

Peranan Matriks Topologi Pada Sistem Jaringan Distribusi Listrik Berbentuk Radial

Cekmas Cekdin¹, Hazairin Samaulah²

¹Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Palembang, Indonesia

²Program Studi Teknik Elektro, Universitas Tridinati Palembang, Indonesia

email : cekmas_cekdin@yahoo.com, hazairinsamaulah@yahoo.com.

Received 30 Desember 2019 | Revised 29 April 2020 | Accepted 11 Mei 2020

ABSTRAK

Matriks topologi merupakan teknik menganalisa jaringan listrik yang menggambarkan elemen jaringan sebagai segmen garis disebut cabang dan titik hubung sebagai *node* yang keseluruhannya tergambar dalam suatu *graph* dari jaringan yang berbentuk radial. Untuk menentukan arus pada jaringan sistem distribusi radial, terlebih dahulu menghitung arus yang mengalir pada beban yang paling ujung dalam kasus ini menghitung ($I_{8,9}$) dan ($I_{4,5}$). Kemudian bergeser menghitung arus pada beban yang mendekati dengan sumber yaitu : $I_{7,8}$, $I_{6,7}$, $I_{1,6}$, dan $I_{3,4}$, $I_{2,3}$, $I_{1,2}$, serta menghitung arus total pada jaringan (I_{G-Bus}). Setelah arus dihitung semua pada setiap jaringan, kemudian disusun matriks topologi arus. Dalam menyusun matriks topologi arus, kolom dan baris yang tidak berhubungan pada matriks [A] diberi angka 0, sedangkan kolom dan baris yang berhubungan diberi angka 1. Dalam aplikasinya matriks topologi pada jaringan distribusi radial memungkinkan penyederhanaan yang bertujuan untuk perhitungan, yaitu dengan mengabaikan efek kapastansi sebagai bagian dari arus injeksi tiap *node*.

Kata kunci : Matriks topologi, *node*, *graph*, sistem jaringan distribusi listrik berbentuk radial.

ABSTRACT

Topology matrix is a technique of analyzing electricity networks that describes network elements as line segments called branches and connecting points as nodes which are entirely drawn in a graph of a radial-shaped network. To determine the current in a radial distribution system network, first calculate the current flowing at the very end of the load in this case calculate ($I_{8,9}$) and ($I_{4,5}$). Then shift counting currents at loads close to the source, namely: $I_{7,8}$, $I_{6,7}$, $I_{1,6}$, and $I_{3,4}$, $I_{2,3}$, $I_{1,2}$, and calculate the total current in the network (I_{G-Bus}). After all currents are calculated in each network, a topology matrix is then arranged. In compiling the current topology matrix, the columns and rows that are not related to the matrix [A] are given the number 0, while the related columns and rows are given the number 1. In its application the topology matrix in the radial distribution network allows simplification aimed at calculation, namely by ignoring the effect capacitance as part of the injection flow per node.

Keywords : Topology matrix, *node*, *graph*, radial electric distribution network system.

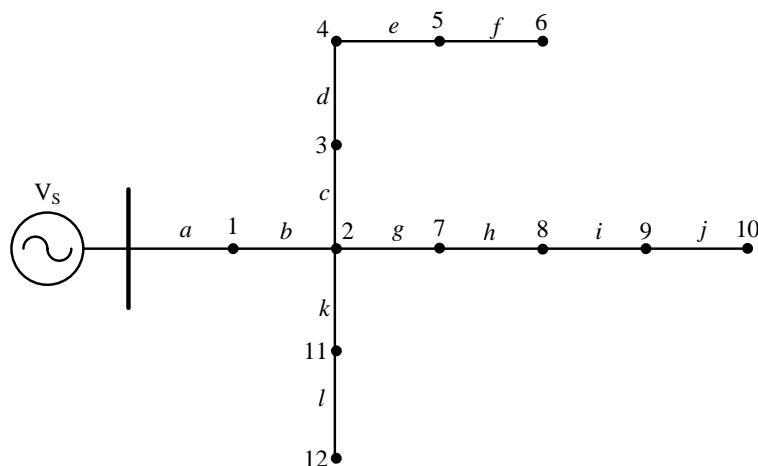
I. Pendahuluan

Masalah yang dihadapi pada sistem jaringan distribusi listrik berbentuk radial adalah bagaimana menganalisa dalam perhitungan agar menjadi mudah. Karenanya perlu suatu metode yang tepat, yaitu metode dengan menggunakan matriks topologi. Dari matriks topologi ini akan sangat mudah untuk mengetahui tegangan, arus, daya dan rugi-rugi pada pengoperasian normal di sistem jaringan distribusi listrik berbentuk radial (Sabri, 1990). Sebab itu dalam untuk perhitungan sistem ini disederhanakan dan sesuai dengan kriteria-kriteria yang dituntut oleh suatu sistem distribusi. Dalam aplikasi untuk perhitungan aliran daya pada jaringan distribusi radial sangatlah sederhana dengan menggunakan metode topologi (Sabri, Y., Nurhidayat & Wike, 1993). Karena dengan menggunakan metode topologi objek dari perhitungan dapat mengetahui : tegangan tiap *node* dari sistem jaringan distribusi radial, arus dan daya yang mengalir pada tiap cabang jaringan, rugi-rugi daya tiap cabang dari jaringan distribusi. Jaringan radial dengan 5 *node* dan 4 cabang topologinya, Ordo matriks topologi meliputi dengan jumlah *node n* (baris) dan cabang *b* (kolom). Pembentukannya berdasarkan : elemen berharga 0 bila cabang *j* dan *node i* tidak berhubungan, elemen berharga +1 bila cabang *j* berhubungan dengan *node i* dan arah alirannya meninggalkan *node i*, elemen berharga -1 bila cabang *j* berhubungan dengan *node i* dan arah alirannya menuju *node i*. Beberapa pengertian dalam sistem jaringan distribusi listrik berbentuk radial pada aplikasi matriks topologi (Burke, J, J, 1994), cabang adalah segmen garis yang menggambarkan elemen jaringan yang terhubung anatara dua buah node, *node* adalah titik yang terletak pada tiap ujung dari cabang, dan menggambarkan suatu titik hubung, *oriented graph* adalah merupakan *graph* dimana *node* dan cabangnya telah diberi nomor serta memiliki arah aliran arah arus, *subgraph* adalah bagian cabang-cabang dan *node-node* dari *graph*, *loop* adalah kumpulan cabang-cabang dan *node-node* dalam *graph* yang membentuk lintasan tertutup, *tree* adalah *graph* sederhana dimana tidak ada cabang membentuk *loop*. Jaringan radial merupakan suatu *tree*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Menentukan Arus Listrik Pada Setiap Segmen Dengan Matriks Topologi Sistem Distribusi Listrik Bentuk Radial

Setiap jaringan distribusi mempunyai topologi yang mengandung n buah *node* dan n buah segmen, seperti dapat dilihat pada contoh topologi struktur radial jaringan distribusi pada Gambar 1.



Gambar 1. Contoh jaringan distribusi radial.

Arus segmen dihitung berdasarkan matriks topologi (Fardo, S. W., & Patrick, D. R. 2009), seperti pada Gambar 2.

Dengan ketentuan

$i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$, adalah indeks dari *node* yang mempresentasikan titik pembebanan.

$j = a, b, c, d, \dots, n$, adalah indeks dari segmen yang menghubungkan dua titik beban, masing-masing dengan tahanan $R_a, R_b, R_c, R_d, \dots, R_n$, dan dapat ditulis :

$T_i = T_1, T_2, T_3, T_4, \dots, T_n$, merupakan representasi arus yang diinjeksikan pada setiap *node*.

$I_j = I_a, I_b, I_c, I_d, \dots, I_n$, merupakan representasi arus yang mengalir pada segmen.

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \\ I_d \\ I_e \\ I_f \\ I_g \\ I_h \\ I_i \\ I_j \\ I_k \\ I_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \\ K_4 \\ K_5 \\ K_6 \\ K_7 \\ K_8 \\ K_9 \\ K_{10} \\ K_{11} \\ K_{12} \end{bmatrix}$$

Gambar 2. Matriks topologi jaringan ditribusi radial dari Gambar 1.

Berdasarkan hukum Kirchoff (Kadir, A, 2000)(Zeynalian, M., & Khorasgani, M. Z, 2018).

$$T_i = \sum_{j=\alpha_i}^n I_j \tag{1}$$

dengan α_i adalah kumpulan titik-titik beban yang terhubung di *node* ke- i , pada suatu jaringan distribusi.

Dalam hubungan matriks, Persamaan (1) dapat ditulis sebagai berikut :

$$[T] = [A] [I] \tag{2}$$

dengan

[*T*] adalah matriks kolom ($n \times 1$) dari arus injeksi.

[*A*] adalah matriks ($n \times n$) yang menggambarkan topologi jaringan.

[*I*] adalah matriks kolom ($n \times 1$) dari arus cabang.

Pada jaringan bentuk radial, sebuah *node* merupakan titik pembebanan sehingga arus injeksi pada setiap *node* adalah negatif, maka

$$[T_i] = [-K_i] \tag{3}$$

dengan K_i adalah arus beban pada *node* ke-*i*.

Dengan demikian Persamaan (2) dapat diubah menjadi

$$[-K] = [A] [I] \tag{4}$$

atau

$$[I] = [A] [K] \tag{5}$$

dengan

$$[A] [K] = [I]$$

[*A*] adalah matriks ($n \times n$), yang merupakan matriks invers topologi jaringan.

[*K*] adalah matriks kolom ($n \times 1$) dari arus beban.

Keistimewaan dari matriks [*A*] adalah suatu matriks *uppertriangular* dan seluruh elemennya yang tidak sama dengan nol dan bernilai satu.

Arus segmen dapat ditentukan dari hubungan matriks topologi jaringan seperti pada Gambar 2. Agar $I_j = I_a, I_b, I_c, I_d, \dots, I_l$, merupakan arus segmen maksimum, maka $K_i = K_1, K_2, K_3, K_4, \dots, K_{12}$, merupakan arus beban maksimum. Untuk menentukan besar K_i beban, maka dilakukan pendekatan-pendekatan sebagai berikut :

1. Tegangan kualitas minimal ditetapkan (Rahimi, K., & Davoudi, M, 2018)(Gonen, T, 2015).
 - a. Untuk Jaringan Tegangan Menengah adalah 10 % di bawah tegangan nominal, maka $V_i = 0,95 V_n$.
 - b. Untuk Jaringan Tegangan Rendah adalah 5 % di bawah tegangan nominal, maka $V_i = 0,975 V_n$.
2. Daya (*kW*) yang diserap oleh beban dapat dari masing-masing unit transformator distribusi.
3. Faktor kerja beban dianggap tetap selama beban beroperasi.

Berdasarkan ke tiga hal tersebut, maka untuk jaringan tegangan menengah pada sistem distribusi primer, besar arus (K_i) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (Shirazi, E., & Jadid, S., 2019)(Sullivan, R. L, 1977)

$$K_i = \frac{P_i}{\sqrt{3} \times 0,95 \times V_n \times \cos \theta} \tag{6}$$

dengan

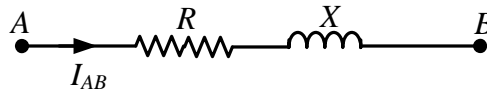
P_i adalah daya aktif (*kW*) yang diserap oleh beban ke-*i*, yang diambil beban puncaknya dari masing-masing unit transformator distribusi

V_n adalah tegangan nominal sistem.

$\cos \theta_i$ adalah faktor kerja beban ke-*i*.

B. Perhitungan Rugi-Rugi Daya Maksimum Di Jaringan

Rugi-rugi daya pada jaringan tergantung pada besar arus total yang mengalir melalui jaringan tersebut. Rugi-rugi daya akan maksimum bila arus yang mengalir melalui jaringan adalah arus maksimum. Rugi-rugi daya terdiri dari dua bagian yaitu rugi-rugi daya aktif (ΔP), dan rugi-rugi daya reaktif (ΔQ), yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Jaringan distribusi dengan panjang AB , dan impedansi $Z = R + jX$.

Dari Gambar 3, rugi-rugi daya aktif disebabkan oleh arus (I_{AB}) dan resistansi (R), sedangkan rugi-rugi daya reaktif disebabkan oleh arus (I_{AB}) dan reaktansi (X), dengan persamaan sebagai (El-Taweel, N. A., Khani, H., & Farag, H. E., 2019) (Faulkenberry, L. M. 1996).

$$\Delta P_{maks} = (I_{AB})^2 \cdot R \tag{7}$$

$$\Delta Q_{maks} = (I_{AB})^2 \cdot X \tag{8}$$

Penjumlahan secara vektoris antara kedua daya tersebut merupakan rugi-rugi daya total kompleks (ΔS), yang besarnya (Zapata, A. A. A., Suarez, E. G., & Florez, J. A. V, 2019)

$$\Delta S = \sqrt{(\Delta P)^2 + (\Delta Q)^2} \tag{9}$$

atau

$$\Delta S_{maks} = \sqrt{(\Delta P_{maks})^2 + (\Delta Q_{maks})^2} \tag{10}$$

Rugi-rugi daya di suatu jaringan distribusi merupakan jumlah seluruh rugi-rugi daya di setiap saluran pada jaringan tersebut, dimana

$$\Delta P_t = \sum \Delta P_i \tag{11}$$

$$\Delta Q_t = \sum \Delta Q_i \tag{12}$$

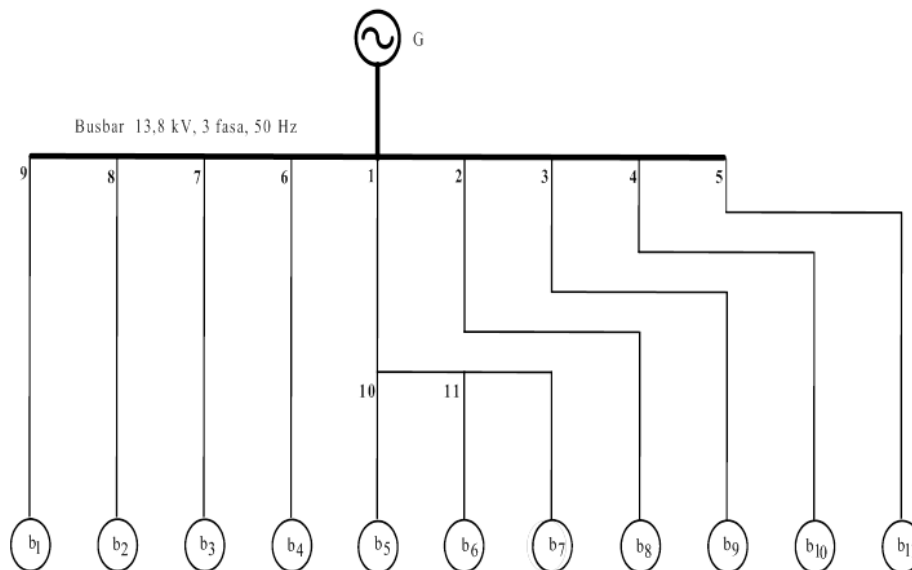
$$\Delta S_t = \sum \Delta S_i \tag{13}$$

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam penulisan artikel ini adalah pengambilan gambar sistem jaringan berbentuk radial, dan pengambilan data sistem jaringan.

A. Pengambilan Gambar Sistem Jaringan

Gambar sistem jaringan berbentuk radial adalah seperti Gambar 4.



Gambar 4. Diagram satu garis suatu sistem kelistrikan.

Keterangan Gambar 4 (Katalog Sistem Kelistrikan PT. Semen Baturaja, 2013).

- b₁ adalah transformator distribusi unit 1.
- b₂ adalah transformator distribusi unit 2.
- b₃ adalah transformator distribusi unit 3.
- b₄ adalah transformator distribusi unit 4.

- b₅ adalah transformator distribusi unit 5.
- b₆ adalah transformator distribusi unit 6.
- b₇ adalah transformator distribusi unit 7.
- b₈ adalah transformator distribusi unit 8.
- b₉ adalah transformator distribusi unit 9.
- b₁₀ adalah transformator distribusi unit 10.
- b₁₁ adalah transformator distribusi unit 11.

B. Pengambilan Data Sistem Jaringan

Data yang digunakan untuk perhitungan dalam artikel ini adalah data kapasitas daya pada masing-masing unit transformator distribusi beserta beban puncak, dan data saluran. Data kapasitas daya pada masing-masing unit transformator distribusi dan beban puncak seperti Tabel 1.

Tabel 1. Data kapasitas daya pada masing-masing unit transformator distribusi dan beban puncak (Sistem Kelistrikan PT. Semen Baturaja, 2013).

Unit transformator distribusi	Kapasitas unit transformator (kVA)	Beban puncak unit transformator (kVA)	Beban puncak unit transformator (kW)	faktor kerja (cos Θ)
b ₁	500	301,640	226,230	0,75
b ₂	225	145,330	123,540	0,85
b ₃	1250	692,500	554,000	0,80
b ₄	2500	1830,960	1574,626	0,86
b ₅	7500	5463,280	4643,788	0,85
b ₆	1000	582,950	495,508	0,85
b ₇	1250	691,700	449,605	0,65
b ₈	1000	608,650	474,747	0,78
b ₉	1000	472,390	354,293	0,75
b ₁₀	3750	3023,060	2297,526	0,76
b ₁₁	1250	725,470	565,867	0,78

Data jaringan untuk setiap saluran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data saluran suatu sistem kelistrikan (Sistem Kelistrikan PT. Semen Baturaja, 2013).

Saluran		Tahanan (Ohm)	Reaktansi (Ohm)
i	j		
G	Bus	0,0026	0,00449
9	b ₁	0,07980	0,06080
8	b ₂	0,00676	0,00413
7	b ₃	0,06591	0,04027
6	b ₄	0,01589	0,00971
1	10	0,01919	0,03366
10	b ₅	0,00588	0,00448
10	11	0,05040	0,03840
11	b ₆	0,00672	0,00512
11	b ₇	0,01554	0,01184
2	b ₈	0,07812	0,05952
3	b ₉	0,00309	0,00330
4	b ₁₀	0,00534	0,00409
5	b ₁₁	0,00687	0,00456

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Hasil yang didapat adalah hasil perhitungan yang dilakukan adalah menghitung arus yang mengalir di setiap saluran dengan menggunakan Persamaan (6), kemudian membentuk matriks topologi arus,

Cekmas Cekdin

dan menghitung rugi-rugi daya pada setiap segmen. Sehingga arus maksimum yang mengalir di setiap saluran pada beban dalam bentuk bilangan kompleks seperti Tabel 3.

Tabel 3. Arus maksimum yang mengalir di setiap saluran pada beban dalam bentuk bilangan kompleks.

Beban	Arus maksimum yang mengalir di setiap saluran (Amper)	
	Kompleks	Maksimum
b_1	$13,2839 + j 8,7865$	15,9269
b_2	$6,4007 + j 3,3718$	7,2345
b_3	$30,4970 + j 18,2982$	35,5653
b_4	$80,6335 + j 41,1468$	90,5252
b_5	$240,5970 + j 126,7423$	271,9385
b_6	$25,6725 + j 13,5238$	29,0167
b_7	$30,4617 + j 23,1489$	38,2595
b_8	$26,8043 + j 16,7739$	31,6202
b_9	$20,8036 + j 13,7603$	24,9426
b_{10}	$133,1323 + j 86,5258$	158,7795
b_{11}	$31,9489 + j 19,9930$	37,6889

Matriks topologi arus seperti Gambar 5.

$$\begin{bmatrix} I_{G-Bus} \\ I_{1-2} \\ I_{2-3} \\ I_{3-4} \\ I_{4-5} \\ I_{1-6} \\ I_{6-7} \\ I_{7-8} \\ I_{8-9} \\ I_{1-10} \\ I_{10-11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 26,8043 + j 16,7739 \\ 20,8036 + j 13,7603 \\ 133,1323 + j 86,5258 \\ 31,9489 + j 19,9930 \\ 80,6335 + j 41,1468 \\ 30,4970 + j 18,2982 \\ 6,4007 + j 3,3718 \\ 13,2839 + j 8,7865 \\ 240,5970 + j 126,7423 \\ 25,6725 + j 13,5238 \\ 30,4617 + j 23,1489 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_{G-Bus} \\ I_{1-2} \\ I_{2-3} \\ I_{3-4} \\ I_{4-5} \\ I_{1-6} \\ I_{6-7} \\ I_{7-8} \\ I_{8-9} \\ I_{1-10} \\ I_{10-11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 640,2354 + j 372,0713 \\ 212,6891 + j 137,0530 \\ 185,8848 + j 120,2791 \\ 165,0812 + j 106,5188 \\ 31,9489 + j 19,9930 \\ 130,8151 + j 71,6033 \\ 50,1816 + j 30,4565 \\ 19,6846 + j 12,1583 \\ 13,2839 + j 8,7865 \\ 296,7312 + j 163,415 \\ 56,1342 + j 36,6727 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 740,4988 \\ 253,0221 \\ 221,4051 \\ 196,4639 \\ 37,6889 \\ 149,1296 \\ 58,7009 \\ 23,1367 \\ 15,9269 \\ 338,7534 \\ 67,0517 \end{bmatrix}$$

Gambar 5. Matriks topologi arus dari Gambar 4.

Kemudian menghitung rugi-rugi daya maksimum di setiap saluran. Rugi-rugi daya yang diperhitungkan adalah rugi-rugi daya semu yang dihitung berdasarkan pada Persamaan (7) sampai (13), dimana arus yang mengalir adalah arus maksimum seperti pada Tabel 3 dan Gambar 5, selanjutnya perhitungan rugi-rugi daya maksimum di setiap saluran sebagai berikut :

Rugi-rugi daya maksimum pada saluran beban b_1

$$I = 15,9269 \text{ Amper.}$$

$$R = 0,07980 \text{ Ohm.}$$

$$X = 0,06080 \text{ Ohm.}$$

maka

$$\Delta P = I^2 \cdot R = 20,2426 \text{ Watt.}$$

$$\Delta Q = I^2 \cdot Q = 15,4229 \text{ Var.}$$

$$\Delta S = \Delta P + j \Delta Q = (20,2426 + j 15,4229) \text{ VA.}$$

Rugi-rugi daya total di jaringan merupakan penjumlahan dari seluruh rugi-rugi di setiap saluran. Hasil perhitungan rugi-rugi daya di setiap jaringan seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan rugi-rugi daya di setiap jaringan pada suatu sistem kelistrikan.

Saluran		Tahanan (Ohm)	Reaktansi (Ohm)	Arus Maksimum (Amper)	Rugi-Rugi Daya Semu (VA)
i	j				
G	Bus	0,0026	0,00449	740,4988	1.425,6800 + j 2.462,0397
9	b ₁	0,07980	0,06080	15,9269	20,2426 + j 15,4229
8	b ₂	0,00676	0,00413	7,2345	0,3538 + j 0,2162
7	b ₃	0,06591	0,04027	35,5653	83,3689 + j 50,9371
6	b ₄	0,01589	0,00971	90,5252	130,2156 + j 79,5716
1	10	0,01919	0,03366	338,7534	2.202,1267 + j 3.862,6151
10	b ₅	0,00588	0,00448	271,9385	434,8292 + j 331,2985
10	11	0,05040	0,03840	67,0517	226,5949 + j 172,6437
11	b ₆	0,00672	0,00512	29,0167	5,6580 + j 4,3109
11	b ₇	0,01554	0,01184	38,2595	22,7473 + j 17,3313
2	b ₈	0,07812	0,05952	31,6202	78,1073 + j 59,5103
3	b ₉	0,00309	0,00330	24,9426	1,9224 + j 2,0530
4	b ₁₀	0,00534	0,00409	158,7795	134,6264 + j 103,1127
5	b ₁₁	0,00687	0,00456	37,6889	9,7585 + j 6,4773
Total					4776,2316 + j 7167,5430

Jadi rugi-rugi daya total di jaringan merupakan penjumlahan dari seluruh rugi-rugi daya di setiap saluran. Hasil perhitungan rugi-rugi daya total di jaringan dari Tabel 4 di atas adalah

$$\Delta S_t = (4776,2316 + j 7167,5430) \text{ VA} = 8613,1331 \text{ VA} = 8,613 \text{ kVA.}$$

B. PEMBAHASAN

Dibandingkan dengan struktur jaringan lain, jaringan radial memiliki beberapa sifat khusus dalam aplikasi matriks topologi yang dapat dimanfaatkan untuk mempermudah pemecahan masalah, yaitu : pada jaringan radial hanya terdapat satu *node* sumber daya, dan *node-node* lain merupakan *node* beban. Untuk menentukan arus pada jaringan sistem distribusi radial, terlebih dahulu menghitung arus yang mengalir pada beban yang paling ujung (I₈₋₉) dan (I₄₋₅). Kemudian bergeser menghitung arus pada beban yang mendekati dengan sumber yaitu : I₇₋₈, I₆₋₇, I₁₋₆, dan I₃₋₄, I₂₋₃, I₁₋₂, serta menghitung arus total pada jaringan (I_{G-Bus}). Setelah arus dihitung semua pada setiap jaringan, kemudian disusun matriks topologi arus. Dalam menyusun matriks topologi arus, kolom dan baris yang tidak berhubungan pada matriks [A] diberi angka 0, sedangkan kolom dan baris yang berhubungan diberi angka 1. Matriks ini terbentuk secara otomatis *uppertriangle*, artinya membentuk matriks segi tiga.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penggunaan matriks topologi untuk perhitungan rugi-rugi daya pada jaringan distribusi radial merupakan suatu kontribusi dalam penyelesaian masalah pada jaringan distribusi. Proses perhitungan dilakukan tanpa melaksanakan penyerdehanaan struktur topologi sehingga hasilnya akan lebih teliti. Pembentukan matriks invers topologi dapat dibentuk secara langsung tanpa melakukan invers matriks [A]

dan matriks impedansi cabang sebagai matriks kolom. Hasil perhitungan rugi-rugi daya pada jaringan dapat dilakukan secara manual yang akurasinya dapat diterima.

B. Saran

Untuk perhitungan penggunaan matriks topologi dalam aplikasi sistem jaringan berbentuk radial sebaiknya dimulai terlebih dahulu pada sisi beban, karena hal ini lebih mudah untuk menyusun matriks itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Burke, J. J. (1994). *Power distribution engineering: fundamentals and applications*. CRC Press.
- El-Taweel, N. A., Khani, H., & Farag, H. E. (2019). *Voltage regulation in active power distribution systems integrated with natural gas grids using distributed electric and gas energy resources*. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 106, 561-571.
- Fardo, S. W., & Patrick, D. R. (2009). *Electrical power systems technology*. The Fairmont Press, Inc.
- Faulkenberry, L. M. (1996). *Electrical power distribution and transmission*. Pearson Education India.
- Gonen, T. (2015). *Electric power distribution engineering*. CRC press.
- Kadir, A. (2000). *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Katalog Sistem Kelistrikan PT. Semen Baturaja, (2013).
- Rahimi, K., & Davoudi, M. (2018). *Electric vehicles For Improving Resilience Of Distribution Systems*. Sustainable Cities And Society, 36, 246-256.
- Sabri, Y. (1990). *Analisa Topologi Jaringan Distribusi*.
- Sabri, Y., Nurhidayat & Wike. (1993). *Analisa Aliran Daya Jaringan Distribusi Radial Dengan Metode Teknik Topologi*. Seminar Nasional Ketiga Teknik Tenaga Listrik. ITB-Bandung.
- Shirazi, E., & Jadid, S. (2019). *A Multiagent Design For Self-Healing In Electric Power Distribution Systems*. Electric Power Systems Research, 171, 230-239.
- Sullivan, R. L. (1977). *Power system planning*.
- Zapata, A. A. A., Suarez, E. G., & Florez, J. A. V. (2019). *Application of VRP Techniques to the Allocation of Resources in an Electric Power Distribution System*. Journal of Computational Science, 35, 102-109.
- Zeynalian, M., & Khorasgani, M. Z. (2018). *Structural Performance Of Concrete Poles Used In Electric Power Distribution Network*. Archives of Civil and Mechanical Engineering, 18(3), 863-876.