

Menurunkan Biaya Pemakaian Listrik 8 Unit Gedung Melalui Perbaikan Faktor Daya dan Profil Tegangan

Rafael Sri Wiyardi

*Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang
Kampus Sekaran Gunungpati Semarang, 50229 Indonesia*

Abstrak— Adanya perubahan/penambahan fungsi unit gedung menyebabkan perubahan fasilitas peralatan listrik yang dipasang pada instalasi listriknya. Hal ini menyebabkan daya semu meningkat, penurunan kualitas instalasinya berakibat pemborosan pembiayaan pemakaian listrik. Penelitian ini menggunakan teknik populasi sebagai sampling dan pengambilan datanya adalah dengan teknik observasi pada panel meter dari penunjukan: Amperemeter, Voltmeter, KWH meter, dan $\cos \phi$ meter. Data yang terkumpul dicari nilai daya semunya (KVAR). Hasil penelitian menunjukkan : terjadi daya semu sebesar 53,871 KVAR pada unit I, 40,998 KVAR pada unit II, serta 97,6768 KVAR pada 6 unit yang lain. Profil tegangan terjadi fluktuasi nilai tegangan fasa maupun antar fasa dengan nilai tertinggi di unit V sebesar 221,5 V – 237 V untuk tegangan fasa, dan 380 V - 417 V untuk tegangan antar fasa. Fluktuasi terendah terjadi pada unit VIII, yaitu sebesar 211,5 V – 224 V pada tegangan fasa, dan 371 V – 400 V pada tegangan antar fasa. Profil tegangan tersebut masih dibawah rentang tegangan tinggi maupun diatas rentang tegangan rendah yang diijinkan oleh PLN. Temuan ini adalah adanya ketidak-seimbangan pembebanan untuk setiap fasa. Dari hasil yang diperoleh disarankan adanya pemasangan kapasitor untuk panel meter di unit I, unit II dan unit VI, dengan nilai 41,205 KVAR, 60,8168 KVAR, dan 31,3589 KVAR, untuk menyeimbangkan setiap fasa perlu adanya penataan kembali sistem penyambungan beban pada masing-masing fasa.

Keywords— Penurunan, biaya, perbaikan, factor daya, profil tegangan

I. PENDAHULUAN

Fungsi unit bertambah dan optimalisasi dengan dilengkapi fasilitas atau peralatan listrik baru seperti : komputer, fan, AC, dan sebagainya, berakibat menurunnya daya guna listrik (faktor daya). Hal ini nampaknya daya semu (imaginair) yang harus dibayar. Akibat lain meningkatnya daya semu, menyebabkan bertambah rendahnya tegangan kerja peralatan listrik yang dipasang seperti komputer, AC tidak optimal. Bilamana tegangan kerja menurun sampai melampaui batas toleransi akan berakibat fatal.

Faktor lain dengan pemasangan alat-alat baru, dapat menyebabkan pembebanan setiap fasa tidak seimbang. Arus pada kawat netral memiliki nilai lebih dari 0.

Kejadian tersebut nampak dari data obsevasi awal . Tegangan antar fasa-fasa : $V_{RS} = V_{ST} = V_{TR} = 405$ Volt. $V_{RN} = 227,5$ V; $V_{SN} = 225$ V ; $V_{TN} = 220$ V. $V_N = 0,2$ V dan $I_R = 8,9$ A; $I_S = 11,7$ A; $I_T = 22,1$ A; serta $I_N = 20,3$ A.

Faktor daya (p.f) = 0,7 untuk setiap beban fasa : fasa I p.f = 0,6; fasa II p.f = 0,7 dan fasa III p.f = 0,65, sedang p.f yang ideal sebesar 1.

Dari data tersebut menunjukkan tegangan, dan arus pada setiap fasa tidak seimbang. Dan daya semu yang diambil setiap fasa masih daitas nol (KVAR). Nilai daya semu yang ada setiap fasa termasuk yang dibayar. Daya semu ini harus ditekan yang berarti menekan biaya listrik PLN.

Usaha untuk menurunkan daya semu dengan cara memasang suatu kapasitor di titik pusat beban setiap unit. Biaya pemakaian listrik secara keseluruhan turun. Agar besarnya nilai daya kapasitor tepat, sesuai dengan nilai daya semu secara keseluruhan jaringan instalasi beban dari unit-unit yang ada. Oleh karena itu penelitian perlu dilakukan.

1) Rumusan Masalah

- menurunkan daya semu berarti juga menurunkan biaya pemakaian listrik pada 8 unit
- memperbaiki profil tegangan kerja jaringan distribusi listrik 8 unit

2) Tujuan Penelitian

- mengetahui profil daya semu untuk setiap unit dari 8 unit
- dapat memperbaiki faktor daya setiap unit
- dapat memperbaiki profil tegangan kerja pada distribusi dari 8 unit

3) Manfaat Penelitian

Bilamana kajian penelitian ditindaklanjuti, maka biaya pemakaian listrik di 8 unit akan turun dan efisien biaya listrik akan naik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Profil tegangan pada setiap fasa di 8 unit menunjukkan ketidak seimbangan (Mulyadi, 2006). Fluktuasi besar tegangan pada setiap fasa akan terjadi, dan berakibat tidak optimalnya kerja alat listrik terpasang, yang berakibat fatal terhadap alat tersebut.

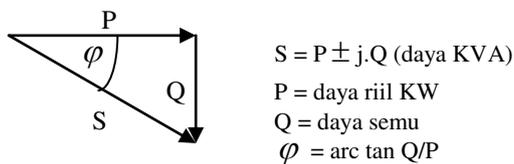
Nilai tegangan listrik tiga fasa dikatakan andal, bila memenuhi persyaratan sebagai berikut (Cocoran,1960).

- Tegangan fasa I (V_{RN}) = $V \angle 0^\circ$
Tegangan fasa II (V_{SN}) = $V \angle -120^\circ$
Tegangan fasa III (V_{TN}) = $V \angle -240^\circ = \angle 120^\circ$
- Tegangan antara fasa I dengan fasa II
 $(V_{RS}) = V \sqrt{3} \angle 60^\circ$.
Tegangan antara fasa II dengan fasa III
 $(V_{ST}) = V \sqrt{3} \angle -90^\circ$
Tegangan antara fasa III dengan fasa I
 $(V_{TR}) = V \sqrt{3} \angle -210^\circ$
- Sudut fasa antara tegangan fasa dengan arus fasa untuk setiap fasa adalah:
 $\varphi_{f1} = \varphi_{f2} = \varphi_{f3} = \varphi$
- Arus setiap fasa adalah :
Arus fasa I (I_{f1}) = $I \angle -\varphi$
Arus fasa II (I_{f2}) = $I \angle -(\varphi + 120^\circ)$
Arus fasa III (I_{f3}) = $I \angle -(\varphi + 120^\circ + 120^\circ)$
- Arus untuk hantaran nol $I_N = 0$

Bila persyaratan tersebut belum terpenuhi, maka energi listrik yang dimanfaatkan belum andal. Oleh sebab itu perlu dilakukan perbaikan (penyempurnaan). Pertimbangan lain mutu energi listrik yang dimanfaatkan adalah kecilnya hamonisasi-hamonisasi yang muncul pada tegangan atau arus (Pablo, 1981). Harmonisasi yang muncul pada tegangan atau arus berakibat menurunkan kualitas energi listrik yang dimanfaatkan.

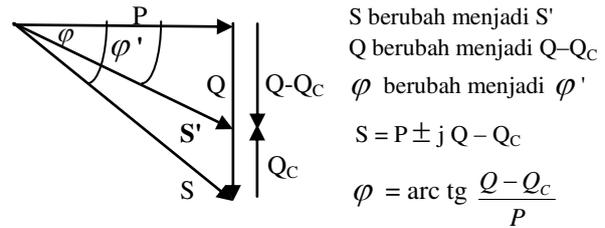
Daya listrik yang disalurkan PLN memiliki komponen KVA, KW dan KVAR. KVA adalah daya yang disalurkan PLN ke kom-ponen yang nilainya harus dibayar oleh konsumen. KW adalah daya yang digunakan konsumen, sedang KVAR adalah daya semu yang hilang, yang tidak dapat digunakan dan dibayar oleh konsumen.

Hubungan KVA, KW, dan KVAR ditunjukkan gambar 1.



Gambar 1. Hubungan KVA, KW, dan KVAR

Berdasarkan segitiga daya tersebut, nilai S dapat diperkecil, dengan memperkecil nilai daya semu Q, berarti memperkecil sudut φ . Untuk memperkecil φ dengan memasang kapasitor. Apabila kapasitor sudah dipasang, maka segi tiga daya gambar 1 berubah seperti gambar 2.



Gambar 2. Hubungan KVA, KW, dan KVAR setelah pemasangan kapasitor

Q menjadi $(Q-Q_c)$ berarti menurun, juga S mengecil menjadi S' berarti biaya listrik menurun.

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan penelitian lapangan dengan populasi sekaligus sebagai sampelnya, yaitu sistem pembebanan jaringan distribusi pada 8 unit gedung.

Teknik pengambilan data adalah observasi dengan alat pengambil data: Voltmeter, Amperemeter, dan Wattmeter jam. Data yang diperoleh untuk eksperimen secara simulasi di laboratorium energi jurusan Teknik Elektro, untuk menentukan besarnya kapasitas yang akan dipasang.

Variabel penelitian, variable bebas (terukur) adalah : daya 3 fasa riil (P) atau KW, tegangan fasa/line (V), arus fasa (A). Variabel tergantung : daya semu (Q) dan daya terserap (S). Dan variabel bebas adalah faktor daya (p.f) dan profil tegangan.

Desain penelitian dilakukan sebagai berikut.

1) Membuat format instrument sebagai panduan pengambilan data

Format Instrumen

Unit :
Panel induk :

2) Melakukan pengamatan dan pencatatan data yang terukur: Amperemeter, Voltmeter, KWh-meter, pada setiap unit dengan menggunakan pedoman format instrumen.

3) Menghitung nilai daya terserap S (KVA), daya terpakai (KW), daya semu Q (KVAR) dengan pedoman matriks berikut.

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

Hari / tgl	J a m	Arus fasa			Tegangan fasa/tegangan line						teg. 3 fasa	
		I_{RN}	I_{SN}	I_{TN}	V_{RN}	V_{SN}	V_{TN}	V_{RS}	V_{ST}	V_{TR}		

4) Mencari nilai daya semu Q dengan berpedoman format berikut.

KVA/ KW / KVAR

Hr/tgl/ jam	Daya terse- rap (KVA)	Daya terpa- kai (KW)	Daya semu Q (KVAR)

5) Memperkecil daya semu Q dengan cara memasang Bank Kapasitor (C_{BK}) bila daya sangat induktif, atau memasang Bank Induktor (L_{BK}) bila daya sangat kapasitif. Pada umumnya beban bersifat induktif dan pemasangan Bank Induktor (L_{BK}) jarang dilakukan.

6) Perbaikan factor daya dengan cara memperkecil daya semu Q . Langkah memperkecil Q akan memperkecil arus dari PLN, Susut tegangan pada saluran semakin kecil. Ini terjadi proses penaikan tegangan, berarti terwujud perbaikan profil tegangan pada panel induk setiap unit.

7) Perbaikan faktor daya atau profil tegangan dilakukan secara simulasi melalui bantuan program komputer/simulasi teori.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian besaran energi listrik yang terserap pada unit 1 ditunjukkan tabel 1.

TABEL I
KEPERLUAN ENERGI UNIT I

$\cos \phi$	Daya diserap S (KVA)	Daya dipakai P (KW)	Daya semu Q (KVAR)
0,80	89,785	71,746	53,87

Untuk keperluan Unit-unit (Unit III – VIII). Energi yang digunakan unit III-VIII terekam pada panel papan bagi yang berada di unit VI, dan terekam dengan alat ukur yang terdapat dipanel tersebut. Besaran yang terekam ditunjukkan dengan tabel 2

TABEL II
KEPERLUAN ENERGI UNIT III-VIII

$\cos \phi$	Daya diserap S (KVA)	Daya dipakai P (KW)	Daya semu Q (KVAR)
0,9275	261,29	242,71	96,83

Untuk keperluan energi unit II terekam panel pada unit II yang ditunjukkan tabel 3.

TABEL III
KEPERLUAN ENERGI UNIT II

$\cos \phi$	Daya diserap S (KVA)	Daya dipakai P (KW)	Daya semu Q (KVAR)
0,80	68,33	54,63	41,02

Profil tegangan menunjukkan kondisi tegangan fasa maupun tegangan antar fasa (*line*) yang terekam oleh alat ukur Voltmeter untuk unit I sampai dengan unit VIII. Besaran-besaran profil tegangan fasa setiap unit dengan tegangan **standart 220 Volt** ditunjukkan oleh tabel 4.

TABEL IV
PROFIL TEGANGAN FASA SETIAP UNIT

Unit	Tegangan fasa I (V_{RN}) Volt	Tegangan fasa II (V_{SN}) Volt	Tegangan fasa III (V_{TN}) Volt
I	222,875	221,44	221,375
II	222,67	220,67	221
III	222,875	222,25	220,56
IV	223,125	223,81	224,125
V	223,56	222,69	220,75
VI	229,31	229,689	227,75
VII	228,625	280,06	227,94
VIII	218,94	219,38	218,188

Hasil perekaman untuk profil tegangan antar fasa dengan standart **tegangan 380 Volt** setiap unit ditunjukkan tabel 5.

TABEL V
PROFIL TEGANGAN ANTAR FASA SETIAP UNIT

Unit	Teg. fasa I-II (V_{RS}) Volt	Teg. fasa II-III (V_{ST}) Volt	Teg. fasa III-IV (V_{TR}) Volt
I	384,19	382,88	380,63
II	383,17	382,75	381,42
III	384,46	383,5	381,19
IV	386,31	386,25	384,13
V	386,06	384,56	381,38
VI	402,63	401,56	400,63
VII	396,25	396,75	391,88
VIII	383,375	381,69	377,81

B. Pembahasan

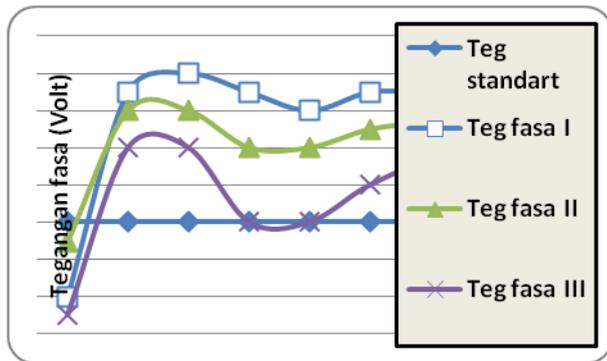
1) Daya semu Q

Besarnya daya semu Q merupakan daya hilang yang tidak dimanfaatkan untuk setiap unit rata-ratanya adalah :

- Unit I sebesar 53,871 KVAR
- Unit II sebesar 40,998 KVAR
- Unit VI– unit VII sebesar 91,5458 KVAR

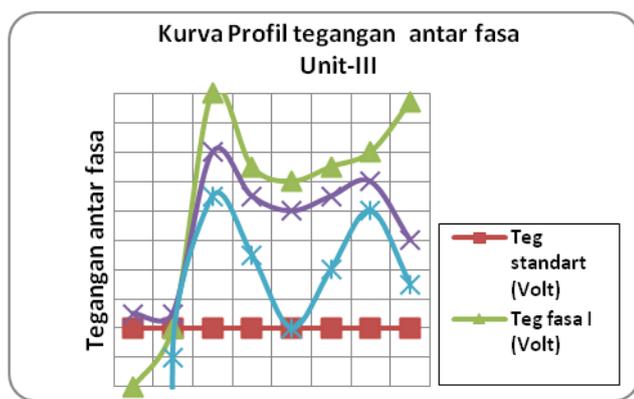
Jumlah seluruh daya yang hilang tidak dimanfaatkan sebesar 192,5458. Daya yang hilang tersebut biayanya harus dibayar oleh pemilik unit. Oleh karena itu daya semu Q harus ditekan sekecil mungkin. Untuk memperkecil daya semu tersebut, dengan cara memasang peralatan dan paralel dengan beban. Peralatan tersebut berupa kapasitor. Nilai kapasitor dapat diperhitungkan sesuai dengan besar daya semu yang ditiadakan.

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditunjukkan kurva profil tegangan fasa pada unit III, seperti gambar 3.



Gambar 3. Kurva Profil Tegangan Fasa Unit-III

Demikian pula hasil penelitian, kurva profil tegangan antar fasa pada unit-III dapat ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Kurva Profil Tegangan Antar Fasa Unit-III

Fluktuasi tegangan fasa maupun tegangan antar fasa masih dibawah rentang tegangan tertinggi yang diijinkan PLN sebesar 242 Volt dan 418 Volt. Dan masih berada diatas tegangan terendah standart PLN sebesar 209 Volt untuk tegangan fasa dan 361 volt untuk tegangan antar fasa.

Untuk profil tegangan nampak, tegangan kerja setiap unit tidak sama, demikian pula tegangan setiap fasa masing-masing unit tidak sama. Ini menunjukkan kondisi setiap fasa untuk masing-masing unit tidak seimbang (balans). Sebaiknya diusahakan agar diperoleh kondisi tegangan atau arus fasa seimbang.

Profil daya terserap (VA) oleh setiap unit. Daya terserap tiap fasa ($S_{\text{fasa}} = KVA/\text{fasa}$) juga tidak sama. Ini berarti setiap fasa tidak dibebani sama. Dengan pernyataan lain adalah daya fasa I \neq daya fasa II \neq daya fasa III. Bila peristiwa ini berlangsung lama ada pengaruh jelek terhadap peralatan tiga fasa, seperti motor tiga fasa ($M 3 \phi$). Oleh karena itu pembebanan untuk setiap fasa diusahakan seimbang.

Keterkaitan antara daya yang terserap ($S3 \phi$), daya terpakai ($P3 \phi$) dan daya yang hilang ($Q3 \phi$) seperti ditunjukkan Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3. Nilai ($Q3 \phi$) ternyata masih belum mencapai nol seperti daya semu di Unit I, sebesar $Q3 \phi = 53,871 \text{ KVAR}$., daya semu untuk unit III - unit VIII,

sebesar $Q3 \phi = 97,6763 \text{ KVAR}$ dan daya semu untuk unit II sebesar $Q3 \phi = 40,998 \text{ KVAR}$.

Masih adanya nilai daya semu berarti masih adanya pembebanan yang dapat dikurangi atau dicegah. Untuk mengurangi daya semu dengan jalan menaikkan faktor daya ($\text{COS } \phi$) menjadi lebih tinggi sampai mencapai $\text{COS } \phi = 0,99$.

2) Solusi

Untuk memperoleh profil tegangan fasa maupun tegangan line setiap unit mencapai nilai seimbang (sama), perlu dihitung kembali pembebanan setiap fasa setiap unit. Untuk pedoman agar beban setiap fasa masing-masing unit sama (seimbang).

Agar nilai KVAR untuk unit I dari 53,871 KVAR menjadi 12,666 KVAR perlu dipasang pada panel meter bangku kapasitor sebesar 41,205 KVAR. Untuk menurunkan KVAR unit III- unit VIII dari 96,83 KVAR menjadi nilai 36,8595KVAR pada panel unit VI perlu dipasang bangku kapasitor dengan nilai 60,817 KVAR. Demikian juga pada unit II untuk menurunkan 41,02 KVAR menjadi nilai 9,639 KVAR perlu dipasang bangku kapasitor sebesar 31,359 KVAR pada panel meter unit I.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Hasil-hasil penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1) Terjadi daya semu Q pada unit I sebesar 53,87 KVAR, dan pada unit II sebesar 41,02 KVAR, serta pada unit III- unit VIII terjadi Q sebesar 96,83 KVAR.

2) Ada fluktuasi nilai tegangan fasa ataupun tegangan antar fasa untuk semua unit. Fluktuasi tertinggi di unit VI sebesar 221,5 V – 237 V untuk tegangan fasa, dan 380 V – 417 V untuk tegangan antar fasa. Fluktuasi terendah di unit VIII dengan nilai 211,5 V – 224,5 V untuk tegangan fasa, dan 371 V – 400 V untuk tegangan antar fasa.

3) Profil tegangan fasa terendah 211,5 V dan tegangan antar fasa terendah 371 V masih diatas tegangan terendah yang diijinkan PLN sebesar 209 V dan 361 V.

4) Profil tegangan tertinggi 237 V dan profil tegangan antar fasa tertinggi, masih dibawah batas 417 V tegangan tertinggi yang diijinkan PLN sebesar 242 V dan 418 V.

5) Pembebanan setiap fasa untuk masing-masing unit tidak seimbang

B. Saran

Perlu dipasang bank kapasitor pada papan bagi induk (Unit I, Unit II dan Unit VIII). Setiap panel induk perlu dipasang pengatur tegangan otomatis (AVR) agar tidak terjadi flukuasi tegangan terlalu besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulyadi, 2006. Profil Tegangan Jaringan Distribusi UNNES, Skripsi, TE FT UNNES.
- [2] Pablo., AS, 1981. Electric Power Distribu-tion System, Mc Graw-Hill, New Delhi.
- [3] Russel., MK, Corcoran, FG, Willy, J., 1960. Alternating Current Circuit, New York.
- [4] Tears, Pudensia, 2007. Analisis Aliran Beban pada Universitas Negeri Semarang, Skripsi, TE-FT UNNES.
- [5] Yonen, T, 1086. Electric Power Distribution System Engineering. Mc Graw-Hill, New York.