

ANALISIS JATUH TEGANGAN DAN ARUS HUBUNG SINGKAT PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH PT RUM

Farid Hermanto^{*)}, Karnoto, and Tejo Sukmadi

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jln. Prof. Sudharto, SH. Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} Email : inter4rid_milan98@yahoo.co.id

Abstrak

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen. Adanya jatuh tegangan selama proses pendistribusian melalui jaringan akan mengurangi efisiensi dari sistem tersebut, terutama pada trafo distribusi. Selain itu, ada permasalahan lain. Yaitu gangguan hubung singkat yang dapat mengakibatkan timbulnya lonjakan arus dengan magnitude lebih tinggi dari keadaan normal. Dan sebaliknya hal ini akan mengakibatkan nilai tegangan di titik hubung singkat tersebut akan menjadi sangat rendah. Keadaan ini dapat mengakibatkan kegagalan operasi sistem secara keseluruhan. Didalam analisis perhitungan arus hubung singkat dan jatuh tegangan disini, menggunakan software ETAP untuk mempermudah perhitungan. Langkah awalnya adalah menggambarkan single line, dan memasukkan parameternya. Hasil yang didapat dari perhitungan manual arus hubung singkat dan jatuh tegangan tidak jauh berbeda dengan hasil perhitungan menggunakan software ETAP. Jadi perhitungan manual sudah sesuai dengan standart ANSI atau IEEE pada software ETAP.

Kata kunci : arus hubung singkat, ETAP, jatuh tegangan, sistem distribusi

Abstract

The distribution system is the part of the power system. Distribution system is useful to deliver the electric power from large power source to the consumer. Any voltage drop during the process of distribution through a network will reduce the efficiency of the system, especially at the distribution voltage regulator. In addition, there is other problems. That is disturbance of the short circuit that could result in a surge with a magnitude that higher than normal. The otherwise, it will result the voltage value at the point of the short circuit will be very low. This situation can lead to failure of the overall system operation. In the analysis of the calculation of short circuit current and the voltage drop here, using ETAP software to facilitate perhitungan. Langkah initially was describing a single line, and enter the parameters. The results of the manual calculation of short circuit current and the voltage drop is not much different from the results of calculations using ETAP software. So manual calculations are in accordance with ANSI or IEEE standard on ETAP software.

Keywords: short circuit, ETAP, voltage drop, the distribution system

1. Pendahuluan

PT.RUM adalah anak perusahaan PT Sritex, yang didirikan untuk memenuhi rayon fiber. Di perkiraan PT RUM dapat menghasilkan 80.000 ton fiber rayon pertahunnya.

Jatuh tegangan ialah dimana suatu kondisi jumlah tegangan yang disalurkan tidak sama dengan tegangan yang diterima persis penerimanya. Terjadinya jatuh tegangan ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain jauhnya daerah peyaluran tenaga listrik dari sumber

atau suplai, ketidak seimbangan beban, umur peralatan, diameter penghantar dan lain-lain.

Jatuh tegangan tidak bisa dihilangkan, tetapi hanya bisa diminimalkan (direduksi) . *Loss situation* di dalam jaringan distribusi tenaga listrik adalah suatu kondisi atau keadaan dimana suatu sistem distribusi di dalam pendistribusian tenaga listriknya jauh tegangan yang besar. Jarak gardu ke konsumen terlalu jauh, penampang kabel terlalu kecil, dan titik sambung merupakan penyebab susut teknis.

Keadaan tersebut kalau dibiarkan terus menerus maka akan menyebabkan terjadinya penurunan keandalan system tenaga listrik dan kualitas energi listrik yang disalurkan serta menyebabkan kerusakan alat-alat yang bersangkutan. Untuk itu diperlukan suatu tindakan yang mengurangi pembebanan yang tidak seimbang (*unbalanced loading*) pada fasa dan kelebihan beban (*over loading*) pada jaringan.

Hubung singkat sebagai salah satu gangguan dalam system tenaga listrik yang mempunyai karakteristik transient yang harus dapat diatasi oleh peralatan pengaman. Terjadinya hubung singkat mengakibatkan timbulnya lonjakan arus dengan magnitudo lebih tinggi dari keadaan normal dan tegangan ditempat tersebut menjadi sangat rendah yang dapat mengakibatkan kerusakan pada isolasi, kerusakan mekanis pada konduktor, bunga api listrik, dan keadaan terburuk yaitu kegagalan operasi system secara keseluruhan.

Sehubungan dengan hal-hal di atas, maka penulis melakukan analisa jatuh tegangan dan arus hubung singkat menggunakan ETAP 7.0.0 dalam Tugas Akhir ini. Maksud dan tujuan pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Menghitungjatuh tegangan padafeeder 1-8 PT.RUM.
2. Membandingkan hasil ETAP terhadap perhitungan manual jatuh tegangan pada *feeder* 1-8 PT.RUM.
3. Menghitung arus hubung singkat pada *incoming* 150kV, *incoming* 20kV, dan *outgoing* pada PT.RUM.
4. Membandingkan hasil ETAP terhadap perhitungan manual arus hubung singkat.

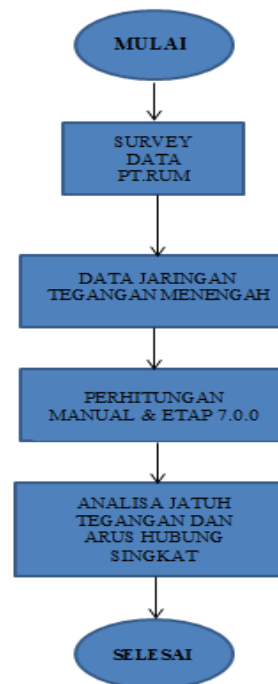
Dalam penulisan tugas akhir ini pembahasan masalah hanya dibatasi pada hal-hal berikut :

Dalam penulisan tugas akhir ini pembahasan masalah hanya dibatasi pada hal-hal berikut :

1. ETAP 7.0.0 hanya menganalisis hasil jatuh tegangan pada *feeder* 1-8, dan arus hubung singkat pada *incoming* 150kV, *incoming* 20kV, dan *outgoing* pada PT.RUM.
2. Data beban dan peralatan energi listrik yang digunakan adalah data PT.RUM
3. Data PDRB, Peta Autocad, dan Tata Guna Lahan yang digunakan adalah data PT.RUM.

2. Metode

Untuk metode penelitian tugas akhir ini menjelaskan proses perhitungan jatuh tegangan dapat dilihat pada *flowchart* gambar 3.1,



Gambar 1 Diagram Alir Analisa Jatuh Tegangan dan Arus Hubung Singkat

2.1 Studi Literatur

Langkah pertama yang harus dilakukan sebelum melakukan penelitian terlebih dahulu perlu dilakukan studi literatur. Studi literatur disini merupakan proses pembelajaran terhadap obyek yang akan diteliti, dalam hal ini tentang jatuh tegangan. Tujuan dari studi literatur disini adalah untuk mendapatkan teori atau landasan mengenai jatuh tegangan tersebut. Didalam penelitian ini studi literatur lebih diprioritaskan dalam jatuh tegangan. Selain itu obyek studi literatur diarahkan ke perangkat lunak atau *software* simulasi jaringan dalam hal ini *software* yang dipergunakan adalah ETAP 7.0.0. Dalam studi literatur ini sumber diperoleh dari buku teks, ebook, jurnal, makalah tugas akhir dan laporan teknis.

2.2 SurveiData

Survei data adalah pengumpulan data-data yang diperlukan dalam penyusunan laporan ini. Data-data dapat berasal dari PT. RUM yang menyediakan data-data untuk analisa jatuh tegangan ataupun sumber-sumber lain seperti buku-buku yang berkaitan , artikel-artikel , dan internet.

2.2.1 Data Peralatan Komponen PT.RUM

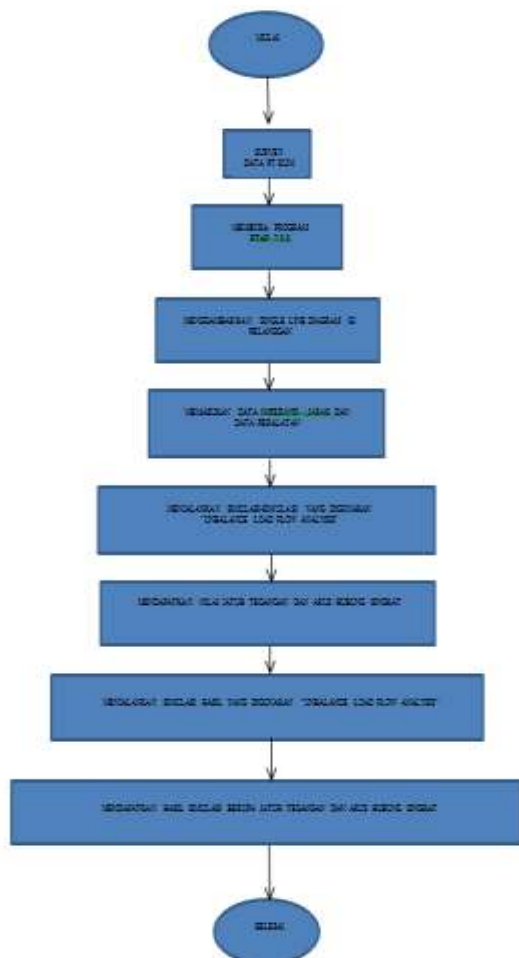
Data yang dipakai dalam PT.RUM pada *feeder* 1-8 pada tahun 2013. Data Peralatan PT.RUM feeder 1-8 dapat dilihat seperti table di bawah ini.

Tabel 1 Data Peralatan Komponen PT.RUM

No	Kode Feeder	JarakAntarTrafo (km)	Fasa	Daya (kVA)
1	1	0,595	3	5505
2	2	0,665	3	3082
3	3	0,455	3	1830
4	4	0,315	3	1268
5	5	0,98	3	1268
6	6	0,77	3	1184
7	7	0,56	3	3889
8	8	0,42	3	531
9	8	0,595	3	416

3.3 Simulasi Jaringan Dengan Menggunakan Software ETAP 7.0.0

Untuk diagram alir simulasi dengan menggunakan software ETAP 7.0.0 dapat dilihat pada gambar 3.4



Gambar 2 Diagram Alir Simulasi ETAP 7.0.0

3. Analisa dan Analisa

3.1 Data Kondisi Eksisting PT RUM

Data jaringan tegangan menengah PT RUM yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data eksisting jaringan tegangan menengah PT RUM pada tahun 2013.

Tabel 2 Kapasitas Gardu Induk di PT RUM

Gardu Induk	Trafo	Kapasitas Trafo	Jumlah Penyulang
GI Pelanggan	1	30 MVA	8

Sumber : PT Rayon Utama Makmur

Pada GI Pelanggan memiliki 1 trafo dengan kapasitas 30MVA dan 8 penyulang yang terhubung langsung ke beban.

3.1.1 Data Gardu Induk (GI) di PT RUM

Data gardu induk yang dimaksud disini adalah data pembebanan pada masing – masing gardu induk.

Tabel 3 Pembebanan Penyulang pada GI di PT RUM

Gardu Induk	Penyulang	Trafo		Tegangan		Setting Arus
		Daya (MVA)	Arus (A)	TT	TM	
GI Pelanggan	1	30		20	800	
	2	30		20	800	
	3	30		20	800	
	4	30		20	800	
	5	30		20	800	
	6	30		20	800	
	7	30		20	800	
	8	30		20	800	

Sumber : Data Teknis PT Rayon Utama Makmur

3.1.2 Data Transformator Distribusi di PT RUM

Rincian jumlah trafo distribusi yang digunakan pada masing – masing penyulang di PT RUM dapat dilihat pada tabel 4.3 di bawah ini:

Tabel 4 Jumlah Trafo Distribusi tiap Penyulang di PT RUM

NO	FEEDER	JUMLAH TRAF0 TERPASANG 3 PHASA (KVA)						JUMLAH	
		63	80	100	125	160	250	BUAH	KVA
1	1	0	0	0	0	4	0	4	6400
2	2			2	2			4	4500
3	3				2			2	2500
4	4		2					2	1600
5	5		2					2	1600
6	6		2					2	1600
7	7						2	2	5000

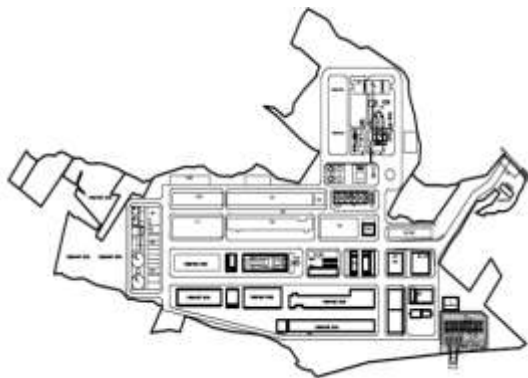
8	8	1	1					2	1430
Jumlah Total		1	7	2	4	4	2	20	24630

Sumber : PT Rayon Utama Makmur

Dari tabel 4.3 di atas dapat dilihat bahwa jumlah trafo yang terdapat di PT RUM berjumlah 20 trafo dan jumlah dayanya 24630 kVA.

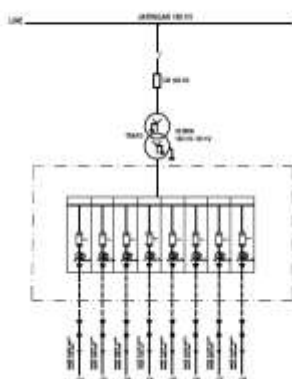
3.1.3 Data Eksisting Jaringan Tegangan Menengah PT RUM

PT RUM memiliki GI pelanggan untuk memenuhi kebutuhan daya listrik PT RUM itu sendiri. Berikut ini adalah peta wilayah kerja dari PT RUM dan *single line* diagramnya.



Gambar 3 Peta Wilayah Kerja PT RUM

SINGLE LINE DIAGRAM INSTALASI GARDU INDUK 150 KV PELANGGAN



Sumber : PT Rayon Utama Makmur

Gambar 4 Single Line Diagram Instalasi GI 150 kV Pelanggan

Berdasarkan data teknis PT RUM didapatkan panjang tiap – tiap penyulang adalah sebagai berikut:

Tabel 5 Panjang Penyulang PT RUM

No	Gardu Induk	Penyulang	Panjang Penyulang 3 phase (kms)
1		1	0,595
2		2	0,665
3		3	0,455
4	GI Pelanggan	4	0,315
5		5	0,98
6		6	0,77
7		7	0,56
8		8	0,595

Sumber : Data Teknis PT Rayon Utama Makmur

3.1.4 Data Impedansi Kabel Jaringan

Data kabel jaringan diperlukan agar diketahui susut tegangan dan susut energi yang terjadi pada jaringan. Berikut ini adalah data impedansi

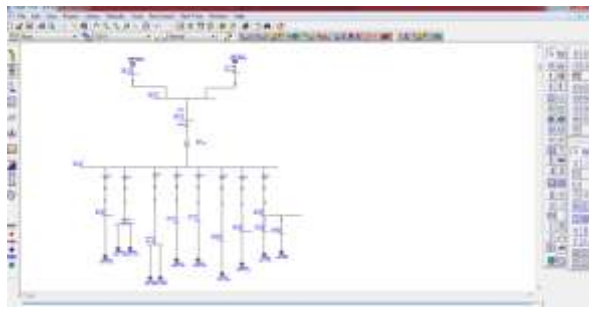
Tabel 6 Data Impedansi Kabel Jaringan

mm2	AAAC			
	Z1,Z2		Zo	
	R1	jx1	Ro	jxo
1	2	3	4	5
16	2,0161	0,4036	2,1641	1,6911
25	0,9217	0,3790	1,0697	1,6695
50	0,6452	0,3678	0,7932	1,6553
70	0,4608	0,3572	0,6088	1,6447
95	0,3396	0,3449	0,4876	1,6324
120	0,2688	0,3375	0,4168	1,6251
150	0,2162	0,3305	0,3631	1,6180
185	0,1744	0,3239	0,3224	1,6114
240	0,1344	0,3158	0,2824	1,6003

Sumber : SPLN S2-3:1983

3.2 Analisis Dan Pembahasan

Untuk menganalisis besar jatuh tegangan dan arus hubung singkat, dilakukan simulasi dengan menggunakan software ETAP 7.0.0 jaringan yang akan disimulasikan harus di gambarkan dulu ke dalam *software* ETAP 7.0.0. Gambar jaringan GI pelanggan dengan menggunakan ETAP 7.0.0. Berikut ini adalah contoh dari penggambaran jaringan dengan menggunakan *software* ETAP 7.0.0.

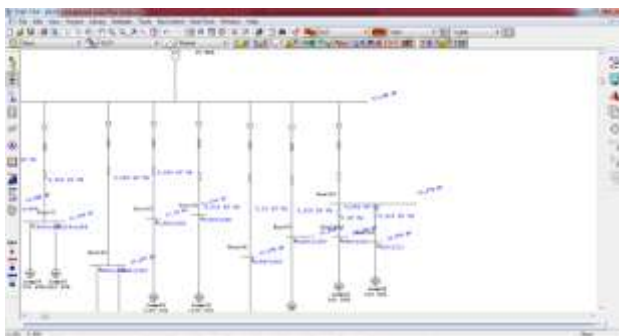


Gambar 5 Penggambaran Jaringan dengan Menggunakan ETAP 7.0.0

Ada dua macam analisis untuk menganalisis jaringan dengan menggunakan simulasi ETAP 7.0.0 yaitu *Unbalanced Load Flow Analysis* dan *Balanced Load Flow Analysis*. Dalam tugas akhir ini analisis yang dipergunakan untuk analisis adalah *Balanced Load Flow Analysis*. Hal ini dikarenakan pada analisis *Balanced Load Flow Analysis* digunakan untuk menganalisa jaringan tiga fasa nya saja, sedangkan pada *Unbalanced Load Flow Analysis* analisa untuk 1 fasa dan 3 fasa.

3.2.1 Jatuh Tegangan

Didalam pendistribusian tegangan, pasti ada rugi-rugi tegangan yang disebabkan oleh panjang jarak, maupun impedansi pada penghantar. Sehingga besarnya tegangan ujung tidak sesuai dengan tegangan pangkal. Dengan menggunakan ETAP, bisa disimulasikan untuk besar jatuh tegangan



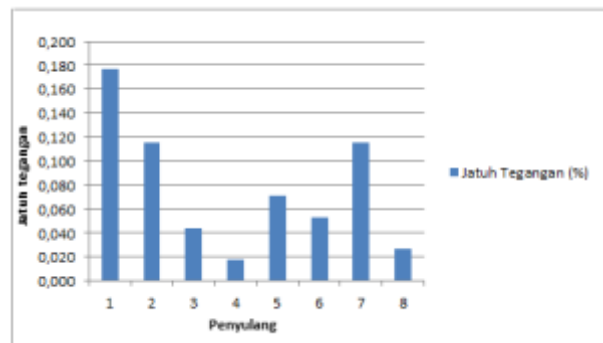
Gambar 6 Hasil simulasi jatuh tegangan dengan ETAP 7.0.0 pada tegangan ujung feeder 1-8

Contoh perhitungan jatuh tegangan pada feeder 7
 $\% \text{ VOLTAGE DROP} = \% \text{ Tegangan Pangkal GI} - \% \text{ Tegangan Paling Ujung}$
 $= 100 \% (11,282) - 99,88 \% (11,269)$
 $= 0,115 \% (0,013 \text{ kV})$

Dengan menggunakan cara yang sama analisis untuk tiap – tiap penyulang di PT RUM dapat disimulasikan. Tabel 7 dibawah ini adalah hasil perhitungan jatuh tegangan di PT RUM sesuai dengan software ETAP.

Tabel 7 Hasil Perhitungan Jatuh Tegangan Simulasi Jaringan Eksisting PT RUM Dengan Menggunakan Software ETAP 7.0.0

Gardu Induk	Penyulang	Tegangan Pangkal	Tegangan Ujung	Jatuh Tegangan (%)	Hasil Evaluasi
		(KV)	(KV)		
GI Pelanggan	1	11,282	11,262	0,177	Memenuhi Syarat
	2	11,282	11,269	0,115	Memenuhi Syarat
	3	11,282	11,277	0,044	Memenuhi Syarat
	4	11,282	11,28	0,018	Memenuhi Syarat
	5	11,282	11,274	0,071	Memenuhi Syarat
	6	11,282	11,276	0,053	Memenuhi Syarat
	7	11,282	11,269	0,115	Memenuhi Syarat
	8	11,282	11,279	0,027	Memenuhi Syarat



Gambar 7 Grafik Jatuh Tegangan di PT RUM

Dari tabel 7 secara keseluruhan feeder memenuhi syarat karena tidak ada yang drop tegangan yang melewati batas maksimum 5,5% sesuai dengan standart PLN^[16], hal ini kemungkinan diakibatkan oleh :

- Jaringan yang tidak terlalu panjang
- Penampang konduktor cukup besar

Dengan menggunakan perhitungan manual, dapat di temukan drop tegangan pada bus beban di feeder 1 Diketahui:

V = 11282 volt
 S = 5505000 VA
 X kabel = 0,3158 (ohm/km)
 R kabel = 0,1344 (ohm/km)
 L = 0,595 km

$$Z_{kabel} = \sqrt{(R^2 + X^2)}$$

$$= \sqrt{(0,1344^2 + 0,3158^2)}$$

$$= 0,3432(\text{ohm/km})$$

$$V_d = \frac{S}{(\sqrt{3} \times V)} \times (Z \times L)$$

$$= \frac{5505000}{(\sqrt{3} \times 11282)} \times (0,3432 \times 0,595)$$

$$= 57,529 \text{ V } (0,057529 \text{ kV})$$

Dengan menggunakan cara yang sama, didapatkan jatuh tegangan di masing masing *feeder* maupun di bus percabangan

Tabel 8 Hasil Perhitungan manual Jatuh Tegangan Simulasi Jaringan Eksisting PT RUM

ID	Panjang Kabel (km)	Beban		Arus (Ampere)	Impedansi (Ohm)	Drop Tegangan (V)	Tegangan Ujung (kV)
		kVA	VA				
Feeder 1	0,595	5505	5505000	281,715	0,204	57,529	11,224
Feeder 2	0,665	3082	3082000	157,720	0,228	35,997	11,246
Feeder 3	0,455	1930	1930000	98,767	0,156	15,423	11,267
Feeder 4	0,315	1268	1268000	64,889	0,108	7,015	11,275
Feeder 5	0,98	1268	1268000	64,889	0,336	21,825	11,260
Feeder 6	0,77	1184	1184000	60,591	0,264	16,012	11,266
Feeder 7	0,56	3889	3889000	199,017	0,192	38,251	11,244
Cabang (F8)	0,455	947	947000	48,462	0,156	7,568	11,274
Beban 1 (F8)	0,07	531	531000	27,192	0,024	0,653	11,274
Beban 1 (F8)	0,14	416	416000	21,303	0,048	1,024	11,273

Dari hasil perhitungan manual diatas, pada besarnya tegangan ujung *feeder 1* adalah tegangan pangkal – drop tegangan. Yaitu
 $11,282 \text{ kV} - 0,057529 \text{ kV} = 11,224 \text{ kV}$.

Sedangkan pada ETAP, tegangan ujung *feeder 1* adalah 11,262 kV.
 Selisih jatuh tegangan pada *feeder 1* =
 $V_d \text{ ETAP} - V_d \text{ MANUAL} =$
 $= 11,262 \text{ kV} - 11,224 \text{ kV}$
 $= 37,529 \text{ volt}$

Dengan menggunakan cara yang sama, didapatkan perhitungan sebagai berikut:

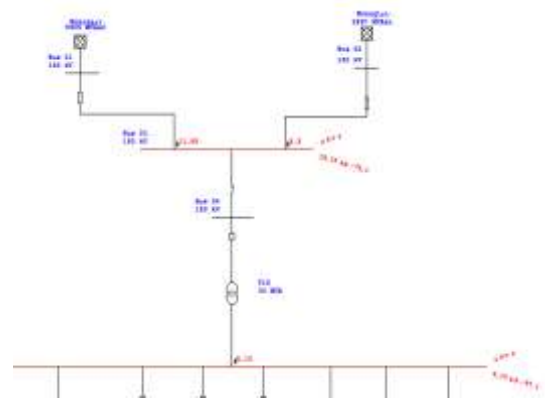
Tabel 9 Tabel perbandingan perhitungan manual dengan ETAP

ID	Tegangan Ujung (kV)		Selisih (V)
	ETAP	Manual	
Feeder 1	11,262	11,224	37,529
Feeder 2	11,269	11,246	22,997
Feeder 3	11,277	11,267	10,423
Feeder 4	11,28	11,275	5,015
Feeder 5	11,274	11,260	13,825
Feeder 6	11,276	11,266	10,012
Feeder 7	11,269	11,244	25,251
Cabang (F8)	11,279	11,274	4,568
Beban 1 (F8)	11,279	11,274	5,221
Beban 1 (F8)	11,279	11,273	5,591

Selisih perhitungan rugi tegangan antara perhitungan manual dengan simulasi ETAP tidak jauh berbeda. Selisih terbanyak adalah 37,53 volt. Hal itu bisa di karenakan faktor pembulatan.

3.2.2 Arus hubung singkat

Didalam distribusi, selain adanya jatuh tegangan. Ada juga yang dinamakan arus hubung singkat. Perhitungan besar arus hubung singkat sangat berguna untuk menentukan besarnya proteksi yang harus dipasang.



Gambar 7 hasil arus hubung singkat pada software ETAP

3.2.2.1 Menghitung arus gangguan pada bus 1.

Pada bus 1, memiliki arus gangguan dari beberapa sumber:

1. Arus gangguan dari GI Wonosari
2. Arus gangguan dari GI Wonogiri

Jadi untuk mengetahui arus gangguan pada bus 1, perlu menghitung dari ke dua sumber diatas tadi. Perhitungannya:

Arus gangguan dari GI Wonosari

Parameter pada GI wonosari:
 $V = 150 \text{ kV}$
 $MVA_{sc} = 5905,167$
 Jarak = 11 km
 $R_{kabel} = 0,1344 \text{ ohm/km}$
 $X_{kabel} = 0,3158 \text{ ohm/km}$

$$Z_1 = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$= \sqrt{(0,1344^2 + 0,3158^2)}$$

$$Z_1 = 0,34321 \text{ ohm/km}$$

$$Z_{1L} = Z_1 \times L$$

$$= 0,34321 \times 11$$

$$= 3,775308 \text{ ohm}$$

$$Z_s = \frac{V^2}{MVA}$$

$$Z_s = \frac{150^2}{5905,167} = 3,81 \text{ ohm}$$

$$I_f = \frac{V/\sqrt{3}}{Z_{1L} + Z_s} = \frac{150/\sqrt{3}}{3,775 + 3,81} = 11,417 \text{ kA}$$

Jadi arus hubung singkat GI Wonosari dengan titik gangguan pada bus 1 GI PT RUM adalah 11,417 kA

Tabel 10 arus hubung singkat bus 1

ID	I fault (kA)
GI Wonosari	11,417
GI Wonogiri	6,3671
TOTAL	17,7841

Tabel 11 hasil perbandingan perhitungan manual dengan perhitungan ETAP

Hasil	I fault (kA)
Perhitungan ETAP	18,15
Perhitungan Manual	17,78

Terjadi perbedaan perhitungan, disebabkan oleh adanya faktor pembulatan.

3.2.2.2 Arus gangguan incoming 20kV bus 2

Parameter pada Trafo 20 kV:

V= 20 kV

MVA= 30

Z= 10%

Zs(150)wonosari = 3,81

Zs(150)wonogiri = 7,767

Z1(150)wonosari = 3,775

Z1(150)wonogiri = 5,835

$$Z_s = \frac{V^2}{MVA} = \frac{20^2}{30}$$

$$Z_s = \frac{20^2}{30} = 13,333 \text{ ohm}$$

$$Z_t = Z_s \times Z = 13,333 \times 10\% = 1,333 \text{ ohm}$$

$$Z_{s(20)wonosari} = \frac{kV^2}{kV^2} \times Z_{s(150)wonosari} = \frac{20^2}{150^2} \times 3,81 = 0,067733$$

$$Z_{s(20)wonogiri} = \frac{kV^2}{kV^2} \times Z_{s(150)wonogiri} = \frac{20^2}{150^2} \times 7,767 = 0,067111$$

$$Z_{s(20)wonogiri} = \frac{kV^2}{kV^2} \times Z_{s(150)wonogiri} = \frac{20^2}{150^2} \times 5,835 = 0,103733$$

$$Z_{s(20)wonogiri} = \frac{20^2}{150^2} \times 7,767 = 0,13808$$

$$Z_{1(20)wonosari} = \frac{kV^2}{kV^2} \times Z_{1(150)wonosari} = \frac{20^2}{150^2} \times 3,775 = 0,067111$$

$$Z_{1(20)wonogiri} = \frac{kV^2}{kV^2} \times Z_{1(150)wonogiri} = \frac{20^2}{150^2} \times 5,835 = 0,103733$$

$$Z_{p} = \frac{(Z_{s(20)wonosari} + Z_{1(20)wonosari}) \times (Z_{s(20)wonogiri} + Z_{1(20)wonogiri})}{Z_{s(20)wonosari} + Z_{1(20)wonosari} + Z_{s(20)wonogiri} + Z_{1(20)wonogiri}}$$

$$Z_p = \frac{(0,067733 + 0,067111) \times (0,13808 + 0,103733)}{0,067733 + 0,067111 + 0,13808 + 0,103733} = 0,032607$$

Karena GI PT RUM memiliki 2 sumber yang terhubung paralel, maka impedansi paralelnya adalah:

$$Z_p = \frac{(0,134844) \times (0,241813)}{0,067733 + 0,067111 + 0,13808 + 0,103733} = 0,08657$$

$$Z_p = \frac{(0,134844) \times (0,241813)}{0,067733 + 0,067111 + 0,13808 + 0,103733} = 0,08657$$

$$Z_p = \frac{0,032607}{0,376657} = 0,08657$$

$$Z_p = 0,08657$$

$$I_f = \frac{V/\sqrt{3}}{Z_p + Z_t} = \frac{20/\sqrt{3}}{0,08657 + 1,333} = 8,13244 \text{ kA}$$

Tabel 12 hasil perbandingan perhitungan manual dengan ETAP

Hasil	I fault (kA)
Perhitungan ETAP	8,15
Perhitungan Manual	8,13244

Terjadi perbedaan perhitungan, disebabkan oleh adanya faktor pembulatan.

3.2.2.3 menghitung arus hubung singkat pada outgoing

Menghitung arus hubung singkat pada outgoing, ambil salah satu contoh. Pada feeder 5

Parameternya:

L = 0,98 km

R kabel = 0,1344 ohm/km

X kabel = 0,3158 ohm/km

$$Z1 = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{(0,1344^2 + 0,3158^2)}$$

$$Z1 = 0,34321 \text{ ohm/km}$$

$$Z1L = Z1 \times L = 0,34321 \times 0,98 = 0,3363 \text{ ohm}$$

$$If = \frac{V/\sqrt{3}}{Zp + Zt + Z1L} = \frac{20/\sqrt{3}}{0,08657 + 1,333 + 0,3363} = 6,5757 \text{ kA}$$

Tabel 13 hasil perbandingan perhitungan manual dengan ETAP

Hasil	I fault (kA)
Perhitungan ETAP	6,65
Perhitungan Manual	6,5757

Terjadi perbedaan perhitungan, disebabkan oleh adanya faktor pembulatan.

4. Kesimpulan

Pembahasan tentang analisa jatuh tegangan dan arus hubung singkat pada jaringan tegangan menengah PT RUM telah diuraikan dalam laporan Tugas Akhir ini, dapat ditarik kesimpulan dan saran sebagai berikut.

Hasil simulasi dan analisa jatuh tegangan dan arus hubung singkat pada jaringan tegangan menengah PT RUM dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain :

1. Presentase rugi tegangan pada jaringan tegangan menengah tertinggi pada PT RUM sebesar 0,177%. Masih memenuhi standart PLN 72 1987, karena batas minimum 5,5%^[16]. Hal ini disebabkan karena jaringan yang pendek, dan penampang kabel yang besar.
2. Dari hasil perhitungan manual jatuh tegangan, dan arus hubung singkat sudah memenuhi standart ANSI atau IEEE pada software ETAP. Karena hasil perhitungan manualnya sudah mendekati perhitungan ETAP.
3. Arus hubung singkat yang terjadi pada GI PT RUM merupakan penjumlahan dari arus hubung singkat pada GI wonosari dan GI wonogiri, karena letak GI PT RUM berada diantara ke dua GI tersebut.

Daftar Pustaka

- [1] Ariwibowo,C, *Trafo Distribusi pada JTM 20 KV di PT PLN Persero UPJ Semarang Selatan*, Kerja Praktek S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2009.
- [2] Pradana,A.P, *Perkiraan Konsumsi Energi Listrik, Saidi SAjfi, dan Rugi-rugi Energi Listrik Pada Jaringan APJ Cilacap Tahun 2012-2016*, Tugas Akhir S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [3] Rahardjo, *Merencanakan Pengembangan Sistem Kelistrikan PLN kedepan Secara Lebih Baik dan Lebih Efisien*, PT PLN (Persero) Distribusi
- [4] Sulasno, *Teknik dan Sistem Tenaga Distribusi Tenaga Listrik Edisi I*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2001.
- [5] Suhadi , *SMK Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid I*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Umum Dirjen Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional , 2008
- [6] robert P. Broadwater, Asif H.Khan, Hesham E.Shalaan, Robert E.Lee, *Time Varying Load Analysis to Reduce Distribution Automation*, IEEE Transaction On Power Delivery, Vol. 6, No. 4, October 2001
- [7] Setyaatmoko, Franky Dwi. 2011. “*Studi Arus Gangguan Hubung Singkat Menggunakan Pemodelan ATP/EMTP pada Jaringan Transmisi 150 kV di Sulawesi Selatan*”,Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Indonesia.
- [8] Laksana, EkaSetya. 2011. “*AnalisisKoordinasiSistemPengaman Incoming danPenyulangTransformator 3 di GI Sukolilo Surabaya*”, JurusanTeknikElektro, FakultasTeknologiIndustri, InstitutTeknologiSepuluh November, Indonesia.
- [9] Sarimun, Wahyudi. 2012. “*Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*”, Garamod.
- [10] Saadat, Hadi. 1999. “*Power System Analysis*”. McGraw Hill.
- [11] Stevenson, William D. 1996. “*Analisis Sistem Tenaga Listrik*”. Erlangga.
- [12] Gonen, Turan, “*Electric Power Transmission System Engineering*”, John Wiley dan Sons, Inc., Kanada, 1988
- [13] IEC 60904, “*Short-Circuit Currents In Three-Phase AC Systems*”, IEC, 2000
- [14] Kelompok Kerja Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, *Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik*, PT PLN (Persero), 2010
- [15] Kelompok Kerja Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, *Standard Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*, PT PLN (Persero) , 2010
- [16] SPLN 72 1987 , *Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)*
- [17] Gonen, Turan, “*Electric Power Distribution System Engineering*”, Mcgraw-hill book company., Colombia, 1986
- [18] Wijaya, Nur Akbar, “*Analisa Hubung Singkat & Hubung Buka pada Jaringan Tegangan Menengah*”, Laporan Tugas Akhir., 2003