

Penerapan Teori Graf pada Topologi Matriks Jaringan Distribusi Radial dalam Menentukan *Losses*

Mohammad Adnan^{1,a} dan Zainal Abidin^{1,b}

¹ Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea 90245, Indonesia

^a mohammad.adnan@pnsmail.go.id

^b enal_syamsi@yahoo.com

Abstract- Losses in distribution network of electrical power system with radial system topology can be calculated using Graf Theory. Graf Theory uses nodes and branches that are exist in radial network and convert them in matrices equations. This method is used to determine injection current in losses calculation in every single network branch.

Keyword: Radial, Losses, Teori Graf

Abstrak- Sistem distribusi tenaga listrik yang menggunakan topologi sistem radial dapat dihitung besaran rugi-rugi daya (losses) dengan menggunakan Teori Graf. Teori Graf memanfaatkan adanya node-node dan cabang-cabang pada jaringan radial dengan mengubahnya kedalam bentuk persamaan matriks. Metode ini digunakan untuk menentukan arus injeksi dalam perhitungan losses pada tiap-tiap cabang jaringan.

Kata kunci: Radial, Losses, Teori Graf

I. Pendahuluan

Menurut catatan sejarah karya Euler pada problem jembatan Konigsberg (1735) yang kemudian berujung pada konsep Graf Eulerian merupakan awal dari lahirnya teori graf. Meskipun umurnya yang relatif tua, teori graf sebagai cabang matematika telah berkembang sangat pesat akhir-akhir ini, baik dalam segi pengembangan teori maupun aplikasi di berbagai bidang. Faktor yang mempercepat perkembangan ini adalah seiring dengan perkembangan komputer, dimana komputer mempunyai kemampuan kemampuan dalam mengolah data yang sangat efektif di dalam masalah optimasi skala besar. Bahkan teori graf memberikan kontribusi pengembangan ilmu yang sangat besar dalam

pemodelan matriks jaringan sistem kelistrikan dengan jumlah node dan cabang yang besar sangat menguntungkan. Dalam tulisan ini menitikberatkan pada penerapan teori Graf dalam struktur jaringan, pembahasan lebih ditekankan pada aplikasi metrical dengan memanfaatkan teori graf untuk memecahkan masalah pada jaringan yang berstruktur topologi radial. Topologi berarti sesuatu bentuk yang dapat diubah tanpa merubah jumlah elemen pembentukannya (misalnya : jumlah cabang, jumlah node dan lain sebagainya).

Dalam teori Graf ada beberapa unsur penting yang merupakan elemen pembentukan graf itu sendiri. Unsur-unsur tersebut adalah :

a. Cabang

Suatu cabang merupakan suatu segmen garis yang menggambarkan suatu elemen jaringan atau kombinasi dari beberapa elemen yang terhubung antara dua node. Cabang sering juga disebut sisi dari graf.

b. Node

Suatu node merupakan suatu titik yang terletak pada tiap ujung dari cabang, atau juga terletak pada suatu cabang terpencil. Pada umumnya suatu cabang menggambarkan lokasi suatu sumber tegangan atau juga elemen lainnya, sedangkan node terletak pada kedua ujungnya.

c. Subgraph

Subgraph dari suatu jaringan adalah aubset (bagian) dari cabang-cabang dan node-node dari graph. Subgraph dianggap benar jika subgraph tersebut terdiri atas

$$= - =$$

$$= - + + + = + + + =$$

Dalam persamaan matriks :

$$\begin{bmatrix} \\ \\ \\ \\ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \\ \\ \\ \\ \end{bmatrix} \dots \dots \dots (5)$$

Dalam bentuk persamaan matriks sederhana :

$$[] = [] [] \dots \dots \dots (6)$$

Matriks [] disebut sebagai matriks topologi invers jaringan radial.

Dengan memperhatikan persamaan 4 maka matriks [] dapat diturunkan melalui persamaan :

$$[] = [-1][] \dots \dots \dots (7)$$

Dengan mengamati persamaan 5 maka matriks [] dapat diturunkan secara langsung, seperti halnya Matriks Topologi [], dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Kebalikan dari matriks topologi [] maka pada matriks [], indeks baris berkaitan dengan cabang dan indeks kolom berkaitan dengan node.
2. Elemen matriks [] bernilai +1, bila arus yang sampai ke node melewati cabang b.
3. Elemen matriks [] bernilai 0, bila ketentuan (2) diatas tidak terpenuhi.

Jatuh tegangan pada setiap cabang :

$$\Delta = ..$$

Dalam persamaan matriks :

$$[\Delta] = [] [] \dots \dots \dots (8)$$

Dengan mensub persamaan 6 ke persamaan 8 maka :

$$[\Delta] = [] [] [] \dots \dots \dots (9)$$

Jatuh tegangan total dari node 0 ke node lainnya dalam sistem :

$$\Delta = \Delta$$

$$\Delta = \Delta + \Delta + \Delta$$

Dan dalam persamaan matriks :

$$[\Delta] = [] [\Delta]$$

$$= [] [] [] \dots \dots \dots (10)$$

$$= [] []$$

Dimana :

$$[] = [] [] [] \dots \dots \dots (11)$$

Menentukan arus injeksi pada jaringan radial daya injeksi pada node 1 dapat dituliskan :

$$= . * \dots \dots \dots (12)$$

= Tegangan pada node i

* = Arus injeksi konyugat pada node i

Karena seluruh node pada jaringan radial adalah beban. Persamaan arus injeksi dapat ditulis :

$$= \frac{(\dots)}{*} \dots (13)$$

Untuk node beban : Pgi = 0, Qgi = 0, maka :

$$= \frac{- +}{*} \dots \dots \dots (14)$$

Dimana :

Pgi, Qgi= Daya aktif_reaktif produksi pada node i

Pbi, Qbi = Daya aktif_reaktif beban pada node i

Magnitude arus injeksi pada node I dapat dihitung melalui persamaan :

$$| | = \frac{\dots + \dots}{| |} \dots \dots \dots (15)$$

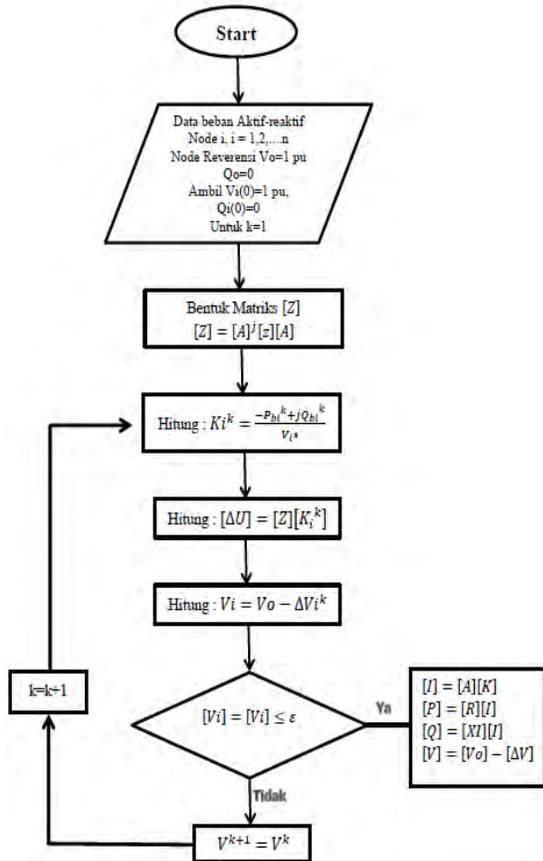
Arus injeksi negatif pada node i :

$$= - \dots \dots \dots (16)$$

$$= \frac{-}{*} \dots \dots \dots (17)$$

Dan magnitude arus injeksi pada node i :

$$| | = \frac{+}{| |} \dots \dots \dots (18)$$



B. Contoh kasus

Suatu jaringan distribusi radial 3 fasa 20 KV hantaran udara sebagai seperti diperlihatkan pada gambar 1 dengan susunan penghantar secara horizontal r,s, dan t dengan jarak r-s = s-t = 25 fit penampang penghantar saluran udara A=150 mm² (ACSR), panjang saluran 0-1=5 km, 1-2=10 km, 1-3=7 km, dan 3-4=8 km dengan beban node

1=5MVA, cos φ =0.8, node 2=3MVA, cos φ =0.8, node 3=2MVA, cos φ =0.8, dan node 4=2MVA, cos φ =0.6, Lf=0.6 jaringan.

Tentukan :

- a. Arus yang mengalir pada tiap cabang dari jaringan, jatuh tegangan pada tiap cabang.
- b. Rugi-rugi daya aktif dan daya reaktif.

Daya dasar = 5 MVA
Tegangan dasar = 20 KV

Tabel 1. Hasil perhitungan dalam (pu)

Saluran (i-j)	Rij (pu)	XL(i-j) (pu)	Z (pu)
0-1	0.01599	0.0295	0.03050
1-2	0.03198	0.0590	0.06098
1-3	0.02239	0.0413	0.04640
3-4	0.02559	0.0472	0.05311

Tabel 2. Beban

Node	Pi (pu)=Pib (pu)	Qi (pu)=Qib
1	0.60	0.60
2	0.48	0.36
3	0.24	0.32
4	0.24	0.32

Prosedur Perhitungan

1. $U = 1$
 $P = 0$
Pada iterasi 1 k=1 $Q = 1$
 $V = 0$
2. Membentuk matriks seperti pada persamaan 5, matriks [] sebagai matriks topologi invers jaringan jaringan radial.

$$[] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

3. Buat matriks impedansi Z pada saluran.

$$[Z] = \begin{bmatrix} 0.0305 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.06098 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.04540 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.05311 \end{bmatrix}$$

4. Menghitung jatuh tegangan total node I ΔV dengan persamaan 10 didapat :

$$\begin{aligned} \Delta V &= 0.08072 \\ \Delta V &= 0.11827 \\ \Delta V &= 0.12736 \\ \Delta V &= 0.15405 \end{aligned}$$

5. Prosedur perhitungan aliran daya jaringan radial, sama dengan prosedur perhitungan analisa tenaga, dimana tegangan pada node dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dengan tegangan dasar 20 KV didapat :

$$\begin{aligned} &= -\Delta V \\ &= 0.91928 \\ &= 0.88173 \\ &= 0.87264 \\ &= 0.84595 \end{aligned} \quad 20$$

6. Arus yang mengalir pada tiap cabang dari jaringan, melalui persamaan 8 dengan Arus Dasar 144.338 A didapat:

$$\begin{aligned} &= 2.6461 \\ &= 0.61538 \\ &= 1.00512 \\ &= 0.50256 \end{aligned} \quad 144.338$$

7. Rugi Daya Aktif Jaringan P_{loss} dengan Daya Dasar 5 MVA dihitung dengan rumusan dasar

$$P_{loss} = P_{base} [\sum (I^2 R)]$$

Sehingga didapat :

$$\begin{aligned} &= 0.11196 \\ &= 0.01211 \\ &= 0.02262 \\ &= 0.00646 \end{aligned} \quad 5$$

8. Rugi Daya Reaktif Jaringan Q_{loss} dengan Daya Dasar 5 MV dapat ditentukan dengan rumusan $Q_{loss} = \sum (I^2 X) = [\sum (I^2 X)]$

Sehingga didapat :

$$\begin{aligned} &= 0.20656 \\ &= 0.02234 \\ &= 0.04172 \\ &= 0.0596 \end{aligned} \quad 5$$

III. Kesimpulan

Pada pembentukan Matriks $[Z]$

- Seluruh elemen diagonal bernilai 1.
- Seluruh elemen dibawah diagonal bernilai 0.
- Elemen-elemen diatas diagonal bernilai 1 atau 0.
- Dengan teori graf memasukkan pengaruh efek kapasitansi cukup menambahkan arus injeksi pada setiap node dari jaringan.

Daftar Pustaka

- [1] Yusra Sabri "Perencanaan Distribusi Sistem Tenaga Listrik" ITB 1991.
- [2] Erwin Kreywszig "Advance Engineering Mathematics" 1988.
- [3] Turan Gonen "Electric Power Distribution System Engineering" University of Missouri ot Colombia 1986.
- [4] William H. Kersting "*Distribution system Modeling and Analysis*" Includes bibliographical references and index. ISBN 0-8493-0812-7/2001
- [5] Richard E. Brown "Electric Power Distribution Reliability" ABB Raleigh, North Carolina 2002.
- [6] Roy Billinton and Ronald N. Allan "*Reliability Evaluation of Power Systems*" university of saskatchewan college of Engineering Saskatoon, Saskatchewan, Canada. University of Manchester Institute of Science and Technology Manchester, England. 1994.
- [7] James j. Burke "*Power Distribution Engineering Fundamental and Applications*" department of Electrical Engineering The Ohio State University Columbus, Ohio 2000.
- [8] IEEE "*Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems*"(ANSI) IEEE Std 493-1990.
- [9] A.A Choundhury and D.O.Koval "*Value-based distribution Systems reliability planning*" IEEE Trans. Ind. Applcat, vol.34,pp.23-29 jan 1998.
- [10] R.E Brown and T.M, Taylor, "*Modelling the impact of substations on distribution reliability*" IEEE Power System. Vol 14,pp 260-265, Jan 2002.