

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Metode Penelitian**

Pada bab ini penulis membahas secara umum metode penelitian, yaitu penelitian yang dilaksanakan melalui tahap-tahap yang bertujuan mencari dan membuat pemecahan masalah. Metodologi yang digunakan dalam penelitian Skripsi ini antara lain adalah :

1. Studi Literatur

Mengkaji teori yang diperlukan dari buku-buku acuan yang menunjang dan berhubungan dengan tema yang diambil, studi literatur pun dilakukan untuk mendapatkan data - data yang diinginkan.

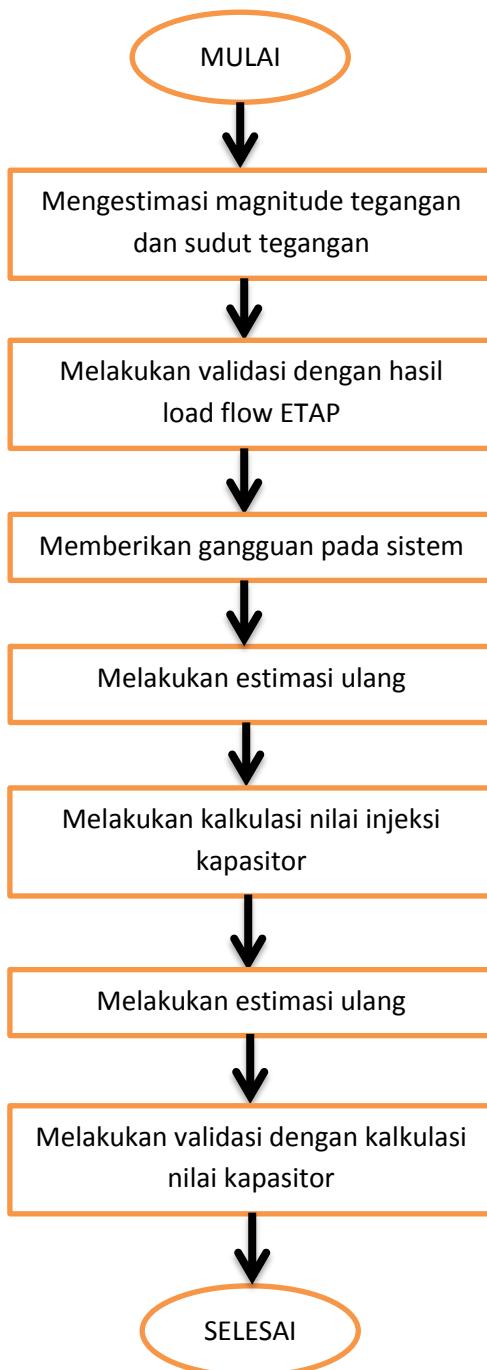
2. Studi Lapangan

Mengumpulkan data - data yang diperlukan secara langsung dari tempat objek penelitian tersebut dengan cara menanyakan langsung kepada pegawai yang berkoteten dibidangnya.

3. Diskusi

Melakukan konsultasi dan bimbingan dengan dosen pembimbing dan pegawai PT PLN ( Persero ) APJ Distribusi Jawa Barat dan Banten Area Bandung, Jln Soekarno Hatta no 436 Kota Bandung dan PT PLN ( Persero ) APD Distribusi Jawa Barat dan Banten, Jln Cikapundung Timur no 3 Kota Bandung. Pihak yang terkait merupakan yang berkompeten dalam mengenai jaringan distribusi Kota Bandung.

Metode penelitian skripsi ini dapat dilihat pada diagram alir Gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penyelesaian Skripsi

Chandra Situmorang, 2016

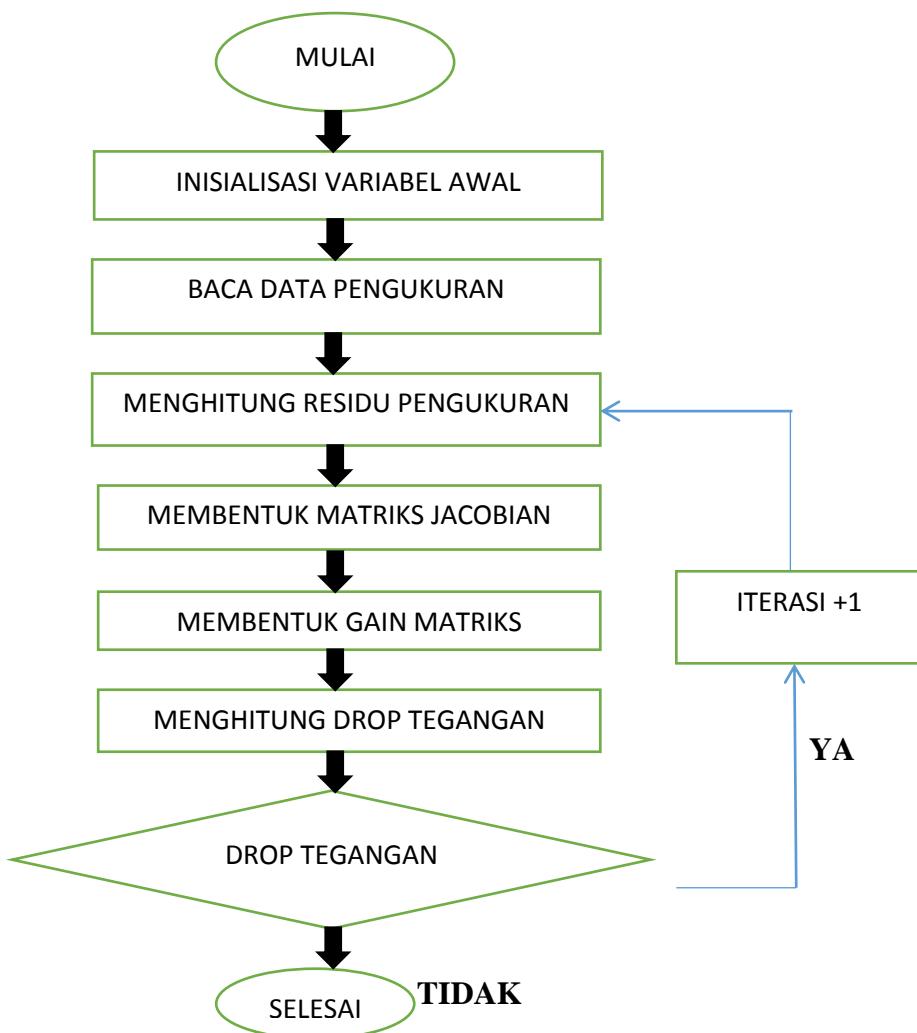
PENGATURAN INJEKSI DAYA REAKTIF MENGGUNAKAN WEIGHT LEAST SQUARE PADA SISTEM DISTRIBUSI SPINDEL 20 KV DI KOTA BANDUNG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

### 3.2 Teori Weighted Least Square State Estimation

*Weighted Least Square ( WLS )* adalah sebuah metode dari state estimation yang digunakan dalam mengestimasi state / keadaan suatu sistem tenaga listrik. Teori *Weighted Least Square ( WLS )* State Estimation ini merupakan suatu metode dengan *objective function* yang meminimalkan jumlah kuadrat error dari pengukuran. ( *Ashwani Kumar , 2011* )

Adapun langkah-langkah dalam melakukan metode State Estimation pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Diagram Alir WLS State Estimation

### 3.2.1 Inisialisasi Variabel Awal dan Input data

Sebelum melakukan iterasi WLS, ada beberapa data awal yang harus didefinisikan, diantaranya adalah :

1. Magnitude tegangan semua bus untuk pertama kali didefinisikan bernilai 1pu dan sudutnya  $0^0$ .
  2. Impedansi saluran berupa resistansi ( R ) dan reaktansi ( X ). Data ini adalah data exiting langsung dari plan 6 penjulang distribusi Kota Bandung yang akan dibahas pada sub bab berikutnya .
  3. Daya aktif dan daya reaktif hasil pengukuran pada bus-bus dibawah bus utama. Daya ini dibagi menjadi dua jenis yaitu, daya injeksi pada bus (  $PQ_{injection}$  ) dan daya yang mengalir pada saluran  $PQ_{flow}$ . Jumlah dari daya yang terukur tergantung pada jumlah sensor yang terpasang. Nilai data ini juga berasal dari data exiting beban terpasang pada plan enam penjulang distribusi Kota Bandung.
  4. Toleransi error dari masing-masing alat pengukuran ( R ). Nilai ini diasumsikan  $10^{-4}$  untuk pengukuran daya injeksi pada bus dan  $6.4 \times 10^{-5}$ .

Untuk pertama kali, data impedansi ( $Z$ ) harus dibentuk pada persamaan 3.1 :

$$Z = R + jX \quad \dots \dots \dots \quad (3.1)$$

Dimana :

R = Resistansi Saluran

X = Reaktansi Saluran

Kemudian dari data impedansi diatas dapat dibentuk data admitansi ( Y ) sesuai dengan persamaan 3.2

$$Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R+jX} \quad \dots \dots \dots \quad (3.2)$$

Data admittansi diatas dapat dipisahkan berdasarkan jenis komponennya sesuai persamaan 3.3

$$Y = G + jB \quad \dots \dots \dots \quad (3.3)$$

Dimana :

$G$  = Komponen Real ( Konduktansi )

$B$  = Komponen Imaginer ( Suseptansi )

Data admittansi diatas digunakan untuk membentuk matriks admittansi ( $Y_{bus}$ ). Matriks admittansi adalah matriks dengan ukuran  $n$  baris dan  $n$  kolom. Dimana  $n$  adalah jumlah bus pada sistem. Setiap bus pada sistem tentu terhubung dengan bus lainnya. Sehingga matriks admittansi dapat didefinisikan seperti pada persamaan 3.4

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & \dots & \dots & \dots & Y_{2n} \\ Y_{31} & \dots & \dots & \dots & Y_{2n} \\ \vdots & & & & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & Y_{n3} & \dots & Y_{nn} \end{bmatrix} \quad \dots \dots \dots \quad (3.4)$$

Untuk dapat membentuk persamaan diatas dibutuhkan Persamaan 3.5 di bawah ini

$$Y_{ij} = \{ Y_{ii} + \sum_{i \neq j} Y_{ij} - Y_{ij} \} \quad \dots \dots \dots \quad (3.5)$$

Untuk  $i = j$

Untuk  $i \neq j$

( Sumber : Ashwani Kumar, 2011 )

Salah satu komponen matriks diatas adalah  $Y_{12}$ . Variabel tersebut maksudnya adalah nilai admitansi pada saluran 1-2. Sedangkan komponen matriks dengan baris dan kolom yang sama seperti  $Y_{11}$ ,  $Y_{22}$  dan  $Y_{nn}$  disebut *self admittance*. Apabila nilai matriks dijumlahkan dengan semua komponen matriks pada baris atau kolomnya, nilainya harus saling menghilangkan.

Data lain yang dibutuhkan sebelum melakukan iterasi adalah data hasil pengukuran ( $z$ ) dan toleransi error alat pengukuran yang digunakan ( $R$ ). Kedua data ini direpresentasikan dalam matriks 1 kolom dan beberapa baris yang terdiri dari pengukuran tegangan bus utama, pengukuran daya injeksi pada bus dan pengukuran daya pada saluran. Matriks  $z$  dan matriks  $R$  berturut-turut ditunjukkan pada Persamaan 3.6 dan Persamaan 3.7

$$Z = \begin{bmatrix} V_{mag} \\ P_{inj} \\ P_{flow} \\ Q_{inj} \\ Q_{flow} \end{bmatrix} \dots \quad (3.6)$$

$$R = \begin{bmatrix} RV_{mag} \\ RP_{inj} \\ RP_{flow} \\ RQ_{inj} \\ RQ_{flow} \end{bmatrix} \dots \quad (3.7)$$

( Sumber : Ashwani Kumar, 2011 )

Setelah semua data awal didefinisikan, selanjutnya masuk pada proses iterasi WLS. Iterasi ini bertujuan untuk mencari selisih tegangan ( $\Delta V$ ) sesuai dengan toleransi yang diinginkan antara sekarang dan iterasi sebelumnya.

### 3.2.2 Iterasi Weighted Least Square

Pada Iterasi pertama, dibentuk matriks  $h$  yang merupakan fungsi non

linear dari data pengukuran. Matriks ini dibentuk dari lima komponen utama dari data pengukuran itu sendiri. Matriks ini direpresentasikan pada Persamma 3.8

$$\mathbf{h} = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \\ h_5 \end{bmatrix} \quad \dots \quad (3.8)$$

Masing-masing komponen matriks  $\mathbf{h}$  adalah  $h_1, h_2, h_3, h_4$ , dan  $h_5$  yang berturut-turut ditunjukkan pada Persamaan 3.9, 3.10, 3.11, 3.12 dan 3.13

$$h_1 = V_{mag_1} = 1 \quad \dots \quad (3.9)$$

$$h_2 = P_{injek_i} = \sum_{k=1}^N |V_i| |V_k| (G_{ik} \cos(\theta_i - \theta_k) + B_{ik} \sin(\theta_i - \theta_k)) \quad \dots \quad (3.10)$$

$$h_3 = Q_{injek_i} = \sum_{k=1}^N |V_i| |V_k| (G_{ik} \sin(\theta_i - \theta_k) + B_{ik} \cos(\theta_i - \theta_k)) \quad \dots \quad (3.11)$$

$$h_4 = P_{flow_{ik}} = |V_i| |V_k| (G_{ik} \cos(\theta_i - \theta_k) + B_{ik} \sin(\theta_i - \theta_k)) - |V_i| |V_i| G_{ik} \quad \dots \quad (3.12)$$

$$h_5 = Q_{flow_{ik}} = |V_i| |V_k| (G_{ik} \sin(\theta_i - \theta_k) + B_{ik} \cos(\theta_i - \theta_k)) - |V_i| |V_i| B_{ik} \quad \dots \quad (3.13)$$

Dimana :

$V_{mag_1}$  = Magnitude tegangan bus utama

$P_{injek_i}$  = Injeksi daya aktif bus ke  $i$

$Q_{injek_i}$  = Injeksi daya reaktif bus ke  $i$

$P_{flow_{ik}}$  = Aliran daya aktif dari bus  $i$  ke bus  $k$

$Q_{flow_{ik}}$  = Aliran daya reaktif dari bus  $i$  ke bus  $k$

$N$  = Jumlah bus

$G_{ik}$  = Konduktansi antara bus  $i$  dan bus  $k$

Chandra Situmorang, 2016

PENGATURAN INJEKSI DAYA REAKTIF MENGGUNAKAN WEIGHT LEAST SQUARE PADA SISTEM DISTRIBUSI SPINDEL 20 KV DI KOTA BANDUNG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

$B_{ik}$	= Suseptansi antara bus $i$ dan bus $k$
$V_i$	= Magnitude tegangan pada bus $i$
$\theta_i$	= Sudut tegangan pada bus $i$
$V_k$	= Magnitude tegangan pada bus $k$
$\theta_k$	= Sudut tegangan pada bus $k$

( Sumber : Ashwani Kumar , 2011 )

Matriks  $h$  ini digunakan untuk mencari residu pengukuran dengan cara mengurangkannya ke data asli pengukuran (  $z$  ). Fungsi residual dapat diacari menggunakan Persamaan 3.14

$$r = z - h \quad \dots \quad ( 3.14 )$$

Variabel lain yang dibutuhkan untuk memproses iterasi adalah Matriks Jacobian (  $H$  ). Matriks Jacobian adalah matriks matriks semua turunan parsial orde pertama dari suatu nilai fungsi vektor. Dalam Skripsi ini Matriks Jacobian yang digunakan berasal dari data jenis pengukuran yang dibaca yang kemudian diturunkan satu orde berdasarkan tegangan dan sudutnya. Komponen Matriks Jacobian dalam Skripsi ini ditunjukkan pada Persamaan 3.15

$$H = \begin{bmatrix} 0 & \frac{\partial Vmag}{\partial V} \\ \frac{\partial Pinj}{\partial \theta} & \frac{\partial Pinj}{\partial V} \\ \frac{\partial Pflow}{\partial \theta} & \frac{\partial Pflow}{\partial V} \\ \frac{\partial Qinj}{\partial \theta} & \frac{\partial Qinj}{\partial V} \\ \frac{\partial Qflow}{\partial \theta} & \frac{\partial Qflow}{\partial V} \end{bmatrix} \quad \dots \quad ( 3.15 )$$

( Sumber : Ashwani Kumar , 2011 )

Chandra Situmorang, 2016

PENGATURAN INJEKSI DAYA REAKTIF MENGGUNAKAN WEIGHT LEAST SQUARE PADA SISTEM DISTRIBUSI SPINDEL 20 KV DI KOTA BANDUNG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Matriks Jacobian ini digunakan untuk mendapatkan Gain Matriks. Dengan mengalikan Matriks Jacobian dengan transpose matriksnya kemudian membaginya dengan toleransi error dari alat pengukuran maka akan didapatkan gain matriksnya seperti pada persamaan 3.16

$$G = H^T \cdot R^{-1} \cdot H \quad \dots \quad (3.16)$$

Dengan adanya gain matriks, selisih tegangan dapat dicari. Selisih tegangan didapatkan dari hasil perkalian dari transpose matriks jacobian dengan residual pengukuran ( $r$ ) dan membaginya dengan gain matriks dan nilai toleransi error dari alat pengukuran. Operasi ini dapat dilihat pada persamaan 3.17

$$\Delta E = G^{-1} \cdot H^T \cdot R^{-1} \cdot r \quad \dots \quad (3.17)$$

Apabila terjadi drop tegangan, nilai selisih tegangan akan bernilai negatif. Selisih tegangan ini kemudian ditambahkan dengan nilai magnitude tegangan awal seperti pada Persamaan 3.18

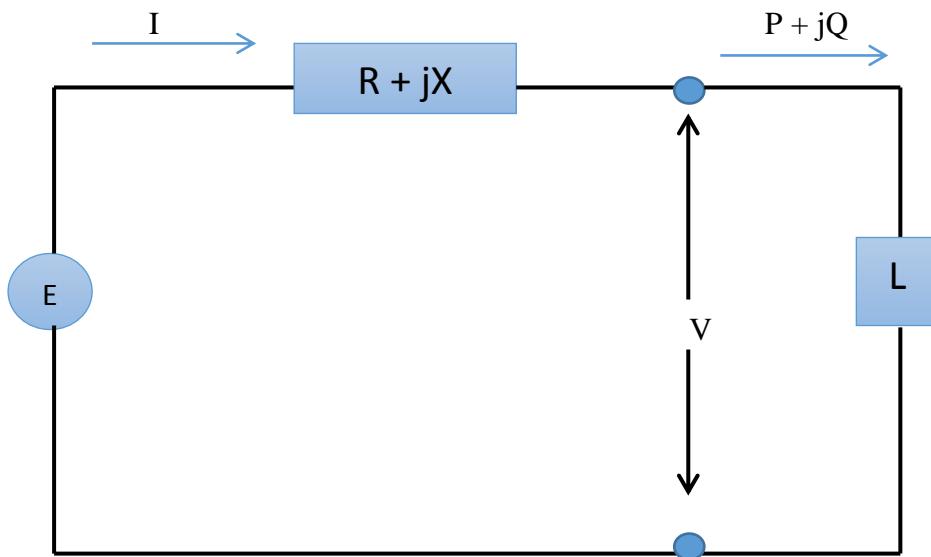
$$E = E + \Delta E \quad \dots \quad (3.18)$$

Untuk iterasi pertama, magnitude tegangan awal pada semua bus bernilai 1pu. Sehingga apabila keduanya dijumlahkan akan menghasilkan nilai yang lebih kecil dari 1pu.

### 3.3 Penentuan Injeksi Daya Reaktif dengan Kapasitor

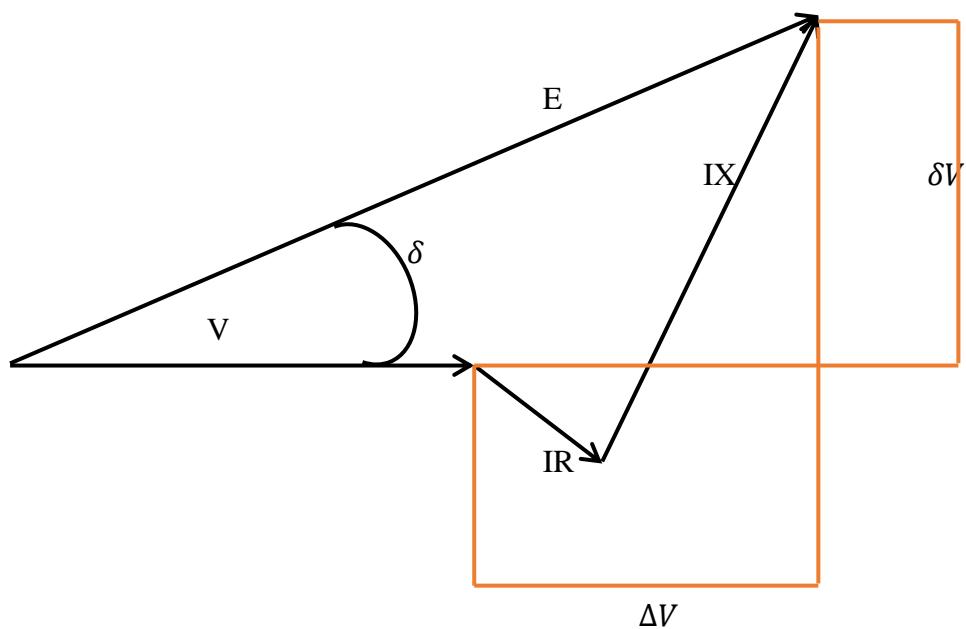
Daya reaktif ( daya semu ) merupakan daya yang digunakan untuk pembentukan medan sehingga menghasilkan fluks medan magnet. Beberapa peralatan yang dapat menghasilkan daya reaktif adalah generator, kapasitor, dan saluran transmisi. Sedangkan peralatan yang mengkonsumsi daya reaktif adalah motor, reaktor, transformator. (*Djiteng Marsudi, 2006*).

Aliran daya aktif dan reaktif pada sistem teanga listrik secara sederhana digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3.3 Aliran Daya pada sistem sederhana ( *Sumber : Kadir , 2000* )

Bentuk fasor aliran daya di atas digambarkan pada diagram fasor Gambar 3.4



Gambar 3.4 Diagram fasor tegangan ( *Sumber : Kadir, 2000* )

Chandra Situmorang, 2016

PENGATURAN INJEKSI DAYA REAKTIF MENGGUNAKAN WEIGHT LEAST SQUARE PADA SISTEM DISTRIBUSI SPINDEL 20 KV DI KOTA BANDUNG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Dari diagram fasor diatas didapatkan persamaan 3.19 berikut

$$\begin{aligned}
 E^2 &= (V + \Delta V)^2 + \delta V^2 \\
 &= (V + RI\cos\varphi + XI\sin\varphi)^2 + (XI\cos\varphi - RI\sin\varphi)^2 \\
 &= (V + \frac{RP}{V} + \frac{XQ}{V})^2
 \end{aligned}$$

( Sumber : Kadir, 2000 )

Dari persamaan di atas maka dapat dicari nilai drop tegangan (  $\Delta E$  ) dan drop sudut tegangan (  $\delta V$  ) sesuai Persamaan 3.20 dan Persamaan 3.21

$$\Delta V = \frac{RP+XQ}{V} \quad \dots \quad (3.20)$$

$$\delta V = \frac{XP+RQ}{V} \quad \dots \quad (3.21)$$

Apabila nilai resistansi ( R ) pada Persamaan 3.20 diabaikan maka dapat diperoleh Persamaan 3.22

$$\Delta V = \frac{XQ}{V} \quad \dots \quad (3.22)$$

Selanjutnya persamaan diatas dijadikan acuan untuk menentukan nilai drop tegangan pada bus. Semakin besar konsumsi daya reaktif ( Q ) maka drop tegangan di bus akan semakin meningkat, sedangkan semakin kecil daya reaktif yang diserap maka drop tegangan di bus akan semakin menurun

Dalam skripsi ini penentuan daya reaktif didasarkan pada dua nilai drop tegangan . Yang pertama adalah nilai drop tegangan lama, yaitu nilai drop tegangan exiting dari sistem. Selanjutnya drop tegangan baru, yaitu drop tegangan yang diinginkan , artinya drop tegangan baru nilainya harus lebih kecil dari nilai drop tegangan lama. Untuk memperkecil nilai ini maka nilai daya reaktif ( Q ) yang diserap harus dikurangi yaitu dengan menambahkan daya reaktif dari kapasitor. Nilai Kvar dari kapaistor yang diinjeksikan didapatkan dari nilai daya reaktif ( Q ) saat drop tegangan lama dikurangi daya reaktif ( Q ) saat drop tegangan baru.

**Chandra Situmorang, 2016**

**PENGATURAN INJEKSI DAYA REAKTIF MENGGUNAKAN WEIGHT LEAST SQUARE PADA SISTEM DISTRIBUSI SPINDEL 20 KV DI KOTA BANDUNG**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

### **3.4 Sistem Kelistrikan Distribusi SKTM 20 KV Kota Bandung**

Pada skripsi ini, sistem distribusi 20 KV Kota Bandung akan dijadikan plan untuk mensimulasikan state estimation. Sistem distribusi 20 KV Kota Bandung yang menjadi acuan penelitian terdiri dari 6 penyulang yaitu, Penyulang NAM ( North Arjuna Merah ), NBP ( North Braga Putih ), CPK ( Cigelereng Palasari Kuning ), CMJ ( Cigelerng Mohamad Toha Jingga ).

Pada Penyulang NAM ( North Arjuna Merah ) secara umum para pelanggan adalah berupa pelanggan skala perumahan dan rumah tinggal dan sedikit berupa Hotel dikarenakan jangkauan Penyulang NAM adalah sekitaran Bandung Utara meliputi Daerah Sarijadi Kota Bandung. Penyulang NAM mendapat suplai dari Gardu Induk Bandung Utara yang beralamat Jalan Sersan Bajuri No 17 Setibudi Kota Bandung.

Pada Penyulang NBP ( North Braga Putih ) secara umum para pelanggan adalah berupa rumah tinggal atau kos-kosan hingga perumahan dikarenakan jangkauan Penyulang NBP adalah sekitaran Daerah Setibudi hingga Ciumbeleuit Kota Bandung. Penyulang NBP mendapat suplai dari Gardu Induk Bandung Utara yang beralamat Jalan Sersan Bajuri No 17 Setiabudi Kota Bandung.

Pada Penyulang CPK ( Cigelereng Palasari Kuning ) secara umum para pelanggan adalah berupa pabrik-pabrik dan sedikit rumah tinggal dikarenakan jangkauan Penyulang CPK adalah sekitaran Palasari Dayeuhkolot Kabupaten Bandung ( secara administrasi otonomi daerah ). Penyulang CPK mendapat suplai dari Gardu Induk Cigelereng yang beralamat Jalan Mohammad Toha No 397 Kota Bandung.

Pada Penyulang CMJ ( Cigelerng Mohamad Toha Jingga ) secara umum para pelanggan adalah berupa pabrik-pabrik dan beberapa rumah tinggal dikarenakan jangkauan Penyulang CMJ adalah sekitaran Mohammad Toha hingga Palasari Dayeuhkolot Kabupaten Bandung ( secara administrasi otonomi daerah ). Penyulang CMJ mendapat suplai dari Gardu Induk Cigelereng yang beralamat Jalan Mohammad Toha No 397 Kota Bandung.

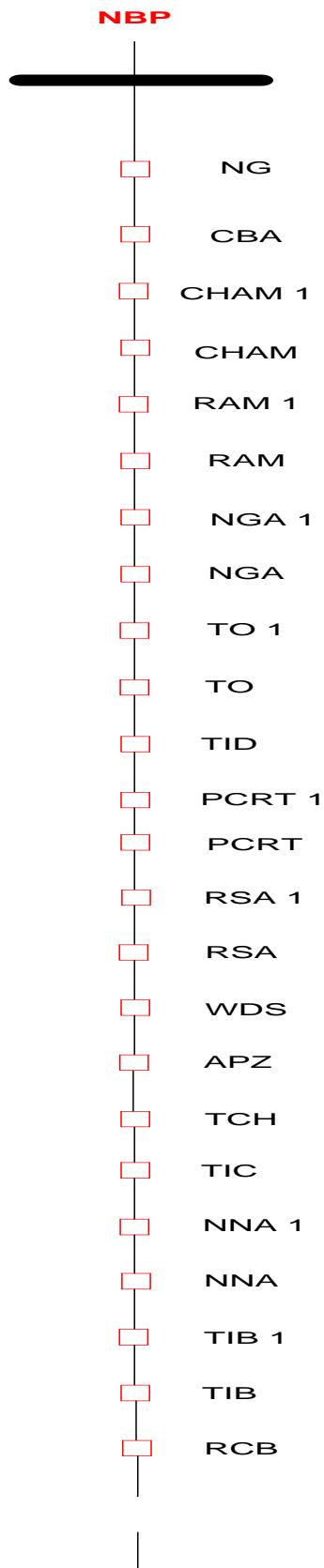
Masing-masing penyulang memiliki konfigurasi jaringan sama ( SKTM ), data tegangan dan arus dan jarak antar bus yang berbeda-beda. Diagram satu garis

**Chandra Situmorang, 2016**

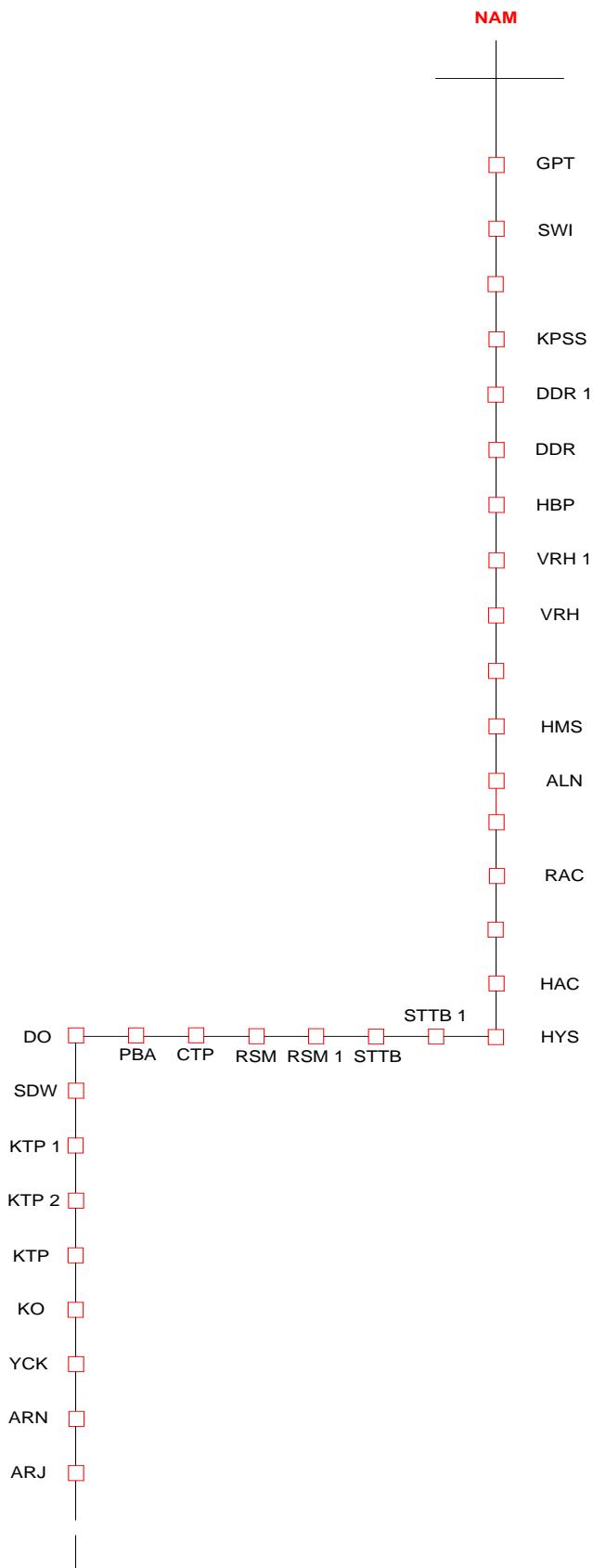
**PENGATURAN INJEKSI DAYA REAKTIF MENGGUNAKAN WEIGHT LEAST SQUARE PADA SISTEM DISTRIBUSI SPINDEL 20 KV DI KOTA BANDUNG**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

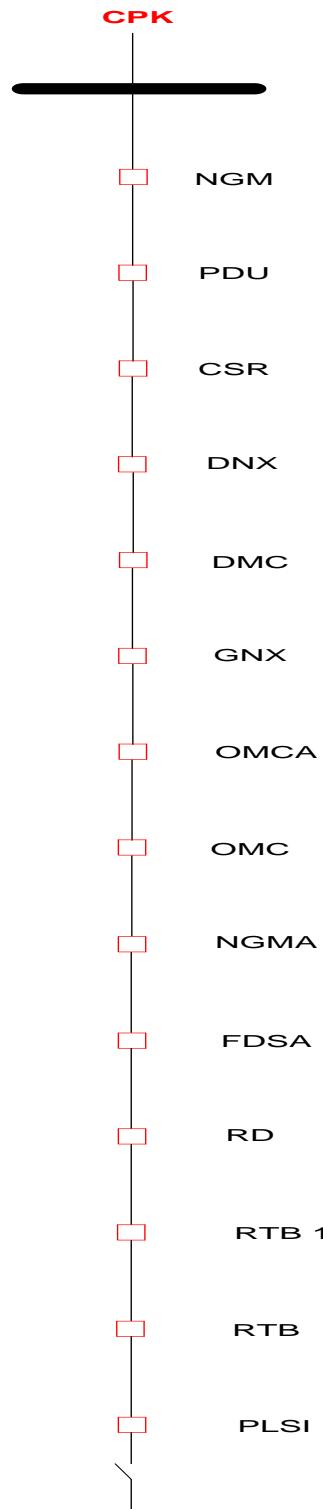
untuk Penyulang NBP ( North Braga Putih ), NAM ( North Arjuna Merah ), CPK ( Cigelereng Palasari Kuning ), CMJ ( Cigelereng Mohamad Toha Jingga ) berturut-turut ditunjukkan pada Gambar 3.5, Gambar 3.6, Gambar 3.7, Gambar 3.8, Gambar 3.9.



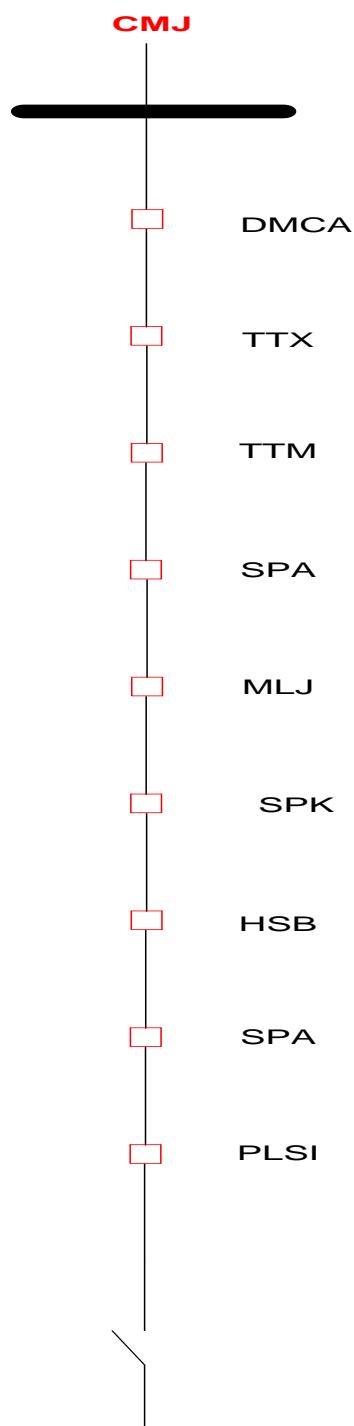
**Gambar 3.5** Diagram Satu Garis Penyulang NBP ( North Braga Putih )



Gambar 3.6 Diagram Satu Garis Penyulang NAM ( North Arjuna Merah )



Gambar 3.7 Diagram Satu Garis Penyulang CPK ( Cigelereng Palasari Kuning )



Chandra Situmorang, 2016

PENGATURAN INJEKSI DAYA REAKTIF MENGGUNAKAN WEIGHT LEAST SQUARE PADA SISTEM  
DISTRIBUSI SPINDEL 20 KV DI KOTA BANDUNG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

**Gambar 3.8** Diagram Satu Garis Penyulang CMJ ( Cigelereng Mohamad Toha Jingga )

Sedangkan data beban untuk Penyulang NBP ( North Braga Putih ), NAM ( North Arjuna Merah ), CPK ( Cigelereng Palasari Kuning ).

**Tabel 3.1** Data Beban Penyulang NBP ( North Braga Putih )

No	Nama Bus	P ( KW )	Q ( kVAR )
1	NG	249,43	155,21
2	CBA	112,53	69,89
3	CHAM 1	271,52	185,55
4	CHAM	282,21	174,98
5	RAM 1	48,17	29,81
6	RAM	58,69	36,32
7	NGA 1	67,73	42,1
8	NGA	74,6	46,1
9	TO 1	92,03	56,95
10	TO	108,4	67,12
11	SABG	140,66	87,04
12	TID	106,27	65,76
13	PCRT 1	126,94	78,55
14	PCRT	130,7	80,88
15	RSA 1	195,07	120,71
16	RSA	176,43	109,18
17	WDS	186,96	115,7
18	APZ	229,89	185,22
19	TCH	294,05	181,96
20	TIC	171,68	106,24
21	NNA 1	22,06	13,71
22	NNA	33,45	20,7
23	TIB 1	70,21	43,45
24	TIB	95,33	58,99
25	RCB	282,47	174,8

**Tabel 3.2** Data Beban Penyulang NAM ( North Arjuna Merah )

No	Nama Bus	P ( KW )	Q ( kVAR )
1	GPT	140,08	87,38
2	SWI	168,17	1004,06
3	KPSS 1	199,36	123,47
4	KPSS	147,94	91,54
5	DDR 1	218,55	135,24
6	DDR	155,9	95,93
7	HBP	71,19	43,81
8	VRH 1	169,75	105,04
9	VRH	119,82	72,36
10	HMS 1	59,27	36,68
11	HMS	76,2	42,71
12	ALN	52,67	32,4
13	RACA	76,21	46,89
14	RAC	73,32	45,17
15	HAC 1	142,38	88,11
16	HAC	244,33	151,19
17	HYS	150,99	93,44
18	STTB 1	97,38	60,26
19	STTB	74,41	46,02
20	RSM 1	291,18	180,191
21	RSM	59,42	3,63
22	CTP	299,84	185,54
23	PBA	338,7	209,59
24	DO	77,9	48,2
25	KTP 1	71,88	44,4
26	KTP2	131,21	81,19
27	KTP	74,01	45,71
28	KO	77,6	47,82
29	YCK	299,84	185,55
30	ARN	245,5	151,92

Chandra Situmorang, 2016

PENGATURAN INJEKSI DAYA REAKTIF MENGGUNAKAN WEIGHT LEAST SQUARE PADA SISTEM  
DISTRIBUSI SPINDEL 20 KV DI KOTA BANDUNG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

31	ARJ	213,96	132,4
----	-----	--------	-------

**Tabel 3.3** Data Beban Penyulang CPK ( Cigeleleng Palasari Kuning )

No	Nama Bus	P (KW)	Q ( kVAR )
1	NGM	85,1	52,66
2	PDU	164,21	101,7
3	CSR	299,25	185,55
4	DNX	31,36	19,8
5	DMC	297,11	183,91
6	GNX	244,5	151,23
7	OMCA	13,41	8,13
8	OMC	68,3	42,26
9	NGMA	79,22	49,36
10	FDSA	159,43	98,63
11	RD	87,21	53,96
12	RTB 1	209,98	130,19
13	RTB	149,32	92,266
14	PLSI	167,44	103,89

No	Nama Bus	P ( KW )	Q ( kVAR )
1	DMCA	234,33	129,22
2	TTX	265,3	144,87
3	TTM	265,56	164,41
4	SPA	167,23	103,78
5	MLJ	294,44	182,28

Chandra Situmorang, 2016

PENGATURAN INJEKSI DAYA REAKTIF MENGGUNAKAN WEIGHT LEAST SQUARE PADA SISTEM  
DISTRIBUSI SPINDEL 20 KV DI KOTA BANDUNG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

**Tabel 3.4**  
Penyulang CMJ (  
Mohamad Toha  
Jingga

6	SPK	122,1	75,86
7	HSB	167,28	103,89
8	SPA	191,04	118,76
9	PLSI	199,57	123,49

Data Beban  
Cigelereng  
)

Data lainnya adalah data impedansi saluran. Data impedansi saluran untuk Penyulang NBP ( North Braga Putih ), NAM ( North Arjuna Merah ), CPK ( Cigelereng Palasari Kuning ), CMJ ( Cigelereng Mohamad Toha Jingga ) berturut-turut ditunjukkan pada Tabel 3.5, Tabel 3.6, Tabel 3.7 dan tabel 3.8 .

**Tabel 3.5** Data Impedansi Saluran Penyulang NBP ( North Braga Putih )

No	Dari Bus	Ke Bus	R	X	Panjang
			( Ohm / Km )	( Ohm /Km )	( Meter )
1	A	NG	0,216	0,331	800
2	NG	CBA	0,216	0,331	712
3	CBA	CHAM 1	0,216	0,331	77
4	CHAM 1	CHAM	0,125	0,097	290
5	CHAM	RAM 1	0,125	0,097	290
6	RAM 1	RAM	0,216	0,331	523

7	RAM	NGA 1	0,216	0,331	523
8	NGA 1	NGA	0,1	0,094	523
9	NGA	TO 1	0,1	0,094	523
10	TO 1	TO	0,216	0,331	988
11	TO	SABG	0,216	0,331	648
12	SABG	TID	0,216	0,331	303
13	TID	PCRT 1	0,216	0,331	573
14	PCRT 1	PCRT	0,125	0,097	359
15	PCRT	RSA 1	0,125	0,097	360
16	RSA 1	RSA	0,216	0,331	183
17	RSA	WDS	0,216	0,331	408
18	WDS	APZ	0,216	0,331	153
19	APZ	TCH	0,216	0,331	547
20	TCH	TIC	0,216	0,331	640
21	TIC	NNA 1	0,216	0,331	426
22	NNA 1	NNA	0,216	0,331	395
23	NNA	TIB 1	0,125	0,097	390
24	TIB 1	TIB	0,125	0,097	313
25	TIB	RCB	0,216	0,331	358

**Tabel 3.6** Data Impedansi Saluran Penyulang NAM ( North Arjuna Merah )

No	Dari Bus	Ke Bus	R	X	Panjang
			( Ohm / Km )	( Ohm / Km )	( Meter )
1	A	GPT	0,216	0,331	2928
2	GPT	SWI	0,216	0,331	576
3	SWI	KPSS 1	0,216	0,331	840
4	KPSS 1	KPSS	0,125	0,097	140
5	KPSS	DDR 1	0,125	0,097	148
6	DDR 1	DDR	0,216	0,331	189
7	DDR	HBP	0,216	0,331	216
8	HBP	VRH 1	0,216	0,331	919
9	VRH 1	VRH	0,125	0,097	79

Chandra Situmorang, 2016

PENGATURAN INJEKSI DAYA REAKTIF MENGGUNAKAN WEIGHT LEAST SQUARE PADA SISTEM  
DISTRIBUSI SPINDEL 20 KV DI KOTA BANDUNG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

10	VRH	HMS 1	0,125	0,097	84
11	HMS 1	HMS	0,216	0,331	631
12	HMS	ALN	0,216	0,331	287
13	ALN	RACA	0,216	0,331	652
14	RACA	RAC	0,216	0,331	280
15	RAC	HAC 1	0,216	0,331	1239
16	HAC 1	HAC	0,125	0,097	94
17	HAC	HYS	0,125	0,097	128
18	HYS	STTB 1	0,216	0,331	234
19	STTB 1	STTB	0,125	0,097	177
20	STTB	RSM 1	0,125	0,097	133
21	RSM 1	RSM	0,125	0,097	126
22	RSM	CTP	0,216	0,331	14
23	CTP	PBA	0,216	0,331	658
24	PBA	DO	0,216	0,331	484
25	DO	KTP 1	0,216	0,331	582
26	KTP 1	KTP 2	0,125	0,097	34
27	KTP2	KTP	0,216	0,331	328
28	KTP	KO	0,216	0,331	145
29	KO	YCK	0,216	0,331	273
30	YCK	ARN	0,125	0,097	236
31	ARN	ARJ	0,216	0,097	726

**Tabel 3.7** Data Impedansi Saluran Penyulang CPK ( Cigelereng Palasari Kuning )

No	Dari Bus	Ke Bus	R	X	Panjang
			( Ohm / Km )	( Ohm /Km )	( Meter )
1	E	NGM	0,216	0,331	3854
2	NGM	PDU	0,216	0,331	128
3	PDU	CSR	0,216	0,331	99
4	CSR	DNX	0,216	0,331	61
5	DNX	DMC	0,216	0,331	75
6	DMC	GNX	0,216	0,331	513
7	GNX	OMCA	0,216	0,331	387

Chandra Situmorang, 2016

PENGATURAN INJEKSI DAYA REAKTIF MENGGUNAKAN WEIGHT LEAST SQUARE PADA SISTEM  
DISTRIBUSI SPINDEL 20 KV DI KOTA BANDUNG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

8	OMICA	OMC	0,125	0,097	388
9	OMC	NGMA	0,216	0,331	311
10	NGMA	FDSA	0,216	0,331	1268
11	FDSA	RD	0,216	0,331	6
12	RD	RTB 1	0,1	0,094	216
13	RTB 1	RTB	0,1	0,094	52
14	RTB	PLSI	0,1	0,094	1285

**Tabel 3.8** Data Impedansi Saluran Penyulang CMJ ( Cigelereng Mohamad Toha Jingga )

No	Dari Bus	Ke Bus	R	X	Panjang
			( Ohm / Km )	( Ohm /Km )	( Meter )
1	E	DMCA	0,1	0,094	4267
2	DMCA	TTX	0,1	0,094	418
3	TTX	TTM	0,1	0,094	86
4	TTM	SPA	0,1	0,094	176
5	SPA	MLJ	0,1	0,094	49
6	MLJ	SPK	0,1	0,094	55
7	SPK	HSB	0,1	0,094	63
8	HSB	SPA	0,1	0,094	54
9	SPA	PLSI	0,1	0,094	1267

