

Evaluasi Kurva Beban Harian Energi Listrik Terhadap Kapasitas Transformator Untuk Keperluan Pengembangan Jaringan Distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau

Aminullah*, Firdaus**, Edy Ervianto**

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: oldamien@gmail.com

ABSTRACT

Faculty of Engineering is one of faculty which belongs to University of Riau, which consists of 10 buildings as follows: C building, 3 of chemical engineering laboratory buildings, 3 of civil engineering laboratory buildings, mechanical engineering laboratory, and electrical engineering laboratory. The electric power installed in the Faculty of Engineering supplied from PLN with 2 pieces of transformer which capacity of 2×400 kVA. The large of attached power and used power still need to be evaluated to forming the daily load curve considering that the engineering faculty which keep on experiencing development and construction that has been planned in the future. From the curve is formed it will be known how the electrical conditions in the Faculty of Engineering as well as for the achievement of a reliably electrical installation systems, safe, and used as efficiently as possible. From the analysis of measurements for 1 month and the calculation of the maximum load of 286,7 kVA, so that the remaining power which can be used for development and construction is 513,3 kVA.

Keywords: Distribution System, Load Curve, Electric Power

I. PENDAHULUAN

Seiring perencanaan pembangunan yang akan dilakukan Universitas Riau khususnya Fakultas teknik, maka kebutuhan akan energi listrik di Fakultas Teknik akan sebanding dengan perkembangan yang akan dilaksanakan, mengingat Fakultas Teknik merupakan Fakultas yang sangat membutuhkan energi listrik yang cukup besar untuk menunjang aktifitas akademik. Pada saat ini Universitas Riau telah menjalin kerjasama dengan PLN (Persero) dalam hal mensuplai energi listrik ke Fakultas Teknik, dengan memasang 2 buah transformator distribusi berkapasitas 2×400 KVA untuk melayani seluruh beban fakultas teknik.

Melihat dari perkembangan teknologi yang digunakan pada saat ini yang sangat bergantung dengan energi listrik, maka perlu diadakan evaluasi terhadap daya yang terpakai oleh Fakultas Teknik

terhadap daya yang terpasang, apakah besar daya terpasang masih layak untuk melayani kebutuhan energi listrik di fakultas teknik saat ini serta kebutuhan energi listrik untuk beberapa perencanaan pembangunan yang akan dilakukan pada fakultas teknik kedepannya.

Untuk mengetahui kelayakan energi listrik dari suatu gardu distribusi, dalam hal ini kapasitas transformator, diperlukan pengukuran terhadap transformator yang digunakan untuk melayani beban yang nantinya dari hasil pengukuran akan menghasilkan kurva beban harian, yangmana dari kurva yang dihasilkan dari pengukuran dapat menghasilkan data karakteristik beban yang dilayani suatu gardu distribusi dalam hal ini gardu distribusi Fakultas Teknik, kemudian nantinya data yang dihasilkan dapat dianalisa dengan baik, dan dari analisa tersebut dapat digunakan untuk

menentukan kondisi pembebanan pada saat ini maupun untuk perencanaan pembangunan kedepannya.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik, sistem distribusi berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen, adapun fungsinya sebagai berikut:

1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (Pelanggan)
2. Merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

2.2 Klasifikasi Saluran Distribusi Tenaga listrik

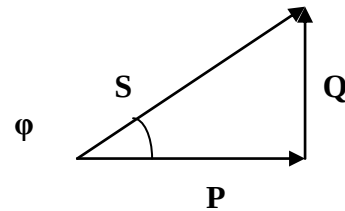
1. Menurut Nilai Tegangannya
2. Menurut Bentuk Tegangannya
3. Menurut Jenis / Tipe Konduktor
4. Menurut Susunan (konfigurasi) Salurannya
5. Menurut susunan Rangkaiannya

2.3 Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik statis yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik bolak-balik (arus dan tegangan) dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain dengan nilai yang sama maupun berbeda besarnya (lebih kecil atau lebih besar) pada frekuensi yang sama, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. (Hotdes Lumbanraja, 2008)

2.4 Segi Tiga Daya

Segitiga Daya adalah Hubungan antara Daya Nyata, Daya Semu, dan Daya Reaktif yang dapat dilihat hubungannya pada gambar sebagai berikut:



Gambar 2.1 Hubungan Daya Nyata, Daya Semu, dan Daya Reaktif

$$P = S \times \cos \phi \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

$$Q = S \times \sin \phi \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\tan \phi = \frac{Q}{P} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

2.5 Sistem Instalasi Listrik

Sistem instalasi tenaga listrik adalah proses penyaluran daya listrik yang di bangkitkan dari sumber tenaga listrik ke alat-alat listrik, kemampuan hantar listrik, pengaman, dan luas penampang yang diperlukan tergantung pada beban yang dihubungkan. Untuk menentukan antar arus pengaman dan luas penampang penghantar yang diperlukan pertama-tama harus ditentukan arus yang dipakai berdasar daya beban yang di hubungkan. Rumus yang digunakan adalah: (Riki Zulfikar, 2011)

- Arus Searah

$$I = \frac{P \text{ (Watt)}}{V \text{ (Volt)}} [\text{Ampere}] \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

- Arus Bolak Balik Satu Fasa

$$I = \frac{P \text{ (Watt)}}{V \cdot \cos \phi} [\text{Ampere}] \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

- Arus Bolak Balik Tiga Fasa

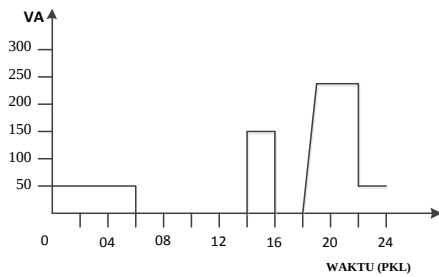
$$I_L = \frac{P \text{ (Watt)}}{\sqrt{3} \cdot V_{L-L} \text{ (Volt)} \cdot \cos \phi} [\text{Ampere}] \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

2.6 Karakteristik Beban

- Bentuk Beban Listrik

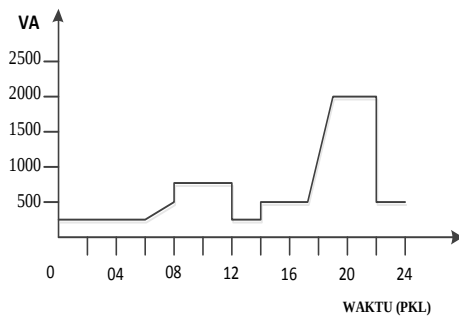
1. Konsumen Rumah Tangga

- Rumah Tangga Kecil



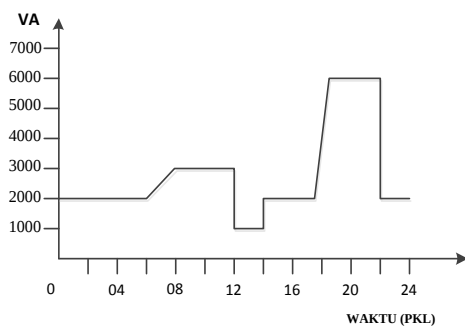
Gambar 2.3 Kurva Beban Rumah Tangga Kecil
Sumber: Abdul Kadir, 2000

- Rumah Tangga Sedang



Gambar 2.4 Kurva Beban Rumah Tangga Sedang
Sumber: Abdul Kadir, 2000

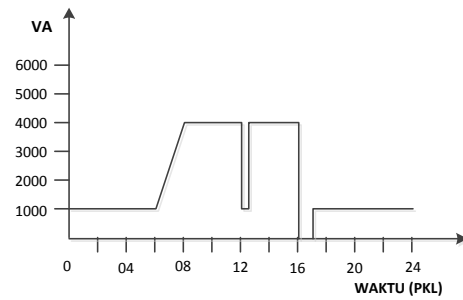
- Rumah Tangga Besar



Gambar 2.5 Kurva Beban Rumah Tangga Besar
Sumber: Abdul Kadir, 2000

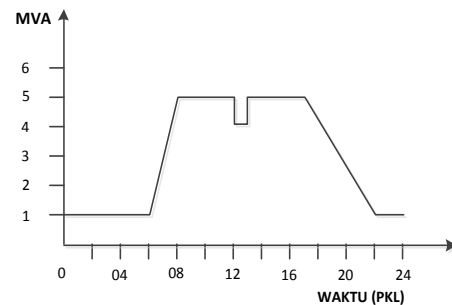
2. Konsumen Komersial

- Perkantoran Gedung Kecil



Gambar 2.6 Kurva Beban Perkantoran Gedung Kecil
Sumber: Abdul Kadir, 2000

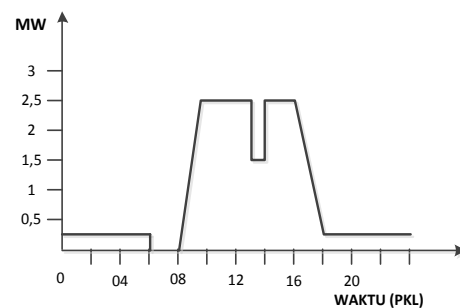
- Gedung Besar Komplek Perkantoran



Gambar 2.7 Kurva Beban Perkantoran Gedung Besar Komplek
Sumber: Abdul Kadir, 2000

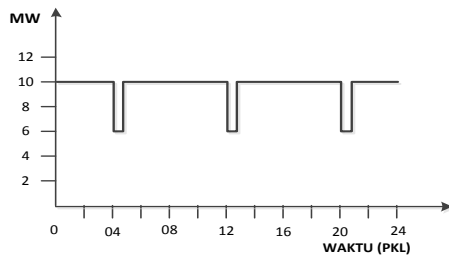
3. Konsumen Pabrik

- Industri Skala Kecil



Gambar 2.8 Kurva Beban Industri Skala Kecil
Sumber: Abdul Kadir, 2000

- Industri Skala Besar



Gambar 2.9 Kurva Beban Industri Skala Besar

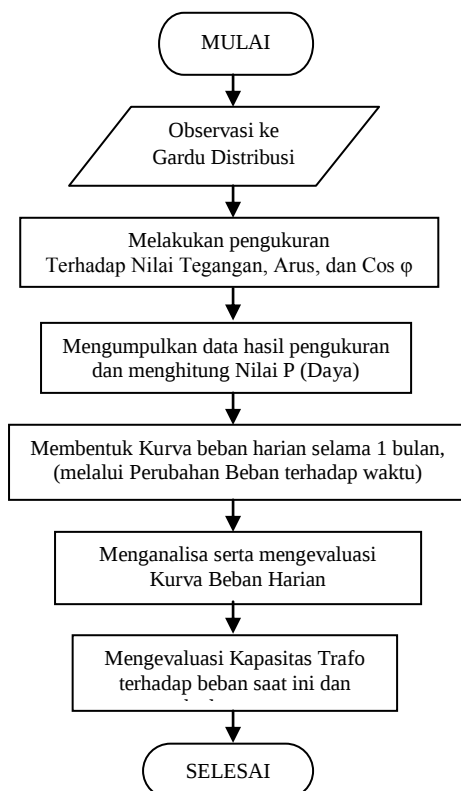
Sumber: Abdul Kadir, 2000

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di gardu distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau, di mulai dari bulan Mei hingga bulan Juni 2014 dengan rentang waktu pengukuran selama 30 hari.

3.2 Flowchart Penelitian



3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Observasi ke Gardu Distribusi Fakultas Teknik

Data spesifikasi transformator distribusi Fakultas Teknik terlihat pada tabel serta kapasitas MCCB yang di gunakan dibawah ini, dimana transformator yang digunakan adalah dua unit trafo yang dihubungkan secara parallel pada sisi sekunder transformator tersebut :

Tabel 1. Spesifikasi Transformator

Nama Pabrik	MORAWA
Standar	IEC76
Daya Pengenal	400 kVA
Jumlah Fasa	3
Tegangan Primer L-L (kV)	20 kV
Tegangan Sekunder L-L (V)	400 V
Arus Primer	11,55 A
Arus Sekunder	577,4 A
Vektor Group	DyN5
Impedansi (%)	4%
Frekuensi	50 Hz
TID	125 kV
Kelompok Vektor	DYN5
Pendingin	ONAN
Berat Total	1146 kg
Berat Minyak	146 kg

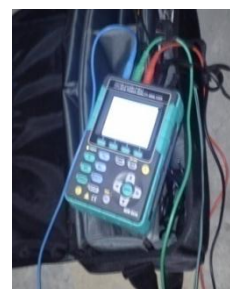
Tabel 2. Kapasitas MCCB

Gedung Fakultas Teknik	Kapasitas MCCB
Gedung C (Bagian Kanan)	200 Ampere
Gedung C (Bagian Kiri)	200 Ampere
Laboratorium Teknik Sipil	125 Ampere
Laboratorium FAPERTA	250 Ampere
Laboratorium Teknik Sipil	250 Ampere
Laboratorium Teknik Sipil	250 Ampere
Laboratorium Teknik Kimia	160 Ampere
Laboratorium Teknik Kimia	160 Ampere
Laboratorium Teknik Kimia	400 Ampere
Laboratorium Teknik Mesin	400 Ampere
Laboratorium Teknik Elektro	250 Ampere

3.3.2 Melakukan Pengukuran

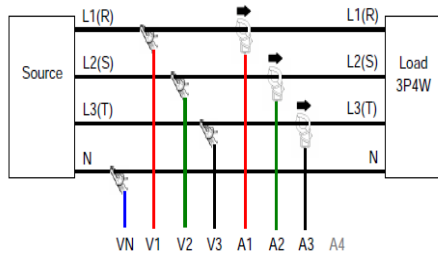
Adapun alat ukur yang di gunakan serta konfigurasi pemasanganya sebagai berikut:

a. Power Quality Analyzer



Gambar1. Power Quality Analyzer

b. Konfigurasi Pemasangan



Gambar 2. Konfigurasi Pemasangan alat ukur

3.3.3 Data Hasil Pengukuran

Variabel yang di ukur yaitu nilai Tegangan(V) setiap fasa, Arus (A), setiap fasa dan $\cos \phi$ setiap fasa selanjutnya dicari nilai Daya perfasa dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P1 = V1 \times I1 \times PF1 \dots \dots (2.15)$$

$$P2 = V2 \times I2 \times PF2 \dots \dots (2.16)$$

$$P3 = V3 \times I3 \times PF3 \dots \dots (2.17)$$

Setelah didapat daya masing masing fasa kemudian di cari nilai daya total keseluruhan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_{Total} = P1 + P2 + P3 \dots \dots (2.18)$$

3.3.4 Membentuk Kurva Beban Harian

Untuk membuat kurva beban harian selama satu bulan pengukuran menggunakan software Microsoft exel dengan memasukkan nilai daya yang telah dihitung terhadap rentang waktu pengukuran yaitu satu jam selama 24 jam penuh selama 1 bulan.

3.3.5 Menganalisa Serta Mengevaluasi Kurva Beban Harian

Setelah kurva dibentuk kemudian dilakukan evaluasi terhadap kurva beban keseluruhan, kurva beban rata-rata, kurva beban perbandingan pemakaian energi listrik tiap harinya selama sebulan, dan kurva beban aksimum.

3.3.6 Mengevaluasi Kapasitas Transformator Terhadap Beban Maksimum

Untuk mengevaluasi kapasitas transformator yang digunakan dengan beban maksimum saat ini menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Sisa Beban Mampu} = \text{Beban Terpasang} - \text{Beban maksimum}$$

4. ANALISA DAN HASIL

4.1 Analisis Penggunaan Energi

4.1.1 Daya Terpasang

Besar daya terpasang sebesar 800 kVA dengan di pasang dua unit transformator berkapasitas masing-masing 400 kVA, adapun untuk daya terpasang disetiap gedung fakultas teknik sebagai berikut:

Tabel 3. Daya Terpasang setiap Gedung

Gedung Penerima Daya Listrik	Daya Terpasang (VA)
Gedung C (Bagian Kanan)	76000
Gedung C (Bagian Kiri)	76000
Laboratorium Teknik Sipil	47500
Laboratorium Faperika	95000
Laboratorium Teknik Sipil	95000
Laboratorium Teknik Sipil	95000
Laboratorium Teknik Kimia	60800
Laboratorium Teknik Kimia	60800
Laboratorium Teknik Kimia	152000
Laboratorium Teknik Mesin	152000
Laboratorium Teknik Elektro	95000

4.1.2 Daya Aktif

Nilai daya aktif didapat berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (2.15), (2.16), (2.17), dan (2.18).

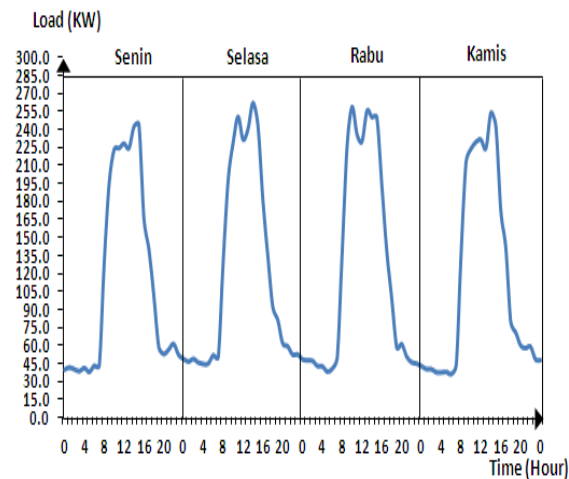
Tabel 4. Daya Aktif Tanggal 19 – 25 Mei 2014

TIME (Hour)	Besar Daya Aktif (P) Perhari tiap 1 jam dalam satuan (KW)						
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	sabtu	Minggu
0:00:00	42.3	49.3	48.9	43.3	48.2	52.2	51.4
1:00:00	42.1	47.0	48.1	40.6	51.5	53.1	52.6
2:00:00	40.5	49.2	47.7	40.7	44.6	49.3	53.2
3:00:00	39.0	46.2	43.3	38.1	45.8	50.0	47.6
4:00:00	41.7	44.9	43.1	38.0	46.3	50.0	52.7
5:00:00	38.3	45.4	38.7	38.6	45.5	48.4	48.3
6:00:00	43.6	52.4	41.1	36.5	43.8	48.6	50.7
7:00:00	43.8	50.7	50.2	44.0	49.3	59.8	51.3
8:00:00	129.4	130.5	138.3	138.3	141.3	86.2	46.5
9:00:00	195.1	197.5	226.4	213.3	207.7	201.9	62.6
10:00:00	223.1	228.8	258.5	223.8	217.6	236.2	76.8
11:00:00	224.3	250.4	235.5	229.5	221.0	254.1	82.8
12:00:00	228.1	231.4	229.8	231.3	172.0	227.7	79.5
13:00:00	224.4	240.1	255.2	224.3	156.0	225.9	75.1
14:00:00	242.2	261.9	250.0	253.8	191.3	235.0	75.4

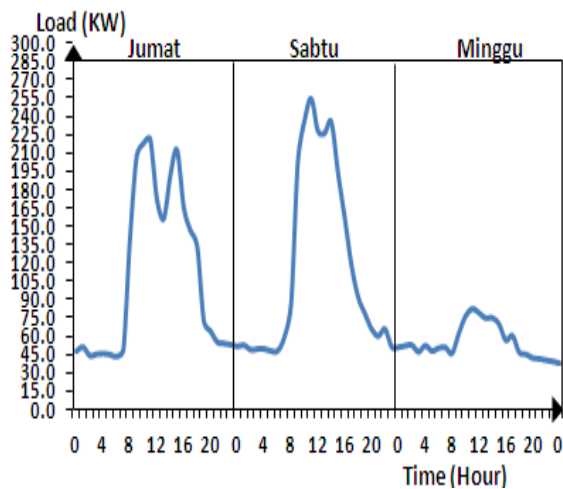
15:00:00	244.0	243.6	249.8	242.4	212.3	193.3	70.3
16:00:00	166.3	181.5	193.2	172.4	165.4	156.5	57.1
17:00:00	140.7	134.8	138.3	141.6	146.6	118.4	60.8
18:00:00	102.2	92.5	99.4	80.0	134.1	92.3	47.2
19:00:00	59.2	81.8	58.8	71.3	72.5	78.9	45.7
20:00:00	53.3	62.1	61.6	60.4	64.5	66.3	42.6
21:00:00	57.0	59.7	51.2	58.2	55.7	60.5	42.0
22:00:00	61.7	52.8	46.4	59.4	54.4	66.3	40.9
23:00:00	52.6	53.0	45.3	48.8	53.5	51.8	39.8

4.2 Evaluasi Kurva Beban

4.2.1 Evaluasi Kurva Beban Fakultas Teknik

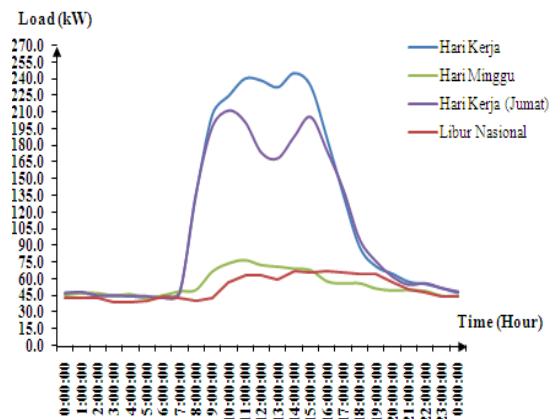


Gambar 3. Kurva Beban Fakultas Teknik Tanggal 19 – 22 Mei 2014



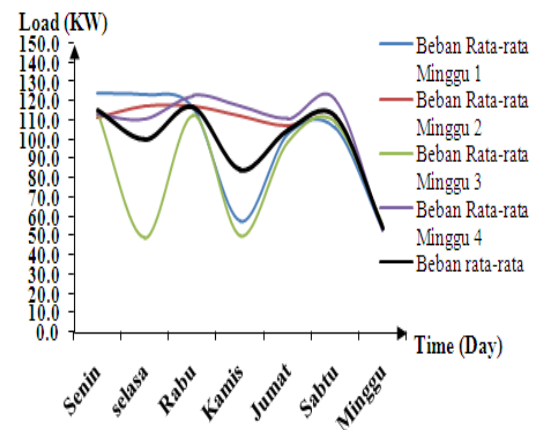
Gambar 4. Kurva Beban Fakultas Teknik Tanggal 23 – 25 Mei 2014

4.2.2 Evaluasi Perbandingan Pemakaian Tenaga Listrik

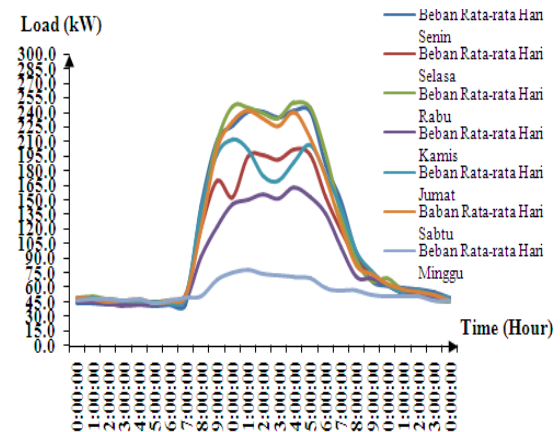


Gambar 5. Kurva Perbandingan Pemakaian Tenaga Listrik

4.2.3 Evaluasi Beban Rata – rata

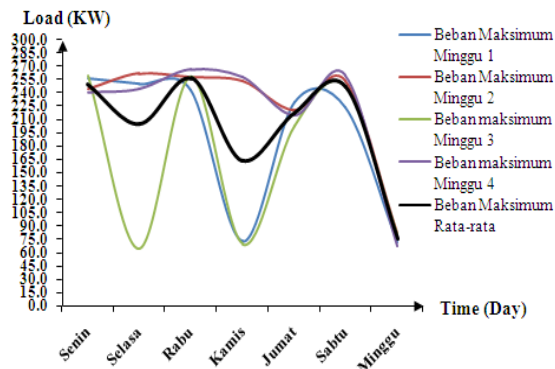


Gambar.6 Kurva Beban Rata – rata harian selama 1 bulan



Gambar.7 Kurva Beban Rata-rata Harian di Jam Yang Sama Selama 1 Bulan

4.2.4 Evaluasi Beban Maksimum



Gambar 7. Kurva Rata-rata Beban Maksimum

4.3 Evaluasi Kapasitas Transformator Terhadap Kebutuhan Energi Listrik Dalam Rencana Pembangunan

4.3.1 Analisa Kebutuhan Daya Listrik

4.3.1.1 Daya Terpasang

Beban terpasang maksimum Fakultas Teknik berdasarkan kapasitas trafo dapat diketahui melalui spesifikasi trafo yang digunakan Fakultas Teknik Universitas Riau yaitu sebesar 2 x 400 kVA yaitu sebesar 800 kVA.

Jika di asumsikan berdasarkan standarisasi pembebanan trafo, untuk keamanan dan *life time* trafo maka maksimum untuk pembebanan trafo sebesar 80% dari total maksimum sehingga diasumsikan untuk perhitungan daya terpasang sebesar 640 kVA.

4.3.1.2 Beban Maksimum

Berdasarkan hasil dari pengukuran, beban maksimum yang terukur selama melakukan pengukuran terhadap trafo yang digunakan selama sebulan dari tanggal 12 Mei – 8 Juni 2014 sebesar **266,6 kW = 266.600 Watt**

$$\begin{aligned} \text{Beban Maksimum} &= \frac{\text{Kebutuhan Maksimum}}{PF} \\ &= \frac{266,6}{0,93} = 286,7 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Perhitungan diatas merupakan cara untuk mencari besar daya yang di gunakan terhadap daya yang terpasang. Sehingga dari pengukuran serta perhitungan yang dilakukan, maka daya maksimum yang terukur yaitu sebesar 286,7 kVA.

4.3.1.3 Faktor Beban

Untuk mendapatkan besar faktor beban beban rata – rata terukur di bagi dengan beban maksimum terukur, perhatikan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Faktor Beban} &= \frac{\text{Beban Rata – rata}}{\text{Beban Maksimum}} \\ &= \frac{98,7}{286,7} = 0,34 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas besar faktor beban Fakultas Teknik Universitas Riau sebesar 34%.

4.3.1.4 Faktor Permintaan/Kebutuhan

Untuk mengetahui besar kebutuhan energi listrik di Fakultas Teknik perhatikan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Faktor Kebutuhan} &= \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Beban Terpasang}} \\ &= \frac{286,7}{640} = 0,44 \end{aligned}$$

Dari perhitungan menunjukkan bahwa besar energi listrik yang dibutuhkan fakultas teknik saat ini sebesar 44 %.

4.3.2 Perbandingan Daya Terpasang Terhadap Daya Terpakai Untuk Keperluan Perkembangan Fakultas Teknik

Daya terpasang pada saat ini untuk melayani beban fakultas teknik sebesar 640 kVA, untuk daya yang terpakai hingga saat ini yan didapat berdasarkan hasil pengukuran selama 1 bulan sebesar 286,7 kVA sekitar 44% dari daya terpasang, untuk mengetahui sisa daya yang masih

tersisa untuk perkembangan fakultas teknik kedepannya perhatikan perhitungan berikut:

Sisa Beban Mampu =

Daya terpasang – Kebutuhan beban maksimum

$$= 640 \text{ kVA} - 286,7 \text{ kVA}$$

$$= 323 \text{ kVA}$$

Dari perhitungan di atas daya yang tersedia untuk perkembangan Fakultas Teknik kedepannya sebesar 323 kVA sekitar 56% beban yang tersisa untuk dapat dipasang beban baru untuk kedepannya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah melakukan evaluasi terhadap kurva beban harian Fakultas teknik serta mengevaluasi kapasitas transformator Fakultas Teknik terhadap kebutuhan energi listrik untuk perkembangan kedepannya, penulis menyimpulkan:

- Beban terpasang pada Fakultas Teknik Sebesar 800 kVA
- Dari kurva yang dibentuk berdasarkan hasil pengukuran, beban Fakultas Teknik termasuk kedalam kategori beban komersial gedung besar dimana kebutuhan energi listrik yang banyak digunakan dari pukul 7.30 WIB hingga Pukul 18.00 WIB.
- Pemakaian tenaga listrik terlihat yang cukup besar dari kurva, jika di rata-ratakan tiap harinya terjadi dari pukul 11.00 WIB – 15.00 WIB.
- Pemakaian tenaga listrik terendah dari pukul 00.00 WIB – 7.00 WIB dan cenderung statis tiap harinya, karena tidak ada kegiatan di Fakultas teknik melainkan hanya melayani beban penerangan dan alat elektronik yang tidak banyak.
- Jika dilihat tiap harinya selama pengukuran pukul 18.00 WIB – 00.00

WIB terlihat perubahan pemakaian beban, ini terjadi karena ada kegiatan di Fakultas Teknik.

- Besar beban rata – rata terukur selama sebulan selama pengukuran dan berdasar perhitungan dari standarisasi yang ada yaitu sebesar 98.7 kVA.
- Beban maksimum rata – rata yang terukur selama satu bulan pengukuran yaitu sebesar 202,1 kW.
- Pemakaian tenaga listrik terbesar selama melakukan pengukuran terukur sebesar 266,6 kW sekitar 286,7 kVA dari daya terpasang atau 44% dari daya tersedia untuk melayani beban.
- Daya yang masih tersisa untuk melayani beban yang akan bertambah kedepannya sebesar 323 kVA sekitar 56% dari daya yang tersedia untuk dapat dipasang beban baru untuk kedepannya.

Saran

Saran untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya yang berhubungan dengan judul skripsi ini adalah:

- Agar di perlakukan pengukuran rutin tiap bulannya agar mengetahui kondisi pembebanan di Fakultas Teknik sehingga jika ada penambahan beban dapat berpatokan pada data yang telah di ukur.
- Mengadakan evaluasi terhadap beban yang digunakan saat ini seperti penggunaan pendingin ruangan yang banyak terdapat kerusakan namun masih aktif digunakan, ini dapat menyebabkan energi listrik yang digunakan tidak semana mestinya
- Jika dilihat dari beban maksimum yang terukur selama penulis melakukan penelitian penggunaan 2 buah trafo termasuk pemborosan karena beban maksimum saat ini sebesar 266,6 kW atau sekitar 286,7 kVA yang mana kapasitas dari masing masing trafo yang digunakan 400 kVA yang jika mengikuti standarisasi pembebanan trafo maksimal 80% dari kapasitas

trafo yang di gunakan, dan jika menggunakan 1 buah trafo daya tersisa dari beban yang terukur saat ini sebesar 39,4 kVA.

- d. Agar diperlakukan evaluasi rangkaian listrik pemasangan transformator pada gardu distribusi saat ini.
- e. Data yang terukur dapat dijadikan acuan untuk perencanaan pembangunan kedepannya sehingga nantinya penambahan beban yang akan bertambah tidak melebihi kapasitas trafo yang digunakan saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Riki Zulfikar, 2012. Evaluasi kebutuhan daya listrik dan kemungkinan untuk penghematan energi listrik di hotel santika bogor.<http://ejournal.unpak.ac.id>, di akses 3 Maret 2014. Pkl 02.00 WIB.
- Mancon Sitanggang, 2009. Studi Perkiraan Umur Transformator Distribusi Dengan Metode Tingkat Tahunan, Skripsi Sarjana, Teknik Elektro, Universitas Sumatera Utara.
- Tri Atmoko, 2012. Studi Evaluasi Penghematan Energi (Saving) Di Mall Graha Cianjung.<http://ejournal.unpak.ac.id>, diakses 10 Maret 2014. Pkl 20.30 WIB.
- Agung Nugroho, 2006. Metode Pengaturan Penggunaan Tenaga Listrik Dalam Upaya Penghematan Bahan Bakar Pembangkit Dan Energi. <http://ejournal.undip.ac.id>, di akses 15 Maret 2014. Pkl 21.00 WIB.
- Stevenson, William D, Jr.1996. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Jakarta : Erlangga
- As.Pabla, 1994.*Sistem Distribusi Daya Listrik*, Ahli Bahasa Abdul Hadi, Jakarta : Erlangga
- Kadir, Abdul. 2000. “Distribusi dan utilisasi tenaga listrik”. Univeritas Indonesia (UI-Press). Jakarta.
- Purnama, Sigid. 2009. “Analisa pengaruh pembebanan terhadap susut umur transformator tenaga. Skripsi Teknik

Elektro Fakultas Teknik. Semarang. Universitas Diponegoro.

Lumbanraja, Hotdes, 2008. Pengaruh beban tidak seimbang terhadap efisiensi transformator tiga fasa hubungan open-delta. Skripsi Teknik Elektro Fakultas Teknik. Medan. Universitas Sumatera Utara (USU).

Dunia-

Listrik.blogspot.com/2008/12/Sistem-Distribusi-Tenaga-Listrik.html, diakses 3 Mei 2014. Pkl 03.00 WIB.

Engineeringhouse.blogspot.com/2012/02/Keandalan-dan-kualitas-Listrik.html, diakses 3 Mei 2014. Pkl 03.00 WIB.

Daman48.wordpress.com/2010/11/25/14, diakses 3 Mei 2014. Pkl 03.00 WIB.

Ghojer.blogspot.com/2013/09/Pengertian-dan-rumus-rumus-daya-listrik.html, diakses 3 Mei 2014. Pkl 03.00 WIB.