UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta dilindung 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.
© Hak cipta milik UIN Sultan Syarif Kasim Riau

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.

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 admistrasi 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 phasa 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.

Kusmantoro, (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.

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.

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 minimun, 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.

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

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

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 fakultas sains dan teknologi. Penelitian ini juga memberikan rekomendasi secara umum untuk perbaikan kualitas daya listrik gedung Fakultas Sains dan Teknologi sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi.

2.2. Definisi kualitas daya listrik

Kualitas daya listrik dicirikan melalui tegangan dan arus pada suatu waktu dan lokasi tertentu pada sistem tenaga. Gangguan kualitas daya listrik disebabkan dari berbagai kondisi peralatan yang mempunyai tegangan dan arus yang tidak stabil, peralatan yang di maksud adalah peralatan elektronik yang kini menjadi sasaran penting dalam penunjang suatu kegiatan kerja. Akibat dari gangguan kualitas daya listrik menyebabkan banyak kerugian di berbagai macam bidang seperti dibidang industri, telekomunikasi, teknologi, informasi, pertambangan, transportasi umum, institusi pendidikan dan lain-lain yang semuanya dapat beroperasi karena tersedianya energi listrik. Contoh efek gangguan kualitas daya listrik yang dapat dilihat adalah apabila peralatan seperti mesin-mesin listrik, motor, komputer, dan mesin-mesin industri tidak berfungsi dengan baik karena terjadinya gangguan kualitas daya listrik.

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 peningkatkan 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

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

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 persen, 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 (Dugan, 1996). 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).

Ukuran keandalan dan kualitas daya listrik secara umum ditentukan oleh beberapa parameter sebagai berikut :

1. Frekuensi dengan satuan *Hertz* (Hz).

   Yaitu jumlah siklus arus bolak-balik (Alternating Current, AC) per detik. Beberapa negara termasuk Indonesia menggunakan frekuensi listrik standar, sebesar 50 Hz.

   Frekuensi listrik ditentukan oleh kecepatan perputaran dari turbin sebagai penggerak mula. Salah satu contoh akibat dari frekuensi listrik yang tidak stabil adalah akan mengakibatkan perputaran motor listrik sebagai penggerak mesin-mesin produksi di

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

industri manufaktur juga tidak stabil, dimana hal ini akan mengganggu proses produksi.

Gangguan-gangguan yang terjadi pada sistem frekuensi:

a. Penyimpangan terus-menerus (*continuous deviation*); frekuensi berada diluar batasnya pada saat yang lama (secara terus-menerus), frekuensi standar 50 Hz dengan toleransi 0,6 Hz (49,4 – 50,6 Hz).

b. Penyimpangan sementara (*transient deviation*); penurunan atau penaikkan frekuensi secara tiba-tiba dan sesaat.

2. Tegangan dengan satuan *Volt* (V).

Tegangan yang baik adalah tegangan yang tetap stabil pada nilai yang telah ditentukan. Walaupun terjadinya fluktuasi (ketidakstabilan) pada tegangan ini tidak dapat dihindarkan, tetapi dapat diminimalkan.

Gangguan pada tegangan antara lain:

a. Fluktuasi Tegangan; seperti: tegangan lebih (*overvoltage*), tegangan kurang (*undervoltage*) dan tegangan getar (*flicker*).

Tegangan lebih pada sistem akan mengakibatkan arus listrik yang mengalir menjadi besar dan mempercepat kemunduran isolasi sehingga menyebabkan kenaikan rugi-rugi daya dan operasi, memperpendek umur kerja peralatan dan yang lebih fatal akan terbakarnya peralatan tersebut. Peralatan-peralatan yang dipengaruhi saat terjadi tegangan lebih adalah transformer, motor-motor listrik, kapasitor daya dan peralatan kontrol yang menggunakan coil/kumparan seperti *solenoid valve*, *magnetic switch* dan relay. Tegangan lebih biasanya disebabkan karena eksitasi yang berlebihan pada generator listrik (*over excitation*), sambaran petir pada saluran transmisi, proses pengaturan atau beban kapasitif yang berlebihan pada sistem distribusi.

Tegangan kurang pada sistem akan mengakibatkan berkurangnya intensitas cahaya (redup) pada peralatan penerangan, bergetar dan terjadi kesalahan operasi pada peralatan kontrol seperti *automatic valve*, *magnetic switch* dan *auxiliary relay*, menurunnya torsi pada saat start (*starting torque*) pada motor-motor listrik. Tegangan kurang biasanya disebabkan oleh kurangnya eksitasi pada generator listrik (*drop excitation*), saluran transmisi yang terlalu panjang, jarak beban yang terlalu jauh dari pusat distribusi atau peralatan yang sudah berlebihan beban kapasitifnya.

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

b. Kedip Tegangan (*voltage sag*); adalah turunnya tegangan (umumnya sampai 10%) dalam perioda waktu yang sangat singkat (dalam mili detik). Penyebabnya adalah hubungan singkat (*short circuit*) antara fasa dengan tanah atau fasa dengan fasa pada jaringan distibusi. Tegangan kedip dapat mengakibatkan gangguan pada: stabilisator tegangan arus DC, *electromagnetic switch, variable speed motor, high voltage discharge lamp* dan *under voltage relay*.

c. Harmonisa Tegangan (*voltage harmonic*); adalah komponen-komponen gelombang sinus dengan frekuensi dan amplitudo yang lebih kecil dari gelombang asalnya (bentuk gelombang yang cacat). Contoh :

Gelombang asal: (28,3) sin (t) kV.

Harmonisa ke-3: (28,3/3) sin (3 t) kV.

Harmonisa ke-5: (28,3/5) sin (5 t) kV.

Harmonisa Tegangan dapat mengakibatkan : panas yang berlebihan, getaran keras, suara berisik dan terbakar pada peralatan kapasitor reactor (*power capacitor*); meledak pada peralatan power fuse (*power capacitor*); salah beroperasi pada peralatan breaker; suara berisik dan bergetar pada peralatan rumah tangga (seperti : TV, radio, lemari pendingin dsb.) ; dan pada peralatan motor listrik, elevator dan peralatan-peralatan kontrol akan terjadi suara berisik, getaran yang tinggi, panas yang berlebihan dan kesalahan operasi. Kontribusi arus harmonisa akan menyebabkan cacat (distorsi) pada tegangan, tergantung seberapa besar kontribusinya.

Cara mengurangi pengaruh harmonisa tegangan yang terjadi pada sistem adalah dengan memasang *harmonic filter* yang sesuai pada peralatan-peralatan yang dapat menyebabkan timbulnya harmonisa seperti arus magnetisasi transformer, *static VAR compensator* dan peralatan-peralatan elektronika daya (seperti *inverter, rectifier, converter*, dsb.) .

d. Ketidakseimbangan tegangan (*Unbalance Voltage*); umumnya terjadi di sistem distribusi karena pembebanan fasa yang tidak merata.

Gangguan-gangguan tegangan sebagaimana dijelaskan diatas dapat menyebabkan peralatan-peralatan yang menggunakan listrik, beroperasi secara tidak normal dan yang paling fatal adalah kerusakan atau terbakarnya peralatan.

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

3. Interupsi atau Pemadaman Listrik

Interupsi ini dapat dibedakan menjadi:

a. Pemadaman yang direncanakan (*Planned Interruption*/*scheduled interruption*); adalah pemadaman yang terjadi karena adanya pekerjaan perbaikan atau perluasan jaringan pada sistem tenaga listrik.

b. Pemadaman yang tidak direncanakan (*Unplanned Interruption*); adalah pemadaman yang terjadi karena adanya gangguan pada sistem tenaga listrik seperti hubung singkat (*short circuit*).

2.3. Jenis-Jenis Permasalahan Kualitas Daya Listrik

Permasalahan kualitas daya listrik disebabkan oleh gejala-gejala atau fenomena-fenomena elektromagnetik yang terjadi pada sistem tenaga listrik. Gejala elektromagnetik yang menyebabkan permasalahan kualitas daya adalah (Dugan, 1996) :

1. Gejala Peralihan (*Transient*), yaitu suatu gejala perubahan variabel (tegangan, arus dan lain-lain) yang terjadi selama masa transisi dari keadaan operasi tunak (*steady state*) menjadi keadaan yang lain.
2. Gejala Perubahan Tegangan Durasi Pendek (*Short-Duration Variations*), yaitu suatu gejala perubahan nilai tegangan dalam waktu yang singkat yaitu kurang dari 1 (satu) menit.
3. Gejala Perubahan Tegangan Durasi Panjang (*Long-Duration Variations*), yaitu suatu gejala perubahan nilai tegangan, dalam waktu yang lama yaitu lebih dari 1 (satu) menit.
4. Ketidakseimbangan Tegangan, adalah gejala perbedaan besarnya tegangan dalam sistem tiga fasa serta sudut fasanya.
5. Distorsi Gelombang adalah gejala penyimpangan dari suatu gelombang (tegangan dan arus) dari bentuk idealnya berupa gelombang sinusoidal.
6. Fluktuasi Tegangan, adalah gejala perubahan besarnya tegangan secara sistematik.
7. Gejala Perubahan Frekuensi Daya yaitu gejala penyimpangan frekuensi daya listrik pada suatu sistem tenaga listrik.

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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

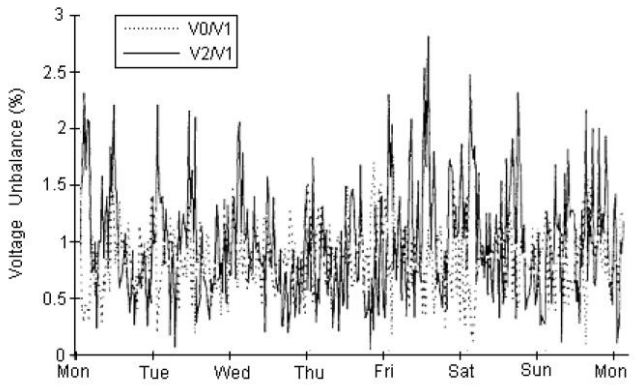
Tabel 2.1 Standar ANSI/IEEE *Power Quality*

NO	Parameter	Maksimum
1	Regulasi tegangan keadaan mantab	+5, -10 s/d +10%, -15% (ANSI C84, 1-1970) adalah +6, -13%
2	Gangguan tegangan Drop tegangan sementara tegangan lebih transient	-25 s/d -30% Tidak lebih dari 0,5s -100% dengan lama 4 s/d 20ms
3	Distorsi tegangan harmonic	3-5% (beban linier)
4	Noise	Tidak ada standart
5	Vareasi Frekuensi	50 Hz ± 0,5 Hz sampai 1 Hz
6	Perubahan Frekuensi	Sekitar 1 Hz
7	Ketidakseimbangan beban	5 s/d 20% mak. Pada setiap fase
8	Ketidakseimbangan beban 3	2,5% s/d 5%
9	Faktor daya	0,18 sampai dengan 0,9
10	Kapasitas beban	0,75 s/d 0,85 (beban terpasang)

Sumber: *IEEE*

2.4. 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

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
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.

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 x 4/229 = 1.7%.

Sumber utama *voltage unbalance* kurang dari 2% adalah adanya ketidakseimbangan beban fase 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.

2.5. 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.

2.5.1. Arus Netral Karena Beban Tidak Seimbang

Untuk arus tiga fasa dari suatu sistem yang tidak seimbang dapat juga diselesaikan dengan menggunakan metode komponen simetris. Dengan menggunakan notasi-notasi yang sama seperti pada tegangan akan didapatkan persamaan-persamaan untuk arus-arus fasanya sebagai berikut (Badaruddin, 2012):

$$I_a = I_1 + I_2 + I_0 \tag{2.19}$$

$$I_b = a^2 I_1 + a I_2 + I_0 \tag{2.20}$$

$$I_c = a I_1 + a^2 I_2 + I_0 \tag{2.21}$$

Dengan tiga langkah yang telah dijabarkan dalam menentukan tegangan urutan positif, urutan negative, dan urutan nol terdahulu, maka arus-arus urutan juga dapat ditentukan dengan cara yang sama, sehingga kita dapatkan juga:

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

$$I_1 = 1/3\,(Ia + aIb + a^2Ic) \quad (2.22)$$

$$I_2 = 1/3\,(Ia + a^2Ib + aIc) \quad (2.23)$$

$$I_0 = 1/3\,(Ia + Ib + Ic) \quad (2.24)$$

Di sini terlihat bahwa arus urutan nol (I_0) adalah merupakan sepertiga dari arus netral atau sebaliknya akan menjadi nol jika dalam sistem tiga fasa empat kawat. Dalam sistem tiga fasa empat kawat ini jumlah arus saluran sama dengan arus netral yang kembali lewat kawat netral, menjadi:

$$I_N = Ia + Ib + Ic \quad (2.25)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.24) ke (2.25) maka diperoleh :

$$I_N = 3\,I_0 \quad (2.26)$$

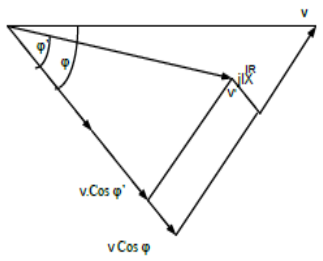
Dalam sistem tiga fasa empat kawat ini jumlah arus dalam saluran sama dengan arus netral yang kembali lewat kawat netral. Jika arus-arus fasanya seimbang maka arus netralnya akan bernilai nol, tapi jika arus-arus fasanya tidak seimbang, maka akan ada arus yang mengalir di kawat netral sistem (arus netral akan mempunyai nilai dalam arti tidak nol).

2.5.2. Penyaluran dan Susut Daya pada Keadaan Arus Seimbang

Misalkan daya sebesar P disalurkan melalui suatu saluran dengan penghantar netral. Apabila pada penyaluran daya ini arus-arus fasa dalam keadaan seimbang, maka besarnya daya dapat dinyatakan sebagai berikut (Badaruddin, 2012):

$$P = 3\,[V]\,[I]\cos\Phi \quad (2.27)$$

Daya yang sampai ujung terima akan lebih kecil dari P karena terjadi penyusutan dalam saluran. Penyusutan daya ini dapat diterangkan dengan menggunakan diagram fasor tegangan saluran model fasa tunggal seperti pada Gambar 2.3 di bawah ini :



Gambar 2.2 Diagram Fasor Tegangan Saluran Daya Model Fasa Tunggal

Sumber : Badaruddin, 2012

Model ini dibuat dengan asumsi arus pemusatan kapasitif pada saluran cukup kecil sehingga dapat diabaikan. Dengan demikian besarnya arus ujung kirim sama dengan arus di

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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

ujung terima. Apabila tegangan dan faktor faktor daya pada ujung terima berturut-turut adalah V' dan φ', maka besarnya daya pada ujung terima adalah (Badaruddin, 2012):

$$P' = 3\,[V']\,[I]\cos\Phi' \tag{2.28}$$

Selisih antara P pada persamaan (2.27) dan P' pada persamaan (2.28) memberikan susut daya saluran, yaitu:

$$P_l = P - P' \tag{2.29}$$

$$= 3\,[V]\,[I]\cos\Phi - 3\,[V']\,[I]\cos\Phi' \tag{2.30}$$

$$= 3\,[I]\,\{[V]\cos\Phi - [V']\cos\Phi'\} \tag{2.31}$$

Sementara itu dari Gambar 2.5 memperlihatkan bahwa:

$$\{[V]\cos\Phi - [V']\cos\Phi'\} = [I]\,R \tag{2.32}$$

Dengan R adalah tahanan kawat penghantar tiap fasa, oleh karena itu persamaan (2.32) berubah menjadi:

$$P_l = 3\,[I^2]\,R \tag{2.33}$$

2.5.3. Penyaluran dan Susut Daya pada Keadaan Arus Tidak Seimbang

Jika [I] adalah besaran arus fasa dalam penyaluran daya sebesar P pada keadaan seimbang, maka pada penyaluran daya yang sama tetapi tidak seimbang besarnya arus-arus fasa dapat dinyatakan dengan koefisien a, b, dan c adalah sebagai berikut (Badaruddin, 2012):

$$[I_R] = a[I] \tag{2.34}$$

$$[I_S] = b[I] \tag{2.35}$$

$$[I_T] = c[I] \tag{2.36}$$

Dengan I_R, I_S dan I_T berturut adalah arus fasa R, S dan T. Telah disebutkan di atas bahwa faktor daya ketiga fasa dianggap sama walaupun besarnya arus berbeda-beda. Dengan anggapan seperti ini besarnya daya yang disalurkan dapat dinyatakan sebagai:

$$P = (a+b+c)\,[V]\,[I]\cos\Phi \tag{2.37}$$

Apabila persamaan (2.36) dan persamaan (2.37) menyatakan daya yang besarnya sama, maka dari kedua persamaan tersebut dapat diperoleh persyaratan koefisien a, b dan c adalah:

$$a + b + c = 3 \tag{2.38}$$

Dengan anggapan yang sama, arus yang mengalir di penghantar netral dapat dinyatakan sebagai:

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

$$I_N = I_R + I_S + I_T \quad (2.39)$$

$$= [I] \{a + b \cos(-120) + j.b.\sin(-120) + c.\cos(-120) + j.c.\sin(120)\} \quad (2.40)$$

$$= [I] \{a - (b + c) / 2 + j. (c - b) \sqrt{3} /2\} \quad (2.41)$$

Susut daya saluran adalah jumlah susut pada penghantar fasa dan penghantara netral adalah:

$$Pl' = \{ [I_{R^2}] + [I_{S^2}] + [I_{T^2}] \}.R + [I_{N^2}] . R_N \quad (2.42)$$

$$= (a^2+b^2+c^2) [I]^2. R + (a^2+b^2+c^2 - ab - ac - bc) [I_N]^2. R_N \quad (2.43)$$

Dengan R_N adalah tahanan penghantar netral.

Apabila persamaan (2.42) disubstitusikan ke persamaan (2.43) maka akan diperoleh:

$$Pl' = \{9-2(ab+ac+bc) [I]^2R + (9-3 (ab+ac+bc)\} [I_N]^2. R_N \quad (2.44)$$

Persamaan (2.44) ini adalah persamaan susut daya saluran untuk saluran dengan penghantar netral. Apabila tidak ada penghantar netral maka kedua ruas kanan akan hilang sehingga susut daya akan menjadi:

$$Pl' = \{9-2(ab+ac+bc) [I]^2R \quad (2.45)$$

2.6. *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).

$$\text{Losses} = (P_S - P_P) / P_S \quad (2.46)$$

Dimana:

P_S = Energi yang disalurkan (watt)

P_p = Energi yang dipakai (watt)

2.6.1. *Losses* Pada Penghantar Phasa

Jika suatu arus mengalir pada suatu penghantar, maka pada penghantar tersebut akan terjadi rugi-rugi energi menjadi panas karena pada penghantar tersebut terdapat resistansi. Rugi-rugi dengan beban terpusat di ujung dirumuskan sebagai berikut (Badaruddin, 2012):

$$\Delta V = \sqrt{3}\, I (R \cos \varphi + X \sin \varphi)\, l \quad (2.47)$$

$$\Delta P = 3\, I^2\, R\, l \quad (2.48)$$

Dimana:

I = Arus per phasa (Ampere)

R = Tahanan pada penghantar (Ohm / km)

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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

X = Reaktansi pada penghantar (Ohm / km)

Cos φ = Faktor daya beban

l = Panjang penghantar (km)

2.6.2. Losses Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral

Akibat pembebanan di tiap phasa 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):

$$P_N = I_{N^2} \cdot R_N \qquad (2.49)$$

Dimana:

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

I_N = Arus yang mengalir melalui kawat netral (Ampere)

R_N = Tahanan pada kawat netral (Ohm)

Ukuran kawat untuk penghantar netral SDP adalah 50 mm^2 dengan R_N = 0,6842 Ω/km, sedangkan untuk kawat penghantar fasanya adalah 64 mm^2 dengan R_N = 0, 5049 Ω/km

2.6.3. *Losses* Akibat Arus Netral yang Mengalir ke Tanah

Losses ini terjadi karena adanya arus netral yang mengalir ke tanah. Besarnya dapat dirumuskan sebagai berikut (Badaruddin, 2012):

$$P_G = I_{G^2} \cdot R_G \qquad (2.50)$$

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)

2.7. 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 fakultas sains dan teknologi adalah sebagai berikut:

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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

2.7.1. Perhitungan Arus Beban Penuh dan Arus Hubung Singkat

Telah diketahui bahwa daya SDP bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S = \sqrt{3}\, V.\, I \qquad (2.52)$$

Di mana:

S = daya *sub distribution panel* (kVA)

V = tegangan sisi primer (kV)

I = arus jala-jala (A)

Dengan demikian untuk menghitung arus beban penuh (*full load*) dapat menggunakan rumus:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}\ x\ V} \qquad (2.53)$$

Dimana:

I_{FL} = Arus Beban Penuh (A)

S = Daya SDP (kVA)

V = Tegangan Sisi Sekunder SDP (kV)

Sedangkan untuk menghitung arus hubung singkat pada SDP digunakan rumus:

$$I_{SC} = \frac{S.100}{\%Z\sqrt{3}V} \qquad (2.54)$$

Dimana :

I_{SC} = Arus Hubung Singkat (A)

S = Daya SDP (kVA)

V = Tegangan Sisi Sekunder SDP (kV)

%Z = Persen Impedansi SDP

Dengan demikian untuk menghitung persentase pembebanannya adalah sebagai berikut :

$$\%b = \frac{I_{PH}}{I_{FL}}\, 100\% \qquad (2.55)$$

Dimana :

% b = Persentase Pembebanan (%)

I_{PH} = Arus Fasa (A)

I_{FL} = Arus Beban Penuh (A)

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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

2.7.2. Perhitungan Ketidakseimbangan Beban

$$I_{Rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (2.56)$$

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

$$a = \frac{I_R}{1} \quad (2.57)$$

$$b = \frac{I_S}{1} \quad (2.58)$$

$$c = \frac{I_T}{1} \quad (2.59)$$

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

$$= \frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} 100\% \quad (2.60)$$

2.7.3. 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) mengalirlah 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:

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N \quad (2.61)$$

Dimana:

P_N	=	*Losses* yang timbul pada penghantar netral (watt)
I_N	=	Arus yang mengalir melalui kawat netral (Ampere)
R_N	=	Tahanan pada kawat netral (Ohm)

2.7.4. *Losses* Akibat Arus Netral yang Mengalir ke Tanah

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

$$P_G = I_G^2 \cdot R_G \quad (2.62)$$

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)

Seperti diketahui, kerugian daya suatu saluran merupakan perkalian arus pangkat dua dengan resistansi atau reaktansi dari saluran tersebut.

Rugi-rugi dapat dinyatakan sebagai berikut :

Rugi daya nyata = I^2. R Watt

Rugi daya reaktif = I^2. X Watt

Rugi daya semu = $\sqrt{(I^2.R)^2+(I^2.X)}$. (Bambang, dkk 2009)

2.8. 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 fakultas sains dan teknologi. Kuesioner ini untuk mengakomodir kejadian yang tidak terekam selama pengukuran tapi terjadi dan dampaknya terasa bagi gedung fakultas sains dan teknologi.

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 (Sudaryono, 2011).

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 (Sudaryono, 2011). Beberapa teori yang akan digunakan untuk mengukur suatu tingkatan dari persepsi masyarakat ialah sebagai berikut:

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

2.8.1. 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 (Sudaryono, 2011). 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 (Sudaryono, 2011). 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 (Sudaryono, 2011). Besaran atau ukuran sampel ini sampel 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* (Sudaryono, 2011), yaitu :

$$n = \frac{N}{(1+Ne^2)} \qquad (2.66)$$

Di mana:

n	=	jumlah sampel
N	=	total populasi
e	=	*error tolerance*

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

2.8.2. Teknik Pengambilan Sampel (*sampling*)

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 (Sudaryono, 2011).

Dua jenis teknik pengambilan sampel di atas mempunyai tujuan yang berbeda. Jika peneliti ingin hasil penelitiannya bisa dijadikan ukuran untuk mengestimasikan 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.

2.8.3. *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

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

pengolahan dan akses data dari berbagai perangkat lunak yang lain, seperti *Microsoft Excel* atau *Notepad*.

2.8.4. Uji Validitas

Validitas berasal dari kata *validity* yang mempunyai arti sejauh mana ketetapan dan kecermatan suatu alat ukur dalam melakukan fungsi ukurnya. Suatu tes dikatakan valid apabila tes tersebut mengukur apa yang hendak diukur. Tes memiliki validitas yang tinggi jika hasilnya sesuai dengan kriteria, dalam arti memiliki kesejajaran antara tes dan kriteria. Sisi lain dari pengertian validitas adalah aspek kecermatan pengukuran. Suatu alat ukur yang valid tidak hanya mampu menghasilkan data yang tepat akan tetapi juga harus memberikan gambaran yang cermat mengenai data tersebut (Azwar, 1997).

Uji validitas berguna untuk mengetahui apakah ada pernyataan – pernyataan pada kuesioner yang harus dibuang/diganti karena dianggap tidak relevan. Teknik untuk mengukur validitas kuesioner adalah sebagai berikut dengan menggunakan metode *Corrected Item Total Correlation* yaitu dengan mengkorelasikan antara skor tiap item dengan skor total dan melakukan koreksi terhadap nilai *koefisien korelasi* yang overestimasi. Hal ini agar tidak terjadi *koefisien* item total yang *overestimasi* (estimasi nilai yang lebih tinggi dari yang sebenarnya).

Metode pengambilan keputusan pada uji validitas ini menggunakan batasan r tabel dengan signifikansi 0,05 dan uji 2 sisi, atau menggunakan batasan 0,3 (Azwar,1999). Artinya jika nilai korelasi lebih dari batasan yang ditentukan maka item dianggap valid, sedangkan jika kurang dari batasan yang ditentukan maka item dianggap tidak valid.

2.8.5. Uji Reliabilitas

Reliabilitas adalah serangkaian pengukuran atau serangkaian alat ukur yang memiliki konsistensi bila pengukuran yang dilakukan dengan alat ukur itu dilakukan secara berulang. Reliabilitas tes adalah tingkat keajegan (konsitensi) suatu tes, yakni sejauh mana suatu tes dapat dipercaya untuk menghasilkan skor yang ajeg, relatif tidak berubah walaupun diteskan pada situasi yang berbeda-beda. reliabilitas suatu tes adalah seberapa besar derajat tes mengukur secara konsisten sasaran yang diukur. Reliabilitas dinyatakan dalam bentuk angka, biasanya sebagai koefisien. Koefisien tinggi berarti reliabilitas tinggi (Azwar, 1997). Dapat disimpulkan bawah reliabilitas adalah suatu keajegan suatu tes untuk mengukur atau mengamati sesuatu yang menjadi objek ukur.

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Uji reliabilitas berguna untuk menetapkan apakah instrumen yang dalam hal ini kuesioner dapat digunakan lebih dari satu kali, paling tidak oleh responden yang sama akan menghasilkan data yang konsisten. Dengan kata lain, reliabilitas instrumen mencirikan tingkat konsistensi. Instrumen kuesioner yang tidak reliabel maka tidak dapat konsisten untuk pengukuran sehingga hasil pengukuran tidak dapat dipercaya. Uji reliabilitas yang banyak digunakan pada penelitian yaitu menggunakan metode *Cronbach Alpha*.

Metode pengambilan keputusan pada uji reliabilitas biasanya menggunakan batasan 0,6. Menurut Sekaran (1992), reliabilitas kurang dari 0,6 adalah kurang baik, sedangkan 0,7 dapat diterima, dan di atas 0,8 adalah baik. Pengukuran validitas dan reliabilitas mutlak dilakukan, karena jika instrumen yang digunakan sudah tidak valid dan reliabel maka dipastikan hasil penelitiannya pun tidak akan valid dan reliabel. Sugiyono (2007: 137) menjelaskan perbedaan antara penelitian yang valid dan reliabel dengan instrumen yang valid dan reliabel sebagai berikut:

Penelitian yang valid artinya bila terdapat kesamaan antara data yang terkumpul dengan data yang sesungguhnya terjadi pada objek yang diteliti. Artinya, jika objek berwarna merah, sedangkan data yang terkumpul berwarna putih maka hasil penelitian tidak valid. Sedangkan penelitian yang reliabel bila terdapat kesamaan data dalam waktu yang berbeda. Kalau dalam objek kemarin berwarna merah, maka sekarang dan besok tetap berwarna merah.

2.8.6. Skala Likert

Menurut Simamora (2000:46) Skala likert yang juga disebut *summated ratings scale*, merupakan teknik pengukuran sikap paling luas digunakan dalam riset pemasaran. Skala ini memungkinkan responden untuk mengekspresikan intensitas perasaan responden. Pertanyaan yang diberikan adalah pertanyaan tertutup. Pilihan dibuat berjenjang mulai dari intensitas paling rendah sampai paling tinggi. Pilihan jawaban bisa tiga, lima, tujuh, dan sembilan. Yang pasti ganjil.

Skala Likert digunakan untuk mengukur sikap, pendapat dan persepsi seseorang atau sekelompok orang tentang fenomena sosial. Fenomena sosial ini disebut variabel penelitian yang telah ditetapkan secara spesifik oleh peneliti. Jawaban dari setiap instrument yang menggunakan Skala Likert mempunyai gradasi dari sangat positif sampai sangat negatif yang dapat berupa kata–kata antara lain : sangat setuju, setuju, ragu-ragu, tidak setuju, sangat tidak setuju ; selalu, sering, kadang-kadang, tidak pernah. Instrumen penelitian yang

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

menggunakan Skala Likert dapat dibuat dalam bentuk centang (checklist) ataupun pilihan ganda (Sudaryono, 2012).

2.8.7. Acuan Rekomendasi Kualitas Daya Listrik

2.8.7.1. Masalah Faktor Daya

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

- Mengurangi daya *reactive lagging* dari beban
- 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 (Qc) 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:

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

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU
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.

b) *Capacitor Bank*

Capacitor bank adalah kumpulan kapasitor yang digunakan untuk memberikan kompensasi *reactive power* (Qc) (*Benchmarking* Kualitas Daya Industri Semen, 2012). Kapasitor yang akan digunakan untuk memperkecil atau memperbaiki PF penempatannya ada dua cara:

1. Cara terpusat kapasitor ditempatkan pada:
   a) Sisi primer atau sekunder transformator
   b) Pada bus pusat pengontrol
2. Cara terbatas kapasitor ditempatkan pada:
   a) Feeder kecil
   b) Pada rangkaian cabang
   c) Langsung pada beban

Keuntungan lain dari meningkatnya faktor daya:

- Mengurangi overheat peralatan
- Usia pakai peralatan bisa lebih lama
- Mengurangi kehilangan energi dan kerugian operasional
- Energi yang tersedia meningkat
- Mengurangi penurunan tegangan

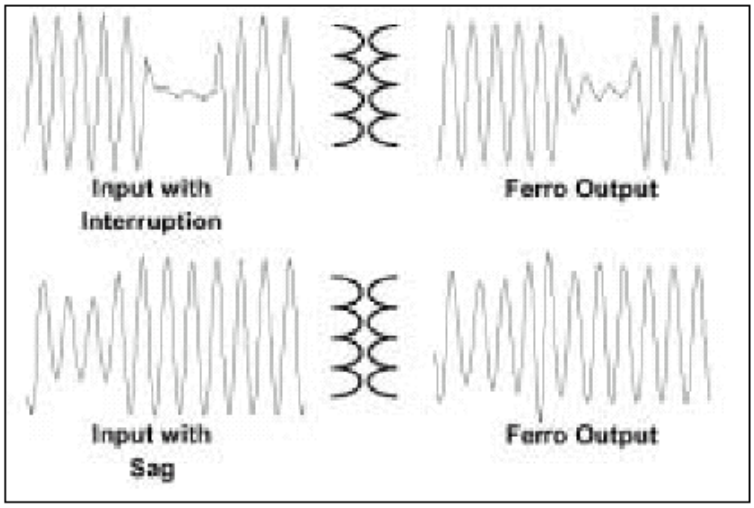
2.8.7.2. Masalah Fluktuasi Tegangan

a) *Ferroresonant Transformer*

Kebanyakan permasalahan *voltage sag* dalam sistem tenaga listrik dapat diatasi dengan *ferroresonant transformers* atau biasa disebut *constant voltage transformers* (CVTs). CVT cocok diterapkan pada beban tegangan rendah. Tidak seperti pada transformator konvensional, inti transformer boleh menjadi jenuh (*saturated*) dengan fluks maknetis, untuk menjaga agar tegangan keluaran tetap konstan selama terjadi variasi tegangan masukan seperti kurang tegangan, tegangan lebih dan distorsi harmonisa (*Benchmarking* Kualitas Daya Industri Semen, 2012).

CVT pada umumnya merupakan transformator satu fasa dengan rasio 1:1. Untuk mendapatkan hasil yang terbaik, CVT harus didesain sedikitnya dua kali arus beban. Gambar 2.4 memperlihatkan contoh tipikal keluaran dari *ferroresonant transformer* terhadap beban. Harus juga diperhatikan bahwa CVT ini tidak menyimpan energi. Oleh karena itu, CVT ini

hanya menyelesaikan masalah *voltage sag*, bukan interupsi (*Benchmarking* Kualitas Daya Industri Semen, 2012).



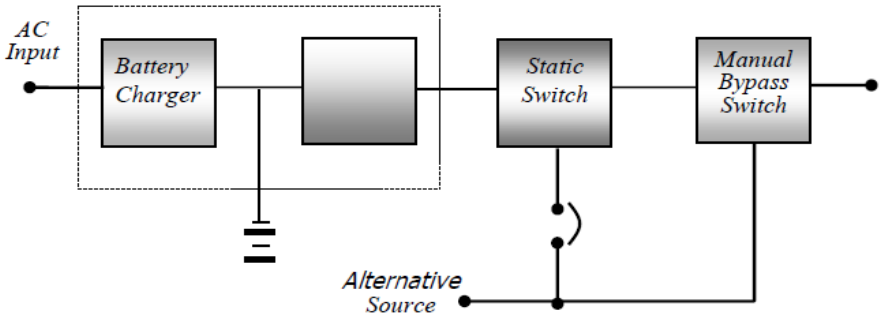
Gambar 2.3 Respon keluaran CVT untuk variasi tegangan masukan
Sumber: *Benchmarking* Kualitas Daya Industri Semen, 2012

b) Uninterruptible Power Supply (UPS)

Untuk melayani beban-beban kritis yang tidak boleh terjadi pemutusan sehingga dipergunakan UPS. UPS bukan hanya diperuntukkan melayani beban-beban yang sangat penting (kritis) saja, tetapi juga mengisolir beban-beban tersebut dari gangguan listrik seperti swell, sag, impuls dan variasi tegangan yang mungkin saja terjadi (*Benchmarking* Kualitas Daya Industri Semen, 2012).

1. Konfigurasi Tunggal

Konfigurasi tunggal merupakan salah konfigurasi yang banyak digunakan karena bentuknya sederhana dan tidak terlalu banyak komponen yang digunakan, seperti terlihat pada gambar 2.5



Gambar 2.4 Penggunaan UPS konfigurasi tunggal
Sumber: *Benchmarking* Kualitas Daya Industri Semen, 2012

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

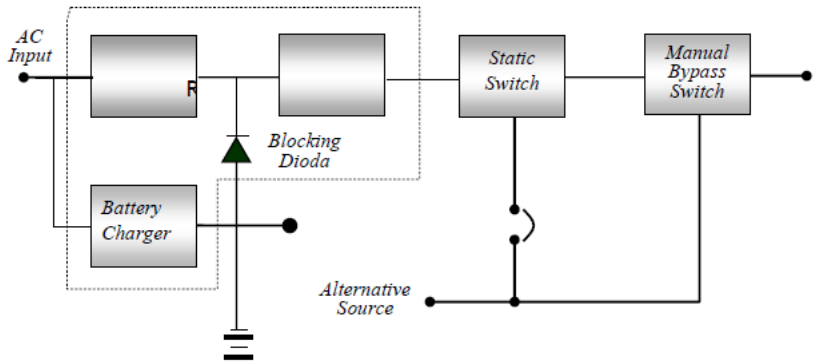
Prinsip kerja dari sistem ini dapat dijelaskan bahwa daya AC masuk yang disearahkan oleh *rectifier/battery charger*. Pengaturan daya DC didasarkan pada keperluan pengisian *battery* dan keperluan daya yang masuk ke inverter. Inverter ini berfungsi mengubah arus searah menjadi arus bolak balik yang dibutuhkan oleh beban yang melewati statis *switch*. Pada kondisi normal, langsung mensuplai beban yang melewati manual *switch*. Tapi bila terjadi gangguan pada inverter, maka secara otomatis statis *switch* merubah posisinya ke sumber alternatif. Namun untuk tujuan pemeliharaan, posisi manual *switch* harus diubah agar suplai daya ke beban dapat diperoleh dari sumber alternatif.

Apabila sumber utama mengalami gangguan, maka secara otomatis kebutuhan daya disuplai dari bank *battery* yang melewati inverter, terus ke statis *switch* hingga melewati manual *switch*.

Ada dua fungsi utama inverter pada UPS, yang pertama mengubah arus searah menjadi arus bolak balik dengan kandungan harmonisa (THD) kurang dari 5% atau lebih kecil. Kedua mengatur besar tegangan keluaran agar sesuai dengan tegangan kerja dari beban. Biasanya berkisar 2% dari tegangan normal.

2. Konfigurasi Tunggal dengan Penyearah

Konfigurasi dari jenis ini berbeda dengan yang pertama di atas. Perbedaannya terletak pada adanya *rectifier* yang dipasang secara tersendiri. *Recitifier* di sini hanya berfungsi untuk melayani kebutuhan daya yang masuk ke inverter dan bukan untuk pengisian *battery*. Sebuah dioda atau tyristor dipasang untuk mem-*blocking* atau mengisolir *rectifier* dari *battery* (*Benchmarking* Kualitas Daya Industri Semen, 2012). Sebuah *battery charger* dipasang untuk melayani beban DC secara langsung dan juga untuk mengisi bank *battery*. Konfigurasi UPS jenis ini dapat dilihat pada gambar 2.6.



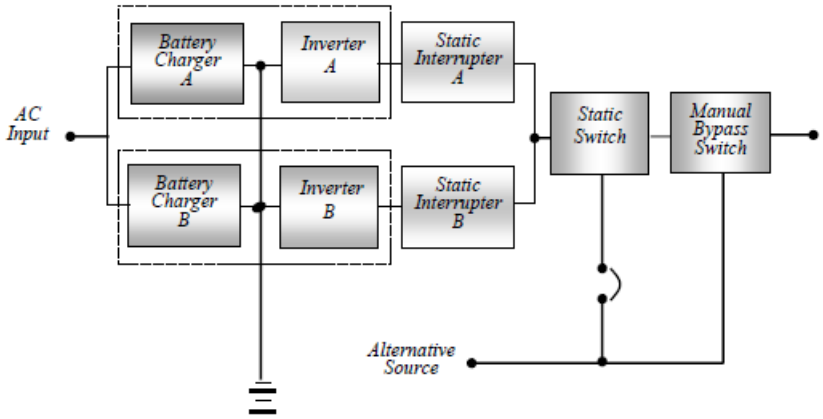
Gambar 2.5 Penggunaan UPS konfigurasi tunggal dengan penyearah
Sumber: *Benchmarking* Kualitas Daya Industri Semen, 2012

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak Cipta milik UIN Sultan Syarif Kasim Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Walaupun demikian kedua sistem ini masih memiliki kekurangan. Apabila terjadi kerusakan pada inverternya, maka suplai daya dari *rectifier* dan *battery* ke beban AC tidak dapat dilakukan.

3. UPS yang Bekerja Paralel

Konfigurasi rangkaian UPS jenis ini dapat menutupi kekurangan dari jenis pertama dan kedua. Sistemnya adalah dua buah UPS dipasang secara paralel untuk melayani satu beban kritis. Tingkat keandalannya adalah dua kali lebih baik dari pada tipe yang pertama. Sistem konfigurasinya dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.6 Konfigurasi UPS kerja paralel
Sumber: *Benchmarking* Kualitas Daya Industri Semen, 2012

Setiap inverter didesain untuk mampu melayani beban pada kondisi normal. Pada waktu operasi normal kedua inverter tersebut dibuat interlock antara satu dengan lainnya, agar tidak bekerja secara paralel. Namun bila ada salah satu inverter mengalami kegagalan maka secara otomatis beban dilayani oleh inverter lainnya. Statis inverter dipasang untuk mengamankan inverter dari gangguan yang mungkin terjadi pada beban. Statis *switch* berfungsi disamping untuk memindahkan beban dari inverter satu dengan yang lainnya, juga untuk mengamankan inverter dari gangguan di beban atau terjadi *inrush* pada beban yang melebihi dari kapasitas inverter (*Benchmarking* Kualitas Daya Industri Semen, 2012).

Konfigurasi dari sistem UPS yang digunakan sangat tergantung dari tingkat keandalan sistem yang diinginkan. Untuk beban-beban penting namun tidak terlalu kriris, konfigurasi pertama adalah pilihan yang sudah memadai. Namun untuk beban-beban yang sangat kritis yang tidak boleh sama sekali ada pemutusan daya, maka biasanya digunakan konfigurasi terakhir, walaupun agak sedikit mahal dibanding dengan yang lainnya.

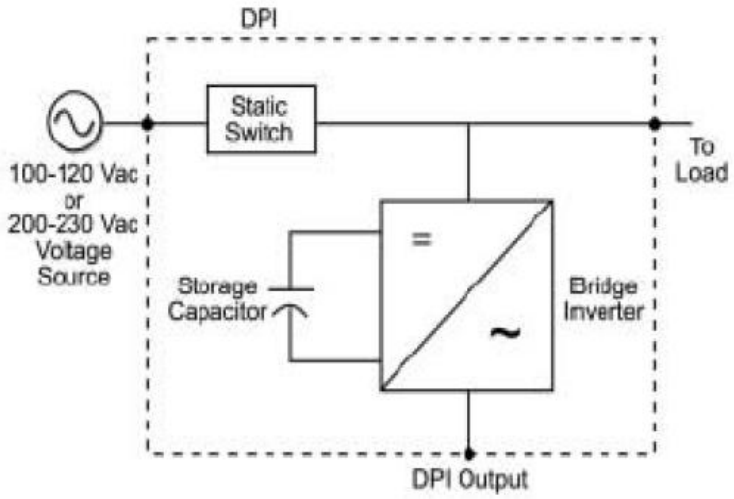
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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.

c) Dip-Proof Inverters

Dip-Proof Inverter (DPI) adalah suatu alat baru yang cara kerjanya secara terus menerus mengkoreksi tegangan AC yang datang untuk mengisi bus kapasitor DC. Saat terdeteksi adanya tegangan sag yang nilainya di bawah nilai yang sudah disetel, maka daya yang datang akan diputus dan DPI akan menghasilkan *output* gelombang persegi pada beban selama sekitar 1 sampai 3 detik. Waktu lama beban yang dapat disuplai dihitung berdasarkan pada daya sesungguhnya dengan energi yang tersimpan di dalam suatu bagian DPI (*Benchmarking* Kualitas Daya Industri Semen, 2012).

Karena DPI tidak mempunyai battery maka peralatan ini adalah alat yang rendah biaya pemeliharaannya. Rata-rata umur dari kapasitor adalah 12 tahun. DPI ini juga ringkas dan ringan jika dibandingkan dengan CVT ataupun UPS.



Gambar 2.7 Dip-Proof Inverter (DPI)
Sumber: *Benchmarking* Kualitas Daya Industri Semen, 2012

2.8.7.3. 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 seimbangnya

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 jedah 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).

2.8.7.4. Masalah Harmonisa

Pengaruh arus harmonisa pada fasilitas perangkat listrik dapat dikurangi dengan beberapa cara. Salah satu metode adalah dengan menambahkan filter harmonisa untuk mengalihkan arus harmonisa dari peralatan yang ada. Metode kedua adalah dengan menambah reaktor atau transformator isolasi pada *feeders* yang terhubung ke beban yang menghasilkan harmonisa. Metode ketiga adalah dengan mengisolasi beban harmonisa dari peralatan yang sensitif lainnya sehingga tingkat harmonisa pada beban sensitif tersebut menjadi lebih rendah yang disebabkan adanya impedansi sistem antara sumber harmonisa dan beban sensitif (*Benchmarking* Kualitas Daya Industri Semen, 2012).

Filter arus-harmonisa mencegah arus harmonisa disebabkan oleh beban non-sinusoidal masuk kembali ke jaringan listrik. Filter dapat diterapkan juga pada gardu untuk

UIN SUSKA RIAU
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.

mencegah arus harmonisa, atau filter tersebut diinstal paralel dengan beban individu untuk melindungi pengaruh sistem pendistribusian pembangkit listrik. Filter harmonisa juga memberikan manfaat untuk meningkatkan power faktor karena adanya kapasitansi di dalam filter.

Beberapa aplikasi yang membutuhkan filter arus-harmonisa:

- *Adjustable speed drives* (ASD)
- Mesin las and pengisi baterai
- Komputer
- *Consumer electronics*

Isolation transformer dan *line reactor* juga dapat digunakan untuk mengurangi efek harmonisa pada sistem distribusi tenaga listrik. Aplikasi paling umum dari line reaktor adalah dengan ASD. Seperti disebutkan sebelumnya, *line reactor* akan menurunkan kemungkinan ASD mengalami kegagalan pada kondisi *overvoltage* saat terpengaruhi *capacitor-switching transient*. Selain manfaat ini, reaktansi perangkat ini akan meredam harmonisa yang dihasilkan oleh ASD.

Isolation Transformer memberikan reaktansi untuk meredam harmonisa dengan cara yang sama dengan *line reactor*. Sebagai tambahan reaktansi terhadap sirkuit, kebanyakan *isolation transformer* akan mengeliminasi harmonisa ketiga. *Isolation transformer* biasanya terdapat sebuah *delta winding*. Salah satu karakteristik trafo dengan *delta winding* adalah bahwa arus *zero-sequence* tidak dapat melewati *delta winding*. Arus *zero-sequence* mengandung arus pentanahan maupun arus harmonisa ketiga, sehingga penerapan perangkat ini mengisolasi *feeder* dari harmonisa ketiga dan kesalahan pentanahan yang dihasilkan saat pembebanan (*Benchmarking* Kualitas Daya Industri Semen, 2012).

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
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.