

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai pencarian referensi yang relevan untuk memperoleh informasi guna menyelesaikan permasalahan dengan referensi seperti buku, jurnal, artikel serta makalah dari sumber-sumber lainnya yang berkaitan.

Dalam hal gangguan kualitas daya listrik pada suatu gedung penelitian yang dilakukan saat ini bukanlah penelitian yang pertama. Telah banyak sebelumnya penelitian yang dilakukan tentang gangguan kualitas daya listrik, namun pada setiap penelitian tersebut terdapat perbedaan, seperti pada gangguan kualitas daya listrik yang diteliti, kapasitas gedung yang diteliti dan juga metode yang dilakukan pada saat meneliti.

Fasriyal, (2017) mengangkat penelitian dengan judul “Kajian Resiko dan Dampak Pelayanan Terhadap Gangguan Kualitas Daya Listrik di Gedung Falutas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau” untuk untuk mengetahui besar losses pada sistem tiga fasa dan memberikan rekomendasi secara umum untuk perbaikan kualitas daya listrik. Penelitian ini menggunakan 2 metode penelitian yaitu metode pertama menggunakan instrumen alat ukur hioki energi meter dan metode kedua menggunakan pendekatan statistika. Berdasarkan hasil penelitian terjadi ketidakseimbangan beban paling tinggi pada siang hari yaitu sebesar (6,33%) maka arus netral yang muncul juga besar (47,54A) dan *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah semakin besar pula (3,05 kW). Selain itu, dari aspek sosial dilakukan analisa tingkat gangguan pelayanan terhadap kualitas daya listrik di gedung fakultas sains dan teknologi dengan menggunakan metode deskriptif kuantitatif yang menghasilkan tingkat gangguan pelayanan terhadap kualitas daya listrik di fakultas sains dan teknologi mendapatkan 97% setuju serta 3% didapatkan tidak setuju.

Kusmanto, (2015) tujuan pada penelitian yang berjudul “Identifikasi Kualitas Daya Listrik Gedung Universitas PGRI Semarang” untuk mengidentifikasi besaran listrik yang meliputi arus, tegangan, faktor daya, daya listrik dan distorsi harmonisa (THD). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif. Berdasarkan hasil penelitian terdapat beberapa masalah yaitu faktor daya yang masih rendah, ketidakseimbangan tegangan (*unbalanced voltage*) dan tegangan naik (*over voltage*), pembagian beban yang tidak seimbang dan harmonisa dalam jaringan listrik cukup besar. Persentase total distorsi harmonisa (%THD) gedung pusat adalah 67,9 dan gedung utama 76,3. Dalam penelitian ini penyelesaian masalah ditekankan dalam masalah faktor daya

dan harmonisa, sedangkan masalah *over voltage* dan *unbalanced voltage* diatasi dengan pengecekan tegangan pada trafo tenaga atau dengan memasang UPS pada panel LVMPD.

Tanjung dan Arlenny (2015) menjelaskan penyediaan tenaga listrik yang stabil dan kontinyu merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik. Energi listrik bersifat berbahaya bagi manusia yang menggunakan serta lingkungannya, sehingga utilitas kelistrikan dari suatu bangunan gedung harus bersifat aman. Fakultas Hukum Universitas Lancang Kuning merupakan suatu lembaga pendidikan yang memiliki beberapa jurusan yang mempunyai kegiatan administrasi dan belajar mengajar menggunakan peralatan listrik. Pemakaian beban listrik juga banyak dipakai dalam pemasangan lampu penerangan dan peralatan-peralatan listrik lainnya. Tujuan Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa dan menghitung besar arus pada masing – masing fasa pada sistem kelistrikan, menghitung ketidakseimbangan beban dan mengevaluasi pemakaian kabel penghantar yang terdapat pada sistem kelistrikan Fakultas Hukum Unilak. Berdasarkan hasil perhitungan pada hasil pembahasan diperoleh bahwa pemakaian arus beban pada gedung I besar arus beban 8,22 amper, gedung II 10,24 amper dan gedung III 1,57 amper. Sedangkan rugi daya pada gedung I sebesar 35,61 watt, gedung II 55,26 watt dan gedung III 1,31 watt. Untuk sistem pentahanan besar nilai tahanan pentanahan pada gedung I 59, 5 ohm, gedung II 178 ohm dan gedung III 119 ohm.

BPPT, (2012) pada penelitian yang berjudul “*Benchmarking* Kualitas Daya Industri Semen” gejala pada kualitas daya dan efek pada peralatan merujuk pada berbagai fenomena elektromagnetik yang dirincikan dengan gangguan kualitas daya listrik yang terjadi pada sebuah kasus industri semen, dampak ini dapat dilihat dari faktor daya dapat bersifat *leading* (arus mendahului tegangan) dan dapat juga *lagging* (arus tertinggal dari tegangan), fluktuasi tegangan yang merupakan rentang perubahan tegangan maksimum dan minimum, ketidakseimbangan arus beban yang idealnya arus masing-masing fasa sebaiknya sama besar, ketidakseimbangan tegangan (*voltage unbalance*), harmonisa dan interharmonisa yang merupakan salah satu gangguan kualitas daya listrik.

Dahlan (2009) menjelaskan ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi dan penyebab ketidakseimbangan tersebut adalah pada beban-beban satu fasa pada pelanggan jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban tersebut timbulah arus di netral trafo. Arus yang mengalir di netral trafo ini menyebabkan terjadinya *losses* (rugi-rugi), yaitu *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah. Setelah

dianalisis, diperoleh bahwa bila terjadi ketidakseimbangan beban yang besar, maka arus netral yang muncul juga besar, dan losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah semakin besar pula.

Sitorus, dkk (2013) pemakaian energi listrik pada beban listrik, sering menimbulkan problem karena daya yang dikonsumsi tidak sesuai dengan daya yang dibutuhkan oleh beban. Hal ini disebabkan karena faktor daya pada beban terpasang cukup rendah. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan daya listrik yang tersedia dari PLN, maka keberadaan daya reaktif harus dibuat seminimal mungkin. Oleh karena itu, agar pemanfaatan energi listrik yang tersedia dapat berfungsi secara optimal, haruslah dilakukan perbaikan faktor daya dengan menggunakan kapasitor.

Dari hasil penelitian-penelitian terdahulu terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan. Oleh karena itu penulis memilih untuk meneliti dengan cara mengkaji resiko dan dampak pelayanan terhadap gangguan kualitas daya listrik sehingga kelebihan penelitian ini selain melakukan pengukuran juga melakukan pendekatan sosial melalui kuesioner gunanya untuk mengakomodir kejadian yang tidak terekam selama pengukuran tapi terjadi dan dampaknya terasa bagi gedung pusat komunikasi. Penelitian ini juga memberikan peramalan (persamaan regresi) nilai antara variabel bebas (Kualitas Daya Listrik) yang mempengaruhi nilai variabel terikatnya (Pelayanan), dan juga penelitian ini memberikan rekomendasi secara umum untuk perbaikan kualitas daya listrik gedung Pusat komunikasi sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi.

2.2. Kualitas Daya Listrik

Perhatian terhadap kualitas daya listrik dewasa ini semakin meningkat seiring dengan peningkatan penggunaan energi listrik dan utilitas kelistrikan. Kualitas daya listrik juga dapat diartikan sebagai hubungan dari daya listrik dengan peralatan listrik. Jika peralatan listrik dapat bekerja handal tanpa mengalami tekanan dan juga kerugian, maka dapat dikatakan peralatan listrik tersebut memiliki kualitas daya yang baik. Begitu pula sebaliknya, jika peralatan listrik bekerja kurang handal atau gagal fungsi serta mengalami kerugian saat pengoperasiaannya maka dapat dikatakan peralatan listrik tersebut memiliki kualitas daya yang buruk.

Terdapat empat alasan utama, mengapa para ahli dan praktisi di bidang tenaga listrik memberikan perhatian lebih pada isu kualitas daya listrik (Dugan, 1996), yaitu :

1. Pertumbuhan beban-beban listrik dewasa ini bersifat lebih peka terhadap kualitas daya listrik seperti sistem kendali dengan berbasis pada mikroprosesor dan

perangkat elektronika daya.

2. Meningkatnya perhatian yang ditekankan pada efisiensi sistem daya listrik secara menyeluruh, sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan penggunaan peralatan yang mempunyai efisiensi tinggi, seperti pengaturan kecepatan motor listrik dan penggunaan kapasitor untuk perbaikan faktor daya. Penggunaan peralatan – peralatan tersebut dapat mengakibatkan peningkatan terhadap tingkat harmonik pada sistem daya listrik, di mana para ahli merasa khawatir terhadap dampak harmonisa tersebut di masa mendatang yang dapat menurunkan kemampuan dari sistem daya listrik itu sendiri.
3. Meningkatnya kesadaran bagi para pengguna energi listrik terhadap masalah kualitas daya listrik. Para pengguna utilitas kelistrikan menjadi lebih pandai dan bijaksana mengenai persoalan seperti *interupsi*, *sags*, dan peralihan transien dan merasa berkepentingan untuk meningkatkan kualitas distribusi daya listriknya.
4. Sistem tenaga listrik yang saling berhubungan dalam suatu jaringan interkoneksi, di mana sistem tersebut memberikan suatu konsekuensi bahwa kegagalan dari setiap komponen dapat mengakibatkan kegagalan pada komponen lainnya.

Terdapat beberapa definisi yang berbeda terhadap pengertian tentang kualitas daya listrik, tergantung kerangka acuan yang digunakan dalam mengartikan istilah tersebut. Sebagai contoh suatu pengguna utilitas kelistrikan dapat mengartikan kualitas daya listrik sebagai keandalan, di mana dengan menggunakan angka statistik 99,98%, sistem tenaga listriknya mempunyai kualitas yang dapat diandalkan. Suatu industri manufaktur dapat mengartikan kualitas daya listrik adalah karakteristik dari suatu catu daya listrik yang memungkinkan peralatan- peralatan yang dimiliki industri tersebut dapat bekerja dengan baik. Karakteristik yang dimaksud tersebut dapat menjadi sangat berbeda untuk berbagai kriteria.

Kualitas daya listrik adalah setiap masalah daya listrik yang berbentuk penyimpangan tegangan, arus atau frekuensi yang mengakibatkan kegagalan ataupun kesalahan operasi pada peralatan-peralatan yang terjadi pada konsumen energi listrik. Daya adalah suatu nilai dari energi listrik yang dikirimkan dan didistribusikan, di mana besarnya daya listrik tersebut sebanding dengan perkalian besarnya tegangan dan arus listriknya. Sistem suplai daya listrik dapat dikendalikan oleh kualitas dari tegangan, dan tidak dapat dikendalikan oleh arus listrik karena arus listrik berada pada sisi beban yang bersifat individual, sehingga pada dasarnya kualitas daya adalah kualitas dari tegangan

itu sendiri (Dugan, 1996).

2.3. Besaran Listrik Dasar

Terdapat tiga buah besaran listrik dasar yang digunakan di dalam teknik tenaga listrik, yaitu beda potensial atau sering disebut sebagai tegangan listrik, arus listrik dan frekuensi. Ketiga besaran tersebut merupakan satu kesatuan pokok pembahasan di dalam masalah – masalah sistem tenaga listrik. Selain ketiga besaran tersebut, masih terdapat satu faktor penting di dalam pembahasan sistem tenaga listrik yaitu daya dan faktor daya.

2.3.1. Beda Potensial

Beda potensial sebagai kerja (sumber dari luar) yang digunakan untuk memindahkan suatu muatan listrik positif dari suatu titik ke titik lain adalah perubahan energi potensial listrik yang sebanding dengan muatan listriknya.

Potensial dinyatakan dalam satuan Joule per Coulomb yang didefinisikan sebagai Volt, sehingga beda potensial sering disebut sebagai voltase atau tegangan.

2.3.2. Arus Listrik

Arus listrik didefinisikan sebagai laju aliran sejumlah muatan listrik yang melalui suatu luasan penampang melintang. Menurut konvensi, arah arus listrik dianggap searah dengan aliran muatan positif. Arus listrik diukur dalam satuan Ampere (A), adalah satu Coulomb per detik.

Arus netral dalam sistem distribusi tenaga listrik dikenal sebagai arus yang mengalir pada kawat netral di sistem distribusi tegangan rendah tiga fasa empat kawat. Arus netral ini muncul jika kondisi beban tidak seimbang.

Arus yang mengalir pada kawat netral yang merupakan arus bolak-balik untuk sistem distribusi tiga fasa empat kawat adalah penjumlahan vektor dari ketiga arus fasa dalam komponen simetris.

2.3.3. Energi Listrik, Daya dan Faktor Daya

Energi Listrik (E) merupakan bentuk energi yang dapat diubah menjadi bentuk energi lainnya, seperti energi listrik menjadi energi cahaya, energi panas, energi gerak dan sebagainya. Jika arus listrik mengalir pada suatu penghantar yang memiliki hambatan R , maka energi akan terserap pada penghantar tersebut dalam interval waktu (t). Jika tegangan listrik (V), kuat arus yang mengalir pada penghantar (I) dan waktu atau lamanya

arus mengalir (t).

Daya listrik (P) adalah suatu ukuran terhadap penggunaan energi listrik yang dialirkan pada rangkaian tertutup dalam suatu waktu tertentu.

Terdapat tiga macam daya listrik yang digunakan untuk menggambarkan penggunaan energi listrik, yaitu daya nyata atau daya aktif, daya reaktif serta daya semu atau daya kompleks. Daya nyata atau daya aktif adalah daya listrik yang digunakan secara nyata, misalnya untuk menghasilkan panas, cahaya atau putaran pada motor listrik. Daya nyata dihasilkan oleh beban - beban listrik yang bersifat resistif murni. Besarnya daya nyata sebanding dengan kuadrat arus listrik yang mengalir pada beban resistif dan dinyatakan dalam satuan Watt.

Daya reaktif dinyatakan dengan satuan Volt Ampere Reaktan, adalah daya listrik yang dihasilkan oleh beban-beban yang bersifat reaktansi. Terdapat dua jenis beban reaktansi, yaitu reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif. Beban- beban yang bersifat induktif akan menyerap daya reaktif untuk menghasilkan medan magnet. Contoh beban listrik yang bersifat induktif antara lain transformator, motor induksi satu fasa maupun tiga fasa yang biasa digunakan untuk menggerakkan kipas angin, pompa air, lift, eskalator, kompresor, konveyor dan lain-lain. Beban-beban yang bersifat kapasitif akan menyerap daya reaktif untuk menghasilkan medan listrik. Contoh beban yang bersifat kapasitif adalah kapasitor. Besarnya daya reaktif sebanding dengan kuadrat arus listrik yang mengalir pada beban reaktansi. Daya kompleks atau lebih sering dikenal sebagai daya semu adalah penjumlahan secara vektor antara daya aktif dan daya reaktif.

2.4. Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

IKE merupakan istilah yang digunakan untuk mengetahui besarnya pemakaian energi pada suatu sistem (bangunan). Energi yang dimaksudkan dalam hal ini adalah energi listrik. Pada hakekatnya IKE ini adalah hasil bagi antara konsumsi energi total selama periode tertentu (satu tahun) dengan luas bangunan. Satuan IKE adalah kWh/m² per tahun.

Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh ASEAN-USAID pada tahun 1987 yang laporannya baru dikeluarkan 1992, target besarnya IKE listrik untuk Indonesia adalah sebagai berikut :

- 1) IKE untuk perkantoran (komersil) : 240 kWh/m² per tahun
- 2) IKE untuk pusat belanja : 330 kWh/m² per tahun
- 3) IKE untuk hotel / apartemen : 300 kWh/m² per tahun

4) IKE untuk rumah sakit : 380 kWh/m² per tahun

Berdasarkan *Pedoman pelaksanaan konservasi energi dan pengawasan dilingkungan Depdiknas (2004)*., diperoleh nilai IKE listrik, sebagai berikut :

- 1) 4,17-7,92 kWh/m²/bln ber kriteria sangat efisien.
- 2) 7,92-12,08 kWh/m²/bln ber kriteria efisien.
- 3) 12,08-14,58 kWh/m²/bln ber kriteria cukup efisien.
- 4) 14,58-19,17 kWh/m²/bln ber kriteria agak boros.
- 5) 19,17-23,75 kWh/m²/bln ber kriteria boros.
- 6) 23,75-37,5 kWh/m²/bln ber kriteria sangat boros.

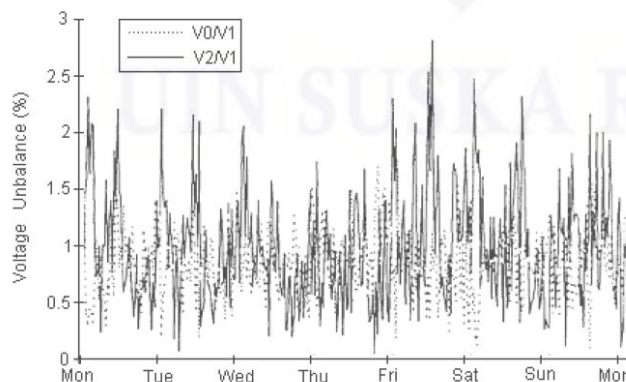
Dan besarnya target IKE diatas merupakan nilai IKE listrik per satuan luas bangunan gedung yang dikondisikan.

Besarnya IKE hasil perhitungan dibandingkan dengan IKE standar atau target IKE.

Apabila hasilnya ternyata sama atau kurang dari target IKE, maka kegiatan audit energi rinci dapat dihentikan atau bila diteruskan dengan harapan dapat diperoleh IKE yang lebih rendah lagi. Namun sebaliknya jika hasilnya lebih besar dari target IKE berarti ada peluang untuk melanjutkan proses audit energi berikutnya guna memperoleh penghematan energi.

2.5. Ketidakseimbangan Beban

Yang dimaksud ketidakseimbangan beban disini adalah ketidakseimbangan tegangan antar fasa, dengan besar dan sudut yang dibentuk tidak sesuai dengan standar yang berlaku, sehingga bila kondisi tegangan tidak seimbang terjadi artinya tegangan antar fasa tidak sama besarnya (BPPT,2012).



Gambar 2.1 Keadaan Tegangan Tidak Seimbang

Sumber: BPPT, 2012

Gambar 2.1 memperlihatkan contoh pengukuran yang tidak seimbang pada satu titik jaringan rumah tangga selama satu minggu. Sebagai contoh, tegangan antar fasa dengan pembacaan 230, 232, dan 225 volt, jadi rata-rata adalah 229 volt. Penyimpangan maksimum dari rata-rata di antara tiga pembacaan adalah 4. Persentase ketidakseimbangan adalah $100 \times 4/229 = 1.7\%$.

Sumber utama *voltage unbalance* kurang dari 2% adalah adanya ketidakseimbangan beban fasa tunggal pada rangkaian 3 fasa. *Voltage imbalance* dapat juga diakibatkan hasil dari anomali kapasitor bank seperti *blown fuse* pada salah satu fasa dari bank tiga fasa. *Voltage unbalance* yang parah (lebih besar dari 5%) dapat terjadi akibat beban fasa tunggal. Pada umumnya, *utility* menyediakan tegangan yang dijaga sehingga jarang terjadi *voltage unbalance*; karena ketidakseimbangan dapat menyebabkan gangguan suplai listrik dan efek pemanasan yang signifikan terhadap pembangkit, transmisi dan sistem distribusi. Ketidakseimbangan tegangan biasanya muncul pada pelanggan karena pengaturan beban yang tidak seimbang dalam beban satu fasa seperti tanur buses fasa tunggal. Dalam hal ini, mengakibatkan pemanasan berlebih pada motor dan trafo jika tidak dikoreksi

2.6. Persamaan-Persamaan yang Digunakan dalam Perhitungan

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk menganalisa pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan losses pada Sub Distribusi Panel gedung pusat komunikasi adalah sebagai berikut:

2.6.1 Perhitungan Arus Beban Penuh dan Arus Hubung Singkat

Telah diketahui bahwa daya SDP bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer), dengan demikian untuk menghitung arus beban penuh (*full load*) dapat menggunakan rumus:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \quad (2.1)$$

Dimana:

I_{FL} = Arus Beban Penuh (A)

S = Daya SDP (kVA)

V = Tegangan Sisi Sekunder SDP (kV)

Dengan demikian untuk menghitung persentase pembebanannya adalah sebagai berikut:

$$\%b = \frac{I_{PH}}{I_{FL}} 100\% \quad (2.2)$$

Dimana :

% b = Persentase Pembebanan (%)

I_{PH} = Arus Fasa (A)

I_{FL} = Arus Beban Penuh (A)

2.6.2 Perhitungan Ketidakseimbangan Beban

$$I_{Rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (2.4)$$

Dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata, maka koefisien a, b dan c diperoleh dengan :

$$a = \frac{I_R}{I} \quad (2.5)$$

$$b = \frac{I_S}{I} \quad (2.6)$$

$$c = \frac{I_T}{I} \quad (2.7)$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b dan c adalah 1. Dengan demikian rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah :

$$= \frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} 100\% \quad (2.8)$$

2.6.3 Perhitungan *Losses* (rugi-rugi) Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral

Sebagai akibat dari ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa pada sisi sekunder SDP (fasa R, fasa S dan fasa T) mengalir arus di netral SDP.

Arus yang mengalir pada penghantar netral SDP ini menyebabkan *losses* (rugi-rugi). Dan *losses* pada penghantar netral dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N \quad (2.9)$$

Dimana:

P_N = *Losses* yang timbul pada penghantar netral (watt)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

I_N = Arus yang mengalir melalui kawat netral (Ampere)

R_N = Tahanan pada kawat netral (Ohm)

Dan persentase *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral SDP di rumuskan :

$$\% P_N = \frac{P_N}{P} 100\% \quad (2.10)$$

Dimana :

$\% P_N$ = Persentase *losses*

P_N = *Losses* yang timbul pada penghantar netral (watt)

P = Daya pada SDP (KVA)

2.6.4 *Losses* Akibat Arus Netral yang Mengalir ke Tanah

Losses ini terjadi karena adanya arus netral yang mengalir ke tanah. Besarnya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_G = I_G^2 \cdot R_G \quad (2.11)$$

Dimana:

P_G = *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah (watt)

I_G = Arus netral yang mengalir ke tanah (Ampere)

R_G = Tahanan pembumian netral SDP (Ohm)

Dan persentase *losses* akibat adanya arus netral yang mengalir ke tanah di rumuskan :

$$\% P_G = \frac{P_G}{P} 100\% \quad (2.12)$$

Dimana :

$\% P_G$ = Persentase *losses*

P_G = *Losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah (watt)

P = Daya pada SDP (KVA)

2.7 Arus Netral

Arus netral dalam sistem distribusi tenaga listrik dikenal sebagai arus yang mengalir pada kawat netral di sistem distribusi tegangan rendah tiga fasa empat kawat. Arus netral ini muncul jika kondisi beban tidak seimbang.

Arus yang mengalir pada kawat netral yang merupakan arus bolak-balik untuk sistem distribusi tiga fasa empat kawat adalah penjumlahan vektor dari ketiga arus fasa dalam komponen simetris.

2.8 Losses Pada Sub Distribusi Panel

Yang dimaksud losses adalah perbedaan antara energi listrik yang disalurkan (P_S) dengan energi listrik yang terpakai (P_P) (Badaruddin, 2012).

$$\text{Losses} = (P_S - P_P) / P_S \quad (2.13)$$

Dimana:

$$P_S = \text{Energi yang disalurkan (watt)}$$

$$P_P = \text{Energi yang dipakai (watt)}$$

2.8.1 Losses Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar

Akibat pembebanan di tiap fasa yang tidak seimbang, maka akan mengalir arus pada penghantar netral. Jika di hantaran pentanahan netral terdapat nilai tahanan dan dialiri arus, maka kawat netral akan bertegangan yang menyebabkan tegangan pada SDP tidak seimbang. Arus yang mengalir di sepanjang kawat netral, akan menyebabkan rugi daya di sepanjang kawat netral sebesar (Badaruddin, 2012):

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N \quad (2.14)$$

Dimana:

$$P_N = \text{Losses yang timbul pada penghantar netral (watt)}$$

$$I_N = \text{Arus yang mengalir melalui kawat netral (Ampere)}$$

$$R_N = \text{Tahanan pada kawat netral (Ohm)}$$

Ukuran kawat untuk penghantar netral SDP adalah 50 mm^2 dengan $R_N = 0,6842 \text{ } \Omega/\text{km}$, sedangkan untuk kawat penghantar fasanya adalah 64 mm^2 dengan $R_N = 0,5049 \text{ } \Omega/\text{km}$

2.9. Analisa Sosial Menggunakan Pendekatan Statistika

Gangguan kualitas daya adalah gangguan yang terjadi karena adanya perubahan bentuk tegangan, arus atau frekuensi yang bisa menyebabkan kegagalan peralatan, baik peralatan milik PLN maupun milik konsumen, artinya masalah kualitas daya bisa merugikan pelanggan maupun PLN, tidak semua peduli dengan kondisi gangguan yang dialaminya karena diperlukannya biaya untuk melakukan perbaikan kualitas daya. Selain melakukan pengukuran, pendekatan statistika melalui kuesioner juga dilakukan untuk mengetahui gangguan pelayanan terhadap kualitas daya listrik di gedung pusat komunikasi. Kuesioner ini untuk mengakomodir kejadian yang tidak terekam selama pengukuran tapi terjadi dan dampaknya terasa bagi gedung pusat komunikasi.

Statistik sering digunakan ketika parameter yang menggambarkan karakteristik populasi tidak diketahui. Statistik akan mengambil sebagian (kecil) dari populasi untuk dilakukan pengukuran, kemudian hasil pengukuran tersebut dijadikan sebagai kesimpulan terhadap keseluruhan populasi. Sebagian (kecil) dari populasi tersebut dinamakan sample.

Terdapat dua jenis statistik yang digunakan ketika penelitian, yaitu : statistik deskriptif (*descriptive statistics*) dan statistik inferensi (*inferential statistics*). Statistik deskriptif hanya menggambarkan data atau seperti apa data ditunjukkan, sementara statistik inferensi mencoba untuk mencapai kesimpulan (bersifat induktif) dari data dengan kondisi yang lebih umum (Sugiyono, 2015).

Statistik deskriptif adalah metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu gugus data sehingga menaksir kualitas data berupa jenis variabel, ringkasan statistik (*mean, median, modus, standar deviasi, dll*), distribusi, dan representasi bergambar (grafik), tanpa rumus probabilistik apapun (Sugiyono, 2015). Beberapa teori yang akan digunakan untuk mengukur suatu tingkatan dari persepsi masyarakat ialah sebagai berikut:

2.9.1 Statistical Program for Social Science (SPSS)

SPSS adalah sebuah software untuk mengolah data statistik yang penggunaannya cukup mudah bahkan bagi orang yang tidak mengenal dengan baik teori statistik. Aplikasi SPSS seringkali digunakan untuk memecahkan masalah riset atau bisnis dalam hal statistik.

Cara kerjanya sederhana, yaitu data yang anda input oleh SPSS akan dianalisis dengan suatu paket analisis. Menyediakan akses data, persiapan dan manajemen data,

analisis data, dan pelaporan. SPSS merupakan perangkat lunak yang paling banyak dipakai karena tampilannya yang *user friendly* dan merupakan terobosan baru berkaitan dengan perkembangan teknologi informasi, khususnya dalam *e-business*. SPSS didukung oleh OLAP (*Online Analytical Processing*) yang akan memudahkan dalam pemecahan pengolahan dan akses data dari berbagai perangkat lunak yang lain, seperti *Microsoft Excel* atau *Notepad*.

2.9.2 Populasi dan Sampel

Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas obyek/subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2015). Sedangkan sampel Orang, benda, lembaga, organisasi, dsb. Yang menjadi sasaran penelitian merupakan anggota populasi. Anggota populasi yang terdiri dari orang-orang biasa disebut dengan subjek penelitian, sedangkan anggota penelitian yang terdiri dari benda-benda atau bukan orang sering disebut dengan objek penelitian. Sedangkan sampel adalah sebagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut (Sugiyono, 2015). Dengan kata lain, sampel merupakan sebagian atau bertindak sebagai perwakilan dari populasi sehingga hasil penelitian yang berhasil diperoleh dari sampel dapat digeneralisasikan pada populasi.

Untuk menentukan sampel dari populasi digunakan perhitungan maupun acuan tabel yang dikembangkan para ahli. Secara umum, untuk penelitian korelasional jumlah sampel minimal untuk memperoleh hasil yang baik adalah 30, sedangkan dalam penelitian eksperimen jumlah sampel minimum 15 dari masing-masing kelompok dan untuk penelitian survey jumlah sampel minimum adalah 100 (Sugiyono, 2015). Besaran atau ukuran sampel ini sangat tergantung dari besaran tingkat ketelitian atau kesalahan yang diinginkan peneliti. Namun, dalam hal tingkat kesalahan, pada penelitian sosial maksimal tingkat kesalahannya adalah 5% (0,05). Makin besar tingkat kesalahan maka makin kecil sampel. Namun yang perlu diperhatikan adalah semakin besar sampel (semakin mendekati populasi) maka semakin kecil peluang kesalahan generalisasi dan sebaliknya, semakin kecil sampel (menjauhi jumlah populasi) maka semakin besar peluang kesalahan generalisasi. Adapun dalam penelitian ini rumus untuk menentukan jumlah sampel memakai *Formula Slovin* (Sugiyono, 2015), yaitu :

$$n = \frac{N}{(1+Ne^2)} \tag{2.15}$$

Di mana:

n	=	jumlah sampel
N	=	total populasi
e	=	<i>error tolerance</i>

Teknik sampling merupakan suatu cara untuk menentukan banyaknya sampel dan pemilihan calon anggota sampel, sehingga setiap sampel yang terpilih dalam penelitian dapat mewakili populasinya baik dari aspek jumlah maupun dari aspek karakteristik yang dimiliki populasi.

Secara umum, ada dua jenis teknik pengambilan sampel yaitu, sampel acak atau *random sampling/probability sampling* dan sampel tidak acak atau *nonrandom sampling/nonprobability sampling*. Yang dimaksud dengan *random sampling* adalah cara pengambilan sampel yang memberikan kesempatan yang sama untuk diambil kepada setiap elemen populasi. Artinya jika elemen populasinya ada 100 dan yang akan dijadikan sampel adalah 25, maka setiap elemen tersebut mempunyai kemungkinan 25/100 untuk bisa dipilih menjadi sampel. Sedangkan yang dimaksud dengan *nonrandom sampling* atau *nonprobability sampling*, setiap elemen populasi tidak mempunyai kemungkinan yang sama untuk dijadikan sampel (Sugiyono, 2015).

Dua jenis teknik pengambilan sampel di atas mempunyai tujuan yang berbeda. Jika peneliti ingin hasil penelitiannya bisa dijadikan ukuran untuk mengestimasi populasi, atau istilahnya adalah melakukan generalisasi maka seharusnya sampel representatif dan diambil secara acak. Namun jika peneliti tidak mempunyai kemauan melakukan generalisasi hasil penelitian maka sampel bisa diambil secara tidak acak. Sampel tidak acak biasanya juga diambil jika peneliti tidak mempunyai data pasti tentang ukuran populasi dan informasi lengkap tentang setiap elemen populasi.

2.9.3 Analisis Deskriptif

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif, dengan menggunakan analisa deskriptif atau statistik deskriptif. Menurut Sugiono (2003) bahwa statistik deskriptif adalah statistik yang berfungsi untuk mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap objek yang diteliti melalui data sampel atau populasi sebagaimana adanya, tanpa melakukan analisis dan membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Data dari angket dalam penelitian ini merupakan data kuantitatif yang akan dianalisis secara deskriptif persentase dengan langkah-langkah menurut Ridwan (2004) sebagai berikut:

- 1) Menghitung nilai responden dan masing-masing aspek atau sub variabel
- 2) Merekap nilai
- 3) Menghitung nilai rata-rata
- 4) Menghitung persentase dengan rumus:

$$DP = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (2.16)$$

Keterangan:

- DP = Deskriptif Persentase (%)
 n = Skor empirik (skor yang diperoleh)
 N = Skor maksimal item pertanyaan

Untuk menentukan jenis deskriptif persentase yang diperoleh masing-masing indikator dalam variabel, dan perhitungan deskriptif persentase kemudian ditafsirkan kedalam kalimat. Untuk mengetahui kriteria dari hasil persentase yang didapatkan, selanjutnya skor yang diperoleh dibandingkan terhadap kriteria berikut:

Tabel 2.1 Kriteria Analisis Deskriptif Persentase

No	Persentase	Kriteria
1	75%-100%	Sangat Tinggi
2	50%-75%	Tinggi
3	25%-50%	Rendah
4	1%-25%	Sangat Rendah

Sumber: Riduwan, 2004

2.9.4 Analisis Inferensial

Analisis inferensial adalah pengambilan kesimpulan tentang parameter populasi berdasarkan analisa pada sampel. Beberapa hal yang perlu diketahui berhubungan dengan inferensi statistik yaitu estimasi titik, estimasi interval dan uji hipotesis. Estimasi titik adalah menduga nilai tunggal parameter populasi. Estimasi Interval adalah menduga nilai parameter populasi dalam bentuk interval. Uji hipotesis adalah suatu proses untuk menentukan apakah dugaan tentang nilai parameter/karakteristik populasi didukung kuat oleh data sampel atau tidak. Dalam penelitian ini analisis inferensial untuk membuktikan dugaan bahwa kualitas daya listrik berpengaruh terhadap pelayanan di gedung pusat komputer.

Analisis inferensial yang digunakan adalah regresi linear sederhana. Kegunaannya yaitu untuk meramalkan nilai variabel terikat (Y) apabila variabel bebasnya (X) dua atau lebih (Riduwan, 2004). Regresi diuji dengan menggunakan SPSS.

2.10 Acuan Rekomendasi Kualitas Daya Listrik

2.10.1 Masalah Faktor Daya

Ada beberapa cara untuk memperbaiki faktor daya dan meminimalkan daya nyata yang diambil dari sumber listrik, yaitu:

- 1) Mengurangi daya *reactive lagging* dari beban
- 2) Mengkompensasi daya *reactive lagging* dengan memasok daya *reactive leading* ke *power system*

Salah satu cara untuk memperbaiki faktor daya adalah dengan memasang kompensasi kapasitif menggunakan kapasitor. Pada konsumen listrik istilah ini lebih dikenal dengan sebutan pemasangan *power factor correction* (PFC). Seperti yang dijelaskan sebelumnya kapasitor adalah komponen listrik yang menghasilkan daya reaktif pada jaringan dimana dia tersambung. Pemasangan PFC disini sama artinya dengan pemasangan PFC dan *capacitor bank* (kumpulan dari kapasitor-kapasitor yang dipasang secara paralel) (*Benchmarking Kualitas Daya Industri Semen, 2012*).

a) *Power Factor Controller* (PFC)

Fungsi PFC adalah untuk mengatur switching step-step *capacitor bank* sesuai dengan nilai kompensasi daya reaktifnya (Q_c) yang diperlukan untuk mencapai target faktor daya (PF) idealnya atau yang telah ditentukan. PFC bekerja berdasarkan sensing parameter yang disebut C/k faktor yang diperoleh dari input tegangan dan arus (*Benchmarking Kualitas Daya Industri Semen, 2012*). Ada 2 cara untuk mensetting faktor C/k, yaitu secara *automatic* dan manual. Cara *automatic* mensetting C/k dapat dilakukan dengan cara mengaktifkan mode *automatic* pada perhitungan C/k pada PFC. Cara setting ini akan tergantung pada 4 parameter, yaitu:

- 1) Nilai tegangan kerja kapasitor U_n
- 2) Skala arus (rasio CT yang dipakai)
- 3) Konfigurasi jaringan, 3 fasa atau 1 fasa
- 4) *Rating* kapasitor step pertama

2.9.3 Masalah Ketidakseimbangan Beban

Kondisi tidak seimbang lebih sering disebabkan oleh variasi dari beban. Ketika beban satu fasa dengan fasa lain berubah, maka saat itulah kondisi tak seimbang terjadi. Hal ini mungkin disebabkan impedansi, tipe beban, atau jumlah beban berbeda satu fasa

dengan fasa lain. Misal satu fasa dengan beban motor dan fasa lain dengan heater dan satunya dengan beban lampu atau kapasitor (*Benchmarking Kualitas Daya Industri Semen, 2012*).

Cara yang paling efektif untuk memecahkan masalah peralatan mengalami panas berlebih karena ketidakseimbangan beban adalah dengan menghilangkan ketidakseimbangan tersebut atau dengan kata lain perlu adanya EMS (*Energy Management System*). Pada dasarnya ketidakseimbangan ini dapat disebabkan oleh tidak seimbangya beban satu fasa, koneksi rusak, atau kerusakan regulator tegangan. Masing-masing kemungkinan harus diselidiki untuk menghilangkan sumber ketidakseimbangan tersebut.

Proteksi seharusnya dipasang disetiap fasa agar lebih aman. Langkah pertama test ketidakseimbangan beban yaitu dengan mengukur tegangan di sub distribusi panel. Juga ukurlah arus di tiap fasa, karena arus tak seimbang bahkan dapat mencapai 6 -10 kali lebih besar dari tegangan tak seimbang.

Ketidakseimbangan beban kebanyakan disebabkan oleh distribusi beban tidak sama satu fasa dengan fasa lain, cara memperbaiki ialah dengan mengurangi beban fasa yang tinggi dan menambahkan beban pada fasa yang rendah, sehingga menghasilkan beban yang sedapat mungkin seimbang. Beban yang paling umum pada satu fasa ialah dari beban penerangan (*lighting*), mesin las (*welder*) dan motor.

Jika ketidakseimbangan beban disebabkan oleh perangkat listrik yang memiliki beban yang besar dan tidak bisa dihilangkan, perangkat listrik tersebut harus derated (dioperasikan lebih rendah dari kemampuannya) untuk melindungi agar perangkat listrik bisa bertahan lebih lama. Di luar itu, perlu juga diperhatikan ketika perangkat listrik di start, dan memerlukan daya awal yang sangat tinggi, mungkin dapat mencapai beberapa kali atau lebih dari 5 kali. Arus tinggi menimbulkan panas dan *thermal shock*, sehingga jika ini dilakukan berkali-kali dan tanpa ada jeda waktu, maka berakibat sangat buruk terhadap *winding* motor, *overheating*. Sehingga sangatlah perlu mendapat perhatian serius perihal *start* dan *stop* semua perangkat listrik agar kerusakan fatal dapat dihindari (*Benchmarking Kualitas Daya Industri Semen, 2012*).