

BAB IV

HASIL SIMULASI DAN ANALISA

4.1 Hasil Simulasi Aliran Daya dan Hubung Singkat pada Penyulang Raya 10

Penyulang Raya 10 dialiri sumber listrik yang berasal dari Gardu Induk Sungai Raya. Penyulang terdiri dari 93 Bus dengan panjang saluran sepanjang 23.12 Km. Dari data bus beban, jarak antar bus beban dan penghantar yang digunakan pada Penyulang Raya 10 dihasilkan data yang akan digunakan dalam perhitungan analisis aliran daya menggunakan *software* ETAP 12.6.0 dengan menerapkan metode *Newton-Raphson*. Bus sumber dan bus beban pada Penyulang Raya 10 melalui JTM 20 kV. Berdasarkan penyederhanaan diagram satu garis pada Gambar 3.4 dan Tabel 3.3, maka data saluran resistansi dan reaktansi pada Penyulang Raya 10 dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{kV base} = 20 \text{ kV}$$

$$\text{MVA Dasar} = 1 \text{ MVA (p.u)}$$

$$\text{Z Base} = \frac{kV^2 \text{ Base}}{\text{MVA Dasar}} = \frac{20^2}{1} = 400$$

Impedansi Urutan Positif

$$\text{- Resistansi} = 0,2162 \text{ (ohm/Km)}$$

$$\text{- Reaktansi} = 0,3305 \text{ (ohm/Km)}$$

Impedansi Urutan Nol

$$\text{- Resistansi} = 0,3631 \text{ (ohm/Km)}$$

$$\text{- Reaktansi} = 1,6180 \text{ (ohm/Km)}$$

$$\text{Jarak Bus 1 ke 2} = 0,471 \text{ Km}$$

Impedansi Urutan Positif

$$\text{Resistansi bus 2} = \text{resistansi} \times \text{jarak} = 0,2162 \times 0,471 = 0,1018 \text{ ohm}$$

$$\text{Resistansi bus 2} = \text{resistansi} / \text{Z base} = 0,1018 / 400 = 0,00025 \text{ p.u}$$

$$\text{Reaktansi bus 2} = \text{reaktansi} \times \text{jarak} = 0,3305 \times 0,471 = 0,1557 \text{ ohm}$$

$$\text{Reaktansi bus 2} = \text{reaktansi} / \text{Z Base} = 0,1557 / 400 = 0,00038 \text{ p.u}$$

Impedansi Urutan Nol

$$\text{Resistansi bus 2} = \text{resistansi} \times \text{jarak} = 0,3631 \times 0,471 = 0,171 \text{ ohm}$$

$$\text{Reaktansi bus 2} = \text{reaktansi} \times \text{jarak} = 1,6180 \times 0,471 = 0,7621 \text{ ohm}$$

Dari perhitungan di atas maka data saluran berupa resistansi dan reaktansi

antar bus Penyulang Raya 10 dapat disusun pada Tabel 4.1 di bawah ini :

Tabel 4.1 Data Impedansi Penyulang Raya 10

No. Cabang	BUS		Impedansi Urutan Positif		Impedansi Urutan Nol		Resistansi (p.u)	Reaktansi (p.u)
	ns	nr	R(Ω)	X(Ω)	R(Ω)	X(Ω)		
1	1	2	0,1018	0,1557	0,171	0,7621	0,00025	0,00039
2	2	3	0,0054	0,0083	0,0091	0,0405	0,00001	0,00002
3	2	4	0,1851	0,2829	0,3108	1,385	0,00046	0,00071
4	4	5	0,0696	0,1064	0,1169	0,521	0,00017	0,00027
5	1	6	0,1985	0,3034	0,3333	1,4853	0,00050	0,00076
6	6	7	0,0776	0,1186	0,1304	0,5809	0,00019	0,00030
7	7	8	0,062	0,0949	0,1042	0,4644	0,00016	0,00024
8	8	9	0,0471	0,072	0,0792	0,3527	0,00012	0,00018
9	7	10	0,0331	0,0506	0,0556	0,2476	0,00008	0,00013
10	10	11	0,0973	0,1487	0,1634	0,7281	0,00024	0,00037
11	11	12	0,0566	0,0866	0,0951	0,4239	0,00014	0,00022
12	12	13	0,0759	0,116	0,1274	0,5679	0,00019	0,00029
13	13	14	0,0467	0,0714	0,0784	0,3495	0,00012	0,00018
14	14	15	0,0824	0,1259	0,1383	0,6165	0,00021	0,00031
15	15	16	0,0218	0,0334	0,0367	0,1634	0,00005	0,00008
16	16	17	0,0288	0,044	0,0483	0,2152	0,00007	0,00011
17	15	18	0,0231	0,0354	0,0389	0,1731	0,00006	0,00009
18	18	19	0,0759	0,116	0,1274	0,5679	0,00019	0,00029
19	19	20	0,0999	0,1527	0,1678	0,7475	0,00025	0,00038
20	20	21	0,1066	0,1629	0,179	0,7977	0,00027	0,00041
21	21	22	0,0486	0,0744	0,0817	0,3641	0,00012	0,00019
22	22	23	0,0413	0,0631	0,0694	0,309	0,00010	0,00016
23	23	24	0,0333	0,0509	0,0559	0,2492	0,00008	0,00013
24	24	25	0,0305	0,0466	0,0512	0,2281	0,00008	0,00012
25	25	26	0,0352	0,0539	0,0592	0,2637	0,00009	0,00013
26	26	27	0,0722	0,1104	0,1213	0,5404	0,00018	0,00028
27	27	28	0,0644	0,0985	0,1082	0,4822	0,00016	0,00025
28	18	29	0,0564	0,0863	0,0948	0,4223	0,00014	0,00022
29	29	30	0,0692	0,1058	0,1162	0,5178	0,00017	0,00026
30	30	31	0,1157	0,1768	0,1943	0,8656	0,00029	0,00044
31	31	32	0,0889	0,1358	0,1492	0,665	0,00022	0,00034
32	32	33	0,0497	0,076	0,0835	0,3721	0,00012	0,00019
33	33	34	0,0223	0,034	0,0374	0,1667	0,00006	0,00009
34	34	35	0,0854	0,1305	0,1434	0,6391	0,00021	0,00033
35	35	36	0,0216	0,0331	0,0363	0,1618	0,00005	0,00008
36	36	37	0,1567	0,2396	0,2632	1,1731	0,00039	0,00060
37	36	38	0,1064	0,1626	0,1786	0,7961	0,00027	0,00041
38	38	39	0,0311	0,0476	0,0523	0,233	0,00008	0,00012

Tabel 4.1 Data Impedansi Penyulang Raya 10 (Lanjutan)

No. Cabang	BUS		Impedansi Urutan Positif		Impedansi Urutan Nol		Resistansi (p.u)	Reaktansi (p.u)
	ns	nr	R(Ω)	X(Ω)	R(Ω)	X(Ω)		
39	38	40	0,131	0,2003	0,22	0,9805	0,00033	0,00050
40	40	41	0,0305	0,0466	0,0512	0,2281	0,00008	0,00012
41	41	42	0,0716	0,1094	0,1202	0,5356	0,00018	0,00027
42	34	43	0,021	0,0321	0,0352	0,1569	0,00005	0,00008
43	43	44	0,0465	0,0711	0,0781	0,3479	0,00012	0,00018
44	44	45	0,0177	0,0271	0,0298	0,1327	0,00004	0,00007
45	45	46	0,0272	0,0416	0,0458	0,2039	0,00007	0,00010
46	46	47	0,0225	0,0344	0,0378	0,1683	0,00006	0,00009
47	47	48	0,0798	0,122	0,134	0,597	0,00020	0,00031
48	48	49	0,1092	0,1669	0,1834	0,8171	0,00027	0,00042
49	49	50	0,0368	0,0562	0,0617	0,2751	0,00009	0,00014
50	50	51	0,0411	0,0628	0,069	0,3074	0,00010	0,00016
51	48	52	0,1522	0,2327	0,2556	1,1391	0,00038	0,00058
52	52	53	0,1347	0,2059	0,2262	1,008	0,00034	0,00051
53	53	54	0,0381	0,0582	0,0639	0,2848	0,00010	0,00015
54	52	55	0,1457	0,2228	0,2447	1,0905	0,00036	0,00056
55	55	56	0,0891	0,1362	0,1496	0,6666	0,00022	0,00034
56	56	57	0,032	0,0489	0,0537	0,2395	0,00008	0,00012
57	57	58	0,0268	0,041	0,045	0,2006	0,00007	0,00010
58	58	59	0,0374	0,0572	0,0628	0,2799	0,00009	0,00014
59	59	60	0,0352	0,0539	0,0592	0,2637	0,00009	0,00013
60	60	61	0,0465	0,0711	0,0781	0,3479	0,00012	0,00018
61	59	62	0,1611	0,2462	0,2705	1,2054	0,00040	0,00062
62	62	63	0,0595	0,0909	0,0999	0,445	0,00015	0,00023
63	63	64	0,0409	0,0625	0,0686	0,3058	0,00010	0,00016
64	64	65	0,0419	0,0641	0,0704	0,3139	0,00010	0,00016
65	65	66	0,0372	0,0568	0,0625	0,2783	0,00009	0,00014
66	66	67	0,0917	0,1401	0,154	0,686	0,00023	0,00035
67	67	68	0,0253	0,0387	0,0425	0,1893	0,00006	0,00010
68	66	69	0,0698	0,1068	0,1173	0,5226	0,00017	0,00027
69	69	70	0,0815	0,1246	0,1369	0,61	0,00020	0,00031
70	59	71	0,0597	0,0912	0,1002	0,4466	0,00015	0,00023
71	71	72	0,0765	0,117	0,1285	0,5728	0,00019	0,00029
72	72	73	0,0958	0,1464	0,1609	0,7168	0,00024	0,00037
73	73	74	0,0988	0,151	0,1659	0,7394	0,00025	0,00038
74	74	75	0,1139	0,1742	0,1914	0,8527	0,00028	0,00044
75	75	76	0,0672	0,1028	0,1129	0,5032	0,00017	0,00026
76	76	77	0,0359	0,0549	0,0603	0,2686	0,00009	0,00014
77	76	78	0,0422	0,0644	0,0708	0,3155	0,00011	0,00016
78	78	79	0,2162	0,3305	0,3631	1,618	0,00054	0,00083

Tabel 4.1 Data Impedansi Penyulang Raya 10 (Lanjutan)

No. Cabang	BUS		Impedansi Urutan Positif		Impedansi Urutan Nol		Resistansi (p.u)	Reaktansi (p.u)
	ns	nr	R(Ω)	X(Ω)	R(Ω)	X(Ω)		
79	79	80	0,0324	0,0496	0,0545	0,2427	0,00008	0,00012
80	80	81	0,0415	0,0635	0,0697	0,3107	0,00010	0,00016
81	81	82	0,035	0,0535	0,0588	0,2621	0,00009	0,00013
82	82	83	0,0962	0,1471	0,1616	0,72	0,00024	0,00037
83	82	84	0,0852	0,1302	0,1431	0,6375	0,00021	0,00033
84	82	85	0,0906	0,1385	0,1521	0,6779	0,00023	0,00035
85	85	86	0,088	0,1345	0,1478	0,6585	0,00022	0,00034
86	86	87	0,0208	0,0317	0,0349	0,1553	0,00005	0,00008
87	87	88	0,075	0,1147	0,126	0,5614	0,00019	0,00029
88	88	89	0,0236	0,036	0,0396	0,1764	0,00006	0,00009
89	89	90	0,0244	0,0373	0,041	0,1828	0,00006	0,00009
90	88	91	0,0962	0,1471	0,1616	0,72	0,00024	0,00037
91	91	92	0,1109	0,1695	0,1863	0,83	0,00028	0,00042
92	92	93	0,0432	0,0661	0,0726	0,3236	0,00011	0,00017

Sumber: Hasil Data Olahan

4.1.1 Tanpa DG

Adapun data pembebanan yang terdiri beban aktif (MW), beban reaktif (MVAR), dan data kapasitor bank (MVAR) pada bus-bus Penyulang Raya 10 yang akan digunakan dalam perhitungan aliran daya menggunakan *software* ETAP 12.6.0 dengan menerapkan metode *Newton-Raphson* sebelum dilakukannya pemasangan DG ditampilkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.2 Data Beban dan Pembangkit Penyulang Raya 10 Tanpa DG

Bus	Beban		Pembangkit				Qc (MVAR)
	MW	MVAR	MW	MVAR	Qmin	Qmax	
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0,05704	0,03534	0	0	0	0	0
3	0,00655	0,00406	0	0	0	0	0
4	0,01590	0,00985	0	0	0	0	0
5	0,01989	0,01232	0	0	0	0	0
6	0,06384	0,03956	0	0	0	0	0
7	0,01845	0,01143	0	0	0	0	0
8	0,01420	0,00880	0	0	0	0	0
9	0,02839	0,01759	0	0	0	0	0
10	0,04769	0,02955	0	0	0	0	0
11	0,05678	0,03518	0	0	0	0	0
12	0,02049	0,01269	0	0	0	0	0
13	0,11305	0,07005	0	0	0	0	0
14	0,06443	0,03992	0	0	0	0	0
15	0,00859	0,00532	0	0	0	0	0
16	0,09265	0,05741	0	0	0	0	0

Tabel 4.2 Data Beban dan Pembangkit Penyulang Raya 10 Tanpa DG (Lanjutan)

Bus	Beban		Pembangkit				Qc (MVAR)
	MW	MVAR	MW	MVAR	Qmin	Qmax	
17	0,05695	0,03529	0	0	0	0	0
18	0,04539	0,02813	0	0	0	0	0
19	0,01564	0,00969	0	0	0	0	0
20	0,08058	0,04993	0	0	0	0	0
21	0,03001	0,01859	0	0	0	0	0
22	0,02839	0,01759	0	0	0	0	0
23	0,09095	0,05636	0	0	0	0	0
24	0,04998	0,03097	0	0	0	0	0
25	0,07089	0,04393	0	0	0	0	0
26	0,01020	0,00632	0	0	0	0	0
27	0,02865	0,01775	0	0	0	0	0
28	0,01488	0,00922	0	0	0	0	0
29	0,04029	0,02497	0	0	0	0	0
30	0,05168	0,03202	0	0	0	0	0
31	0,08033	0,04977	0	0	0	0	0
32	0,02720	0,01685	0	0	0	0	0
33	0,13175	0,08164	0	0	0	0	0
34	0,07514	0,04656	0	0	0	0	0
35	0,03528	0,02186	0	0	0	0	0
36	0,03230	0,02001	0	0	0	0	0
37	0,00655	0,00406	0	0	0	0	0
38	0,16065	0,09955	0	0	0	0	0
39	0,01964	0,01217	0	0	0	0	0
40	0,05976	0,03703	0	0	0	0	0
41	0,03094	0,01917	0	0	0	0	0
42	0,09180	0,05688	0	0	0	0	0
43	0,04675	0,02897	0	0	0	0	0
44	0,01615	0,01001	0	0	0	0	0
45	0,03001	0,01859	0	0	0	0	0
46	0,12070	0,07479	0	0	0	0	0
47	0,07344	0,04551	0	0	0	0	0
48	0,04029	0,02497	0	0	0	0	0
49	0,61880	0,38344	0	0	0	0	0
50	0,03621	0,02244	0	0	0	0	0
51	0,10965	0,06794	0	0	0	0	0
52	0,05831	0,03613	0	0	0	0	0
53	0,02032	0,01259	0	0	0	0	0
54	0,01454	0,00901	0	0	0	0	0
55	0,08840	0,05478	0	0	0	0	0
56	0,03825	0,02370	0	0	0	0	0
57	0,04165	0,02581	0	0	0	0	0
58	0,07625	0,04724	0	0	0	0	0
59	0,01615	0,01001	0	0	0	0	0
60	0,07158	0,04435	0	0	0	0	0
61	0,06571	0,04071	0	0	0	0	0
62	0,14535	0,09007	0	0	0	0	0

Tabel 4.2 Data Beban dan Pembangkit Penyulang Raya 10 Tanpa DG (Lanjutan)

Bus	Beban		Pembangkit				Qc (MVAR)
	MW	MVAR	MW	MVAR	Qmin	Qmax	
63	0,13770	0,08533	0	0	0	0	0
64	0,08228	0,05098	0	0	0	0	0
65	0,02270	0,01406	0	0	0	0	0
66	0,02465	0,01527	0	0	0	0	0
67	0,01890	0,01171	0	0	0	0	0
68	0,07344	0,04551	0	0	0	0	0
69	0,04738	0,02936	0	0	0	0	0
70	0,05678	0,03518	0	0	0	0	0
71	0,04542	0,02814	0	0	0	0	0
72	0,10965	0,06794	0	0	0	0	0
73	0,08060	0,04994	0	0	0	0	0
74	0,13090	0,08111	0	0	0	0	0
75	0,01380	0,00855	0	0	0	0	0
76	0,03536	0,02191	0	0	0	0	0
77	0,29580	0,18329	0	0	0	0	0
78	0,06571	0,04071	0	0	0	0	0
79	0,04786	0,02965	0	0	0	0	0
80	0,01088	0,00674	0	0	0	0	0
81	0,03927	0,02433	0	0	0	0	0
82	0,12240	0,07584	0	0	0	0	0
83	0,05678	0,03518	0	0	0	0	0
84	0,04542	0,02814	0	0	0	0	0
85	0,04888	0,03029	0	0	0	0	0
86	0,12410	0,07690	0	0	0	0	0
87	0,06072	0,03762	0	0	0	0	0
88	0,08177	0,05067	0	0	0	0	0
89	0,06154	0,03813	0	0	0	0	0
90	0,01454	0,00901	0	0	0	0	0
91	0,08245	0,05109	0	0	0	0	0
92	0,02355	0,01459	0	0	0	0	0
93	0,03179	0,01970	0	0	0	0	0

Sumber: Hasil Data Olahan

Dengan menggunakan nilai tegangan dasar 20 kV, daya dasar 1 MVA, dan akurasi 0.00001. Tegangan setiap bus dari hasil *running software* ETAP 12.6.0 analisis aliran daya dengan menggunakan metode *Newton-Raphson* dan nilai *Voltage Stability Index* (VSI) sebelum dilakukannya pemasangan DG pada Penyulang Raya 10 ditampilkan ke dalam tabel di bawah ini:

Tabel 4.3 Tegangan Bus dan VSI Penyulang Raya 10 Tanpa DG

Bus	Tegangan (p.u)	Tegangan (kV)	Beban		Pembangkit		Jatuh Tegangan %	VSI (p.u)
			MW	MVAR	MW	MVAR		
1	1	20	0	0	6,028	3,931	0,000	1
2	0,99992	19,9984	0,05704	0,03534	0	0	0,008	0,9999

Tabel 4.3 Tegangan Bus dan VSI Penyulang Raya 10 Tanpa DG (Lanjutan)

Bus	Tegangan (p.u)	Tegangan (kV)	Beban		Pembangkit		Jatuh Tegangan %	VSI (p.u)
			MW	MVAR	MW	MVAR		
3	0,99991	19,9983	0,00653	0,00405	0	0	0,009	0,9997
4	0,99983	19,9966	0,01590	0,00985	0	0	0,017	0,9996
5	0,99983	19,9966	0,01989	0,01232	0	0	0,017	0,9993
6	0,98233	19,6466	0,06382	0,03954	0	0	1,767	0,9991
7	0,97966	19,5932	0,01848	0,01145	0	0	2,034	0,9311
8	0,97965	19,593	0,01420	0,00880	0	0	2,035	0,9211
9	0,97964	19,5928	0,02838	0,01759	0	0	2,036	0,9210
10	0,97854	19,5708	0,04768	0,02954	0	0	2,146	0,9210
11	0,97443	19,4886	0,05677	0,03518	0	0	2,557	0,9168
12	0,97305	19,461	0,02052	0,01271	0	0	2,695	0,9016
13	0,97058	19,4116	0,11285	0,06992	0	0	2,942	0,8963
14	0,96967	19,3934	0,06444	0,03993	0	0	3,033	0,8874
15	0,96686	19,3372	0,00857	0,00531	0	0	3,314	0,8841
16	0,96685	19,337	0,09265	0,05741	0	0	3,315	0,8739
17	0,96685	19,337	0,05694	0,03528	0	0	3,315	0,8738
18	0,96664	19,3328	0,04542	0,02814	0	0	3,336	0,8738
19	0,96646	19,3292	0,01564	0,00969	0	0	3,354	0,8731
20	0,96615	19,323	0,08055	0,04991	0	0	3,385	0,8723
21	0,96587	19,3174	0,03003	0,01861	0	0	3,413	0,8713
22	0,96581	19,3162	0,02838	0,01759	0	0	3,419	0,8703
23	0,96578	19,3156	0,09095	0,05636	0	0	3,422	0,8700
24	0,96576	19,3152	0,04996	0,03096	0	0	3,424	0,8700
25	0,96576	19,3152	0,07089	0,04393	0	0	3,424	0,8699
26	0,96575	19,315	0,01021	0,00633	0	0	3,425	0,8699
27	0,96573	19,3146	0,02868	0,01777	0	0	3,427	0,8698
28	0,96573	19,3146	0,01483	0,00919	0	0	3,427	0,8698
29	0,96548	19,3096	0,04027	0,02496	0	0	3,452	0,8698
30	0,96374	19,2748	0,05165	0,03200	0	0	3,626	0,8688
31	0,95894	19,1788	0,08033	0,04977	0	0	4,106	0,8625
32	0,95615	19,123	0,02719	0,01685	0	0	4,385	0,8456
33	0,95529	19,1058	0,13175	0,08164	0	0	4,471	0,8357
34	0,95512	19,1024	0,07511	0,04654	0	0	4,488	0,8328
35	0,95488	19,0976	0,03526	0,02185	0	0	4,512	0,8322
36	0,95486	19,0972	0,03232	0,02003	0	0	4,514	0,8314
37	0,95485	19,097	0,00654	0,00405	0	0	4,515	0,8313
38	0,95466	19,0932	0,16065	0,09955	0	0	4,534	0,8310
39	0,95466	19,0932	0,01961	0,01215	0	0	4,534	0,8306
40	0,95455	19,091	0,05976	0,03703	0	0	4,545	0,8305
41	0,95455	19,091	0,03092	0,01916	0	0	4,545	0,8302
42	0,95451	19,0902	0,09180	0,05688	0	0	4,549	0,8301

Tabel 4.3 Tegangan Bus dan VSI Penyulang Raya 10 Tanpa DG (Lanjutan)

Bus	Tegangan (p.u)	Tegangan (kV)	Beban		Pembangkit		Jatuh Tegangan %	VSI (p.u)
			MW	MVAR	MW	MVAR		
43	0,95499	19,0998	0,04673	0,02896	0	0	4,501	0,8301
44	0,95435	19,087	0,01616	0,01001	0	0	4,565	0,8317
45	0,95425	19,085	0,03003	0,01861	0	0	4,575	0,8295
46	0,95404	19,0808	0,12070	0,07479	0	0	4,596	0,8291
47	0,95389	19,0778	0,07341	0,04549	0	0	4,611	0,8284
48	0,95372	19,0744	0,04027	0,02496	0	0	4,628	0,8279
49	0,95301	19,0602	0,61880	0,38344	0	0	4,699	0,8261
50	0,95299	19,0598	0,03624	0,02245	0	0	4,701	0,8249
51	0,95298	19,0596	0,10965	0,06794	0	0	4,702	0,8247
52	0,94873	18,9746	0,05829	0,03612	0	0	5,127	0,8246
53	0,94868	18,9736	0,02030	0,01258	0	0	5,132	0,8101
54	0,94868	18,9736	0,01454	0,00901	0	0	5,132	0,8100
55	0,94431	18,8862	0,08840	0,05478	0	0	5,569	0,8098
56	0,94272	18,8544	0,03828	0,02372	0	0	5,728	0,7951
57	0,94251	18,8502	0,04169	0,02583	0	0	5,749	0,7898
58	0,94237	18,8474	0,07623	0,04723	0	0	5,763	0,7891
59	0,94211	18,8422	0,01616	0,01001	0	0	5,789	0,7886
60	0,9421	18,842	0,07158	0,04435	0	0	5,790	0,7877
61	0,94209	18,8418	0,06571	0,04071	0	0	5,791	0,7877
62	0,94087	18,8174	0,14535	0,09007	0	0	5,913	0,7873
63	0,94074	18,8148	0,13770	0,08533	0	0	5,926	0,7835
64	0,9407	18,814	0,08224	0,05096	0	0	5,930	0,7832
65	0,94066	18,8132	0,02270	0,01406	0	0	5,934	0,7831
66	0,94064	18,8128	0,02462	0,01526	0	0	5,936	0,7829
67	0,94058	18,8116	0,01890	0,01171	0	0	5,942	0,7828
68	0,94058	18,8116	0,07341	0,04549	0	0	5,942	0,7826
69	0,9406	18,812	0,04738	0,02936	0	0	5,940	0,7826
70	0,94057	18,8114	0,05677	0,03518	0	0	5,943	0,7827
71	0,94165	18,833	0,04542	0,02814	0	0	5,835	0,7826
72	0,94092	18,8184	0,10965	0,06794	0	0	5,908	0,7861
73	0,93985	18,797	0,08060	0,04994	0	0	6,015	0,7837
74	0,93878	18,7756	0,13090	0,08111	0	0	6,122	0,7800
75	0,93748	18,7496	0,01380	0,00855	0	0	6,252	0,7767
76	0,93703	18,7406	0,03536	0,02191	0	0	6,297	0,7724
77	0,937	18,74	0,29580	0,18329	0	0	6,300	0,7707
78	0,93691	18,7382	0,06571	0,04071	0	0	6,309	0,7708
79	0,93376	18,6752	0,04786	0,02965	0	0	6,624	0,7704
80	0,93369	18,6738	0,01086	0,00673	0	0	6,631	0,7602
81	0,93358	18,6716	0,03927	0,02433	0	0	6,642	0,7600
82	0,93351	18,6702	0,12240	0,07584	0	0	6,649	0,7596

Tabel 4.3 Tegangan Bus dan VSI Penyulang Raya 10 Tanpa DG (Lanjutan)

Bus	Tegangan (p.u)	Tegangan (kV)	Beban		Pembangkit		Jatuh Tegangan %	VSI (p.u)
			MW	MVAR	MW	MVAR		
83	0,93347	18,6694	0,05677	0,03518	0	0	6,653	0,7593
84	0,93348	18,6696	0,04542	0,02814	0	0	6,652	0,7592
85	0,93317	18,6634	0,04883	0,03026	0	0	6,683	0,7592
86	0,93287	18,6574	0,12410	0,07690	0	0	6,713	0,7581
87	0,93286	18,6572	0,06072	0,03762	0	0	6,714	0,7573
88	0,93273	18,6546	0,08176	0,05066	0	0	6,727	0,7572
89	0,93273	18,6546	0,06151	0,03812	0	0	6,727	0,7568
90	0,93273	18,6546	0,01454	0,00901	0	0	6,727	0,7569
91	0,93263	18,6526	0,08245	0,05109	0	0	6,737	0,7567
92	0,93258	18,6516	0,02182	0,01352	0	0	6,742	0,7565
93	0,93257	18,6514	0,03176	0,01968	0	0	6,743	0,7564

Sumber: Hasil Data Olahan

Perhitungan manual pada tabel 4.3 adalah sebagai berikut:

Perhitungan Tegangan (kV) pada bus 2

Diketahui: $kV_{\text{dasar}} = 20 \text{ kV}$

$$\text{Tegangan (p.u)} = 0,99992 \text{ p.u}$$

Solusi Tegangan (kV) = $kV_{\text{dasar}} \times \text{Tegangan (p.u)}$

$$= 20 \text{ kV} \times 0,99992$$

$$= 19,9984 \text{ kV}$$

Perhitungan Persentase Jatuh Tegangan (%) pada bus 2

Diketahui: $kV_{\text{dasar}} = 20 \text{ kV}$

$$\text{Tegangan (kV)} = 19,9984 \text{ kV}$$

$$\text{Solusi Persentase Jatuh Tegangan (\%)} = \frac{kV_{\text{dasar}} - \text{Tegangan (kV)}}{kV_{\text{dasar}}} \times 100\%$$

$$= \frac{20 \text{ kV} - 19,9984}{20} \times 100\%$$

$$= 0,008\%$$

Perhitungan VSI pada bus 2

Diketahui: $kV_{\text{dasar}} = 20 \text{ kV}$

$$Vm_1 = 1,000 \text{ p.u}$$

$$Pm_2 = 0,05704 \text{ p.u}$$

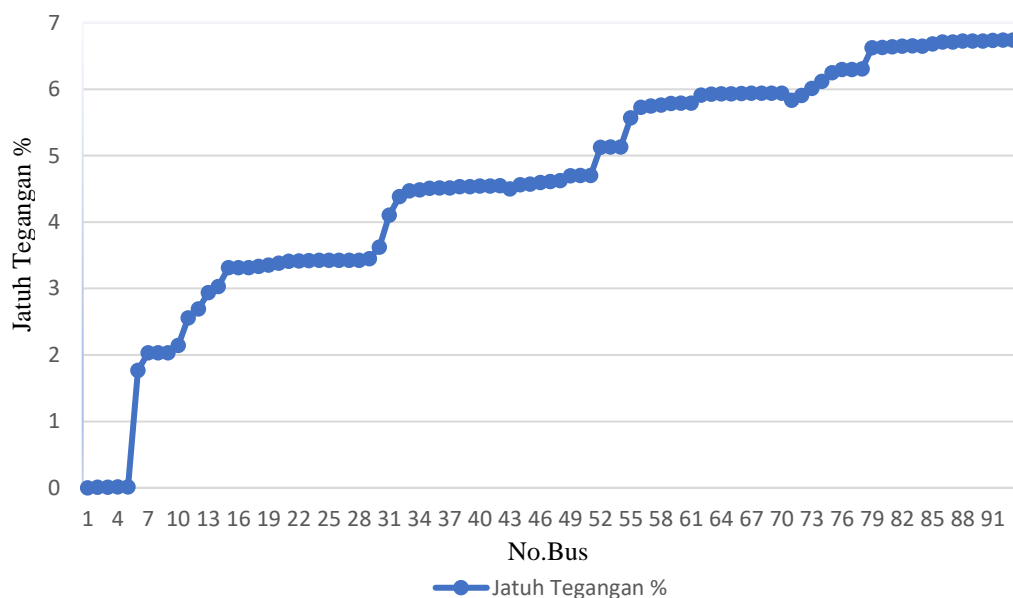
$$X_k = 0,00039 \text{ p.u}$$

$$Qm_2 = 0,03534 \text{ p.u}$$

$$R_k = 0,00025 \text{ p.u}$$

$$\begin{aligned}
\text{Solusi } VSI_2 &= |V_{m1}|^4 - 4(P_{m2}X_k - Q_{m2}R_k)^2 - 4(P_{m2}R_k + Q_{m2}X_k)|V_{m1}|^2 \\
&= |1,000|^4 - 4(0,05704 \times 0,00039 - 0,03534 \times 0,00025)^2 - \\
&\quad 4(0,05704 \times 0,00025 + 0,03534 \times 0,00039)|1,000|^2 \\
&= 0,9999 \text{ p.u}
\end{aligned}$$

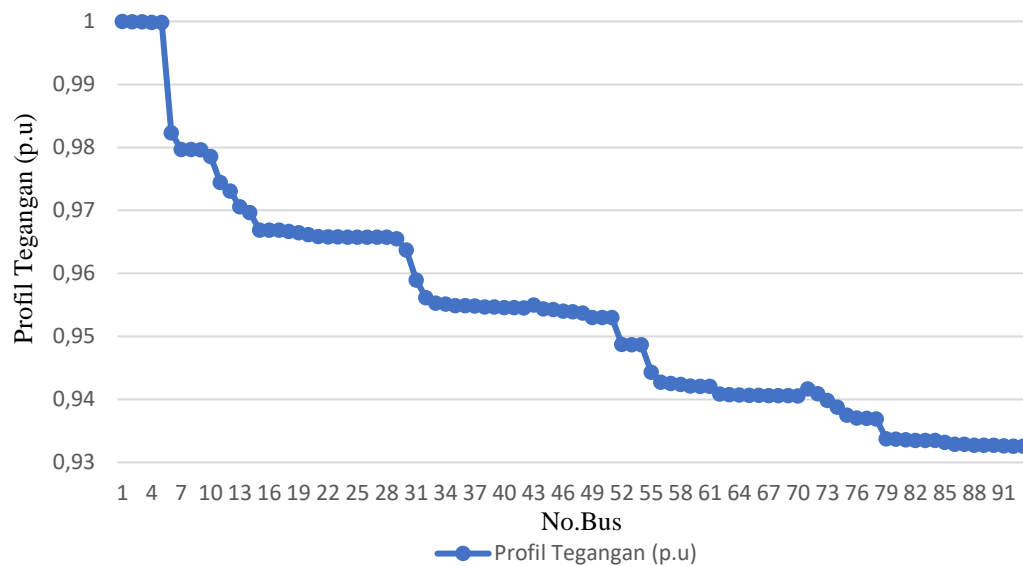
Adapun tampilan grafik tegangan bus dan jatuh tegangan berdasarkan hasil simulasi aliran daya dengan menggunakan metode *Newton-Raphson* sebelum dilakukannya pemasangan DG pada Penyulang Raya 10 ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.1 Grafik Jatuh Tegangan Penyulang Raya 10 Tanpa DG

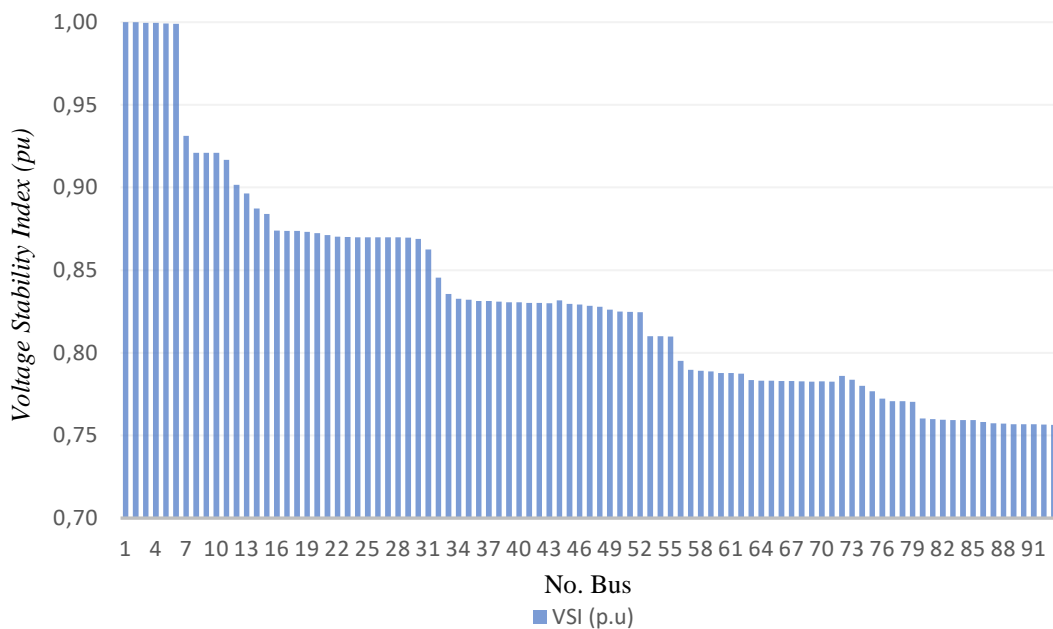
Berdasarkan gambar grafik di atas, terlihat bahwa jatuh tegangan pada Penyulang Raya 10 terus mengalami peningkatan mulai dari bus 2 yang terletak dekat dari sumber listrik hingga bus 93 yang terletak berada di ujung saluran. Meningkatnya jatuh tegangan pada saluran disebabkan oleh beberapa hal salah satunya yaitu jarak antara sumber listrik ke bus beban. Dimana semakin jauh jarak antara sumber listrik dan bus beban, maka akan semakin panjang kabel penghantar yang akan digunakan, sehingga semakin besar pula kerugian tegangan atau jatuh tegangan yang terjadi. Pada grafik di atas diketahui bahwa nilai jatuh tegangan terbesar terjadi pada bus 93 dengan nilai jatuh tegangan sebesar 6,743%. Dimana bus 93 merupakan bus dengan jarak terjauh dari sumber listrik dibandingkan

dengan bus lainnya seperti yang terlihat pada gambar 3.4. Adapun untuk grafik profil tegangan bus yang akan ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.2 Grafik Profil Tegangan Pada Bus Penyulang Raya 10 Tanpa DG

Berdasarkan gambar grafik di atas, tegangan bus pada Penyulang Raya 10 terus mengalami penurunan mulai dari bus 2 yang terletak dekat dari sumber listrik hingga bus 93 yang terletak berada di ujung saluran. Dimana semakin jauh sumber listrik dengan bus beban maka semakin rendah pula tegangan terimanya. Berdasarkan grafik di atas diketahui bahwa nilai tegangan terima yang memiliki nilai paling rendah terdapat pada bus 93 dengan nilai tegangan bus sebesar 18,651 kV, dimana bus 93 merupakan bus dengan jarak terjauh dari sumber listrik dibandingkan dengan bus lainnya seperti yang terdapat pada gambar 3.4. Adapun untuk grafik VSI yang akan ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.3 Grafik VSI Penyulang Raya 10 Tanpa DG

Dari hasil simulasi aliran daya pada sistem dan nilai kestabilan tegangan pada setiap bus dengan menggunakan metode VSI untuk mendapatkan indeks tegangan dari setiap bus sebelum dilakukan penambahan DG yang ditampilkan dalam bentuk grafik di atas didapatkan nilai indeks kestabilan terendah berada pada bus 93 dengan nilai indeks 0,7564 p.u. Hal ini menunjukkan bahwa bus 93 adalah bus paling kritis pada sistem ini. Oleh karena itu untuk memperbaiki stabilitas tegangan dapat di tambahkan DG pada bus 93.

4.1.1.1 Aliran Arus Normal Tanpa DG

Dengan menggunakan nilai tegangan dasar 20 kV, daya dasar 1 MVA, dan akurasi 0.00001. Aliran arus pada beberapa saluran dari hasil *running software* ETAP 12.6.0 sebelum dilakukannya pemasangan DG pada Penyulang Raya 10 ditampilkan ke dalam tabel di bawah ini:

Tabel 4.4 Aliran Arus Normal Penyulang Raya 10 Tanpa DG

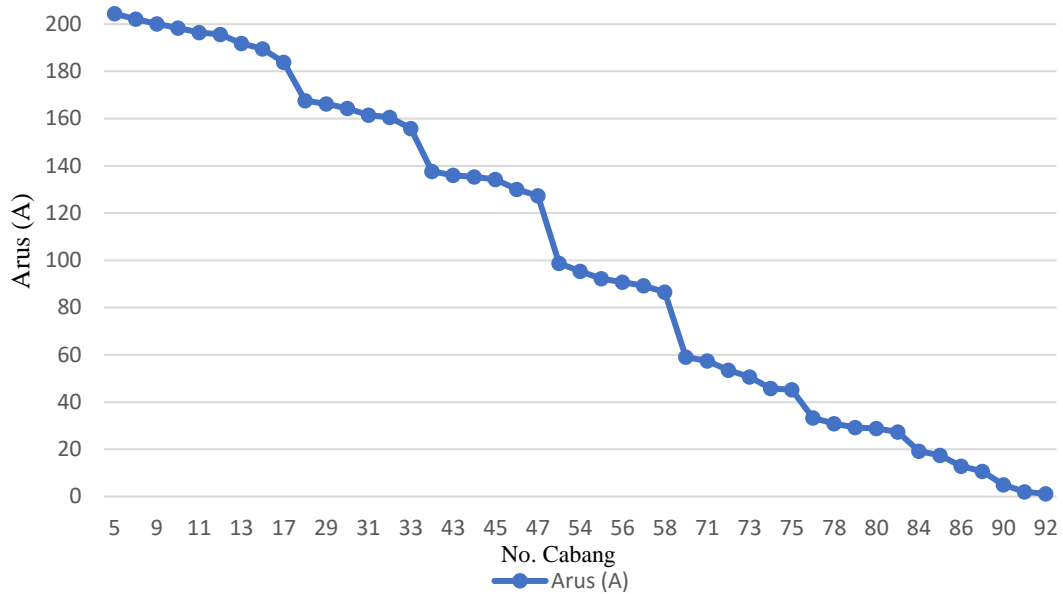
No. Cabang	Bus		Arus (A)
	from	to	
5	1	6	204,4
6	6	7	202,2
9	7	10	200,1
10	10	11	198,4
11	11	12	196,4
12	12	13	195,7
13	13	14	191,8

Tabel 4.4 Aliran Arus Normal Penyulang Raya 10 Tanpa DG (Lanjutan)

No. Cabang	Bus		Arus (A)
	from	to	
14	14	15	189,5
17	15	18	183,9
28	18	29	167,6
29	29	30	166,2
30	30	31	164,3
31	31	32	161,5
32	32	33	160,5
33	33	34	155,8
42	34	43	137,6
43	43	44	136
44	44	45	135,4
45	45	46	134,3
46	46	47	130
47	47	48	127,4
51	48	52	98,7
54	52	55	95,4
55	55	56	92,2
56	56	57	90,8
57	57	58	89,3
58	58	59	86,6
70	59	71	59,1
71	71	72	57,4
72	72	73	53,5
73	73	74	50,6
74	74	75	45,8
75	75	76	45,3
77	76	78	33,3
78	78	79	30,9
79	79	80	29,2
80	80	81	28,8
81	81	82	27,4
84	82	85	19,2
85	85	86	17,4
86	86	87	12,9
87	87	88	10,7
90	88	91	5
91	91	92	2
92	92	93	1,2

Sumber: Hasil Data Olahan

Adapun tampilan grafik aliran arus dari hasil simulasi ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.4 Grafik Arus Normal Penyulang Raya 10 Tanpa DG

Dari hasil simulasi aliran arus pada Penyulang Raya 10 tanpa adanya DG yang ditampilkan dalam bentuk grafik di atas didapatkan nilai arus terbesar berada pada saluran 5 dengan nilai arus 204,4 A dimana saluran 5 merupakan saluran yang terdekat pada sumber arus listrik dan nilai arus terendah berada pada saluran 92 dengan nilai arus 1,2 A dimana saluran 92 merupakan saluran yang berada paling jauh dari sumber arus listrik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin jauh dengan sumber maka nilai arus akan semakin kecil dikarenakan arus mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah.

4.1.1.2 Gangguan Arus Hubung Singkat Tanpa DG

Analisis hubung singkat dalam *Software* ETAP 12.6.0 dapat menganalisis hubung singkat tiga fasa, hubung singkat saluran ke tanah, hubung singkat saluran ke saluran, dan hubung singkat saluran ganda ke tanah pada sistem distribusi. Analisis hubung singkat yang dilakukan pada penelitian ini adalah gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah dan hubung singkat tiga fasa dengan jumlah bus sebanyak 93 bus. Dalam penelitian ini digunakan standar ANSI/IEEE untuk menghitung arus hubung singkat, dimana sumber tegangan ekuivalen pada lokasi gangguan, yang sama dengan tegangan sebelum terjadi gangguan, menggantikan semua sumber tegangan eksternal dan sumber tegangan internal mesin. Besarnya impedansi saluran antar bus pada Penyulang Raya 10 berbeda-beda nilainya. Arus

gangguan hubung singkat tiga fasa dan satu fasa ke tanah dengan memvariasikan lokasi gangguan tanpa adanya DG ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 4.5 Gangguan Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 Tanpa DG

Bus Gangguan	Bus		3 Fasa		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
Bus 1	2	1	0,022	3,759	0,000	3,422
	6		0,954		0,000	
	Smbr		2,887		3,422	
Bus 2	1	2	3,422	3,441	2,943	2,943
	3		0,001		0,000	
	4		0,008		0,000	
	KT0122		0,012		0,000	
Bus 3	2	3	3,439	3,44	2,941	2,941
	KT0124		0,001		0,000	
Bus 4	2	4	2,679	2,686	1,994	1,994
	5		0,004		0,000	
	KT0126		0,003		0,000	
Bus 5	4	5	2,601	2,605	1,904	1,904
	KT0127		0,004		0,000	
Bus 6	1	6	2,286	3,234	2,254	2,254
	7		1,028		0,000	
	KT0128		0,014		0,000	
Bus 7	6	7	2,225	3,175	2,141	2,141
	8		0,009		0,000	
	10		1,029		0,000	
	KT0129		0,004		0,000	
Bus 8	7	8	3,076	3,085	2,060	2,060
	9		0,006		0,000	
	KT0130		0,003		0,000	
Bus 9	8	9	3,029	3,035	2,015	2,015
	KT0131		0,006		0,000	
Bus 10	7	10	2,206	3,151	2,097	2,097
	11		1,025		0,000	
	KT0132		0,01		0,000	
Bus 11	10	11	2,11	3,068	1,947	1,947
	12		1,036		0,000	
	KT0133		0,0012		0,000	
Bus 12	11	12	2,086	3,042	1,902	1,902
	13		1,039		0,000	
	KT0134		0,004		0,000	
Bus 13	12	13	2,032	2,997	1,825	1,825
	14		1,028		0,000	
	KT0135		0,025		0,000	
Bus 14	13	14	2,031	2,98	1,797	1,797
	15		1,019		0,000	
	KT1388		0,0014		0,000	

Tabel 4.5 Gangguan Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 Tanpa DG (Lanjutan)

Bus Gangguan	Bus		3 Fasa		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
Bus 15	14	15	1,978	2,93	1,716	1,716
	16		0,033		0,000	
	18		1,001		0,000	
	KT0136		0,002		0,000	
Bus 16	15	16	2,89	2,92	1,709	1,709
	17		0,012		0,000	
	KT0137		0,02		0,000	
Bus 17	16	17	2,892	2,904	1,698	1,698
	KT0138		0,012		0,000	
Bus 18	15	18	2,002	2,926	1,71	1,71
	19		0,091		0,000	
	29		0,901		0,000	
	KT1088		0,01		0,000	
Bus 19	18	19	2,734	2,819	1,633	1,633
	20		0,08		0,000	
	KT0139		0,003		0,000	
Bus 20	19	20	2,569	2,651	1,515	1,515
	21		0,071		0,000	
	KT1474		0,018		0,000	
Bus 21	20	21	2,415	2,48	1,4	1,4
	22		0,064		0,000	
	KT0191		0,007		0,000	
Bus 22	21	22	2,388	2,448	1,378	1,378
	23		0,058		0,000	
	KT0192		0,006		0,000	
Bus 23	22	23	2,371	2,424	1,362	1,362
	24		0,038		0,000	
	KT0140		0,02		0,000	
Bus 24	23	24	2,374	2,409	1,353	1,353
	25		0,027		0,000	
	KT1184		0,011		0,000	
Bus 25	24	25	2,372	2,397	1,344	1,344
	26		0,012		0,000	
	KT1185		0,015		0,000	
Bus 26	25	26	2,369	2,38	1,334	1,334
	27		0,009		0,000	
	KT1308		0,002		0,000	
Bus 27	26	27	2,303	2,312	1,29	1,29
	28		0,003		0,000	
	KT1147		0,006		0,000	
Bus 28	27	28	2,257	2,26	1,257	1,257
	KT1309		0,003		0,000	
Bus 29	18	29	2,057	2,899	1,674	1,674
	30		0,898		0,000	
	KT0141		0,009		0,000	

Tabel 4.5 Gangguan Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 Tanpa DG (Lanjutan)

Bus Gangguan	Bus		3 Fasa		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
Bus 30	29	30	2,017	2,859	1,622	1,622
	31		0,895		0,000	
	KT0142		0,011		0,000	
Bus 31	30	31	1,904	2,758	1,494	1,494
	32		0,902		0,000	
	KT0143		0,018		0,000	
Bus 32	31	32	1,852	2,704	1,428	1,428
	33		0,911		0,000	
	KT0144		0,006		0,000	
Bus 33	32	33	1,837	2,688	1,408	1,408
	34		0,887		0,000	
	KT0145		0,029		0,000	
Bus 34	33	34	1,858	2,684	1,405	1,405
	35		0,095		0,000	
	43		0,776		0,000	
	KT1142		0,016		0,000	
Bus 35	34	35	2,483	2,572	1,339	1,339
	36		0,08		0,000	
	KT0156		0,008		0,000	
Bus 36	35	36	2,483	2,565	1,335	1,335
	37		0,001		0,000	
	38		0,079		0,000	
	KT0147		0,007		0,000	
Bus 37	36	37	2,228	2,23	1,151	1,151
	KT1380		0,001		0,000	
Bus 38	36	38	2,387	2,462	1,276	1,276
	39		0,004		0,000	
	40		0,04		0,000	
	KT0148		0,035		0,000	
Bus 39	38	39	2,444	2,448	1,266	1,266
	KT1183		0,004		0,000	
Bus 40	38	40	2,326	2,364	1,221	1,221
	41		0,027		0,000	
	KT0149		0,013		0,000	
Bus 41	40	41	2,327	2,352	1,214	1,214
	42		0,02		0,000	
	KT0185		0,007		0,000	
Bus 42	41	42	2,268	2,287	1,178	1,178
	KT0184		0,02		0,000	
Bus 43	34	43	1,954	2,681	1,401	1,401
	44		0,766		0,000	
	KT0150		0,01		0,000	
Bus 44	43	44	1,943	2,664	1,384	1,384
	45		0,766		0,000	
	KT0187		0,004		0,000	

Tabel 4.5 Gangguan Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 Tanpa DG (Lanjutan)

Bus Gangguan	Bus		3 Fasa		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
Bus 45	44	45	1,943	2,661	1,382	1,382
	46		0,759		0,000	
	KT1116		0,007		0,000	
Bus 46	45	46	1,943	2,665	1,376	1,376
	47		0,734		0,000	
	KT0151		0,026		0,000	
Bus 47	46	47	1,962	2,651	1,372	1,372
	48		0,719		0,000	
	KT0194		0,016		0,000	
Bus 48	47	48	1,97	2,646	1,367	1,367
	49		0,166		0,000	
	52		0,544		0,000	
	KT0154		0,009		0,000	
Bus 49	48	49	2,324	2,481	1,27	1,27
	50		0,032		0,000	
	KT1186		0,135		0,000	
Bus 50	49	50	2,432	2,462	1,259	1,259
	51		0,024		0,000	
	KT0152		0,008		0,000	
Bus 51	50	51	2,415	2,438	1,246	1,246
	KT0155		0,023		0,000	
Bus 52	48	52	1,905	2,434	1,204	1,204
	53		0,008		0,000	
	55		0,54		0,000	
	KT0197		0,013		0,000	
Bus 53	52	53	2,196	2,203	1,088	1,088
	54		0,003		0,000	
	KT0156		0,004		0,000	
Bus 54	53	54	2,183	2,186	1,08	1,08
	KT0153		0,003		0,000	
Bus 55	52	55	1,752	2,274	1,087	1,087
	56		0,534		0,000	
	KT0157		0,019		0,000	
Bus 56	55	56	1,712	2,22	1,048	1,048
	57		0,531		0,000	
	KT0158		0,008		0,000	
Bus 57	56	57	1,712	2,214	1,044	1,044
	58		0,523		0,000	
	KT0159		0,009		0,000	
Bus 58	57	58	1,715	2,209	1,04	1,04
	59		0,507		0,000	
	KT0160		0,017		0,000	
Bus 59	58	59	1,721	2,2	1,034	1,034
	60		0,03		0,000	
	62		0,132		0,000	

Tabel 4.5 Gangguan Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 Tanpa DG (Lanjutan)

Bus Gangguan	Bus		3 Fasa		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
	71		0,342		0,000	
	KT1187		0,004		0,000	
Bus 60	59	60	2,157	2,186	1,028	1,028
	61		0,014		0,000	
	KT0161		0,016		0,000	
Bus 61	60	61	2,148	2,162	1,017	1,017
	KT1188		0,014		0,000	
Bus 62	59	62	1,838	1,964	0,918	0,918
	63		0,101		0,000	
	KT0162		0,032		0,000	
Bus 63	62	63	1,839	1,935	0,904	0,904
	64		0,071		0,000	
	KT1047		0,03		0,000	
Bus 64	63	64	1,853	1,921	0,897	0,897
	65		0,053		0,000	
	KT0163		0,018		0,000	
Bus 65	64	65	1,856	1,906	0,891	0,891
	66		0,048		0,000	
	KT0164		0,005		0,000	
Bus 66	65	66	1,849	1,895	0,885	0,885
	67		0,02		0,000	
	69		0,023		0,000	
	KT0183		0,005		0,000	
Bus 67	66	67	1,808	1,827	0,855	0,855
	68		0,016		0,000	
	KT0165		0,004		0,000	
Bus 68	67	68	1,807	1,807	0,852	0,852
	KT0166		0,016		0,000	
Bus 69	66	69	1,833	1,855	0,867	0,867
	70		0,012		0,000	
	KT0167		0,01		0,000	
Bus 70	69	70	1,791	1,803	0,844	0,844
	KT1483		0,012		0,000	
Bus 71	59	71	1,845	2,171	1,017	1,017
	72		0,333		0,000	
	KT0186		0,01		0,000	
Bus 72	71	72	1,807	2,125	0,991	0,991
	73		0,31		0,000	
	KT0168		0,024		0,000	
Bus 73	72	73	1,759	2,056	0,952	0,952
	74		0,295		0,000	
	KT0169		0,018		0,000	
Bus 74	73	74	1,705	1,986	0,914	0,914
	75		0,268		0,000	
	KT1189		0,029		0,000	

Tabel 4.5 Gangguan Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 Tanpa DG (Lanjutan)

Bus Gangguan	Bus		3 Fasa		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
Bus 75	74	75	1,643	1,899	0,868	0,868
	76		0,267		0,000	
	KT0170		0,003		0,000	
Bus 76	75	76	1,617	1,871	0,853	0,853
	77		0,065		0,000	
	78		0,196		0,000	
	KT1190		0,008		0,000	
Bus 77	76	77	1,8	1,861	0,848	0,848
	KT1489		0,061		0,000	
Bus 78	77	78	1,673	1,859	0,847	0,847
	79		0,181		0,000	
	KT0188		0,014		0,000	
Bus 79	78	79	1,419	1,594	0,716	0,716
	80		0,174		0,000	
	KT0171		0,01		0,000	
Bus 80	79	80	1,424	1,589	0,714	0,714
	81		0,172		0,000	
	KT0172		0,002		0,000	
Bus 81	80	81	1,418	1,58	0,71	0,71
	82		0,164		0,000	
	KT1191		0,009		0,000	
Bus 82	81	82	1,42	1,574	0,707	0,707
	83		0,012		0,000	
	84		0,01		0,000	
	85		0,115		0,000	
	KT0173		0,027		0,000	
Bus 83	82	83	1,51	1,522	0,685	0,685
	KT1062		0,012		0,000	
Bus 84	82	84	1,524	1,533	0,69	0,69
	KT0174		0,01		0,000	
Bus 85	82	85	1,425	1,534	0,688	0,688
	86		0,104		0,000	
	KT0175		0,011		0,000	
Bus 86	85	86	1,398	1,496	0,671	0,671
	87		0,077		0,000	
	KT0176		0,027		0,000	
Bus 87	86	87	1,421	1,494	0,671	0,671
	88		0,064		0,000	
	KT1192		0,013		0,000	
Bus 88	87	88	1,407	1,467	0,659	0,659
	89		0,017		0,000	
	91		0,03		0,000	
	KT0177		0,018		0,000	
Bus 89	88	89	1,449	1,465	0,657	0,657
	90		0,003		0,000	

Tabel 4.5 Gangguan Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 Tanpa DG (Lanjutan)

Bus Gangguan	Bus		3 Fasa		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
	KT0178		0,013		0,000	
Bus 90	89	90	1,458	1,461	0,656	0,656
	KT0121		0,003		0,000	
Bus 91	88	91	1,395	1,423	0,604	0,604
	92		0,012		0,000	
	KT0179		0,018		0,000	
Bus 92	91	92	1,356	1,367	0,616	0,616
	93		0,007		0,000	
	KT0124		0,005		0,000	
Bus 93	92	93	1,352	1,358	0,613	0,613
	KT1049		0,007		0,000	

Sumber: Hasil Data Olahan

Perhitungan manual pada tabel 4.5 adalah sebagai berikut:

Short-Circuit Summary Report

Bus		Positive Sequence Imp. (ohm)			Negative Sequence Imp. (ohm)			Zero Sequence Imp. (ohm)		
ID	kV	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance
BUS 1	20.000	1.86583	2.44071	3.07220	1.86583	2.44071	3.07220	2.82847	2.82847	4.00006

Gambar 4.5 Hasil Simulasi Impedansi Urutan Positif, Negatif, dan Nol

Perhitungan gangguan arus hubung singkat pada bus 1

$$\text{Diketahui: } Z_1 = 1,86583 + j2,44071 = 3,07220 \angle 52,6^\circ$$

$$Z_2 = 1,86583 + j2,44071 = 3,07220 \angle 52,6^\circ$$

$$Z_0 = 2,82847 + j2,82847 = 4 \angle 45^\circ$$

$$V = 20 \text{ kV}$$

$$E_a = \frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{20}{\sqrt{3}} = 11,547 \text{ kV}$$

Perhitungan gangguan arus hubung singkat tiga fasa

$$I_a = \frac{E_a}{Z_1} = \frac{11,547}{1,86583 + j2,44071} = \frac{11,547 \angle 0^\circ}{3,07220 \angle 52,6^\circ} = 3,759 \angle -52,6^\circ \text{ kA}$$

Perhitungan gangguan arus hubung singkat satu fasa ke tanah

$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_{total}}$$

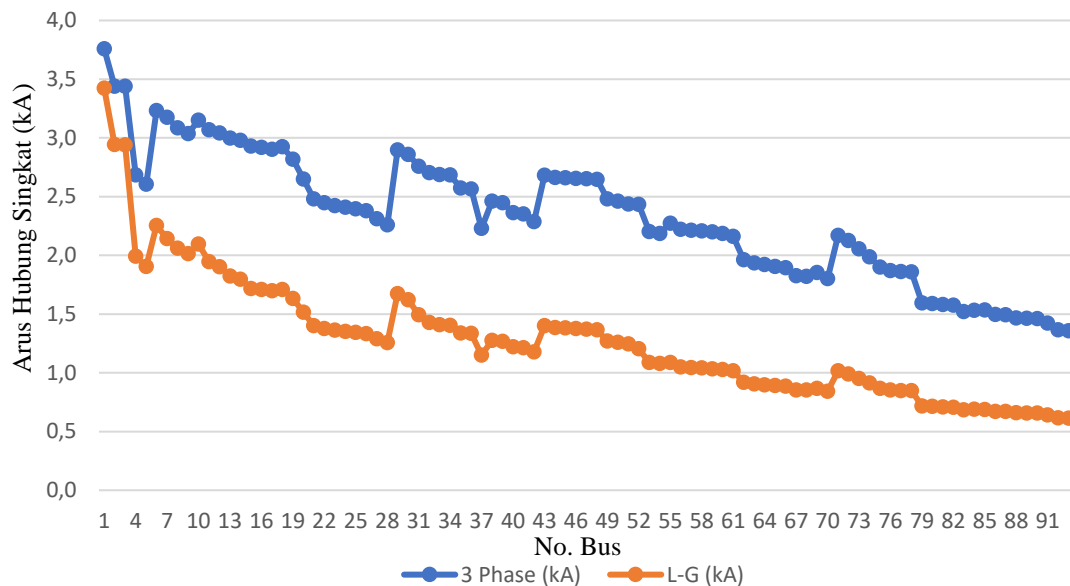
$$I_a = 3I_{a1}$$

$$Z_{total} = 6,56013 + j7,70989 = 10,123 \angle 49,6^\circ$$

$$I_{a1} = \frac{11,547}{6,56013 + j7,70989} = \frac{11,547 \angle 0^\circ}{10,123 \angle 49,6^\circ} = 1,14066 \angle -49,6^\circ$$

$$\begin{aligned}
 I_a &= 3(1,14066 \angle -49,6^\circ) \\
 &= 3,422 \angle -49,6^\circ
 \end{aligned}$$

Adapun tampilan grafik hubung singkat tiga fasa dan satu fasa ke tanah berdasarkan hasil simulasi hubung singkat dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0 sebelum dilakukannya pemasangan DG pada Penyulang Raya 10 ditunjukkan pada gambar di bawah ini:

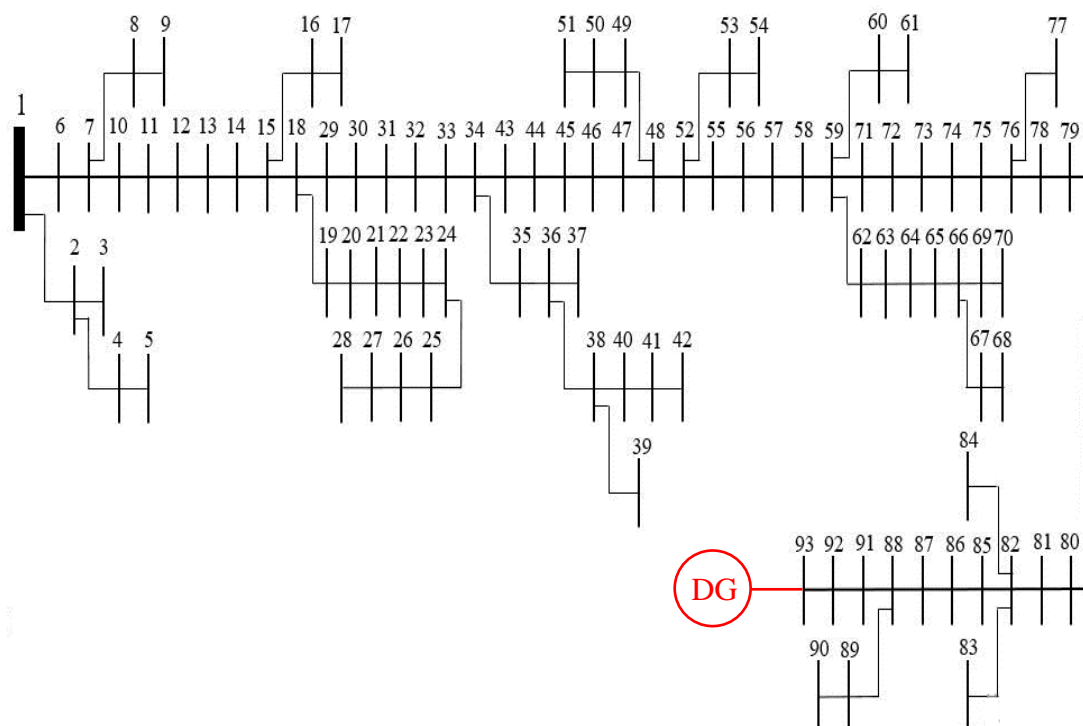


Gambar 4.6 Grafik Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 Tanpa DG

Berdasarkan gambar grafik di atas, hubung singkat tiga fasa dan satu fasa ke tanah pada Penyulang Raya 10 terus mengalami penurunan mulai dari bus 1 yang terletak dekat dari sumber listrik hingga bus 93 yang terletak berada di ujung saluran dan nilai hubung singkat tiga fasa lebih besar dibandingkan dengan nilai hubung singkat satu fasa ke tanah. Dimana semakin jauh sumber listrik dengan bus beban maka semakin rendah pula arus hubung singkat tiga fasa dan satu fasa ke tanah. Berdasarkan grafik di atas diketahui bahwa nilai arus hubung singkat tiga fasa yang memiliki nilai paling rendah terdapat pada bus 93 dengan nilai arus gangguan hubung singkat sebesar 1,358 kA dan nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah yang memiliki nilai paling rendah terdapat pada bus 93 dengan nilai arus gangguan hubung singkat sebesar 0,613 kA, dimana bus 93 merupakan bus dengan jarak terjauh dari sumber listrik dibandingkan dengan bus lainnya.

4.1.2 Pemasangan 1 DG pada Bus Berdasarkan VSI

Setelah didapatkan nilai indeks tegangan yang paling rendah yakni pada bus 93 yang ditunjukkan pada gambar 4.3 maka ditambahkan DG untuk memperbaiki stabilitas tegangan dengan kapasitas sebesar 40% dari sistem, yaitu 2,4 MW. Setelah pemasangan DG pada bus 93 akan diamati bagaimana pengaruhnya terhadap kondisi tegangan sistem dan kondisi VSI masing-masing bus untuk menentukan lokasi penempatan DG kedua serta mengetahui besar gangguan hubung singkat tiga fasa dan satu fasa ke tanah akibat penambahan DG. Adapun untuk lokasi penambahan 1 DG ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.7 Penambahan 1 DG pada Penyulang Raya 10

Dengan menggunakan nilai tegangan dasar 20 kV, daya dasar 1 MVA, dan akurasi 0,00001 serta menggunakan metode *Newton-Raphson* nilai profil tegangan dan VSI pada setiap bus ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.6 Tegangan Bus dan VSI Penyulang Raya 10 dengan 1 DG

No. Bus	Tegangan (p.u)	Tegangan (kV)	Jatuh Tegangan (%)	VSI (p.u)
1	1	20	0	1
2	0,99992	19,9985	0,008	0,99989
3	0,99991	19,9984	0,009	0,9997
4	0,99983	19,9967	0,017	0,99964
5	0,99983	19,9965	0,017	0,99931

Tabel 4.6 Tegangan Bus dan VSI Penyulang Raya 10 dengan 1 DG (Lanjutan)

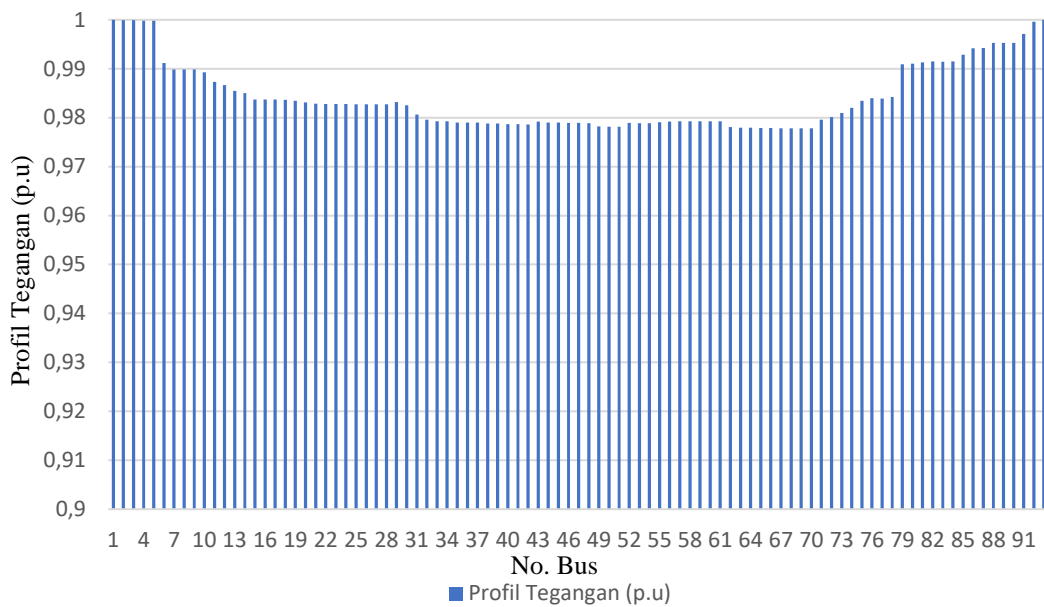
No. Bus	Tegangan (p.u)	Tegangan (kV)	Jatuh Tegangan (%)	VSI (p.u)
6	0,99117	19,8234	0,883	0,99906
7	0,98985	19,7970	1,015	0,96512
8	0,98984	19,7968	1,016	0,96
9	0,98983	19,7967	1,017	0,95994
10	0,9893	19,7860	1,070	0,95992
11	0,9873	19,7461	1,270	0,95778
12	0,98664	19,7328	1,336	0,95015
13	0,98546	19,7092	1,454	0,94746
14	0,98503	19,7006	1,497	0,94304
15	0,98373	19,6746	1,627	0,94144
16	0,98373	19,6745	1,627	0,93646
17	0,98372	19,6744	1,628	0,93644
18	0,98363	19,6727	1,637	0,93644
19	0,98345	19,6691	1,655	0,93611
20	0,98315	19,6630	1,685	0,93528
21	0,98287	19,6575	1,713	0,93422
22	0,98282	19,6564	1,718	0,9332
23	0,98279	19,6557	1,721	0,93296
24	0,98277	19,6554	1,723	0,93287
25	0,98276	19,6553	1,724	0,9328
26	0,98276	19,6552	1,724	0,93281
27	0,98274	19,6548	1,726	0,93276
28	0,98274	19,6547	1,726	0,93271
29	0,98317	19,6635	1,683	0,93267
30	0,9825	19,6499	1,750	0,93431
31	0,98065	19,6130	1,935	0,93162
32	0,97961	19,5922	2,039	0,92478
33	0,97929	19,5858	2,071	0,92079
34	0,97923	19,5846	2,077	0,91967
35	0,97899	19,5799	2,101	0,91943
36	0,97898	19,5796	2,102	0,91857
37	0,97897	19,5793	2,103	0,91851
38	0,97878	19,5756	2,122	0,91816
39	0,97878	19,5756	2,122	0,91777
40	0,97868	19,5736	2,132	0,91763
41	0,97867	19,5734	2,133	0,91739
42	0,97864	19,5727	2,136	0,91726
43	0,9792	19,5839	2,080	0,91723
44	0,97903	19,5806	2,097	0,91933
45	0,97901	19,5801	2,099	0,91871
46	0,97895	19,5790	2,105	0,91857
47	0,97892	19,5784	2,108	0,91839
48	0,97888	19,5776	2,112	0,91824
49	0,97819	19,5638	2,181	0,9169
50	0,97818	19,5635	2,182	0,91555
51	0,97816	19,5632	2,184	0,91544
52	0,97891	19,5783	2,109	0,9153

Tabel 4.6 Tegangan Bus dan VSI Penyulang Raya 10 dengan 1 DG (Lanjutan)

No. Bus	Tegangan (p.u)	Tegangan (kV)	Jatuh Tegangan (%)	VSI (p.u)
53	0,97887	19,5773	2,113	0,91823
54	0,97886	19,5773	2,114	0,9181
55	0,97909	19,5819	2,091	0,91786
56	0,97921	19,5843	2,079	0,9189
57	0,97923	19,5847	2,077	0,91939
58	0,97925	19,5850	2,075	0,91945
59	0,97929	19,5857	2,071	0,91953
60	0,97927	19,5855	2,073	0,91964
61	0,97926	19,5852	2,074	0,91958
62	0,97809	19,5618	2,191	0,91916
63	0,97797	19,5594	2,203	0,91505
64	0,97793	19,5585	2,207	0,91468
65	0,97789	19,5579	2,211	0,91457
66	0,97787	19,5574	2,213	0,91445
67	0,97781	19,5563	2,219	0,91435
68	0,97781	19,5562	2,219	0,91413
69	0,97783	19,5567	2,217	0,91409
70	0,9778	19,5561	2,220	0,91415
71	0,97959	19,5917	2,041	0,91408
72	0,9801	19,6020	1,990	0,92066
73	0,98099	19,6197	1,901	0,92261
74	0,98198	19,6397	1,802	0,92584
75	0,98344	19,6688	1,656	0,92983
76	0,98395	19,6791	1,605	0,93535
77	0,98392	19,6785	1,608	0,93714
78	0,9842	19,6840	1,580	0,93718
79	0,99089	19,8179	0,911	0,93808
80	0,99105	19,8209	0,895	0,96406
81	0,9913	19,8260	0,870	0,96464
82	0,99149	19,8297	0,851	0,96558
83	0,99145	19,8289	0,855	0,96627
84	0,99146	19,8292	0,854	0,96615
85	0,99286	19,8572	0,714	0,9662
86	0,99419	19,8837	0,582	0,97153
87	0,99426	19,8853	0,574	0,97692
88	0,9953	19,9061	0,470	0,97713
89	0,9953	19,9060	0,470	0,98132
90	0,9953	19,9060	0,470	0,98133
91	0,99712	19,9425	0,288	0,98118
92	0,99962	19,9924	0,038	0,9885
93	1	20	0	0,99844

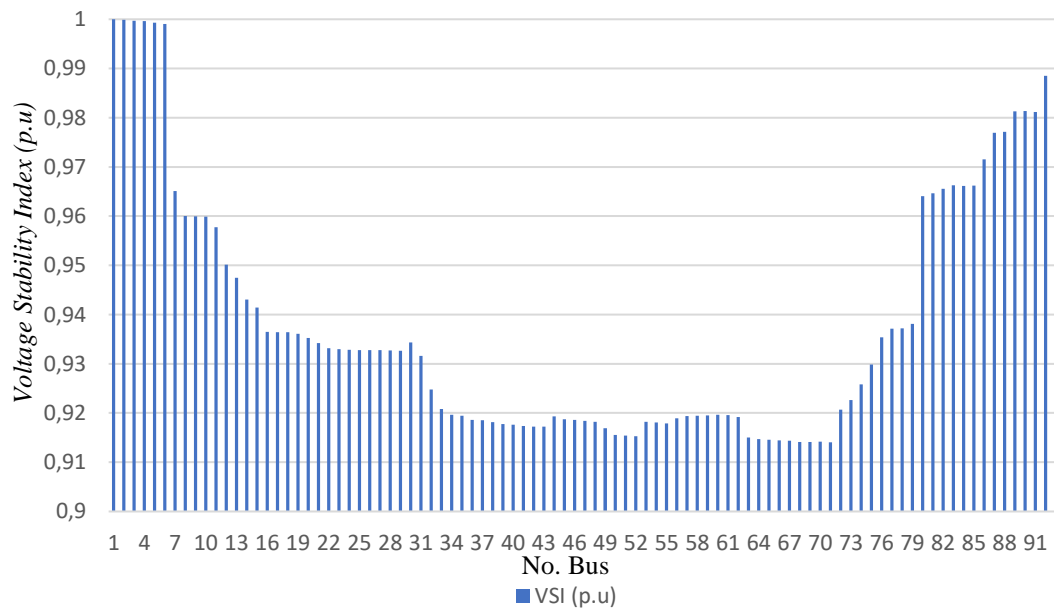
Sumber: Hasil Data Olahan

Adapun untuk hasil simulasi profil tegangan akan ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.8 Grafik Profil Tegangan Penyulang Raya 10 dengan 1 DG

Setelah penambahan 1 DG dengan kapasitas 2,4 MW pada bus 93 menghasilkan nilai profil tegangan semua bus berada pada level antara 0,95 – 1,0 p.u dengan nilai profil tegangan minimum 0,97780 p.u atau 19,5561 kV serta persentase jatuh tegangan sebesar 2,22% yang terjadi pada bus 70. Adapun untuk grafik VSI ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.9 Grafik VSI Penyulang Raya 10 dengan 1 DG

Dari hasil simulasi pada tabel 4.5 setelah menambah 1 DG dengan kapasitas 2,4 MW pada bus 93 maka didapatkan nilai indeks kestabilan terendah berada pada bus 71 dengan nilai indeks 0,91408 p.u. Hal ini menunjukkan bahwa bus 71 adalah bus paling kritis pada sistem ini. Oleh karena itu untuk memperbaiki stabilitas tegangan dapat ditambahkan DG pada bus 71.

4.1.2.1 Aliran Arus Normal dengan Penambahan 1 DG

Dengan menggunakan nilai tegangan dasar 20 kV, daya dasar 1 MVA, dan akurasi 0.00001. Aliran arus pada beberapa saluran dari hasil *running software* ETAP 12.6.0 setelah dilakukannya penambahan 1 DG pada bus 93 kapasitas 2,4 MW ditampilkan ke dalam tabel di bawah ini:

Tabel 4.7 Aliran Arus Normal Peyulang Raya 10 dengan 1 DG

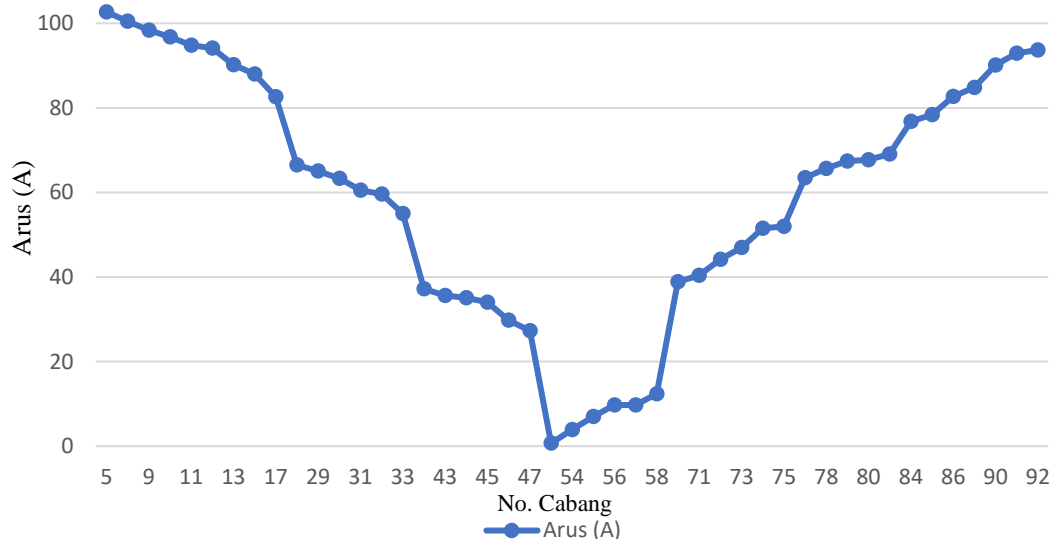
No. Cabang	Bus		Arus (A)
	from	to	
5	1	6	102,7
6	6	7	100,5
9	7	10	98,4
10	10	11	96,8
11	11	12	94,8
12	12	13	94,1
13	13	14	90,2
14	14	15	88
17	15	18	82,6
28	18	29	66,5
29	29	30	65,1
30	30	31	63,3
31	31	32	60,5
32	32	33	59,6
33	33	34	55
42	34	43	37,2
43	43	44	35,6
44	44	45	35,1
45	45	46	34
46	46	47	29,8
47	47	48	27,3
51	52	48	0,7
54	55	52	3,9
55	56	55	7
56	57	56	9,7
57	58	57	9,7
58	59	58	12,4
70	71	59	38,9
71	72	71	40,4
72	73	72	44,2

Tabel 4.7 Aliran Arus Normal Penyulang Raya 10 dengan 1 DG (Lanjutan)

No. Cabang	Bus		Arus (A)
	from	to	
73	74	73	47
74	75	74	51,5
75	76	75	52
77	78	76	63,5
78	79	78	65,7
79	80	79	67,4
80	81	80	67,7
81	82	81	69,1
84	85	82	76,8
85	86	85	78,4
86	87	86	82,7
87	88	87	84,8
90	91	88	90,1
91	92	91	92,9
92	93	92	93,7

Sumber: Hasil Data Olahan

Adapun tampilan grafik aliran arus dari hasil simulasi ditunjukkan pada gambar di bawah ini:

**Gambar 4.10** Grafik Arus Normal Penyulang Raya 10 dengan 1 DG

Dari hasil simulasi aliran arus pada Penyulang Raya 10 dengan penambahan 1 DG pada bus 93 yang ditampilkan dalam bentuk grafik di atas didapatkan nilai arus terbesar berada pada saluran 5 dengan nilai arus 102,7 A dimana saluran 5 merupakan saluran yang terdekat pada sumber arus listrik dan nilai arus terendah berada pada saluran 51 dengan nilai arus 0,7 A dan terjadi pembalikan arah arus dari saluran 92 ke saluran 51. Pada saluran 92 memiliki nilai arus sebesar 93,7 A

yang nilai arusnya hampir mendekati dengan saluran 5, dikarenakan saluran 92 merupakan saluran yang berdekatan dengan bus 93 dimana bus tersebut merupakan tempat penambahan DG. Hal ini menunjukkan bahwa semakin jauh dengan sumber maka nilai arus akan semakin kecil dikarenakan arus mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah.

4.1.2.2 Gangguan Arus Hubung Singkat dengan Penambahan 1 DG

Adapun gangguan arus hubung singkat tiga fasa dan satu fasa ke tanah akibat penambahan DG pada bus 93 ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.8 Gangguan Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 dengan 1 DG

Bus Gangguan	Bus		3 Fasa		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
Bus 1	2	1	0,02	3,920	0,000	3,607
	6		1,1		0,290	
	Smbr		2,8		3,361	
Bus 2	1	2	3,556	3,575	3,075	3,075
	3		0,001		0,000	
	4		0,008		0,000	
	KT0122		0,12		0,000	
Bus 3	2	3	3,573	3,574	3,074	3,074
	KT0125		0,001		0,000	
Bus 4	2	4	2,760	2,767	2,050	2,050
	5		0,004		0,000	
	KT0126		0,003		0,000	
Bus 5	4	5	2,677	2,681	1,957	1,957
	KT0127		0,004		0,000	
Bus 6	1	6	2,286	3,430	2,136	2,544
	7		1,226		0,422	
	KT0128		0,014		0,000	
Bus 7	6	7	2,225	3,377	2,019	2,446
	8		0,009		0,000	
	10		1,234		0,439	
	KT0129		0,004		0,000	
Bus 8	7	8	3,267	3,276	2,340	2,340
	9		0,006		0,000	
	KT0130		0,003		0,000	
Bus 9	8	9	3,214	3,220	2,282	2,282
	KT0131		0,006		0,000	
Bus 10	7	10	2,206	3,356	1,973	2,408
	11		1,233		0,446	
	KT0132		0,01		0,000	
Bus 11	10	11	2,11	3,283	1,819	2,281
	12		1,254		0,472	
	KT0133		0,012		0,000	

Tabel 4.8 Gangguan Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 dengan 1 DG (Lanjutan)

Bus Gangguan	Bus		3 Fase		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
Bus 12	11	12	2,086	3,261	1,772	2,243
	13		1,261		0,481	
	KT0134		0,004		0,000	
Bus 13	12	13	2,032	3,222	1,693	2,180
	14		1,257		0,469	
	KT0135		0,025		0,000	
Bus 14	13	14	2,031	3,208	1,664	2,158
	15		1,251		0,502	
	KT1388		0,014		0,000	
Bus 15	14	15	1,978	3,166	1,581	2,093
	16		0,033		0,000	
	18		1,241		0,519	
	KT0136		0,002		0,000	
Bus 16	15	16	3,124	3,155	2,083	2,083
	17		0,012		0,000	
	KT0137		0,02		0,000	
Bus 17	16	17	3,124	3,135	2,066	2,066
	KT0138		0,012		0,000	
Bus 18	15	18	2,002	3,162	1,575	2,088
	19		0,091		0,000	
	29		1,142		0,521	
	KT1088		0,01		0,000	
Bus 19	18	19	2,952	3,037	1,974	1,974
	20		0,088		0,000	
	KT0139		0,003		0,000	
Bus 20	19	20	2,760	2,842	1,804	1,804
	21		0,071		0,000	
	KT1474		0,018		0,000	
Bus 21	20	21	2,581	2,647	1,642	1,642
	22		0,064		0,000	
	KT0191		0,007		0,000	
Bus 22	21	22	2,55	2,61	1,612	1,612
	23		0,058		0,000	
	KT0192		0,006		0,000	
Bus 23	22	23	2,529	2,583	1,591	1,591
	24		0,038		0,000	
	KT0140		0,02		0,000	
Bus 24	23	24	2,531	2,566	1,577	1,577
	25		0,027		0,000	
	KT1184		0,011		0,000	
Bus 25	24	25	2,526	2,552	1,566	1,566
	26		0,012		0,000	
	KT1185		0,015		0,000	
Bus 26	25	26	2,522	2,533	1,551	1,551
	27		0,009		0,000	

Tabel 4.8 Gangguan Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 dengan 1 DG (Lanjutan)

Bus Gangguan	Bus		3 Fase		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
	KT1308		0,002		0,000	
Bus 27	26	27	2,447	2,456	1,493	1,493
	28		0,003		0,000	
	KT1147		0,006		0,000	
Bus 28	27	28	2,394	2,397	1,449	1,449
	KT1309		0,003		0,000	
Bus 29	18	29	2,057	3,139	1,537	2,059
	30		1,142		0,529	
	KT0141		0,009		0,000	
Bus 30	29	30	2,017	3,014	1,484	2,018
	31		1,145		0,54	
	KT0142		0,011		0,000	
Bus 31	30	31	1,904	3,018	1,352	1,920
	32		1,168		0,574	
	KT0143		0,018		0,000	
Bus 32	31	32	1,852	2,974	1,284	1,872
	33		1,187		0,594	
	KT0144		0,006		0,000	
Bus 33	32	33	1,837	2,961	1,264	1,859
	34		1,166		0,6	
	KT0145		0,029		0,000	
Bus 34	33	34	1,858	2,958	1,26	1,856
	35		0,095		0,000	
	43		1,056		0,601	
	KT1142		0,016		0,000	
Bus 35	34	35	2,731	2,822	1,743	1,743
	36		0,088		0,000	
	KT0146		0,008		0,000	
Bus 36	35	36	2,730	2,813	1,736	1,736
	37		0,001		0,000	
	38		0,079		0,000	
	KT0147		0,007		0,000	
Bus 37	36	37	2,414	2,415	1,437	1,437
	KT1380		0,001		0,000	
Bus 38	36	38	2,614	2,689	1,636	1,636
	39		0,004		0,000	
	40		0,04		0,000	
	KT0148		0,035		0,000	
Bus 39	38	39	2,668	2,673	1,624	1,624
	KT1183		0,004		0,000	
Bus 40	38	40	2,535	2,572	1,547	1,547
	41		0,027		0,000	
	KT0149		0,013		0,000	
Bus 41	40	41	2,533	2,558	1,536	1,536
	42		0,02		0,000	

Tabel 4.8 Gangguan Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 dengan 1 DG (Lanjutan)

Bus Gangguan	Bus		3 Fase		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
	KT0185		0,007		0,000	
Bus 42	41	42	2,463	2,482	1,48	1,48
	KT0184		0,02		0,000	
Bus 43	34	43	1,954	2,955	1,256	1,853
	44		1,047		0,602	
	KT0150		0,01		0,000	
Bus 44	43	44	1,943	2,940	1,221	1,841
	45		1,049		0,608	
	KT0187		0,004		0,000	
Bus 45	44	45	1,943	2,938	1,236	1,839
	46		1,043		0,608	
	KT1116		0,007		0,000	
Bus 46	45	46	1,943	2,932	1,23	1,835
	47		1,018		0,61	
	KT0151		0,026		0,000	
Bus 47	46	47	1,962	2,929	1,226	1,832
	48		1,004		0,611	
	KT0194		0,016		0,000	
Bus 48	47	48	1,97	2,924	1,221	1,829
	49		0,166		0,000	
	52		0,83		0,613	
	KT0154		0,009		0,000	
Bus 49	48	49	2,564	2,722	1,658	1,658
	50		0,032		0,000	
	KT1186		0,135		0,000	
Bus 50	49	50	2,669	2,699	1,64	1,64
	51		0,024		0,000	
	KT0152		0,008		0,000	
Bus 51	50	51	2,648	2,671	1,618	1,618
	KT0155		0,024		0,000	
Bus 52	48	52	1,905	2,732	1,05	1,713
	53		0,008		0,000	
	55		0,847		0,666	
	KT0197		0,013		0,000	
Bus 53	52	53	2,437	2,445	1,487	1,487
	54		0,003		0,000	
	KT0156		0,004		0,000	
Bus 54	53	54	2,421	2,424	1,47	1,47
	KT0153		0,003		0,000	
Bus 55	52	55	1,752	2,591	0,925	1,642
	56		0,863		0,72	
	KT0157		0,19		0,000	
Bus 56	55	56	1,712	2,545	0,884	1,622
	57		0,868		0,741	
	KT0158		0,008		0,000	

Tabel 4.8 Gangguan Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 dengan 1 DG (Lanjutan)

Bus Gangguan	Bus		3 Fase		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
Bus 57	56	56	1,712	2,539	0,879	1,62
	58		0,86		0,744	
	KT0159		0,009		0,000	
Bus 58	57	58	1,715	2,535	0,875	1,618
	59		0,845		0,746	
	KT0160		0,017		0,000	
Bus 59	58	59	1,721	2,527	0,869	1,615
	60		0,03		0,000	
	62		0,132		0,000	
	71		0,682		0,750	
	KT1187		0,004		0,000	
Bus 60	59	60	2,48	2,508	1,6	1,6
	61		0,014		0,000	
	KT0161		0,016		0,000	
Bus 61	60	61	2,463	2,477	1,573	1,573
	KT1188		0,014		0,000	
Bus 62	59	62	2,09	2,217	1,348	1,348
	63		0,101		0,000	
	KT0162		0,032		0,000	
Bus 63	62	63	2,083	2,18	1,318	1,318
	64		0,071		0,000	
	KT1047		0,03		0,000	
Bus 64	63	64	2,095	2,163	1,304	1,304
	65		0,053		0,000	
	KT0163		0,018		0,000	
Bus 65	64	65	2,093	2,144	1,29	1,29
	66		0,048		0,000	
	KT0164		0,005		0,000	
Bus 66	65	66	2,048	2,13	1,279	1,279
	67		0,02		0,000	
	69		0,023		0,000	
	KT0183		0,005		0,000	
Bus 67	66	67	2,025	2,044	1,215	1,215
	68		0,016		0,000	
	KT0165		0,004		0,000	
Bus 68	67	68	2,023	2,038	1,211	1,211
	KT0188		0,016		0,000	
Bus 69	66	69	2,058	2,079	1,241	1,241
	70		0,012		0,000	
	KT0167		0,01		0,000	
Bus 70	69	70	2,002	2,014	1,193	1,193
	KT1483		0,012		0,000	
Bus 71	59	71	1,845	2,5	0,850	1,606
	72		0,675		0,759	
	KT0186		0,01		0,000	

Tabel 4.8 Gangguan Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 dengan 1 DG (Lanjutan)

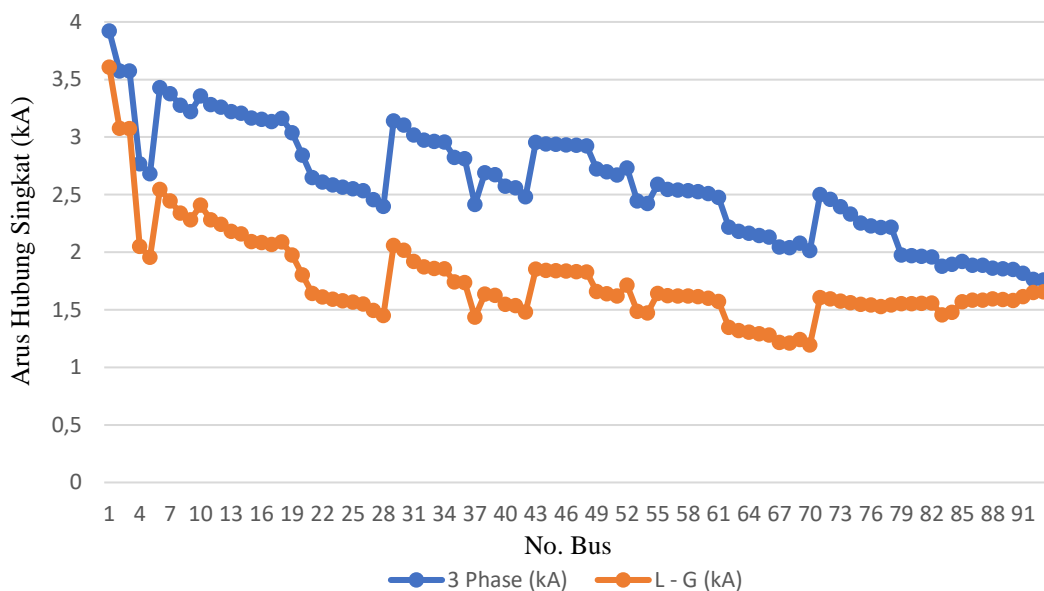
Bus Gangguan	Bus		3 Fase		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
Bus 72	71	72	1,807	2,458	0,821	1,593
	73		0,657		0,774	
	KT0168		0,024		0,000	
Bus 73	72	73	1,759	2,395	0,778	1,575
	74		0,649		0,799	
	KT0169		0,018		0,000	
Bus 74	73	74	1,705	2,332	0,735	1,56
	75		0,659		0,827	
	KT1189		0,029		0,000	
Bus 75	74	75	1,643	2,253	0,682	1,546
	76		0,637		0,866	
	KT0170		0,003		0,000	
Bus 76	75	76	1,617	2,227	0,664	1,542
	77		0,065		0,000	
	78		0,569		0,881	
	KT1190		0,008		0,000	
Bus 77	76	77	2,151	2,213	1,528	1,528
	KT1489		0,065		0,000	
Bus 78	77	78	1,673	2,216	0,657	1,541
	79		0,556		0,887	
	KT0188		0,014		0,000	
Bus 79	78	79	1,419	1,975	0,492	1,553
	80		0,579		1,063	
	KT0171		0,01		0,000	
Bus 80	79	80	1,424	1,970	0,489	1,554
	81		0,577		1,067	
	KT0172		0,002		0,000	
Bus 81	80	81	1,418	1,963	0,483	1,556
	82		0,57		1,075	
	KT1191		0,009		0,000	
Bus 82	81	82	1,42	1,958	0,478	1,558
	83		0,012		0,000	
	84		0,01		0,000	
	85		0,522		1,081	
	KT0173		0,027		0,000	
Bus 83	82	83	1,866	1,878	1,456	1,456
	KT1062		0,012		0,000	
Bus 84	82	84	1,885	1,895	1,477	1,477
	KT0174		0,01		0,000	
Bus 85	82	85	1,425	1,92	0,453	1,57
	86		0,516		1,119	
	KT0175		0,011		0,000	
Bus 86	85	86	1,398	1,887	0,428	1,583
	87		0,493		1,157	
	KT0176		0,027		0,000	

Tabel 4.8 Gangguan Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 dengan 1 DG (Lanjutan)

Bus Gangguan	Bus		3 Fase		L - G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
Bus 87	86	87	1,421	1,885	0,427	1,584
	88		0,48		1,16	
	KT1192		0,013		0,000	
Bus 88	87	88	1,407	1,86	0,409	1,595
	89		0,017		0,000	
	91		0,448		1,189	
	KT0177		0,018		0,000	
Bus 89	88	89	1,839	1,855	1,588	1,588
	90		0,003		0,000	
	KT0178		0,013		0,000	
Bus 90	89	90	1,847	1,851	1,581	1,581
	KT0121		0,003		0,000	
Bus 91	88	91	1,395	1,818	0,379	1,615
	92		0,434		1,239	
	KT0179		0,018		0,000	
Bus 92	91	92	1,356	1,765	0,339	1,649
	93		0,435		1,312	
	KT0124		0,005		0,000	
Bus 93	92	93	1,352	1,758	0,333	1,655
	DG		0,428		1,324	
	KT1049		0,007		0,000	

Sumber: Hasil Data Olahan

Adapun tampilan grafik hubung singkat tiga fasa dan satu fasa ke tanah berdasarkan hasil simulasi hubung singkat dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0 setelah dilakukannya penambahan 1 DG dengan kapasitas 2,4 MW pada bus 93 ditunjukkan pada gambar di bawah ini:

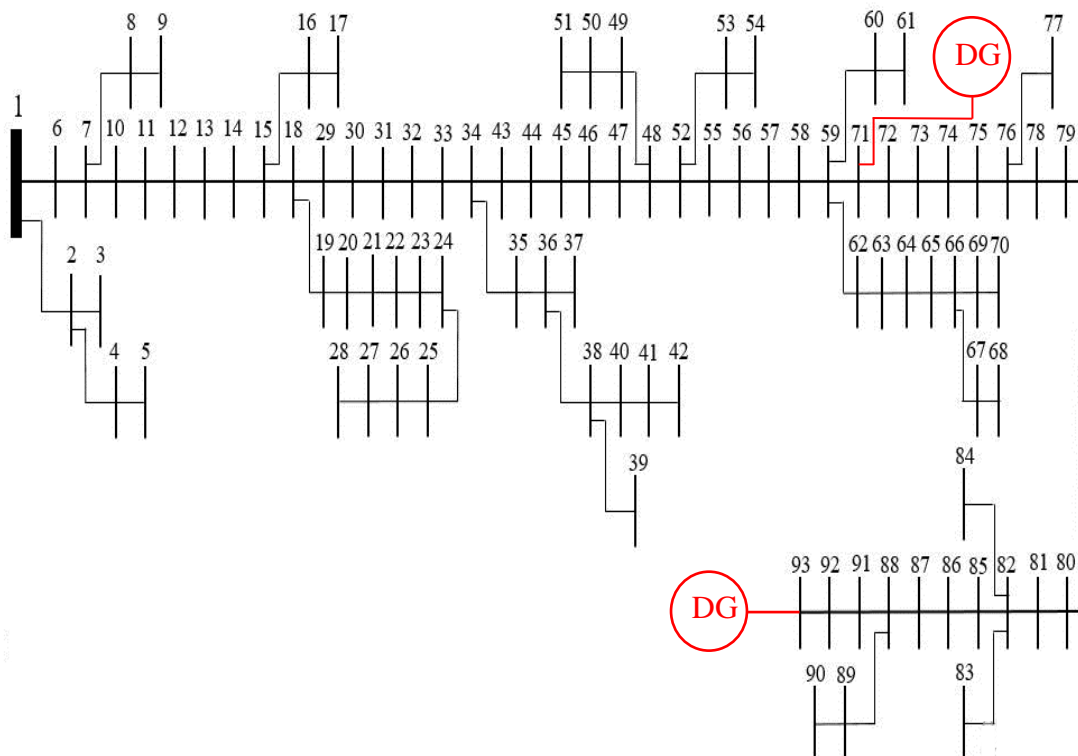


Gambar 4.11 Grafik Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 dengan 1 DG

Berdasarkan gambar grafik di atas, hubung singkat tiga fasa dan satu fasa ke tanah pada Penyulang Raya 10 dengan 1 DG pada bus 93 terus mengalami penurunan mulai dari bus 1 yang terletak dekat dari sumber listrik hingga bus 93 yang terletak berada di ujung saluran dan nilai hubung singkat tiga fasa lebih besar dibandingkan dengan nilai hubung singkat satu fasa ke tanah. Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa nilai arus hubung singkat tiga fasa yang memiliki nilai paling rendah terdapat pada bus 93 dengan nilai arus gangguan hubung singkat sebesar 1,758 kA dan nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah yang memiliki nilai paling rendah terdapat pada bus 70 dengan nilai arus gangguan hubung singkat sebesar 1,193 kA. Hal tersebut menunjukkan bahwa arus hubung singkat satu fasa ke tanah lebih berpengaruh dibandingkan dengan arus hubung singkat tiga fasa akibat adanya penambahan 1 DG pada bus 93.

4.1.3 Pemasangan 2 DG pada Bus Berdasarkan VSI

Berdasarkan analisa VSI sebelumnya didapatlah bahwa bus dengan indeks terendah adalah bus 71, maka akan dilakukan penambahan DG pada bus tersebut. Dua DG ditambahkan masing-masing 20% dari total beban yakni sebesar 1,2 MW pada bus 71 dan 93. Setelah pemasangan 2 DG pada bus 71 dan 93 akan diamati bagaimana pengaruhnya terhadap kondisi profil tegangan sistem dan VSI masing-masing bus untuk mengetahui stabilitas tegangan. Adapun untuk lokasi penambahan 2 DG ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.12 Penambahan 2 DG pada Penyulang Raya 10

Dengan menggunakan nilai tegangan dasar 20 kV, daya dasar 1 MVA, dan akurasi 0,00001 serta menggunakan metode *Newton-Raphson* nilai profil tegangan dan VSI pada setiap bus ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.9 Tegangan Bus dan VSI Penyulang Raya 10 dengan 2 DG

No.Bus	Tegangan (p.u)	Tegangan (kV)	Jatuh Tegangan (%)	VSI (p.u)
1	1	20,0000	0,000	1
2	0,99992	19,9985	0,008	0,99989
3	0,99991	19,9984	0,009	0,9997
4	0,99983	19,9967	0,017	0,99964
5	0,99983	19,9965	0,017	0,99931
6	0,99591	19,9181	0,409	0,99906
7	0,99531	19,9062	0,469	0,98369
8	0,9953	19,9059	0,470	0,98135
9	0,99529	19,9058	0,471	0,98129
10	0,99506	19,9013	0,494	0,98127
11	0,9942	19,8841	0,580	0,9803
12	0,99392	19,8785	0,608	0,97699
13	0,99343	19,8687	0,657	0,97575
14	0,99327	19,8653	0,673	0,97393
15	0,99278	19,8555	0,722	0,97332
16	0,99277	19,8554	0,723	0,97138
17	0,99277	19,8553	0,723	0,97136

Tabel 4.9 Tegangan Bus dan VSI Penyulang Raya 10 dengan 2 DG (Lanjutan)

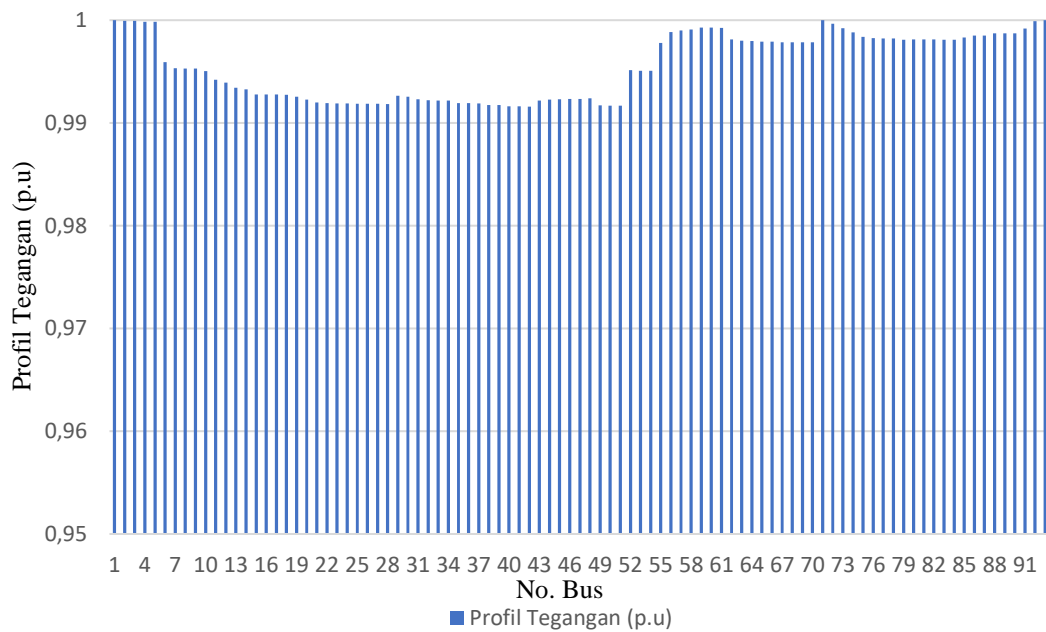
No.Bus	Tegangan (p.u)	Tegangan (kV)	Jatuh Tegangan (%)	VSI (p.u)
18	0,99274	19,8549	0,726	0,97136
19	0,99256	19,8513	0,744	0,97127
20	0,99226	19,8453	0,774	0,97043
21	0,99199	19,8398	0,801	0,96935
22	0,99194	19,8387	0,806	0,96831
23	0,9919	19,8381	0,810	0,96806
24	0,99189	19,8378	0,811	0,96797
25	0,99188	19,8376	0,812	0,96791
26	0,99188	19,8375	0,812	0,96791
27	0,99186	19,8372	0,814	0,96786
28	0,99185	19,8371	0,815	0,96781
29	0,99266	19,8532	0,734	0,96777
30	0,99255	19,8511	0,745	0,9709
31	0,9923	19,8460	0,770	0,97037
32	0,9922	19,8440	0,780	0,96952
33	0,99217	19,8435	0,783	0,96904
34	0,99217	19,8435	0,783	0,96903
35	0,99194	19,8388	0,806	0,969
36	0,99192	19,8385	0,808	0,96813
37	0,99191	19,8382	0,809	0,96806
38	0,99173	19,8346	0,827	0,96771
39	0,99173	19,8345	0,827	0,96731
40	0,99163	19,8326	0,837	0,96716
41	0,99162	19,8324	0,838	0,96692
42	0,99159	19,8317	0,841	0,96678
43	0,99219	19,8438	0,781	0,96675
44	0,99228	19,8456	0,772	0,96911
45	0,99229	19,8458	0,771	0,96946
46	0,99232	19,8465	0,768	0,96946
47	0,99235	19,8470	0,765	0,96961
48	0,99239	19,8478	0,761	0,96969
49	0,99171	19,8342	0,829	0,96861
50	0,99169	19,8339	0,831	0,96722
51	0,99168	19,8336	0,832	0,9671
52	0,99513	19,9027	0,487	0,96697
53	0,99509	19,9017	0,491	0,98063
54	0,99509	19,9017	0,491	0,98048
55	0,9978	19,9560	0,220	0,98024
56	0,99885	19,9770	0,115	0,99116
57	0,99899	19,9797	0,101	0,99538
58	0,99909	19,9817	0,091	0,99591
59	0,99929	19,9857	0,071	0,99634
60	0,99927	19,9855	0,073	0,9971
61	0,99926	19,9853	0,074	0,99704
62	0,99812	19,9623	0,188	0,9966
63	0,998	19,9599	0,200	0,99233
64	0,99796	19,9591	0,204	0,99194

Tabel 4.9 Tegangan Bus dan VSI Penyulang Raya 10 dengan 2 DG (Lanjutan)

No.Bus	Tegangan (p.u)	Tegangan (kV)	Jatuh Tegangan (%)	VSI (p.u)
65	0,99792	19,9585	0,208	0,99183
66	0,9979	19,9580	0,210	0,9917
67	0,99784	19,9569	0,216	0,9916
68	0,99784	19,9568	0,216	0,99137
69	0,99786	19,9573	0,214	0,99132
70	0,99784	19,9567	0,216	0,99139
71	1	20	0	0,99132
72	0,99967	19,9934	0,033	0,99984
73	0,99922	19,9845	0,078	0,99852
74	0,99881	19,9762	0,119	0,99665
75	0,99838	19,9677	0,162	0,99522
76	0,99824	19,9648	0,176	0,9935
77	0,99821	19,9642	0,179	0,99277
78	0,99823	19,9645	0,177	0,99281
79	0,99811	19,9623	0,189	0,99273
80	0,99812	19,9623	0,188	0,99247
81	0,99812	19,9624	0,188	0,99245
82	0,99813	19,9625	0,187	0,99242
83	0,99809	19,9617	0,191	0,99242
84	0,9981	19,9620	0,190	0,99229
85	0,9983	19,9660	0,170	0,99234
86	0,9985	19,9699	0,150	0,99301
87	0,99851	19,9702	0,149	0,99397
88	0,99873	19,9746	0,127	0,99394
89	0,99873	19,9745	0,127	0,9949
90	0,99873	19,9745	0,127	0,99491
91	0,9992	19,9839	0,080	0,99476
92	0,99989	19,9978	0,011	0,99674
93	1	20	0	0,99954

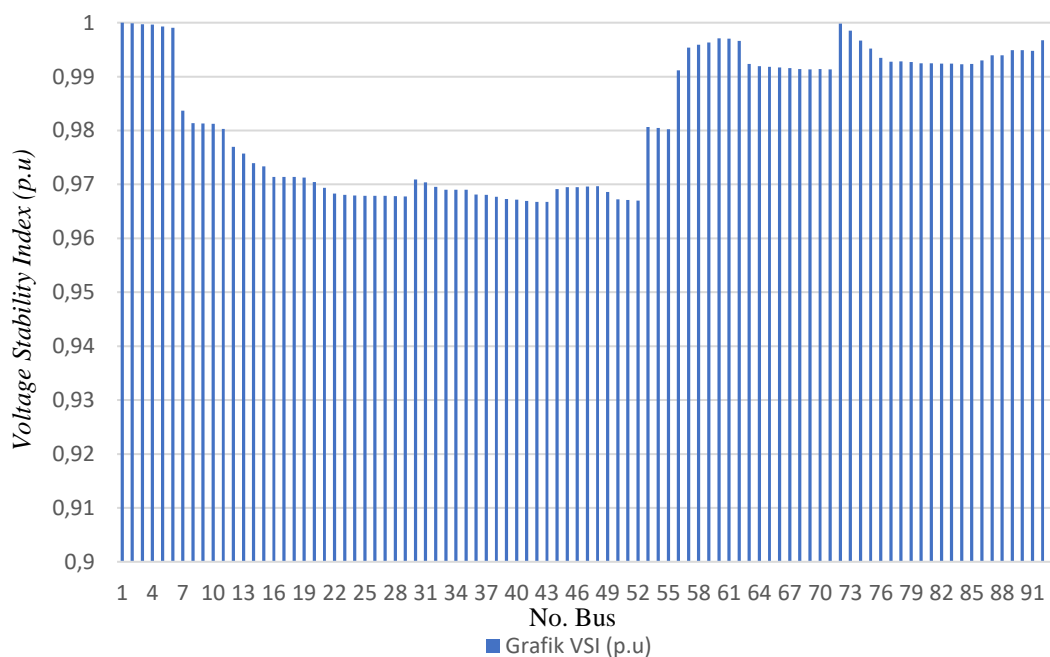
Sumber: Hasil Data Olahan

Adapun untuk hasil simulasi profil tegangan akan ditunjukkan pada gambar grafik di bawah ini:



Gambar 4.13 Grafik Profil Tegangan Penyulang Raya 10 dengan 2 DG

Setelah penambahan 2 DG dengan masing-masing berkapasitas 1,2 MW pada bus 71 dan 93 didapatkan nilai tegangan semua bus berada pada level antara 0,95-1,0 p.u dengan nilai profil tegangan minimum 0,99159 p.u atau 19,8438 kV serta persentase jatuh tegangan sebesar 0,841% yang terjadi pada bus 42. Adapun untuk grafik VSI ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.14 Grafik VSI Penyulang Raya 10 dengan 2 DG

Dari hasil simulasi pada tabel 4.7 setelah menambah 2 DG dengan kapasitas masing-masing 1,2 MW pada bus 71 dan 93 maka didapatlah nilai indeks kestabilan terendah berada pada bus 43 dengan nilai indeks 0,96675 p.u. Dari hasil VSI tersebut menandakan bahwa sistem ini sudah cukup stabil dikarenakan level kestabilan tegangan pada semua bus lebih dari 0,95 p.u, sehingga selanjutnya tidak ada penambahan DG pada sistem ini.

4.1.3.1 Aliran Arus Normal dengan Penambahan 2 DG

Dengan menggunakan nilai tegangan dasar 20 kV, daya dasar 1 MVA, dan akurasi 0.00001. Aliran arus pada beberapa saluran dari hasil *running software* ETAP 12.6.0 setelah dilakukannya penambahan 2 DG dengan kapasitas masing-masing 1,2 MW pada bus 71 dan 93 yang ditampilkan ke dalam tabel di bawah ini:

Tabel 4.10 Aliran Arus Normal Peyulang Raya 10 dengan 2 DG

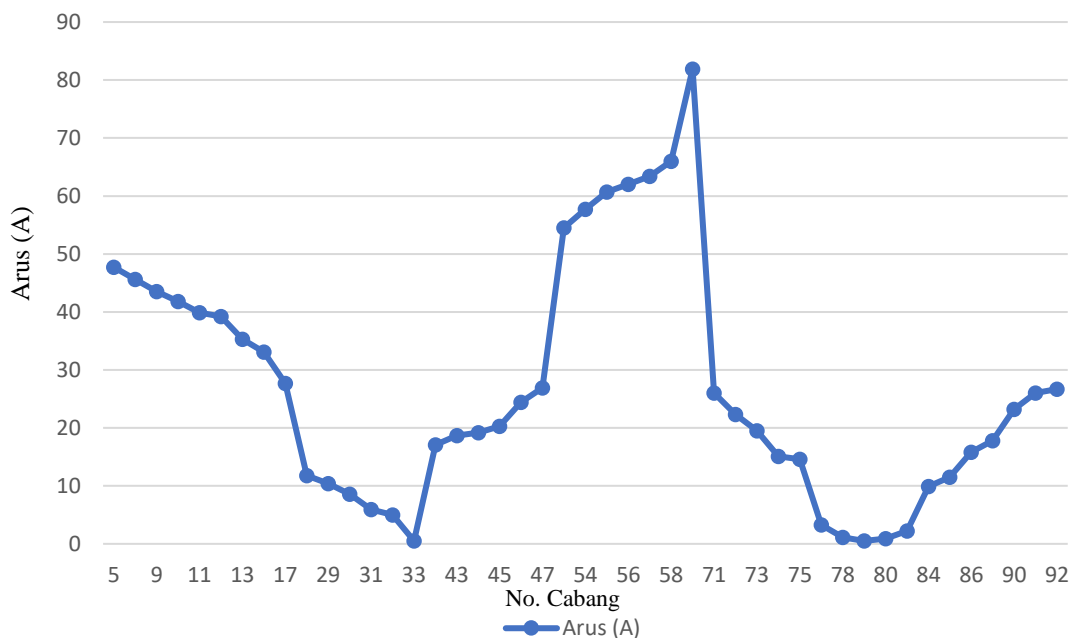
No. Cabang	Bus		Arus (A)
	from	to	
5	1	6	47,7
6	6	7	45,6
9	7	10	43,5
10	10	11	41,8
11	11	12	39,9
12	12	13	39,2
13	13	14	35,3
14	14	15	33,1
17	15	18	27,7
28	18	29	11,8
29	29	30	10,4
30	30	31	8,6
31	31	32	5,9
32	32	33	5
33	33	34	0,5
42	43	34	17,1
43	44	43	18,7
44	45	44	19,2
45	46	45	20,3
46	47	46	24,4
47	48	47	26,9
51	52	48	54,5
54	55	52	57,7
55	56	55	60,7
56	57	56	62
57	58	57	63,4
58	59	58	66
70	71	59	81,9

Tabel 4.10 Aliran Arus Normal Peyulang Raya 10 dengan 2 DG (Lanjutan)

No. Cabang	Bus		Arus (A)
	from	to	
71	71	72	26
72	72	73	22,3
73	73	74	19,5
74	74	75	15,1
75	75	76	14,6
77	76	78	3,3
78	78	79	1,1
79	80	79	0,5
80	81	80	0,9
81	82	81	2,2
84	85	82	9,9
85	86	85	11,5
86	87	86	15,8
87	88	87	17,8
90	91	88	23,2
91	92	91	26
92	93	92	26,7

Sumber: Hasil Data Olahan

Adapun tampilan grafik aliran arus dari hasil simulasi ditunjukkan pada gambar di bawah ini:

**Gambar 4.15** Grafik Arus Normal Penyulang Raya 10 dengan 2 DG

Dari hasil simulasi aliran arus pada Penyulang Raya 10 dengan penambahan 2 DG pada bus 71 dan 93 yang ditampilkan dalam bentuk grafik di atas didapatkan nilai arus terbesar berada pada saluran 70 dengan nilai arus 81,9 A dimana saluran 70 merupakan saluran yang berdekatan dengan bus 71 dimana bus tersebut

merupakan tempat penambahan DG dan nilai arus terendah berada pada saluran 33 dan 79 dengan nilai arus sebesar 0,5 A serta terjadi pembalikan arah arus dari saluran 92 ke saluran 79 dan saluran 71 ke saluran 33, pembalikan arah arus tersebut disebabkan karena adanya penambahan DG. Hal ini menunjukkan bahwa semakin jauh dengan sumber maka nilai arus akan semakin kecil dikarenakan arus mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah.

4.1.3.2 Gangguan Arus Hubung Singkat dengan Penambahan 2 DG

Adapun gangguan arus hubung singkat tiga fasa dan satu fasa ke tanah akibat penambahan DG pada bus 71 dan 93 ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.11 Gangguan Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 dengan 2 DG

Bus Gangguan	Bus		3 Fasa		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
Bus 1	2	1	0,022	3,94	0,000	3,657
	6		1,140		0,403	
	Snbr		2,887		3,315	
Bus 2	1	2	3,573	3,592	3,11	3,11
	3		0,001		0,000	
	4		0,008		0,000	
	KT0122		0,012		0,000	
Bus 3	2	3	3,590	3,591	3,108	3,108
	KT0125		0,001		0,00	
Bus 4	2	4	2,77	2,777	2,064	2,064
	5		0,004		0,000	
	KT0126		0,003		0,000	
Bus 5	4	5	2,686	2,69	1,97	1,97
	KT0127		0,004		0,000	
Bus 6	1	6	2,286	3,455	2,068	2,068
	7		1,256		0,000	
	KT0128		0,014		0,000	
Bus 7	6	7	2,225	3,403	1,949	1,949
	8		0,009		0,000	
	10		1,265		0,000	
	KT0129		0,004		0,000	
Bus 8	7	8	3,292	3,3	2,444	2,444
	9		0,006		0,000	
	KT0130		0,003		0,000	
Bus 9	8	9	3,238	3,243	2,382	2,382
	KT0131		0,006		0,000	
Bus 10	7	10	2,206	3,382	1,902	2,527
	11		1,264		0,641	
	KT0132		0,01		0,000	
Bus 11	10	11	2,11	3,311	1,745	2,415

Bus Gangguan	Bus		3 Fase		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
	12		1,286		0,684	
	KT0133		0,012		0,000	
Bus 12	11	12	2,086	3,289	1,696	2,382
	13		1,294		0,699	
	KT0134		0,004		0,000	
Bus 13	12	13	2,032	3,251	1,615	2,328
	14		1,291		0,725	
	KT0135		0,025		0,000	
Bus 14	13	14	2,031	3,238	1,586	2,309
	15		1,286		0,735	
	KT1388		0,014		0,000	
Bus 15	14	15	1,978	3,196	1,5	2,256
	16		0,033		0,000	
	18		1,277		0,767	
	KT0136		0,002		0,000	
Bus 16	15	16	3,154	3,185	2,244	2,244
	17		0,012		0,000	
	KT0137		0,02		0,000	
Bus 17	16	17	3,153	3,165	2,224	2,224
	KT0138		0,012		0,000	
Bus 18	15	18	2,002	3,193	1,494	2,252
	19		0,091		0,000	
	29		1,178		0,769	
	KT1088		0,01		0,000	
Bus 19	18	19	2,98	3,065	2,12	2,12
	20		0,088		0,000	
	KT0139		0,003		0,000	
Bus 20	19	20	2,784	2,867	1,925	1,925
	21		0,071		0,000	
	KT1474		0,018		0,000	
Bus 21	20	21	2,602	2,669	1,741	1,741
	22		0,064		0,000	
	KT0191		0,007		0,000	
Bus 22	21	22	2,571	2,63	1,707	1,707
	23		0,058		0,000	
	KT0192		0,006		0,000	
Bus 23	22	23	2,549	2,604	1,684	1,684
	24		0,038		0,000	
	KT0140		0,02		0,000	
Bus 24	23	24	2,551	2,586	1,669	1,669
	25		0,027		0,000	
	KT1184		0,011		0,000	
Bus 25	24	25	2,546	2,572	1,656	1,656
	26		0,012		0,000	
	KT1185		0,015		0,000	

Bus Gangguan	Bus		3 Fase		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
Bus 26	25	26	2,541	2,552	1,64	1,64
	27		0,009		0,000	
	KT1308		0,002		0,000	
Bus 27	26	27	2,465	2,474	1,574	1,574
	28		0,003		0,000	
	KT1147		0,006		0,000	
Bus 28	27	28	2,412	2,415	1,525	1,525
	KT1309		0,003		0,000	
Bus 29	18	29	2,057	3,169	1,455	2,228
	30		1,179		0,784	
	KT0141		0,009		0,000	
Bus 30	29	30	2,017	3,136	1,4	2,196
	31		1,183		0,805	
	KT0142		0,011		0,000	
Bus 31	30	31	1,904	3,052	1,263	2,123
	32		1,208		0,869	
	KT0143		0,018		0,000	
Bus 32	31	32	1,852	3,009	1,191	2,091
	33		1,228		0,908	
	KT0144		0,006		0,000	
Bus 33	32	33	1,837	2,996	1,17	2,082
	34		1,208		0,921	
	KT0145		0,029		0,000	
Bus 34	33	34	1,858	2,993	1,165	2,081
	35		0,095		0,000	
	43		1,098		0,923	
	KT1142		0,016		0,000	
Bus 35	34	35	2,763	2,854	1,939	1,939
	36		0,088		0,000	
	KT0146		0,008		0,000	
Bus 36	35	36	2,762	2,846	1,931	1,931
	37		0,001		0,000	
	38		0,079		0,000	
	KT0147		0,007		0,000	
Bus 37	36	37	2,438	2,439	1,568	1,568
	KT1380		0,001		0,000	
Bus 38	36	38	2,643	2,718	1,809	1,809
	39		0,004		0,000	
	40		0,004		0,000	
	KT0148		0,035		0,000	
Bus 39	38	39	2,698	2,702	1,793	1,793
	KT1183		0,004		0,000	
Bus 40	38	40	2,562	2,599	1,7	1,7
	41		0,027		0,000	
	KT0149		0,013		0,000	

Bus Gangguan	Bus		3 Fase		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
Bus 41	40	41	2,559	2,585	1,687	1,687
	42		0,02		0,000	
	KT0185		0,007		0,000	
Bus 42	41	42	2,488	2,507	1,619	1,619
	KT0184		0,02		0,000	
Bus 43	34	43	1,954	2,99	1,162	2,079
	44		1,089		0,925	
	KT0150		0,01		0,000	
Bus 44	43	44	1,943	2,976	1,143	2,071
	45		1,091		0,936	
	KT0187		0,004		0,000	
Bus 45	44	45	1,943	2,973	1,14	2,07
	46		1,085		0,938	
	KT1116		0,007		0,000	
Bus 46	45	46	1,943	2,968	1,134	2,068
	47		1,061		0,941	
	KT0151		0,026		0,000	
Bus 47	46	47	1,962	2,965	1,13	2,066
	48		1,046		0,944	
	KT0194		0,016		0,000	
Bus 48	47	48	1,97	2,960	1,124	2,064
	49		0,166		0,000	
	52		0,873		0,947	
	KT0154		0,009		0,000	
Bus 49	48	49	2,595	2,754	1,848	1,848
	50		0,032		0,000	
	KT1186		0,135		0,000	
Bus 50	49	50	2,7	2,73	1,826	1,826
	51		0,024		0,000	
	KT0152		0,008		0,000	
Bus 51	50	51	2,678	2,701	1,799	1,799
	KT0155		0,024		0,000	
Bus 52	48	52	1,905	2,77	0,941	1,999
	53		0,008		0,000	
	55		0,893		1,065	
	KT0197		0,013		0,000	
Bus 53	52	53	2,469	2,476	1,698	1,698
	54		0,003		0,000	
	KT0156		0,004		0,000	
Bus 54	53	54	2,452	2,455	1,678	1,678
	KT0153		0,003		0,000	
Bus 55	52	55	1,752	2,632	0,800	1,987
	56		0,913		1,193	
	KT0157		0,019		0,000	
Bus 56	55	56	1,712	2,587	0,752	1,994

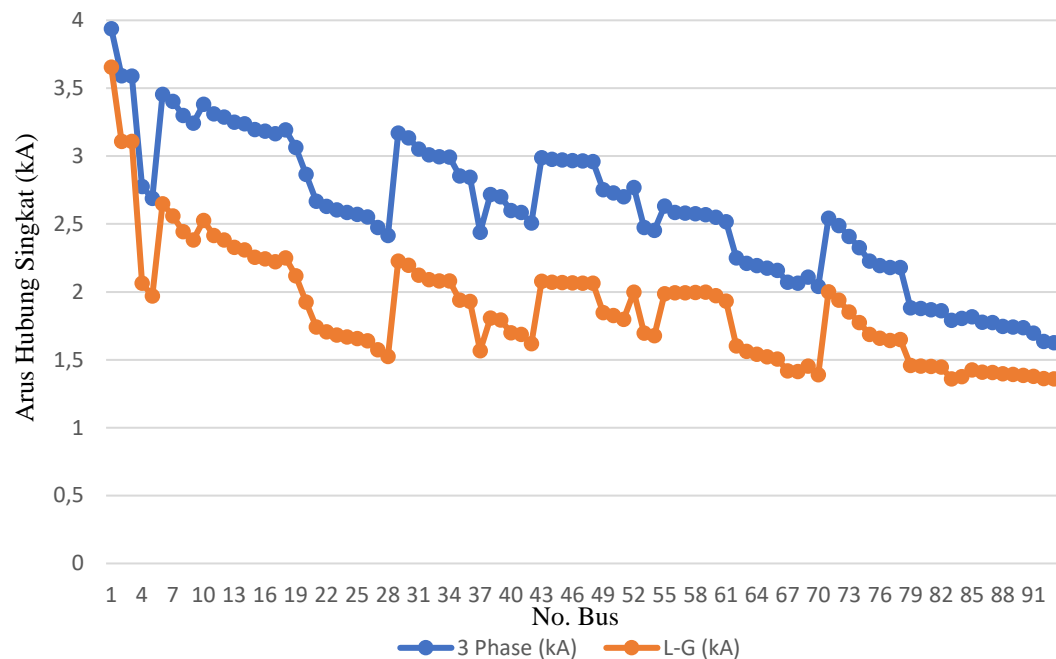
Bus Gangguan	Bus		3 Fase		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
	57		0,919		1,248	
	KT0158		0,008		0,000	
Bus 57	56	57	1,712	2,581	0,746	1,995
	58		0,912		1,255	
	KT0159		0,009		0,000	
Bus 58	57	58	1,715	2,577	0,742	1,996
	59		0,896		1,26	
	KT0160		0,017		0,000	
Bus 59	58	59	1,721	2,57	0,734	1,998
	60		0,03		0,000	
	62		0,132		0,000	
	71		0,733		1,27	
	KT1187		0,004		0,000	
Bus 60	59	60	2,522	2,551	1,974	1,974
	61		0,014		0,000	
	KT0161		0,016		0,000	
Bus 61	60	61	2,504	2,518	1,934	1,934
	KT1188		0,014		0,000	
Bus 62	59	62	2,123	2,251	1,604	1,604
	63		0,101		0,000	
	KT0162		0,032		0,000	
Bus 63	62	63	2,115	2,212	1,562	1,562
	64		0,071		0,000	
	KT1047		0,03		0,000	
Bus 64	63	64	2,126	2,194	1,542	1,542
	65		0,053		0,000	
	KT0163		0,018		0,000	
Bus 65	64	65	2,124	2,175	1,523	1,523
	66		0,048		0,000	
	KT0164		0,005		0,000	
Bus 66	65	66	2,114	2,16	1,507	1,507
	67		0,02		0,000	
	69		0,023		0,000	
	KT0183		0,005		0,000	
Bus 67	66	67	2,053	2,073	1,42	1,42
	68		0,016		0,000	
	KT0165		0,004		0,000	
Bus 68	67	68	2,051	2,066	1,414	1,414
	KT0166		0,016		0,000	
Bus 69	66	69	2,087	2,109	1,455	1,455
	70		0,012		0,000	
	KT0167		0,01		0,000	
Bus 70	69	70	2,03	2,041	1,39	1,39
	KT1483		0,012		0,000	
Bus 71	59	71	1,845	2,543	0,712	2,001

Bus Gangguan	Bus		3 Fase		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
	72		0,514		0,46	
	DG 1		0,214		0,853	
	KT0186		0,01		0,000	
Bus 72	71	72	1,992	2,489	1,465	1,939
	73		0,494		0,474	
	KT0168		0,024		0,000	
Bus 73	72	73	1,93	2,408	1,359	1,853
	74		0,481		0,495	
	KT0169		0,018		0,000	
Bus 74	73	74	1,862	2,327	1,258	1,775
	75		0,457		0,517	
	KT1189		0,029		0,000	
Bus 75	74	75	1,785	2,227	1,142	1,687
	76		0,46		0,545	
	KT0170		0,003		0,000	
Bus 76	75	76	1,754	2,195	1,105	1,660
	77		0,065		0,000	
	78		0,39		0,555	
	KT1190		0,008		0,000	
Bus 77	76	77	2,119	2,181	1,643	1,643
	KT1489		0,065		0,000	
Bus 78	76	78	1,808	2,181	1,091	1,65
	79		0,376		0,559	
	KT0188		0,014		0,000	
Bus 79	78	79	1,514	1,884	0,797	1,458
	80		0,381		0,662	
	KT0171		0,01		0,000	
Bus 80	79	80	1,518	1,879	0,791	1,455
	81		0,379		0,665	
	KT0172		0,002		0,000	
Bus 81	80	81	1,511	1,87	0,781	1,451
	82		0,371		0,669	
	KT1191		0,009		0,000	
Bus 82	81	82	1,513	1,863	0,776	1,447
	83		0,012		0,000	
	84		0,01		0,000	
	85		0,322		0,672	
	KT0173		0,027		0,000	
Bus 83	82	83	1,770	1,791	1,359	1,359
	KT1062		0,012		0,000	
Bus 84	82	84	1,796	1,806	1,377	1,377
	KT0174		0,01		0,000	
Bus 85	82	85	1,513	1,818	0,737	1,427
	86		0,313		0,691	
	KT0175		0,011		0,000	

Bus Gangguan	Bus		3 Fase		L – G (1 Fasa)	
	from	to	Arus (kA)	Total Arus (kA)	Arus (kA)	Total Arus (kA)
Bus 86	85	86	1,481	1,778	0,701	1,409
	87		2,88		0,709	
	KT0176		0,027		0,000	
Bus 87	86	87	1,505	1,775	0,699	1,408
	88		0,275		0,71	
	KT1192		0,013		0,000	
Bus 88	87	88	1,487	1,746	0,674	1,397
	89		0,017		0,000	
	91		0,241		0,724	
	KT0177		0,018		0,000	
Bus 89	88	89	1,726	1,742	1,392	1,392
	90		0,003		0,000	
	KT0178		0,013		0,000	
Bus 90	89	90	1,734	1,737	1,386	1,386
	KT0121		0,003		0,000	
Bus 91	88	91	1,471	1,697	0,634	1,38
	92		0,224		0,747	
	KT0179		0,018		0,000	
Bus 92	91	92	1,425	1,635	0,585	1,362
	93		0,221		0,778	
	KT0124		0,005		0,000	
Bus 93	92	93	1,421	1,626	0,577	1,359
	DG 2		0,214		0,783	
	KT1049		0,007		0,000	

Sumber: Hasil Data Olahan

Adapun tampilan grafik hubung singkat tiga fasa dan satu fasa ke tanah berdasarkan hasil simulasi hubung singkat dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0 setelah dilakukannya penambahan 2 DG dengan kapasitas masing-masing 1,2 MW pada bus 71 dan 93 ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.16 Grafik Arus Hubung Singkat Penyulang Raya 10 dengan 2 DG

Berdasarkan gambar grafik di atas, hubung singkat tiga fasa dan satu fasa ke tanah pada Penyulang Raya 10 dengan 2 DG pada bus 71 dan 93 terus mengalami penurunan mulai dari bus 1 yang terletak dekat dari sumber listrik hingga bus 93 yang terletak berada di ujung saluran dan nilai hubung singkat tiga fasa lebih besar dibandingkan dengan nilai hubung singkat satu fasa ke tanah. Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa nilai arus hubung singkat tiga fasa yang memiliki nilai paling rendah terdapat pada bus 93 dengan nilai arus gangguan hubung singkat sebesar 1,626 kA dan nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah yang memiliki nilai paling rendah terdapat pada bus 83 dengan nilai arus gangguan hubung singkat sebesar 1,359 kA. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin jauh dari sumber maka nilai gangguan arus hubung singkatnya makin kecil.

4.2 Analisa Aliran Arus Normal Akibat Penambahan DG

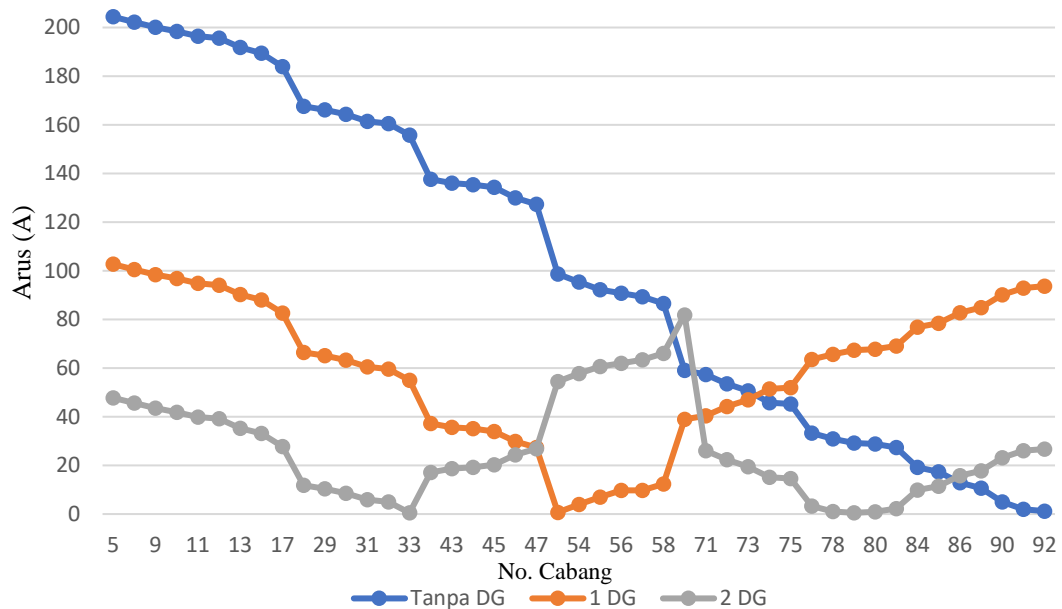
Setelah melalui serangkaian analisa aliran arus normal menggunakan *software* ETAP 12.6.0 dengan penambahan 1 DG pada bus 93 berkapasitas 2,5 MW dan penambahan 2 DG pada bus 71 dan 93 yang masing-masing berkapasitas 1,2 MW. Adapun hasil simulasi tersebut ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.12 Aliran Arus Normal pada Setiap Skenario Penambahan DG

No. Cabang	KHA (A)	Tanpa DG				1 DG				2 DG			
		from	to	Arus (A)	%	from	to	Arus (A)	%	from	to	Arus (A)	%
5	425	1	6	204,4	48,09	1	6	102,7	24,16	1	6	47,7	11,22
6	425	6	7	202,2	47,58	6	7	100,5	23,65	6	7	45,6	10,73
9	425	7	10	200,1	47,08	7	10	98,4	23,15	7	10	43,5	10,24
10	425	10	11	198,4	46,68	10	11	96,8	22,78	10	11	41,8	9,84
11	425	11	12	196,4	46,21	11	12	94,8	22,31	11	12	39,9	9,39
12	425	12	13	195,7	46,05	12	13	94,1	22,14	12	13	39,2	9,22
13	425	13	14	191,8	45,13	13	14	90,2	21,22	13	14	35,3	8,31
14	425	14	15	189,5	44,59	14	15	88	20,71	14	15	33,1	7,79
17	425	15	18	183,9	43,27	15	18	82,6	19,44	15	18	27,7	6,52
28	425	18	29	167,6	39,44	18	29	66,5	15,65	18	29	11,8	2,78
29	425	29	30	166,2	39,11	29	30	65,1	15,32	29	30	10,4	2,45
30	425	30	31	164,3	38,66	30	31	63,3	14,89	30	31	8,6	2,02
31	425	31	32	161,5	38,00	31	32	60,5	14,24	31	32	5,9	1,39
32	425	32	33	160,5	37,76	32	33	59,6	14,02	32	33	5	1,18
33	425	33	34	155,8	36,66	33	34	55	12,94	33	34	0,5	0,12
42	425	34	43	137,6	32,38	34	43	37,2	8,75	43	34	17,1	4,02
43	425	43	44	136	32,00	43	44	35,6	8,38	44	43	18,7	4,40
44	425	44	45	135,4	31,86	44	45	35,1	8,26	45	44	19,2	4,52
45	425	45	46	134,3	31,60	45	46	34	8,00	46	45	20,3	4,78
46	425	46	47	130	30,59	46	47	29,8	7,01	47	46	24,4	5,74
47	425	47	48	127,4	29,98	47	48	27,3	6,42	48	47	26,9	6,33
51	425	48	52	98,7	23,22	52	48	0,7	0,16	52	48	54,5	12,82
54	425	52	55	95,4	22,45	55	52	3,9	0,92	55	52	57,7	13,58
55	425	55	56	92,2	21,69	56	55	7	1,65	56	55	60,7	14,28
56	425	56	57	90,8	21,36	57	56	9,7	2,28	57	56	62	14,59
57	425	57	58	89,3	21,01	58	57	9,7	2,28	58	57	63,4	14,92
58	425	58	59	86,6	20,38	59	58	12,4	2,92	59	58	66	15,53
70	425	59	71	59,1	13,91	71	59	38,9	9,15	71	59	81,9	19,27
71	425	71	72	57,4	13,51	72	71	40,4	9,51	71	72	26	6,12
72	425	72	73	53,5	12,59	73	72	44,2	10,40	72	73	22,3	5,25
73	425	73	74	50,6	11,91	74	73	47	11,06	73	74	19,5	4,59
74	425	74	75	45,8	10,78	75	74	51,5	12,12	74	75	15,1	3,55
75	425	75	76	45,3	10,66	76	75	52	12,24	75	76	14,6	3,44
77	425	76	78	33,3	7,84	78	76	63,5	14,94	76	78	3,3	0,78
78	425	78	79	30,9	7,27	79	78	65,7	15,46	78	79	1,1	0,26
79	425	79	80	29,2	6,87	80	79	67,4	15,86	80	79	0,5	0,12
80	425	80	81	28,8	6,78	81	80	67,7	15,93	81	80	0,9	0,21
81	425	81	82	27,4	6,45	82	81	69,1	16,26	82	81	2,2	0,52
84	425	82	85	19,2	4,52	85	82	76,8	18,07	85	82	9,9	2,33
85	425	85	86	17,4	4,09	86	85	78,4	18,45	86	85	11,5	2,71
86	425	86	87	12,9	3,04	87	86	82,7	19,46	87	86	15,8	3,72
87	425	87	88	10,7	2,52	88	87	84,8	19,95	88	87	17,8	4,19
90	425	88	91	5	1,18	91	88	90,1	21,20	91	88	23,2	5,46
91	425	91	92	2	0,47	92	91	92,9	21,86	92	91	26	6,12
92	425	92	93	1,2	0,28	93	92	93,7	22,05	93	92	26,7	6,28

Sumber: Hasil Data Olahan

Adapun tampilan grafik aliran arus dari tabel di atas ditunjukkan pada gambar grafik di bawah ini:



Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Arus Normal Penyulang Raya 10 pada Setiap Skenario Penambahan DG

Dari hasil simulasi Aliran Arus Normal di atas menunjukkan bahwa penambahan DG pada sistem dapat menyebabkan perubahan nilai dan arah arus pada saluran Penyulang Raya 10. Pada skenario tanpa adanya DG, nilai arus terus mengalami penurunan dari saluran 5 yang paling terdekat dengan sumber hingga ke saluran 92 dengan nilai arus 1,2 A yang terletak paling jauh dengan sumber arus listrik. Pada skenario penambahan 1 DG di bus 93 nilai arus terendah berada pada saluran 51 dengan nilai arus sebesar 0,7 A dan juga terjadi pembalikan arah arus yaitu dari saluran 92 ke saluran 51, hal tersebut dikarenakan adanya injeksi arus dari penambahan DG pada bus 93. Pada skenario penambahan 2 DG di bus 71 dan 93 nilai arus terendah berada pada saluran 33 dan 79 dengan nilai arus sebesar 0,5 A dan juga terjadi pembalikan arah arus dari saluran 92 ke saluran 79 dan dari saluran 58 ke saluran 33, hal tersebut dikarenakan adanya injeksi arus dari penambahan DG pada bus 71 dan 93. Pada saluran 92 terdapat perbedaan nilai arus di setiap skenario penambahan DG, pada DG berkapasitas 2,4 MW di bus 93 menghasilkan nilai arus sebesar 93,7 A, pada DG berkapasitas 1,2 MW di bus 93 menghasilkan nilai arus sebesar 26,7 A dan ketikan tanpa adanya DG di bus 93 menghasilkan nilai arus sebesar 1,2 A, hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kapasitas DG maka semakin besar juga nilai arus yang diinjeksikan ke sistem, hal tersebut juga berlaku pada pemasangan DG di bus 71 berkapasitas 1,2 MW.

4.3 Analisa Gangguan Arus Hubung Singkat Akibat Penambahan DG

4.3.1 Analisa Gangguan Arus Hubung Singkat Tiga Fasa

Setelah melalui serangkaian analisa gangguan arus hubung singkat tiga fasa menggunakan *software* ETAP 12.6.0 dengan penambahan 1 DG pada bus 93 berkapasitas 2,5 MW dan penambahan 2 DG pada bus 71 dan 93 yang masing-masing berkapasitas 1,2 MW. Adapun hasil simulasi tersebut ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.13 Arus Hubung Singkat Tiga Fasa pada Setiap Skenario

Lokasi Gangguan Bus	Arus Hubung Singkat 3 Fasa (kA)		
	Tanpa DG	1 DG	2 DG
1	3,759	3,920	3,940
2	3,441	3,575	3,592
3	3,440	3,574	3,591
4	2,686	2,767	2,777
5	2,605	2,681	2,690
6	3,234	3,430	3,455
7	3,175	3,377	3,403
8	3,085	3,276	3,300
9	3,035	3,220	3,243
10	3,151	3,356	3,382
11	3,068	3,283	3,311
12	3,042	3,261	3,289
13	2,997	3,222	3,251
14	2,980	3,208	3,238
15	2,930	3,166	3,196
16	2,920	3,155	3,185
17	2,904	3,135	3,165
18	2,926	3,162	3,193
19	2,819	3,037	3,065
20	2,651	2,842	2,867
21	2,480	2,647	2,669
22	2,448	2,610	2,630
23	2,424	2,583	2,604
24	2,409	2,566	2,586
25	2,397	2,552	2,572
26	2,380	2,533	2,552
27	2,312	2,456	2,474
28	2,260	2,397	2,415
29	2,899	3,139	3,170
30	2,859	3,104	3,136
31	2,758	3,018	3,052
32	2,704	2,974	3,009
33	2,688	2,961	2,996
34	2,684	2,958	2,993

Tabel 4.13 Arus Hubung Singkat Tiga Fasa pada Setiap Skenario (Lanjutan)

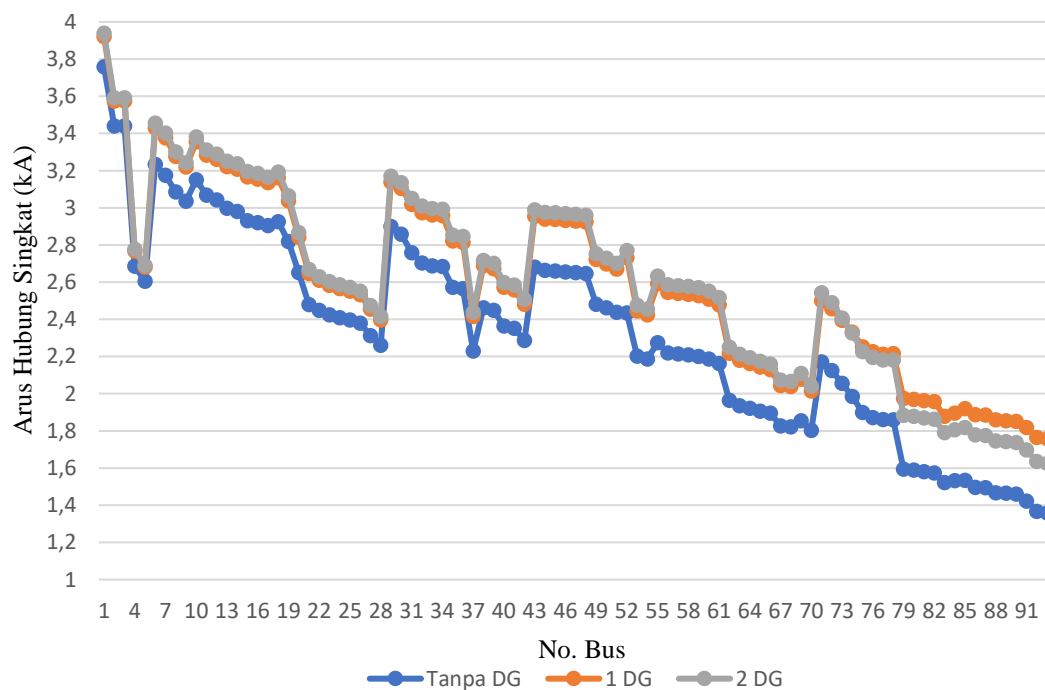
Lokasi Gangguan Bus	Arus Hubung Singkat 3 Fasa (kA)		
	Tanpa DG	1 DG	2 DG
35	2,572	2,822	2,854
36	2,565	2,813	2,846
37	2,230	2,415	2,439
38	2,462	2,689	2,718
39	2,448	2,673	2,702
40	2,364	2,572	2,599
41	2,352	2,558	2,585
42	2,287	2,482	2,507
43	2,681	2,955	2,990
44	2,664	2,940	2,976
45	2,661	2,938	2,973
46	2,655	2,932	2,968
47	2,651	2,929	2,965
48	2,646	2,924	2,960
49	2,481	2,722	2,754
50	2,462	2,699	2,730
51	2,438	2,671	2,701
52	2,434	2,732	2,770
53	2,203	2,445	2,476
54	2,186	2,424	2,455
55	2,274	2,591	2,632
56	2,220	2,545	2,587
57	2,214	2,539	2,581
58	2,209	2,535	2,577
59	2,200	2,527	2,570
60	2,186	2,508	2,551
61	2,162	2,477	2,518
62	1,964	2,217	2,251
63	1,935	2,180	2,212
64	1,921	2,163	2,194
65	1,906	2,144	2,175
66	1,895	2,130	2,160
67	1,827	2,044	2,073
68	1,822	2,038	2,066
69	1,855	2,079	2,109
70	1,803	2,014	2,041
71	2,171	2,500	2,543
72	2,125	2,458	2,489
73	2,056	2,395	2,408
74	1,986	2,332	2,327
75	1,899	2,253	2,227
76	1,871	2,227	2,195
77	1,861	2,213	2,181
78	1,859	2,216	2,181
79	1,594	1,975	1,884
80	1,589	1,970	1,879

Tabel 4.13 Arus Hubung Singkat Tiga Fasa pada Setiap Skenario (Lanjutan)

Lokasi Gangguan Bus	Arus Hubung Singkat 3 Fasa (kA)		
	Tanpa DG	1 DG	2 DG
81	1,580	1,963	1,870
82	1,574	1,958	1,863
83	1,522	1,878	1,791
84	1,533	1,895	1,806
85	1,534	1,920	1,818
86	1,496	1,887	1,778
87	1,494	1,885	1,775
88	1,467	1,860	1,746
89	1,465	1,855	1,742
90	1,461	1,851	1,737
91	1,423	1,818	1,697
92	1,367	1,765	1,635
93	1,358	1,758	1,626
Total	216,67	241,043	241,451

Sumber: Hasil Data Olahan

Adapun tampilan grafik gangguan arus hubung singkat tiga fasa berdasarkan hasil simulasi ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.18 Grafik Arus Hubung Singkat Tiga Fasa Penyulang Raya 10 pada Setiap Skenario Penambahan DG

Dari hasil simulasi gangguan hubung singkat tiga fasa di atas menunjukkan bahwa penambahan DG pada sistem dapat menyebabkan peningkatan gangguan arus hubung singkat pada semua lokasi bus yang mengalami gangguan dan semakin banyak DG yang ditambahkan pada jaringan menyebabkan arus hubung singkat

yang terjadi semakin besar. Dimana total arus gangguan arus hubung singkat tiga fasa tanpa adanya DG sebesar 216,67 kA, total arus gangguan arus hubung singkat tiga fasa dengan penambahan 1 DG pada bus 93 sebesar 241,043 kA, dan total arus gangguan arus hubung singkat tiga fasa dengan penambahan 2 DG pada bus 71 dan 93 sebesar 241,454 kA. Penambahan DG pada bus 93 yang berkapasitas 2,4 MW arus gangguan hubung singkat tiga fasa sebesar 1,758 kA lebih besar dibandingkan dengan penambahan DG pada bus 93 berkapasitas 1,2 MW dengan arus gangguan hubung singkat tiga fasa sebesar 1,626 kA, hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kapasitas DG yang ditambahkan, maka semakin besar pula arus gangguan hubung singkat tiga fasa pada bus tersebut dan terlihat juga bahwa semakin jauh lokasi gangguan dengan sumber, maka semakin kecil pula jumlah arus gangguannya.

4.3.2 Analisa Gangguan Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Setelah melalui serangkaian analisa gangguan arus hubung singkat satu fasa ke tanah menggunakan *software* ETAP 12.6.0 dengan penambahan 1 DG pada bus 93 berkapasitas 2,5 MW dan penambahan 2 DG pada bus 71 dan 93 yang masing-masing berkapasitas 1,2 MW. Adapun hasil simulasi tersebut di tunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.14 Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah pada Setiap Skenario

Lokasi Gangguan Bus	Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah (kA)		
	Tanpa DG	1 DG	2 DG
1	3,422	3,607	3,657
2	2,943	3,075	3,110
3	2,941	3,074	3,108
4	1,994	2,050	2,064
5	1,906	1,957	1,970
6	2,254	2,544	2,650
7	2,141	2,446	2,561
8	2,060	2,340	2,444
9	2,015	2,282	2,382
10	2,097	2,408	2,527
11	1,947	2,281	2,415
12	1,902	2,243	2,382
13	1,825	2,180	2,328
14	1,797	2,158	2,309
15	1,716	2,093	2,256
16	1,709	2,083	2,244
17	1,698	2,066	2,224
18	1,710	2,088	2,252

Tabel 4.14 Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah pada Setiap Skenario (Lanjutan)

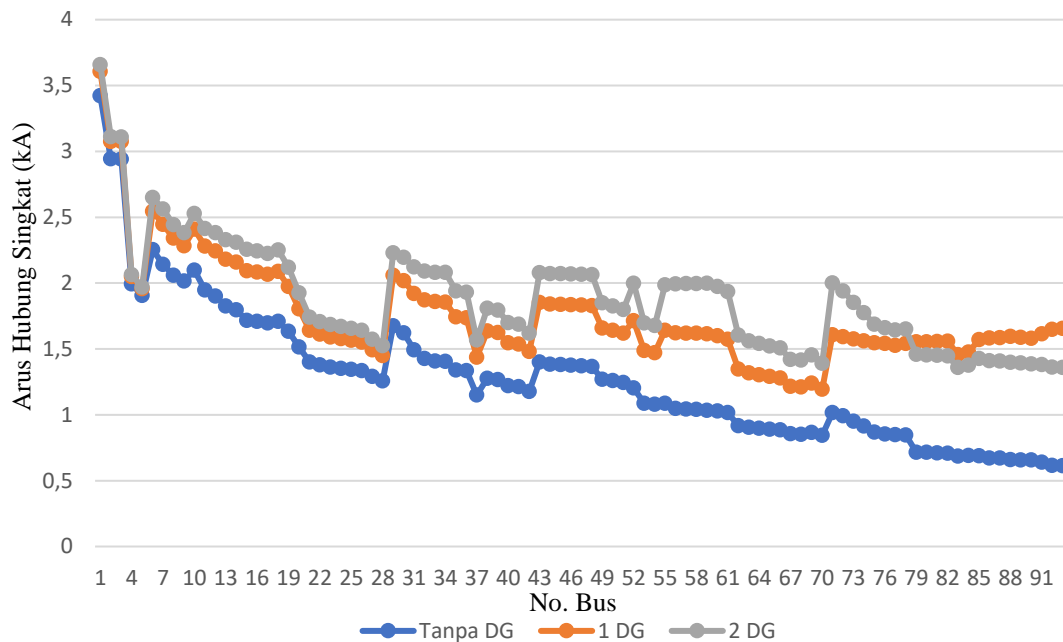
Lokasi Gangguan Bus	Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah (kA)		
	Tanpa DG	1 DG	2 DG
19	1,633	1,974	2,120
20	1,515	1,804	1,925
21	1,400	1,642	1,741
22	1,378	1,612	1,707
23	1,362	1,591	1,684
24	1,353	1,577	1,669
25	1,344	1,566	1,656
26	1,334	1,551	1,640
27	1,290	1,493	1,574
28	1,257	1,449	1,525
29	1,674	2,059	2,228
30	1,622	2,018	2,196
31	1,494	1,920	2,123
32	1,428	1,872	2,091
33	1,408	1,859	2,082
34	1,405	1,856	2,081
35	1,339	1,743	1,939
36	1,335	1,736	1,931
37	1,151	1,437	1,568
38	1,276	1,636	1,809
39	1,268	1,624	1,793
40	1,221	1,547	1,700
41	1,214	1,536	1,687
42	1,178	1,480	1,619
43	1,401	1,853	2,079
44	1,384	1,841	2,071
45	1,382	1,839	2,070
46	1,376	1,835	2,068
47	1,372	1,832	2,066
48	1,367	1,829	2,064
49	1,270	1,658	1,849
50	1,259	1,640	1,826
51	1,246	1,618	1,799
52	1,204	1,713	1,999
53	1,088	1,487	1,698
54	1,080	1,472	1,678
55	1,087	1,642	1,987
56	1,048	1,622	1,994
57	1,044	1,620	1,995
58	1,040	1,618	1,996
59	1,034	1,615	1,998
60	1,028	1,600	1,974
61	1,017	1,573	1,934
62	0,918	1,348	1,604
63	0,904	1,318	1,562
64	0,897	1,304	1,542

Tabel 4.14 Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah pada Setiap Skenario (Lanjutan)

Lokasi Gangguan Bus	Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah (kA)		
	Tanpa DG	1 DG	2 DG
65	0,891	1,290	1,523
66	0,885	1,279	1,507
67	0,855	1,215	1,420
68	0,852	1,211	1,414
69	0,867	1,241	1,455
70	0,844	1,193	1,390
71	1,017	1,606	2,001
72	0,991	1,593	1,939
73	0,952	1,575	1,853
74	0,914	1,560	1,775
75	0,868	1,546	1,687
76	0,853	1,542	1,660
77	0,848	1,528	1,643
78	0,847	1,541	1,650
79	0,716	1,553	1,458
80	0,714	1,554	1,455
81	0,710	1,556	1,451
82	0,707	1,558	1,447
83	0,685	1,456	1,359
84	0,690	1,477	1,377
85	0,688	1,570	1,427
86	0,671	1,583	1,409
87	0,671	1,584	1,408
88	0,659	1,595	1,397
89	0,657	1,588	1,392
90	0,656	1,581	1,386
91	0,640	1,615	1,380
92	0,616	1,649	1,362
93	0,613	1,655	1,359
Total	118,979	162,928	174,808

Sumber: Hasil Data Olahan

Adapun tampilan grafik gangguan arus hubung singkat satu fasa ke tanah berdasarkan hasil simulasi ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.19 Grafik Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah Penyulang Raya 10 pada Setiap Skenario Penambahan DG

Dari hasil simulasi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah di atas menunjukkan bahwa penambahan DG pada sistem dapat menyebabkan peningkatan gangguan arus hubung singkat pada semua lokasi bus yang mengalami gangguan dan semakin banyak DG yang ditambahkan pada jaringan menyebabkan arus hubung singkat yang terjadi semakin besar. Dimana total arus gangguan arus hubung singkat satu fasa ke tanah tanpa adanya DG sebesar 118,979 kA, total arus gangguan arus hubung singkat satu fasa ke tanah dengan penambahan 1 DG pada bus 93 sebesar 162,928 kA, dan total arus gangguan arus hubung singkat satu fasa ke tanah dengan penambahan 2 DG pada bus 71 dan 93 sebesar 174,808 kA. Penambahan DG pada bus 93 yang berkapasitas 2,4 MW arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah sebesar 1,655 kA lebih besar dibandingkan dengan penambahan DG pada bus 93 berkapasitas 1,2 MW dengan arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah sebesar 1,359 kA, hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kapasitas DG yang ditambahkan, maka semakin besar pula arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada bus tersebut dan terlihat juga bahwa semakin jauh lokasi gangguan dengan sumber, maka semakin kecil pula jumlah arus gangguannya.