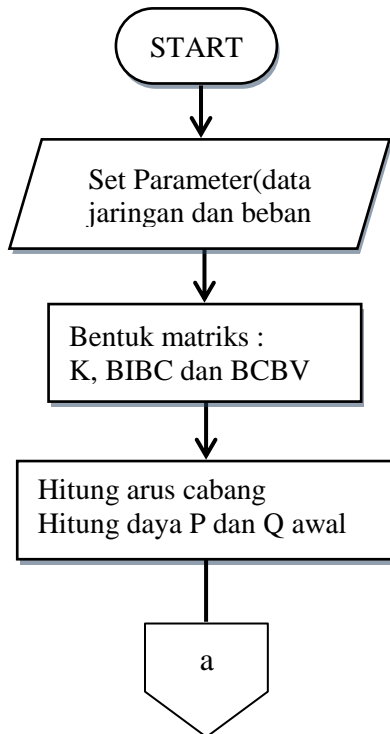


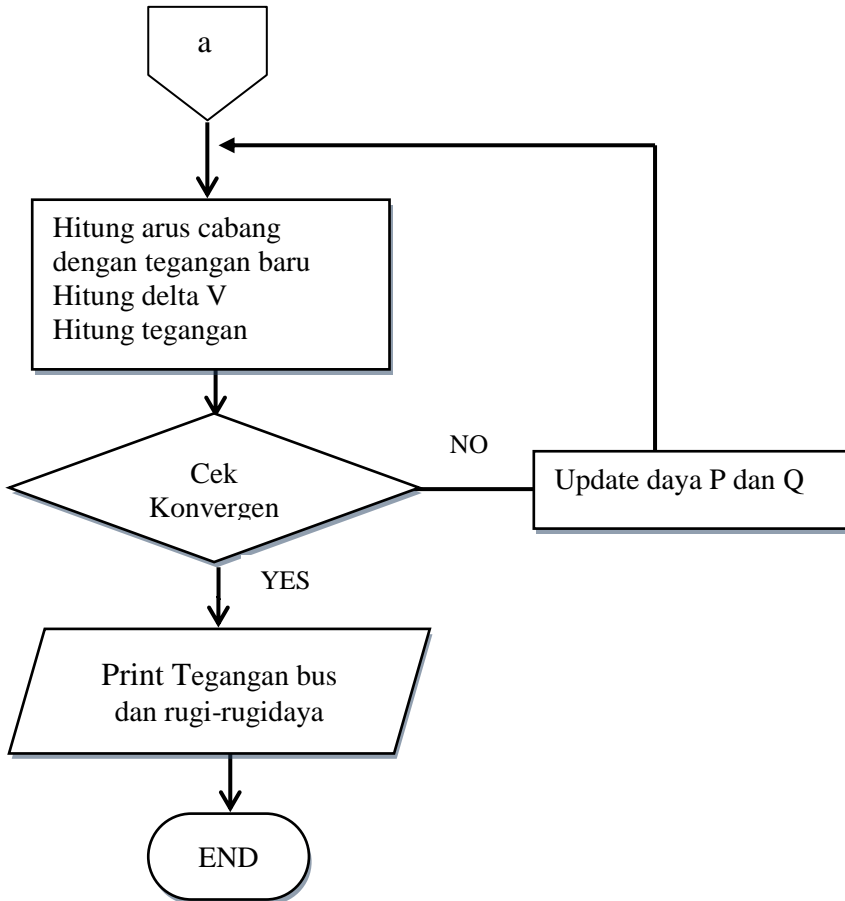
## BAB III

### ANALISIS ALIRAN DAYA

#### 3.1 Perancangan sistem secara umum

Diagram Alir merupakan gambaran dasar dari Metode Topology Network yang akan digunakan. Setiap diagram blok mempunyai fungsi masing-masing. Adapun diagram blok dari Metode Topology Network adalah seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram Alir metode Topology network

### 3.2 Penjelasan Diagram Alir Metode Topology Network pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Diagram alir diatas menunjukkan penerapan dari metode topology network untuk menentukan menganalisis atau

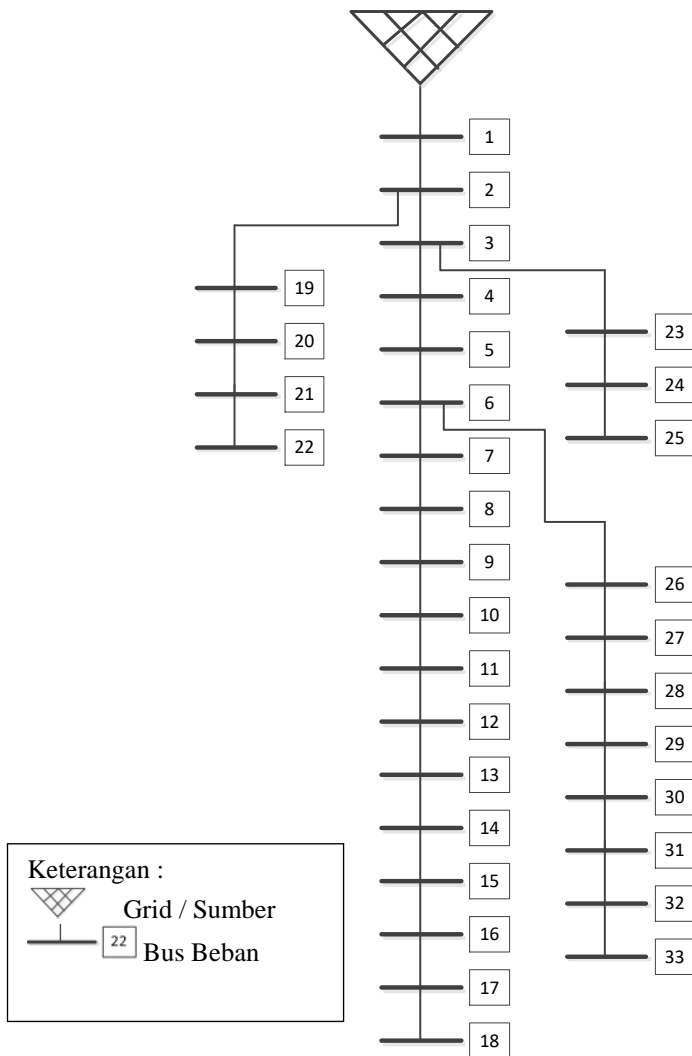
menghitung tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif, power factor dan rugi-rugi jaringan pada setiap bus untuk sistem distribusi radial . Berikut penjelasan detail mengenai metode yang digunakan pada tugas akhir ini :

### **3.2.1 Input data beban dan jaringan**

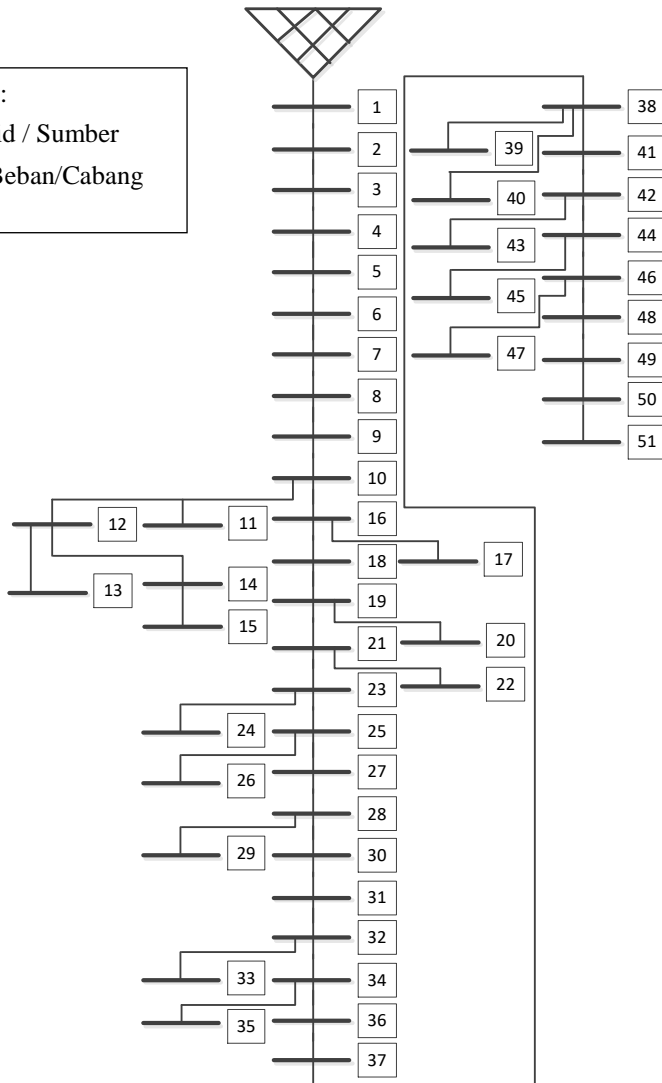
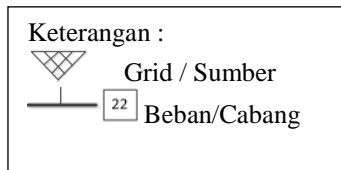
Pada tugas akhir ini digunakan 2 sistem yang terdiri dari *single line diagram* sistem IEEE 33 radial dan sistem distribusi kelistrikan kota Surabaya. Sistem IEEE 33 bus merupakan *plant* yang akan digunakan sebagai obyek pembanding dengan metode topology network lainnya dan digunakan sebagai validasi hasil metode topology network yang digunakan pada tugas akhir ini. Jika pada tahap validasi metode topology network pada tugas akhir ini telah selesai, maka metode topology network tersebut akan diterapkan pada sistem kelistrikan kota Surabaya penyulang Basuki Rahmat dan di simulasikan dalam bentuk aplikasi (GUI Matlab). Sehingga proses input data, akan jauh lebih praktis, mengingat dalam sistem *utility*, mempunyai bus atau titik beban yang sangat banyak dan rumit.

Sehingga dengan adanya GUI matlab dapat membantu proses input data secara cepat dan praktis serta hasil analisis aliran daya sistem distribusi radial lebih mudah di amati. Berikut bentuk konfigurasi system IEEE-33 Bus dan sistem Penyulang

Basuki Rahmat dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3. 1Single line diagram IEEE-33 bus



Gambar 3. 2Single line diagram penyulang Basuki Rahmat

Tabel 3.1 Data Saluran IEEE 33 Bus

Saluran		Impedansi	
Bus Kirim	Bus Terima	r	x
1	2	0.0922	0.0470
2	3	0.4930	0.2511
3	4	0.3660	0.1864
4	5	0.3811	0.1941
5	6	0.8190	0.7070
6	7	0.1872	0.6188
7	8	0.7144	0.2351
8	9	1.0300	0.7400
9	10	1.0440	0.7400
10	11	0.1966	0.0650
11	12	0.3744	0.1238
12	13	1.4680	1.1550
13	14	0.5416	0.7129
14	15	0.5910	0.5260
15	16	0.7463	0.5450
16	17	1.2890	1.7210
17	18	0.7320	0.5740
2	19	0.1640	0.1565
19	20	1.5042	1.3554
20	21	0.4095	0.4784
21	22	0.7089	0.9373
3	23	0.4512	0.3083
23	24	0.8980	0.7091
24	25	0.8960	0.7011
6	26	0.2030	0.1034
26	27	0.2842	0.1447
27	28	1.0590	0.9337
28	29	0.8042	0.7006
29	30	0.5075	0.2585
30	31	0.9744	0.9630
31	32	0.3105	0.3619
32	33	0.3410	0.5302

Tabel 3.2 Data Beban IEEE 33 Bus

Bus	Data Beban	
	P (MW)	Q(MVAR)
1	0.0000	0.0000
2	0.1000	0.0600
3	0.0900	0.0400
4	0.1200	0.0800
5	0.0600	0.0300
6	0.0600	0.0200
7	0.2000	0.1000
8	0.2000	0.1000
9	0.0600	0.0200
10	0.0600	0.0200
11	0.0450	0.0300
12	0.0600	0.0350
13	0.0600	0.0350
14	0.1200	0.0800
15	0.0600	0.0100
16	0.0600	0.0200
17	0.0600	0.0200
18	0.0900	0.0400
19	0.0900	0.0400
20	0.0900	0.0400
21	0.0900	0.0400
22	0.0900	0.0400
23	0.0900	0.0500
24	0.4200	0.2000
25	0.4200	0.2000
26	0.0600	0.0250
27	0.0600	0.0250
28	0.0600	0.0200
29	0.1200	0.0700
30	0.2000	0.6000
31	0.1500	0.0700
32	0.2100	0.1000
33	0.0600	0.0400
Total	3.7150	2.3000

Tabel 3. 3 Data Saluran Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)

Saluran		Impedansi (ohm)	
Bus Kirim	Bus Terima	r	x
1	2	0.021476	0.010738
2	3	0.002039	0.00102
3	4	0.001351	0.000675
4	5	0.002843	0.001422
5	6	0.008388	0.004194
6	7	0.010741	0.005371
7	8	0.014902	0.007451
8	9	0.002555	0.001278
9	10	0.00681	0.003405
10	11	0.002673	0.001336
10	12	0.007266	0.003633
12	13	0.000842	0.000421
13	14	0.002591	0.001295
14	15	0.007151	0.003575
10	16	0.004894	0.002447
16	17	0.004473	0.002237
16	18	0.005034	0.002517
18	19	0.009855	0.004928
19	20	0.003678	0.001839
19	21	0.004327	0.002164
21	22	0.001741	0.00087
21	23	0.003261	0.001631
23	24	0.005131	0.002566
23	25	0.006283	0.003141
25	26	0.005351	0.002675
25	27	0.00265	0.001325
27	28	0.002803	0.001401
28	29	0.001302	0.000651
28	30	0.004422	0.002211
30	31	0.009406	0.004703
31	32	0.001884	0.000942
32	33	0.002472	0.001236
32	34	0.003305	0.001653



Tabel 3.4 Data Saluran Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)

Saluran		Impedansi (ohm)	
Bus Kirim	Bus Terima	Bus Kirim	Bus Terima
34	35	0.002489	0.001244
34	36	0.004525	0.002263
36	37	0.003537	0.001769
36	38	0.005295	0.002647
38	39	0.002961	0.001481
38	40	0.00678	0.00339
38	41	0.004649	0.002324
41	42	0.00787	0.003935
42	43	0.001297	0.000648
42	44	0.003561	0.00178
44	45	0.002609	0.001305
44	46	0.000728	0.000364
46	47	0.000426	0.000213
46	48	0.005398	0.002699
48	49	0.0074	0.0037
49	50	0.004528	0.002264
50	51	0.003781	0.001891

Tabel 3.5 Data Beban Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)

Bus	Beban	
	P (MW)	Q(MVAR)
1	0.0000	0.0000
2	0.17	0.105
3	0.136	0.084
4	0.213	0.132
5	0.136	0.084
6	0.085	0.053
7	0.17	0.105
8	0.042	0.026
9	0.213	0.132
10	0	0
11	0.085	0.053

Tabel 3.6 Data Beban Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)

Bus	Beban	
	P (MW)	Q(MVAR)
12	0	0
13	0.064	0.04
14	0.136	0.084
15	0.944	0.585
16	0	0
17	0.085	0.053
18	0.085	0.053
19	0	0
20	0.425	0.263
21	0	0
22	0.17	0.105
23	0	0
24	0.587	0.363
25	0	0
26	1.853	1.148
27	0.128	0.079
28	0	0
29	0.944	0.585
30	0.068	0.042
31	0.064	0.04
32	0	0
33	0.213	0.132
34	0	0
35	0.085	0.053
36	0	0
37	0.587	0.363
38	0	0
39	0.349	0.216
40	0.128	0.079
41	0.136	0.084
42	0	0
43	0.17	0.105
44	0	0
45	0.293	0.182

Tabel 3.7 Data Beban Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)

Bus	Beban	
	P (MW)	Q(MVAR)
46	0	0
47	0.136	0.084
48	0.136	0.084
49	0.136	0.084
50	0.128	0.079
51	0.085	0.053
Total	9.385	5.812

### 3.2.2 Membentuk matriks K, BIBC dan BCBV

Dalam tahap selanjutnya adalah membentuk matriks K, BIBC dan BCBV dengan cara memasukkan input data jaringan dan data beban ke bentuk matriks dengan rumus :

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

Maka persamaan yang lebih sederhana dan sama dapat ditulis menjadi

$$[B] = [BIBC][I] \quad (3)$$

Hubungan antara arus saluran dan tegangan dapat diperoleh melalui persamaan berikut.

$$V_2 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} \quad (2)$$

$$V_3 = V_2 - B_2 \cdot Z_{23} \quad (3)$$

$$V_4 = V_3 - B_3 \cdot Z_{34} \quad (4)$$

Dimana pada  $Z_{12}$ ,  $Z_{23}$ ,  $Z_{34}$  merupakan impedansi saluran dari section 1-2, 2-3 dan 3-4. Dengan mensubstitusikan persamaan (2) dan (3) kedalam persamaan (4), maka tegangan pada bus 4 dapat ditulis menjadi

$$V_4 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} \quad (5)$$

Selanjutnya tegangan bus dapat disusun dalam sebuah fungsi matriks dari arus saluran (BIBC), sehingga diperoleh matriks BCBV (*Branch Current to Branch Voltage*) dengan cara yang sama seperti cara diatas didapatkan persamaan (8) matriks BCBV (*Branch Current to Branch Voltage*).

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_1 \\ V_1 \\ V_1 \\ V_1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & Z_{36} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Maka persamaan yang lebih sederhana dan sama dapat ditulis menjadi

$$[\Delta V] = [BCBV][B] \quad (7)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2) ke persamaan (7) maka pada akhir penurunan persamaan diperoleh nilai  $\Delta V$  dapat ditulis dengan persamaan (7) dan disederhanakan menjadi persamaan (8) sebagai berikut :

$$[\Delta V] = [BCBV][BIBC][I] \quad (7)$$

$$[\Delta V] = [DLF][I] \quad (8)$$

Contoh implementasi perhitungan aliran daya dengan metode topology network :

$$V = 20 \text{ kV} \quad Z_{12} = 0.5 \ \Omega$$

$$S_2 = 100 \text{ kW} \quad Z_{23} = 0.1 \ \Omega$$

$$S_3 = 400 \text{ Kw} \quad Z_{34} = 0.2 \ \Omega$$

$$S_4 = 200 \text{ kW}$$

$$Z_{45} = 0.4 \Omega$$

$$S_5 = 600 \text{ Kw}$$

$$Z_{36} = 0.1 \Omega$$

$$S_6 = 200 \text{ kW}$$

Perhitungan pertama(iterasi 1) :

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 20} = \frac{100}{34,6} = 2,89 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 20} = \frac{400}{34,6} = 11,56 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 20} = \frac{200}{34,6} = 5,78 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{600}{\sqrt{3} \cdot 20} = \frac{600}{34,6} = 17,34 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 20} = \frac{200}{34,6} = 5,78 \text{ A}$$

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

$$= \begin{bmatrix} 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0,2 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0,2 & 0,4 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0 & 0 & 0,1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2,89 \\ 11,59 \\ 5,78 \\ 17,34 \\ 5,78 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0,2 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0,2 & 0,4 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0 & 0 & 0,1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 43,35 \\ 40,46 \\ 23,12 \\ 17,34 \\ 5,78 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 21,67 \\ 25,71 \\ 30,33 \\ 37,26 \\ 26,28 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 V_1 = \begin{bmatrix} 20 \text{ kV} \\ 20 \text{ kV} \\ 20 \text{ kV} \\ 20 \text{ kV} \\ 20 \text{ kV} \end{bmatrix} & V_2 = \begin{bmatrix} 20 \text{ kV} - \Delta V_1 \\ 20 \text{ kV} - \Delta V_1 - \Delta V_2 \\ 20 \text{ kV} - \Delta V_1 - \Delta V_2 - \Delta V_3 \\ 20 \text{ kV} - \Delta V_1 - \Delta V_2 - \Delta V_3 - \Delta V_4 \\ 20 \text{ kV} - \Delta V_1 - \Delta V_2 - \Delta V_5 \end{bmatrix} \\
 & = \begin{bmatrix} 20 \text{ kV} - 21,67 \\ 20 \text{ kV} - 21,67 - 25,71 \\ 20 \text{ kV} - 21,67 - 25,71 - 30,33 \\ 20 \text{ kV} - 21,67 - 25,71 - 30,33 - 37,26 \\ 20 \text{ kV} - 21,67 - 25,71 - 26,28 \end{bmatrix} \\
 & = \begin{bmatrix} 19.978,33 \\ 19.952,62 \\ 19.922,29 \\ 19.885,03 \\ 19.926,34 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Perhitungan kedua(iterasi 2) :

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 19.978} = \frac{100}{34,6} = 2,89 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 19.952} = \frac{400}{34,5} = 11,59 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 19.922} = \frac{200}{34,5} = 5,79 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{600}{\sqrt{3} \cdot 19.885} = \frac{600}{34,4} = 17,44 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 19.926} = \frac{200}{34,5} = 5,79 \text{ A}$$

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

$$= \begin{bmatrix} 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0,2 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0,2 & 0,4 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0 & 0 & 0,1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2,89 \\ 11,59 \\ 5,79 \\ 17,44 \\ 5,79 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0,2 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0,2 & 0,4 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0 & 0 & 0,1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 43,5 \\ 40,61 \\ 23,23 \\ 17,44 \\ 5,79 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 21,75 \\ 25,81 \\ 30,45 \\ 37,42 \\ 26,38 \end{bmatrix}$$

$$V_1 = \begin{bmatrix} 19.978,33 \\ 19.952,62 \\ 19.922,29 \\ 19.885,03 \\ 19.926,34 \end{bmatrix}$$

$$V_2 = \begin{bmatrix} 19.978,33 - \Delta V_1 \\ 19.952,62 - \Delta V_1 - \Delta V_2 \\ 19.922,29 - \Delta V_1 - \Delta V_2 - \Delta V_3 \\ 19.885,03 - \Delta V_1 - \Delta V_2 - \Delta V_3 - \Delta V_4 \\ 19.926,34 - \Delta V_1 - \Delta V_2 - \Delta V_5 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 19.978,33 - 21,75 \\ 19.952,62 - 21,75 - 25,81 \\ 19.922,29 - 21,75 - 25,81 - 30,45 \\ 19.885,03 - 21,75 - 25,81 - 30,45 - 37,42 \\ 19.926,34 - 21,75 - 25,81 - 26,38 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 19.956,25 \\ 19.904,44 \\ 19.843,99 \\ 19.769,57 \\ 19.852,06 \end{bmatrix}$$

Perhitungan kedua(iterasi 3) :

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}VLL} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 19,956} = \frac{100}{34,5} = 2,89 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}VLL} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 19,904} = \frac{400}{34,4} = 11,62 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 19,843} = \frac{200}{34,3} = 5,83 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{600}{\sqrt{3} \cdot 19,769} = \frac{600}{34,2} = 17,54 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 19,852} = \frac{200}{34,3} = 5,83 \text{ A}$$

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

$$= \begin{bmatrix} 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0,2 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0,2 & 0,4 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0 & 0 & 0,1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2,89 \\ 11,62 \\ 5,83 \\ 17,54 \\ 5,83 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0,2 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0,2 & 0,4 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0 & 0 & 0,1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 43,5 \\ 40,82 \\ 23,23 \\ 17,44 \\ 5,79 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 21,75 \\ 25,81 \\ 30,45 \\ 37,42 \\ 26,38 \end{bmatrix}$$

$$V_1 = \begin{bmatrix} 19.978,33 \\ 19.952,62 \\ 19.922,29 \\ 19.885,03 \\ 19.926,34 \end{bmatrix}$$

$$V_2 = \begin{bmatrix} 19.978,33 - \Delta V_1 \\ 19.952,62 - \Delta V_1 - \Delta V_2 \\ 19.922,29 - \Delta V_1 - \Delta V_2 - \Delta V_3 \\ 19.885,03 - \Delta V_1 - \Delta V_2 - \Delta V_3 - \Delta V_4 \\ 19.926,34 - \Delta V_1 - \Delta V_2 - \Delta V_5 \end{bmatrix}$$



$$= \begin{bmatrix} 19,978.33 - 21,75 \\ 19,952.62 - 21,75 - 25,81 \\ 19,922.29 - 21,75 - 25,81 - 30,45 \\ 19,885.03 - 21,75 - 25,81 - 30,45 - 37,42 \\ 19,926.34 - 21,75 - 25,81 - 26,38 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 19.956,25 \\ 19.904,44 \\ 19.843,99 \\ 19.769,57 \\ 19.852,06 \end{bmatrix}$$

Perhitungan kedua(iterasi 4) :

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 19,978} = \frac{100}{34,6} = 2,89 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 19,952} = \frac{400}{34,5} = 11,59 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 19,922} = \frac{200}{34,5} = 5,79 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{600}{\sqrt{3} \cdot 19,885} = \frac{600}{34,4} = 17,44 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}V_{LL}} = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 19,926} = \frac{200}{34,5} = 5,79 \text{ A}$$

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

$$= \begin{bmatrix} 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0,2 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0,2 & 0,4 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0 & 0 & 0,1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2,89 \\ 11,59 \\ 5,79 \\ 17,44 \\ 5,79 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0,2 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0,2 & 0,4 & 0 \\ 0,5 & 0,1 & 0 & 0 & 0,1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 43,5 \\ 40,61 \\ 23,23 \\ 17,44 \\ 5,79 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 21,75 \\ 25,81 \\ 30,45 \\ 37,42 \\ 26,38 \end{bmatrix}$$

$$V_1 = \begin{bmatrix} 19.978,33 \\ 19.952,62 \\ 19.922,29 \\ 19.885,03 \\ 19.926,34 \end{bmatrix}$$

$$V_2 = \begin{bmatrix} 19.978,33 - \Delta V_1 \\ 19.952,62 - \Delta V_1 - \Delta V_2 \\ 19.922,29 - \Delta V_1 - \Delta V_2 - \Delta V_3 \\ 19.885,03 - \Delta V_1 - \Delta V_2 - \Delta V_3 - \Delta V_4 \\ 19.926,34 - \Delta V_1 - \Delta V_2 - \Delta V_5 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 19.978,33 - 21,75 \\ 19.952,62 - 21,75 - 25,81 \\ 19.922,29 - 21,75 - 25,81 - 30,45 \\ 19.885,03 - 21,75 - 25,81 - 30,45 - 37,42 \\ 19.926,34 - 21,75 - 25,81 - 26,38 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 19.956,25 \\ 19.904,44 \\ 19.843,99 \\ 19.769,57 \\ 19.852,06 \end{bmatrix}$$