

Analisis Kualitas Daya Listrik Gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda

Brilliantie Davira¹, Rusda², Khairuddin Karim³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda

Jl. Dr. Ciptomangunkusumo, Kampus Gunung Panjang, Samarinda, 75121

rusda@polnes.ac.id

Abstrak- Masalah kualitas daya listrik menjadi perhatian yang serius, permasalahan kualitas daya listrik dapat menyebabkan penurunan kinerja pada peralatan elektronik yang terpasang. Berbagai permasalahan kualitas daya yang dapat terjadi adalah gangguan harmonisa, ketidak seimbangan tegangan maupun beban. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis berbagai parameter yang mempengaruhi kualitas daya pada gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda. Dengan melakukan pengukuran tegangan, arus, harmonisa, frekuensi dan faktor daya menggunakan alat ukur *Power Quality Analyzer (PQA)* dan dibaca menggunakan software *PQONE*. Hasil pengukuran ini selanjutnya dibandingkan dengan standar IEEE, sebagai evaluasi terhadap kualitas daya listrik di gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Beban listrik berada pada kondisi yang tidak seimbang. Hal ini terlihat pada nilai arus yang mengalir pada masing masing fase terukur *over*. Kandungan harmonisa arus (%ITHD) mencapai 37,7% melebihi batas standar yang diizinkan yaitu (15%). Nilai tegangan yang terukur berada pada rentang 230,9 V hingga 241,6 V. Nilai tegangan ini tidak sesuai dengan rentang Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu tidak lebih rendah dari 198 V dan tidak lebih tinggi dari 231 V.

Kata kunci: kualitas daya, harmonisa, ketidakseimbangan tegangan dan beban, faktor daya.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik menjadi kebutuhan pokok dalam semua lini kegiatan manusia saat ini. Ketergantungan manusia yang besar terhadap energi listrik ini menyebabkan kegiatan sehari hari dapat berhenti apabila terjadi pemutusan aliran daya listrik dari pusat pemasok daya listrik.

Pemakaian energi listrik terjadi pada beberapa sektor seperti pada instansi pendidikan dan penelitian, area perindustrian, pusat perbelanjaan hingga rumah tangga. Salah satu pemakaian energi listrik yang cukup besar pada era modern ini yaitu pada instansi pendidikan dan penelitian. Banyak gedung gedung yang berdiri pada suatu daerah akan sangat mempengaruhi pembebanan listrik yang menjadi besar. Akibatnya dibutuhkan pula pasok energi listrik yang lebih besar untuk menyeimbangkan beban yang digunakan.

Selain dibutuhkan pasokan energi yang besar, kualitas daya listrik juga harus selalu diperhatikan. Penggunaan beban beban listrik saat ini memang dirasakan jauh lebih banyak dan dengan permasalahan yang juga banyak jika dibandingkan dengan penggunaan beban listrik pada waktu dahulu. Kualitas

daya listrik yang kurang baik akan merugikan produsen sebagai penyedia jasa dan juga pelanggan sebagai konsumen. Beban listrik di setiap gedung suatu instansi dapat berpengaruh pada sebuah sistem. Penurunan kualitas daya yang terjadi dapat memberikan dampak yang besar bagi efisiensi sistem. Penurunan kualitas daya dapat disebabkan oleh berbagai macam permasalahan contohnya adalah gangguan harmonisa dan ketidakseimbangan tegangan maupun beban.

Masalah kualitas daya listrik menjadi perhatian yang meningkat, karena ketidakstabilan tegangan dapat merusak peralatan yang sensitif terhadap perubahan tegangan, terutama peralatan elektronik. Beban *non linier* juga merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kualitas daya, beban merupakan sumber harmonisa yang dapat menurunkan kualitas daya.

Monitoring atau pemantauan berkala kualitas daya listrik pada suatu gedung akan melalui suatu proses pengambilan data tentang variabel atau besaran listrik yaitu tegangan, arus, faktor daya, daya nyata, daya semu, daya reaktif dan harmonisa listrik. Dari data tersebut kemudian dilakukan proses analisa data dan mengambil kesimpulan hasil pengolahan data untuk memberikan informasi tentang semua *variable* tersebut. Setelah kesimpulan diperoleh maka dapat diambil tindakan untuk memperbaiki atau meningkatkan kualitas daya listrik.

Gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda adalah gedung sarana pendidikan yang dilengkapi dengan peralatan kelistrikan yang mutakhir untuk menunjang pekerjaan para pegawainya. Peralatan-peralatan tersebut dapat rusak jika dialiri listrik dari sumber yang tidak stabil. Maka akan dilakukan analisis kualitas daya dengan judul "Analisis Kualitas Daya Listrik Pada Gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda" dengan harapan agar *power supply* dan sistem di gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda akan selalu terjaga dengan baik bersamaan juga dengan peralatan yang ada.

Dalam penelitian ini dibahas mengenai kualitas daya gedung. Hasil dari analisis kualitas daya akan digunakan untuk mengevaluasi sistem kelistrikan. Sistem kelistrikan Politeknik Negeri Samarinda memiliki 4 Trafo daya yaitu dengan kapasitas 197 KVA, 555 KVA, dan menghubungkan paralel 630 KVA dan 800 KVA. Untuk menambah keandalan sistem kelistrikannya, Politeknik Negeri Samarinda memiliki dua genset dengan daya 350 KVA dan 400 KVA serta telah terpasang kapasitor bank dengan daya 200 KVAR yang dipasang pada trafo 800 KVA. Gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda *disupply* dengan trafo 555 KVA. Untuk menambah keandalan sistem kelistrikannya, *Main distribution*

panel (MDP) yang terpasang pada gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda memiliki arus sebesar 400 A dan 4 sub panel yang ada di setiap lantai memiliki arus sebesar 100 A.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Kualitas Daya Listrik

Kualitas daya listrik ditentukan oleh kualitas dari arus, tegangan, frekuensi, harmonisa, rugi daya, factor daya, dan pentanahan (*grounding*), serta ketidak-seimbangan sistem. Kualitas daya akan dikatakan baik apabila arus, tegangan, dan frekuensi yang terdapat pada sistem selalu konstan atau tidak terjadi perubahan yang signifikan. Tetapi pada kenyataannya arus, tegangan, dan frekuensi tidak selalu bernilai konstan, tergantung pada peralatan listrik atau beban yang dipakai dan pengaturan sistem distribusinya [1].

Terdapat beberapa definisi yang berbeda terhadap pengertian tentang kualitas daya listrik, tergantung dari kerangka acuan yang digunakan dalam mengartikan istilah tersebut. Sebagai contoh suatu pengguna sistem kelistrikan dapat mengartikan kualitas daya listrik sebagai keandalan, dimana dengan menggunakan angka 99,98%, sistem tenaga listriknya mempunyai kualitas yang dapat diandalkan dari sisi peralatan maupun kinerjanya.

Istilah kualitas daya listrik telah menjadi isu penting pada industri tenaga listrik sejak akhir tahun 1980-an. Menurut IEEE kualitas daya adalah suatu konsep memberi daya peralatan elektronik dengan cara yang sesuai dengan pengoperasian peralatan itu sendiri dengan tahapan yang kompatibel dengan pasokan dan peralatan yang terhubung lainnya [2]. Arti dari kualitas daya yang lebih spesifik lagi adalah gangguan kualitas daya, secara umum diterima sebagai setiap perubahan daya (tegangan, arus, atau frekuensi) yang dapat mengganggu kenormalan pengoperasian peralatan listrik. *International Electrotechnical Commission* (IEC) mendefinisikan kualitas daya sebagai sekumpulan parameter yang menentukan sifat catu daya yang dikirimkan ke pengguna dalam kondisi operasi normal dalam hal kontinuitas pasokan dan karakteristik tegangan (besaran, frekuensi, bentuk gelombang).

Parameter Kualitas Daya Listrik

Ada beberapa parameter yang akan penulis bahas yaitu beda frekuensi, beda potensial listrik atau biasa di sebut tegangan listrik, arus listrik, dan factor daya. Berikut ini penjelasannya [3].

1. Frekuensi

Frekuensi adalah ukuran jumlah putaran ulang per peristiwa dalam selang waktu yang diberikan. Satuan frekuensi dinyatakan dalam hertz (Hz) yaitu nama pakar fisika Jerman Heinrich Rudolf Hertz yang menemukan fenomena ini pertama kali. Di setiap Negara mempunyai tegangan listrik yang berbeda beda. Frekuensi tegangan listrik yang berlaku di Indonesia adalah 50 hz, sedangkan di Amerika berlaku frekuensi 60 Hz.

2. Beda Potensial Listrik (*Volt*)

Beda potensial listrik atau biasa disebut tegangan adalah beda potensial listrik antar titik – titik pada suatu rangkaian listrik. Dengan adanya perbedaan potensial listrik tersebut mampu membangkitkan medan listrik sehingga timbul arus listrik. Perbedaan potensial antara ujung – ujung rangkaian listrik pada suatu rangkaian tertutup akan menjadikan suatu aliran listrik

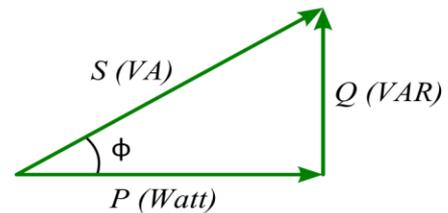
3. Arus Listrik

Arus listrik yaitu muatan yang mengalir melalui suatu material yang disebut penghantar dalam tiap satuan waktu. Arus listrik adalah pergerakan atau aliran *electron*. Elektron ini dapat mengalir karena beda potensial (tegangan) antara kutub positif dan negatif. Arus listrik tidak dapat mengalir bila rangkaian dalam keadaan terbuka.

4. Daya dan Faktor Daya

Daya memiliki arti sebagai energi persatuan waktu [4]. Daya merupakan jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan usaha di dalam sistem tenaga listrik. Satuan untuk daya listrik umumnya adalah Watt. Daya pada suatu sistem tegangan bolak-balik (AC) dikenal dengan tiga macam yaitu daya aktif (nyata) dengan simbol (P) satuannya adalah *Watt* (W), daya reaktif dengan simbol (Q) satuannya adalah *volt ampere reactive* (VAR) dan daya semu dengan simbol (S) satuannya adalah *volt ampere* (VA) [5].

Faktor daya (pf) atau *cos Ø* yaitu hubungan antara ketiga buah daya listrik yang dapat digambarkan dengan suatu segitiga daya seperti pada [Gambar 1](#):



Gambar 1. Segitiga daya

Berikut hubungan arus, tegangan dan *cos phi* yang dikonversi dan dinyatakan dalam satuan daya satu fase maupun tiga fase:

$$P = I \times V \times \text{Cos } \varphi \text{ (Watt)} \tag{1}$$

$$Q = I \times V \times \text{Sin } \varphi \text{ (VAR)} \tag{2}$$

$$S = I \times V \text{ (VA)} \tag{3}$$

$$P3 = \sqrt{3} \times V_{L-L} \times I \times \text{Cos } \varphi \tag{4}$$

$$Q3 = \sqrt{3} \times V_{L-L} \times I \times \text{Sin } \varphi \tag{5}$$

$$S3 = \sqrt{3} \times V_{L-L} \times I \tag{6}$$

Keterangan:

P = Daya aktif (*Watt*)

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

Q = Daya Reaktif (VAR)

S = Daya Semu (VA)

Cos φ = Faktor daya

V_{L-L} = Tegangan jaringan (*Volt*)

Dimana faktor daya atau $\cos \phi$ dapat dirumuskan:

$$Pf = \frac{P}{S} \tag{7}$$

Keterangan:

- Pf = Faktor daya
- P = Daya aktif (*Watt*)
- S = Daya semu (*VA*)

Namun dengan adanya suatu distorsi harmonisa pada gelombang tegangan dan arus listrik, maka persamaan diatas tidak berlaku. Hal ini disebabkan oleh adanya distorsi tegangan dan arus yang menyebabkan terjadinya distorsi daya listrik (*VA*), dimana:

$$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} \tag{8}$$

Keterangan:

- D = Distorsi
- S = Daya semu (*VA*)
- P = Daya aktif (*Watt*)
- Q = Daya reaktif (*VAR*)

Sehingga $\cos \phi$ digunakan untuk mengukur faktor daya dengan frekuensi dasar yang tidak mengandung harmonisa. Sedangkan pf digunakan untuk mengukur faktor daya dengan frekuensi yang mengandung harmonisa.

5. Harmonisa

Harmonisa merupakan suatu gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Frekuensi dasar sistem tenaga listrik di Indonesia adalah 50 Hz, sehingga harmonisa mempunyai frekuensi dengan nilai kelipatan dari 50 Hz. Sebagai contoh, harmonisa kedua adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100 Hz, harmonisa ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150 Hz dan seterusnya. Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang murni atau aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmonisanya [5].

Harmonisa dapat menyebabkan suatu distorsi harmonisa, yaitu suatu gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Hal yang juga umum untuk kuantitas tunggal, *Total Harmonics Distortion* (THD), sebagai ukuran nilai efektif dari distorsi harmonisa Nilai *Total Harmonics Distortion* (THD) dapat dihitung dengan rumus [5]:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{hMax} M_h^2}}{M_1} \tag{9}$$

Keterangan rumus:

- THD = *Total Harmonic Distortion*
- M_h = Nilai rms Tegangan atau Arus *harmonic* ke-n

M₁ = Nilai rms Tegangan atau Arus pada frekuensi dasar

Kuantitas M dapat berupa besaran tegangan maupun besaran arus, sehingga THD_v sebagai nilai distorsi harmonisa total tegangan dan THD_i sebagai nilai distorsi harmonisa total arus listrik, dimana:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{hMax} V_h^2}}{V_1} \tag{10}$$

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{hMax} I_h^2}}{I_1} \tag{11}$$

Keterangan:

- THD = *Total Harmonic Distortion*
- V_h = Nilai rms Tegangan *harmonic* ke-n
- V₁ = Nilai rms Tegangan pada frekuensi dasar
- I_h = Nilai rms Arus *harmonic* ke-n
- I₁ = Nilai rms Arus pada frekuensi dasar

Tegangan harmonisa selalu dijadikan suatu pedoman untuk nilai dasar dari bentuk gelombang sesaat. Karena tegangan mempunyai persentase perbedaan yang kecil, di mana THD tegangan adalah pendekatan dari jumlah yang sebenarnya. Hal ini tidak berlaku untuk arus listrik, karena sebuah arus yang mempunyai nilai kecil dapat menghasilkan THD yang tinggi, sehingga tidak dapat digunakan untuk dapat menggambarkan keadaan suatu sistem.

Permasalahan Kualitas Daya

Fenomena elektromagnetik yang terjadi pada sistem tenaga listrik menjadi penyebab terjadinya permasalahan kualitas daya [6]. Jenis jenis permasalahan kualitas daya listrik adalah:

1. *Voltage sag*
Voltage Sag yaitu sebuah penurunan tegangan root mean square antara 10 – 90% dalam selang waktu antara 0,5 siklus hingga kurang dari satu menit.
2. *Voltage Swell*
Merupakan suatu peningkatan nilai tegangan root mean square antara 110 – 180% dalam selang waktu 0,5 siklus hingga kurang dari satu menit.
3. Harmonisa
Harmonisa merupakan gangguan yang ada pada sistem distribusi tenaga listrik yang disebabkan oleh distorsi gelombang dan tegangan. Jenis ini disebabkan oleh beban *non linier* yang tidak seimbang dengan tegangan gelombang listrik sehingga mengalami distorsi.
4. *Flicker*
Flicker atau kedip tegangan adalah fluktuasi tegangan yang terjadi berulang – ulang pada periode tertentu. Salah satu penyebab terjadinya *flicker* adalah peralatan elektronika daya yang sebagian besar merupakan beban non linier. Berikut ini adalah tabel standar flicker berdasarkan standar IEC 61000-3-3 berdasarkan interval dan batas nilai dari P_{st} (*short term perceptibility*) dan P_{lt} (*long term perceptibility*). Standar nilai *Flicker* ditunjukkan pada [Tabel 1](#)

TABEL 1
STANDAR FLICKER IEC 61000-3-3

Nilai	Interval	Batas Nilai
Pst	10 menit	1,0
Plt	2 jam	0,65

5. Ketidakseimbangan Tegangan
Ketidakseimbangan bisa ditimbulkan oleh beban yang tidak sama dalam fase, yang menyebabkan penurunan tegangan yang berbeda melalui impedansi saluran fase
6. Deviasi Frekuensi
Deviasi frekuensi adalah proses menumpangkan sinyal informasi pada sinyal pembawa sehingga frekuensi gelombang pembawa berubah sesuai dengan perubahan simpangan gelombang sinyal informasi.
7. Transien
Didefinisikan sebagai penurunan tegangan suplai atas arus beban, ke tingkat yang kurang dari 10% dalam jangka waktu yang tidak lebih dari 1 menit. Kegagalan dapat disebabkan oleh kesalahan sistem, kegagalan peralatan sistem, atau kerusakan kontrol dan proteksi.
8. *Outage*
Outage adalah gangguan yang memiliki durasi lebih dari satu menit. Akibat dari gejala *outage* adalah peralatan shutdown atau tidak bekerja.
9. *Undervoltage dan Overvoltage*
Undervoltage merupakan gejala penurunan tegangan rms bolak balik dibawah 90 % dari tegangan nominal selama lebih dari 1 menit. Sebuah operasi pensaklaran beban dan pemutusan kapasitor bank dapat menyebabkan *undervoltage*. Keadaan *overload* juga dapat menyebabkan penurunan tegangan hingga mencapai *overvoltage*. Sedangkan *overvoltage* merupakan kebalikan dari *undervoltage*, dimana pada kondisi ini tegangan naik 110 % dari tegangan nominal selama lebih dari satu menit. *Overvoltage* dapat disebabkan karena pensaklaran beban misalnya *switching* dari sebuah beban besar ataupun kapasitor bank.

Standar Kualitas Daya Listrik

Merujuk kepada teknologi, standar adalah spesifikasi teknis atau sesuatu yang dibakukan termasuk tatacara dan metode yang disusun berdasarkan konsensus semua pihak yang terkait dengan memperhatikan syarat syarat keselamatan, keamanan, kesehatan, lingkungan hidup, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta pengalaman perkembangan masa kini dan masa mendatang. Terdapat beberapa standar yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Standar Nasional Indonesia (SNI)

Sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan Badan Standarisasi Nasional (BSN) bahwa standar yang berlaku di Indonesia adalah Standar Nasional Indonesia (SNI), maka tahap demi tahap standar ketenagalistrikan yang lainnya akan diajukan ke Badan Standarisasi Nasional (BSN) untuk mendapat persetujuan menjadi Standar Nasional Indonesia (SNI). Tujuan utama dari pelaksanaan standarisasi adalah meningkatkan ketersediaan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang mampu memenuhi kebutuhan industri dan pekerjaan instalasi untuk mendorong daya saing produk dan jasa dalam negeri. Semuat titik sambung mengikuti persyaratan teknik sistem distribusi sebagai berikut:

- Frekuensi nominal sistem adalah 50 hz dan frekuensi normal mempunyai rentang antara 49,5 hz sampai dengan 50,5 hz.
 - Tegangan sistem distribusi harus dijaga pada batas-batas kondisi normal yaitu maksimal +5% dan minimal -10% dari tegangan nominal.
2. Standar *Institute of Electrical and Electronics* (IEEE) 519

IEEE adalah suatu organisasi internasional yang mempunyai tujuan yaitu untuk mengembangkan teknologi demi meningkatkan harkat kemanusiaan. Sebelumnya *IEEE* memiliki kepanjangan yang dalam bahasa Indonesia berarti Institut Insinyur Listrik dan Elektronik (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*). [Tabel 2](#) Menunjukkan batas distorsi tegangan rendah dan distorsi arus harmonisa berdasarkan standat IEEE [7]. Batas distorsi ditunjukkan pada [Tabel 2](#) dan [Tabel 3](#).

TABEL 2
BATAS DISTORSI TEGANGAN RENDAH

Keterangan	Khusus	Umum
<i>Notch Depth</i>	10%	20%
THD (<i>Voltage</i>)	3%	5%
<i>Notch Area</i> (AN)	16.400	22.800

TABEL 3
BATAS DISTORSI TEGANGAN RENDAH

I_{sc} / I_L	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0

>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
-------	------	-----	-----	-----	-----	------

Dimana:

I_{SC} = Maksimum *short circuit*

I_L = Kebutuhan maksimum arus beban

Standarisasi harmonisa merupakan panduan yang mengacu pada sebuah batasan harmonisa pada suatu sistem jaringan listrik tujuannya agar batasan tersebut dapat mencegah hal-hal yang merugikan sistem itu sendiri. Standar ini melibatkan atau berlaku untuk konsumen maupun penyuplai. Berdasarkan IEEE 519 tahun 1992 dalam menentukan standarisasi harmonisa terdapat dua kriteria untuk mengevaluasi harmonisa, yaitu batasan pada harmonisa tegangan (THDv) dan batasan pada harmonisa arus (THDi). [Tabel 4](#) dan [Tabel 5](#) menunjukkan standarisasi harmonisa.

TABEL 4
BATAS HARMONISA TEGANGAN

System Voltage (Kv)	THDv (%)
$V_{rms} \leq 69$ Kv	5,0
69 Kv $\leq V_{rms} \leq 161$ Kv	2,5
$V_{rms} \geq 161$ Kv	1,5

TABEL 5
BATAS HARMONISA ARUS

System Voltage (Kv)	THDi (%)
$V_{rms} \leq 69$ Kv	5,0
	8,0
	12,0
	15,0
69 Kv $\leq V_{rms} \leq 161$ Kv	2,5
	4,0
	6,0
	7,5
	10,0
$V_{rms} \geq 161$ Kv	2,5
	4,0

III. METODE PENELITIAN

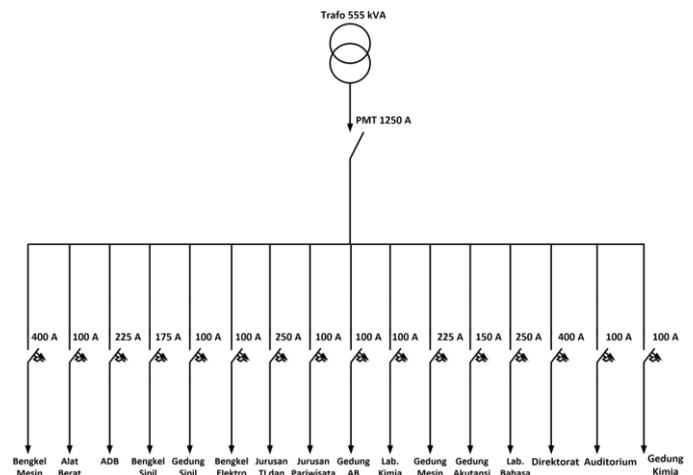
Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian adalah alur proses pengukuran dan pengambilan data yang dilakukan. Rancangan penelitian diawali dengan pembuatan jadwal untuk peminjaman alat kes laboratorium teknik elektro dan menentukan tanggal pengambilan serta pengukuran data pada gedung yang sudah ditentukan, lalu melakukan survei lokasi peletakan alat ke gedung lokasi penelitian, tak lupa juga membuat dan mengirimkan surat perizinan untuk melakukan penelitian yang di sertai dengan jadwal yang sudah disepakati untuk proses pengambilan data. peminjaman alat dilakukan sehari sebelum

proses pengambilan data dilakukan, untuk menghindari kehilangan alat alat yang telah dipinjamkan. Data harian yang sudah terekam akan tersimpan secara otomatis ke dalam *sd card*. Setelah mendapatkan data alat ukur akan dilepas dan melakukan pemindahan data ke perangkat laptop untuk pengolahan data, data akan terbaca dengan menggunakan aplikasi *PQONE* yaitu sebuah aplikasi khusus untuk menampilkan serta mengolah data dari alat ukur PQA menjadi data yang dapat dengan mudah dibaca di aplikasi *microsoft word*. Kemudian data hasil pengukuran tersebut dapat dianalisis dengan metode analisis statistik deskriptif. Pengukuran akan dilakukan pada *Main Distribution Panel (MDP)*

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

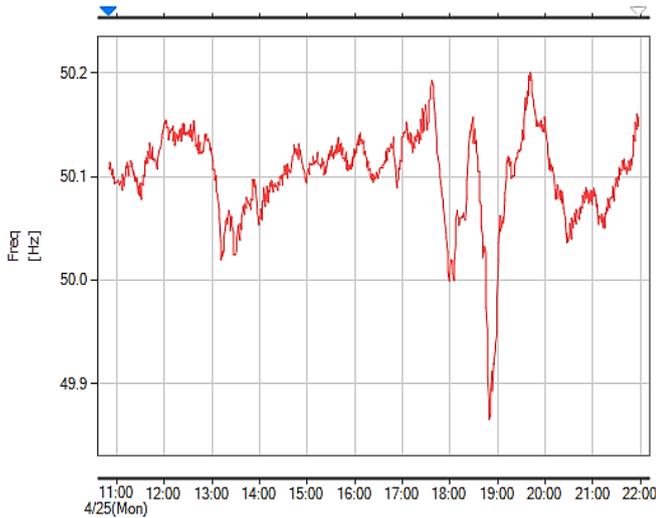
Single line penyaluran daya transformator 555kVA



Gambar 2. Single line penyaluran daya transformator

Frekuensi Pada MDP

[Gambar 3](#) di bawah ini adalah data yang telah didapatkan saat pengukuran selama 12 jam pada MDP di gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda. Data yang didapatkan berupa Frekuensi (Hz). Data ini telah dikaji menjadi gambar grafik dengan warna agar lebih mudah di lihat dan dipahami.



Gambar 3. Grafik frekuensi

Dari hasil pengujian didapati 2 parameter nilai yaitu parameter nilai minimum dan parameter nilai maksimum. Kedua parameter tersebut dapat dilihat pada [Tabel 6](#).

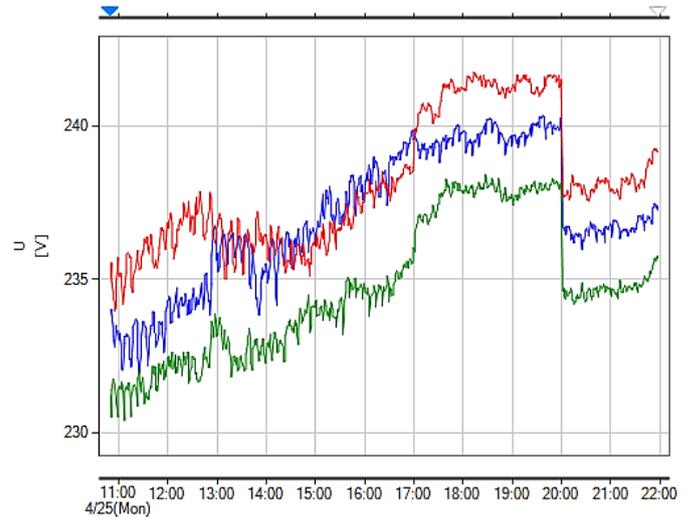
TABEL 6
FREKUENSI MINIMUM DAN MAKSIMUM

Frekuensi	Hz	Waktu
Minimum	49,86	18:50
Maksimum	50,20	19:42

Dari [Gambar 3](#) dapat dilihat bahwa hasil pengukuran nilai frekuensi yang terukur pada MDP di gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda dalam kondisi yang baik. Nilai frekuensi minimum terukur pada pukul 18:50 dengan nilai sebesar 49,86 Hz. Sedangkan nilai frekuensi maksimum yang telah terukur pada pukul 19:42 adalah sebesar 50,20 Hz. Hal tersebut masih dalam batasan standar frekuensi yang baik. Karena untuk menghasilkan mutu listrik yang baik harus memiliki batas toleransi frekuensi sebesar 1% dari frekuensi standar yaitu 50 Hz. Maka batas toleransinya adalah 49,5% – 50,5%. Jadi untuk frekuensi minimum dan maksimum MDP di gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda masih dalam batas toleransi.

Tegangan Setiap Fase Pada MDP

Data yang didapatkan berupa tegangan setiap fase dengan netral. Data yang didapatkan telah dikaji menjadi gambar grafik dengan warna agar lebih mudah dilihat dan dipahami. [Gambar 4](#) menunjukkan data hasil pengukuran.



Gambar 4. Grafik tegangan setiap fase

Dari hasil pengujian didapati 2 parameter nilai yaitu parameter nilai minimum dan parameter nilai maksimum. Kedua parameter tersebut dapat dilihat pada [Tabel 7](#).

TABEL 7
TEGANGAN SETIAP FASE MINIMUM DAN MAKSIMUM

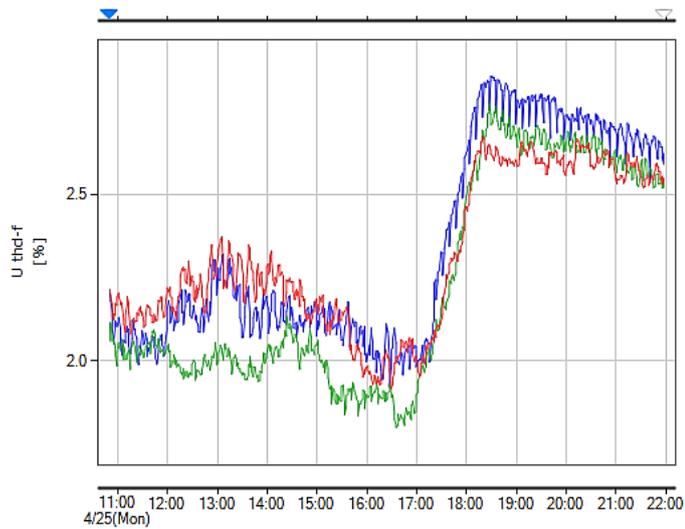
Tegangan	Fase R (V)	Fase S (V)	Fase T (V)	Waktu
Minimum	234,9	230,9	233,2	10:58
Maksimum	241,6	237,7	239,7	19:15

Hasil pengukuran pada [Gambar 4](#) terlihat bahwa nilai tegangan setiap fasa pada MDP di gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda di setiap fase dengan netral yang terukur memiliki rentang mutu listrik yang kurang baik. Karena nilai yang terukur melebihi batas maksimum yang telah ditentukan. Nilai tegangan pada fase R minimum terukur sebesar 234,9 V pada pukul 10:58 dan maksimum terukur sebesar 241,6 V pada pukul 19:15. Nilai tegangan pada fase S minimum terukur sebesar 228,5 pada pukul sebesar 13:20 dan maksimum terukur sebesar 230,9 V pada pukul 10:58. Nilai pada fase T minimum terukur sebesar 233,2 V pada pukul 10:58 dan nilai maksimum terukur sebesar 239,7 V pada pukul 19:15. Batas toleransi untuk mutu listrik yang baik tegangan rendah adalah (TR) adalah maksimum +5% dan minimum sebesar -10% dari tegangan nominal 220/380 V. Maka artinya toleransi yang mutu listrik yang baik minimal sebesar 198 V dan maksimal 231 V. Karena jika nilai tegangan kurang dari rentang tersebut maka mutu listriknya kurang baik dan terdapat *loses* tegangan yang terjadi pada jaringan tersebut. Jika nilai tegangan lebih dari rentang tersebut maka mutu listrik juga akan menjadi kurang baik.

Harmonisa Tegangan Pada MDP

Data yang didapatkan berupa harmonisa tegangan. Data yang didapatkan telah dikaji menjadi gambar grafik dengan

warna agar lebih mudah dilihat dan dipahami. [Gambar 5](#) menunjukkan hasil pengukuran harmonisa tegangan.



Gambar 5. Grafik harmonisa tegangan

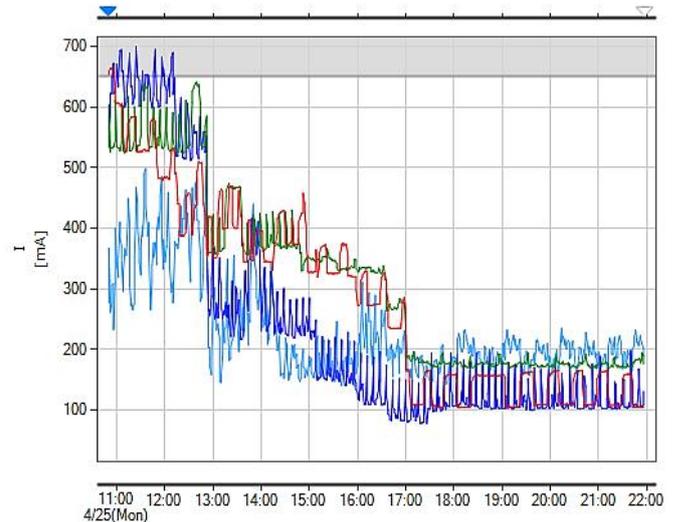
TABEL 8
HARMONISA TEGANGAN MINIMUM DAN MAKSIMUM

Harmonisa Tegangan	Fase R (%)	Fase S (%)	Fase T (%)	Waktu
Minimum	2	1,80	2	16:36
Maksimum	2,64	2,74	2,75	18:36

Dari [Gambar 5](#) dapat kita lihat bahwa data nilai harmonisa tegangan minimum setiap fase terukur pada pukul 16:36 dan data nilai harmonisa tegangan maksimum setiap fase terukur pada pukul 18:36. Berdasarkan IEEE 519-1992, standar harmonisa tegangan 69 KV memiliki nilai maksimum presentase 5%. Kemudian dapat dilihat pada [Tabel 8](#) bahwa nilai harmonisa minimum dan maksimum pada setiap fase yang telah diukur tidak melebihi nilai persentasi 5%. Jadi pada hari nilai harmonisa tegangan pada *main distribution panel* (MDP) gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda memiliki kualitas yang baik dan juga sesuai dengan standar yang digunakan.

Arus Setiap Fase Pada MDP

Data yang didapatkan berupa arus setiap fase pada *main distribution panel* (MDP). Data yang didapatkan telah dikaji menjadi Gambardengan warna agar lebih mudah dilihat dan dipahami. [Gambar 6](#) menunjukkan hasil pengukuran arus disetiap fase.



Gambar 6. Grafik arus setiap fase

TABEL 9
ARUS MINIMUM DAN MAKSIMUM FASE R DAN S

Arus	Fase R (A)	Waktu	Fase S (A)	Waktu
Minimum	10,5	21:52	17,2	21:40
Maksimum	Over	10:54	63,6	12:41

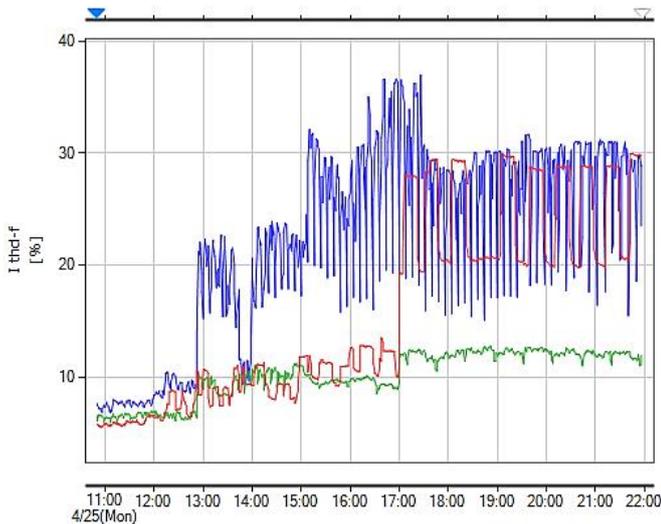
TABEL 10
ARUS MINIMUM DAN MAKSIMUM FASE T DAN N

Arus	Fase T (A)	Waktu	Fase N (A)	Waktu
Minimum	7,8	17:19	12,2	17:24
Maksimum	Over	11:06	50,2	12:52

Pada [Gambar 6](#) hasil data pengukuran, terlihat bahwa arus yang terukur pada alat ukur saat dilakukan pengambilan data di gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda dalam kondisi yang kurang baik, Karena nilai arus pada fase R, fase S, dan fase T seharusnya memiliki nilai terukur yang sama dan tidak over. Tetapi sesuai dengan data yang sudah diperoleh langsung saat pengukuran bahwa nilai arus memiliki nilai minimum dan juga nilai maksimum dengan waktu yang berbeda beda. Selain 3 fase yang telah diukur dalam waktu yang berbeda ada juga arus netral yang diukur pada MDP di gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda. Arus netral dapat muncul karena ketidakseimbangan beban atau karena adanya arus harmonisa sebagai akibat dari banyaknya penggunaan beban nonlinier. Semakin tidak seimbang beban maka arus netral akan semakin besar hal ini dapat sangat merugikan karena dapat menyebabkan rusaknya peralatan kerja dan juga pemborosan energi.

Harmonisa Arus Pada MDP

Data yang didapatkan berupa harmonisa arus setiap fase pada MDP. Data yang didapatkan telah dikaji menjadi gambar grafik dengan warna agar lebih mudah dilihat dan dipahami. [Gambar 7](#) menunjukkan grafik hasil pengukuran harmonisa arus.



Gambar 7. Grafik harmonisa arus setiap fase

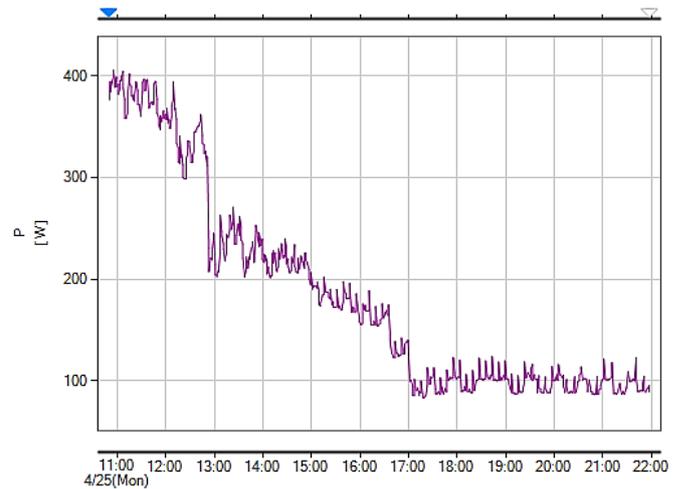
TABEL 11
HARMONISA ARUS MINIMUM DAN MAKSIMUM

Harmonisa Arus	Fase R (%)	Wak-tu	Fase S (%)	Waktu	Fase T (%)	Wak-tu
Minimum	5,7	11:03	5,8	11:15	6,8	11:06
Maksimum	29,9	19,07	29,9	19:07	36,6	16:57

Dari grafik yang terdapat pada [Gambar 7](#) terlihat harmonisa arus hasil pengukuran pada gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda terlihat bahwa hasil pengukuran melebihi batas harmonisa maksimum seperti yang terlihat pada [Tabel 11](#). Berdasarkan standar yang digunakan yaitu standar IEEE 519 – 1992, standar harmonisa arus 69 KV memiliki nilai maksimum presentase 15%. Kemudian dapat dilihat pada [Tabel 10](#) bahwa nilai harmonisa minimum dan maksimum pada setiap fase yang telah diukur melebihi nilai persentasi 15% bahkan nilai harmonisa arus maksimum yang terukur telah mencapai 29,9%. Nilai yang terukur di MDP mempunyai nilai selisih yang sangat besar dari batasan yang diijinkan yaitu 15%, harmonisa arus yang melebihi batas maksimum akan membuat peralatan yang terpasang pada gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda cepat rusak. Karena semakin besar nilai persentase terukur dapat menyebabkan semakin besarnya resiko kerusakan pada peralatan akibat adanya harmonisa yang terjadi pada arus maupun pada tegangan. Solusi dari permasalahan ini adalah dengan melakukan perbaikan untuk mereduksi harmonisa arus maupun harmonisa tegangan yang ada pada MDP agar angka persentasi yang terukur dapat sesuai dengan batas maksimum harmonisa yang diizinkan yaitu tidak lebih dari 15%.

Daya Aktif Pada MDP

Data yang didapatkan berupa daya aktif (P) pada MDP. Data yang didapatkan telah dikaji menjadi gambar grafik dengan warna agar lebih mudah dilihat dan dipahami. [Gambar 8](#) menunjukkan grafik hasil pengukuran daya aktif.



Gambar 8. Grafik daya aktif total

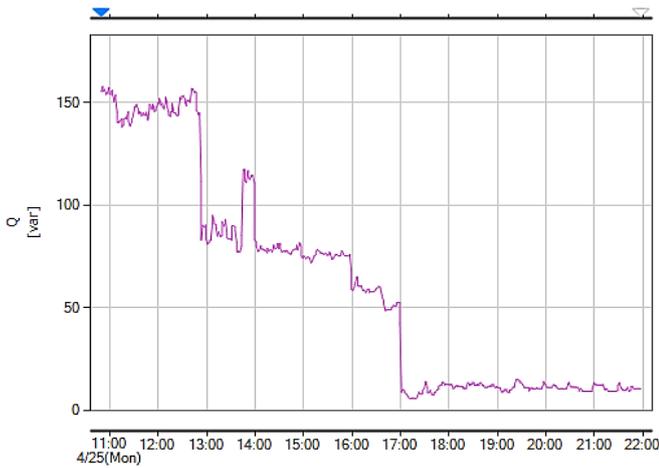
TABEL 12
DAYA AKTIF MINIMUM DAN MAKSIMUM

Daya Aktif	Watt (W)	Waktu
Minimum	87,15	21:18
Maksimum	406,11	10:56

Pada [Gambar 8](#) terlihat grafik daya aktif total yang terukur dari MDP. Dari data pengukuran didapat data seperti yang tertera pada [Tabel 12](#) dapat diketahui daya aktif total minimum terukur pada pukul 21:18 dengan nilai sebesar 87,15 Watt dan daya aktif total maksimum terukur pada pukul 10:56 dengan nilai sebesar 406,11 Watt. Hal yang dapat mempengaruhi besarnya nilai daya aktif adalah banyaknya beban listrik yang sedang digunakan saat jam bekerja berlangsung. Tak hanya itu, disaat sore menjelang malam pun daya aktif tetap terukur, penyebab daya aktif tetap terukur di malam hari adalah beban penerangan luar ruangan dan masih ada beberapa AC yang nyala di dalam ruangan tetapi tidak sebanyak saat jam bekerja berlangsung. Daya aktif adalah daya yang digunakan oleh beban listrik untuk diubah menjadi energi lain, contohnya menjadi cahaya untuk penerangan.

Daya Reaktif Pada MDP

Data yang didapatkan berupa daya reaktif (Q) pada MDP. Data yang didapatkan telah dikaji menjadi gambar grafik dengan warna agar lebih mudah dilihat dan dipahami. [Gambar 9](#) menunjukkan grafik hasil pengukuran daya reaktif.



Gambar 9. Grafik daya aktif total

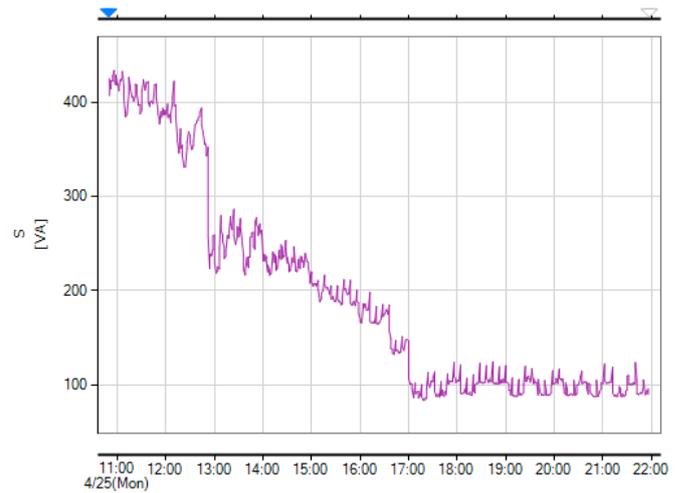
TABEL 13
DAYA REAKTIF MINIMUM DAN MAKSIMUM

Daya Reaktif	VAR	Waktu
Minimum	9,22	21:27
Maksimum	156,56	10:53

Pada [Gambar 9](#) terlihat grafik daya reaktif total yang terukur. Daya reaktif tidak berdampak apapun bagi kinerja suatu beban listrik. Dapat diketahui jika daya reaktif tidak akan dibutuhkan oleh konsumen daya listrik karena daya ini tidak bisa dimanfaatkan. Maka semakin besar daya reaktif maka semakin besar juga daya yang tidak termanfaatkan. Pada [Tabel 13](#) dapat terlihat bahwa daya reaktif paling besar yang terukur pada MDP pada gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda adalah pada pukul 10:53 dengan nilai sebesar 156,56 VAR dan daya reaktif paling kecil terukur pada pukul 21:27 yaitu sebesar 9,22 VAR. Daya reaktif yang terukur dapat menyebabkan *loses* tegangan karena daya reaktif dapat menginduksi penghantar sehingga dapat menimbulkan medan magnet dan membuat tegangan yang sedang digunakan dapat berkurang.

Daya Semu Pada MDP

Data yang didapatkan berupa daya semu (S) MDP. Data yang didapatkan telah dikaji menjadi gambar grafik dengan warna agar lebih mudah dilihat dan dipahami. [Gambar 10](#) menunjukkan grafik hasil pengukuran daya semu.



Gambar 10. Grafik daya semu total

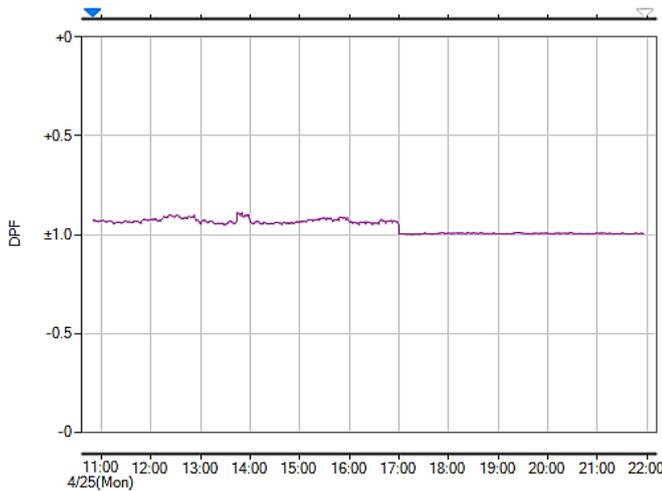
TABEL 14
DAYA SEMU MINIMUM DAN MAKSIMUM

Daya Semu	VA	Waktu
Minimum	85,5	17:22
Maksimum	418,6	10:58

Pada [Gambar 10](#) terdapat grafik daya semu total yang sudah terukur. Daya semu adalah gabungan antara daya aktif dan daya reaktif. Daya semu merupakan daya nyata perkalian antara tegangan dan arus yang ada pada trafo. Dari [Gambar 10](#) dapat dilihat bahwa daya semu total pada MDP di gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda memiliki nilai minimum pada pukul 17:22 dengan nilai sebesar 85,5 VA sedangkan nilai maksimum pada pukul 10:58 dengan nilai sebesar 418,6 VA. Nilai maksimum terukur pada saat jam kerja dan nilai minimum terukur pada saat jam pulang bekerja yaitu sore menjelang malam, sama seperti daya aktif. Daya semu total akan tersalurkan ke beban listrik sebagai daya aktif pada kondisi beban resistif.

Displacement Power Factor (DPF) / Faktor Daya

Data yang didapatkan berupa faktor daya pada *main distribution panel* (MDP). Data yang didapatkan telah dikaji menjadi gambar grafik dengan warna agar lebih mudah dilihat dan dipahami. [Gambar 11](#) menunjukkan grafik hasil pengukuran *displacement power factor*.



Gambar 11. Grafik faktor daya

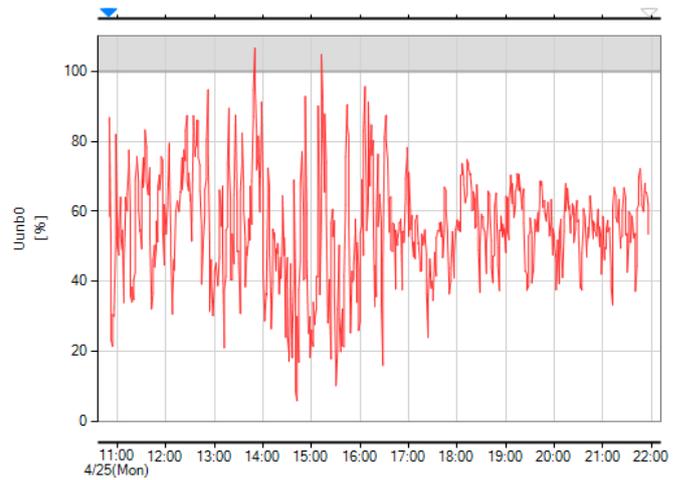
TABEL 15
FAKTOR DAYA MINIMUM DAN MAKSIMUM

Displacement Power Factor (DPF)	Ø	Waktu
Minimum	0,90	13:48
Maksimum	0,99	21:20

Pada Gambar 11 terdapat grafik Displacement Power Factor atau faktor daya yang telah terukur pada gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda. MDP memiliki nilai minimum yang terukur pada pukul 13:48 dengan nilai sebesar 0,90 dan terukur nilai maksimum pada pukul 21:20 dengan nilai sebesar 0,99. Nilai faktor daya yang baik adalah bernilai 1. Namun pada realita pengukuran sangat sulit mendapatkan nilai faktor daya yang ideal karean beberapa faktor. Maka semakin mendekati nilai ukur yang ada dengan angka 1 maka kualitas dayanya akan semakin baik dan banyak daya yang termanfaatkan. Tetapi jika nilai faktor daya semakin menjauhi angka 1 maka kualitas dayanya juga akan kurang baik dan sudah pasti banyak daya yang kurang bisa dimanfaatkan.

Ketidakseimbangan Tegangan Berdasarkan Standar IEEE

Data yang didapatkan berupa data ketidakseimbangan tegangan pada MDP. Data yang didapatkan telah dikaji menjadi gambar grafik dengan warna agar lebih mudah dilihat dan dipahami. Gambar 12 menunjukkan grafik hasil pengukuran ketidakseimbangan tegangan.



Gambar 12. Grafik ketidakseimbangan tegangan

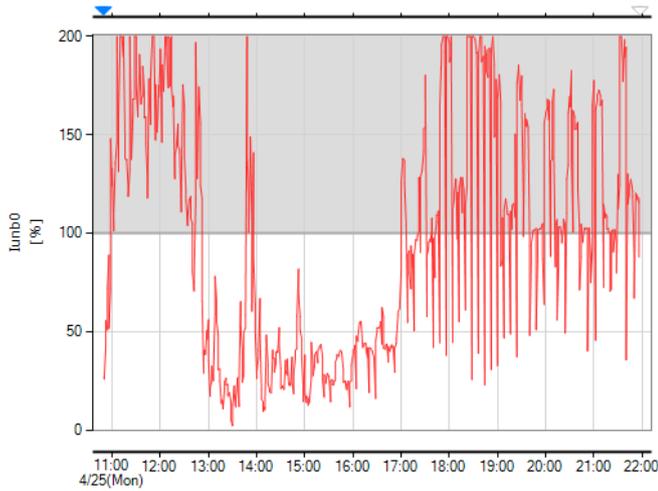
TABEL 16
KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN MINIMUM DAN MAKSIMUM

Ketidakseimbangan Tegangan (IEEE)	%	Waktu
Minimum	30	14:43
Maksimum	Over	13:50

Pada Gambar 12 dapat terlihat hasil pengukuran ketidakseimbangan tegangan. Dari Gambar tersebut dapat dilihat bahwa data ketidakseimbangan tegangan pada MDP di gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda terlihat data minimum yang terukur pada pukul 14:43 dengan nilai sebesar 30% dan data maksimum yang terukur mulai pukul 13:50 terlihat over. Hal ini disebabkan karena nilai persentase yang cukup tinggi dan jauh melebihi batas maksimum yang di izinkan. Sesuai dengan standar yang berlaku yaitu standar IEEE bahwa batas maksimal untuk ketidakseimbangan tegangan adalah 5%. Sehingga pada MDP di gedung Direktorat Politeknik Samarinda memiliki ketidakseimbangan tegangan yang sangat buruk karena jauh dari batas maksimal yaitu 5%. Ketidakseimbangan tegangan yang over ini akan menyebabkan timbulnya peningkatan temperatur, bertambahnya konsumsi energi (KWH), dan menurunnya kemampuan untuk beroperasi. Jadi ketidakseimbangan tegangan pada MDP di gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda dalam kondisi yang buruk.

Ketidakseimbangan Beban Berdasarkan Standar IEEE

Data yang didapatkan berupa data ketidakseimbangan beban pada MDP. Data yang didapatkan telah dikaji menjadi gambar grafik dengan warna agar lebih mudah dilihat dan dipahami. Gambar 13 menunjukkan grafik hasil pengukuran ketidakseimbangan tegangan.



Gambar 13. Grafik ketidakseimbangan beban

TABEL 17
FAKTOR DAYA MINIMUM DAN MAKSIMUM

Ketidakseimbangan Beban (IEEE)	%	Waktu
Minimum	2.21%	13:30
Maksimum	Over	11:00 – 12:52

Pada Gambar 13 terlihat bahwa hasil pengukuran ketidakseimbangan beban. Data ketidakseimbangan beban yang terukur pada Senin juga terlihat sama dengan ketidakseimbangan tegangan, sama sama terukur *over*. Hal ini juga di sebabkan oleh besarnya persentase nilai maksimum yang terukur pada hari Sabtu. Nilai minimum terukur dan terbaca alat ukur pada pukul 13:30 dengan nilai sebesar 2.21% batas ketidakseimbangan beban adalah sebesar 5% sampai dengan 20%. Data yang terukur di MDP pada hari Senin mempunyai ketidakseimbangan beban yang sangat melebihi (*over*) batas maksimal yang telah ditentukan. Semakin besar persentase ketidakseimbangan beban maka akan semakin besar pula arus yang mengalir pada penghantar netral. Arus netral yang mengalir dan terukur akan menyebabkan terjadinya beda tegangan antara netral dan *ground* kemudian akan menimbulkan *loses* daya. Jadi ketidakseimbangan beban pada MDP di gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda perlu perbaikan agar tidak menimbulkan masalah masalah yang lebih serius kedepannya. Kesimpulan beberapa parameter kualitas daya gedung direktorat Politeknik Negeri Samarinda disajikan pada Tabel 18.

TABEL 18
KESIMPULAN HASIL PENGUKURAN BEBERAPA PARAMETER KUALITAS DAYA

Parameter	Maksimum	Minimum	Standar	Keterangan
Frekuensi	50,20 Hz	49,86 Hz	1% (49,5% – 50,5%.)	Memenuhi
Tegangan Fase	241,6 V	230,9 V	maksimum +5% (231V) dan minimum sebesar -10% (198V) dari tegangan nominal 220/380 V.	Tidak Memenuhi
Harmonisa arus (%ITHD)	37,7%	5,7%	(IEEE) (15%)	Tidak Memenuhi
Harmonisa tegangan(% UTHD)	2,75%	1,78%	(IEEE) 5%	Memenuhi
Faktor Daya	0.99	0,90	$0,85 \leq \cos\phi \leq 1$	Memenuhi

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan analisis data pengukuran pada MDP di gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda diketahui diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Beban listrik berada pada kondisi yang tidak seimbang. Hal ini terlihat pada nilai arus yang mengalir pada masing masing fase terukur *over*.
2. Faktor daya dalam kondisi baik sangat mendekati ideal karena terukur mendekati angka 1 dan tidak lebih rendah dari 0,85.
3. Terdapat Frekuensi yang terukur dalam kondisi baik, karna nilai yang terukur telah sesuai dengan batas standar SNI yaitu tidak lebih rendah dari 40,9 Hz dan tidak lebih tinggi dari 50,5 Hz.
4. Kandungan harmonisa arus (%ITHD) dalam kondisi yang kurang baik karena melebihi batas standar yang diizinkan (15%), bahkan saat penggunaan beban berlangsung besar nilainya mencapai 37,7
5. Kandungan harmonisa tegangan (%UTHD) dalam kondisi baik karena angka hasil pengukuran tidak melebihi batas standar yang telah ditentukan oleh Institute of Electrical and Electronics Electronics (IEEE) yaitu sebesar 5%.
6. Ketidakseimbangan tegangan dan arus yang terukur dalam kondisi buruk karena terukur *over* yaitu lebih tinggi dari 100%, sedangkan batas standar yang telah ditentukan oleh Institute of Electrical and Electronics Electronics (IEEE) hanya 5%.
7. Nilai tegangan yang terukur dalam kondisi kurang baik karena berada pada rentang 230,9 V hingga 241,6 V. Nilai tegangan ini tidak sesuai dengan rentang Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu tidak lebih rendah dari 198 V dan tidak lebih tinggi dari 231 V.

B. Saran

Setelah memperhatikan kondisi dari data hasil pengukuran yang dilakukan pada *main distribution panel* (MDP) di gedung Direktorat Politeknik Negeri Samarinda ada pula saran yang perlu diperhatikan yaitu sebagai berikut:

1. Pihak pengelola perlu melakukan revitalisasi instalasi listrik karena ada beberapa jalur baru yang mungkin tidak mengikuti Gambaran dan petunjuk panel yang sudah ada.
2. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengukuran serta pengambilan data dalam jangka waktu yang lebih lama agar data yang terukur yang didapatkan lebih akurat karena pemantauan pada panel di gedung telah dilakukan secara berkala.

REFERENSI

- [1] L. Assafat, "Pengukuran dan analisa kualitas daya listrik di Paviliun Garuda Rumah Sakit Dr. Karyadi Semarang," *Media Elekrika* vol 2 no 1, 2009, doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.26714/me.v2i1.482>.
- [2] J. Stones dan A. Collinson, "Power quality," in *Power Engineering Journal*, vol. 15, no. 2, pp. 58-64, April 2001, doi: 10.1049/pe:20010201.
- [3] K. M. Hikam, "Analisa kualitas daya di CV. Wana Indo Raya Trafo 197 KVA," Skripsi, Universitas 17 Agustus Surabaya, 2019.
- [4] A. V Meier, *Electric Power Systems: A Conceptual Introduction*, Hoboken, New Jersey : *A Wiley-Interscience Publication*, 2006.
- [5] Harmika, Tomi, et al. "Pengukuran dan analisis ketidakseimbangan beban serta kualitas daya listrik pada transformator 865 KVA di Universitas Muhammadiyah Semarang." *Prosiding Seminar Nasional Unimus*, vol. 3, 2020, pp. 995–1001.
- [6] M. H. Riza, "Kualitas daya listrik industri." Penelitian, Teknik Elektro, Universitas Indonesia. Depok, Jawa Barat, 2015.
- [7] "IEEE Recommended practices and requirements for harmonic control in electrical power systems," in *IEEE Std 519-1992* , vol., no., pp.1-112, 9 April 1993, doi: 10.1109/IEEESTD.1993.114370.