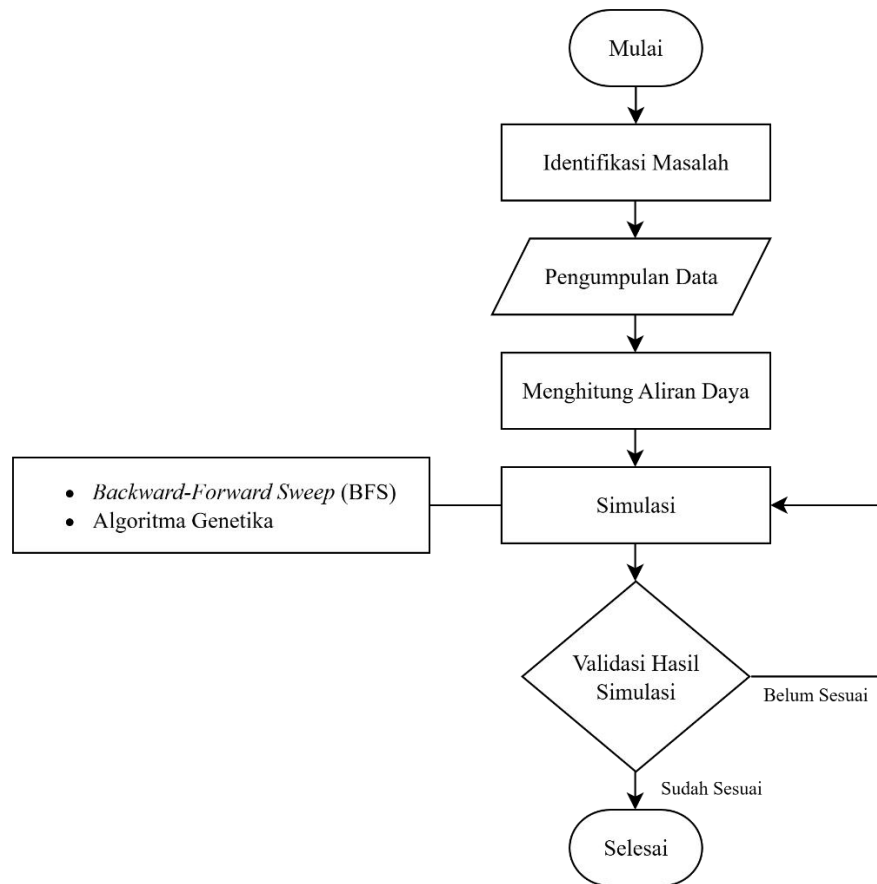


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 *Flowchart* Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Tahapan-tahapan pada penelitian ini antara lain:

1. Identifikasi Masalah

Pada bagian ini, tujuannya adalah mengetahui lokasi penelitian dan masalah-masalah yang terdapat di lokasi penelitian. Peneliti menentukan lokasi penelitian yaitu di PT. PLN (Persero) ULP Rajapolah dengan melakukan pengamatan secara langsung ke lokasi terkait dan melakukan wawancara mengenai permasalahan gangguan yang sering terjadi pada penyulang, khususnya pada penyulang Indihiang.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan dibagi menjadi dua, yaitu data primer dan sekunder:

a. Data Primer

Data ini diperoleh dari hasil pengamatan langsung dari lapangan, baik dengan melakukan wawancara maupun menggunakan *software*.

b. Data Sekunder

Proses pengumpulan data ini dilakukan dengan pengambilan data untuk mendapatkan data pendukung yang ada di PT. PLN (Persero) ULP Rajapolah. Adapun data-data yang dibutuhkan adalah yaitu:

1. Data *Single Line Diagram* Penyulang Indihiang. Data ini digunakan untuk merepresentasikan secara visual penyulang Indihiang sehingga dapat membantu dalam membuat SLD pada *software* ETAP.
2. Data Saluran dan Data Beban yang berisikan nomor saluran, bus kirim (*sending bus*), bus terima (*receiver bus*), panjang saluran, nilai resistansi, nilai reaktansi saluran, dan beban pada setiap bus.

3. Perhitungan Aliran Daya

Setelah melakukan pengolahan data, selanjutnya perhitungan aliran daya (*load flow*) pada skema jaringan menggunakan metode *Backward-Forward Sweep* (BFS) untuk mengetahui nilai *drop* tegangan.

4. Simulasi Rekonfigurasi

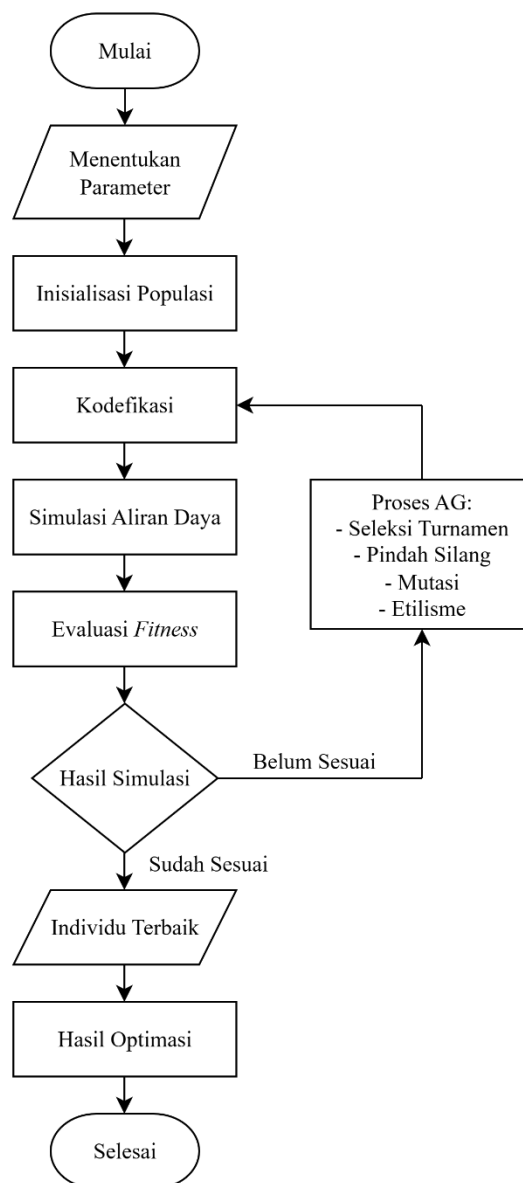
Setelah hasil analisis didapatkan, selanjutnya dilakukan pengoptimalan rekonfigurasi jaringan untuk meminimalisir nilai *drop* tegangan dengan

menggunakan metode Algoritma Genetika yang disimulasikan dengan menggunakan *software* MATLAB R2024a.

5. Validasi Hasil Rekonfigurasi

Validasi ini dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu pada saat sebelum dan sesudah dilakukannya rekonfigurasi, hal ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai di antara keduanya.

3.2 Flowchart Algoritma Genetika



Gambar 3.2 Flowchart Algoritma Genetika

Berikut merupakan langkah-langkah pemodelan Algoritma Genetika:

1. Menentukan Parameter
2. Inisialisasi Populasi

Pada tahap ini, menginisialisasi populasi dapat dilakukan dengan cara menentukan jumlah gen dan kromosom dalam populasi secara acak dengan batasan tertentu. Inisialisasi dalam rekonfigurasi jaringan dapat direpresentasikan sebagai berikut:

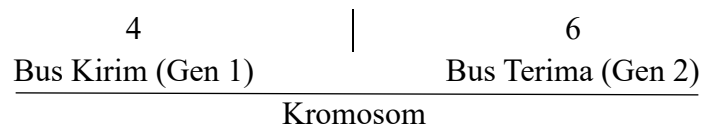
a. Gen

Gen dapat diartikan sebagai bus kirim atau bus terima yang nantinya akan dijadikan sebagai kromosom. Dalam rekonfigurasi jaringan, hanya 2 gen yang dapat ditentukan dalam satu kromosom. Misalnya:



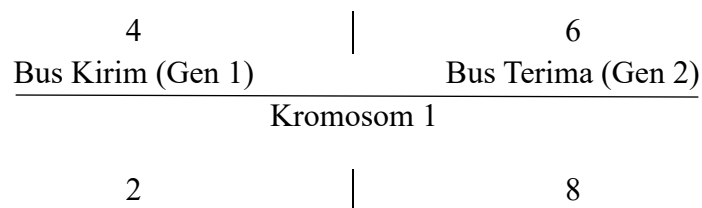
b. Kromosom

Kromosom dapat diartikan sebagai jumlah gen. Kromosom biasanya terdiri dari 2 gen yaitu bus kirim dan bus terima. Misalnya:



c. Populasi

Populasi dapat diartikan sebagai kumpulan dari beberapa kromosom yang berisi bus kirim dan bus terima. Misalnya:

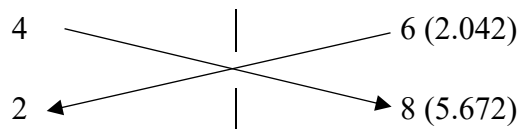


Bus Kirim (Gen 1)		Bus Terima (Gen 2)
Kromosom 2		
10		12
Bus Kirim (Gen 1)		Bus Terima (Gen 2)
Kromosom 3		
6		10
Bus Kirim (Gen 1)		Bus Terima (Gen 2)
Kromosom 4		

Paramater yang telah didapatkan kemudian diseleksi untuk memilih nilai *fitness* paling rendah. Metode seleksi individu yang digunakan yaitu seleksi turnamen, dimana metode tersebut bekerja dengan mempertemukan 2 kromosom dalam 1 kali turnamen. Misalnya:

4		6 (2.042)
2		8 (5.672)

Berdasarkan dua kromosom di atas, kromosom 1 memenangkan turnamen karena memiliki nilai *fitness* yang lebih kecil (minimum). Setelah itu, tiap kromosom akan melalui proses pindah silang (*crossover*). Misalnya:



Sehingga didapatkan hasil dari pindah silang (*crossover*):

4		8
Bus Kirim (Gen 1)		Bus Terima (Gen 2)
Anak 1		
6		2
Bus Kirim (Gen 1)		Bus Terima (Gen 2)
Anak 2		

Kromosom (anak) dalam populasi kemudian dimutasikan untuk menciptakan variasi kromosom, tahap ini dilakukan dengan memilih secara acak dalam rentang angka mutasi yang sudah ditentukan untuk memutasi gen dalam sebuah kromosom. Misalnya:

4 (dimutasi)		6
Bus Kirim (Gen 1)		Bus Terima (Gen 2)
Kromosom 1		
2		8 (dimutasi)
Bus Kirim (Gen 1)		Bus Terima (Gen 2)
Kromosom 2		

Gen yang dapat dimutasi nantinya digantikan dengan gen (bus kirim) acak yang masih berada dalam rentang jumlah saluran dalam jaringan tersebut.

3. Simulasi *Load Flow*

Pada tahap ini, hasil inisialisasi populasi disimulasikan untuk mencari nilai aliran daya dengan metode *Backward-Forward Sweep* (BFS).

4. Evaluasi Nilai *Fitness*

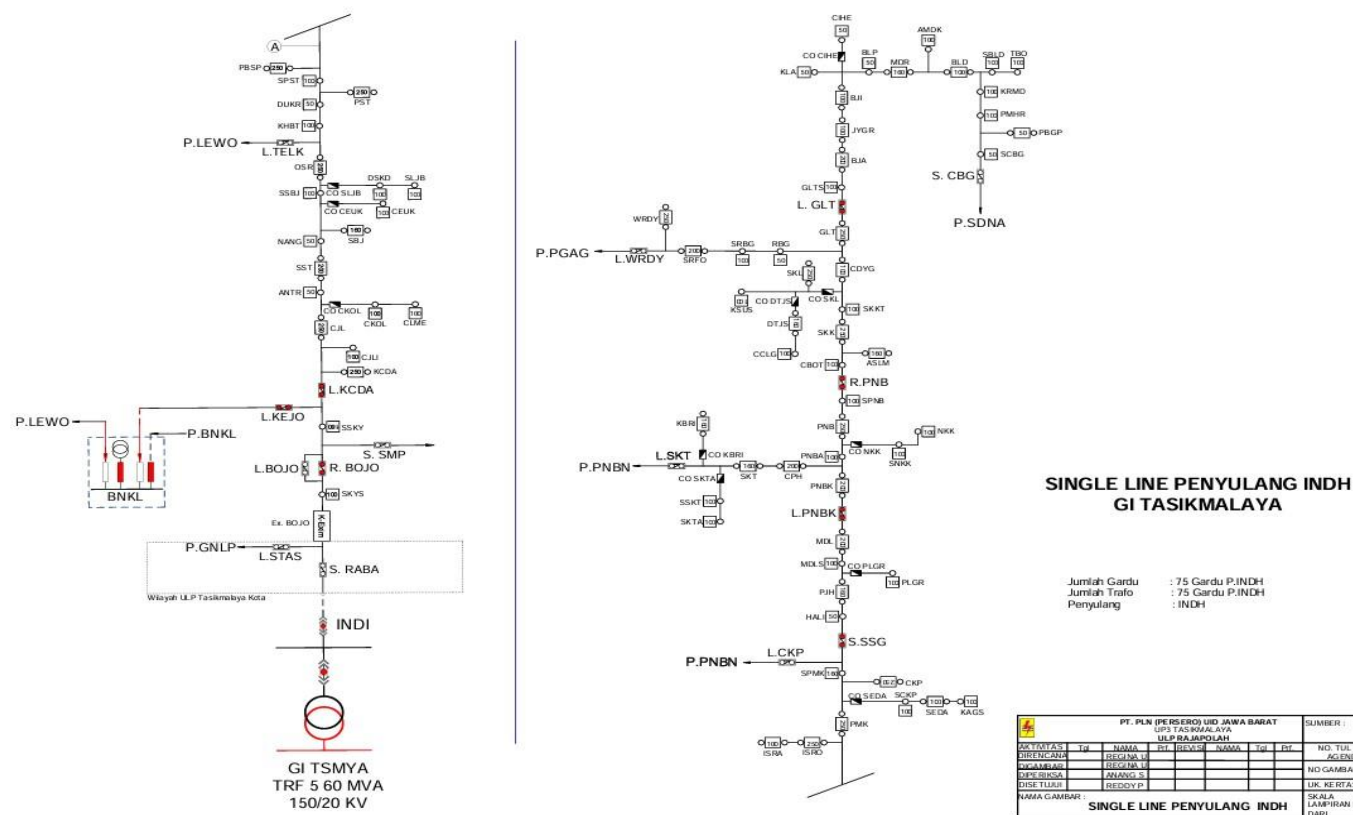
Hasil yang didapatkan lalu dievaluasi dengan melihat parameter dan hasil yang diinginkan dan apabila hasil yang keluar belum sesuai keinginan, maka tahapan ke-3 sampai ke-4 akan kembali dilakukan.

5. Hasil Optimasi

Hasil yang muncul di akhir merupakan hasil rekonfigurasi jaringan dengan nilai *drop* tegangan yang sudah diminimalisir.

3.3 Data Penyulang Indihiang

3.3.1 Single Line Diagram (SLD) Penyulang Indihiang



Gambar 3.3 SLD Penyulang Indihiang

3.3.2 Data Jaringan pada Penyulang Indihiang

Tabel 3.1 Data Saluran

Saluran	Gardu Distribusi		Panjang (km)	R nominal	X nominal	R	(p.u)	X	(p.u)	Z	(p.u)
	Kirim	Terima									
1	GI	SKYS	0,392	0,438	0,3087	0,172	0,000429	0,121	0,000303	0,210	0,000525
2	SKYS	SSKY	0,453	0,438	0,3087	0,198	0,000496	0,140	0,000350	0,243	0,000607
3	SSKY	KCDA	0,230	0,438	0,3087	0,101	0,000252	0,071	0,000178	0,123	0,000308
4	KCDA	CJLI	0,672	0,438	0,3087	0,294	0,000736	0,207	0,000519	0,360	0,000900
5	CJLI	CJL	0,117	0,438	0,3087	0,051	0,000128	0,036	0,000090	0,063	0,000157
6	CJL	CKOL	0,800	0,438	0,3087	0,350	0,000876	0,247	0,000617	0,429	0,001072
7	CKOL	CLME	0,450	0,438	0,3087	0,197	0,000493	0,139	0,000347	0,241	0,000603
8	CLME	ANTR	1,624	0,438	0,3087	0,044	0,001778	0,031	0,001253	0,870	0,002176
9	ANTR	SST	0,273	0,438	0,3087	0,120	0,000299	0,084	0,000211	0,146	0,000366
10	SST	NANG	0,561	0,438	0,3087	0,246	0,000614	0,173	0,000433	0,301	0,000752
11	NANG	SBJ	1,443	0,438	0,3087	0,044	0,001580	0,031	0,001114	0,773	0,001933
12	NANG	CEUK	0,950	0,438	0,3087	0,416	0,001040	0,293	0,000733	0,509	0,001273
13	CEUK	SSBJ	0,454	0,438	0,3087	0,199	0,000497	0,140	0,000350	0,243	0,000608
14	SSBJ	DSKD	0,614	0,438	0,3087	0,269	0,000672	0,190	0,000474	0,329	0,000823
15	DSKD	SLJB	0,950	0,438	0,3087	0,416	0,001040	0,293	0,000733	0,509	0,001273
16	SSBJ	OSR	0,610	0,438	0,3087	0,267	0,000668	0,188	0,000471	0,327	0,000817
17	OSR	KHBT	0,331	0,438	0,3087	0,145	0,000362	0,102	0,000255	0,177	0,000443
18	KHBT	DUKR	0,205	0,438	0,3087	0,090	0,000224	0,063	0,000158	0,110	0,000275
19	DUKR	PST	0,500	0,438	0,3087	0,438	0,000548	0,309	0,000386	0,268	0,000670

Saluran	Gardu Distribusi		Panjang (km)	R nominal	X nominal	R	(p.u)	X	(p.u)	Z	(p.u)
	Kirim	Terima									
20	DUKR	SPST	0,168	0,438	0,3087	0,074	0,000184	0,052	0,000130	0,090	0,000225
21	SPST	PBSP	0,190	0,438	0,3087	0,083	0,000208	0,059	0,000147	0,102	0,000255
22	PBSP	ISRO	0,190	0,438	0,3087	0,083	0,000208	0,059	0,000147	0,102	0,000255
23	ISRO	ISRA	0,190	0,438	0,3087	0,083	0,000208	0,059	0,000147	0,102	0,000255
24	PBSP	PMK	0,162	0,438	0,3087	0,071	0,000177	0,050	0,000125	0,087	0,000217
25	PMK	SCKP	0,183	0,438	0,3087	0,080	0,000200	0,056	0,000141	0,098	0,000245
26	SCKP	SEDA	1,040	0,438	0,3087	0,456	0,001139	0,321	0,000803	0,557	0,001393
27	SEDA	KAGS	0,060	0,438	0,3087	0,026	0,000066	0,019	0,000046	0,032	0,000080
28	PMK	CKP	0,947	0,438	0,3087	0,415	0,001037	0,292	0,000731	0,507	0,001269
29	PMK	SPMK	0,365	0,438	0,3087	0,160	0,000400	0,113	0,000282	0,196	0,000489
30	SPMK	HALI	0,083	0,438	0,3087	0,036	0,000091	0,026	0,000064	0,044	0,000111
31	HALI	PJH	1,250	0,438	0,3087	0,548	0,001369	0,386	0,000965	0,670	0,001675
32	PJH	PLGR	0,634	0,438	0,3087	0,278	0,000694	0,196	0,000489	0,340	0,000849
33	PJH	MDL	0,325	0,438	0,3087	0,142	0,000356	0,100	0,000251	0,174	0,000435
34	MDL	MDLS	0,325	0,438	0,3087	0,142	0,000356	0,100	0,000251	0,174	0,000435
35	MDLS	PNBK	0,590	0,438	0,3087	0,258	0,000646	0,182	0,000455	0,316	0,000790
36	PNBK	CPH	0,076	0,438	0,3087	0,033	0,000083	0,023	0,000059	0,041	0,000102
37	CPH	SKT	1,350	0,438	0,3087	0,591	0,001478	0,417	0,001042	0,723	0,001809
38	SKT	SSKT	0,576	0,438	0,3087	0,252	0,000631	0,178	0,000445	0,309	0,000772
39	SKT	SKTA	0,408	0,438	0,3087	0,179	0,000447	0,126	0,000315	0,219	0,000547
40	SKTA	KBRI	0,495	0,438	0,3087	0,217	0,000542	0,153	0,000382	0,265	0,000663
41	PNBK	PNBA	0,447	0,438	0,3087	0,196	0,000489	0,138	0,000345	0,240	0,000599

Saluran	Gardu Distribusi		Panjang (km)	R nominal	X nominal	R	(p.u)	X	(p.u)	Z	(p.u)
	Kirim	Terima									
42	PNBA	SNKK	0,320	0,438	0,3087	0,140	0,000350	0,099	0,000247	0,171	0,000429
43	SNKK	NKK	0,303	0,438	0,3087	0,133	0,000332	0,094	0,000234	0,162	0,000406
44	PNBA	PNB	0,260	0,438	0,3087	0,114	0,000285	0,080	0,000201	0,139	0,000348
45	PNB	SPNB	0,279	0,438	0,3087	0,122	0,000306	0,086	0,000215	0,150	0,000374
46	SPNB	CBOT	0,300	0,438	0,3087	0,131	0,000329	0,093	0,000232	0,161	0,000402
47	CBOT	ASLM	0,464	0,438	0,3087	0,203	0,000508	0,143	0,000358	0,249	0,000622
48	CBOT	SKK	0,140	0,438	0,3087	0,061	0,000153	0,043	0,000108	0,075	0,000188
49	SKK	SKKT	0,311	0,438	0,3087	0,136	0,000341	0,096	0,000240	0,167	0,000417
50	SKKT	SKL	0,742	0,438	0,3087	0,325	0,000812	0,229	0,000573	0,398	0,000994
51	SKL	DTJS	0,972	0,438	0,3087	0,426	0,001064	0,300	0,000750	0,521	0,001302
52	DTJS	CCLG	0,992	0,438	0,3087	0,434	0,001086	0,306	0,000766	0,532	0,001329
53	SKL	KSUS	0,972	0,438	0,3087	0,426	0,001064	0,300	0,000750	0,521	0,001302
54	SKKT	CDYG	0,311	0,438	0,3087	0,136	0,000341	0,096	0,000240	0,167	0,000417
55	CDYG	RBG	1,140	0,438	0,3087	0,499	0,001248	0,352	0,000880	0,611	0,001527
56	RBG	SRBG	0,167	0,438	0,3087	0,073	0,000183	0,052	0,000129	0,089	0,000224
57	SRBG	SRFO	0,035	0,438	0,3087	0,015	0,000038	0,011	0,000027	0,019	0,000047
58	SRFO	WRDY	0,167	0,438	0,3087	0,073	0,000183	0,052	0,000129	0,089	0,000224
59	CDYG	GLT	0,848	0,438	0,3087	0,371	0,000929	0,262	0,000654	0,454	0,001136
60	GLT	GLTS	0,332	0,438	0,3087	0,145	0,000364	0,102	0,000256	0,178	0,000445
61	GLTS	BJA	1,150	0,438	0,3087	0,504	0,001259	0,355	0,000888	0,616	0,001541
62	BJA	JYGR	0,842	0,438	0,3087	0,369	0,000922	0,260	0,000650	0,451	0,001128
63	JYGR	BJI	0,742	0,438	0,3087	0,325	0,000812	0,229	0,000573	0,398	0,000994

Saluran	Gardu Distribusi		Panjang (km)	R nominal	X nominal	R	(p.u)	X	(p.u)	Z	(p.u)
	Kirim	Terima									
64	BJI	KLA	0,809	0,438	0,3087	0,354	0,000886	0,250	0,000624	0,434	0,001084
65	BJI	CIHE	0,752	0,438	0,3087	0,329	0,000823	0,232	0,000580	0,403	0,001007
66	BJI	BLP	0,167	0,438	0,3087	0,073	0,000183	0,052	0,000129	0,089	0,000224
67	BLP	MDR	0,852	0,438	0,3087	0,373	0,000933	0,263	0,000658	0,457	0,001141
68	MDR	AMDK	0,289	0,438	0,3087	0,127	0,000316	0,089	0,000223	0,155	0,000387
69	AMDK	BLD	0,687	0,438	0,3087	0,301	0,000752	0,212	0,000530	0,368	0,000920
70	BLD	SBLD	0,875	0,438	0,3087	0,383	0,000958	0,270	0,000675	0,469	0,001172
71	SBLD	TBO	0,485	0,438	0,3087	0,212	0,000531	0,150	0,000374	0,260	0,000650
72	BLD	KRMD	0,814	0,438	0,3087	0,357	0,000891	0,251	0,000628	0,436	0,001090
73	KRMD	PHMR	0,494	0,438	0,3087	0,216	0,000541	0,152	0,000381	0,265	0,000662
74	PMHR	PBGP	0,698	0,438	0,3087	0,306	0,000764	0,215	0,000539	0,374	0,000935
75	PMHR	SCBG	0,369	0,438	0,3087	0,162	0,000404	0,114	0,000285	0,198	0,000494

Tabel 3.1 menyajikan data saluran antar bus pada penyulang Indihiang. Pada kolom pertama diisi oleh jumlah saluran sebanyak 75 saluran, diikuti kolom kedua yang diisi oleh bus kirim (*number of sending*) dan kolom ketiga yang diisi oleh bus terima (*number of receiving*). Pada kolom keempat diisi oleh panjang atau jarak antar bus kirim dan bus terima dalam satuan kilometer. Kolom-kolom berikutnya diisi dengan nilai resistansi (R) dan nilai reaktansi (X), kedua nilai tersebut merupakan hasil dari perkalian antara panjang saluran dengan nilai R nominal dan X nominal, nilai nominal ditentukan berdasarkan jenis konduktor yang digunakan yaitu AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*). Kemudian kolom terakhir diisi dengan nilai impedansi (Z). Nilai per unit (p.u) didapatkan dari hasil pembagian dengan zbase, dimana untuk jaringan distribusi radial dengan Vbase 20 kV dan Sbase 100 MVA, nilai Zbase adalah 692,82 ohm.

Tabel 3.2 Data Beban

Bus	P	(p.u)	Q	(p.u)
SKYS	86,02	0,086	53,31	0,053
SSKY	63,31	0,063	39,23	0,039
KCDA	73,87	0,074	45,78	0,046
CJLI	40,95	0,041	25,38	0,025
CJL	119,20	0,119	73,85	0,074
CKOL	47,93	0,048	29,71	0,030
CLME	28,04	0,028	17,38	0,017
ANTR	34,61	0,035	21,45	0,021
SST	77,61	0,078	48,10	0,048
NANG	12,67	0,013	7,85	0,008
SBJ	17,00	0,017	10,00	0,010
CEUK	31,08	0,031	19,26	0,019
SSBJ	43,78	0,044	27,13	0,027
DSKD	91,00	0,091	56,00	0,056
SLJB	30,30	0,030	18,78	0,019
OSR	62,51	0,063	38,74	0,039
KHBT	34,84	0,035	21,59	0,022
DUKR	16,07	0,016	9,96	0,010

Bus	P	(p.u)	Q	(p.u)
PST	107,20	0,107	66,43	0,066
SPST	53,83	0,054	33,36	0,033
PBSP	20,75	0,021	12,86	0,013
ISRO	17,83	0,018	11,05	0,011
ISRA	8,00	0,008	5,27	0,005
PMK	80,73	0,081	50,03	0,050
SCKP	11,79	0,012	7,31	0,007
SEDA	38,46	0,038	23,84	0,024
KAGS	8,50	0,009	5,27	0,005
CKP	100,60	0,101	62,37	0,062
SPMK	50,30	0,050	31,18	0,031
HALI	1,73	0,002	1,07	0,001
PJH	60,26	0,060	37,35	0,037
PLGR	32,82	0,033	20,34	0,020
MDL	36,40	0,036	22,56	0,023
MDLS	100,90	0,101	62,53	0,063
PNBK	95,71	0,096	59,32	0,059
CPH	64,06	0,064	39,70	0,040
SKT	136,00	0,136	84,29	0,084
SSKT	106,50	0,107	66,01	0,066
SKTA	48,08	0,048	29,79	0,030
KBRI	4,84	0,005	3,00	0,003
PNBA	31,36	0,031	19,43	0,019
SNKK	45,42	0,045	28,15	0,028
NKK	89,50	0,090	55,47	0,055
PNB	168,20	0,168	104,30	0,104
SPNB	83,25	0,083	51,59	0,052
CBOT	33,14	0,033	20,54	0,021
ASLM	8,00	0,008	5,27	0,005
SKK	135,00	0,135	83,65	0,084
SKKT	42,76	0,043	26,50	0,027
SKL	104,80	0,105	64,95	0,065
DTJS	92,74	0,093	57,47	0,057
CCLG	39,22	0,039	24,31	0,024
KSUS	42,91	0,043	26,59	0,027
CDYG	71,70	0,072	44,43	0,044
RBG	17,94	0,018	11,12	0,011
SRBG	36,92	0,037	22,88	0,023
SRFO	15,97	0,016	9,90	0,010
WRDY	23,00	0,023	13,00	0,013

Bus	P	(p.u)	Q	(p.u)
GLT	87,38	0,087	54,15	0,054
GLTS	62,74	0,063	38,88	0,039
BJA	119,90	0,120	74,33	0,074
JYGR	24,85	0,025	15,40	0,015
BJI	44,57	0,045	27,62	0,028
KLA	31,01	0,031	19,22	0,019
CIHE	4,04	0,004	2,50	0,003
BLP	4,04	0,004	2,50	0,003
MDR	120,40	0,120	63,48	0,063
AMDK	8,00	0,008	5,27	0,005
BLD	45,00	0,045	14,00	0,014
SBLD	12,27	0,012	7,60	0,008
TBO	13,16	0,013	8,15	0,008
KRMD	13,00	0,013	7,63	0,008
PHMR	8,64	0,009	5,36	0,005
PBGP	6,85	0,007	4,25	0,004
SCBG	27,68	0,028	17,15	0,017

Tabel 3.2 menyajikan data beban pada setiap bus. Kolom pertama merupakan nama bus pada penyulang Indihiang yang sudah diurutkan dari yang terdekat dari sumber sampai yang terjauh dari sumber, kemudian dilanjut dengan kolom yang berisi data beban aktif (P) dalam satuan *kilowatt* (kW) dan data beban reaktif (Q) dalam satuan *kilo volt ampere reactive* (kvar). Nilai per unit (p.u) didapatkan dari hasil pembagian dengan nilai Sbase 100 MVA yang kemudian dikalikan dengan 10^3 untuk mendapatkan nilai P (p.u) dalam satuan kW dan Q (p.u) dalam satuan kvar.

Tabel 3.3 Sload

Bus	Sload	(p.u)
SKYS	86,02-53,31i	0,08602-0,05331i
SSKY	63,31-39,23i	0,06331-0,03923i
KCDA	73,87-45,78i	0,07387-0,04578i
CJLI	40,95-25,38i	0,04095-0,02538i
CJL	119,2-73,85i	0,11920-0,07385i
CKOL	47,93-29,71i	0,04793-0,02971i
CLME	28,04-17,38i	0,02804-0,01738i

Bus	Sload	(p.u)
ANTR	34,61-21,45i	0,03461-0,02145i
SST	77,61-48,1i	0,07761-0,04810i
NANG	12,67-7,85i	0,01267-0,00785i
SBJ	17-10i	0,01700-0,01000i
CEUK	31,08-19,26i	0,03108-0,01926i
SSBJ	43,78-27,13i	0,04378-0,02713i
DSKD	91-56i	0,09100-0,05600i
SLJB	30,3-18,78i	0,03030-0,01878i
OSR	62,51-38,74i	0,06251-0,03874i
KHBT	34,84-21,59i	0,03484-0,02159i
DUKR	16,07-9,96i	0,01607-0,00996i
PST	107,2-66,43i	0,10720-0,06643i
SPST	53,83-33,36i	0,05383-0,03336i
PBSP	20,75-12,86i	0,02075-0,01286i
ISRO	17,83-11,05i	0,01783-0,01105i
ISRA	8-5,27i	0,00800-0,00527i
PMK	80,73-50,03i	0,08073-0,05003i
SCKP	11,79-7,31i	0,01179-0,00731i
SEDA	38,46-23,84i	0,03846-0,02384i
KAGS	8,5-5,27i	0,00850-0,00527i
CKP	100,6-62,37i	0,10060-0,06237i
SPMK	50,3-31,18i	0,05030-0,03118i
HALI	1,73-1,07i	0,00173-0,00107i
PJH	60,26-37,35i	0,06026-0,03735i
PLGR	32,82-20,34i	0,03282-0,02034i
MDLS	36,4-22,56i	0,03640-0,02256i
MDL	100,9-62,53i	0,10090-0,06253i
PNBK	95,71-59,32i	0,09571-0,05932i
CPH	64,06-39,7i	0,06406-0,03970i
SKT	136-84,29i	0,13600-0,08429i
KBRI	106,5-66,01i	0,10650-0,06601i
SSKT	48,08-29,79i	0,04808-0,02979i
SKTA	4,84-3i	0,00484-0,00300i
PNBA	31,36-19,43i	0,03136-0,01943i
SNKK	45,42-28,15i	0,04542-0,02815i
NKK	89,5-55,47i	0,08950-0,05547i
PNB	168,2-104,3i	0,16820-0,10430i
SPNB	83,25-51,59i	0,08325-0,05159i
CBOT	33,14-20,54i	0,03314-0,02054i
ASLM	8-5,27i	0,00800-0,00527i

Bus	Sload	(p.u)
SKK	135-83,65i	0,13500-0,08365i
SKKT	42,76-26,5i	0,04276-0,02650i
SKL	104,8-64,95i	0,10480-0,06495i
DTJS	92,74-57,47i	0,09274-0,05747i
CCLG	39,22-24,31i	0,03922-0,02431i
KSUS	42,91-26,59i	0,04291-0,02659i
CDYG	71,7-44,43i	0,07170-0,04443i
RBG	17,94-11,12i	0,01794-0,01112i
SRBG	36,92-22,88i	0,03692-0,02288i
SRFO	15,97-9,9i	0,01597-0,00990i
WRDY	23-13i	0,02300-0,01300i
GLT	87,38-54,15i	0,08738-0,05415i
GLTS	62,74-38,88i	0,06274-0,03888i
BJA	119,9-74,33i	0,11990-0,07433i
JYGR	24,85-15,4i	0,02485-0,01540i
BJI	44,57-27,62i	0,04457-0,02762i
KLA	31,01-19,22i	0,03101-0,01922i
CIHE	4,04-2,5i	0,00404-0,00250i
BLP	4,04-2,5i	0,00404-0,00250i
MDR	120,4-63,48i	0,12040-0,06348i
AMDK	8-5,27i	0,00800-0,00527i
BLD	45-14i	0,04500-0,01400i
SBLD	12,27-7,6i	0,01227-0,00760i
TBO	13,16-8,15i	0,01316-0,00815i
KRMD	13-7,63i	0,01300-0,00763i
PHMR	8,64-5,36i	0,00864-0,00536i
PBGP	6,85-4,25i	0,00685-0,00425i
SCBG	27,68-17,15i	0,02768-0,01715i

Tabel 3.3 menyajikan data beban pada saluran (Sload) dengan hasil konversi daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) ke dalam bentuk bilangan kompleks. Kolom pertama menunjukkan nama bus pada penyulang Indihiang, kolom kedua merupakan nilai Sload dalam bentuk bilangan kompleks dan kolom ketiga merupakan nilai Sload dalam per unit (p.u) dimana nilai tersebut merupakan hasil pembagian dengan Sbase dan dikalikan dengan 10^3 .

Tahapan berikutnya adalah melakukan perhitungan *forward sweep* untuk menentukan nilai arus yang dibebankan pada tiap bus. Proses ini dimulai dari bus yang berada di titik terjauh dari bus sumber dan bergerak menuju bus sumber.

Tabel 3.4 Data Arus Beban

Bus	Iload	(p.u)
SKYS	4,301-2,6655i	0,148991-0,092336i
SSKY	3,1655-1,9615i	0,109656-0,067948i
KCDA	3,6935-2,289i	0,127947-0,079293i
CJLI	2,0475-1,269i	0,070927-0,043959i
CJL	5,96-3,6925i	0,206460-0,127912i
CKOL	2,3965-1,4855i	0,083017-0,051459i
CLME	1,402-0,869i	0,048567-0,030103i
ANTR	1,7305-1,0725i	0,059946-0,037152i
SST	3,8805-2,405i	0,134424-0,083312i
NANG	0,6335-0,3925i	0,021945-0,013597i
SBJ	0,85-0,5i	0,029445-0,017321i
CEUK	1,554-0,963i	0,053832-0,033359i
SSBJ	2,189-1,3565i	0,075829-0,046991i
DSKD	4,55-2,8i	0,157617-0,096995i
SLJB	1,515-0,939i	0,052481-0,032528i
OSR	3,1255-1,937i	0,108270-0,067100i
KHBT	1,742-1,0795i	0,060345-0,037395i
DUKR	0,8035-0,498i	0,027834-0,017251i
PST	5,36-3,3215i	0,185676-0,115060i
SPST	2,6915-1,668i	0,093236-0,057781i
PBSP	1,0375-0,643i	0,035940-0,022274i
ISRO	0,8915-0,5525i	0,030882-0,019139i
ISRA	0,4-0,2635i	0,013856-0,009128i
PMK	4,0365-2,5015i	0,139828-0,086655i
SCKP	0,5895-0,3655i	0,020421-0,012661i
SEDA	1,923-1,192i	0,066615-0,041292i
KAGS	0,425-0,2635i	0,014722-0,009128i
CKP	5,03-3,1185i	0,174244-0,108028i
SPMK	2,515-1,559i	0,087122-0,054005i
HALI	0,0865-0,0535i	0,002996-0,001853i
PJH	3,013-1,8675i	0,104373-0,064692i
PLGR	1,641-1,017i	0,056846-0,035230i
MDL	1,82-1,128i	0,063047-0,039075i

Bus	Iload	(p.u)
MDLS	5,045-3,1265i	0,174764-0,108305i
PNBK	4,7855-2,966i	0,165775-0,102745i
CPH	3,203-1,985i	0,110955-0,068762i
SKT	6,8-4,2145i	0,235559-0,145995i
SSKT	5,325-3,3005i	0,184463-0,114333i
SKTA	2,404-1,4895i	0,083277-0,051598i
KBRI	0,242-0,15i	0,008383-0,005196i
PNBA	1,568-0,9715i	0,054317-0,033654i
SNKK	2,271-1,4075i	0,078670-0,048757i
NKK	4,475-2,7735i	0,155019-0,096077i
PNB	8,41-5,215i	0,291331-0,180653i
SPNB	4,1625-2,5795i	0,144193-0,089357i
CBOT	1,657-1,027i	0,057400-0,035576i
ASLM	0,4-0,2635i	0,013856-0,009128i
SKK	6,75-4,1825i	0,233827-0,144886i
SKKT	2,138-1,325i	0,074062-0,045899i
SKL	5,24-3,2475i	0,181519-0,112497i
DTJS	4,637-2,8735i	0,160630-0,099541i
CCLG	1,961-1,2155i	0,067931-0,042106i
KSUS	2,1455-1,3295i	0,074322-0,046055i
CDYG	3,585-2,2215i	0,124188-0,076955i
RBG	0,897-0,556i	0,031073-0,019260i
SRBG	1,846-1,144i	0,063947-0,039629i
SRFO	0,7985-0,495i	0,027661-0,017147i
WRDY	1,15-0,65i	0,039837-0,022517i
GLT	4,369-2,7075i	0,151347-0,093791i
GLTS	3,137-1,944i	0,108669-0,067342i
BJA	5,995-3,7165i	0,207673-0,128743i
JYGR	1,2425-0,77i	0,043041-0,026674i
BJI	2,2285-1,381i	0,077198-0,047839i
KLA	1,5505-0,961i	0,053711-0,033290i
CIHE	0,202-0,125i	0,006997-0,004330i
BLP	0,202-0,125i	0,006997-0,004330i
MDR	6,02-3,174i	0,208539-0,109951i
AMDK	0,4-0,2635i	0,013856-0,009128i
BLD	2,25-0,7i	0,077942-0,024249i
SBLD	0,6135-0,38i	0,021252-0,013164i
TBO	0,658-0,4075i	0,022794-0,014116i
KRMD	0,65-0,3815i	0,022517-0,013216i
PHMR	0,432-0,268i	0,014965-0,009284i

Bus	Iload	(p.u)
PBGP	0,3425-0,2125i	0,011865-0,007361i
SCBG	1,384-0,8575i	0,047943-0,029705i

Tabel 3.4 menunjukkan nilai arus beban (Iload) dimana kolom pertama berisi urutan atau nomor bus, bus kedua diisi dengan nilai Iload yang merupakan hasil pembagian Sload dengan tegangan sumber, kemudian kolom ketiga diisi dengan nilai per unit (p.u) yang merupakan hasil dari pembagian Iload dengan Ibase sebesar 28,87 ampere.

Tabel 3.5 Data Arus Saluran

Bus	Isal	(p.u)
SKYS	190,572-116,7735i	6,601608-4,045153i
SSKY	186,271-114,108i	6,452617-3,952817i
KCDA	183,1055-112,1465i	6,342961-3,884869i
CJLI	179,412-109,8575i	6,215014-3,805575i
CJL	177,3645-108,5885i	6,144087-3,761616i
CKOL	3,7985-2,3545i	0,131584-0,081562i
CLME	1,402-0,869i	0,048567-0,030103i
ANTR	167,606-102,5415i	5,806042-3,552142i
SST	165,8755-101,469i	5,746096-3,514989i
NANG	161,995-99,064i	5,611671-3,431678i
SBJ	0,85-0,5i	0,029445-0,017321i
CEUK	160,5115-98,1715i	5,560281-3,400761i
SSBJ	158,9575-97,2085i	5,506449-3,367401i
DSKD	6,065-3,739i	0,210098-0,129523i
SLJB	1,515-0,939i	0,052481-0,032528i
OSR	150,7035-92,113i	5,220522-3,190888i
KHBT	147,578-90,176i	5,112252-3,123788i
DUKR	145,836-89,0965i	5,051907-3,086393i
PST	5,36-3,3215i	0,185676-0,115060i
SPST	139,6725-85,277i	4,838397-2,954082i
PBSP	136,981-83,609i	4,745161-2,896301i
ISRO	1,2915-0,816i	0,044739-0,028267i
ISRA	0,4-0,2635i	0,013856-0,009128i
PMK	134,652-82,15i	4,664482-2,845759i
SCKP	2,9375-1,821i	0,101758-0,063081i

Bus	Isal	(p.u)
SEDA	2,348-1,4555i	0,081337-0,050420i
KAGS	0,425-0,2635i	0,014722-0,009128i
CKP	5,03-3,1185i	0,174244-0,108028i
SPMK	122,648-74,709i	4,248651-2,587996i
HALI	120,133-73,15i	4,161529-2,533990i
PJH	120,0465-73,0965i	4,158533-2,532137i
PLGR	1,641-1,017i	0,056846-0,035230i
MDL	115,3925-70,212i	3,997313-2,432215i
MDLS	113,5725-69,084i	3,934267-2,393140i
PNBK	108,5275-65,9575i	3,759503-2,284835i
CPH	17,974-11,1395i	0,622638-0,385884i
SKT	14,771-9,1545i	0,511682-0,317121i
SSKT	5,325-3,3005i	0,184463-0,114333i
SKTA	2,646-1,6395i	0,09166-0,0567940i
KBRI	0,242-0,15i	0,008383-0,005196i
PNBA	85,768-51,852i	2,971091-1,796206i
SNKK	6,746-4,181i	0,233688-0,144834i
NKK	4,475-2,7735i	0,155019-0,096077i
PNB	77,454-46,6995i	2,683085-1,617718i
SPNB	69,044-41,4845i	2,391754-1,437065i
CBOT	64,8815-38,905i	2,247561-1,347709i
ASLM	0,4-0,2635i	0,013856-0,009128i
SKK	62,8245-37,6145i	2,176305-1,303005i
SKKT	56,0745-33,432i	1,942478-1,158118i
SKL	13,9835-8,666i	0,484403-0,300199i
DTJS	6,598-4,089i	0,228561-0,141647i
CCLG	1,961-1,2155i	0,067931-0,042106i
KSUS	2,1455-1,3295i	0,074322-0,046055i
CDYG	39,953-23,441i	1,384013-0,812020i
RBG	4,6915-2,845i	0,162518-0,098554i
SRBG	3,7945-2,289i	0,131445-0,079293i
SRFO	1,9485-1,145i	0,067498-0,039664i
WRDY	1,15-0,65i	0,039837-0,022517i
GLT	31,6765-18,3745i	1,097306-0,636511i
GLTS	27,3075-15,667i	0,945960-0,542721i
BJA	24,1705-13,723i	0,837291-0,475379i
JYGR	18,1755-10,0065i	0,629618-0,346635i
BJI	16,933-9,2365i	0,586576-0,319962i
KLA	2,822-1,7485i	0,097757-0,060570i
CIHE	0,202-0,125i	0,006997-0,004330i

Bus	Isal	(p.u)
BLP	11,6805-5,982i	0,404624-0,207223i
MDR	11,4785-5,857i	0,397627-0,202892i
AMDK	5,4585-2,683i	0,189088-0,092942i
BLD	5,0585-2,4195i	0,175232-0,083814i
SBLD	1,2715-0,7875i	0,044046-0,027280i
TBO	0,658-0,4075i	0,022794-0,014116i
KRMD	2,8085-1,7195i	0,097289-0,059565i
PHMR	2,1585-1,338i	0,074773-0,046350i
PBGP	0,3425-0,2125i	0,011865-0,007361i
SCBG	1,384-0,8575i	0,047943-0,029705i

Tabel 3.4 menyajikan hasil perhitungan nilai arus saluran. Berbeda dengan *backward*, perhitungan menggunakan *forward* umumnya dilakukan untuk mencari nilai arus beban dan arus saluran dari mulai bus sumber sampai bus akhir.

Tabel 3.6 Data Tegangan

Bus	V	(p.u)
SKYS	19953	0,99765
SSKY	19900	0,99500
KCDA	19874	0,99368
CJLI	19798	0,98989
CJL	19785	0,98924
CKOL	19783	0,98914
CLME	19782	0,98912
ANTR	19627	0,98134
SST	19598	0,97992
NANG	19541	0,97707
SBJ	19541	0,97703
CEUK	19540	0,97702
SSBJ	19495	0,97475
DSKD	19493	0,97464
SLJB	19492	0,97459
OSR	19437	0,97187
KHBT	19407	0,97033
DUKR	19388	0,96939
PST	19386	0,96931
SPST	19373	0,96866

Bus	V	(p.u)
PBSP	19373	0,96865
ISRO	19373	0,96864
ISRA	19373	0,96864
PMK	19359	0,96797
SCKP	19359	0,96795
SEDA	19358	0,96788
KAGS	19357	0,96787
CKP	19354	0,96772
SPMK	19331	0,96656
HALI	19325	0,96625
PJH	19242	0,96211
PLGR	19241	0,96207
MDL	19219	0,96093
MDLS	19195	0,95977
PNBK	19155	0,95777
CPH	19154	0,95772
SKT	19148	0,95742
SSKT	19146	0,95728
SKTA	19145	0,95725
KBRI	19145	0,95724
PNBA	19131	0,95656
SNKK	19130	0,95650
NKK	19129	0,95645
PNB	19119	0,95593
SPNB	19107	0,95533
CBOT	19094	0,95472
ASLM	19094	0,95472
SKK	19089	0,95445
SKKT	19078	0,95391
SKL	19072	0,95358
DTJS	19068	0,95338
CCLG	19066	0,95332
KSUS	19065	0,95325
CDYG	19070	0,95352
RBG	19067	0,95335
SRBG	19067	0,95333
SRFO	19067	0,95333
WRDY	19066	0,95332
GLT	19054	0,95269
GLTS	19048	0,95241

Bus	V	(p.u)
BJA	19031	0,95155
JYGR	19022	0,95108
BJI	19014	0,95070
KLA	19013	0,95066
CIHE	19013	0,95066
BLP	19012	0,95059
MDR	19005	0,95026
AMDK	19005	0,95026
BLD	19003	0,95013
SBLD	19002	0,95009
TBO	19002	0,95008
KRMD	19001	0,95006
PHMR	19000	0,95002
PBGP	19000	0,95001
SCBG	19000	0,95000

Tabel 3.6 menyajikan data tegangan saluran. Disusun dalam 2 kolom, dimana kolom pertama menunjukkan urutan nomor bus, diikuti kolom kedua yang diisi nilai tegangan yang disesuaikan dengan SLD pada ETAP. Kemudian kolom ketiga diisi nilai per unit (p.u) hasil pembagian dengan Vbase.