

PERANCANGAN SISTEM INSTALASI LISTRIK PADA TEROWONGAN PEMELIHARAAN PLTA MERANGIN 350MW KERINCI, JAMBI

Krisna Zain Murtafi^{*)}, Bambang Winardi dan Ajub Ajulian Zahra Macrina

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} E-mail: zainmurtafi@students.undip.ac.id

Abstrak

Terowongan Pemeliharaan Pada PLTA Merangin 350MW Kerinci Jambi digunakan sebagai jalur untuk para teknisi dalam melakukan pemeliharaan. Dalam rangka memenuhi kebutuhan fasilitas dan kenyamanan penggunaan area, maka diperlukan energi listrik yang didistribusikan kedalam terowongan secara layak dan aman. Dalam hal ini, pemasangan instalasi listrik harus menggunakan peralatan dan perlengkapan listrik yang memenuhi standar peralatan di bidang ketenagalistrikan sehingga menjamin kenyamanan dan keamanan bagi pengguna area terowongan. Berdasarkan hal tersebut, maka pada tugas akhir ini dilakukan perancangan sebuah sistem instalasi listrik pada terowongan pemeliharaan PLTA Merangin 350MW Kerinci Jambi dengan perangkat lunak bantu ETAP 16.0.0 yang disesuaikan dengan standar PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) 2011. Hasil perhitungan dan simulasi menunjukkan luas penampang kabel fasa yang digunakan dalam perancangan ini ialah 1,5 mm², 4 mm², 6 mm², 10 mm², 25 mm², 70 mm², 95 mm², 185 mm², 300 mm², dan 400 mm². Nilai jatuh tegangan terbesar terdapat pada kabel penghantar SDP D yaitu sebesar 2,592% berdasarkan perhitungan dan 2,54% berdasarkan simulasi dengan luas penampang 185 mm².

Kata kunci: ETAP 16.0.0, Instalasi Listrik, PUIL 2011

Abstract

Maintenance Tunnel at the PLTA Merangin 350MW in Kerinci Jambi is used as a pathway for technicians to carry out maintenance. In order to meet the needs of facilities and the convenience of using the area, it is necessary to distribute electrical energy into the tunnel properly and safely. In this case, the electrical installation must use electrical equipment and supplies that meet the equipment standards in the electricity sector so as to ensure comfort and safety for tunnel area users. Based on this, in this final project the design of an electrical installation system in the maintenance tunnel of PLTA Merangin 350MW in Kerinci Jambi is carried out with the ETAP 16.0.0 software which is adapted to the PUIL (General Electrical Installation Requirements) 2011 standard. The results of calculations and simulations show the cross-sectional area of the phase cables used in this design are 1,5 mm², 4 mm², 6 mm², 10 mm², 25 mm², 70 mm², 95 mm², 185 mm², 300 mm², and 400 mm². The largest voltage drop is found in the conductor of SDP D, which is 2,592% based on calculations and 2,54% based on simulation with a cross-sectional area of 185 mm².

Keywords: ETAP 16.0.0, Electrical Installation, PUIL 2011

1. Pendahuluan

PLTA Merangin 350MW Kerinci Jambi merupakan Pembangkit Listrik Tenaga Air yang terletak di Kabupaten Kerinci, Provinsi Jambi, Indonesia. Wilayah proyek ini berjarak sekitar 400 km dari Ibu kota Provinsi Jambi dan sekitar 377 km dari Pelabuhan Teluk Bayur. PLTA ini nantinya akan memiliki Kapasitas Nilai Nominal 350MW. Pembangkit listrik tenaga air tersebut memanfaatkan debit Sungai Merangin dan Danau Kerinci untuk menghasilkan tenaga listrik. Untuk menjaga efektivitas dalam operasional PLTA perlu didukung oleh adanya manajemen perawatan dan pemeliharaan yang

baik. Demi menunjang hal tersebut maka dibangunlah suatu terowongan pemeliharaan.

Pada PLTA Merangin 350MW Kerinci Jambi, Terowongan Pemeliharaan digunakan sebagai jalur untuk para teknisi dalam melakukan perawatan. Dalam rangka memenuhi kebutuhan fasilitas dan kenyamanan penggunaan area, maka diperlukan energi listrik yang didistribusikan kedalam terowongan secara layak dan aman. Dalam hal ini, pemasangan instalasi listrik yang baik, benar dan aman dalam pengoperasian akan meningkatkan kenyamanan dan keamanan bagi pengguna area terowongan. Maka dari itu instalasi listrik harus menggunakan peralatan dan perlengkapan listrik yang

memenuhi standar peralatan di bidang ketenagalistrikan [1].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Irmansyah pada tahun 2009, rancangan suatu instalasi listrik harus memenuhi ketentuan PUIL dan ketentuan lainnya yang berlaku. Dijelaskan pula bahwa penentuan luas penampang penghantar dan analisa jatuh tegangan perlu dilakukan dalam suatu perancangan instalasi listrik [2]. Penentuan luas penampang penghantar erat hubungannya dengan KHA (Kuat Hantar Arus). Arus yang mengalir melalui penghantar tidak boleh melebihi nilai KHA guna menghindari kerusakan pada penghantar. Untuk jatuh tegangan (*drop voltage*) maksimal yang diukur antara terminal pelanggan dan sembarang titik instalasi yang diperbolehkan adalah sebesar 4% [3].

Berdasarkan hal tersebut, maka pada tugas akhir ini dilakukan perancangan sebuah sistem instalasi listrik Pada Terowongan Pemeliharaan PLTA Merangin 350MW Kerinci, Jambi yang disesuaikan dengan PUIL menggunakan *software* bantu ETAP 16.0.0. Metode simulasi dan metode perhitungan digunakan sebagai pendekatan dalam menentukan spesifikasi luas penampang penghantar dan besar jatuh tegangan dengan mengacu kepada PUIL 2011 [4].

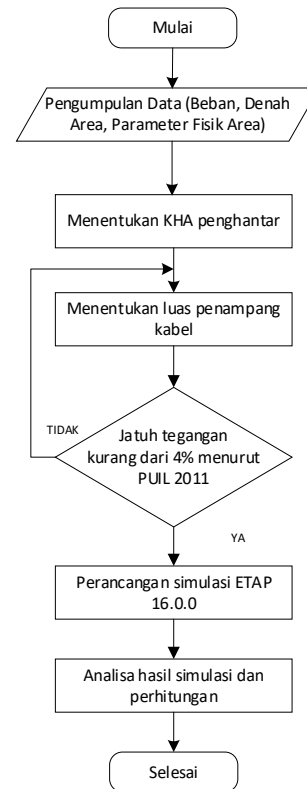
Perancangan sistem instalasi listrik harus mengacu pada aturan standar yang berlaku. Adanya standar ini bertujuan supaya perusahaan instalasi listrik mampu terselenggara dengan baik dan dapat menjamin keselamatan manusia dari bahaya kejut listrik, keamanan gedung serta isinya dari kebakaran akibat listrik, keamanan instalasi listrik beserta perlengkapannya, dan perlindungan lingkungan [5].

2. Metodologi Penelitian

2.1. Langkah Penelitian

Tugas akhir ini dilaksanakan dalam beberapa tahap penelitian yang digambarkan pada diagram alir penelitian pada Gambar 1.

Gambar 1. menunjukkan langkah – langkah metodologi penelitian tugas akhir yang ditempuh. Mulai dari pengumpulan data, memperkirakan kebutuhan beban dan instalasi listrik, pemodelan perancangan, simulasi kemudian disesuaikan dengan standar yang dipakai untuk selanjutnya dianalisa hasilnya dan selesai.

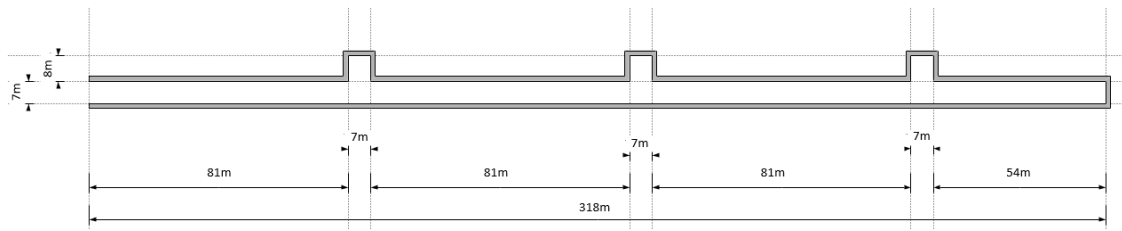


Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini pengumpulan data dilakukan dengan melakukan pengumpulan data secara langsung dari lokasi dan dibantu dengan hasil wawancara dengan *Head of Electrical Division* di proyek pembangunan Terowongan Pemeliharaan PLTA Merangin 350MW Kerinci, Jambi. Dari pengumpulan data didapatkan denah dari Terowongan Pemeliharaan dan kebutuhan beban yang selanjutnya dapat dirancang *single line diagram* yang sesuai.

Terowongan pemeliharaan ini memiliki panjang 318 meter, lebar 7 meter, dan tinggi 6 meter. Didalam terowongan pemeliharaan ini terdapat 3 *Turning Bay Tunnel* yang berjarak 81 meter dengan masing masing *Turning Bay Tunnel* memiliki panjang 8 meter dan lebar 7 meter. Terowongan pemeliharaan ini berfungsi sebagai akses jalan menuju main tunnel atau terowongan utama saluran air dari PLTA Merangin 350MW Kerinci, Jambi. Gambar denah Terowongan Pemeliharaan PLTA Merangin 350MW Kerinci, Jambi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Denah Terowongan Pemeliharaan PLTA Merangin 350MW Kerinci Jambi

Kelistrikan di Terowongan Pemeliharaan PLTA Merangin 350MW Kerinci Jambi disuplai oleh transformator 1600 kVA. Transformator tersebut menyuplai 1 MDP (*Main Distribution*) yang kemudian dibagi menjadi 4 SDP (*Sub Distribution*) yaitu SDP A, SDP B, SDP C, dan SDP D dengan rincian kebutuhan beban adalah seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan beban Terowongan Pemeliharaan PLTA Merangin 350MW Kerinci Jambi

SUMBER	BEBAN (kW)	BEBAN (kVA)
Trafo ke MDP	1143,972	1345,8494
MDP		
SDP A	350,044	411,8165
SDP B	259,994	305,8753
SDP C	259,994	305,8753
SDP D	273,94	322,2824
SDP A		
Penerangan A	1,2	1,4118
Penerangan darurat A	0,144	0,1694
Blower A	110	129,4118
Welding A	25,2	29,6471
Stone Crusher A	56	65,8824
Jumbo drill A	150	176,4706
Grouting machine A	7,5	8,8235
SDP B		
Penerangan B	1,15	1,3529
Penerangan darurat B	0,144	0,1694
Pump B	20	23,5294
Welding B	25,2	29,6471
Stone Crusher B	56	65,8824
Jumbo drill B	150	176,4706
Grouting machine B	7,5	8,8235
SDP C		
Penerangan C	1,15	1,3529
Penerangan darurat C	0,144	0,1694
Pump C	20	23,5294
Welding C	25,2	29,6471
Stone Crusher C	56	65,8824
Jumbo drill C	150	176,4706
Grouting machine C	7,5	8,8235
SDP D		
Penerangan D	0,75	0,8824
Penerangan darurat D	0,09	0,1059
Pump D	34,4	40,4706
Welding D	25,2	29,6471
Stone Crusher D	56	65,8824
Jumbo drill D	150	176,4706
Grouting machine D	7,5	8,8235

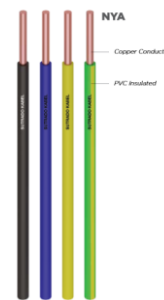
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Manual

3.1.1. Perhitungan Luas Penampang Kabel

Kabel listrik merupakan media yang digunakan untuk menghantarkan arus listrik ataupun informasi. Bahan

yang digunakan pada kabel beraneka ragam, khusus sebagai pengantar arus listrik, umumnya terbuat dari tembaga dan umumnya dilapisi dengan pelindung [6].



Gambar 3. Contoh ilustrasi kabel [7]

Pemilihan ukuran Kabel Fasa

Untuk menentukan ukuran kabel fasa SDP A terlebih dahulu perlu mencari nilai arus maksimum yang akan mengalir pada penghantar fasa dengan persamaan sebagai berikut [8].

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi} \tag{1}$$

$$I = \frac{350044}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,85}$$

$$I = 594,4059 \text{ ampere}$$

Perhitungan arus sesuai dengan faktor koreksi untuk suhu udara ambien 35°C yang di terapkan pada kabel di udara dengan isolasi XLPE adalah sebagai berikut [9].

$$I' = \frac{I}{k1 \times k2} \tag{2}$$

$$I' = \frac{594,4059}{0,96 \times 1}$$

$$I' = 619,1728 \text{ ampere}$$

Maka didapatkan kuat hantar arus sesuai persamaan sebagai berikut [9].

$$KHA = 125\% \times I' \tag{3}$$

$$KHA = 125\% \times 619,1728$$

$$KHA = 773,9660 \text{ Ampere}$$

Sesuai dengan PUIL 2011 yaitu pada Tabel KHA terus menerus untuk kabel inti tunggal, berkonduktor tembaga, dan berselubung XLPE maka didapatkan ukuran kabel fasa 300 mm². Pemilihan kabel ini juga mempertimbangkan kesesuaian sistem pada simulasi ETAP 16.0.0.

Pemilihan ukuran Kabel Netral

Pemilihan ukuran kabel netral berdasarkan IEC yang dipakai pada standar Cenelec, untuk besaran kabel netral (N) 1:1 dengan luas penghantar kabel fasanya (P). Sehingga didapatkan hasil sesuai persamaan sebagai berikut.

$$N = S \tag{4}$$

$$N = 1 \times 300 \text{ mm}^2$$

$$N = 300 \text{ mm}^2$$

Pemilihan ukuran Kabel PE (Protection Earth)

Pemilihan kabel PE disesuaikan dengan standar PUIL 2011, dimana apabila penghantar fasa memiliki luas penampang lebih dari 35 mm² ($S > 35$) maka luas penampang minimum proteksi terakait adalah sebesar $\frac{S}{2}$. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

$$Sp = \frac{S}{2} = \frac{300}{2} = 150 \text{ mm}^2 \tag{5}$$

Dengan menggunakan cara yang sama maka akan didapat hasil pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan luas penampang penghantar

Sumber	KHA (A)	Luas Penampang Penghantar (mm ²)		
		Fasa	Netral	PE
Trafo ke MDP	2529,3832	400	400	200
MDP				
SDP A	773,9660	300	300	150
SDP B	574,8606	185	185	92,5
SDP C	574,8606	185	185	92,5
SDP D	605,6960	185	185	92,5
SDP A				
Penerangan A	8,1270	1,5	1,5	1,5
Penerangan darurat A	0,9752	1,5	1,5	1,5
Blower A	243,2159	70	70	35
Welding A	55,7185	6	6	6
Stone Crusher A	123,8190	25	25	16
Jumbo drill A	331,6580	95	95	47,5
Grouting machine A	16,5829	1,5	1,5	1,5
SDP B				
Penerangan B	7,7884	1,5	1,5	1,5
Penerangan darurat B	0,9752	1,5	1,5	1,5
Pump B	44,2211	4	4	4
Welding B	55,7185	6	6	6
Stone Crusher B	123,8190	25	25	16
Jumbo drill B	331,6580	95	95	47,5
Grouting machine B	16,5829	1,5	1,5	1,5
SDP C				
Penerangan C	7,7884	1,5	1,5	1,5
Penerangan darurat C	0,9752	1,5	1,5	1,5
Pump C	44,2211	4	4	4
Welding C	55,7185	6	6	6
Stone Crusher C	123,8190	25	25	16
Jumbo drill C	331,6580	95	95	47,5
Grouting machine C	16,5829	1,5	1,5	1,5
SDP D				
Penerangan D	5,0794	1,5	1,5	1,5
Penerangan darurat D	0,6095	1,5	1,5	1,5
Pump D	76,0602	10	10	10
Welding D	55,7185	6	6	6
Stone Crusher D	123,8190	25	25	16
Jumbo drill D	331,6580	95	95	47,5
Grouting machine D	16,5829	1,5	1,5	1,5

3.1.2. Perhitungan Jatuh Tegangan

Dalam penyaluran tenaga listrik dari suatu sumber ke beban pada suatu instalasi, akan terjadi suatu perbedaan tegangan antara tegangan di sisi sumber dan tegangan di sisi beban. Dimana tegangan pada sisi sumber lebih besar dari pada tegangan di sisi beban. hal ini disebabkan oleh adanya drop tegangan di dalam sistem instalasinya [10].

Luas penampang penghantar pada Tabel 2 dapat berubah menyesuaikan dengan nilai jatuh tegangannya, dimana jatuh tegangan yang diperbolehkan oleh PUIL 2011 adalah sebesar 4%. Berikut merupakan contoh perhitungan jatuh tegangan.

SDP A

Berdasarkan standar IEC 60288 didapatkan resistansi dan reaktansi kabel dengan luas penghantar 300 mm² isolasi XLPE adalah sebagai berikut [11].

$$R = 0,08 \Omega/km$$

$$X = 0,089 \Omega/km$$

Nilai jatuh tegangan didapatkan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times (R_{c1ph} \cos \varphi + X_{c1ph} \sin \varphi) \times I \times L \times 10^{-3}}{V} \times 100 \% \tag{6}$$

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times (0,08 \times 0,85 + 0,089 \times 0,527) \times 594,4059 \times 1 \times 10^{-3}}{400 \times 2} \times 100 \%$$

$$\Delta V = 0,015 \%$$

Penerangan B

Berdasarkan standar IEC 60288 didapatkan resistansi dan reaktansi kabel dengan luas penghantar 1,5 mm² isolasi PVC adalah sebagai berikut [11].

$$R = 12,1 \Omega/km$$

$$X = 0 \Omega/km$$

Nilai jatuh tegangan didapatkan dengan persamaan sebagai berikut

$$\Delta V = \frac{2 \times (R_{c1ph} \cos \varphi + X_{c1ph} \sin \varphi) \times I \times L \times 10^{-3}}{V} \times 100 \% \tag{7}$$

$$\Delta V = \frac{2 \times (12,1 \times 0,85 + 0 \times 0,527) \times 5,8569 \times 81 \times 10^{-3}}{231 \times 2} \times 100 \%$$

$$\Delta V = 2,112 \%$$

Pompa D

Berdasarkan standar IEC 60288 didapatkan resistansi dan reaktansi kabel dengan luas penghantar 10 mm² isolasi XLPE adalah sebagai berikut [11].

$$R = 2,33 \Omega/km$$

$$X = 0,084 \Omega/km$$

Nilai jatuh tegangan didapatkan dengan persamaan sebagai berikut

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times (R_{c1ph} \cos \varphi + X_{c1ph} \sin \varphi) \times I \times L \times 10^{-3}}{V} \times 100 \% \quad (8)$$

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times (2,33 \times 0,85 + 0,084 \times 0,527) \times 58,4143 \times 81 \times 10^{-3}}{400 \times 2} \times 100 \%$$

$$\Delta V = 0,768 \%$$

Untuk konduktor yang memiliki luar dimensi penghantarnya kurang dari 50 mm², nilai reaktansinya jauh lebih kecil dibandingkan dengan nilai resistansinya maka dari itu diperbolehkan untuk diabaikan dalam perhitungan [12].

Dengan perhitungan yang sama maka akan didapatkan data pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan jatuh tegangan

Sumber	L (m)	R (Ω/km)	X (Ω/km)	Voltage Drop (%)
Trafo ke MDP	10	0,0641	0,071	0,386
MDP				
SDP A	1	0,08	0,089	0,015
SDP B	81	0,128	0,095	1,230
SDP C	162	0,128	0,095	2,460
SDP D	243	0,128	0,095	2,592
SDP A				
Penerangan A	81	12,1	0	2,204
Penerangan darurat A	81	12,1	0	0,529
Blower A	30	0,342	0,075	0,401
Welding A	30	3,92	0,089	0,939
Stone Crusher A	30	0,927	0,082	0,513
Jumbo drill A	30	0,247	0,073	0,411
Grouting machine A	30	15,42	0,101	2,177
SDP B				
Penerangan B	81	12,1	0	2,112
Penerangan darurat B	81	12,1	0	0,529
Pump B	30	5,87	0,09	1,111
Welding B	30	3,92	0,089	0,939
Stone Crusher B	30	0,927	0,082	0,513
Jumbo drill B	30	0,247	0,073	0,411
Grouting machine B	30	15,42	0,101	1,089
SDP C				
Penerangan C	81	12,1	0	2,112
Penerangan darurat C	81	12,1	0	0,529
Pump C	30	5,87	0,09	0,741
Welding C	30	3,92	0,089	0,939
Stone Crusher C	30	0,927	0,082	0,513
Jumbo drill C	30	0,247	0,073	0,411
Grouting machine C	30	15,42	0,101	0,726
SDP D				
Penerangan D	75	12,1	0	1,276
Penerangan darurat D	75	12,1	0	0,306
Pump D	30	2,33	0,084	0,768
Welding D	30	3,92	0,089	0,626
Stone Crusher D	30	0,927	0,082	0,513
Jumbo drill D	30	0,247	0,073	0,411
Grouting machine D	30	15,42	0,101	0,726

3.2. Hasil Simulasi ETAP 16.0.0

Berdasarkan perancangan kebutuhan beban, maka penulis mensimulasikan diagram garis tunggal dengan software ETAP 16.0.0 menggunakan luas penampang kabel yang telah disesuaikan dengan perhitungan untuk mendapatkan

nilai jatuh tegangan. Sebelum melakukan simulasi, skema pembebanan yang direncanakan haruslah dibuat dalam diagram satu garis dan mengisi data spesifikasi yang diperlukan sehingga skema dapat dimodelkan dalam perangkat lunak ETAP [13]. Ketika bekerja dengan ETAP, beberapa hal berikut perlu diperhatikan:

1. *One Line Diagram*, menunjukkan hubungan antar peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan [14].
2. *Library*, informasi atau data mengenai peralatan yang digunakan dalam sistem kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang detail akan memudahkan dan memperbaiki hasil simulasi dan hasil analisa [14].
3. Standar yang dipakai, biasanya mengacu pada standar IEC atau ANSI dan meliputi frekuensi sistem dan metode-metode yang dipakai [15].
4. *Study case*, berisikan parameter-parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa [15].

Hasil simulasi menggunakan ETAP 16.0.0 dapat diamati pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil simulasi luas penampang penghantar dan jatuh tegangan

Sumber	Luas Penampang Penghantar (mm ²)			Voltage Drop (%) Simulasi
	Fasa	Netral	PE	
Trafo ke MDP	400	400	240	0,377
MDP				
SDP A	300	300	150	0,14
SDP B	185	185	95	1,19
SDP C	185	185	95	2,41
SDP D	185	185	95	2,54
SDP A				
Penerangan A	1,5	1,5	1,5	2,65
Penerangan darurat A	1,5	1,5	1,5	0,647
Blower A	70	70	35	0,381
Welding A	6	6	6	0,901
Stone Crusher A	25	25	16	0,487
Jumbo drill A	95	95	50	0,391
Grouting machine A	1,5	1,5	1,5	2,1
SDP B				
Penerangan B	1,5	1,5	1,5	2,51
Penerangan darurat B	1,5	1,5	1,5	0,64
Pump B	4	4	4	1,07
Welding B	6	6	6	0,891
Stone Crusher B	25	25	16	0,493
Jumbo drill B	95	95	50	0,396
Grouting machine B	1,5	1,5	1,5	1,05
SDP C				
Penerangan C	1,5	1,5	1,5	2,48
Penerangan darurat C	1,5	1,5	1,5	0,632
Pump C	4	4	4	0,721
Welding C	6	6	6	0,88
Stone Crusher C	25	25	16	0,499
Jumbo drill C	95	95	50	0,401
Grouting machine C	1,5	1,5	1,5	0,706
SDP D				
Penerangan D	1,5	1,5	1,5	1,51
Penerangan darurat D	1,5	1,5	1,5	0,367
Pump D	10	10	10	0,749
Welding D	6	6	6	0,587
Stone Crusher D	25	25	16	0,5
Jumbo drill D	95	95	50	0,402
Grouting machine D	1,5	1,5	1,5	0,707

Berdasarkan data yang tertera pada Tabel 4, didapatkan hasil jatuh tegangan pada simulasi menggunakan ETAP 16.0.0 sudah sesuai dengan PUIL 2011 yakni tidak lebih dari 4%.

3.3. Analisa

3.3.1. Perbandingan Luas Penampang Kabel

Berdasarkan hasil perhitungan dan hasil simulasi didapatkan perbandingan luas penampang penghantar ialah sesuai dengan yang tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan luas penghantar hasil perhitungan dan hasil simulasi

Sumber	Luas Penampang Penghantar Hasil Perhitungan (mm ²)			Luas Penampang Penghantar Hasil Simulasi (mm ²)		
	Fasa	Netral	PE	Fasa	Netral	PE
Trafo ke MDP	400	400	200	400	400	240
MDP						
SDP A	300	300	150	300	300	150
SDP B	185	185	92,5	185	185	95
SDP C	185	185	92,5	185	185	95
SDP D	185	185	92,5	185	185	95
SDP A						
Penerangan A	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Penerangan darurat A	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Blower A	70	70	35	70	70	35
Welding A	6	6	6	6	6	6
Stone Crusher A	25	25	16	25	25	16
Jumbo drill A	95	95	47,5	95	95	50
Grouting machine A	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
SDP B						
Penerangan B	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Penerangan darurat B	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Pump B	4	4	4	4	4	4
Welding B	6	6	6	6	6	6
Stone Crusher B	25	25	16	25	25	16
Jumbo drill B	95	95	47,5	95	95	50
Grouting machine B	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
SDP C						
Penerangan C	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Penerangan darurat C	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Pump C	4	4	4	4	4	4
Welding C	6	6	6	6	6	6
Stone Crusher C	25	25	16	25	25	16
Jumbo drill C	95	95	47,5	95	95	50
Grouting machine C	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
SDP D						
Penerangan D	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Penerangan darurat D	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Pump D	10	10	10	10	10	10
Welding D	6	6	6	6	6	6
Stone Crusher D	25	25	16	25	25	16
Jumbo drill D	95	95	47,5	95	95	50
Grouting machine D	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Berdasarkan Tabel 5 terdapat beberapa perbedaan pada hasil perhitungan dengan hasil simulasi contohnya pada

ukuran kabel PE Stone Crusher D menurut perhitungan ukurannya ialah 47,5 mm² sedangkan berdasarkan simulasi adalah 50 mm². Perbedaan tersebut dikarenakan tidak ada ukuran kabel 47,5 mm² sehingga diambil pembulatan terdekat untuk ukuran kabel yang tersedia.

3.3.2. Perbandingan Jatuh Tegangan

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi didapatkan nilai jatuh tegangan yang tertera pada Tabel 6.

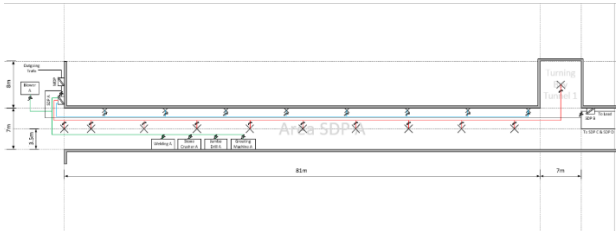
Tabel 6. Perbandingan jatuh tegangan hasil perhitungan dan hasil simulasi

Sumber	Voltage Drop (%) Perhitungan	Voltage Drop (%) Simulasi
Trafo ke MDP	0,386	0,377
MDP		
SDP A	0,015	0,14
SDP B	1,230	1,19
SDP C	2,460	2,41
SDP D	2,592	2,54
SDP A		
Penerangan A	2,204	2,65
Penerangan darurat A	0,529	0,647
Blower A	0,401	0,381
Welding A	0,939	0,901
Stone Crusher A	0,513	0,487
Jumbo drill A	0,411	0,391
Grouting machine A	2,177	2,1
SDP B		
Penerangan B	2,112	2,51
Penerangan darurat B	0,529	0,64
Pump B	1,111	1,07
Welding B	0,939	0,891
Stone Crusher B	0,513	0,493
Jumbo drill B	0,411	0,396
Grouting machine B	1,089	1,05
SDP C		
Penerangan C	2,112	2,48
Penerangan darurat C	0,529	0,632
Pump C	0,741	0,721
Welding C	0,939	0,88
Stone Crusher C	0,513	0,499
Jumbo drill C	0,411	0,401
Grouting machine C	0,726	0,706
SDP D		
Penerangan D	1,276	1,51
Penerangan darurat D	0,306	0,367
Pump D	0,768	0,749
Welding D	0,626	0,587
Stone Crusher D	0,513	0,5
Jumbo drill D	0,411	0,402
Grouting machine D	0,726	0,707

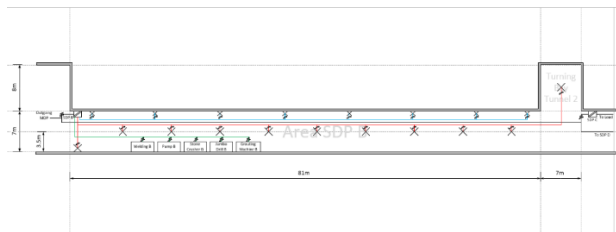
Berdasarkan Tabel 6 hasil perhitungan dan simulasi jatuh tegangan sudah memenuhi standar yang tertera pada PUIL 2011 yaitu bernilai kurang dari 4%. Jatuh tegangan terbesar berada pada kabel penghantar SDP D yaitu sebesar 2,592 % untuk hasil perhitungan dan 2,54 % berdasarkan simulasi ETAP. Besar jatuh tegangan ini disebabkan oleh letak kabel yang langsung terhubung ke beban dan memiliki besar arus dan panjang kabel yang paling besar dibanding kabel yang lain.

3.4. Pemeliharaan PLTA Merangin 350MW Kerinci Jambi

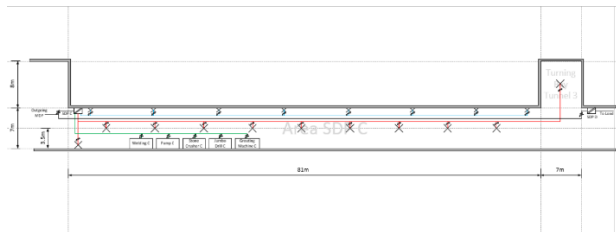
Berikut ini merupakan denah instalasi listrik Terowongan Pemeliharaan PLTA Merangin 350MW Kerinci Jambi yang dibagi berdasarkan area pembebanan masing-masing SDP untuk mempermudah pembacaan.



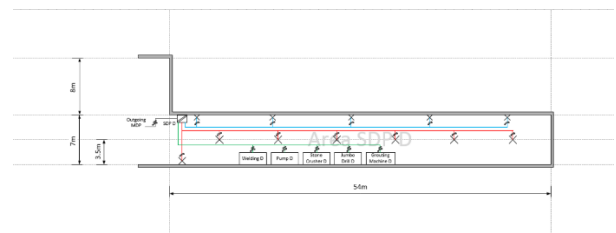
Gambar 4. Denah instalasi listrik Area SDP A



Gambar 5. Denah instalasi listrik Area SDP B



Gambar 6. Denah instalasi listrik Area SDP C



Gambar 7. Denah instalasi listrik Area SDP D

Pada Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7 menunjukkan denah instalasi listrik untuk masing-masing SDP. Beban penerangan merupakan beban 1 fasa yang dihubungkan ke fasa R yang digambarkan dengan garis berwarna merah, beban penerangan darurat merupakan beban 1 fasa yang dihubungkan ke fasa S yang digambarkan dengan garis berwarna biru muda, dan untuk beban lainnya merupakan beban 3 fasa yang penghantarnya digambarkan dengan garis berwarna hijau.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi menggunakan software ETAP 16.0.0 untuk perancangan instalasi listrik Terowongan Pemeliharaan PLTA Merangin 350MW Kerinci Jambi yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini, didapatkan nilai jatuh tegangan terbesar ialah pada kabel penghantar SDP D yaitu sebesar 2,592% berdasarkan perhitungan dan 2,54% berdasarkan simulasi dengan luas penampang 185 mm². Nilai jatuh tegangan tersebut telah memenuhi standar PUIL 2011 dimana jatuh tegangan yang diperbolehkan ialah kurang dari 4%. Kemudian untuk luas penampang kabel fasa yang ideal dalam perancangan ini ialah 1,5 mm², 4 mm², 6 mm², 10 mm², 25 mm², 70 mm², 95 mm², 185 mm², 300 mm², dan 400 mm² sesuai dengan kebutuhan KHA tiap penghantar.

Referensi

- [1]. Undang-Undang Republik Indonesia No. 30 tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan, Jakarta: Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, 2009.
- [2]. Irmansyah, "Perancangan Instalasi Listrik Pada Rumah Dengan Daya Listrik Besar," Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Depok, 2009.
- [3]. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2011.
- [4]. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2000.
- [5]. P. V. Harten dan Ir. E. Setiawan, *Instalasi Listrik Arus Kuat 1*. Bandung: Binacipta, 1981.
- [6]. D. Laras, *Materi Instalasi Listrik*. Yogyakarta: UNY Press, 2018.
- [7]. *Katalog Kabel Sutrado*, PT Sutrakabel Intimandiri, Bogor, 2018.
- [8]. G. Milton, *Basic Electricity*, Second edition. New York, NY, USA: McGraw-Hill Companies, 2007.
- [9]. *Electrical Insulation Guide According to IEC International Standard*, Schenider Electric Industries SAS, SA, 2016.
- [10]. J. Sinaga, "Perancangan Instalasi Listrik Pada Rumah Toko Tiga Lantai Dengan Daya 12 KW," *JURNAL TEKNOLOGI ENERGI UDA: JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 8, no. 2, hal. 102-112, Sept. 2019.
- [11]. *International Standard: Conductor of insulated cables*, IEC Standard 60228, 2004.
- [12]. *CENELEC 2011*, Brussels: European Committee for Electrotechnical Standardization, 2011.
- [13]. R. Ilham, A. Rahardjo, dan F. Husnayain, "Evaluasi Perancangan Instalasi Listrik Tenaga di Perusahaan Air Minum," *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 18, no. 1, hal. 91-106, Agt. 2021.
- [14]. S. Sudirham, *Analisa Sistem Tenaga*. Bandung: Darpublic, 2012.
- [15]. R. D. Rahmawati, "Analisis Keseimbangan Beban Di Gedung ICT Universitas Diponegoro," Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Semarang, 2021.