,9777	116,02
675	A	0,9837	-5,56	0,9835	-5,56
675	B	1,0551	-122,50	1,0553	-122,52
675	C	0,9758	116,02	0,9758	116,03

Dari hasil tersebut dapat dilihat perbandingan antara hasil yang diperoleh dari program metode pendekatan langsung dan hasil dari jurnal IEEE sistem 13-bus, besar tegangan dan sudut fasa sudah sesuai sehingga implementasi program yang dilakukan untuk metode langsung ini dapat dianggap benar dan dapat digunakan untuk memecahkan solusi aliran daya untuk sistem distribusi radial tiga fasa tidak seimbang.

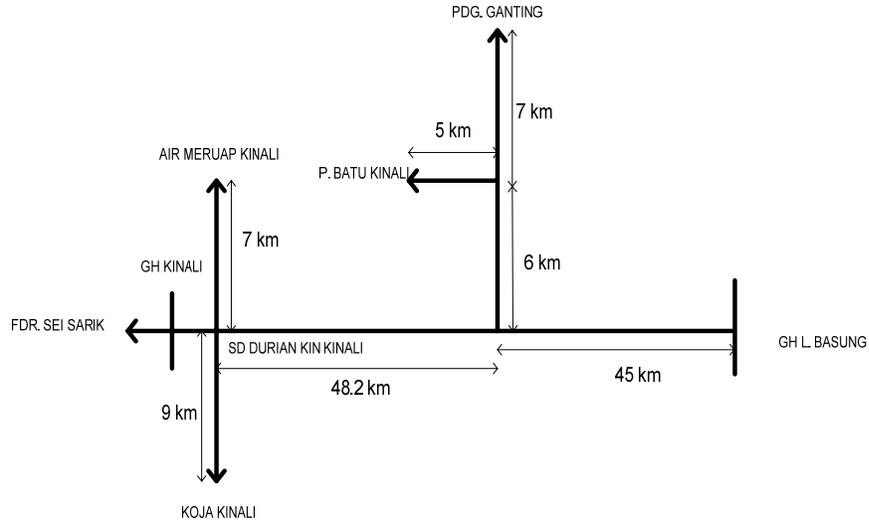
4.2 Studi Aliran Daya Tiga Fasa Feeder Bawan-Pasaman

Data sistem distribusi radial pada studi aliran daya ini menggunakan Objek studi kasus *feeder* Bawan, dimana *feeder* ini terletak antara GH Kinali dan GH L. Basung yang di-*supply* dari sistem Sumbar-Riau (gambar 4).

Pada *feeder* Bawan terdapat banyak trafo distribusi yang melayani beban perumahan disepanjang salurannya karena itu untuk mempermudah dalam perhitungan panjang saluan maka beban tersebut dianggap terpusat pada beberapa titik beban yaitu: Koja Kinali, Air Meruap Kinali, P. Batu Kinali, dan PdG. Ganting, dimana untuk data panjang saluran ini kemudian dibagi lagi berdasarkan data beban pada tiap trafo distribusinya.

Tabel-4.2 Data beban *feeder* Bawan Pasaman

No Gardu	Ph-1	Ph-1	Ph-2	Ph-2	Ph-3	Ph-3
	kW	kVAr	kW	kVAr	kW	kVAr
16	8,41	6,30	8,52	6,39	8,29	6,21
37	1,28	0,96	2,61	1,95	1,49	1,12
38	3,88	2,91	4,22	3,17	3,69	2,76
39	7,31	5,48	7,87	5,90	6,92	5,19
40	4,38	3,28	4,20	3,15	5,12	3,84
41	6,37	4,77	5,91	4,43	6,72	5,04
45	4,35	3,26	4,95	3,71	3,60	2,70
46	0,88	0,66	1,10	0,83	0,97	0,73
47	2,19	1,64	2,50	1,87	2,19	1,64
48	1,82	1,36	3,04	2,28	2,22	1,66
49	3,16	2,37	2,30	1,72	2,01	1,51
50	3,2	2,41	2,94	2,20	2,80	2,10
33	5,71	4,28	5,68	4,26	5,14	3,85
53	1,98	1,48	1,54	1,15	2,00	1,50
32	3,24	2,43	4,00	3,00	2,97	2,23
31	7,60	5,70	7,64	5,73	8,40	6,30
2	11,68	8,76	12,73	9,55	10,89	8,15
18	4,60	3,45	5,36	4,02	4,85	3,64
21	4,06	3,04	4,01	3,00	4,34	3,25
22	3,48	2,61	4,99	3,74	4,13	3,10
54	10,56	7,92	9,77	7,33	9,28	6,96
24	7,43	5,57	7,88	5,91	8,79	6,59
3	5,59	4,46	7,34	5,50	7,42	5,56
34	1,93	1,45	1,26	0,94	1,32	0,99
36	9,01	6,76	11,12	8,34	0,00	0,00
52	1,49	1,12	1,29	0,97	1,76	1,32
19	3,40	2,55	3,71	2,78	4,03	3,02
11	9,83	7,37	10,50	7,87	10,18	7,64
12	9,56	7,17	9,43	7,07	8,29	6,22
51	10,93	8,19	10,17	7,62	11,06	8,29
20	4,41	3,31	4,85	3,63	5,03	3,77
13	11,02	8,27	9,96	7,47	10,81	8,11
15	9,52	7,14	8,39	6,29	9,64	7,23
14	12,25	9,18	11,76	8,82	13,04	9,78
27,28,29,30	24,5	18,39	18,39	14,20	29,39	22,04
1	17,74	13,30	18,28	13,71	18,18	13,64



Gambar-4 Jarak tiap pencabangan *feeder* Bawan

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Aliran Daya 3 Fasa Metoda Langsung Pada *Feeder* Bawan (Pasaman)

No. Gardu	Beban	V (pu)	δ (deg)	V (pu)	δ (deg)	V (pu)	δ (deg)
		Phasa a		Phasa b		Phasa c	
	GH. L. Basung	1.0000	0	1.0000	-120	1.0000	120
16	Padang Sawah I Kinali	0.9233	-0.88	0.9430	-120.18	0.9361	119.75
37	Padang Sawah II Kinali	0.9228	-0.88	0.9425	-120.19	0.9357	119.75
38	Padang Palak Kinali	0.9222	-0.89	0.9421	-120.19	0.9353	119.74
39	Padang Ganting Kinali	0.9218	-0.89	0.9417	-120.19	0.9349	119.74
40	Lubuk Panjang Kinali	0.9217	-0.89	0.9416	-120.19	0.9348	119.74
41	Kampung anau Kinali	0.9215	-0.9	0.9415	-120.19	0.9347	119.74
45	Malampah I Kinali	0.9215	-0.9	0.9414	-120.2	0.9347	119.74
46	Malampah II Kinali	0.9215	-0.9	0.9414	-120.2	0.9346	119.74
47	Parit Batu I Kinali	0.9216	-0.89	0.9416	-120.19	0.9348	119.74
48	Parit Batu II Kinali	0.9216	-0.89	0.9415	-120.2	0.9348	119.74
49	Parit Batu III Kinali	0.9215	-0.89	0.9415	-120.2	0.9348	119.74
50	Parit Batu IV Kinali	0.9215	-0.9	0.9415	-120.2	0.9347	119.74
33	Batang Timah Kinali	0.9104	-0.75	0.9388	-119.95	0.9315	119.67
53	Padang Kuranji Kinali	0.9051	-0.83	0.9349	-119.96	0.9270	119.66
32	Kapundung Kinali	0.8998	-0.9	0.9311	-119.96	0.9224	119.64
31	Padang Kadok Kinali	0.8946	-0.98	0.9274	-119.97	0.9180	119.62
2	Base camp Kinali	0.8896	-1.05	0.9239	-119.98	0.9137	119.61
18	Simp. Panco Kinali	0.8850	-1.12	0.9206	-119.98	0.9097	119.59
21	Koto Padang I Kinali	0.8805	-1.2	0.9175	-119.98	0.9057	119.58
22	Koto Padang II Kinali	0.8761	-1.27	0.9145	-119.99	0.9019	119.57
54	SD Durian Kign Kinali	0.8718	-1.34	0.9116	-119.99	0.8982	119.56
24	Durian Kilangan Kinali	0.8714	-1.34	0.9113	-120	0.8980	119.56
3	Kajai Simaruok Kinali	0.8711	-1.35	0.9111	-120	0.8980	119.56
34	Air Meraup I Kinali	0.8709	-1.35	0.9110	-120.01	0.8980	119.57
35	Air Meraup II Kinali	0.8708	-1.34	0.9110	-120.01	0.8981	119.57
36	Air Meraup III Kinali	0.8707	-1.34	0.9109	-120.01	0.8981	119.57
52	Lb Karak Kinali	0.8711	-1.35	0.9111	-119.98	0.8975	119.55
19	Sei Balai II Kinali	0.8705	-1.37	0.9107	-119.98	0.8968	119.55
11	Sei Balai I Kinali	0.8698	-1.38	0.9103	-119.98	0.8961	119.55
12	Alamanda Kinali	0.8693	-1.39	0.9100	-119.97	0.8955	119.54

51	Padang Canduh Kinali	0.8688	-1.41	0.9097	-119.97	0.8950	119.54
20	Sarimulyo Kinali	0.8684	-1.42	0.9094	-119.97	0.8945	119.54
13	Limau Puruik Tgh Kinali	0.8680	-1.43	0.9092	-119.96	0.8940	119.54
15	Limau Puruik Barat Kinali	0.8679	-1.43	0.9091	-119.96	0.8939	119.54
14	Sidodadi Timur Kinali	0.8678	-1.43	0.9090	-119.96	0.8938	119.54
27,28,29,30	Koja Kinali	0.8679	-1.43	0.9091	-119.96	0.8938	119.54
1	Kp. Dalam Kinali	0.8707	-1.35	0.9108	-119.98	0.8973	119.55

Penghantar yang digunakan adalah Kawat AAAC 70 mm² dengan data sebagai berikut :

$r : 0,437 \Omega/k$ $x : 0,309 \Omega/km$
 $\cos \phi : 0,8$ $GMR : 0,004264m$
 $d_{ST} : 0,8 m$ $d_{RS} : 0,8 m$
 $d_{RT} : 1,6 m$

Untuk data saluran diberikan dalam bentuk impedansi seri (ohm/km) dimana untuk sistem tiga fasa elemen matrik impedansi fasa dapat dihitung sesuai dengan persamaan Carson dan Lewis.

4.3 Hasil dan Pembahasan Sistem Distribusi Feeder Bawan

Dalam analisa aliran daya sistem distribusi objek studi kasus *feeder* Bawan (Pasaman) ini data saluran yang didapat adalah data dalam nilai ohm/km. Untuk pengujian program ini menggunakan input dalam nilai per unit dengan tegangan dasar 220 V (V_{L-L}) dan KVA dasar 5000 KVA. Data beban yang digunakan tersebut terpusat pada beberapa titik beban yang diambil dari data beban trafo distribusi tegangan rendah 380/220 V. Dari data Beban dan data saluran tersebut didapat besar tegangan dan sudut dalam nilai per unit seperti tampak pada tabel 4.3.

Berdasarkan tabel 4.3 pada sistem distribusi *feeder* Bawan dibawah diperoleh besar tegangan sisi terima yang tidak seimbang untuk masing-masing fasanya, hal ini disebabkan karena pada sistem distribusi, beban yang dipakai tiap konsumen adalah beban satu fasa sedangkan pemakaian beban tidak sama untuk masing-masing konsumen sehingga hal ini menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan beban pada sistem distribusi.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian Tugas akhir ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Studi aliran daya metode langsung berdasarkan topologi jaringan ini dapat digunakan untuk sistem distribusi radial tiga fasa seimbang.
2. Metode langsung berdasarkan topologi jaringan dapat digunakan untuk sistem distribusi radial tiga fasa tidak seimbang dengan solusi yang lebih ekonomis, kokoh serta efisien.
3. Pada sistem distribusi *feeder* Bawan diperoleh besar tegangan sisi terima yang tidak seimbang untuk masing-masing fasanya, hal

ini disebabkan konsumen memakai beban yang berbeda untuk masing-masing fasanya.

4. Total rugi-rugi saluran yang diperoleh dari studi kasus *feeder* Bawan ini adalah sebesar 60,8712 KW dan 43,0681 KVAR dimana faktor ini dipengaruhi oleh jauhnya jarak penyaluran energi listrik.
5. Total daya aktif dan reaktif yang harus diinjeksikan pada G.H Lubuk Basung adalah sebesar 777,575 KW dan 581,013 KVAR

5.2. Saran

1. Dalam pembuatan program berdasarkan metode langsung pendekatan topologi jaringan ini hanya dibatasi pada sistem distribusi radial saja. Dalam pengembangan penelitian selanjutnya dapat dilakukan pembuatan program untuk keadaan distribusi *tie line*.
2. Dalam pembuatan program ini tidak melibatkan pemodelan sistem untuk keadaan penggunaan trafo dan pengatur tegangan. Untuk itu pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menyertakan pemodelan trafo dan pengatur tegangan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Teng. Jen-Hao, *A Network-Topology Based Three Phase Load Flow For Distribution System*, IEEE Trans. Power Delivery, vol. 24, pp. 259-264, Desember, 1999.
- [2] Teng. Jen-Hao, *Direct Approach For Distribution System Load Flow Solution*, IEEE Trans. Power Delivery, vol. 18, pp. 882-887, Juli, 2003.
- [3] Pabla. A.S dan Hadi. Abdul, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Erlangga, Jakarta, 1994.
- [4] Stevenson. William D.Jr and Grainger. J. John, *Power System Analysis*, McGraw-Hill. Inc, New York, 1994.
- [5] Satria. Dedi, *Studi Pre-Elminasi Jatuh Tegangan dan Rugi-Rugi Saluran Feeder Selatan*, Tugas Akhir, Universitas Andalas, Padang, 2005.
- [6] Laksono. Heru Dibyo, *Perbandingan Metode Newton Rapsion dan Metode Fast Decouple Pada Analisis aliran Daya*, Tugas Akhir, Universitas Andalas, Padang, 2000.
- [7] H.M. Mok, S. Elangovan, M.M.A. Salama, Cao Longjian, *Power Flow Analysis for Balanced and Unbalanced Radial Distribution Systems*, 1994.

-
- [8] Kersting. W. M, *Distribution Feeder Line Models*, IEEE Trans. Industry Applications, vol. 31, Juli/Agust, 1995.
- [9] Zimmerman. R. D, *Network Reconfiguration For Loss Reduction In Three-Phase Power Distribution System* , A Thesis Presented to The Faculty of the Graduate School Cornell University, 1992.
- [10] Zimmerman. R. D, *Comprehensive Distribution Power Flow : Modeling, Formulation, Solution, Algorithms And Analysis*, Dissertation Presented to The Faculty of the Graduate School Cornell University, 1995.
- [11] Zimmerman. R. D. dan H. D. Chiang, *Fast Decoupled Power Flow for Unbalanced Radial Distribution System*, IEEE Winter Meeting, WM. 219-6 PWRs, New York, 1995.
- [12] S. Chandramohan, R.P. Kumudini Devi, dan Bala Venkatesh, *Radial System Reconfiguration to Minimize Operating Cost in Market*, International Journal of Emerging Electric Power Systems, volume 8, 2007.
- [13] Pukar Mahat, *Optimal Placement of Wind Turbine DG in Primary Distribution System for Real Loss Reduction*, Asian Institute of Technology, Thailand
- [14] Sabirin. Taufiq, *Penggunaan Kurva V-Q Dengan P-V Dalam Analisis Kestabilan Tegangan Untuk Menentukan Jenis Kompensasi Statis*, Tugas Akhir, Universitas Andalas, Padang, 2007.
- [15] Kersting. W. M, *Radial Distribution Test Feeders*, IEEE Trans. On Power System, 6, 975-985.
- [16] <http://ewh.ieee.org/soc/pes/dsacom/testfeeders.html>