

PERBAIKAN JATUH TEGANGAN DAN REKONFIGURASI BEBAN PADA PANEL UTAMA PRAMBANAN

Hasyim Asy'ari

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A.Yani Tromol Pos 1, Pabelan Kartasura-Surakarta, 57102. Telp (0271) 717417 ext 223

E-mail : asy_98ari@yahoo.com, hasyim_asyari@ums.ac.id

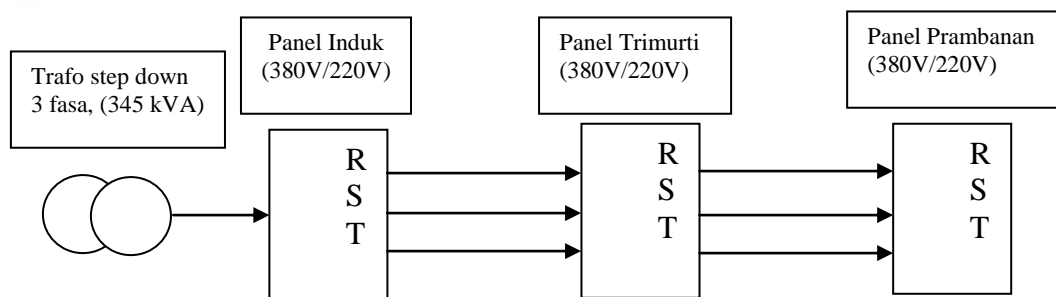
ABSTRAK

Sistem kelistrikan di kawasan wisata candi Prambanan terdapat tiga buah panel utama yaitu panel trimurti, panel prambanan dan panel dwiwisnu. Kerusakan dan kurang optimal kerja peralatan elektronik di instansi perkantoran candi prambanan terutama yang dilayani oleh panel prambanan disebabkan jatuh tegangan melebihi batas ambang yang diijinkan. Peraturan umum instalasi listrik 2000 memberikan toleransi sebesar 10% dari tegangan nominalnya atau tegangan fasa to netral minimal yang diijinkan adalah 198 volt. Jatuh tegangan disebabkan jarak antara sumber ke panel Prambanan sebesar 573 m dan pembebanan tiap fasa yang tidak seimbang. Hal ini terlihat adanya perbedaan tegangan pada setiap fasa, tegangan pada panel Prambanan fasa R-N = 200 volt, fasa S-N = 197 volt, dan T-N = 175 volt dengan arus R= 92 A, arus S= 110 A, dan T= 147 A. Penelitian ini bertujuan rekonfigurasi 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. Hasil menunjukkan dengan rekonfigurasi beban arus maksimal pada salah satu fasa sebesar 120A dan luas penampang yang dibutuhkan 150mm dengan prosentase jatuh tegangan sebesar 9,7% atau tegangan terendah pada salah satu fasa sebesar 198,66 volt.

Kata kunci : Jatuh Tegangan, Rekonfigurasi Beban, Diameter Penghantar

1. PENDAHULUAN

Penambahan beban pada sistem instalasi listrik tiga fasa yang tidak memperhatikan kondisi pembebanan yang terpasang dapat mengakibatkan ketidakseimbangan beban pada setiap fasa, hal ini seringkali terjadi pada instansi yang mengalami penambahan beban seperti sistem kelistrikan pada panel prambanan. Sistem kelistrikan dengan penambahan beban mengakibatkan ketidakseimbangan beban yang mengakibatkan jatuh tegangan melebihi batas toleransi (10% dari tegangan nominal sebesar 220 volt) [1], ketidakseimbangan beban ditunjukkan adanya perbedaan arus setiap fasa (fasa R = 92 A; fasa S = 110 A; fasa T = 147 A) dan tegangan pada tiap fasa (fasa R = 200 V; fasa S = 197 Volt; fasa T = 175 Volt), akibat jatuh tegangan yang melebihi toleransi mengakibatkan banyak peralatan elektronik yang tidak bisa bekerja secara maksimal bahkan beberapa mengalami kerusakan. Blok diagram sistem kelistrikan di kawasan wisata candi Prambanan ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Kelistrikan di Candi Prambanan

Aliran beban pada wilayah Surakarta dengan cara simulasi menggunakan program ETAP *Power Station* 4.0.0. Analisis dilakukan pada sistem tenaga listrik yang saat itu sedang digunakan. Hasil simulasi dapat diketahui arah aliran daya, besar daya yang dibangkitkan oleh generator, besar daya yang disalurkan dari pembangkit ke gardu induk, besar tegangan bus saat berbeban, dan nilai drop tegangan pada saluran transmisi [2].

Peningkatan beban yang bersifat induktif dapat mengakibatkan pada penurunan faktor daya, peningkatan rugi-rugi jaringan, penurunan tegangan khususnya pada ujung saluran, dan regulasi tegangan yang memburuk. Berdasarkan pada laporan akhir studi pengembangan sistem distribusi Bali tahun 2004 terdapat beberapa penyulang yang memiliki profil tegangan dibawah standar yang diijinkan, diantaranya susut pada penyulang. Alternatif yang dapat dilakukan untuk memperbaiki profil tegangan tersebut adalah dengan melakukan kompensasi daya reaktif yaitu dengan memasang kapasitor shunt. Dengan menggunakan aplikasi program *EDSA Technical 2000 Service Pack 3.5* dapat ditentukan lokasi pemasangan dan kapasitas kapasitor shunt yang paling optimal untuk memperbaiki profil tegangan tersebut. Kenaikan tegangan pada bus (susut pada penyulang) yang memiliki tegangan paling rendah mencapai 19,070 kV dari tegangan awal 17,946 kV, [3].

Sistem distribusi dimodelkan sebagai rangkaian seri pada feeder tunggal yang dihubungkan, penggunaan hukum kirchof yang di atur sesuai dengan aliran daya yang iterative dan penggunaan software C++ memberikan hasil yang signifikan atau convergen [4].

1.1 Jenis-jenis Penghantar

Jenis penghantar yang sering di gunakan pada sistem tenaga listrik, antara lain :

- AAC “*All Aluminium Conductor*”, seluruhnya terbuat dari aluminium.
- AAAC “*All Aluminium Alloy Conductor*”, tidak seluruhnya terbuat dari campuran aluminium.
- ACSR “*Aluminium Conductor Steel Reinforced*”, penghantar aluminium yang di perkuat dengan baja.
- ACAR “*Aluminium Conductor Alloy Reinforced*”, penghantar aluminium yang di perkuat dengan campuran logam.
- TIC “*Twisted Insuline Cable*”, kabel in 7 pilin yang di gunakan di tegangan rendah.

1.2 Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan adalah selisih antara tegangan ujung pengiriman dan tegangan ujung penerimaan. Jatuh tegangan disebabkan oleh hambatan dan arus. Pada saluran bolak-balik besarnya tergantung dari impedansi dan admintansi saluran serta pada beban dan faktor daya [5]. Rugi tegangan dapat dinyatakan dengan persamaan 1:

$$\begin{aligned}\Delta V &= I_s \times (R_s + jX_s) \\ &= I \times Z\end{aligned}\quad (1)$$

dengan :

$$\begin{aligned}I &= \text{Arus (A)} \\ Z &= \text{Impedansi } (\Omega)\end{aligned}$$

$$\Delta V = V_s - V_r \quad (2)$$

dengan :

$$\begin{aligned}\Delta V &= \text{drop tegangan (V)} \\ V_s &= \text{tegangan kirim (V)} \\ V_r &= \text{tegangan terima (V)}\end{aligned}$$

Maka besar nilai persentase (%) rugi tegangan adalah :

$$\Delta V (\%) = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \quad (3)$$

dengan :

$$\begin{aligned}\frac{\Delta V (\%)}{V} &= \text{Rugi Tegangan dalam } \% \text{ (V)} \\ V &= \text{Tegangan kerja (V)} \\ \Delta V &= \text{Rugi tegangan (V)}\end{aligned}$$

Penurunan tegangan maksimum pada beban penuh, yang dibolehkan di beberapa titik pada jaringan distribusi adalah (SPLN 72 :1987) :

- SUTM = 5 % dari tegangan kerja bagi sistem radial
- SKTM = 2 % dari tegangan kerja pada sistem spindel dan gugus.
- Trafo distribusi = 3 % dari tegangan kerja
- Saluran tegangan rendah = 4 % dari tegangan kerja tergantung kepadatan beban.
- Sambungan rumah = 1 % dari tegangan nominal.

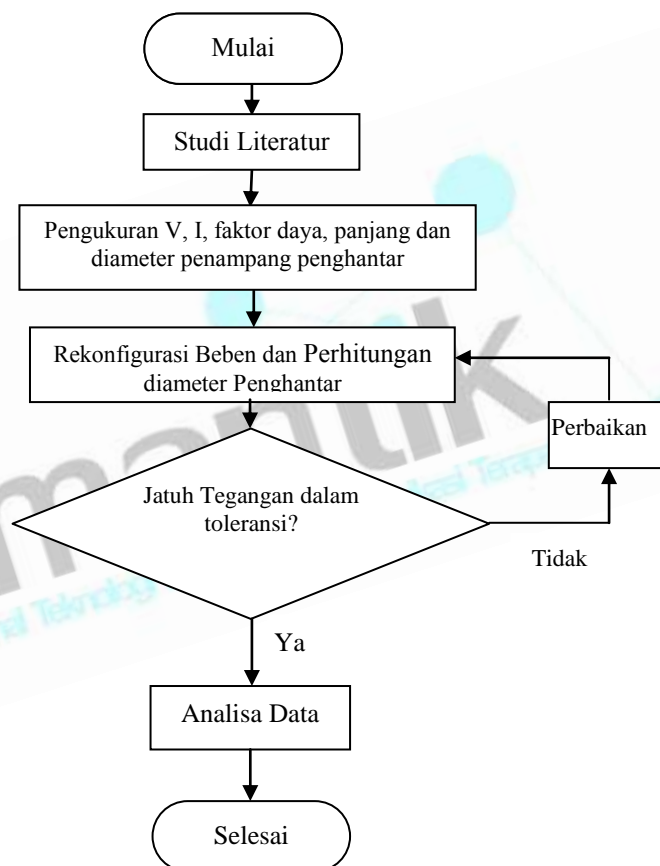
1.3 Arus Beban

Perhitungan arus nominal atau arus beban pada instalasi listrik dipengaruhi oleh besarnya beban, faktor daya dan tegangan sistem, nilai arus beban berbanding terbalik dengan tegangan sistem dan faktor daya atau arus beban berbanding lurus dengan jumlah beban [6].

$$P \cos \Phi = V \cdot I \cdot \cos \Phi \quad (4)$$

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa jatuh (*drop*) tegangan dan rekonfigurasi beban pada panel utama Prambanan dengan menggunakan *software Elektrikal Calculation* untuk itu pengukuran parameter-parameter yang dibutuhkan sesuai dengan *software Elektrikal Calculation* sebagai contoh pengukuran tegangan, arus setiap fasa, pengukuran faktor daya, penampang serta jenis kabel yang digunakan dan pengukuran jarak antar panel. Data-data tersebut digunakan sebagai dasar rekonfigurasi beban dan mensimulasikan besar jatuh tegangan, sehingga didapatkan ukuran penampang penghantar yang paling minimal dan jatuh tegangan masih dalam toleransi. Diagram alir penelitian secara detail ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Pengukuran

Data hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 1; 2; dan 3.

Tabel 1. Data Panjang dan Diameter Penghantar

Uraian	Panjang Penghantar (km)	Luas Penghantar (mm ²)
Panel Induk ke Panel Trimurti	0,223	300
Panel Trimurti ke Panel Prambanan	0,573	70

Tabel 2. Data Tegangan dan Arus Beban

Uraian	Fasa	Tegangan (V)	Arus Beban (A)
Panel Induk	R-0	218	116
	S-0	226	125
	T-0	222	132
Panel Trimurti	R-0	214	94
	S-0	219	128
	T-0	213	149
Panel Prambanan	R-0	200	92
	S-0	197	110
	T-0	175	147

Tabel 3. Data Jatuh Tegangan pada Panel Prambanan

Uraian	Fasa	Tegangan Kirim (V)	Tegangan Terima (V)	Jatuh Tegangan (V)	Prosentase Jatuh Tegangan (%)
Panel Trimurti ke Panel Prambanan	R-0	214	200	14	6,54
	S-0	219	197	22	10,05
	T-0	213	175	38	17,84

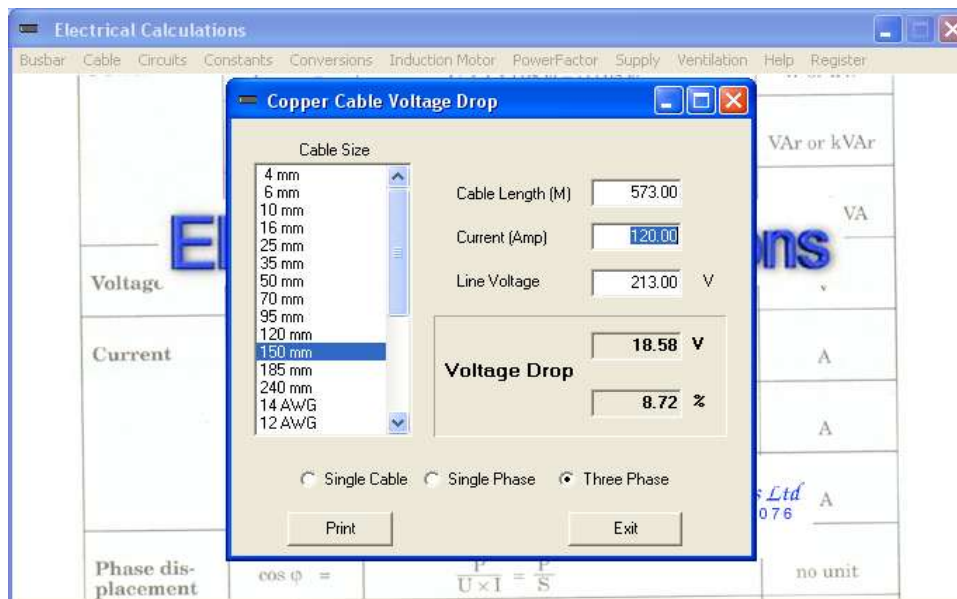
Pada tabel 1 merupakan data panjang dan diameter penghantar atau kabel yang digunakan pada instalasi listrik di kawasan candi Prambanan, sedangkan tabel 2 memberikan informasi terkait dengan tegangan dan arus beban pada setiap panel dan setiap fasa. Tabel 3 memberikan gambaran besarnya jatuh tegangan setiap fasa pada panel Prambanan (tegangan kirim dari panel Trimurti dan tegangan terima di panel Prambanan) serta prosentase jatuh tegangan. Dari tiga fasa yang ada, dua fasa mengalami jatuh tegangan diatas toleransi yaitu sebesar 10% (fasa S-0 = 10,05% dan fasa T-0 = 17,84%).

3.2 Pembahasan

Hasil rekonfigurasi beban dan simulasi jatuh tegangan dengan menggunakan *software Electrical Calculation* secara detail ditunjukkan pada tabel 4, contoh hasil *running* program *Electrical Calculation* ditunjukkan pada gambar 3.

Tabel 4. Hasil running program *Electrical Calculation* sebelum dan sesudah rekonfigurasi beban

Kondisi Beban	Tegangan Kirim	Arus Beban tiap fasa	Diameter Penghantar (mm)	Jatuh Tegangan (V)	Prosentase Jatuh Tegangan (%)	
Sebelum rekonfigurasi beban	R-0 (214 V)	R-0 (92 A)	70	30,59	14,29	
	S-0 (219 V)	S-0 (110 A)		36,57	16,7	
	T-0 (213 V)	T-0 (147 A)		48,87	22,94	
	70	R-0 (214 V)	R-0 (92 A)	95	22,92	10,71
		S-0 (219 V)	S-0 (110 A)		27,4	12,51
		T-0 (213 V)	T-0 (147 A)		36,62	17,19
	95	R-0 (214 V)	R-0 (92 A)	120	17,53	8,19
		S-0 (219 V)	S-0 (110 A)		20,96	9,57
		T-0 (213 V)	T-0 (147 A)		28,01	13,15
	120	R-0 (214 V)	R-0 (92 A)	150	14,24	6,66
		S-0 (219 V)	S-0 (110 A)		17,03	7,78
		T-0 (213 V)	T-0 (147 A)		22,76	10,68
150	R-0 (214 V)	R-0 (92 A)	185	11,41	5,33	
	S-0 (219 V)	S-0 (110 A)		13,65	6,23	
	T-0 (213 V)	T-0 (147 A)		18,24	8,56	
Sesudah rekonfigurasi beban	R-0 (214 V)	R-0 (113 A)	70	37,57	17,56	
	S-0 (219 V)	S-0 (116 A)		38,57	17,61	
	T-0 (213 V)	T-0 (120 A)		39,9	18,73	
	70	R-0 (214 V)	R-0 (113 A)	95	28,15	13,5
		S-0 (219 V)	S-0 (116 A)		28,9	13,9
		T-0 (213 V)	T-0 (120 A)		29,89	14,03
	95	R-0 (214 V)	R-0 (113 A)	120	21,53	10,06
		S-0 (219 V)	S-0 (116 A)		22,1	10,09
		T-0 (213 V)	T-0 (120 A)		22,87	10,74
	120	R-0 (214 V)	R-0 (113 A)	150	17,49	8,18
		S-0 (219 V)	S-0 (116 A)		17,96	8,2
		T-0 (213 V)	T-0 (120 A)		18,58	8,72



Gambar 3. Contoh hasil *running* program *Electrical Calculations*

Pada tabel 4 terlihat sebelum ada rekonfigurasi beban, dua fasa (R-0 dan S-0) jatuh tegangan masih dalam toleransi saat diameter penghantar atau kabel sebesar 120 mm dan 150 mm, tetapi untuk fasa T-0 diluar toleransi yaitu 13,15 % untuk diameter penghantar 120 mm dan 10,68% untuk diameter penghantar 150 mm. pada saat diameter penghantar sebesar 185 mm jatuh tegangan tiap fasa masih dalam toleransi yaitu berkisar 5-8%. Setelah dilakukan rekonfigurasi beban, jatuh tegangan setiap fasa masih dalam toleransi pada saat diameter penghantar 150 mm, hasil rekonfigurasi beban adalah fasa R-0 = 113 A, fasa S-0 = 116A, dan fasa T-0 = 120 A.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Jatuh tegangan yang terjadi pada panel Prambanan dapat diperbaiki dengan memperbesar diameter penghantar atau kabel, kondisi sebelum rekonfigurasi beban diameter penghantar yang dibutuhkan sebesar 185 mm (jatuh tegangan tiap fasa masih dalam toleransi atau kurang dari 10%), dan setelah dilakukan rekonfigurasi beban (beban fasa R-0 = 113 A, fasa S-0 = 116A, dan fasa T-0 = 120A) maka dengan diameter penghantar 150 mm jatuh tegangan tiap fasa masih dalam toleransi (jatuh tegangan kurang dari 10%)

4.2 Saran

Penambahan atau pemasangan beban baru merupakan faktor penyebab terjadinya ketidakseimbangan beban, hal ini dapat mengakibatkan jatuh tegangan diatas toleransi (lebih besar 10%), oleh sebab itu setiap penambahan beban perlu memperhatikan dan menghitung arus beban setiap fasa sebelum pemasangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PUIL (Peraturan Umum Instalasi Listrik) 2000, BSN, Jakarta.
- [2] T. Yoga, "Menganalisis Aliran Beban Pada Wilayah Surakarta". Tugas Akhir, Teknik Elektro, 2006, UMS
- [3] S. Utama, N.P., "Memperbaiki Profil Tegangan di Sistem Distribusi Primer Dengan Kapasitor Shunt", Jurnal Teknik Elektro Universitas Udayana Vol. 7 No. 1, Januari - Juni 2008.
- [4] G.X Luo, A. Semlyen, 'Efficient Load Flow for Large Weakly Meshed Networks, IEEE Trans. Power Systems, Vol. 5, No. 4, Nov 1990, 1309-1316
- [5] William D., dan Stvensen, Jr, "Analisis Sistem Tenaga Listrik", 1993, Jakarta, Erlangga.
- [6] Linsey Trevor, 'Instalasi Listrik Tingkat Lanjut', 2006, Jakarta. Erlangga.