

REDESAIN SISTEM INSTALASI LISTRIK GEDUNG PT. PLN UDIKLAT SEMARANG

Bayu Adi Prabowo^{*}, Susatyo Handoko dan Enda Wista Sinuraya

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

^{*}E-mail: bayuadiprabowo1996@gmail.com

Abstrak

Gedung PT. PLN Udiklat Semarang sudah berdiri sejak tahun 1973. Menurut undang-undang nomor 30 tahun 2009 tentang ketenagalistrikan, gedung yang sudah berdiri lebih dari 10 tahun perlu dilakukan evaluasi instalasi listrik. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kelistrikan sebuah gedung sesuai persyaratan teknik dan keselamatan berdasar standar PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) 2011. Gedung PT. PLN Udiklat Semarang memiliki transformator dengan kapasitas 400 kVA yang menyuplai ke empat belas MCCB Utama di MDP (*Main Distribution Panel*). Pada kondisi gedung saat ini terdapat tegangan jatuh terbesar pada penghantar MDP ke Kantin sebesar 15,3%. Menurut PUIL 2011 nilai tegangan jatuh yang diperbolehkan yaitu tidak lebih dari 4%. Selanjutnya ukuran luas penampang penghantar MDP Utama yaitu 240 mm² mengalami kelebihan beban dengan arus beban sebesar 1204,4 A hasil simulasi. Tegangan jatuh maupun luas penampang penghantar harus disesuaikan agar penyaluran tenaga listrik tidak terganggu. Berdasarkan kondisi tersebut, maka pada tugas akhir ini dilakukan perancangan ulang instalasi listrik gedung dengan perangkat lunak ETAP 12.6 untuk memperbaiki nilai tegangan jatuh dan konduktor yang mengalami kelebihan beban dengan mengacu pada standar yang berlaku. Setelah dilakukan perancangan ulang, luas penampang penghantar MDP Utama diganti menjadi 500 mm² hasil simulasi. Lalu tegangan jatuh terbesar berada pada penghantar MDP-Mendut sebesar 3,6% hasil simulasi.

Kata Kunci: Tegangan Jatuh, ETAP 12.6, Perancangan Ulang, PUIL 2011.

Abstract

PT. PLN Udiklat Semarang has been established since 1973. According to law number 30 of 2009 concerning electricity, buildings that have been in existence for more than 10 years need to be evaluated for electrical installations. This aims to determine the electrical condition of a building in accordance with technical and safety requirements based on the 2011 PUIL (General Electrical Installation Requirements) 2011. PT. PLN Udiklat Semarang has a transformer with a capacity of 400 kVA which supplies fourteen Main MCCBs in the MDP (Main Distribution Panel). In the current condition of the building there is the biggest voltage drop in MDP to Canteen conductor by 15.3%. According to PUIL 2011, the allowable voltage drop is not more than 4%. Furthermore, with 240 mm² the size of the main MDP conductor cross-sectional area is overloaded with a load current of 1204.4 from simulation results. The voltage drop and cross-sectional area must be adjusted so that the distribution of electricity is not interrupted. Under these conditions, this final project redesigned the electrical installations of the building with ETAP 12.6 software to improve the voltage drop and conductors that were overloaded with reference to applicable standards. After being redesigned, the cross-sectional area of the main MDP conductor was changed to 500 mm² from simulation results. Then the biggest voltage drop is on the MDP-Mendut conductor of 3.6% from simulation results.

Keywords: Voltage Drop, ETAP 12.6, Redesign, PUIL 2011.

1. Pendahuluan

PT. PLN Pusat Pendidikan dan Pelatihan (Udiklat) Semarang merupakan salah satu tempat pendidikan dan pelatihan untuk para pegawai maupun calon pegawai PLN. Udiklat PLN ini selalu mengupayakan agar setiap peserta didik yang mengikuti pembelajaran dan pelatihan mempunyai luaran berupa kualitas dan kompetensi yang unggul serta dapat menjadi pilar tokoh perusahaan negara

yang bergerak di bidang listrik. Karena hal tersebut, Udiklat PLN Semarang selalu berupaya memberikan fasilitas terbaik untuk menunjang sistem pembelajarannya.

Salah satu cara untuk mewujudkan proses pembelajaran yang optimal dan nyaman adalah memberikan peralatan elektronik penunjang di setiap kelas dan peralatan praktek yang lengkap, oleh karenanya harus diimbangi dengan sistem kelistrikan yang memadai dan handal agar peralatan

tersebut dapat berjalan dengan baik dan seminimal mungkin tidak terjadi kerusakan.

Dibangun pada tahun 1973, gedung yang terletak di Kedung Mundu Raya, Semarang ini telah berumur lebih dari 10 tahun sehingga perlu diadakannya evaluasi instalasi listrik. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kelistrikan gedung saat ini apakah masih memenuhi persyaratan teknik dan keselamatan atau tidak. Baik berupa perubahan kualitas maupun kuantitas [1].

Kawat penghantar pada sebuah instalasi listrik yang sudah berumur dan berkarat akan mengalami penurunan kualitas tahanan kabel. Pemilihan ukuran penampang kabel yang tidak sesuai dengan kebutuhan beban juga dapat merusak tahanan kabel, sehingga mempengaruhi penurunan penyaluran tenaga listrik [4].

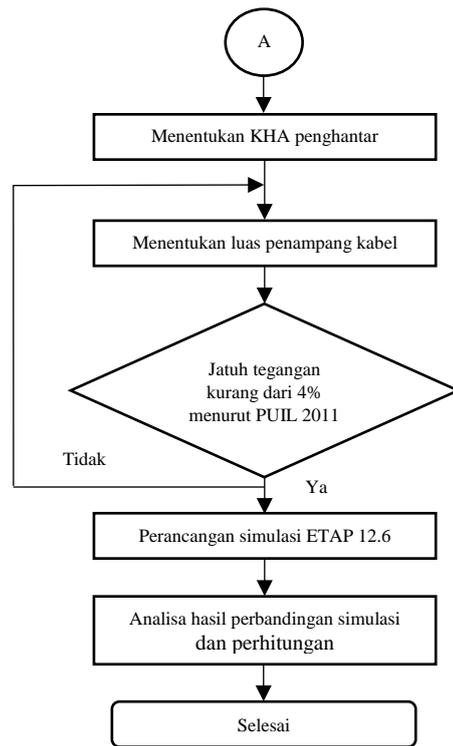
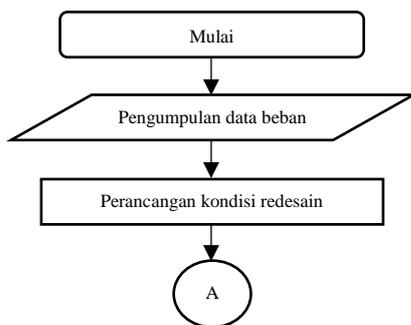
Berdasarkan hal tersebut, maka pada tugas akhir ini dilakukan perancangan sebuah desain baru instalasi listrik gedung PT. PLN Pusat Pendidikan dan Pelatihan (Udiklat) Semarang yang disesuaikan dengan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) menggunakan *software* bantu ETAP 12.6. Metode simulasi dan perhitungan digunakan sebagai pendekatan untuk menentukan spesifikasi luas penampang penghantar, besar jatuh tegangan dan kebutuhan generator *set* dengan mengacu kepada PUIL 2011 dan *International Electrotechnical Commission* (IEC) [2] [3] [7].

Pembenahan instalasi listrik gedung haruslah mengikuti aturan standar yang berlaku. Standar ini bertujuan agar pembenahan instalasi listrik terselenggara dengan baik, untuk menjamin keselamatan manusia dari bahaya kejut listrik, keamanan instalasi listrik beserta perlengkapannya, keamanan gedung serta isinya dari kebakaran akibat listrik, dan perlindungan lingkungan [2].

2. Metodologi Penelitian

2.1. Langkah Penelitian

Pada penelitian tugas akhir ini dilaksanakan dalam beberapa tahap. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.2. Pengumpulan Data

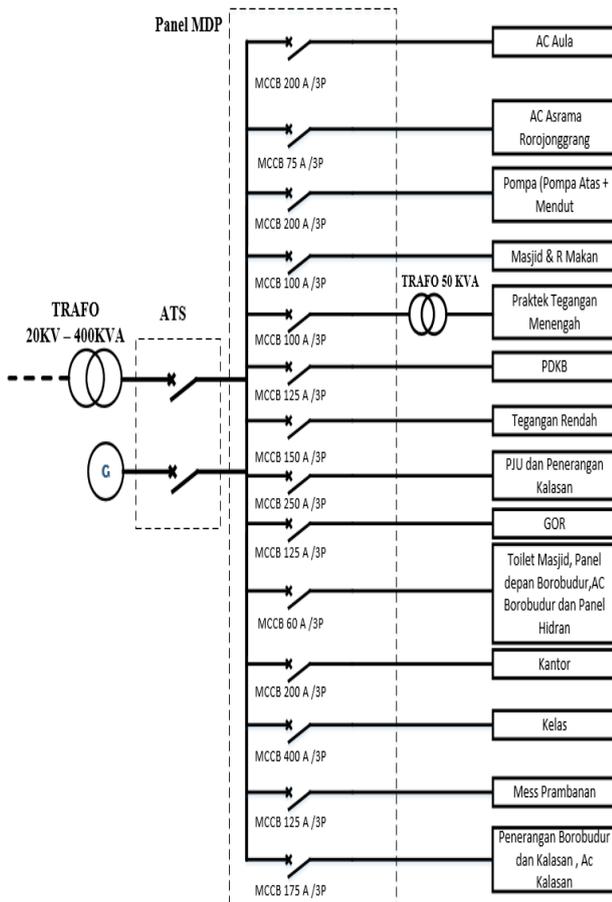
Pengumpulan data pada tugas akhir ini meliputi *single line diagram* kondisi saat ini, pengumpulan data beban total, dan memetakan arah serta jarak konduktor. Sistem kelistrikan di gedung PT. PLN Udiklat Semarang disuplai dengan transformator 400 kVA. Satu transformator tersebut mengarah ke satu MDP (*Main Distribution Panel*) dan selanjutnya menyuplai ke empat belas SDP (*Sub Distribution Panel*). Berikut rincian beban dari MDP ke SDP tiap gedung.

Tabel 1. Rincian beban dari MDP menuju SDP tiap Gedung

No	MCCB	SDP	Total Beban (W)
1	MCCB 1 (200 A)	- Penerangan Aula	12.222
		- AC Aula	31.850
2	MCCB 2 (75 A)	- AC Roro Jongrang	9.350
		- Pompa AS	8.000
3	MCCB 3 (200 A)	- AC Mendut	18.810
		- Penerangan Mendut	12.930
4	MCCB 4 (100 A)	- Masjid Utama	6.549
		- Kantin	33.287
5	MCCB 5 (100 A)	- Praktek PDKB TM	-
6	MCCB 6 (100 A)	- PDKB Lama	21.960
		- Graha Supriyo	40.237
		- PDKB Baru	51.820

Tabel 1. (lanjutan)

No	MCCB	SDP	Total Beban (W)
7	MCCB 7 (150 A)	- Warehouse 1	3.055
		- Warehouse 2	3.055
		- Koperasi	3.910
8	MCCB 8 (250 A)	- Penerangan Kalasan	50.534
		- PJU 1	4.573
9	MCCB 9 (125 A)	- GOR	2.920
		- Toilet Masjid	180
10	MCCB 10 (60 A)	- Hidrant	4.330
		- AC Borobudur	7.500
		- Lapangan Tenis	6.630
11	MCCB 11 (200 A)	- Kantor	44.439
12	MCCB 12 (500 A)	- Kelas	132.442
13	MCCB 13 (75 A)	- Prambanan	104.271
		- AC Kalasan	15.750
		- Penerangan Roro Jongrang	5.632
14	MCCB 14 (175 A)	- Penerangan Borobudur	14.290



Gambar 2 Wiring diagram MDP

3. Hasil dan Analisis

3.1. Perhitungan Manual

1. Menentukan Ukuran Kabel Fasa

Perhitungan kabel fasa dari MDP ke empat belas MCCB utama dibawahnya menggunakan perhitungan dengan persamaan berikut:

$$I_{3Fasa} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_{LL} \times \cos \phi}$$

$$I_{1Fasa} = \frac{P}{V_{LN} \times \cos \phi}$$

Sebagai contoh pada MCCB1 yang menuju ke Penerangan Aula memiliki total beban 3 fasa sebesar 12.222 Watt, sedangkan MCCB1 pada SDP GOR yang menuju ke Masjid memiliki total beban 1 fasa 6.729 Watt, lalu dihitung menggunakan persamaan diatas yaitu:

$$I_{3Fasa} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_{LL} \times \cos \phi}$$

$$I_{3Fasa} = \frac{12222}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,8} = 22,05 \text{ A}$$

$$I_{1Fasa} = \frac{P}{V_{LN} \times \cos \phi}$$

$$I_{1Fasa} = \frac{6729}{V_{LN} \times \cos \phi} = 36,57 \text{ A}$$

Perhitungan arus faktor koreksi dengan suhu udara ambien 35°C yang di terapkan pada kabel terpasang di udara adalah sebagai berikut:

$$I_{b'} = \frac{I}{k1 \times k2}$$

$$I_{b'} = \frac{22,05}{0,94 \times 1} = 23,45 \text{ A}$$

Maka didapatkan kuat hantar arus sesuai persamaan

$$KHA = 125\% \times I_{b'}$$

$$KHA = 125\% \times 23,45 = 29,31 \text{ A}$$

Berdasarkan PUIL 2011 ukuran minimal kabel NYY berinti tiga, berkonduktor tembaga, dan berselubung PVC yang memiliki KHA mendekati 29,13 Ampere yaitu 2,5 mm².

2. Menentukan Ukuran Kabel Netral

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

$$N = 1 \times 2,5 \text{ mm}^2$$

$$N = 2,5 \text{ mm}^2$$

3. Menentukan Ukuran Kabel PE (*Protection Earth*)

Penentuan kabel PE menggunakan standar PUIL 2011, dimana apabila penghantar fasa memiliki luas penampang kurang dari sama dengan 16 mm^2 ($S \leq 16 \text{ mm}^2$) maka luas penampang minimum proteksi terkait adalah sebesar luas penampang penghantar fasa tersebut. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

$$S_p = S = 2,5 \text{ mm}^2$$

4. Perhitungan Tegangan Jatuh

Berdasarkan standar PUIL 2011 yang mengacu pada IEC 60288 dan hasil pengambilan data yang penulis lakukan, salah satu contohnya adalah kabel 3 fasa dari MDP menuju ke Penerangan Aula didapatkan data sebagai berikut.

$$R = 1,830 \Omega/\text{km}$$

$$X = 0,1232 \Omega/\text{km}$$

$$\text{panjang} = 77 \text{ m}$$

Perhitungan jatuh tegangan 3 fasa sebagai berikut.

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

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times (1,83 \times 0,8 + 0,1232 \times 0,6) \times 22,05 \times 0,077}{400} \times 100\%$$

$$\Delta V = 1,13\%$$

Lalu untuk kabel 1 fasa dari MDP menuju ke Masjid Utama, didapatkan data sebagai berikut.

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

$$\Delta V = \frac{2 \times (3,08 \times 0,8 + 0 \times 0,6) \times 36,57 \times 0,008}{V_{LN}} \times 100\%$$

$$\Delta V = 0,62\%$$

5. Kebutuhan Genset

Sebelum mencari kapasitas genset, terlebih dahulu mencari *Demand Factor*, selanjutnya menentukan kapasitas daya dengan perhitungan sebagai berikut:

Total beban terpasang di gedung PT. PLN Udiklat Semarang:

$$P_{Total} = 661.326 \text{ W}$$

Beban puncak terukur di gedung PT. PLN Udiklat Semarang:

$$P_{Peak} = 286.608,77 \text{ W}$$

$$\text{Demand Factor} = \frac{286608,77}{661326} = 0,4333 \approx 0,43$$

Kapasitas Daya

$$P = DF \times P_{Total} \times \text{Faktor Keamanan Trafo}$$

$$P = 0,43 \times 661326 \times 125\%$$

$$P = 355.462,73 \text{ W}$$

$$P = 355,5 \text{ W}$$

Genset yang sudah terpasang di PT. PLN Udiklat Semarang memiliki kapasitas sebesar 500 kVA dengan daya aktif sebesar 400 kW, dimana hal tersebut sudah melebihi kapasitas daya aktif perhitungan sebesar 355,5 kW. Maka genset tersebut sudah sesuai dengan kebutuhan.

3.2. Perbandingan Hasil Perhitungan Manual dan Simulasi

3.2.1. Perbandingan Luas Penampang

Berdasarkan hasil perhitungan manual dan simulasi didapatkan data perbandingan luas penghantar sebagai berikut:

Tabel 2. Perbandingan luas penampang perhitungan dan simulasi

Jalur Kabel	Luas Penampang Penghantar (mm ²)			Luas Penampang Penghantar (mm ²)		
	Fasa	Netral	PE	Fasa	Netral	PE
Trafo-MDP	2x500	500	300	2x500	500	300
MCCB 1						
MDP-Pen. Aula	10	10	10	10	10	10
MDP-AC Aula	35	35	16	35	35	16
MCCB 2						
MDP-AC RJ	16	16	16	16	16	16
MDP-Penerangan RJ	10	10	10	10	10	10
MCCB 3						
MDP-Mendut	35	35	16	35	35	16
MCCB 4						
MDP-Kantin	25	25	16	25	25	16
MCCB 6						
MDP-PDKB	150	150	70	150	150	70
MCCB 7						
MDP-Tegangan Rendah	95	95	50	95	95	50
MCCB 8						
MDP-Penerangan Kalasan	35	35	16	35	35	16
MCCB 9						
MDP-GOR	70	70	35	70	70	35
MCCB 10						
MDP-Hidrانت	35	35	16	35	35	16
MCCB 11						
MDP-Kantor	70	70	35	70	70	35
MCCB 12						
MDP-Kelas	150	150	70	150	150	70
MCCB 13						
MDP-Prambanan	185	185	95	185	185	95
MCCB 14						
MDP-AC Kalasan	35	35	16	35	35	16

Berdasarkan Tabel 2 didapatkan ukuran luas penampang kabel perhitungan sama dengan simulasi yang sudah sesuai dengan kebutuhan beban sehingga tidak lagi mengalami *overload*. Kondisi *overload* adalah nilai KHA kabel lebih rendah dari arus yang lewat, sehingga menyebabkan kabel mengalami panas yang berlebih. Apabila hal tersebut dibiarkan terus terjadi, kabel tersebut dapat putus dan terbakar karena tidak mampu menahan arus yang lewat. Hal tersebut sangat berbahaya karena peralatan listrik akan mengalami kerusakan terutama alat elektronik seperti komputer, dan juga dapat menyebabkan kematian jika tidak sengaja tersentuh manusia maupun makhluk hidup lain.

3.2.2. Perbandingan Tegangan Jatuh

Berdasarkan hasil perhitungan manual dan simulasi didapatkan data perbandingan tegangan jatuh sebagai berikut.

Tabel 3. Perbandingan tegangan jatuh perhitungan dan simulasi

Jalur Kabel	Voltage Drop (%)	
	Manual	Simulasi
Trafo-MDP	0,48	0,2
MCCB 1		
MDP-Penerangan Aula	1,13	1,1
MDP-AC Aula	0,99	1
MCCB 2		
MDP-AC Roro Jongrang	1,34	1,3
MDP-Penerangan Roro Jongrang	2,47	2,5
MCCB 3		
MDP-Mendut	3,61	3,7
MCCB 4		
MDP-Kantin	3,56	3,6
MCCB 6		
MDP-PDKB	3,48	3,5
MCCB 7		
MDP-Tegangan Rendah	0,26	0,3
MCCB 8		
MDP-Penerangan Kalasan	3,57	3,5
MCCB 9		
MDP-GOR	0,15	0,1
MCCB 10		
MDP-Hidrانت	3,05	3
MCCB 11		
MDP-Kantor	0,61	0,6
MCCB 12		
MDP-Kelas	2,26	2,3
MCCB 13		
MDP-Prambanan	3,40	3,4
MCCB 14		
MDP-AC Kalasan	2,93	3

Berdasarkan Tabel 3 hasil perhitungan dan simulasi tegangan jatuh sudah memenuhi standar PUIL 2011 yakni bernilai kurang dari 4%. Tegangan jatuh terbesar berada pada kabel MDP – Mendut sebesar 3,61% untuk hasil perhitungan manual dan 3,7% untuk hasil perhitungan simulasi ETAP. Besar tegangan jatuh ini disebabkan oleh letak panel yang berada di jarak lebih dari 300 meter dari MDP dengan ukuran luas penampang 35 mm².

Nilai tegangan jatuh berbanding lurus dengan jarak kabel tersebut terpasang. Apabila kabel tersebut memiliki jarak yang semakin jauh, maka nilai tegangan jatuh akan semakin tinggi pula. Nilai tegangan jatuh yang semakin tinggi akan berakibat tegangan yang disalurkan ke beban menurun, apabila nilai tegangan yang disalurkan tersebut dibawah nilai tegangan nominal beban tersebut, peralatan listrik tidak akan mampu bekerja dan semakin lama akan mengalami kerusakan. Tentunya hal tersebut sangat merugikan pelanggan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi kondisi saat ini pada Gedung PT. PLN Udiklat Semarang terdapat luas penampang kabel yang tidak sesuai dengan arus yang beroperasi. Hasil selisih tertinggi terdapat pada kabel Trafo-MDP dengan luas penampang 240 mm² memiliki KHA maksimum 743 *Ampere*) sedangkan arus yang beroperasi sebesar 1205,2 *Ampere*. Hasil simulasi kondisi saat ini pada Gedung PT. PLN Udiklat Semarang terdapat jatuh tegangan tertinggi pada kabel MDP – Kantin sebesar 15,3%, jauh melebihi batas 4% oleh PUIL 2011.

Berdasarkan perancangan ulang yang dilakukan menunjukkan luas penampang penghantar sudah sesuai dengan KHA yang dibutuhkan setiap beban, sehingga tidak mengalami *overload*. Perancangan ulang menggunakan penghantar dengan ukuran minimal 2,5 mm² dan maksimal ukuran penghantar 500 mm². Berdasarkan perancangan ulang yang dilakukan menunjukkan tegangan jatuh sudah tidak melebihi 4%. Pada perancangan ulang tegangan jatuh tertinggi berada pada kabel MDP – Mendut sebesar 3,7%. Hal ini dikarenakan jarak kabel tersebut yang cukup jauh dari MDP yaitu sekitar 300 m. Kapasitas generator *set* yang terpasang di Gedung PT. PLN Udiklat Semarang adalah 500 kVA dengan daya sebesar 400 kW. Berdasarkan perhitungan, daya genset yang dibutuhkan sebesar 355,5 kW, dibawah daya genset yang sudah terpasang. Artinya genset yang telah terpasang sudah sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

Saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya yaitu dilakukan penelitian lebih lanjut yang membahas tentang harmonisa di sistem instalasi listrik di Gedung PT. PLN Udiklat Semarang. Selain itu sebaiknya dilakukan perhitungan biaya dan investasi hasil perancangan ulang sistem instalasi listrik di Gedung PT. PLN Udiklat Semarang.

Referensi

- [1]. Undang-Undang Republik Indonesia, nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan.
- [2]. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2011.
- [3]. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2000.

- [4]. Laras, Djoko. "Materi instalasi listrik", 2018.
- [5]. Katalog Kabel Sutrado, Bogor, 2018.
- [6]. CENELEC 2011. Brussels: European Committee for Electrotechnical Standardization.
- [7]. *International Standard: Conductor of insulated cables*, IEC Standard 60228, 2004.
- [8]. Cekdin, Cekmas dan Taufik Barlian. 2013. *Transmisi Daya Listrik*. Yogyakarta: ANDI.
- [9]. P.Van Harten , Ir.E.Setiawan. 1981. *Instalasi Listrik Arus Kuat 1*. Indonesia.
- [10]. P.Van Harten , Ir.E.Setiawan. 1981. *Instalasi Listrik Arus Kuat 2*. Indonesia.
- [11]. D. I. Gedung and H. Glodok, "Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor 1," pp. 1–10.
- [12]. Suswanto, Daman. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Padang.
- [13]. Buku 1 : Kriteria Disain Enjinerig Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik No. 475.K/DIR/2010. Jakarta. PT. PLN (Persero).
- [14]. Hidayah Aprilawati, "Perancangan Unit Instalasi Genset di PT Aichi Tex Indonesia", Politeknik Negeri Bandung, 2007.
- [15]. Andang Purnomo Putro, "Analisis Tegangan Jatuh Sistem Distribusi Listrik Kabupaten Pelalawan dengan Menggunakan ETAP 7.5.0", *Transient, Vol.4, No.1, Maret 2015, ISSN: 2302-9927, 123*.
- [16]. Fani Istiana Handayani, "Analisis Jatuh Tegangan dan Rugi Daya pada Jaringan Tegangan Rendah Menggunakan Software ETAP 12.6.0", *Transient, Vol. 5, No. 1, Maret 2016, ISSN:2302-9927,57*.
- [17]. Widodo, Gatot, "Analisis Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Penyulang Barata Jaya Area Surabaya Selatan Menggunakan Software Etap 12.6 ", *Jurnal Teknik Elektro, Volume 06 Nomor 02, Tahun 2017, 105 – 110*.
- [18]. Arifin, S. 1993, *Alat Ukur dan Mesin Perkakas*. Ghalia Indonesia, Jakarta.