

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Tenaga Listrik

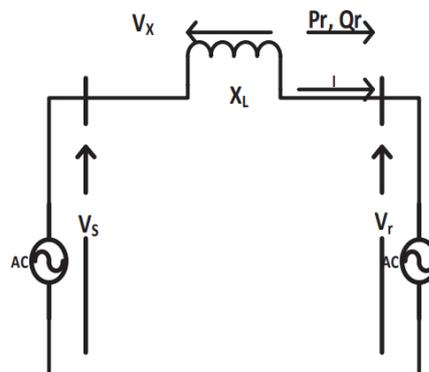
Saat ini, tenaga listrik sudah menjadi kebutuhan pokok manusia. Karena pembangunan lebih banyak industri akan meningkatkan taraf hidup masyarakat, pembangunan sumber tenaga listrik adalah salah satu masalah yang menjadi perhatian pemerintah. Sistem tenaga listrik terdiri dari berbagai bagian, seperti generator, transformator, transmisi, dan distribusi, yang semua terhubung ke dalam sistem[7]. Dengan pertumbuhan ekonomi Indonesia yang terus meningkat setiap tahun, oleh karena itu prakiraan kebutuhan listrik jangka panjang Indonesia sangat penting untuk menentukan kondisi kelistrikan saat ini dan masa depan[8].

Dalam perkembangan sistem tenaga listrik terus menerus mengubah struktur dan propertinya di bawah pengaruh faktor objektif. Ini termasuk, misalnya, penggunaan teknologi inovatif yang lebih luas untuk pembangkit listrik, transmisi, penyimpanan, distribusi dan konsumsi. Hal ini diikuti oleh perkembangan pesat sumber energi terbarukan dan pembangkit terdistribusi, peran baru konsumen dalam proses penyediaan tenaga listrik yang didorong oleh paradigma baru penyediaan tenaga listrik yang berorientasi pada klien, peran EPS sebagai infrastruktur kritis dan beberapa lainnya[9].

2.1.1 Sistem Transmisi

Saluran transmisi listrik merupakan bagian penting dari jaringan listrik dalam hal fungsi dan bobotnya. Perannya adalah untuk mengangkut listrik dari pabrik produksi ke jaringan distribusi[10]. Jaringan transmisi perlu mentransfer daya seiring dengan meningkatnya permintaan listrik. Dengan meningkatnya isu-isu tekanan lingkungan untuk penggunaan yang berharga dari fasilitas yang tersedia dan masalah lingkungan pasar listrik canggih yang sebanding dapat terjadi untuk menghancurkan lebih sering batas-batas fisik sistem transmisi daya untuk mentransfer daya maksimum di jalur transmisi yang mengarah ke kemacetan. Pada saluran transmisi, pertukaran daya aktif dan daya reaktif terjadi

pada titik kompensasi. Skema kompensasi yang bergantung pada konverter sumber tegangan (VSC)[11].



Gambar 2.1 Sistem Transmisi Daya Sederhana[11]

2.1.2 Sistem Distribusi

Jaringan distribusi merupakan bagian penting dari infrastruktur kelistrikan, menghubungkan jaringan transmisi dan pengguna akhir. Manajemen aset distribusi dilakukan oleh perusahaan distribusi tenaga listrik dan mencakup aset mulai dari gardu induk utama di mana listrik masuk ke jaringan hingga titik layanan di tempat pelanggan, berdasarkan definisi tersebut maka sistem distribusi meliputi komponen distribusi sebagai berikut [12]:

1. Gardu distribusi

Gardu distribusi (GD) adalah bagian dari sistem distribusi yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan ke konsumen atau membagikan atau mendistribusikan tenaga listrik pada beban dan konsumen tegangan menengah dan rendah. Gardu distribusi ini juga dikenal sebagai jaringan distribusi skunder karena mereka mengubah tegangan dari jaringan distribusi primer menjadi tegangan yang digunakan konsumen[8].

2. Penyulang distribusi

Jaringan distribusi primer menggunakan tiga atau empat kawat untuk tiga fasa. Jaringan tegangan rendah (JTR) yang kedua menyalurkan daya listrik dari gardu distribusi ke konsumen. Ini mengubah tegangan dari 20 kV menjadi 380/220 Volt melalui transformator distribusi[13].

3. Transformator distribusi

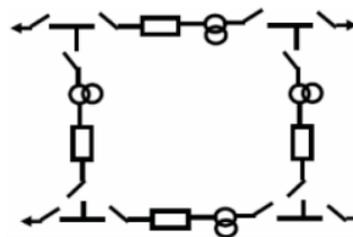
Komponen utama jaringan distribusi adalah transformator distribusi, yang mengubah tegangan primer ke tegangan rendah yang dapat digunakan oleh pelanggan. Transformator distribusi diharapkan bekerja terus menerus untuk menyediakan tenaga listrik kepada pelanggan. Transformator tiga fasa (20kV–400V) digunakan pada jaringan distribusi Indonesia, sedangkan transformator fasa tunggal (11,6/20kV–231V).[14].

2.2 Busbar Sistem

Busbar atau rel menghubungkan trafo tenaga, SUTT, SKTM, dan SKTM serta peralatan listrik lainnya. *Busbar* telah hadir dalam sistem distribusi daya selama bertahun-tahun. Dalam bentuknya yang paling dasar, *busbar* merupakan konduktor besar yang digunakan untuk mentransmisikan arus dalam jumlah yang signifikan[15]. *Busbar* sistem tenaga sangat bervariasi dalam kaitannya dengan ukurannya (jumlah bay), kompleksitas (jumlah bagian, tiebreaker, pemutusan, dll) dan tegangan pengenal (transmisi dan distribusi). Manfaat penggunaan *busbar* sudah dikenal dengan berbagai macam metode interkoneksi dan peningkatan fitur termal [16].

2.2.1 Sistem Ring Busbar

Pada jenis ini sistem ring semua *busbar*-nya tersambung satu dengan yang lain hingga berbentuk ring cincin[17].



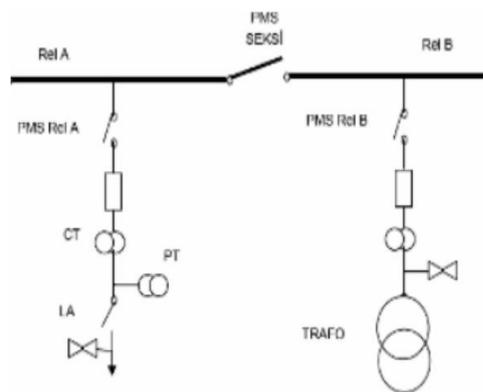
Gambar 2.2 Sistem Ring atau Cincin[17]

Berdasarkan gambar 2.2 ring *busbar* atau *busbar* cincin memiliki tingkat keandalan yang tinggi selama perlindungan relai yang baik. Gangguan yang

terjadi di salah satu bus hanya akan memengaruhi sirkuit yang terhubung ke *busbar* tersebut.

2.2.2 Sistem Single Busbar

Sistem *single busbar*, merupakan sebuah koneksi perangkat listrik yang hanya dapat dihubungkan pada satu *single busbar*. Pada umumnya gardu dengan sistem seperti ini adalah gardu induk yang berada pada ujung akhir dari suatu sistem transmisi. Sistem *double busbar*[17].

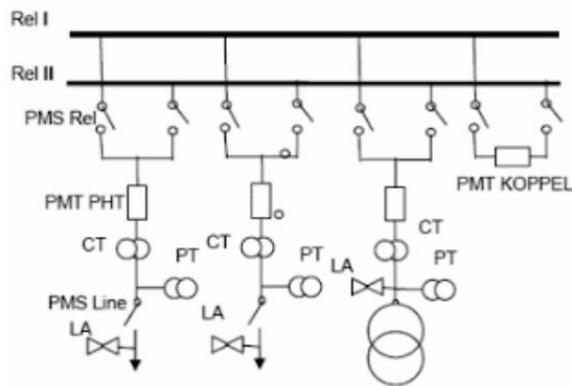


Gambar 2.3 Sistem *Single Busbar*[17]

Berdasarkan gambar 2.3 sistem *single busbar* atau rel tunggal memiliki tingkat keandalan yang rendah. karena semua sistem terkoneksi langsung ke re *single busbar* sehingga gangguan yang terjadi pada rel atau antara rel dan pemutus akan mengakibatkan kegagalan daya total.

2.2.3 Sistem Double Busbar

Sistem *double busbar*, Merupakan gardu induk yang mempunyai dua atau *double busbar* sistem ini sangat umum dan Sistem *double busbar* sangat baik untuk mengurangi pemadaman beban, terutama saat mengubah sistem. Jenis gardu induk ini biasanya digunakan. Berikut diagram gardu induk satu baris untuk sistem dua *busbar*[17].

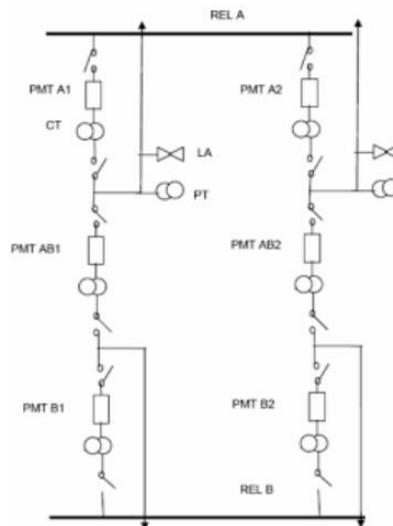


Gambar 2.4 Sistem *Double Busbar*[17]

Berdasarkan gambar 2.4 sistem *double busbar* memiliki tingkat keandalan yang sangat tinggi dengan menambahkan jumlah sakelar dan *busbar* pada distribusi, biaya. Pada jenis ini, proteksi relai lebih kompleks dan membutuhkan area permukaan yang lebih besar.

2.2.4 Sistem on Half Busbar

Sistem *on half busbar*, mempunyai dua *double busbar* sama seperti pada sistem *double busbar*.



Gambar 2.5 Sistem *Half On Busbar*[17]

Gardu induk jenis ini biasanya dipasang di pembangkit tenaga listrik atau gardu induk berkapasitas besar. Gardu induk ini sangat efektif dalam hal

operasional karena dapat mengurangi pemadaman beban selama perubahan sistem (manuver sistem). Sistem ini menggunakan tiga buah PMT yang terpasang secara deret (seri) di satu diagonal[17].

2.3 Faktor Daya

Kualitas daya listrik sangat erat kaitannya dengan tegangan listrik. Tegangan yang naik dan turun dalam batas-batas tertentu menyebabkan kerusakan pada peralatan produksi atau hasil produksi. Untuk itu, berbagai upaya harus dilakukan untuk menjaga atau meningkatkan kualitas listrik[6].

Diskusi tentang faktor daya ($\cos \phi$). Penjelasan umum mengenai faktor daya adalah rasio antara daya aktif (P) dan daya semu (S). Beban induktif memiliki faktor daya relatif kurang dari 0,75, faktor daya dalam kisaran 0,8 hingga 1 menunjukkan kualitas daya yang baik[18]. Dalam sebuah sistem tenaga listrik terdapat 3 jenis faktor daya, yaitu:

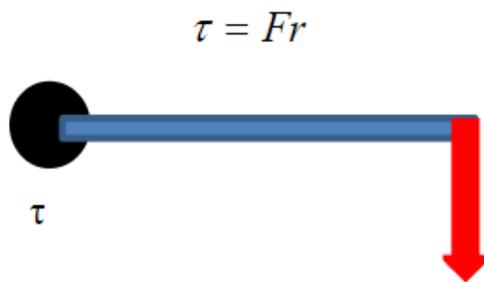
1. Faktor daya bernilai satu (unity): ini adalah keadaan di mana nilai $\cos \theta$ bernilai satu dan tegangan sumber sefasa dengan arus ke beban. Faktor daya kesatuan akan terjadi jika jenis beban adalah murni resistif.
2. Faktor daya utama: keadaan faktor daya ketika beban listrik memiliki kondisi kapasitif. Faktor daya ini sama dengan faktor daya beban kapasitif.
3. Faktor daya tertinggal: keadaan faktor daya ketika beban listrik memiliki kondisi kapasitif. peralatan listrik membutuhkan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat induktif[19].

2.4 Variabel Resistor

Resistor, yang biasanya terbuat dari bahan karbon, adalah komponen yang paling umum dalam rangkaian elektronika. Hukum ohm menunjukkan bahwa hambatan berbanding terbalik dengan arus yang mengalir melaluinya[5]. Resistor, yang biasanya disingkat dengan Huruf "R" dan dalam bahasa Indonesia sering disebut sebagai Hambatan atau Tahanan. Unit resistansi resistor, juga dikenal sebagai OHM (Ω), terdiri dari tabung dengan dua kaki tembaga di setiap sisi. Nama penemunya, Georg Simon Ohm, yang juga merupakan seorang fisikawan Jerman, diambil sebagai sebutan "OHM"[4]. George Simon Ohm menemukan

bahwa tegangan V yang ada pada kawat logam menentukan arus yang mengalir melaluinya. Tegangan naik bersamaan dengan arus. Namun, kekuatan arus, selain tegangan, juga dipengaruhi oleh variabel tambahan, seperti hambatan (R) yang diberikan konduktor terhadap lintasan elektron[20].

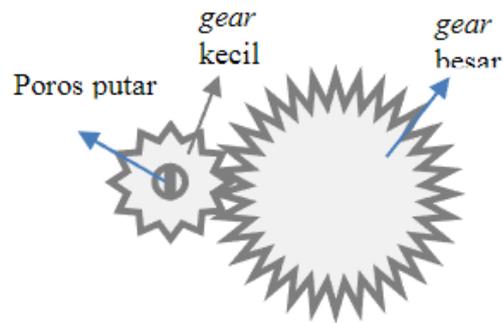
Resistif load adalah resistor dengan resistansi yang dapat diubah. Ada tiga sambungan pada *resistif load*, dua untuk ujung dan satu untuk pejalan. *Resistif load* dapat diputar dengan momen gaya atau torsi yang lebih besar dari momen inersia yang dimilikinya. Torsi adalah besarnya gaya yang dipengaruhi oleh jarak gaya terhadap pusat rotasi (lengangayar) pada gerak linier. Ketika sebuah benda diam diberitorsi, maka terdapat besaran yang mempertahankan benda untuk berotasi atau bergerak melawan rotasi, dikenal sebagai momen inersia atau momen kelembaman. Nilai momen inersia suatu benda lebih tinggi, sehingga benda lebih sulit untuk diputar[21].



Gambar 2. 6 Momen Gaya Atau Torsi[21]

Gaya berat bandul menciptakan gaya ini. Bandul ditempatkan pada gear yang lebih besar, sementara *resistif load* ditempatkan pada gear yang lebih kecil. Kemudian kedua gear terhubung. Dengan arah putar berlawanan dari masing-masing gear, hubungan dua gear saling bersinggungan memiliki kelajuan linear yang sama, atau bahkan dapat ditulis dalam persamaan.[21]:

Namun, gear kecil berhubungan dengan poros putar *resistif load* sebagai dua gear yang seporos. Mereka memiliki arah putar dan kecepatan sudut yang sama, atau mereka dapat ditulis dalam persamaan:

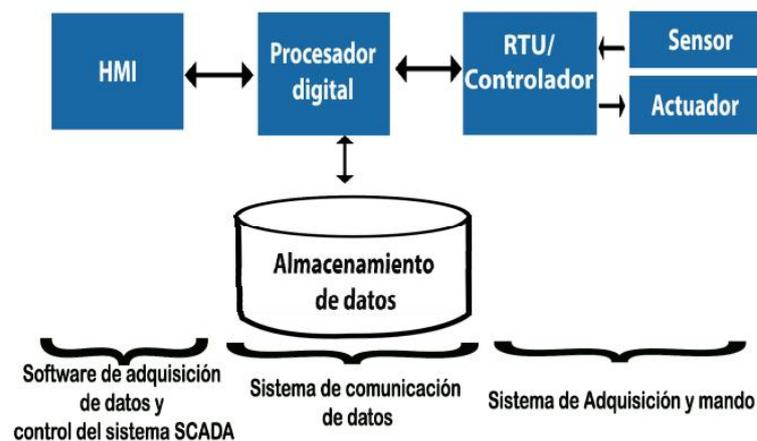


Gambar 2. 7 Hubungan Antar Gear[21]

Jika ada perputaran kecil pada gear besar, itu akan menghasilkan putaran besar pada gear kecil dan poros putar *resistif load*[21].

2.5 SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*)

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) adalah sistem monitoring dan pengendalian yang menyimpan dan menganalisis data dalam waktu nyata. Tiga komponen utama sistem SCADA adalah Master, Slave, dan media komunikasi. Aplikasi sistem SCADA paling umum di industri, seperti proses pembuatan produk dan pembangkit listrik[22]. Fungsi utama dari sistem SCADA adalah untuk pengukuran jarak jauh (telemetering), monitoring parameter atau variabel yang dimonitor, dan pengendalian jarak jauh (telecontrolling). Sistem ini terdiri atas Remote Terminal Unit (RTU) dan Master Terminal Unit (MTU)[23].



Gambar 2. 8 Diagram Sistem SCADA[24]

SCADA memiliki sistem yang terdiri dari banyak komponen penyusun. Subsistem penyusun SCADA dalam aplikasinya terdiri dari[25]:

- Operator

Operator (manusia) mengawasi sistem SCADA dan melakukan fungsi pengendalian manajemen untuk operasi plant jarak jauh.

- Human Machine Interface (HMI)

HMI adalah software pada komputer berbasis grafis yang berfungsi untuk mempermudah pengawasan (supervisory) operator dengan menampilkan data kepada mereka dan memberikan input kontrol dalam berbagai bentuk, seperti grafik, skematik, dan lain-lain. HMI mengubah data dan angka ke dalam bentuk yang dapat diterjemahkan oleh operator, seperti animasi, grafik, atau tren, dengan bentuk sederhana agar mudah diterjemahkan

- Master Terminal Unit (MTU)

MTU adalah unit master dalam arsitektur master/slave. Fungsinya termasuk menampilkan data kepada operator melalui HMI, mengumpulkan data dari lokasi yang jauh, dan mengirimkan sinyal kontrol ke plant yang jauh. Karena kemungkinan waktu tunda dan gangguan aliran, metode kontrol biasanya berloop terbuka, dan pengiriman data dari MTU dan plant jarak jauh relatif lambat.[25].

2.6 Kajian Pustaka

Ahmad Adhitya Nurhadi, Denny Darlis, M. Ary Murti tahun 2021 pada jurnal sistem computer menjelaskan bahwa penggunaan sistem listrik 3 fasa pada gedung dan industri perlu dilakukan monitoring data penggunaan listrik menggunakan sistem IoT. Penggunaan sistem IoT menggunakan kabel dan wi-fi dirasa kurang cocok, mengingat perangkat akan ditempatkan pada ruang panel yang sulit dijangkau oleh jaringan. Sehingga penggunaan sistem IoT menggunakan LoRa. Hal ini dilakukan untuk memperluas cakupan perangkat dalam melakukan pembacaan data pada kWh meter 3 fasa, perangkat akan mengirimkan data melalui komunikasi LoRa dengan parameter meter yaitu RSSI, SNR dan throughput. Perangkat dapat mengirimkan data kWh meter 3 fasa setiap 3,611 detik dengan throughput rata-rata 957,231 bps[26].

Rafael G, dkk tahun 2017 pada jurnal ini menjelaskan rangkaian AC yang dapat dikontrol beban resistif terdiri dari 8 buah resistor yang dihubungkan secara seri yang mana memiliki nilai bobot biner, dengan menyediakan 255 pilihan resistansi ekuivalen. Topologi yang digunakan adalah alternatif beban elektronik yang dapat dikontrol dengan peralatan tegangan bolak balik, sebuah beban AC dalam mode arus konstan diuji melalui analisis analitis dan simulasi listrik[27].

Megat Syahir, dkk tahun 2020 pada jurnal ini menjelaskan bahwa proses pemantauan Ph efluen untuk instalasi pengolahan limbah (STP) dilakukan secara manual dan membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan hasil. Sistem SCADA diusulkan untuk STP dengan pemantauan pH efluen menggunakan remote terminal unit (RTU), sistem ini akan mengirimkan hasil data pH ke RTU dan data tersebut dapat dilihat melalui alamat IP dalam bentuk diagram mimik. Sistem SCADA ini akan membantu pengguna dalam proses memantau secara langsung nilai pH dari efluen pH STP[28].