

Analisis Drop Tegangan pada Instalasi Gedung Sipil Menggunakan Data DBMS (*Database Management System*)

Sukamdi^{*a)}, Sigit Setya Wiwaha^{a)}, Agista Ilham Aditama^{a)}, Sendy Mochtar^{a)}, Yessy Ema Wista Nainggolan^{a)}

(Artikel diterima: Juli 2021, direvisi: Oktober 2021)

Abstrak: Hasil perhitungan jatuh tegangan dari panel MDP menuju SDP pada kondisi beban maksimum (pembebanan 100%) menunjukkan bahwa jatuh tegangan terbesar terjadi pada Power Panel Lift Hyundai sebesar 0,51%, karena jarak penghantar menuju PP Lift Hyundai terjauh dan luas penampang serta besarnya arus beban lebih besar daripada panel lainnya. Dari analisis perbandingan hasil jatuh tegangan perhitungan manual terhadap simulasi Ecodial terdapat error sebesar 9,8%, sedangkan terhadap simulasi Etap terdapat error sebesar 5,88%. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis jatuh tegangan dengan perhitungan manual maupun simulasi Ecodial dan Etap di gedung sipil, hasil persentase jatuh tegangan sudah sesuai dengan standar PUIL 2011 Bab 2.2.3 dan IEC 60364-5-52 Tabel G.52.1 sehingga tidak diperlukan untuk melakukan perbaikan jatuh tegangan dikarenakan kondisi kelistrikan pada Gedung sipil setiap lantainya masih dalam kondisi normal.

Kata-kata kunci : Jatuh Tegangan, MDP, SDP

1. Pendahuluan

Gedung sipil memiliki satu trafo dengan kapasitas 1000 KVA dengan beban yang terpasang pada gedung sipil di MDP sebesar 865 KVA dengan jumlah SDP yang di analisis sebanyak 10 panel mulai dari lantai 1 sampai dengan lantai 8 dan 2 panel lift. Karena kemungkinan adanya penambahan beban di setiap SDP sehingga diperlukan adanya data terbaru dan dalam pendistribusian daya listrik dari MDP menuju SPD pada gedung sipil tidak dipungkiri dapat terjadi *losses* berupa jatuh tegangan, yang dimana jatuh tegangan dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu: panjang kabel penghantar, besar arus, tahanan jenis dan luas penampang penghantar.

Dari permasalahan tersebut adapun tujuan yang akan kami analisis yaitu menghitung jatuh tegangan dari panel MDP menuju SDP secara manual menggunakan DBMS, menganalisis perbandingan jatuh tegangan terhadap perhitungan manual dengan Software Ecodial 4.9 dan Etap 16.0.0 dan mencari solusi perbaikan jatuh tegangan di gedung sipil.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Daya Listrik

Daya listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Semakin tinggi nilai watt semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsi. [1]

Rumus yang digunakan adalah:

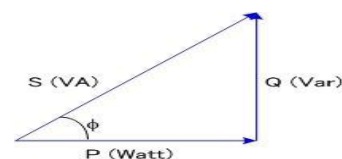
$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \quad (2-1)$$

Dimana: P = daya listrik (W)
V = tegangan listrik (V)

I = arus listrik (I)

2.2 Segitiga Daya

Segitiga daya adalah suatu hubungan antara daya nyata, daya semu dan daya reaktif, yang dapat dilihat hubungannya pada gambar bentuk segitiga dibawah ini. [1]



Gambar 2. 1 Segitiga Hubungan antara Daya Nyata, Daya Semu dan Daya Reaktif

2.3 Jatuh Tegangan

2.3.1 Pengertian Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran volt.

Tegangan jatuh secara umum adalah tegangan yang digunakan pada beban. Tegangan jatuh ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui tahanan kawat. Tegangan jatuh V pada penghantar semakin besar jika arus I di dalam penghantar semakin besar dan jika tahanan penghantar R_l semakin besar pula. Tegangan jatuh merupakan penanggung jawab terjadinya kerugian pada penghantar karena dapat menurunkan tegangan pada beban. Akibatnya hingga berada di bawah tegangan nominal yang dibutuhkan. [2]

2.3.2 Penyebab Terjadinya Jatuh Tegangan

Terjadinya jatuh tegangan diakibatkan berbagai hal. Berbagai hal tersebut mulai dari kabel, besarnya beban, kemampuan sumber kelistrikan, dan lain sebagainya. Berikut merupakan penyebab terjadinya voltage drop atau penurunan tegangan.

* Korespondensi: sukamdi@polinema.ac.id

a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141

1. Panjang kabel, semakin panjang kabel pada rangkaian kelistrikan maka voltage drop yang terjadi juga semakin besar.
2. Ukuran diameter dan luas penampang pada kabel, semakin kecil diameter maka voltage drop yang terjadi juga semakin besar atau dengan kata lain semakin besar diameter kabel maka voltage drop semakin kecil.
3. Tahanan jenis kabel, semakin jelek kabel yang digunakan maka tahanan jenis kabel juga semakin besar. Hal ini menyebabkan bertambah besar voltage drop yang terjadi.

Tabel 2. 1 Tahanan atau Hambatan Jenis

No	Nama Bahan	Hambatan Jenis Pada suhu 20° C (ohm m)
1.	Konduktor	
	Perak	1.59×10^{-8}
	Tembaga	1.72×10^{-8}
	Emas	2.24×10^{-8}
	Aluminium	2.65×10^{-8}
	Tungsen	5.65×10^{-8}
	Besi	9.71×10^{-8}
	Platina	10.6×10^{-8}
	Nikhron	100×10^{-8}
2.	Semikonduktor	
	Karbon (grafit)	1.5×10^{-1}
	Germanium (murni)	5×10^{-1}
	Silikon (murni)	3×10^3
3.	Isolator	
	Kaca	10.7×10^{10}
	Kuarsa	7.5×10^{17}

Sumber : fisikazone.com

4. Besarnya arus yang mengalir, semakin besar arus mengalir maka semakin besar juga voltage drop yang terjadi. [3]

2.3.3 Rumus Jatuh Tegangan

Untuk memperoleh hasil jatuh tegangan di suatu tempat di Jaringan Tegangan Rendah dapat menggunakan rumus sistematis seperti dibawah ini yang terdapat dalam standart IEC di Figure G27 dan Figure G28. [4]

Tabel 2. 2 Rumus Jatuh Tegangan

Circuit	Perhitungan Jatuh Tegangan dalam Volt (V)	Dalam Persen (%)
Single Phase : Phase/Phase	$\Delta U = 2 IB (R \cos \varnothing + X \sin \varnothing) L$	$\frac{100 \Delta U}{Un}$
Single Phase : Phase/Neutral	$\Delta U = 2 IB (R \cos \varnothing + X \sin \varnothing) L$	$\frac{100 \Delta U}{Vn}$
Balanced 3 Phase : 3 Phase	$\Delta U = \sqrt{3} IB (R \cos \varnothing + X \sin \varnothing) L$	$\frac{100 \Delta U}{Un}$

$$R = \frac{(\rho \cdot L)}{A} \quad (2-2)$$

Un = Tegangan fasa ke fasa

Vn = Tegangan fasa ke netral

X = diabaikan dikarenakan luas penampang penghantar tidak lebih dari 50 mm²

Keterangan :

I_B = Arus beban (A)

R = Resistansi kabel (Ω)

X = Reaktansi kabel (Ω)

ρ = Massa jenis ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

ΔV = Drop tegangan (V)

L = Panjang kabel (m)

A = Luas penampang kabel (mm²)

2.4 Standar Jatuh Tegangan

Menurut PUIL 2011 bab 2.2.3 Drop voltase antara terminal pelanggan dan sembarang titik dari instalasi tidak boleh melebihi 4% dari voltase pengenal pada terminal pelanggan.

Menurut SPLN 1: 1995 Rugi tegangan yang diperbolehkan sepanjang penghantar sambungan tenaga listrik tegangan rendah ialah +5% dan -10% diperhitungkan dari titik penyambungan pada JTR.

Menurut IEC 60364-5-52 Tabel G.52.1 "jatuh tegangan pada panel penerangan tidak boleh melebihi 3 % dan pada panel penggunaan lainnya seperti untuk tenaga dan pemanas tidak boleh melebihi 5%".

2.5 Menentukan Faktor Kebutuhan

Setiap Jenis bangunan mempunyai faktor kebutuhan beban yang berbeda-beda, oleh karena pada laporan ini menggunakan jenis bangunan umum yaitu Kantor, maka dengan melihat pada tabel faktor kebutuhan, faktor kebutuhan yang ada pada Kantor yaitu 0,5 – 0,8 dan dipilih 0,8.

Tabel 2. 3 Faktor kebutuhan untuk penentuan daya terpasang (Haryono, Tiyono).

Jenis Bangunan	Faktor Kebutuhan
Bangunan rumah tinggal	
Perumahan	0.4
Flat	0.6
Pemanas AC	0.8-1.0
Bangunan Umum	
Hotel dll	0.6-0.8
Kantor kecil	0.5-0.7
Kantor besar	0.7-0.8
Toko	0.5-0.7
Departemen Store	0.7-0.9
Sekolah dll	0.6-0.7
Rumah sakit	0.5-0.75
Stadion, restoran, teater	0.6-0.8
Stasiun, terminal, bandara	Tidak ada data
Pekerjaan logam	
Industri mobil	0.25
Industri pulp dan kertas	0.5-0.75
Industri pemintalan	0.75
Industri anyaman	0.6-0.7
Industri karet	0.6-0.7
Industri kimia/minyak	0.5-0.7
Industri semen	0.8-0.9
Industri makanan	0.7-0.9
Pertambangan	
Pekerjaan bawah tanah	1
Pemrosesan	0.8-0.9
Crane	0.7 per crane
Lift	0.5

Pada analisis jatuh tegangan digunakan beban bangunan umum yaitu Kantor. Yang dimana faktor kebutuhan pada tabel 2.3 di atas digunakan untuk mencari kebutuhan maksimum pada setiap panel yang telah di pasang monitoring. [5]

2.6 Software Ecodial 4.9

Ecodial 4.9 merupakan salah satu software aplikasi yang dimiliki oleh Schneider Electric yang digunakan untuk

mensimulasikan instalasi listrik tegangan rendah pada bangunan (baik bengkel, perkantoran hingga hunian rumah tangga). Ecodial digunakan untuk jaringan listrik LV (Low Voltage) dan membantu memilih peralatan yang tepat serta mengoptimalkan pemasangan listrik.

Ecodial dapat digunakan untuk menghitung satu jaringan listrik, dengan kelebihan parameter yang digunakan dapat menyesuaikan dengan kebutuhan, perhitungan dalam ecodial menyesuaikan dengan standar kelistrikan, batasan pengaman yang digunakan sebagai proteksi pada jaringan dapat disesuaikan dengan kebutuhan, terdapat kurva proteksi dari setiap pengaman jaringan listrik yang dipasang, hasil perhitungan dapat dicetak untuk bukti autentik.

Simulasi dalam software ecodial memiliki kelebihan salah satunya yaitu memberikan solusi kepada pengguna untuk mengetahui arus hubung singkat dalam jaringan listrik, drop tegangan, dan kapasitas pengaman yang digunakan solusi yang diberikan adalah pemilihan suatu produk yang tepat untuk jaringan tersebut, karena software ecodial merupakan software yang dimiliki oleh Schneider Electric maka produk pengaman yang dipilih adalah produk milik Schneider Electric sendiri. [6]

2.7 Software Etap 16.0.0

ETAP (Electric Transient and Analysis Program) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat didalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. ETAP awalnya dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan kualitas keamanan fasilitas nuklir di Arnerika Serikat yang selanjutnya dikembangkan menjadi sistem monitor manajemen energi secara real time, simulasi, kontrol, dan optimasi sistem tenaga listrik.

ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (one line diagram) dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: aliran daya, hubung singkat, starting motor, transient stability, koordinasi relay proteksi dan sistem harmonisasi. Proyek sistem tenaga listrik memiliki masing-masing elemen rangkaian yang dapat diedit langsung dari diagram satu garis dan atau jalur sistem pentanahan. Untuk kemudahan hasil perhitungan analisis dapat ditampilkan pada diagram satu garis. Etap Power Station memungkinkan kita untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar single line diagram/diagram satu garis.

Etap Power Station memiliki data yang detail untuk setiap elemen yang digunakan. Dengan menggunakan editor data, dapat mempercepat proses entri data suatu elemen. Data-data yang ada pada program ini telah di masukkan sesuai dengan data-data yang ada di lapangan untuk berbagai jenis analisa atau desain. ETAP Power Station dapat melakukan penggambaran single line diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisa/studi yakni Load Flow (aliran daya), Short Circuit (hubung singkat), motor starting, harmonisa, transient stability, protective device coordination, dan cable derating. [7]

3. Metodologi Penelitian

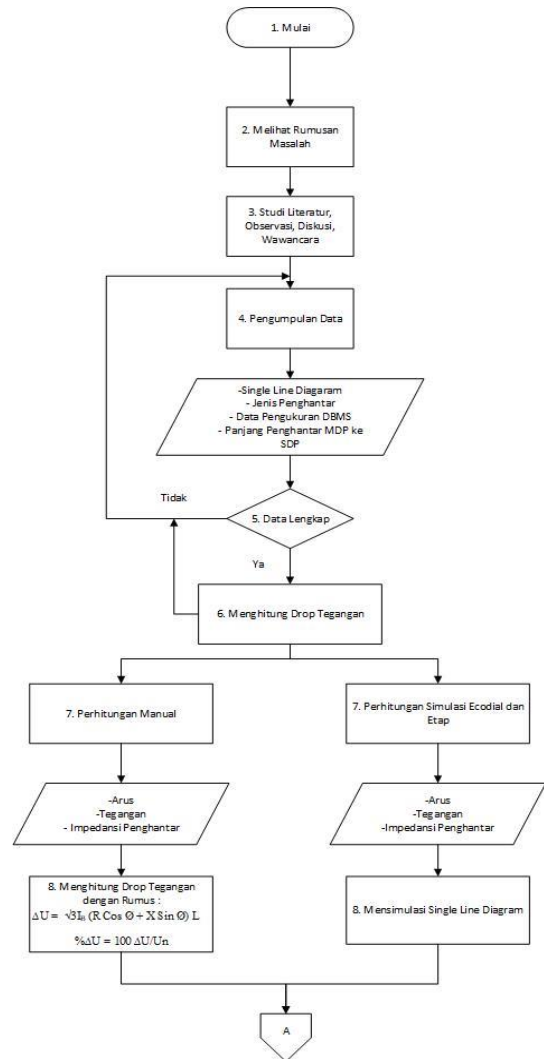
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Studi ini dilaksanakan pada semester ganjil-genap tahun ajaran 2019/2020 di Gedung Sipil Politeknik Negeri Malang untuk analisis drop tegangan dan perbaikan drop tegangan.

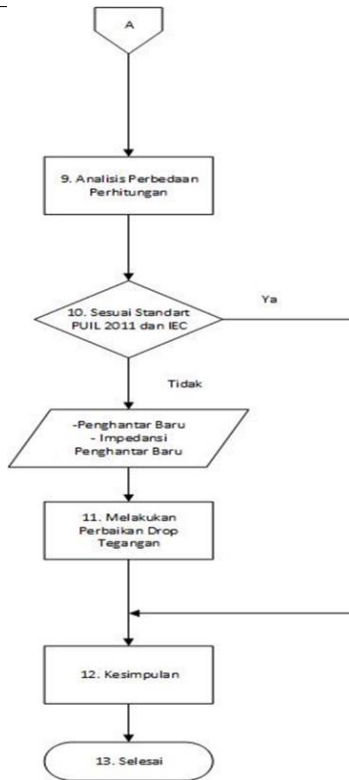
3.2 Bahan

Data – data yang digunakan pada studi ini didapat dari bagian perencanaan dan evaluasi yang memuat single line, spesifikasi beban MDP dan SDP, jarak penghantar MDP ke SDP dan penggunaan jenis kawat penghantar.

3.3 Langkah-langkah Pembuatan Laporan Akhir



Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Laporan Akhir



Gambar 3.2 Lanjutan Diagram Alir Pembuatan Laporan Akhir

4. Analisis

4.1 Perhitungan dan Analisis Jatuh Tegangan Pembebanan Minimum

Dalam perhitungan di bawah ini yang akan di analisis adalah beban dari MDP menuju *Lighting Panel* (LP) pada lantai 1 dan 3, MDP menuju *Distribution Panel* (DP) lantai 2 dan 4, dan MDP menuju *Power Panel* (PP) pada lantai 5 sampai dengan lantai 8, Lift Louser dan Lift Hyundai. Maka untuk mengetahui nilai jatuh tegangan pada saat beban minimum dapat di ambil dari salah satu panel dengan beban terkecil dan jarak yang lebih pendek dibandingkan dengan panel lainnya.

Diketahui:

- Panel = LP-3
 - Penghantar = NYY 4x10 mm² + BC
 - Panjang (L) = 0,0191 km
 - Hambatan Jenis (rho) = 22,5 Ωmm²/km
 - Arus = 0,88 A
 - Cos Ø = 0,62
 - Un = 400V (tegangan fasa ke fasa)
- X = diabaikan dikarenakan luas penampang penghantar tidak lebih dari 50 mm²

Perhitungan 3 Fasa :

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I_b (R \cos \emptyset + X \sin \emptyset) L$$

$$R = \frac{\rho \times L}{A}$$

$$= \frac{22,5 \times 0,0191}{10}$$

$$= 0,043 \Omega$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I_b \times R \times \cos \emptyset$$

$$= \sqrt{3} \times 0,88A \times 0,043\Omega \times 0,62$$

$$= 0,04 V$$

$$\% \Delta U = \frac{100 \Delta U}{U_n} = \frac{100 \times 0,04 V}{400} = 0,01 \%$$

Tabel 4. 1 Data Pembebanan dan Hasil Jatuh Tegangan Kondisi Minimum

No.	Beban	Panjang/Jarak MDP - SDP (km)	Luas Penampang (A)	Daya Semu Pembebanan Minimum (VA)	Arus (A)	PF	A/Luas Penampang (mm ²)	Rho/Hambatan Jenis (Ω mm ² /m)	Tegangan Nominal/Trano (V)	R/Hambatan n(Ω)	ΔV drop (V)	%ΔV drop
1.	LP-D	0,0117	(NYY/CU) 4 x 6 mm ²	2.060	3,37	0,89	6	22,5	400	0,044	0,23	0,06
2.	DP-2	0,0162	(NYY/CU) 4 x 10 mm ²	1.080	1,08	0,64	10	22,5	400	0,036	0,04	0,01
3.	LP-3	0,0191	(NYY/CU) 4 x 10 mm ²	0.300	0,88	0,62	10	22,5	400	0,043	0,04	0,01
4.	DP-4	0,0233	(NYY/CU) 4 x 35 mm ²	5.130	4,65	0,9	35	22,5	400	0,015	0,11	0,03
5.	PP Lantai 5	0,02821	(NYY/CU) 4 x 35 mm ²	6.260	9,62	0,96	35	22,5	400	0,018	0,29	0,073
6.	PP Lantai 6	0,0316	(NYY/CU) 4 x 35 mm ²	12.320	27,36	0,99	35	22,5	400	0,020	0,95	0,24
7.	PP Lantai 7	0,037	(NYY/CU) 4 x 95 mm ²	17.250	55,43	0,95	95	22,5	400	0,009	0,80	0,20
8.	PP Lantai 8	0,0392	(NYY/CU) 4 x 35 mm ²	5.070	7,42	0,96	35	22,5	400	0,025	0,31	0,08
9.	PP LIFT LOUSER	0,04	FRC 4x1x35 mm ²	1.390	1,68	0,8	35	22,5	400	0,026	0,06	0,015
10.	PP LIFT HYUNDAI	0,04	NYY 4x1x35 mm ²	17.560	16,4	0,76	35	22,5	400	0,026	0,56	0,14

Dalam perhitungan jatuh tegangan, dapat diketahui dari rumus di atas bahwa semakin tinggi gedung lantai sipil maka jatuh tegangan tidak selalu meningkat juga, karena beberapa faktor yang mempengaruhinya yaitu besar beban arus (ampere), panjang dan luas penghantar. Pada rumus diatas dapat diketahui bahwa semakin besar panjang penghantar maka hambatan akan semakin besar, namun semakin besar luas penampang maka hambatan akan semakin kecil dan semakin besar beban yang terukur maka jatuh tegangan semakin besar pula. Seperti pada panel LP-1 lantai 1 dan DP-2 lantai 2, bahwa jatuh tegangan pada DP-2 justru mengalami penurunan atau lebih kecil daripada LP-1, itu disebabkan karena pada panel DP-2 beban daya, arus dan faktor daya yang terukur di web monitoring lebih kecil dibandingkan dengan panel LP-1, meskipun jarak dan luas penampang pada panel DP-2 lebih besar dibandingkan LP-1.

Berdasarkan rumus perhitungan di atas dan pada tabel 4.16 diketahui bahwa tegangan beban minimum yang terendah terdapat pada MDP menuju LP-3 lantai 3 dengan hasil jatuh tegangan 3 fasa yaitu sebesar 0,04 volt atau sebesar 0,01%. Nilai tersebut sudah sesuai dengan standar yang berlaku pada IEC 60364-5-52 tabel G.52.1 dan PUIL 2011 Bab 2.2.3.

4.2 Perhitungan dan Analisis Jatuh Tegangan Pembebanan Maksimum

Untuk menganalisis jatuh tegangan secara pembebanan maksimum yaitu dilakukan perhitungan dengan mengambil data menggunakan daya beban terpasang yang telah dikalikan dengan faktor kebutuhan (FK) terlebih dahulu pada setiap panel. Karena sampai saat ini masih terjadi pandemi Covid-19, sehingga data pada beban terpasang *single line diagram* yang akan digunakan sebagai acuan. Untuk mencari nilai pembebanan maksimum 100% dapat dilihat pada rumus di bawah ini dengan menggunakan salah satu contoh pada panel LP-D:

$$\text{Beban Maksimum} = \text{Beban daya terpasang} \times \text{Faktor Kebutuhan}$$

$$= 12.149 \times 0,8$$

$$\begin{aligned}
 &= 9.719,2 \text{ VA} \\
 \text{Beban 100\%} &= \text{Beban maksimum} \times 100\% \\
 &= 9.719,2 \text{ VA} \times 100\% \\
 &= 9.719,2 \text{ VA} \\
 \text{Arus 100\%} &= \frac{\text{Beban 100\% (VA)}}{\sqrt{3} \times V} \\
 &= \frac{9.719,2}{\sqrt{3} \times 380} \\
 &= 14,77 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Maka untuk mengetahui nilai jatuh tegangan pada saat beban maksimum dengan pembebanan 100% dapat di ambil dari salah satu panel dengan beban terbesar dan jarak yang lebih panjang dibandingkan dengan panel lainnya.

Diketahui:

- Panel = PP Lift Hyundai
- Penghantar = NYY 4x1x35 mm²
- Panjang (L) = 0,04 km
- Hambatan Jenis (rho) = 22,5 Ωmm²/km
- Arus = 62,58 A
- Cos Ø = 0,73
- Un = 400V (tegangan fasa ke fasa)

X = diabaikan dikarenakan luas penampang penghantar tidak lebih dari 50 mm²

Perhitungan 3 Fasa :

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I_B (R \text{ Cos } \varnothing + X \text{ Sin } \varnothing) L$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{\rho \times L}{A} \\
 &= \frac{22,5 \times 0,04}{35} \\
 &= 0,026 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta U &= \sqrt{3} \times I_B \times R \times \text{Cos } \varnothing \\
 &= \sqrt{3} \times 62,58 \text{ A} \times 0,026 \Omega \times 0,73 \\
 &= 2,035 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$\% \Delta U = \frac{100 \Delta U}{U_n} = \frac{100 \times 2,035 \text{ V}}{400} = 0,51 \%$$

Tabel 4. 2 Data Pembebanan dan Hasil Jatuh Tegangan Kondisi Maksimum (Pembebanan 100%)

No.	Beban	Panjang/Jarak MDP - SDP (km)	Luas Penampang (A)	Beban Terpasang (VA)	Faktor Ketahanan (FK)	Beban Maksimum (VA)	Tegangan MDP (V)	A/Luas Penampang (mm ² /km)	Rho/Hambatan Jenis (Ω mm ² /km)	Tegangan Nominal/Tranfo (V)	R/Hambatan (Ω)	Cos Phi Sistem	Beban 100% (VA)	Arus 100% (A)	ΔVdrop Beban 100%	%ΔVdrop
1.	LP-D	0,0117	(NYY/CU) 4 x 6 mm ²	12.149	0,8	9719,2	380	6	22,5	400	0,044	0,39	9719,2	14,77	0,438	0,11
2.	DP-2	0,0162	(NYY/CU) 4 x 10 mm ²	20.798	0,8	23038,4	380	10	22,5	400	0,056	0,43	23038,4	35,00	0,950	0,24
3.	LP-3	0,0191	(NYY/CU) 4 x 10 mm ²	20.491	0,8	22792,8	380	10	22,5	400	0,043	0,44	22792,8	34,63	1,134	0,28
4.	DP-4	0,0233	(NYY/CU) 4 x 35 mm ²	44.021	0,8	35216,8	380	35	22,5	400	0,015	0,43	35216,8	53,51	0,597	0,15
5.	PP Lantai 5	0,0282	(NYY/CU) 4 x 35 mm ²	42.846	0,8	34276,8	380	35	22,5	400	0,018	0,84	34276,8	52,08	1,374	0,34
6.	PP Lantai 6	0,0316	(NYY/CU) 4 x 35 mm ²	51.949	0,8	41539,2	380	35	22,5	400	0,020	0,82	41539,2	63,14	1,822	0,46
7.	PP Lantai 7	0,037	(NYY/CU) 4 x 95 mm ²	91.623	0,8	73389,4	380	95	22,5	400	0,009	0,81	73389,4	111,37	1,369	0,34
8.	PP Lantai 8	0,0392	(NYY/CU) 4 x 35 mm ²	47.208	0,8	37766,4	380	35	22,5	400	0,025	0,79	37766,4	57,38	1,979	0,49
9.	PP LIFT LOUSER	0,04	FRC 4x1x35 mm ²	32.327	0,8	25861,6	380	35	22,5	400	0,026	0,48	25861,6	39,29	0,840	0,21
10.	PP LIFT HYUNDAI	0,04	NYY 4x1x35 mm ²	51.482	0,8	41856,6	380	35	22,5	400	0,026	0,73	41856,6	62,58	2,035	0,51

Berdasarkan rumus perhitungan di atas dan pada tabel 4.2 diketahui bahwa jatuh tegangan beban maksimum dengan

pembebanan 100% yang paling terbesar terdapat pada MDP menuju PP Lift Hyundai dengan hasil jatuh tegangan 3 fasa yaitu sebesar 2,035 volt atau sebesar 0,51%. Nilai tersebut sesuai dengan standar IEC 60364-5-52 tabel G.52.1 dan PUIL 2011 Bab 2.2.3.

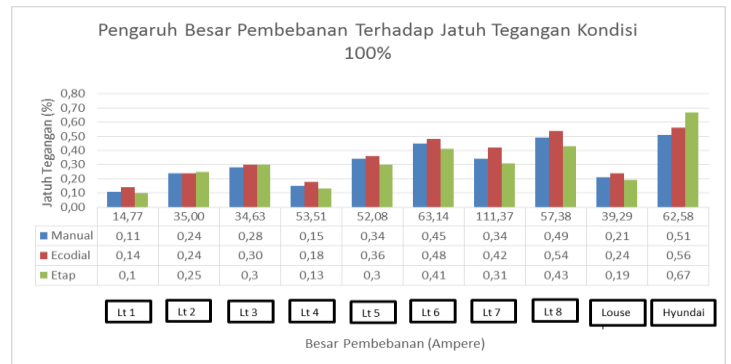
4.3 Analisis Semua Perhitungan Jatuh Tegangan Pembebanan Maksimum

Tabel 4. 3 Perbandingan Hasil Jatuh Tegangan Kondisi Pembebanan Maksimum 100%

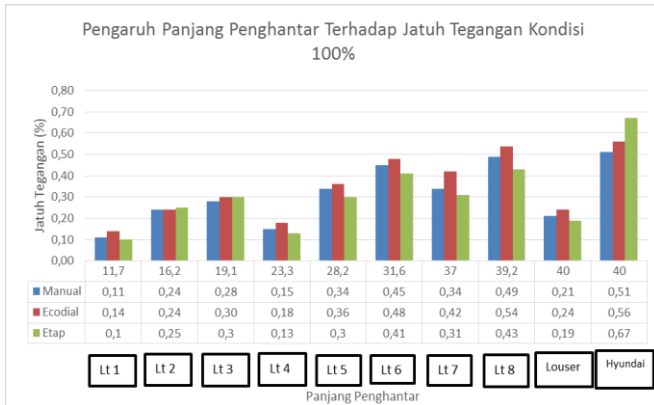
No.	Beban	Panjang/Jarak MDP - SDP (m)	Luas Penampang (A)	%ΔV drop			Error	
				Manual	Ecodial	Etap	Manual-Ecodial	Manual-Etap
1.	LP-D	11,7	(NYY/CU) 4 x 6 mm ²	0,11	0,14	0,1	27,27	9,09
2.	DP-2	16,2	(NYY/CU) 4 x 10 mm ²	0,24	0,24	0,25	0,00	4,17
3.	LP-3	19,1	(NYY/CU) 4 x 10 mm ²	0,28	0,30	0,3	7,14	7,14
4.	DP-4	23,3	(NYY/CU) 4 x 35 mm ²	0,15	0,15	0,17	0,00	13,33
5.	PP Lantai 5	28,2	(NYY/CU) 4 x 35 mm ²	0,34	0,36	0,38	5,88	11,76
6.	PP Lantai 6	31,6	(NYY/CU) 4 x 35 mm ²	0,45	0,48	0,49	6,67	8,89
7.	PP Lantai 7	37	(NYY/CU) 4 x 95 mm ²	0,34	0,36	0,35	5,88	2,94
8.	PP Lantai 8	39,2	(NYY/CU) 4 x 35 mm ²	0,49	0,54	0,55	9,59	12,24
9.	PP LIFT LOUSER	40	FRC 4x1x35 mm ²	0,21	0,22	0,23	4,76	9,52
10.	PP LIFT HYUNDAI	40	NYY 4x1x35 mm ²	0,51	0,53	0,54	3,92	5,88

Dapat dilihat dari tabel 4.3 baik perhitungan secara teori atau manual maupun simulasi software Ecodial 4.9 dan Etap 16.0.0, pada kondisi beban maksimum, bahwa nilai jatuh tegangan bahkan tidak sampai 1%, dikarenakan memang beban-beban yang terpasang pada gedung sipil adalah beban yang yang tidak terlalu besar, sehingga hasil jatuh tegangan pada simulasi dan perhitungan yang didapatkan pun memang kecil dan sudah sesuai standar IEC 60364-5-52 Tabel G.52.1 yang menyatakan "jatuh tegangan pada panel penerangan tidak boleh melebihi 3 % dan pada panel penggunaan lainnya seperti untuk tenaga dan pemanas tidak boleh melebihi 5%" dan PUIL 2011 Bab 2.2.3.1 menyatakan "jatuh tegangan antara terminal pelanggan dan sembarang titik dari instalasi tidak boleh melebihi 4% dari tegangan pengenalan".

4.4 Analisis Perubahan Pembebanan Terhadap Jatuh Tegangan



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Besar Pembebanan terhadap Jatuh Tegangan Kondisi Pembebanan 100%



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Penghantar terhadap Jatuh Tegangan Kondisi Pembebanan 100%

Dari gambar grafik 4.1 dapat menjelaskan mengenai pengaruh panjang penghantar terhadap jatuh tegangan dan dari gambar grafik 4.2 dapat menjelaskan mengenai pengaruh besar pembebanan terhadap jatuh tegangan. Namun, pada kondisi tertentu di lantai 3, lantai 4, lantai 6, lantai 7, lantai 8 dan Lift Louser tidak linier terhadap pengaruh besar pembebanan dan pengaruh panjang penghantar, hal itu disebabkan karena luas penampang dan besarnya arus beban berbeda setiap lantainya.

Dapat di lihat bahwa semakin besar beban yang terpasang maka semakin besar arus yang mengalir yang akan berpengaruh terhadap tegangan yang diterima suatu sistem. Dengan adanya perubahan beban di setiap panel maka besar kecilnya beban akan sangat memengaruhi persentase jatuh tegangan yang terjadi pada suatu sistem.

5. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan bahasan tentang jatuh tegangan di Gedung sipil Politeknik Negeri Malang adalah sebagai berikut:

1. Jatuh tegangan antara MDP dengan SDP pada Gedung teknik sipil memenuhi persyaratan standar, dengan nilai jatuh tegangan terbesar terdapat pada PP Lift Hyundai, yaitu sebesar 0,51%.
2. Dari analisis perhitungan teori yang dibandingkan menggunakan simulasi Ecodial 4.9 jatuh tegangan pembebanan 100% pada PP Lift Hyundai terdapat error sebesar 3,92% sedangkan jika dibandingkan dengan simulasi Etap 16.0.0 terdapat error 5,88%. Hal itu disebabkan karena setting parameter yang tidak sama antara perhitungan teori dan kedua software, parameter itu terdiri dari nilai resistansi, reaktansi, dan induktansi pada penghantar.
3. Hasil perhitungan jatuh tegangan pada Gedung sipil saat kondisi pembebanan 100%, hasil persentase jatuh tegangan sudah sesuai dengan standar PUIL 2011 Bab 2.2.3 dan IEC 60364-5-52 Tabel G.52.1 sehingga tidak diperlukan untuk melakukan perbaikan jatuh tegangan dikarenakan kondisi kelistrikan pada Gedung sipil di setiap lantainya masih dalam kondisi normal.
4. Jatuh tegangan dapat dipengaruhi panjang penghantar dan besarnya arus beban berdasarkan hasil analisis pada table 4.36, gambar grafik 4.1, dan gambar grafik 4.2.

Daftar Pustaka

- [1] El, Suhinar. 2015. "Cara Memahami Segitiga Daya" <https://www.listrik-praktis.com/2015/09/memahami-dengan-mudah-konsep-segitiga-daya.html>. Diakses pada 10 Maret 2020
- [2] Holong, Modal. 2012. "Tegangan Jatuh (Drop Tegangan)" <https://modalholong.wordpress.com/tag/drop-tegangan/>. Diakses pada 10 Maret 2020
- [3] Kami, Sekolah. 2019. "Voltage Drop Atau Tegangan Jatuh" <https://www.sekolahkami.com/2019/12/voltage-drop-atau-tegangan-jatuh.html>. Diakses pada 10 Maret 2020
- [4] Schneider Electric-Electrical Installation Guide. 2007. Chapter G Sizing and Protection of Conductors.
- [5] Haryono, Tiyono. Manajemen Energi AC, Diktat mata kuliah Manajemen Energi (ME) Elektrik di MSEE UGM Teknik Elektro FT UGM, Yogyakarta.
- [6] Why, Dika. 2018. "Ecodial" <https://www.scribd.com/presentation/391801804/Ecodial>. Diakses pada 7 April 2020.
- [7] Permana, Alif. 2018. Pengenalan Software Etap. <https://www.alifpustaka.com/pengenalan-software-etap/>. Diakses 7 April 2020.