SOLUSI NUMERIK SISTEM PERSAMAAN TENAGA LISTRIK SEDERHANA 3 BUS DENGAN METODE BROYDEN

Antika Puspasari[1], Ilham Syata[2], Muh. Irwan[3]
puspasariantika@gmail.com[1]
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

ABSTRAK
Persamaan tenaga listrik sederhana 3 bus adalah sebuah model matematis yang digunakan untuk menganalisis aliran daya listrik dalam jaringan listrik tiga bus. untuk mendapatkan solusi numerik sistem persamaan tenaga listrik sederhana 3 bus dalam skripsi ini di gunakan metode broyden. ada beberapa langkah dalam manyelesaikan sistem persamaan tenaga listrik sederhana 3 bus menggunakan metode Broyden yaitu: menentukan klasifikasi bus, menentukan matriks adminitasi bus, mengubah matriks ke bentuk sudut dalam radian, mencari dan menghitung nilai iterasi pertama menggunakan metode Newton-Raphson. untuk mendapatkan nilai iterasi pertama terlebih dahulu menentukan matriks jacobian dari persamaan yang di gunakan kemudian mencari invers matriks jacobian tersebut. Untuk menentukan itersi kedua kita menggunakan metode Broyden. pada metode Broyden untuk mencari invers matrik tidak perlu mencari matriks jacobiann tetapi dengan menerapkan teorema Sherman Morrison.
Kata kunci: persamaan listrik sederhana 3 bus, metode Newton-Raphson, metode Broyden..

ABSTRACT
The simple 3-bus capacitance equation is a mathematical model used to analyze currents in a 3-bus electrical network. To obtain the numerical solution of the electric power sales system of a simple 3-bus system in this thesis, Broyden's method is used. There are several steps to solve a simple electrical equation for a 3-bus system using Broyden's method, namely: determine the bus classification, determine the bus administration matrix, convert the matrix to angles in radians, search for and calculate the value of the first iteration using the Newton-Raphson method. to get the value of the first iteration, first determine the jacobian matrix of the equation used and look for the inverse of the jacobian matrix. to determine the second iteration using Broyden's method. In the method of finding the inverse of the Broyden matrix, you do not need to find the Jacobian matrix, but use the Sherman Morrison theorem.
Keyword: *simple 3-bus electricalquations, Newton-Raphson methods, Broyden methods.*

PENDAHULUAN
Persamaan listrik sederhana 3 bus adalah persamaan matematika yang digunakan untuk menganalisis aliran daya listrik dalam sistem tenaga listrik tiga bus yang terhubung dalam suatu jaringan. Tiga bus yang dimaksud adalah bus pembangkit (generator bus), bus beban (load bus), dan bus transmisi (transmission bus).Persamaan listrik sederhana 3 bus menggambarkan keseimbangan daya listrik pada setiap bus dan arus listrik yang mengalir dalam jaringan tersebut. Persamaan ini merupakan dasar dalam analisis sistem tenaga listrik dan digunakan untuk memperkirakan aliran daya listrik dalam jaringan dan membuat keputusan tentang pengaturan dan pengendalian daya..

Metode Broyden adalah metode numerik untuk menyelesaikan sistem persamaan nonlinear. Metode ini memiliki keunggulan yaitu : Konvergensi Cepat (Metode Broyden dapat menghasilkan solusi dengan cepat dan efisien. Metode ini dapat mencapai konvergensi lebih cepat daripada metode iterasi lainnya seperti metode Newton-Raphson), Membutuhkan Sedikit Memori (Metode Broyden membutuhkan sedikit memori dibandingkan dengan metode iterasi lainnya.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data yang berasal dari penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Sumber data yang di gunakan adalah data literatur yang diperoleh dari sumber literatur yaitu artikel.

Adapun Langkah-langkah untuk menyelesaikan persamaan listrik sederhana 3 bus menggunakan metode Broyden adalah sebagai berikut:

1. Klasifikasi bus.
2. Menentukan matriks adminitasi bus.
3. Mengubah matriks ke bentuk sudut dalam radian.
4. Mencari $P_{terjadwal}$ dan $Q_{terjadwal}$.
5. Mencari iterasi pertama.

a. Menentukan nilai P dan Q dari bus 2 dan 3.
b. Menentukan matriks jacobian.
c. Mencari nilai $F(x_0)$.
d. Mencari nilai invers matriks.
e. Mencari nilai x_1 menggunakan Metode Newton Rahson.

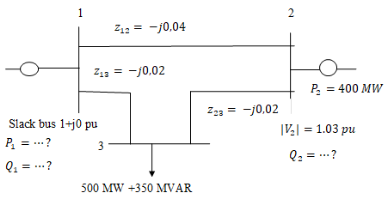
6. Mencari iterasi kedua.

a. Menentukan nilai P dan Q dari bus 2 dan 3.
b. Mencari nilai $F(X_1)$.
c. Menentukan nilai r_0 dan s_0.
d. Mencari $P_{terjadwal}$ dan $Q_{terjadwal}$
e. Mencari invers matriks.
f. Mencari nilai x_2.

7. Mencari nilai P dan Q yang belum di ketahui.
8. Mencari nilai P_{loss} dan Q_{loss}.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini merupakan gambar dari STL (Sistem Tenaga Listrik), disini kita menggunakan model oneline diagram sistem tenaga listrik.



Gambar 1.One line diagram sistem tenaga listrik.

Keterangan:

z : impendansi dari jaringan tiap bus.
y : admitansi dari jaringan tiap bus.
p : daya aktif/daya nyata.
|v| : besar tegangan.
Q : daya relatif.
δ : sudut tegangan

Gambar di atas adalah sistem tenaga listrik sederhana 3 bus terdapat 3 jenis bus pada gambar diatas, bus pertama yaitu slack bus/swing bus (bus referensi), bus ke 2 yaitu bus generator (PV), dan bus ke 3 yaitu bus beban (PQ), dengan generator di bus 1 dan 2. Tegangan di bus 1 adalah 1 + j0 per unit. Besar tegangan di bus 2 tetap, sebesar 1.03 pu dengan daya nyata generator sebesar 400 Megawatt (MW). Beban sebesar 500 Megawatt (MW) dan 350 Megavolt Amper Relatif (MVAR) ada di bus 3. Admitansi saluran pada gambar dalam besaran per unit dan berbasis 100 Megavolt Amper (MVA). Resistansi saluran dan suseptansi line charging diabaikan.

1. Klasifikasi Bus.

Tabel 1. Klasifikasi bus.

Bus	Generator		Load		V(pu)	θ	Jenis
	P	Q	P	Q			
1	-	-	-	-	1	∠0°	Slack Bus
2	400	-	-	-	1,03	∠0°	Bus Generator (Pv)
3	-	-	500	350	1	∠0°	Bus Beban (PQ)

2. Menentukan Matriks Adminitasi Bus (Y_{bus}).

$$Y_{ij} = \frac{1}{z_{ij}}.$$

z_{12}= -j0.02 = $\frac{1}{-j50}$.

$y_{12} = \frac{1}{z} = \frac{1}{\frac{1}{-j50}} = \frac{1}{1} \times \frac{(-j50)}{1}$ = -j50.

z_{13}= -j0.04 = $\frac{1}{-j25}$.

$y_{13} = \frac{1}{z} = \frac{1}{\frac{1}{-j25}} = \frac{1}{1} \times \frac{(-j25)}{1}$ = -j25.

z_{23}= -j0.04 = $\frac{1}{-j25}$.

$y_{23} = \frac{1}{z} = \frac{1}{\frac{1}{-j25}} = \frac{1}{1} \times \frac{(-j25)}{1}$ = -j25.

$y_{11} = y_{12} + y_{13} = -j50 + (-j25) = -j75.$

$y_{12} = -y_{12} = -(-j50) = j50.$

$y_{13} = -y_{13} = -(-j25) = j25.$

$y_{21} = -y_{12} = -(-j50) = j50.$

$y_{22} = y_{12} + y_{23} = -j50 + (-j25) = -j75.$

$y_{23} = -y_{23} = -(-j25) = j25.$

$y_{31} = -y_{13} = -(-j25) = j25.$

$y_{32} = -y_{13} = -(-j25) = j25.$

$y_{33} = y_{13} + y_{23} = -j25 + (-j25) = -j50.$

Matriks Y_{bus}.

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{21} & y_{31} \\ y_{12} & y_{22} & y_{32} \\ y_{13} & y_{23} & y_{33} \end{bmatrix}$$

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} -j75 & j50 & j25 \\ j50 & -j75 & j25 \\ j25 & j25 & -j50 \end{bmatrix}$$

3. Mengubah Matriks Ke Bentuk Sudut Dalam Radian.

Sudut Dalam Radian $(\theta) = \frac{\pi \times sudut\ dalam\ drajat\ (\emptyset)}{180}$

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} 75 < -\frac{\pi}{2} & 50 < \frac{\pi}{2} & 25 < \frac{\pi}{2} \\ 50 < \frac{\pi}{2} & 75 < -\frac{\pi}{2} & 25 < \frac{\pi}{2} \\ 25 < \frac{\pi}{2} & 25 < \frac{\pi}{2} & 50 < -\frac{\pi}{2} \end{bmatrix}$$

4. Mencari $P_{terjadwal}$ Dan $Q_{terjadwal}$.

$P_{terjadwal} = \frac{P_{Generator} - P_{Load}}{MVa\ Base}$.

$Q_{terjadwal} = \frac{Q_{Generator} - Q_{Load}}{MVa\ Base}$.

$P_{2\,terjadwal} = \frac{400-0}{100}$ = 4 pu.

$P_{3\,terjadwal} = \frac{0-500}{100}$ = -5 pu.

$Q_{3\,terjadwal} = \frac{0-350}{100}$ = -3,5 pu.

5. Mencari Iterasi Pertama

a) menentukan p dan q dari setiap bus 2 dan 3.

$$P_i = \sum_{j=1}^{n} |V_i||V_j||Y_{ij}| \text{Cos}\ (\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \text{ ....(1)}$$

$$Q_i = -\sum_{j=1}^{n} |V_i||V_j||Y_{ij}| \sin\ (\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \text{ ....(2)}$$

dari (1) dan (2), diperoleh daya aktif/daya nyata pada bus 2 dan 3 dan daya reaktif pada bus 3 adalah

$P_2 = P_{21} + P_{22} + P_{23}$

$= |V_2||V_1||Y_{21}| cos(\theta_{21} - \delta_2 + \delta_1) + |V_2||V_2||Y_{22}| cos(\theta_{22} - \delta_2 + \delta_2) + |V_2||V_3||Y_{23}| cos(\theta_{23} - \delta_2 + \delta_3)$.

$= 1{,}03 \times 1{,}50 \times 50 \times cos(\frac{\pi}{2} - 0 + 0) + 1{,}03 \times 1{,}03 \times 75 \times cos(-\frac{\pi}{2} - 0 + 0) + 1{,}03 \times 1 \times 25 \times cos(\frac{\pi}{2} - 0 + 0)$

= 0 + 0 + 0

= 0.

$P_3 = P_{31} + P_{32} + P_{33}$

$= |V_3||V_1||Y_{31}| cos(\theta_{31} - \delta_3 + \delta_1) + |V_3||V_2||Y_{32}| cos(\theta_{32} - \delta_3 + \delta_2) + |V_3||V_3||Y_{33}| cos(\theta_{33} - \delta_3 + \delta_3)$.

$= 1 \times 1 \times 25 \times cos\ (\frac{\pi}{2} - 0 + 0) + 1 \times 1{,}03 \times 25 \times cos\ (\frac{\pi}{2} - 0 + 0) + 1 \times 1 \times 50 \times cos\ (-\frac{\pi}{2} - 0 + 0)$

= 0 + 0 + 0

= 0.

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} + Q_{33}$

$= |V_3||V_1||Y_{31}| sin(\theta_{31} - \delta_3 + \delta_1) + |V_3||V_2||Y_{32}| sin(\theta_{32} - \delta_3 + \delta_2) + |V_3||V_3||Y_{33}| sin(\theta_{33} - \delta_3 + \delta_3)$.

$= 1 \times 1 \times 25 \times sin\ (\frac{\pi}{2} - 0 + 0) + 1 \times 1{,}03 \times 25 \times sin\ (\frac{\pi}{2} - 0 + 0)$

$+ 1 \times 1 \times 50 \times sin\ (-\frac{\pi}{2} - 0 + 0)$

$= 25 + 25{,}75 + (-50)$

$= 0{,}75$.

b) menentukan matriks jacobian.

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2^{(k)} \\ \Delta P_n^{(k)} \\ \Delta Q_3^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta Q_n^{(k)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_2^{(k)}} & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_n^{(k)}} & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_3|^{(k)}} & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_n|^{(k)}} \\ \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_2^{(k)}} & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_n^{(k)}} & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_3|^{(k)}} \cdots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_n|^{(k)}} \\ \frac{\partial Q_3^{(k)}}{\partial \delta_2^{(k)}} & \frac{\partial Q_3^{(k)}}{\partial \delta_n^{(k)}} & \frac{\partial Q_3^{(k)}}{\partial |V_3|^{(k)}} & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_n|^{(k)}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial Q_n^{(k)}} & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_n^{(k)}} & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial Q_n^{(k)}} \cdots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_n|^{(k)}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2^{(k)} \\ \Delta \delta_n^{(k)} \\ \Delta |V_3|^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta Q_n^{(k)} \end{bmatrix}$$

Sehingga dari sini kita bisa jabarkan nilai yang akan kita cari pada perhitungan kita.

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \Delta P_3 \\ \Delta Q_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_2}{\partial |V_3|} \\ \frac{\partial P_3}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_3}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_3}{\partial |V_3|} \\ \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_3}{\partial |V_3|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \Delta \delta_3 \\ \Delta |V_3| \end{bmatrix}$$

$\frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} = \sum_{j \neq 1}^{n} |V_2|\,|V_1|\,|Y_{12}| Sin(\theta_{21} - \delta_2 + \delta_1) + |V_2||V_3|Y_{23} Sin(\theta_{23} - \delta_2 + \delta_3).$

$= -1{,}03 \times 1 \times 25 \times 1$

$= -25{,}75.$

$\frac{\partial P_3}{\partial \delta_3} = \sum_{j \neq 1}^{n} |V_3|\,|V_1|\,|Y_{31}| Sin(\theta_{31} - \delta_3 + \delta_1) + |V_3||V_2||Y_{32}| - Sin(\theta_{32} - \delta_3 + \delta_2).$

$= 1 \times 1 \times 25 \times 1 + 1 \times 1{,}03 \times 25 \times 1$

$= 50{,}75.$

$\frac{\partial P_2}{\partial \delta_3} = -\sum_{j \neq 1}^{n} |V_2|\,|V_3||Y_{23}| sin(\theta_{23} - \delta_2 + \delta_3).$

$= -1{,}03 \times 1 \times 25 \times 1$

$= -25{,}75.$

$\frac{\partial P_3}{\partial \delta_2} = -\sum_{j \neq 1}^{n} |V_3|\,|V_2||Y_{32}| sin(\theta_{32} - \delta_2 + \delta_3).$

$= -1 \times 1{,}03 \times 25 \times 1$

$= -25{,}75.$

$\frac{\partial P_2}{\partial |V_3|} = \left[\sum_{j \neq 1}^{n} |V_1||Y_{31}| \cos(\theta_{31} - \delta_3 - \delta_1)\right] + \left[2|V_2||Y_{32}| \cos(\theta_{32} - \delta_3 - \delta_2)\right] + \left[|V_3||Y_{33}| \cos(\theta_{33})\right]$.

$= [1 \times 25 \times 0] + [2 \times 1{,}03 \times 25 \times 0] + [1 \times 50 \times 0]$

$= 0.$

$\frac{\partial P_3}{\partial |V_3|} = |V_3||V_3||Y_{33}| \cos(\theta_{33} - \delta_3 + \delta_3).$

$= 1 \times 50 \times 0$

$= 0.$

$\frac{\partial Q_3}{\partial \delta_2} = -|V_3||V_2||Y_{32}| \cos(\theta_{32} - \delta_2 + \delta_3).$

$= -1 \times 1{,}03 \times 250$

$= 0.$

$\frac{\partial Q_3}{\partial \delta_3} = |V_3||V_1||Y_{31}| \cos(\theta_{31} - \delta_3 + \delta_1) + |V_3||V_2||Y_{32}| \cos(\theta_{32} - \delta_3 + \delta_2).$

$= 1 \times 1 \times 25 \times 0 + 1 \times 1{,}03 \times 25 \times 0$

$= 0.$

$\frac{\partial Q_3}{\partial |V_3|} = -|V_1||Y_{31}| Sin(\theta_{31} - \delta_3 + \delta_1) - |V_2||Y_{32}| Sin(\theta_{32} - \delta_3 + \delta_2) + 100|V_3|.$

$= -1 \times 25 \times 1 - 1{,}03 \times 25 \times 1 + 100.1$

$= 49{,}25.$

c) Mencari Nilai $F(x_0)$

Untuk mendapatkan nilai $F(x_0)$kita subtitusikan nilai awal x_0 tegangan slack bus adalah V_1 = 1< 0 pu dan besar tegangan bus 2 adalah $|V_2|$ = 1.03 pu . dimulai dengan perkiraan awal $|V_3{}^{(0)}|$ = 1.0, $\delta_2{}^{(0)}$ = 0.0 dan $\delta_3{}^{(0)}$ = 0.0, sisa daya dihitung dari :

$\Delta P_2{}^{(0)} = P_2{}^{sch} - P_2{}^{(0)} = 4 - 0 = 4.$

$\Delta P_3{}^{(0)} = P_3{}^{sch} - P_3{}^{(0)} = -5 - 0 = -5.$

$\Delta Q_3{}^{(0)} = Q_3{}^{sch} - Q_3{}^{(0)} = -3{,}5 - (-0{,}75) = -2{,}75.$

maka nilai $f(x_0)$ adalah:

$$f(x_0) = \begin{bmatrix} 4 \\ -5 \\ -2{,}75 \end{bmatrix}.$$

d) mencari nilai invers matriks A_0^{-1}.

mengevaluasi elemen matriks jacobain dengan taksiran awal, himpunan persamaan linier pada iterasi pertama menjadi:

$$\begin{bmatrix} 4 \\ -5 \\ -2.75 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 77{,}25 & -25{,}75 & 0 \\ -25{,}75 & 50{,}75 & 0 \\ 0 & 0 & 49{,}25 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\delta_2{}^{(0)} \\ \Delta\delta_3{}^{(0)} \\ \Delta|V_3|^{(0)} \end{bmatrix}$$

Invers matriks.

$$A^{-1} = \frac{1}{Det\ A} \times adj\ A$$

$= |V_3||V_1||Y_{31}|sin(\delta_3 + \delta_1) + |V_3||V_2||Y_{32}|sin(\delta_3 + \delta_2) + |V_3||V_3||Y_{33}|sin(\delta_3 + \delta_3)$

$= 0{,}9942 \times 1 \times 25 \times sin(0{,}0870 + 0) + 0{,}9942 \times 1{,}03 \times 25 \times sin(0{,}0870 + (-0{,}0228)) +$
$0{,}9942 \times 0{,}9942 \times 50 \times sin(0{,}0870 + 0{,}0870)$

$= 2{,}0510 + 1{,}5598 + 7{,}7170$

$= 11{,}3279.$

A. Mencari $P_{terjadwal}$ dan $Q_{terjadwal}$.

beban dan pembangkitan yang dinyatakan dalam per unit adalah :

$P_{2\,terjadwal} = \frac{128{,}728}{100}$ = 1,287 pu.

$P_{3\,terjadwal} = \frac{92{,}308}{100}$ = 0,923 pu.

$Q_{3\,terjadwal} = \frac{11{,}327}{100}$ = 0,113 pu.

B. Menentukan nilai $f(x_1)$.

Untuk mendapatkan nilai $f(x_1)$ kita subtitusikan nilai x_1= tegangan slack bus adalah V_1 = 1< 0 pu dan besar tegangan bus 2 adalah $|V_2|$ = 1.03 pu . dimulai dengan perkiraan awal $|V_3{}^{(1)}|$ = 0,9942, $\delta_2{}^{(1)}$ = -0,0228 dan $\delta_3{}^{(0)}$ = 0,0870, sisa daya dihitung dari:

$\Delta P_2{}^{(1)} = P_2{}^{sch} - P_2{}^{(1)} = 4 - 1{,}287 = 2{,}713.$

$\Delta P_3{}^{(1)} = P_3{}^{sch} - P_3{}^{(1)} = -5 - 0{,}923 = -5{,}923.$

$\Delta Q_3{}^{(1)} = Q_3{}^{sch} - Q_3{}^{(1)} = -3.5 - 0{,}113 = -2{,}963.$

hasil perhitungan diatas kita gunakan sebagai nilai $f(x_1)$,

maka nilai $f(x_1)$ adalah:

$$f(x_1) = \begin{bmatrix} 2{,}364 \\ -9{,}964 \\ -4{,}284 \end{bmatrix}.$$

C. Menentukan nilai r_0 dan s_0.

$$r_0 = f(x_1) - f(x_0)$$

$$= \begin{bmatrix} 2{,}713 \\ -5{,}923 \\ -2{,}863 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 4 \\ -5 \\ -2{,}75 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -1{,}287 \\ -0{,}923 \\ -0{,}113 \end{bmatrix}$$

Untuk nilai s_0 di peroleh:

pada perhitungan ini kita mendapatkan nilai P_{loss} $140{,}3756$ dan Q_{loss} $113{,}906$.

$$s_0 = x_1 - x_0$$

$$= \begin{bmatrix} -0{,}0228 \\ 0{,}0870 \\ 0{,}9442 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -0{,}022 \\ 0{,}087 \\ -0{,}005 \end{bmatrix}$$

D. Mencari invers matriks A_1.

$$A_1^{-1} = A_0^{-1} + \frac{(s_0 - A_0^{-1}.r_0).s_0^t A_0^{-1}}{s_0^t.A_0^{-1}.r_0}$$

$$= \begin{bmatrix} 0{,}0155 & 0{,}0079 & 0 \\ 0{,}00079 & 0{,}0237 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}0203 \end{bmatrix} + \frac{\left(\begin{bmatrix} -0{,}022 \\ 0{,}087 \\ -0{,}005 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0{,}0155 & 0{,}0079 & 0 \\ 0{,}00079 & 0{,}0237 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}0203 \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} -1{,}297 \\ -0{,}923 \\ -0{,}113 \end{bmatrix}\right) \begin{bmatrix} -0{,}022 & 0{,}087 & -0{,}005 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0{,}0155 & 0{,}0079 & 0 \\ 0{,}00079 & 0{,}0237 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}0203 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} -0{,}022 & 0{,}087 & -0{,}005 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0{,}0155 & 0{,}0079 & 0 \\ 0{,}00079 & 0{,}0237 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}0203 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1{,}297 \\ -0{,}923 \\ -0{,}113 \end{bmatrix}}$$

$$= \begin{bmatrix} 0{,}014826 & 0{,}003855 & -0{,}000224 \\ 0{,}008656 & 0{,}028241 & 0{,}002522 \\ -0{,}000096 & -0{,}000577 & 0{,}019979 \end{bmatrix}$$

E. Mencari nilai x_2.

$$x_2 = x_1 - {A_1^{-1}}^{-1} . f(x_1)$$

$$= \begin{bmatrix} -0{,}0228 \\ 0{,}0870 \\ 0{,}9442 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0{,}014826 & 0{,}003855 & -0{,}000224 \\ 0{,}008656 & 0{,}028241 & 0{,}002522 \\ -0{,}000096 & -0{,}000577 & 0{,}019979 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1{,}287 \\ -0{,}923 \\ -0{,}113 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -0{,}0049 \\ 0{,}2383 \\ 1{,}0482 \end{bmatrix}$$

7) Mencari Nilai P Dan Q Yang Belum Di Ketahui.

$$P_1 = Y_{12}|V_2| \cos(\delta_2) + Y_{13}|V_3| \cos(\delta_3)$$

$$= 50 \times 1{,}03 \times \cos(0{,}0049) + 25 \times 1{,}0482 \times \cos(0{,}2383)$$

$$= 103{,}9551.$$

$$Q_1 = Y_{11} - Y_{12}|V_2| \sin(\delta_2) - Y_{13}|V_3| \sin(\delta_3)$$

$$= 75 - 50 \times 1{,}03 \times \sin(-0{,}0049) - 25 \times 0{,}933 \times \sin(0{,}2383)$$

$$= 64{,}0666.$$

$$Q_2 = -Y_{21}|V_2| \sin(\delta_2) + Y_{22}|V_2|^2 - Y_{23}|V_2||V_3| \sin(\delta_2 + \delta_3)$$

$$= -50 \times 1{,}03 \times \sin(0{,}2383) + 75 \times 1{,}03^2 - 25 \times 1{,}03 \times 1{,}0482 \times \sin(-0{,}0049 + 0{,}2383)$$

$$= 61{,}1681.$$

8) Mencari nilai P_{loss} dan Q_{loss}.

$$P_{loss} = \sum P^g - \sum P^d = (P_1 + P_2) - P_3$$
$$= (103{,}9551 + 128{,}7286) - 92{,}3081$$
$$= 140{,}3756.$$
$$Q_{loss} = \sum Q^g - \sum Q^d = (Q_1 + Q_2) - Q_3$$
$$= (64{,}0666 + 61{,}1681) - 11{,}3279$$
$$= 113{,}9068.$$

pada perhitungan ini kita mendapatkan nilai P_{loss} $140{,}3756$ dan Q_{loss} $113{,}906$.

KESIMPULAN

Dari pembahasan diatas maka kesimpulan dari penelitian ini solusi yang di dapatkan dari persamaan sistem tenaga listrik sederhana 3 bus adalah pada iterasi pertama menggunakan metode Newton-Raphson dengan nilai awal (tegangan slack bus adalah = 1< 0 pu dan besar tegangan bus 2 adalah | | = 1.03 pu. dimulai dengan perkiraan awal = 1.0, = 0.0 dan = 0.0 menghasilkan nilai yaitu. Kemudian pada iterasi kedua menggunakan metode Broyden dengan menggunakan teorema Sherman-Morrison dengan menggunakan nilai = tegangan slack bus adalah = 1< 0 pu dan besar tegangan bus 2 adalah | | = 1.03 pu. dimulai dengan perkiraan awal = 0,9942, = -0,0228 dan = 0,0870 menghasilkan nilai yaitu. Setelah mendapatkan nilai kemuadian kita mencari nilai dan pada perhitungan ini kita mendapatkan nilai 140,3756 dan 113,9068 karna daya aktif (P) dan daya relatif (Q) memiliki nilai positif secara teoritis tidak terdapat hambatan pada model oneline diagram sistem persamaan listrik maka iterasi di hentikan

DAFTAR PUSTAKA

Albadi, M. (2019). Power Flow Analysis. DOI:10.5772/intechopen.83374.

Chapra, S., & Canale, R. (2012). Numerical Methods For Engineers With Sofware And Program Applications. America: McGraw-Companies.

Imaduddin, M. (2008, 07 01). Weblog. Dipetik 11 20, 2022, dari Imaduddin's Weblog: https://imadudd1n.wordpress.com/2008/07/01/contoh-penyelesaian-aliran-daya-dengan-metode-newton-raphson-decopled-dan-decoupled-load-flow/

Kelly, C. (2003). Solving Nonlinear Equation with Newton's Method. Philadelphia: SIAM.