

Algoritma Aliran Daya untuk Sistem Distribusi Radial dengan Beban Sensitif Tegangan

Rizka Winda Novialifiah, Adi Soeprijanto, Rony Seto Wibowo

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: rizkawindanovialifiah@gmail.com , adiiisup@ee.its.ac.id , ronyseto@ee.its.ac.id

Abstrak—Analisa dan evaluasi aliran daya sangat penting untuk sistem distribusi. Begitupun juga untuk sistem distribusi radial. Banyak faktor yang mempengaruhi sistem distribusi radial, salah satunya adalah naik turunnya beban. Pada tugas akhir ini beban berubah-ubah dikarenakan perubahan dari tegangan dan ini dinamakan dengan beban sensitif tegangan. Sudah banyak algoritma daya yang berbasis komputasi digital seperti metode fast decoupled, newton raphson dan gauss seidel. Metode – metode tersebut tidak dapat selalu digunakan untuk perhitungan pada sistem distribusi radial yang memiliki nilai rasio R/X yang tinggi [1]. Oleh sebab itu pada tugas akhir ini digunakan metode forward-backward sweep. Metode forward backward sweep ini komputasinya efektif disetiap iterasi, serta solusi dan perhitungan numeriknya tepat [2]. Dengan menggunakan metode *forward backward sweep* dengan beban sensitif tegangan maka simulasi akan mendekati kondisi nyata seperti dilapangan. Tugas akhir ini dapat digunakan untuk mengevaluasi aliran daya pada sistem jaringan distribusi radial dengan beban sensitif. Hasil akhir adalah tegangan serta rugi-rugi daya aktif dan daya reaktif.

Kata kunci—Aliran Daya, Beban Sensitif, Sistem Distribusi Radial, *Forward Backward Sweep Methode*.

I. PENDAHULUAN

Analisa dan evaluasi aliran daya sangat penting untuk sistem distribusi. Begitupun juga untuk sistem distribusi radial. Banyak faktor yang mempengaruhi sistem distribusi radial, salah satunya adalah naik turunnya beban. Pada tugas akhir ini beban berubah-ubah dikarenakan perubahan dari tegangan dan ini dinamakan dengan beban sensitif tegangan.

Sejak tahun 1960 sudah banyak algoritma aliran daya yang berbasis komputasi digital. Seperti metode fast decoupled, newton raphson dan gauss seidel. Tetapi metode – metode tersebut kurang handal dan efektif untuk perhitungan pada sistem distribusi radial. Aliran daya pada sistem distribusi lebih kompleks, adanya perbedaan karakteristik dari jaringan distribusi. Seperti struktur radial, nilai node yang besar dan nilai rasio R/X yang tinggi [1].

Oleh sebab itu, pada tugas akhir ini digunakan metode *Forward-Backward Sweep*. metode *Forward-Backward Sweep* komputasinya efektif disetiap iterasi, serta solusi dan perhitungan numeriknya tepat [2]. Mengevaluasi aliran daya pada sistem jaringan distribusi radial dengan beban sensitif tegangan menggunakan metode *Forward-Backward Sweep*. Sifat sensitif tegangan dari beban memberikan pengaruh pada daya yang mengalir pada sistem. Metode ini *Forward-Backward Sweep* ini berbasis teknik aliran daya untuk menentukan perubahan dari daya aktif dan reaktif yang dikonsumsi oleh beban yang dibangkitkan. Dengan menggunakan metode *forward backward sweep* dengan beban sensitif tegangan maka simulasi akan mendekati kondisi nyata seperti dilapangan. Hasil tugas akhir ini dapat

digunakan untuk mengevaluasi aliran daya pada sistem jaringan distribusi radial dengan beban sensitif tegangan. Serta tegangan, rugi – rugi daya aktif dan daya reaktif.

II. STUDI ALIRAN DAYA DENGAN METODE FORWARD BACKWARD SWEEP

A. Karakteristik Sistem Distribusi

Sistem distribusi adalah sistem yang penyaluran daya listriknya langsung terhubung dengan beban atau langsung ke pelanggan. Sistem distribusi menyalurkan daya listrik dari gardu induk transmisi langsung menuju ke tiap-tiap titik beban. Adapun karakteristik dari sistem distribusi adalah seperti dibawah ini [3] :

- Strukturnya radial.
- Memiliki nilai R/X tinggi.
- Sistem kompleks.

Dapat dilihat pada karakteristik sistem jaringan distribusi diatas menunjukkan bahwa karakteristik saluran distribusi khusus dan berbeda dari saluran transmisi, maka diperlukan studi aliran daya yang tepat yang akan digunakan untuk menganalisa sistem ditribusi. Maka untuk menganalisa aliran daya pada saluran distribusi diperlukan metode yang tepat dan valid. Karena beberapa metode yang sudah ada kurang tepat untuk studi aliran daya pada sistem distribusi.

B. Metode Forward Backward Sweep

Studi aliran daya secara umum digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan dari masing-masing bus, besarnya nilai arus dan daya yang mengalir pada sistem. Dan untuk mempermudah dalam menganalisa dan pemantauan suatu sistem distribusi atau transmisi. Contoh beberapa macam metode aliran daya yang sudah ada :

- Metode Gauss Seidel
- Metode Newton Raphson
- Metode Fast Decoupled

Untuk menganalisa aliran daya dengan menggunakan metode *forward-backward sweep* jaringan distribusi radial direpresentasikan seperti pohon dengan bus pertama adalah sebagai akar atau slack bus. Dan bus yang lain sebagai cabangnya atau bus beban. Dengan menggunakan metode *Forward Backward Sweep* analisa aliran daya untuk sistem distribusi terselesaikan tanpa banyak perhitungan dan efisien pada setiap iterasi.

Metode *forward-backward sweep* ini menggunakan prinsip hukum Kirchoff untuk perhitungan arus. Langkah kerja metode *forward-backward sweep* yang pertama adalah *backward sweep* dengan menghitung besar arus yang mengalir pada saluran dari bus paling awal hingga akhir. Yang kedua adalah *forward sweep* untuk menghitung nilai

drop tegangan (*voltage drop*) pada setiap saluran dengan mengkalikan nilai arus yang telah dihitung sebelumnya dengan nilai impedansi salurannya.

Untuk menghitung arus cabang didapatkan dari hubungan daya kompleks dan tegangan pada setiap bus, seperti persamaan dibawah ini :

$$I_i^k = \text{conj} \left(\frac{P_i + jQ_i}{V_i^k} \right)$$

Dimana :

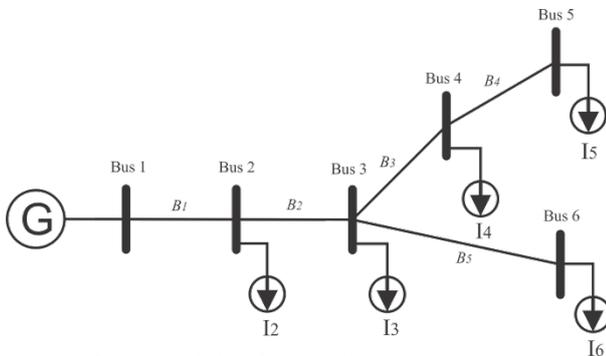
I_i^k = arus pada bus i saat iterasi ke-k

V_i^k = tegangan pada bus i saat iterasi ke-k

C. Metode Topologi Jaringan

Sebelum mengimplementasikan metode *forward backward sweep* diperlukan memodifikasi perhitungan untuk memudahkan dalam membentuk persamaan dan proses iterasi. Salah satunya adalah dengan membentuk matrik BIBC (*Bus Injection to Branch Current*). Matrik BIBC (*Bus Injection to Branch Current*) adalah matrik hubungan antara arus dan saluran pada sistem distribusi.

Contoh gambar *single line diagram* untuk pembentukan matrik untuk persamaan aliran daya adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Contoh *single line diagram* [4]

Dari gambar *single line diagram* diatas didapatkan persamaan untuk membentuk matrik BIBC, dengan menggunakan hukum *Kirchoff* untuk arus (*Kirchoff Current Law*). Arus cabang I terhadap bus/saluran B. Maka persamaan yang didapat adalah seperti berikut :

$$B_1 = I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6$$

$$B_2 = I_3 + I_4 + I_5 + I_6$$

$$B_3 = I_4 + I_5$$

$$B_4 = I_5$$

$$B_5 = I_6$$

Setelah didapatkan persamaan diatas kemudian dibentuk matrik BIBC adalah sebagai berikut :

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

Angka 1 menyatakan adanya hubungan antara arus dan saluran pada sistem distribusi. Angka 0 menyatakan tidak adanya hubungan antara keduanya.

Dan matrik BIBC dapat di sederhanakan menjadi berikut :

$$[B] = [BIBC][I]$$

Kemudian didapatkan persamaan untuk drop tegangan pada setiap bus adalah sebagai berikut :

$$V_2 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12}$$

$$V_3 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23}$$

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

$$V_5 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} - B_4 \cdot Z_{45}$$

$$V_6 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_5 \cdot Z_{36}$$

Dari persamaan diatas dapat dibentuk matrik BCBV yang menyatakan bahwa ada hubungan antara tegangan bus dan arus saluran. Bentuk matrik BCBV sebagai berikut :

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

Dan matrik BCBV dapat di sederhanakan menjadi berikut :

$$[\Delta V] = [BCBV][B]$$

Kemudian didapatkan persamaan untuk matrik ΔV . Persamaan yang didapat adalah sebagai berikut :

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

$$[\Delta V] = [DLF][I]$$

Dengan didapatkan matrik BIBC, BCBV dan ΔV kita dapat menghitung nilai tegangan pada setiap bus. Persamaan untuk menghitung nilai tegangan pada setiap bus adalah sebagai berikut :

$$[V_i] = [V_1] - [\Delta V]$$

D. Metode K Matrik

Metode K-matrik adalah metode yang dapat digunakan juga untuk memodifikasi perhitungan agar memudahkan untuk membentuk persamaan yang diperlukan dalam pengimplementasian metode *forward – backward sweep* untuk menganalisa aliran daya pada sistem distribusi radial dengan sistem yang kompleks. Pada tugas akhir ini metode K-matrik digunakan untuk membuat matrik BIBC. Sama dengan matrik BIBC, metode K-matrik ini membentuk matrik dari saluran distribusi radial yang menunjukkan arah arus dari satu bus ke bus yang lain. Hanya saja K-Matrik memiliki komponen yang nilainya berlawanan dengan setiap komponen matrik BIBC. Tetapi bentuk dari K-matrik terdapat persamaan bentuk dan komposisi dari matrik BIBC.

Dari gambar *single line diagram* pada gambar 1 diatas maka didapatkan K-matrik-nya adalah sebagai berikut :

$$\begin{matrix}
 & \text{bus2} & \text{bus3} & \text{bus4} & \text{bus5} & \text{bus6} \\
 \begin{matrix} B1 \\ B2 \\ B3 \\ B4 \\ B5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 0 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}
 \end{matrix}$$

Pada metode topologi jaringan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa persamaan untuk menghitung drop tegangan adalah sebagai berikut :

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

$$\begin{bmatrix} V_1 - V_2 \\ V_1 - V_3 \\ V_1 - V_4 \\ V_1 - V_5 \\ V_1 - V_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & Z_{36} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{bmatrix}$$

Dan dapat dirumuskan bahwa hubungan antara K-matrik dan BIBC adalah sebagai berikut :

$$[BIBC] = -[K - \text{matrik}]$$

Selanjutnya untuk membangun matrik BCBV adalah dengan mentransposekan matrik BIBC atau matrik K kemudian dikalikan dengan matrik impedansi saluran. Dan persamaannya seperti berikut :

$$BCBV = -[K - \text{matrik}]' . * [ImpedansiSaluran]$$

$$BCBV = - \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} ' \cdot \begin{bmatrix} Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & Z_{36} \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & Z_{36} \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & Z_{36} \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & Z_{36} \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & Z_{36} \end{bmatrix}$$

Dan untuk menghitung drop tegangan pada setiap saluran dengan menggunakan metode K-matrik adalah sebagai berikut :

$$[\Delta V] = -[K - \text{matrik}]' . * [ImpedansiSaluran] * -[K - \text{matrik}] * [I]$$

Dan persamaan drop tegangan dari matrik K dapat disederhanakan menjadi seperti dibawah ini :

$$[\Delta V] = [DLF][I]$$

Matrik DLF adalah matrik perkalian antara matrik BIBC dan matrik BCBV.

III. ANALISIS ALIRAN DAYA DENGAN BEBAN SENSITIF TEGANGAN

Beban sensitif tegangan adalah beban yang berubah-ubah terhadap perubahan tegangan atau sensitif terhadap tegangan. Jika tegangan berubah-ubah maka daya P dan Q akan ikut berubah. Banyak faktor yang mempengaruhi perubahan tegangan itu sendiri.

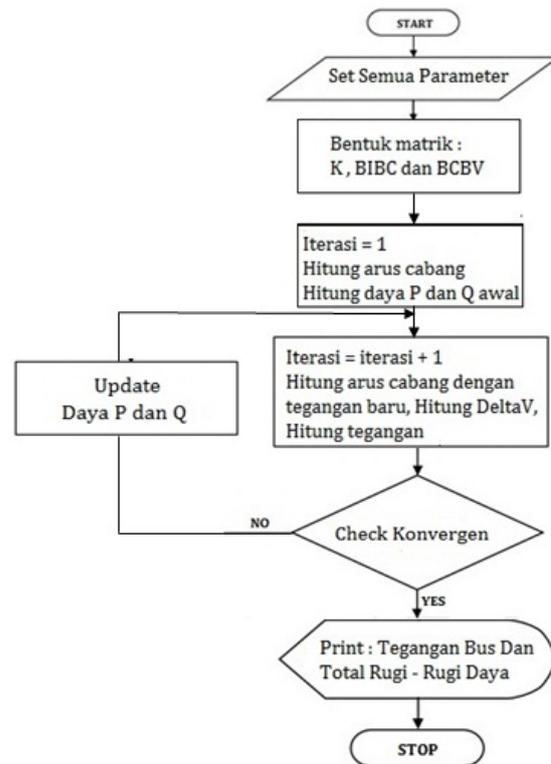
Pada tugas akhir ini nilai untuk beban sensitif tegangan adalah dihitung dari perubahan tegangan, dimisalkan nilai tegangan pada bus i berubah. Maka nilai dari tegangan bus i

tersebut dapat digunakan untuk menghitung daya P dan daya Q yang baru pada bus i. Dari perhitungan tersebut maka nilai daya P dan Q berubah – ubah karena perubahan dari nilai tegangan. Untuk menghitung nilai daya P dan Q dirumuskan sebagai berikut :

$$\begin{matrix}
 \text{Beban P} = V^2/R \\
 \text{Beban Q} = V^2/X
 \end{matrix}$$

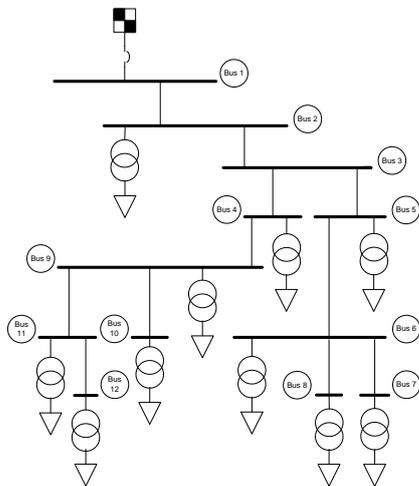
Untuk mengambil nilai tegangan bus i dan update nilai dari daya P dan Q nya dilakukan pada setiap iterasi. Maka nilai tegangan bus i pada iterasi pertama digunakan untuk menghitung nilai daya P dan Q yang akan digunakan untuk menghitung nilai tegangan bus i pada iterasi kedua. Muncul hasil tegangan bus i yang baru pada iterasi kedua, kemudian gunakan nilai tegangan bus i pada iterasi kedua untuk menghitung lagi nilai daya P dan Q yang baru. Daya P dan Q yang baru ini akan digunakan untuk menghitung nilai tegangan bus i pada iterasi ketiga. Dan nilai tegangan dihitung dengan menggunakan perhitungan aliran daya dengan metode *forward backward sweep*. Proses update daya P dan Q begitu seterusnya disetiap iterasi sampai mendapatkan hasil yang konvergen.

Flowchart untuk mengimplementasikan metode *forward backward sweep* pada sistem jaringan distribusi radial dengan beban sensitif tegangan adalah sebagai berikut :



IV. SIMULASI DAN ANALISIS

Pada tugas akhir ini dilakukan simulasi sebanyak dua kali, yaitu simulasi dengan menggunakan metode *backward forward sweep* biasa dan menggunakan metode *backward forward sweep* dengan beban sensitif tegangan. Dilakukan simulasi pada 2 penyulang, yaitu penyulang Tunjungan Plaza dan Ometraco. Sebagai data dan contoh perhitungan digunakan penyulang Tunjungan Plaza dengan 12 bus. Untuk data dan gambar penyulang sebagai berikut :



Gambar 2. Single line diagram penyulang Tunjungan Plaza

TABEL 1
DATA SALURAN PENYULANG TUNJUNGAN PLAZA

Bus	Bus	Impedansi		Panjang (m)	Daya	
		R (ohm)	X (ohm)		P (kW)	Q (kVAR)
1	2	0.0265	0.013	100	8.73	2.188
2	3	0.0265	0.013	100	25.397	7.014
3	4	0.0265	0.013	100	61.175	17.768
3	5	0.0265	0.013	100	99.91	25.04
5	6	0.0265	0.013	100	24.024	35.542
6	7	0.0265	0.013	100	209.94	57.277
6	8	0.0265	0.013	100	39.317	42.091
4	9	0.053	0.026	200	60.112	12.978
9	10	0.0265	0.013	100	30.38	6.169
9	11	0.0265	0.013	100	69.153	17.108
11	12	0.0265	0.013	100	95.101	33.928

Nilai arus dan drop tegangan yang mengalir di setiap cabang akan dihitung menggunakan elemen dari matrik K. Dengan data saluran dari penyulang Tunjungan Plaza pada tabel 1 diatas.

Untuk simulasi pada tugas akhir ini menggunakan software Matlab versi 7.12.0.635 (R2011a) dengan menggunakan sistem jaringan distribusi radial satu fasa.

Dan hasil tegangan pada setiap bus dengan menggunakan metode *forward backward sweep* biasa adalah pada tabel 2.

Jumlah iterasi pada dengan menggunakan metode *forward backward sweep* biasa adalah sebanyak 3 kali dengan nilai maximum *mismatch* iterasi sebesar 6.76088e-006 dan dengan batas toleransi error sebesar 0,00001.

Dan untuk hasil tegangan pada setiap bus dengan menggunakan metode *forward backward sweep* dengan beban sensitif tegangan adalah pada tabel 3.

Jumlah iterasi pada dengan menggunakan metode *forward backward sweep* dengan beban sensitif tegangan adalah sebanyak 4 kali dengan nilai maximum *mismatch* iterasi sebesar 2.63688e-007 dan dengan batas toleransi error sebesar 0,00001. Dan diasumsikan bahwa hanya bus 5, 7, 9 dan 12 yang mengalami beban sensitif tegangan atau beban yang berubah – ubah.

TABEL 2
HASIL ANALISIS ALIRAN DAYA PENYULANG TUNJUNGAN PLAZA

Bus	Tegangan	
	Magnitudo (kV)	Sudut
1	20.000	0
2	19.9989	-0.0004
3	19.9978	-0.0007
4	19.9973	-0.0010
5	19.9972	-0.0008
6	19.9967	-0.0008
7	19.9964	-0.0010
8	19.9966	-0.0007
9	19.9965	-0.0014
10	19.9965	-0.0014
11	19.9963	-0.0015
12	19.9961	-0.0016

TABEL 3
HASIL ANALISIS ALIRAN DAYA PENYULANG TUNJUNGAN PLAZA DENGAN BEBAN SENSITIF TEGANGAN

Bus	Tegangan	
	Magnitudo (kv)	Sudut
1	20.000	0
2	19.9977	-0.0008
3	19.9954	-0.0016
4	19.9945	-0.0021
5	19.9942	-0.0019
6	19.9932	-0.0019
7	19.9925	-0.0024
8	19.9931	-0.0018
9	19.9929	-0.0030
10	19.9928	-0.0030
11	19.9924	-0.0032
12	19.9921	-0.0033

TABEL 4
HASIL PERBANDINGAN TEGANGAN

Bus	Tegangan dengan beban konstan		Tegangan dengan beban sensitif		Selisih (%)
	(kv)	Sudut	(kv)	Sudut	
1	20.000	0	20.000	0	0
2	19.9989	-0.0004	19.9977	-0.0008	0.006
3	19.9978	-0.0007	19.9954	-0.0016	0.01
4	19.9973	-0.0010	19.9945	-0.0021	0.01
5	19.9972	-0.0008	19.9942	-0.0019	0.01
6	19.9967	-0.0008	19.9932	-0.0019	0.01
7	19.9964	-0.0010	19.9925	-0.0024	0.02
8	19.9966	-0.0007	19.9931	-0.0018	0.01
9	19.9965	-0.0014	19.9929	-0.0030	0.02
10	19.9965	-0.0014	19.9928	-0.0030	0.02
11	19.9963	-0.0015	19.9924	-0.0032	0.02
12	19.9961	-0.0016	19.9921	-0.0033	0.02

Hasil perbandingan nilai tegangan dengan beban konstan dan beban sensitif tegangan adalah pada tabel 4.

Dapat dilihat pada tabel 4 diatas, hasil tegangan dengan menggunakan metode *forward backward sweep* dengan beban sensitif tegangan lebih kecil nilai tegangannya dibandingkan dengan hasil tegangan menggunakan metode *forward backward sweep* biasa. Nilai selisih penurunan tegangannya sangat kecil.

Hal tersebut dikarenakan bahwa nilai beban dengan menggunakan metode *forward backward sweep* dengan beban sensitif tegangan lebih besar nilainya dibandingkan dengan menggunakan metode *forward backward sweep*

Tabel 5
Hasil Perbandingan Beban

Bus	Beban Konstan		Beban Sensitif Tegangan	
	P (Kw)	Q (Kvar)	P (Kw)	Q (Kvar)
	2	8.73	2.188	8.73
3	25.397	7.014	25.397	7.014
4	61.175	17.768	61.175	17.768
5	99.91	25.04	99.9417	25.0480
6	24.024	35.542	24.024	35.542
7	209.94	57.277	249.8133	57.4283
8	39.317	42.091	39.317	42.091
9	60.112	12.978	60.1984	12.9778
10	30.38	6.169	30.38	6.169
11	69.153	17.108	69.153	17.108
12	95.101	33.928	95.1632	33.9716

TABEL 6
HASIL RUGI – RUGI DAYA

Keterangan	P _{Loss} (watt)	Q _{Loss} (var)
Dengan Beban Konstan	6.0806	2.9829
Beban Sensitif Tegangan	7.2990	3.5806

biasa. Beban lebih besar maka arus yang mengalir pada saluran menjadi lebih besar. Hal ini yang menyebabkan *drop* tegangan pada saluran menjadi lebih besar dan akan mengakibatkan nilai tegangan pada setiap bus menjadi lebih kecil. Nilai beban dapat dilihat pada tabel 5.

Untuk hasil P_{Loss} dan Q_{Loss} dengan menggunakan beban konstan dan beban sensitif tegangan dapat dilihat pada tabel 6 .

Dan untuk hasil P_{Loss} dan Q_{Loss} dengan menggunakan metode *forward backward sweep* dengan beban sensitif tegangan lebih besar dibandingkan dengan hasil P_{Loss} dan Q_{Loss} dengan menggunakan metode *forward backward sweep* biasa.

V. KESIMPULAN

1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode *backward forward sweep* dapat digunakan untuk menganalisis aliran daya pada sistem distribusi radial dengan beban sensitif tegangan.
2. Metode analisis aliran daya menggunakan metode *backward-forward sweep* memiliki konvergensi yang cepat. Untuk sistem distribusi membutuhkan 3 hingga 4 kali iterasi.
3. Analisis aliran daya dengan beban sensitif tegangan mempunyai nilai tegangan pada setiap bus lebih kecil dibandingkan dengan aliran daya dengan beban konstan.
4. Dengan beban sensitif tegangan nilai rugi-rugi daya yang didapat lebih besar daripada dengan menggunakan beban konstan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad Memaripour, “Power Flow in Distribution System with Consideration of Distributed Generation”
- [2] Paulo M. De Oliveira-De Jesus, Member IEEE. “The Standart Backward / Forward Sweep Power Flow”
- [3] Sivkumar Mishra, “A Simple Algorithm For Unbalanced Radial Distribution System Load Flow”
- [4] Jen-Hao TENG, “A Network-Topology-based Three Phase Load Flow for Distribution Systems”, Proc.Natl.Sci.Counc.ROC(A) Vol.24, No.4, 2000.pp.259-264

- [5] Dedy Noverdy. “R, Analisis Aliran Daya Pada Sistem Distribusi Radial 20KV PT. PLN (Persero) Ranting Rasau Jaya”, Jurnal ELKHA Vol.4, No 2, Oktober 2012.
- [6] Xu Jingzhou, and Chen Xiao, “Forward/Backward Sweep Methode Based on Map Structure for Power Flow Calculation of Distribution System”
- [7] Syaain, Matt, “Handout Power Flow Analysis”, PPNS-ITS, Surabaya, 2013.
- [8] T Murali Khrisna, Bala Subrahmanyam, Deepak Reddy, Dr.N.V.Ramana, Dr.S.Kamakshaiah, IEEE. “Power Flow Algorithm For Radial Distribution System With Voltage Sensitive Loads”