

---

## SIMULASI PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN DAN RUGI-RUGI DAYA PADA SISTEM KELISTRIKAN GEDUNG SMA NEGERI 1 SIANTAN

Mustar

Universitas Tanjungpura Pontianak

E-mail : [mustarrazikin@gmail.com](mailto:mustarrazikin@gmail.com)

---

### INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 17-07-2020  
revisi : 06-08-2020  
diterima : 11-08-2020  
dipublish : 13-08-2020

### ABSTRAK

Tegangan yang tidak standar dapat menyebabkan peralatan listrik tidak dapat bekerja dengan optimal, bahkan dapat menyebabkan kerusakan permanen pada peralatan listrik itu sendiri. Oleh karena itu upaya untuk mengatasi permasalahan jatuh tegangan dan rugi-rugi daya dilakukan dengan Simulasi I: mengelompokkan beban lebih seimbang pada setiap fasa, Simulasi II: mengubah diameter penampang dan Simulasi III: kombinasi antara keduanya yaitu mengelompokkan beban sekaligus merubah diameter penampang. Pada penelitian ini ketiga simulasi tersebut menggunakan program ETAP 16.0.0, dimana simulasi yang dijalankan ULF (*Unbalanced Load Flow*) untuk menghitung perbaikan jatuh tegangan dan rugi-rugi daya. Dari ketiga simulasi yang dilakukan diperoleh hasil Simulasi III lebih baik dari Simulasi I dan II. Dengan mengelompokkan beban fasa R=13.300 Watt, fasa S=12.110 Watt, fasa T=12.721 Watt dan mengubah diameter penampang di Panel Utama fasa R=10 mm; ruang Laboratorium Komputer 1=6 mm; Ruang Guru=4 mm, didapatkan perbaikan jatuh tegangan dari 184 Volt menjadi 202 Volt pada ruang laboratorium komputer 1 dan ruang guru dari 194 Volt menjadi 202 Volt, sedangkan rugi-rugi daya dapat ditekan hingga 40,91% pada fasa R-0 (dari 2,070 kW menjadi 0,847 kW).

*Kata kunci : profil tegangan; jatuh tegangan; rugi-rugi daya; ETAP*

## ABSTRACT

**SIMULATION ON VOLTAGE PROFILE AND POWER LOSSES IMPROVEMENTS ON BUILDING ELECTRICAL SYSTEM OF SMA NEGERI 1 SIANTAN.** Unsuitable voltage may cause electrical equipment not work optimally and also permanent damage to the electrical equipment. Therefore, efforts to overcome voltage drop and power losses problem conducted by 3 kind of Simulation. The 1<sup>st</sup> Simulation are grouping load more evenly in each phase, the 2<sup>nd</sup> Simulation are changing the cross section diameter and 3<sup>rd</sup> Simulation are combining the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> simulation by grouping load and changing the cross section diameter. Simulations are using ETAP 16.0.0 program, where it works in ULF (Unbalanced Load Flow) model to calculate voltage drop improvements and power losses. From the simulations, it results that 3<sup>rd</sup> Simulation were better than the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> simulations. The 3<sup>rd</sup> simulation grouping loads in phase R = 13,300 Watt, phase S = 12,110 Watt, phase T = 12,721 Watt. It also changing the cross-section diameter in the main panel phase R = 10 mm; Computer laboratory room I = 6 mm; Teacher room = 4 mm, obtained an improvement in voltage drop from 184 Volts to 202 Volts in the computer laboratory room I and the teacher room from 194 Volts to 202 Volts, while power losses can be reduced up to 40,91% in the R-0 phase (from 2.070 kW to 0.847 kW).

*Keywords* : voltage profile; voltage drop; power losses; ETAP.

## PENDAHULUAN

Dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006, diterangkan energi merupakan daya yang dapat digunakan untuk melakukan berbagai proses kegiatan meliputi listrik, mekanik dan panas. Pengembangan energi baru terbarukan (EBT) sebagai komplementer energi fosil, proses diversifikasi dan konservasi energi juga mutlak perlu dilakukan. Hal ini sejalan dengan Perpres No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Kebijakan ini ditekankan pada usaha menurunkan ketergantungan penggunaan energi pada minyak bumi (fosil) yang semakin lama cadangan berkurang. Lebih lanjut Kebijakan Energi Nasional dikuatkan oleh Peraturan Pemerintah No 79 Tahun 2014 dimana memuat 4 aspek Kebijakan utama pengelolaan Energi Nasional. Pertama, ketersediaan energi dalam memenuhi

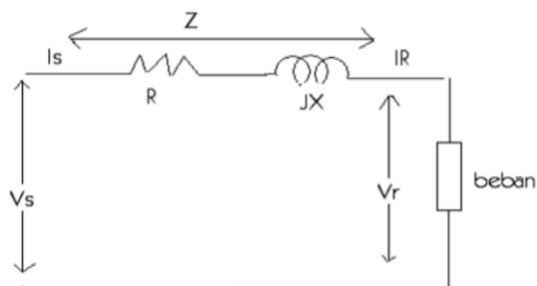
kebutuhan nasional. Kedua, prioritas pengembangan energi.

Pada sistem kelistrikan Gedung SMA Negeri 1 Siantan dengan daya terpasang 53 KVA menunjukkan adanya gangguan, sehingga perlu dilakukan upaya perbaikan. Salah satu cara untuk menghitung drop tegangan dan rugi-rugi daya (*losses*) yang dihasilkan dengan menggunakan desain simulasi program komputer yaitu aplikasi *Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) Power Station*. *ETAP Power Station* memungkinkan adanya desain simulasi dalam bentuk program ini, ditujukan untuk memberikan gambaran kondisi sebenarnya serta mensimulasikan upaya-upaya perbaikan yang akan dilakukan untuk memperbaiki profil tegangan dan menekan rugi-rugi daya (*losses*) yang terjadi pada sistem kelistrikan.

## TEORI

Perbaikan jatuh tegangan dan rekonfigurasi beban pada panel utama Prambanan yang dilakukan untuk merekonfigurasi beban dan menentukan luas penampang penghantar yang paling kecil dengan nilai jatuh tegangan masih dalam toleransi. Metode yang digunakan adalah rekonfigurasi beban dan penggunaan *software electrical calculations* untuk mensimulasikan jatuh tegangan sistem nyata yang ada di panel Prambanan (Hasyim A, 2011).

Analisa kinerja sistem kelistrikan Universitas Lancang Kuning, bertujuan menganalisa perhitungan drop tegangan, beban lebih dan rugi-rugi daya serta keseimbangan beban (Abrar T, 2015). Terjadinya tegangan jatuh pada saluran oleh bagian yang berbeda tegangan didalam suatu sistem daya tersebut dan juga dipengaruhi oleh resistansi, reaktansi, dan impedansi pada saluran (Multa L dan Aridani R.P. 2013). Berdasarkan rangkaian ekuivalen saluran distribusi seperti pada gambar berikut.



Gambar 1. Rangkaian Ekuivalen Sistem Distribusi

Penurunan tegangan terdiri dari dua komponen :

- $I.R_s$  yaitu rugi-rugi tegangan akibat tahanan saluran.
- $I.X_1$  yaitu rugi-rugi tegangan akibat reaktansi induktif saluran.

Besarnya rugi tegangan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\Delta V = I \cdot R \cdot \cos \varphi + I \cdot X \cdot \sin \varphi \quad (1)$$

dimana :

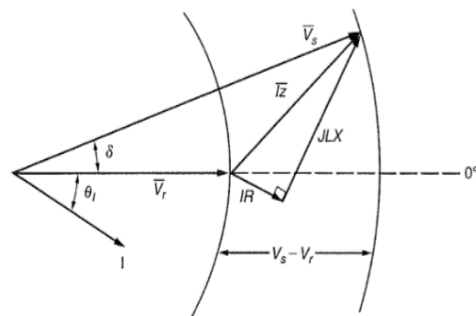
$\Delta V$  = Jatuh tegangan (Volt)

$X$  = Reaktansi (Ohm)

$\varphi$  = Sudut dari faktor daya beban

$Z = R + jX$  = impedansi saluran

Hubungan dengan diagram fasor antara tegangan pada sisi pengirim dari sebuah rangkaian dan jatuh tegangan pada ujung penerima ditunjukkan pada gambar berikut. (Turan Gonen, 2008).



Gambar 2. Diagram Fasor Hubungan Tegangan dengan R dan X

Selanjutnya rumus jatuh tegangan dan rumus tegangan pada sisi pengiriman ( $V_s$ ) adalah sebagai berikut:

$$V_s = V_r + I R \cos \theta + I X \sin \theta \quad (2)$$

dimana :

$V_s$  = Tegangan kirim (Volt)

$V_r$  = Tegangan terima (Volt)

Rugi daya merupakan besarnya daya yang hilang pada jaringan, yang besarnya sama dengan daya yang disalurkan dari sumber dikurangi besarnya daya yang diterima pada perlengkapan hubungan bagian utama (Muhaimin, 2000). Besarnya

rugi daya satu fasa dinyatakan dengan persamaan 3 sebagai berikut:

$$\Delta P = I^2 \times R \quad (\text{Watt}) \quad (3)$$

dimana :

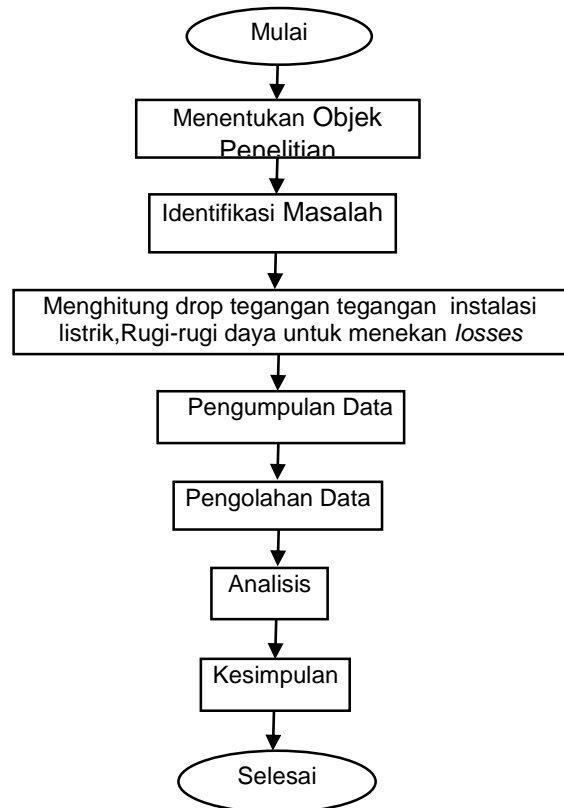
- $\Delta P$  = Rugi daya pada jaringan (Watt)
- $I$  = Arus beban pada jaringan (Ampere)
- $R$  = Tahanan murni (Ohm)

Besar rugi-rugi daya pada jaringan tergantung pada besarnya tahanan dan arus beban pada jaringan tersebut. Untuk mengetahui besar rugi-rugi daya pada jaringan tiga fasa dapat dinyatakan dengan persamaan 4 sebagai berikut:

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R \quad (\text{Watt}) \quad (4)$$

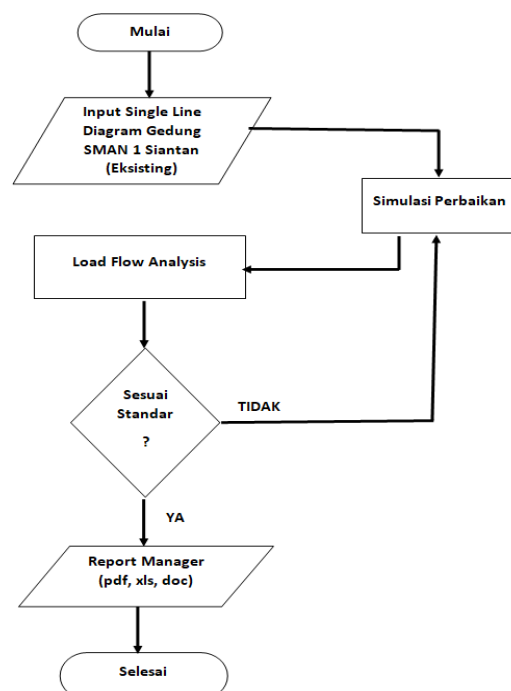
### METODOLOGI

Pada penelitian perbaikan profil tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem kelistrikan gedung SMA Negeri 1 Siantan ini menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif non eksperimental keadaan obyek yang diteliti dipaparkan sesuai fakta yang ada, dikemukakan dengan hipotesis yang diturunkan dari suatu teori dan kemudian diuji kebenarannya berdasarkan data empiris. Pada penelitian ini memaparkan kondisi eksisting kelistrikan di Gedung SMA Negeri 1 Siantan melalui diagram satu garis menggunakan bantuan aplikasi ETAP 16.0.0, selanjutnya dilakukan simulasi upaya perbaikan profil tegangan dan rugi-rugi daya melalui pengemlompokkan beban, penggantian diameter penampang dan kombinasi dari keduanya.



Gambar 3. Diagram Alur Penelitian

Adapun diagram alir simulasi program aplikasi ETAP 16.0.0 pada gambar berikut.



Gambar 4. Diagram Alir Simulasi ETAP 16

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Pengukuran Tegangan

Melakukan pengukuran tegangan pada masing-masing fasa di panel utama dan di grup fasa tersebut. Rata-rata hasil pengukuran tegangan ditunjukkan tabel berikut.

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran Tegangan dan Pembagian Grup

Panel Utama		Grup	Tegangan (Volt)	Nama Ruang
Fasa	Tegangan (Volt)			
R (Panel utama ke Bus panel 1)	210	1 (Panel 1 ke Bus 4)	181	Laboratorium Komputer 1
		S (Panel utama ke Bus panel 2)	216	1 (Panel 2 ke Bus 7)
		2 (Panel 2 ke Bus 3)		194
T (Panel utama ke Bus panel 3)	212	1 (Panel 3 ke Bus 2)	207	Ruang Kepala Sekolah Ruang Hall
		2 (Panel 3 ke Bus 1)	205	Ruang TU Ruang Perpustakaan
		3 (Panel 3 ke Bus 6)	211	UKS, Kantin 1, Kantin 2
		4 (Panel 3 ke Bus 5)	205	Kantin 3, Koperasi, Lab. Biologi, Lab. Fisika, Musholla, Ruang BK, Ruang Kelas, WC, Teras

### Data Ukuran Kabel

Data primer selanjutnya yang perlu didapatkan adalah ukuran penampang pada masing-masing saluran mulai dari panel utama sampai ke ujung beban (Bus 1 sampai dengan 7) seperti ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 2.** Data Kabel Jaringan

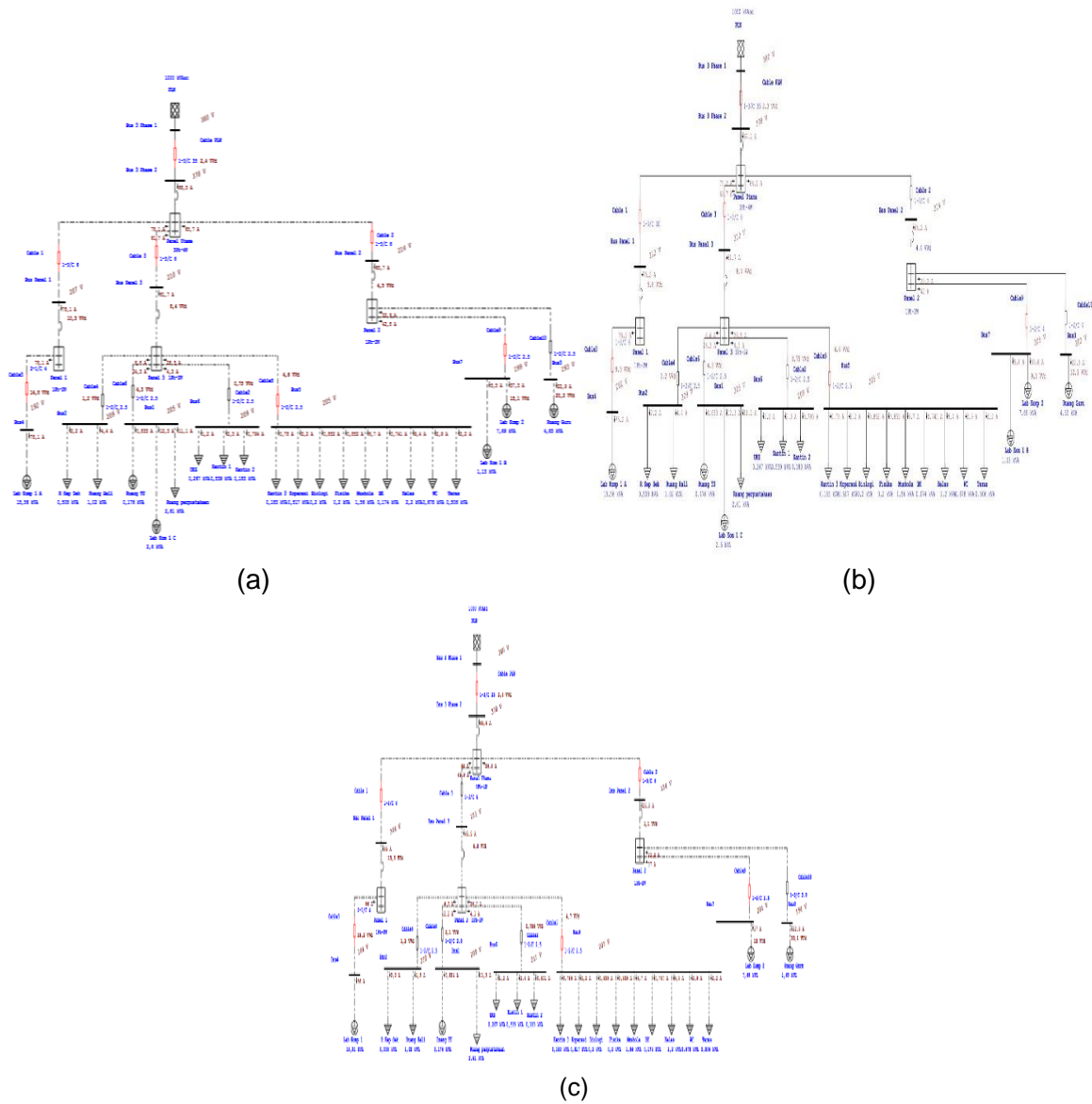
Panel Utama		Grup	Luas (mm <sup>2</sup> )	Nama Ruang
Fasa	Luas (mm <sup>2</sup> )			
R (Panel utama ke Bus panel 1)	6	1 (Panel 1 ke Bus 4)	4	Laboratorium Komputer 1
		S (Panel utama ke Bus panel 2)	6	1 (Panel 2 ke Bus 7)
		2 (Panel 2 ke Bus 3)		2,5
T (Panel utama ke Bus panel 3)	6	1 (Panel 3 ke Bus 2)	2,5	Ruang Kepala Sekolah Ruang Hall
		2 (Panel 3 ke Bus 1)	2,5	Ruang TU Ruang Perpustakaan
		3 (Panel 3 ke Bus 6)	2,5	UKS, Kantin 1, Kantin 2
		4 (Panel 3 ke Bus 5)	2,5	Kantin 3, Koperasi, Lab. Biologi, Lab. Fisika, Musholla, Ruang BK, Ruang Kelas, WC, Teras

### Diagram Satu Garis Kelistrikan SMA Negeri 1 Siantan

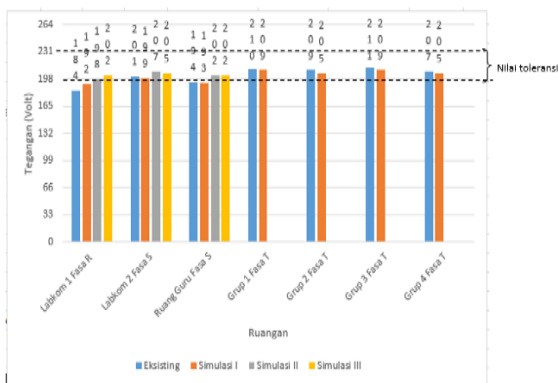
Sistem yang akan dianalisis memiliki dua jenis konfigurasi yang akan diimplementasikan dalam bentuk simulasi dan pemodelan. Konfigurasi pertama ketika beban dikelompokkan sesuai dengan jenisbeban, ini dilakukan untuk mengelompokkan jenis beban ke dalam kelompok tertentu sehingga lebih seimbang dibandingkan kondisi eksisting (pada saat pengukuran) yang belum stabil. Konfigurasi kedua dengan mengelompokkan beban dan kemudian disesuaikan jenis penampang pada masing-masing kabel tiap fasa dan tiap ujung beban. Hal ini dilakukan untuk melihat jatuh tegangan yang terjadi pada ujung-ujung beban sehingga terjadi rugi-rugi daya dalam batas toleransi. Analisis yang akan dilakukan menggunakan simulasi ETAP 16.0.0 yaitu Analisis Aliran Daya (*Load Flow Analysis*).





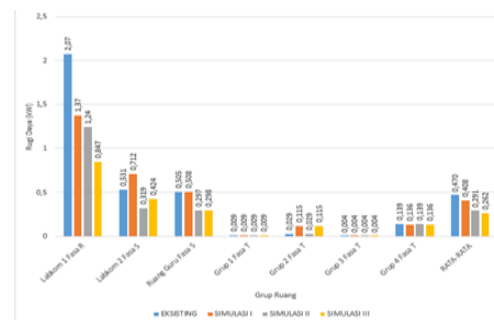


Gambar 6. Diagram Satu Garis Utama (a) Simulasi Pengelompokan Beban, (b) Simulasi Perubahan Penampang dan (c) Simulasi Pengelompokan Beban dan Perubahan Penampang.



Gambar 7. Rekapitulasi Hasil Simulasi

### Hasil Rugi-Rugi Daya



Gambar 8. Perbandingan hasil rugi-rugi daya

Pada kondisi eksisting rugi-rugi daya terbesar dihasilkan pada fasa R di ruang laboratorium komputer 1 sebesar 2,07 kW, hal ini terjadi karena ketidakseimbangan beban yang menyebabkan drop tegangan sebesar 184 Volt. Ketidakseimbangan beban kondisi eksisting dapat juga dilihat pada arus yang mengalir pada fasa R sebesar 96 A, fasa S sebesar 59,8 A dan fasa T sebesar 49 A. Pada simulasi pertama mengelompokkan beban menjadi seimbang mungkin, ternyata cukup signifikan mengurangi rugi-rugi daya pada fasa R di ruang laboratorium komputer 1 sehingga menjadi 1,48 kW. Adapun arus yang mengalir pada simulasi pengelompokkan beban ini pada fasa R sebesar 75,1 A, fasa S sebesar 65,7 A dan fasa T sebesar 61,7 A. Gambar 4.39 menunjukkan bahwa terjadi penurunan yang cukup signifikan rugi-rugi daya dari kondisi eksisting pada fasa R ruang laboratorium komputer 1 dari 2.07 kW menjadi 1.37 kW pada Simulasi I, 1,24 kW pada Simulasi II dan 0,847 kW pada Simulasi III. Akan tetapi sebaliknya terjadi kenaikan rugi-rugi daya pada grup yang dialihkan bebannya dari fasa R (Simulasi I) seperti pada grup laboratorium komputer 2 pada fasa S dari 0,531 kW menjadi 0,712 kW. Hal ini disebabkan karena penambahan beban AC, infokus dan lampu penerangan dari Laboratorium komputer 1. Selain itu kenaikan rugi-rugi daya juga terjadi pada grup 2 fasa T di Simulasi I hal ini juga disebabkan karena penambahan beban berupa AC 1,5 PK 2 unit dengan total tambahan daya 2.340 Watt.

### Hasil Analisa

Berdasarkan hasil pengukuran dan simulasi, penyebab tegangan listrik tidak stabil atau kekurangan daya pada SMA Negeri 1 Siantan disebabkan oleh

penumpukkan beban pada salah satu fasa dan penggunaan diameter jaringan listrik yang tidak standar. Adapun solusi yang ditawarkan adalah dengan mengatasi dua sumber permasalahan utama tersebut.

Solusi pertama adalah dengan mengklasifikasikan beban agar terjadi keseimbangan pada masing-masing fasa. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga stabilitas ketersediaan daya listrik pada SMA Negeri 1 Siantan. Setelah beban diklasifikasikan beban dikelompokkan pada masing-masing fasa yaitu fasa R, fasa S dan fasa T. Diketahui bahwa beban sangat besar terukur pada Fasa R yaitu 16.600 Watt. Hal ini menyebabkan drop tegangan pada ujung beban Fasa R terjadi di atas nilai ambang batas toleransi yang diperbolehkan. Tentu saja hal ini jika dibiarkan terus menerus dapat mengakibatkan permasalahan baik itu dari sisi ketahanan perangkat yang terpasang ataupun distribusi yang tidak seimbang.

Pengelompokkan beban menjadi suatu solusi yang wajib diimplementasikan demi menjaga distribusi kelistrikan yang seimbang. Beban pada Fasa R dibagi ke Fasa S dan Fasa T sehingga beban lebih seimbang dan terdistribusi dengan baik. Adapun setelah Simulasi I yaitu mengelompokkan beban drop tegangan pada Fasa R dan Fasa S dapat teratasi. Total beban setelah simulasi diimplementasikan adalah pada Fasa R yang seimbang adalah 13.300 Watt, pada Fasa S 12.110 Watt dan pada Fasa T adalah 12.721 Watt. Adapun dari pengelompokkan beban ini drop tegangan dapat dikurangi secara signifikan.

Pada Simulasi II ditawarkan solusi mengenai impedansi kabel, yaitu dengan



mengganti diameter penampang pada kabel pada Panel Utama Fasa dan Ujung Beban. Kendala kabel yang terlalu kecil diameternya juga berpengaruh terhadap jatuh tegangan yang terjadi pada jaringan kelistrikan pada SMA Negeri 1 Siantan. Penggunaan kabel yang tidak standar ukurannya dengan beban yang besar merupakan suatu kendala yang harus diatasi. Sehingga pada Simulasi II ini diajukan solusi yang dapat diimplementasikan yaitu mengganti penampang.

Perubahan penampang dilakukan pada masing-masing kabel di Panel Utama R sebelumnya adalah 6 mm menjadi 10 mm; pada ujung beban ruang Laboratorium Komputer 1 sebelumnya 4 mm menjadi 6 mm; pada ujung beban Ruang Laboratorium Komputer 2 dan sebelumnya adalah 2,5 mm menjadi 4 mm dan pada ujung beban ruang guru sebelumnya 2,5 mm menjadi 4 mm. Hasil Simulasi II menunjukkan jatuh tegangan dapat dihindari dengan cara mengganti penampang pada tiap ujung beban yang mengalami drop tegangan. Dengan memperbesar luas penampang kabel hal ini dapat menjadi solusi yang paling solutif untuk diterapkan.

Selain itu dapat juga diterapkan perpaduan antara dua solusi yang ditawarkan sebelumnya yaitu dengan mengelompokkan beban dan mengganti penampang kabel yang digunakan. Setelah disimulasikan menggunakan pemodelan aplikasi. Hasil dari simulasi mengindikasikan bahwa pengelompokkan beban dan penggantian penampang yang dalam hal ini disebut sebagai Simulasi III, sangat efektif dan signifikan pengaruhnya dalam mengatasi drop tegangan. Hal ini ditunjukkan dengan perbaikan drop

tegangan pada fasa R di ruang laboratorium komputer 1 dari kondisi eksisting 184 Volt menjadi 202 Volt dan fasa S di ruang guru dari kondisi eksisting 194 Volt menjadi 202 Volt. Selain itu Simulasi III ini berhasil menyeimbangkan beban seimbang mungkin, hal ini dapat dilihat pada arus yang mengalir setiap fasa ( $R = 75,2 \text{ A}$ ,  $S = 64,2 \text{ A}$  dan  $T = 61,7 \text{ A}$ ).

Sedangkan rata-rata rugi-rugi daya yang dihasilkan pada ujung beban pada kondisi eksisting adalah 0,470 kW, mengalami penurunan pada Simulasi I sebesar 0,408 dan selanjutnya Simulasi II turun kembali menjadi 0,291 kW serta rata-rata akhir pada Simulasi III 0,262 kW. Pada kondisi Simulasi III rugi-rugi daya yang dihasilkan juga lebih kecil dibandingkan dengan hanya mengganti diameter penampang atau merubah beban saja. Solusi ini merupakan solusi terbaik yang akan ditawarkan dan mudah untuk diterapkan karena dengan perpaduan antara pengelompokkan beban dan penggantian penampang akan menghasilkan sebuah jaringan kelistrikan yang stabil. Hal ini tentu saja akan sangat mendukung pelaksanaan proses belajar pada SMA Negeri 1 Siantan.

## KESIMPULAN

Jatuh tegangan ujung beban pada kondisi eksisting terjadi pada Ruang Laboratorium Komputer 1 (Fasa R) sebesar 184 Volt dan Ruang Guru (Fasa S) sebesar 194 Volt. Sementara nilai tegangan pada Ruang Laboratorium Komputer 2 (Fasa S) sebesar 201 Volt dan semua ruangan pada fasa T bekisar 207-211 Volt, setelah dilakukan upaya perbaikan dengan simulasi maka pada Ruang Laboratorium Komputer 1 fasa R didapatkan hasil perbaikan jatuh tegangan dari 184 Volt menjadi 191 Volt

(Simulasi I), 184 Volt menjadi 198 Volt (simulasi II) dan 184 Volt menjadi 202 Volt (Simulasi III). Sedangkan pada Ruang Guru hasil perbaikan jatuh tegangan dari 194 Volt menjadi 193 Volt (Simulasi I), 194 Volt menjadi 202 Volt (Simulasi II dan III) dengan mendapatkan rugi daya ujung beban fasa R pada kondisi eksisting di ruang laboratorium komputer 1 sebesar 2,07 kW, menjadi 1.37 kW (Simulasi I), 1,24 kW (Simulasi II) dan 0,847 kW (Simulasi III). Akan tetapi sebaliknya terjadi kenaikan rugi-rugi daya pada grup yang bertambah bebannya di fasa S dan T.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada keluarga besar SMA Negeri 1 Siantan yang sudah membantu peneliti dalam memberikan data dan informasi yang diperlukan pada penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

Abrar T, 2015, "Analisis Kinerja Sistem Kelistrikan Universitas Lancang Kuning", Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI) 7, Pekanbaru, tanggal 11 November 2015, Universitas Lancang Kuning, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro.

Badan Standarisasi Nasional, 2000, "PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) 2000" : SNI 04-0225-2000 , Jakarta.

Basri Hasan, 1997, "Sistem Distribusi Daya Listrik", Jakarta : ISTN

Badan Standarisasi Nasional, 2011, PUIL (Peraturan Umum Instalasi Listrik) 2011, Jakarta.

Hasyim A, 2011, "Perbaikan Jatuh Tegangan dan Rekonfigurasi Beban Pada Panel Utama Prambanan",

Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2011 (Semantik 2011), Universitas Muhammadiyah Surakarta, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro.

Januar A, 2017, "Studi Evaluasi Perencanaan Kebutuhan Daya Pada Instalasi Listrik di Gedung Harco Glodok Jakarta", Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro, 2017 - [jom.unpak.ac.id](http://jom.unpak.ac.id) Vol. 1 No. 1 (2017), Universitas Pakuan Bogor, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro.

Johny C, 2018, "Analisis Audit Energi di Bengkel Las Politeknik Negeri Bengkalis", Seminar Nasional Pakar ke 1 Tahun 2018 . Politeknik Negeri Bengkalis, Jurusan Teknik Elektro.

Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 1991 tentang "Konservasi Energi", Jakarta, 1991.

Kho Dickson, 2016, "Pengertian Daya Listrik Rumus dan Cara Menghitung". Teknik Elektronika.

Muhaimin, 2000, " Bahan – bahan Listrik " , PT. Pradya Paramita.

Multa L dan Aridani R.P. 2013. "Modul Pelatihan ETAP", Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006, "Kebijakan Energi Nasional", Jakarta. 2006.

Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang "Kebijakan Energi Nasional", Jakarta 2014.

Priyono, 2016, "Metode Penelitian Kuantitatif", Penerbit Zifatama Publishing, Sidoarjo.



Purwoharjono, 2018, “Bahan Ajar Kualitas Daya” Magister Teknik Elektro, : Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Pontianak.

Stevenson, William Jr. D, 1983., “ Analisa Sistem Tenaga Listrik “, Edisi Ke – 4, Penerbit Erlangga, Jakarta

Turan Gonen, 2008, “Electric Power Distribution System Engineering” Second Edition, CRC Press, California State University, Sacramento, California.