

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Mengacu pada poin bahasan penelitian yang peneliti kerjakan. Peneliti mengambil dari beberapa referensi yang bersumber dari jurnal, paper, atau bentuk yang lain sebagai bahan pertimbangan saya dalam pembuatan skripsi ini. Referensi tersebut juga guna saya jadikan acuan batasan-batasan masalah agar topik yang saya angkat tidak keluar dari pokok bahasan. Dan selebihnya sumber referensi dipakai sebagai bahan pertimbangan persoalan-persoalan apa saja yang berkaitan dengan bahasan yang diangkat. Di bawah ini merupakan beberapa sumber referensi yang digunakan peneliti dalam pembuatan skripsi, diantaranya sebagai berikut:

1. Yazid Khoirul Anwar UNEJ (2016) melakukan penelitian tentang *Desain Perangkat Lunak Keandalan Sistem Distribusi 20 kV: Studi Kasus Penyulang Gambiran area Banyuwangi*, mengatakan bahwa output dari program dan perhitungan manual menggunakan metode *section technique* menghasilkan rata-rata error sebesar 0%. Indeks keandalan sistem distribusi penyulang atau feeder gambiran sebesar 5.065880003 kali/tahun untuk SAIFI tergolong belum handal sebab melebihi ketetapan PLN yang mana 3,2 kali/pelanggan/tahun. Sedangkan dua indeks lainnya yaitu SAIDI dengan angka 17.179399999 jam/pelanggan/tahun dan CAIDI dengan angka 3.035873328 jam/tahun sudah masuk kategori handal sebab tidak melebihi ketetapan PLN yang mana 21 jam/pelanggan/tahun dan 6.5625 jam/tahun.
2. Tawfiq M. Aljohani, dan Mohammed J. Beshir pada JPEE Jurnal of Power Energy Engineering Vol.5 No.8 (2017) melakukan penelitian yang berjudul *Matlab Code to Assess the Reliability of the Smart Power Distribution System Using Monte Carlo Simulation*, dalam penelitian dijelaskan bahwa teknik monte carlo merupakan metode yang paling kuat serta efisien untuk mengevaluasi keandalan jaringan distribusi. Hasil dari mengintegrasikan Distributed Generator (DG) dalam feeder distribusi menunjukkan keuntungan

menggunakan unit DG yang andal dan diasumsikan berada di dekat pusat beban. Bersamaan dengan pemasangan recloser otomatis, DG memberikan kesempatan untuk mengoperasikan grid distribusi sebagai microgrid, memungkinkan layanan untuk melanjutkan ke bagian-bagian dalam jaringan, sesuatu yang membantu terutama selama pemadaman oleh feeder. Penelitian yang disediakan ini menunjukkan jumlah energi (dalam kW) yang disimpan untuk utilitas dalam feeder uji kehidupan nyata, melalui indeks EUE yang mengukur pengurangan energi yang tidak dilayani untuk setiap kasus. Juga, perbandingan hasil ini dengan yang diperoleh sebelumnya pada feeder uji yang sama menggunakan input kehidupan nyata yang sama menunjukkan bahwa kode Monte Carlo Simulation MATLAB yang penulis kembangkan cukup efektif, dan berfungsi sebagai alat yang dapat digunakan dalam mengevaluasi keandalan feeder distribusi saat menerapkan modifikasi dalam skala kecil saja. Itu mencerminkan perbedaan dari sistem tes yang digunakan dalam penelitian ini.

3. Dario Di Nucci, Fabio Palomba, Antonio Prota, Annibale Panichella, Andy Zaidman, Andrea De Lucia pada 24th IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution, and Reengineering di Austria (2017) melakukan penelitian yang berjudul “*Software-Based Energy Profiling of Android Apps: Simple, Efficient and Reliable?*”. Pada penelitian ini menyelidiki asumsi yang tersebar luas bahwa profil konsumsi energi yang dihitung menggunakan perangkat berbasis perangkat lunak kurang tepat dari nilai aktual yang diukur dengan menggunakan perangkat berbasis perangkat keras. Untuk tujuan ini, kami mengusulkan PETRA, alat khusus Android baru untuk memperkirakan konsumsi energi aplikasi seluler. Alat kami bergantung pada alat atau komponen yang tersedia untuk umum, yang dikembangkan oleh Google dalam konteks Project Volta. Kami mengevaluasi PETRA pada 54 aplikasi seluler dari dataset yang disediakan oleh Linares-Vasquez et al. Dalam setiap aplikasi, dataset ini berisi konsumsi energi dari metode milik API menggunakan toolkit perangkat keras MONSOON. Hasil penelitian menunjukkan bahwa estimasi yang dihasilkan oleh PETRA mendekati

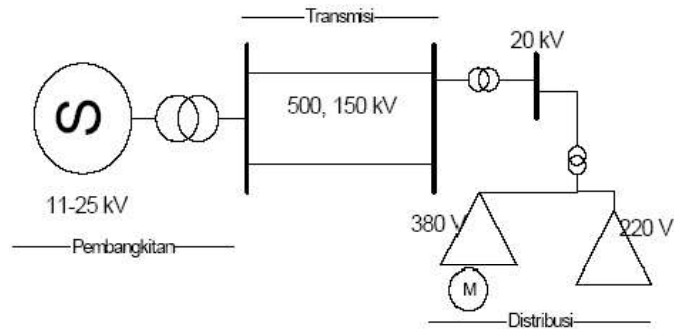
dengan nilai aktual, lebih tepatnya kesalahan estimasi rata-rata yang dicapai menggunakan PETRA adalah 4% sehubungan dengan nilai aktual yang dihitung menggunakan MONSOON. Sumber kesalahan utama dihasilkan dalam pengukuran yang disebabkan oleh penggunaan kemampuan atau sensor jaringan secara signifikan atau berlebihan dengan prosentase lebih kurang 89%.

Berdasarkan beberapa tinjauan diatas, maka peneliti berencana merancang aplikasi perhitungan keandalan sistem distribusi listrik sebelumnya pernah dibuat oleh Yazid Khoirul Anwar dari Universitas Jember pada tahun 2016, beliau mengembangkan aplikasi perhitungan tersebut dengan menggunakan *software* NetBeans yang mana aplikasi tersebut hanya diperuntukkan untuk *desktop* atau komputer saja. Sedangkan peneliti mengembangkan aplikasi perhitungan ini dengan menggunakan *software* Android Studio yang mana aplikasi ini diperuntukkan untuk *smartphone* dengan sistem operasi Android. Aplikasi yang direncanakan akan dibuat meliputi beberapa aspek di dalamnya yaitu pengertian keandalan sistem tenaga listrik, parameter yang digunakan, indeks apa saja yang digunakan dalam penilaian, perhitungan dari tiap indeks keandalan dan diakhiri dengan output berupa hasil dan analisis singkat dari beberapa data yang telah di inputkan serta diproses dalam aplikasi tersebut.

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Sistem Tenaga Listrik

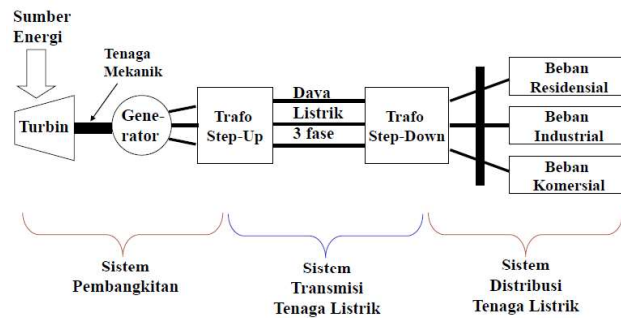
Sistem Tenaga Listrik yakni serangkaian jaringan yang tersusun oleh banyak komponen berupa sistem pembangkitan, sistem transmisi, sistem distribusi, dan beban yang saling berkaitan satu sama lain dan berpadu kerja guna melayani permintaan kebutuhan tenaga listrik bagi pelanggan sesuai kebutuhan. Singkatnya Sistem Tenaga Listrik dapat divisualkan melalui bagan diagram alir di bawah.



Gambar 2.1 Diagram Sistem Tenaga Listrik

Sumber: Syahputra, Ramadoni 2018

Dari bagan diagram alir dapat dimengerti bahwa sistem tenaga listrik diawalnya adalah dari pembangkitan yang berkisar 11-25 kV selanjutnya dinaikkan tegangannya menggunakan transformator step up lalu dibawa oleh saluran transmisi dengan tegangan berkisar 150 – 500 kV. Dari saluran transmisi disalurkan ke gardu induk untuk diturunkan tegangannya menjadi 20 kV yang selanjutnya tegangan tersebut dialirkan melalui saluran distribusi dengan jumlah tegangan sebesar 20 kv. Di sisi akhir ada beban pelanggan yang siap menerima energi listrik dari saluran distribusi, ada beban industri yang menerima tegangan 20 kV yang nantinya akan diturunkan melalui trafo yang dimiliki industri tersebut menjadi tegangan 380 Volt tiga fasa, ada juga beban rumah tangga dengan diturunkan tegangan menjadi 220 oleh trafo kepunyaan PLN. Dalam penyaluran sistem tenaga listrik terdapat beberapa komponen yang terdapat pada setiap sistemnya diantaranya sebagai berikut:



Gambar 2.2 Komponen Utama Sistem Tenaga Listrik

Sumber: Syahputra, Ramadoni 2018

Berdasarkan gambar diatas sistem tenaga listrik dibagi menjadi tiga bagian, yaitu sistem pembangkitan, sistem transmisi, dan sistem distribusi. Di bawah akan dijelaskan lebih detail mengenai ketiga sistem tersebut.

2.2.1.1 Sistem Pembangkitan

Sistem pembangkitan adalah sekumpulan dari beberapa komponen yang berfungsi membangkitkan tenaga listrik, yaitu dengan merubah energi yang berasal dari energy mekanik yang berasal dari laju air, pembakaran panas batu bara, minyak bumi, gas atau panas yang langsung diambil dari dalam bumi menjadi energi listrik.

Pada pusat pembangkit, sumber daya energi primer seperti bahan bakar *non renewable* energi seperti bahan bakar fosil diantaranya minyak, gas alam, dan batu bara. Serta bahan bakar renewable energi seperti panas bumi, nuklir, dan hidro atau air diubah menjadi energi listrik. Turbin yang berkemampuan mengubah energi dari sumber daya primer diatas menjadi energi gerak atau energi mekanik. Kemudian Generator sinkron yang terkopel dengan poros turbin bertugas mengubah energi mekanik yang menjadi energi listrik tiga fasa. Generator menghasilkan energi listrik yang kemudian oleh transformator step up dinaikkan tegangannya menjadi 70 kV sampai 500 kV (menyesuaikan tegangan sistem transmisi yang akan dihubungkan). Energi listrik dikirimkan melalui saluran transmisi bertegangan tinggi menuju pusat – pusat beban. Unit – unit pembangkitan energi listrik adalah sebagai berikut.

A. Elemen pendorong pokok

- 1) Turbin
- 2) Mesin diesel
- 3) Ditambah komponen pelengkap layaknya ruang pembakaran, condenser, dan lainnya.

B. Elemen Listrik

- 1) Satu set generator
- 2) Satu set transformator
- 3) Berbagai Peralatan Proteksi
- 4) Berbagai jenis saluran kabel beserta kelengkapannya

C. Elemen Bangunan

- 1) Pondasi, gedung peletakan komponen, pipa pesat, bendungan air, dan lainnya
- 2) Infrastruktur layaknya pondasi jalan, tempat saluran kabel, tower, gedung kendali dan lainnya

D. Elemen Mekanis

- 1) Kelengkapan pendingin
- 2) Kelengkapan proteksi

Berdasarkan sumber daya energi yang digunakan untuk membangkitkan listrik, di klasifikasikan menjadi beberapa jenis dan tipe pembangkitan diantaranya sebagai berikut:

A. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

PLTMH yaitu sistem pembangkitan listrik yang memanfaatkan tenaga air, tetapi dalam skala kecil, biasanya PLTMH ini dibangun untuk daerah-daerah terpencil yang susah terjangkau oleh PLN.

B. Pembangkit Listrik Tenaga Air

PLTA adalah sistem pembangkitan listrik yang menggunakan energi potensial yang dihasilkan oleh air, sehingga dapat memutar turbin air dan menggerakkan generator. Pola PLTA ini dapat menggunakan sistem bendungan atau aliran sungai (run of river).

C. Pembangkit Listrik Tenaga Uap

PLTU adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah Generator yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh tenaga kinetik dari uap panas/kering. Pembangkit listrik tenaga uap menggunakan berbagai macam bahan bakar terutama batu bara dan minyak bakar serta MFO untuk start up awal.

D. Pembangkit Listrik Tenaga Gas

PLTG adalah pembangkitan listrik yang mengkonversi energi kinetik dari gas untuk menghasilkan putaran pada turbin gas sehingga menggerakkan generator dan kemudian menghasilkan energi listrik.

E. Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap

PLTGU yakni kombinasi antara PLTG dan PLTU. PLTGU diklaim sebagai pembangkit yang efisien, disebabkan factor pemanfaatan energy yang dinilai efektif. Pasalnya hanya memakai satu jenis bahan bakar bisa dimanfaatkan untuk guna mendorong dua turbin yang mana adalah turbin uap dan turbin gas.

F. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi

PLTP yakni jenis pembangkit listrik yang menggunakan energy panas yang berasal dari perut bumi. Pada PLTP yang diambil yaitu uap yang terkandung dalam perut bumi. Uap disedot dan diambil guna keperluan mendorong turbin agar bergerak.

G. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

PLTD yakni jenis pembangkit listrik yang memakai tenaga dari sebuah mesin yaitu mesin diesel sebagai komponen penggerak untuk memutar baling – baling dari sebuah turbin.

H. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

PLTN yakni jenis pembangkit listrik yang memakai energi panas dari suatu reactor nuklir untuk menghasilkan listrik. Cara kerjanya yakni dengan mengubah panas yang terkandung dalam reaktor nuklir menjadi energi gerak.

2.2.1.2 Sistem Transmisi Tenaga Listrik

Sistem transmisi berfungsi menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban melalui sebuah saluran yang dinamakan saluran transmisi, karena adakalanya pembangkit tenaga listrik dibangun ditempat yang jauh dari pusat-pusat beban. Komponen utama dari sitem transmisi listrik yaitu, penghantar, tower, isolasi, dan kawat tanah/pelindung petir.

- A. Penghantar, adalah media untuk menghantarkan atau menyalurkan energy listrik, media yang lazim digunakan adalah kabel.
- B. Tower, adalah tempat untuk menggantungkan kabel-kabel penghantar agar lebih aman dari jangkauan orang.
- C. Isolasi, adalah alat yang digunakan untuk mencegah hubung singkat antara kawat penghantar dengan menara, dengan cara menggantungkan kawat penghantar pada tower penopang.

- D. Kawat tanah, disebut juga kawat pelindung (*shield wires*), gunanya untuk melindungi kawat-kawat penghantar (kawat fase) dari sambaran petir

2.2.1.3 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi yakni sebuah jaringan kabel-kabel beserta kelengkapannya yang lazimnya sebagai media perantara antara pembangkit dengan pelanggan. Fungsinya ialah meneruskan listrik mulai dari gardu induk hingga sampai pada pelanggan. Sistem distribusi adalah sistem yang berhubungan langsung dengan pelanggan atau konsumen. Komponen utama dari sistem distribusi listrik yaitu, transformator penurun tegangan.

- A. Transformator penurun tegangan (*Transformator Step Down*), adalah jenis transformator dengan jumlah belitan sekunder lebih minim dibandingkan belitan primer, yang keadaan tersebut berfungsi menurunkan level tegangan dari energi listrik.

2.2.2 Gardu Induk

Gardu induk adalah bagian yang tidak terpisahkan dan sangat vital dari sebuah sistem tenaga listrik. Gardu induk tersusun atas beberapa peralatan penghubung dan pemutus aliran arus serta transformator penaik ataupun penurun tegangan terpasang di antara dua komponen sistem tenaga listrik lainnya. Kegunaan dari gardu induk yaitu untuk memutus ataupun menghubungkan aliran arus listrik dan membantu dalam penyesuaian level tegangan dari sistem-sistem yang akan dihubungkan nantinya. Secara garis besar gardu induk pada sistem tenaga listrik dapat dibedakan berdasar penggunaannya, yaitu gardu induk pembangkit dan gardu induk distribusi.

- A. Gardu induk pembangkit ialah gardu induk terpasang dan digunakan untuk unit pembangkitan yang fungsinya tidak lain yaitu menaikkan tegangan dari level tegangan pembangkitan menjadi level tegangan pada saluran transmisi.
- B. Gardu induk distribusi ialah gardu induk terpasang dan digunakan untuk ujung penerimaan dari sebuah saluran transmisi fungsinya tidak lain yaitu untuk menurunkan tegangan dari level tegangan saluran transmisi pembangkit menjadi level tegangan jaringan distribusi.

Sejumlah peralatan seperti penghubung dan pemutus tenaga listrik digunakan untuk memutus aliran listrik pada deretan rangkaian listrik baik diaktifkan pada kondisi normal maupun terjadi gangguan. Kapasitas dari peralatan penghubung dan pemutus tenaga listrik harus mampu bekerja pada saat terjadi gangguan, baik gangguan arus lebih (*over current*), tegangan lebih (*over voltage*) maupun hubung singkat (*short circuit*). Guna menghindari panas yang terlalu tinggi yang terjadi akibat loncatan bunga api yang berasal dari arus pemutusan atau ketika penutupan, maka diperlukan peralatan pendingin. Tersedia banyak peralatan pendingin, ada yang menggunakan minyak, semburan gas atau yang lainnya.

Diantara peralatan utama pada gardu induk adalah sebagai berikut:

- A. Transformator utama, untuk menaikkan/menurunkan tegangan,
- B. Peralatan penghubung seperti pemutus dan pemisah arus,
- C. Panel hubung dan trafo pengukuran seperti trafo arus dan trafo tegangan,
- D. Peralatan perlindungan seperti arester dan pentanahan,
- E. Bangunan sipil seperti halnya tower, ruang kontrol dan ruang staf,

Pemisah tenaga listrik akan dipasang seri dengan pemutus tenaga listrik, dimaksudkan agar memisahkan antara rangkaian gardu induk dari sistem saluran transmisi dan dari saluran distribusi. Perbedaan antara pemutus dan pemisah tenaga listrik yaitu pemisah tenaga listrik adalah kontak pemisah yang berada di tempat terbuka sehingga terlihat dengan jelas keadaan kontakannya apakah terputus atau terhubung, sedang pemutus tenaga listrik biasanya berada pada tabung tertutup. Dilihat secara kemampuan dalam memutuskan arus, pemisah hanya dioperasikan jika pemutus tenaga listrik pada posisi terbuka sehingga diharapkan tidak terjadi loncatan bunga api ketika terjadi pemutusan atau penutupan, sebagaimana yang terjadi pada pemutus tenaga.

2.2.3 Gardu Induk Distribusi

Gardu induk distribusi sering di sebutkan hanya “gardu induk”. Desain gardu induk distribusi telah distandarisasi oleh industri perlengkapan elektrik berdasarkan pengalaman terdahulu. Akan tetapi proses standarisasi terus berlangsung dari waktu ke waktu, menyesuaikan dengan keadaan terkini.

Gardu distribusi yakni satu dari sekian elemen jaringan distribusi. Memiliki tugas mengkonversi level tegangan dari level tegangan tinggi ke level tegangan pakai pelanggan, dari 20 kV ke 380 volt maupun 220 volt. Jenis transformator yang dipakai yakni berjenis satu phasa dan tiga phasa.



Gambar 2.3 Gardu Distribusi

Sumber: <https://ekbis.sindonews.com>

Transformator step up dipakai sebagai sarana meninggikan level tegangan. transformator ini hanya dioperasikan di pusat – pusat pembangkitan listrik supaya penyaluran tegangan tidak akan mengalami turun tegangan (voltage drop). Sedangkan standarisasi voltage drop yang diizinkan hanya sekitar 5% dari angka tegangan awal.

Jenis transformator yang dipakai ada 2 jenis yaitu transformator phasa tunggal dan transformator tiga phasa. Kedua jenis transformator diatas digunakan sesuai dengan permintaan pelanggan terhadap beban yang dipakainya. Satu kondisi guna mensuplai beban tiga phasa maka digunakanlah tiga buah transformator satu phasa yang saling terkait satu sama lain melalui hubungan bintang Y maupun hubungan delta Δ .

Pada saat ini mayoritas yang dipakai adalah transformator tiga phasa guna melayani tegangan tinggi distribusi 20kV yang dipasang diluar ruangan diatas tiang listrik dengan dimensi yang lebih ramping dibanding jenis in door yang ditempatkan di rumah gardu.

Menurut penuturan Affandi (2015) fungsi utama dari gardu induk, yaitu:

1. Untuk mengatur aliran daya listrik dari saluran transmisi ke saluran transmisi lainnya yang kemudian didistribusikan ke konsumen.
2. Sebagai tempat kontrol.
3. Sebagai pengaman operasi sistem.
4. Sebagai tempat untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi.

Mengingat fungsi yang vital dalam penyaluran listrik maka perlu dijaga kualitasnya agar stabil guna memiliki tingkat keandalan yang handal maka dari itu perencanaan suatu gardu induk harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Operasi, yaitu dalam segi perawatan dan perbaikan mudah.
2. Fleksibel.
3. Konstruksi sederhana dan kuat.
4. Memiliki tingkat keandalan dan daya guna yang tinggi.
5. Memiliki tingkat keamanan yang tinggi.

2.2.4 Saluran Transmisi

Saluran transmisi berupa sejumlah kabel konduktor yang dipasang membentang sepanjang jarak antara pusat pembangkit sampai pusat beban. Fungsi dari saluran transmisi tidak lain untuk menyalurkan energi listrik dari pusat - pusat pembangkitan ke pusat beban yang dipakai oleh pelanggan. Macam Saluran transmisi dikategorikan menjadi 3 berdasarkan konstruksinya, diantaranya yaitu:

1. Saluran udara (*overhead lines*)
Terdiri atas kabel konduktor telanjang (tanpa isolasi) yang digantung dan dibentangkan pada tower dengan ketinggian tertentu dengan menggunakan isolator sebagai pemisah antara kabel dengan tower agar tower tidak teraliri listrik.
2. Saluran bawah tanah (*underground lines*)
Terdiri atas kabel konduktor berisolasi yang ditanam dan dibenamkan di dalam tanah dengan kedalaman tertentu.
3. Saluran bawah laut (*undersea lines*)
Terdiri atas kabel konduktor berisolasi khusus yang diletakkan di dasar laut.

Saluran transmisi sudah sangat jelas bahwa fungsinya mengirimkan atau menyalurkan energi listrik dalam jarak yang sangat jauh. Dari tiga macam kategori jenis saluran transmisi diatas, di indonesia mayoritas masih menggunakan saluran udara, karena lebih ekonomis dari segi biaya. Biaya pembangunan saluran udara relatif lebih murah jika dibandingkan dengan jenis yang lain. Lebih murah karena pada saluran udara menggunakan penghantar yang telanjang atau bisa dikatakan tidak berisolasi sama sekali, dibanding jenis saluran yang lain harus menggunakan penghantar berisolasi sebagai pengaman. Kabel konduktor sebagai media penghantaran energi listrik adalah komponen utama dari saluran transmisi, sehingga biaya pembangunannya sangat dipengaruhi oleh jenis penghantar yang digunakan. Saluran bawah tanah dan saluran bawah laut adalah opsi terakhir jika hanya saluran udara tidak lagi bisa digunakan, contohnya dalam upaya menyalurkan energi listrik antar pulau.

Pada saluran bawah tanah dan saluran bawah laut, kekuatan fisik maupun elektris dari sebuah isolasi penghantar merupakan hal yang sangat penting, karena bila terjadi sedikit saja kerusakan atau kebocoran akan sangat membahayakan lingkungan yang ada di sekitarnya. Sedangkan pada saluran udara, yang terpenting mampu memenuhi batas ketinggian saluran minimum, sehingga induksi elektromagnetik yang disebabkan karenanya tidak membahayakan bagi kelangsungan kehidupan yang ada dibawahnya. Level tegangan saluran transmisi dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) berkisar antara 70 s/d 150 kV
2. Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) di atas 150 kV s/d 750 kV
3. Saluran Udara Tegangan Ultra Tinggi (SUTUT) di atas 750 kV

Dalam mentransmisikan energi dengan jumlah dan daya yang besar daya, semakin tinggi level tegangan yang digunakan, maka arus yang mengalir akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Hal ini didasarkan pada formula:

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan P : Daya yang dikirimkan (Watt)
 V : Tegangan saluran (Volt)
 I : Arus yang mengalir pada saluran (Ampere)

Dengan dinaikkannya level sebuah tegangan, maka arus yang melewati suatu saluran menjadi lebih kecil. Selanjutnya *voltage drop* atau susut tegangan pada saluran transmisi juga akan menjadi semakin kecil, sesuai formula :

$$V = I \times Z \dots\dots\dots(2.2)$$

- Keterangan
- V : Tegangan saluran (Volt)
 - I : Arus yang mengalir pada saluran (Ampere)
 - Z : Impedansi kawat penghantar (Ohm)

Demikian juga dengan semakin kecil arus yang mengalir pada saluran, diharapkan rugi-rugi daya pada saluran semakin kecil, sesuai rumus:

$$P = I^2 \times R \dots\dots\dots(2.3)$$

- Keterangan
- P : Daya yang dikirimkan (Watt)
 - I : Arus saluran (Ampere)
 - R : Hambatan saluran (Ohm)

Semakin tinggi level tegangan saluran transmisi maka biaya untuk pembangunan juga lebih mahal, karena harus menggunakan tower yang lebih tinggi dan kekuatan isolasinya juga lebih besar. Demikian juga peralatan-peralatan yang harus digunakan pada gardu induknya.

Dengan pertimbangan di atas, saluran transmisi dengan level tegangan yang lebih tinggi lebih layak digunakan untuk menyalurkan daya yang relatif lebih besar dan jarak yang relatif jauh, sehingga kenaikan biaya pembangunan bisa terimbangi dengan berkurangnya rugi - rugi daya yang disebabkan oleh turun tegangan

2.2.5 Jaringan distribusi

Saluran distribusi merupakan sebuah fragmen dari rangkaian sistem tenaga listrik. Penampakan dari sistem distribusi berupa sejumlah kabel penghantar atau lebih sering disebut kabel feeder atau kabel feeder dan kabel – kabel percabangan dari kabel feeder yang mana sebagai media penyulan listrik. Fungsi dari saluran distribusi yaitu mendistribusikan energi listrik ke pelanggan sesuai kebutuhan. Dalam operasinya jaringan distribusi tidak dapat dipisahkan dengan gardu induk distribusi. Gardu induk distribusi terletak pada bagian akhir dari saluran transmisi, yang gunanya untuk menangani pendistribusian daya yang diterima dari saluran transmisi sekaligus menurunkan level tegangan dari saluran transmisi ke level

tegangan jaringan distribusi. Selain itu gardu induk ada yang terletak di antara jaringan distribusi yang tugasnya ialah membagi aliran daya dan menurunkan tegangan distribusi ke tegangan rendah. Level tegangan jaringan distribusi bisa dilihat di bawah ini.

A. Saluran tegangan menengah (TM: 20 kV):

- antar gardu induk
- antara gardu induk dengan pelanggan TM
- antara gardu induk dengan trafo TR

B. Saluran tegangan rendah (TR: 220 V)

- antara trafo tegangan ke pelanggan

Jaringan distribusi tegangan menengah (TM 20 kV) pada umumnya menggunakan jaringan 3 fasa dimana 4 kabel konduktor dengan tegangan antara fasa dengan netral adalah 20 kV. Jaringan distribusi bisa kita katakan sebagai media penghubung antar gardu induk tegangan menengah atau bisa juga gardu induk tegangan menengah 20 kV dengan trafo distribusi tegangan rendah 220 volt. Pada jaringan tegangan rendah ada 2 tipe yaitu pertama yang memakai jaringan 3 fasa 4 kabel konduktor untuk suplai beban - beban yang cukup besar. Kedua 1 fasa 2 kabel konduktor untuk beban yang tergolong kecil seperti beban – beban pada rumah tangga dengan sumber tegangan 220 volt dari fasa ke netral.

Namun pada kondisi di lapangan, trafo tegangan yang dipakai memiliki tiga buah terminal output, diantaranya satu netral yang digunakan sebagai pentanahan atau grounding dan dua terminal fasa yang keduanya bertegangan sama yaitu 220 volt. Bilamana jaringan tegangan rendah dan jaringan tegangan menengah menggunakan tiang yang sama sebagai tempat di letakkannya sejumlah komponennya maka kawat penghantar yang digunakan cukup satu saja, sebagai kawat netral kedua sistem tersebut.

Mengutip sumber referensi yang lain mengatakan bahwa, Sistem jaringan distribusi tenaga listrik dibedakan menjadi 2 yaitu pertama sistem distribusi primer dengan istilah lain jaringan distribusi tegangan menengah. Kedua sistem distribusi sekunder dengan istilah lain jaringan distribusi tegangan rendah. Kedua sistem

tersebut dibedakan berdasarkan tegangan kerjanya. Umumnya tegangan kerja pada sistem distribusi primer adalah 6 kV atau 20 kV, sedangkan tegangan kerja pada sistem distribusi sekunder 380 V atau 220 V (Syahputra, 2015).

Informasi dari sumber lain yaitu Laksono (2016) yang menyebutkan ada beberapa pertimbangan dalam memilih kriteria sebuah jaringan distribusi berdasarkan beberapa aspek dibawah ini.

- A. Aspek ekonomis
- B. Aspek tempat
- C. Aspek Kelayakan

Untuk pemilihan sistem dari sebuah jaringan distribusi pun harus memenuhi kriteria persyaratan yaitu:

- A. Keandalan yang tinggi
- B. Kontinuitas pelayanan
- C. Minim biaya investasi
- D. Fluktuasi frekuensi dan tegangan rendah

2.2.6 Jaringan Distribusi Primer

Menurut pendapat salah satu buku yang peneliti baca, Jaringan Distribusi Primer atau jaringan distribusi tegangan menengah (JDTM) yakni jaringan yang posisinya ada pada sebelum gardu distribusi yang bekerja menyalurkan listrik dengan tegangan menengah seperti 6 kV atau 20 kV. Media penghantaran yang digunakan bisa berwujud kabel yang ditanam di tanah ataupun kabel yang digantungkan pada saluran udara. Jaringan distribusi primer bertugas dalam menghubungkan sisi sekunder trafo gardu induk dengan sisi primer trafo gardu distribusi. Dari pernyataan tersebut maka bisa kita simpulkan bahwa jaringan distribusi primer terletak diantara gardu induk (GI) dan gardu distribusi. Jaringan distribusi primer menggunakan tiga kabel penghantar sampai empat kabel penghantar.

Dalam melakukan tindakan penurunan tegangan level dari level tegangan transmisi hingga ke jaringan distribusi primer adalah sebagai berikut:

- 1) Gardu induk (GI). Level tegangan dari jaringan transmisi 500 kV diturunkan ke 150 kV atau dari 150 kV ke 70 kV.

- 2) Gardu distribusi. Level tegangan tinggi dari 150 kV diturunkan ke 20 kV atau dari 70 kV ke 20 kV.

Tegangan 20 kV sering kita sebut juga sebagai tegangan distribusi primer. Pada kawasan perkotaan level tegangan diatas 20 kV tidak diberikan izin, disebabkan oleh karena pada tegangan yang berkisar 30 kV bisa lebih dan bisa kurang dapat menimbulkan gejala korona yang mana dapat mengacaukan operasi dari frekuensi siaran radio, telepon, alat telekomunikasi lainnya.

Pelayanan dari sistem distribusi sangat beragam, mengingat kenyataan di lapangan para konsumen yang harus disuplai memiliki penampakan geografis yang beragam. Namun begitu, sudah menjadi tanggung jawab dari suatu sistem untuk dapat melayani para pelanggan meskipun ada yang letaknya di pusat atau pinggiran perkotaan sampai pada pedesaan dan daerah terpencil lainnya guna tercapainya pemerataan energi listrik untuk semua golongan yang ada di Indonesia. Ditinjau dari segi karakteristik penggunaannya, ada pengguna rumah tangga dan pengguna industri.

Konstruksi untuk saluran distribusi terbagi menjadi dua yaitu pertama saluran udara dan kedua saluran bawah tanah. Penentuan dalam memilih konstruksi dilandaskan pada pertimbangan aspek pelayanan, aspek persyaratan teknis, aspek estetika keindahan, dan aspek ekonomis yang kesemua aspeknya demi tercapainya kestabilan dan keamanan dalam pendistribusian terhadap pelanggan.

Menurut Laksono (2016) sistem penyaluran daya listrik pada sistem jaringan distribusi primer dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

1. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 6 - 20 kV

Tipe penghantar yang dipakai yakni kawat telanjang terbuka tanpa isolasi serupa kawat AAAC (All Aluminium Alloy Conductor), ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced), dan lainnya.

2. Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) 6 - 20 kV

Tipe penghantar yang dipakai yakni kawat tertutup dengan isolasi serupa MVTIC (Medium Voltage Twisted Insulated Cable).

3. Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) 6 - 20 kV

Tipe penghantar yang dipakai yakni kawat tanam tertutup dengan isolasi PVC (Poly Vinyl Chloride) atau XLPE (Crosslink Polyethelene).

2.2.7 Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder atau yang lebih familiar dengan jaringan distribusi tegangan rendah (JDTR) yaitu sebuah jaringan yang berada tepat setelah gardu distribusi yang mana tugasnya mengirimkan tenaga listrik dengan level tegangan rendah 220 volt dan 380 volt. Kabel penghantar dapat berupa dengan konstruksi kabel tanah atau berkonstruksi kabel udara yang nantinya sebagai penghubung dari gardu distribusi ke pengguna tenaga listrik.

Besaran tegangan yang melewati jaringan distribusi sekunder adalah sekitar 130/230 volt dan 130/400 volt bagi jaringan yang masih menggunakan sistem lama. Sedangkan sistem yang baru berkisar 230/400. Tegangan antara phasa dengan netral adalah 130 V dan 230 V. Sedangkan tegangan 400 V adalah tegangan antar phasanya.

2.2.8 Konfigurasi susunan jaringan distribusi

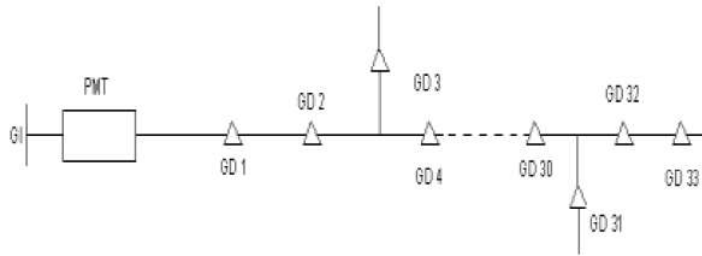
Ditinjau berdasarkan uraian diatas bahwa jaringan sistem distribusi dibagi menjadi sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder. Sistem distribusi primer bertugas sebagai sarana penyaluran listrik dari gardu induk distribusi ke pusat - pusat beban. Sistem tersebut ada yang memakai saluran udara, kabel udara, ataupun kabel tanah. Pemakaiannya disesuaikan berdasarkan kondisi dan situasi pada lingkungan serta tingkat keandalan. Berikut macam-macam topologi jaringan rangkaian distribusi primer.

2.2.8.1 Sistem Jaringan Distribusi Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk yang paling sederhana, banyak digunakan dan murah. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang – cabangkan ke titik – titik beban yang dilayani (Ramadoni syahputra, 2017:130)

Suplai daya bersumber dari satu sumber point kemudian dilakukan pencabangan kabel. Akibat dari pencabangan tersebut yakni arus beban yang

melewati kabel jadi tidak seimbang sama rata yang efeknya yaitu pada luas penampang pada kabel penghantar di jaringan radial ini. Semakin dekat kabel dengan gardu induk maka ukuran luas penampangnya pun semakin besar bila dibandingkan dengan kabel pencabangan yang semakin ke ujung beban yang semakin kecil.



Gambar 2.4 Sistem Distribusi Jaringan Radial

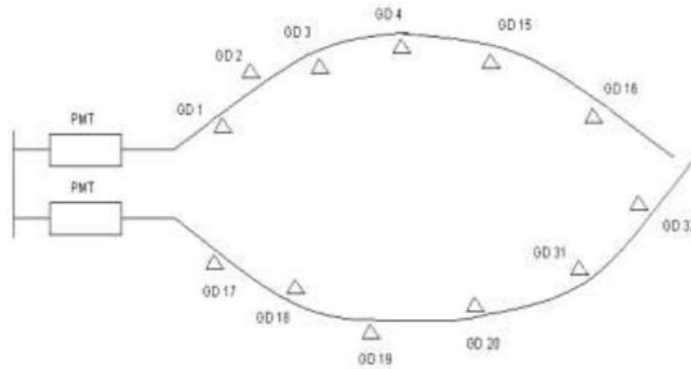
Sumber: Syahputra, Ramadoni 2017

Diantara kelebihan dan kekurangan sistem saluran radial adalah:

- 1) Keunggulan:
 - a. Bentuknya sederhana,
 - b. Biaya investasi relatif murah,
- 2) Kelemahan
 - a. Kualitas pelayanan kurang baik disebabkan rugi tegangan dan rugi daya relatif besar.
 - b. Kontinuitas pelayanan kurang terjamin karena titik sumber satu dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran.
 - c. Jika terjadi gangguan, sistem pada jalur setelah gangguan mati total.

2.2.8.2 Sistem Jaringan Distribusi Loop

Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan ring. Susunan rangkaian saluran membentuk ring. Memungkinkan titik beban terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena drop tegangan dan rugi daya saluran menjadi lebih kecil (Ramadoni syahputra, 2017:132).



Gambar 2.5 Sistem Distribusi Jaringan Loop

Sumber: Syahputra, Ramadoni 2017

Jenis jaringan distribusi loop ini ada 2 macam yaitu:

- 1) Jenis open loop, adalah jenis jaringan yang apabila dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka disebabkan oleh komponen switch dengan pensaklaran normally open switch yang posisinya ada pada salah satu bagian gardu distribusi.
- 2) Jenis close loop, adalah jenis jaringan yang apabila dalam keadaan normal rangkaian selalu tertutup disebabkan oleh komponen switch dengan pensaklaran normally close yang posisinya ada pada salah satu bagian gardu distribusi.

Penampakan dari jaringan loop ini yakni kombinasi dari dua jaringan radial yang mana di tiap ujung jaringan radial tersebut dipakaikan pemisah (PMS) dan pemutus (PMT). Ketika terjadi suatu gangguan maka pemutus dan pemisah arus tersebut akan bekerja sesuai posisinya masing – masing sehingga gangguan diharapkan tidak menyebar ke jaringan yang lainnya.

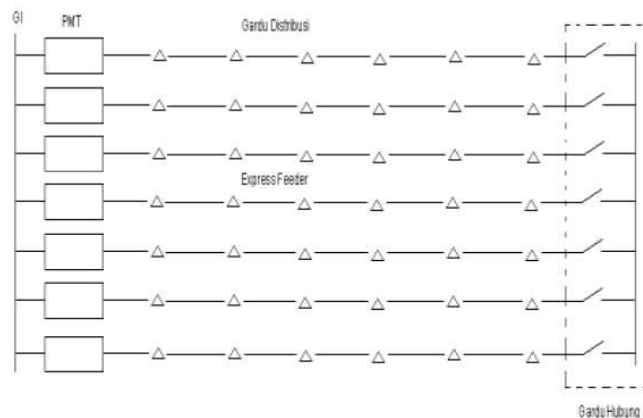
Biasanya penghantar dari struktur ini mempunyai struktur yang sama, ukuran konduktor dipilih sehingga bisa mendistribusikan daya listrik beban struktur loop, yang merupakan jumlah daya listrik beban dari kedua struktur radial (Ramadoni syahputra, 2017:133). Diantara kelebihan dan kekurangan sistem saluran radial diantaranya sebagai berikut :

- 1) Keunggulan
 - a. Ketersediaan penyaluran daya listrik handal.
 - b. Stabilitas tegangan jaringan baik.
 - c. Keamanan dan keandalan tinggi.
- 2) Kelemahan
 - a. Biaya pemasangan relatif mahal.
 - b. Biaya pemeliharaan tinggi.

2.2.8.3 Sistem Jaringan Distribusi Spindel

Jaringan distribusi spindel merupakan saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM) yang penerapannya sangat cocok di kota – kota besar. Adapun operasi sistem jaringan sebagai berikut (Ramadoni syahputra, 2017:134) :

1. Pada kondisi normal, SKTM beroperasi radial disebabkan karena seluruh saluran di gardu hubung (GH) terbuka.
2. Pada kondisi normal, saluran ekspress bertugas sebagai suplai cadangan dari gardu hubung karena tidak dibebani dan dihubungkan dengan rel di gardu hubung.
3. Jika satu dari beberapa SKTM gangguan, maka saklar beban di kedua ujung bagian akan dibuka. Selanjutnya bagian - bagian sisi dari GI memperoleh suplai daya dari GI, serta bagian – bagian gardu hubung memperoleh suplai dari gardu hubung melalui saluran ekspress.



Gambar 2.6 Sistem Distribusi Jaringan Spindel

Sumber: Syahputra, Ramadoni 2017

Diantara kelebihan dan kekurangan sistem saluran radial adalah:

1. Keunggulan:
 - a. Mempunyai keandalan sistem yang lebih tinggi
 - b. Rugi tegangan dan daya relatif kecil
 - c. Keandalan atau kontinuitas pelayanan baik.
 - d. Meminimalisir rugi – rugi sebab suatu gangguan.
 - e. Cocok diterapkan pada beban padat seperti di perkotaan
 - f. Kemudahan dalam pengembangan jaringan.
2. Kelemahan:
 - a. Beban setiap feeder terbatas
 - b. Biaya sangat mahal
 - c. Harus mempunyai tenaga lapangan yang terampil

2.2.9 Gangguan Pada Sistem Distribusi

Jaringan distribusi merupakan jaringan penyaluran tenaga listrik yang paling berdekatan dengan penggunaan pada umumnya dan masyarakat pada umumnya mengingat jaringan distribusi terletak di tengah – tengah hiruk pikuk masyarakat. Seiring berjalannya kinerja dari sistem tenaga listrik sudah tidak dapat dihindari pasti kan terjadi beberapa gangguan dalam pendistribusian listrik tersebut. Gangguan tersebut berdampak pada penyaluran tenaga listrik yang tidak stabil bahkan tidak aman kepada pengguna tenaga listrik sendiri. Gangguan bisa kita katakana sebagai suatu penghambat atau bahkan perusak dari sistem yang berkerja, bisa juga suatu kondisi dimana terjadi penyimpangan dari kondisi normal dari sistem penyaluran tenaga listrik.

Suatu gangguan entah itu ringan, sedang atau parah pada rangkaian komponen listrik dapat kita kategorikan sebagai kerusakan yang dapat menimbulkan arus terbuang percuma serta membahayakan untuk lingkungan sekitarnya dan harus segera diatasi agar kerusakan tersebut tidak menular ke komponen yang lain. Umumnya suatu gangguan yang pada sistem distribusi saluran 20 kV bisa kita kategorikan kedalam dua tipe yaitu pertama gangguan dari dalam sistem, kedua gangguan dari luar sistem.

1. Gangguan dari dalam sistem, dapat berupa sebagai berikut:

- a) Kegagalan dari fungsi peralatan jaringan
- b) Kerusakan dari peralatan jaringan
- c) Kerusakan dari peralatan pemutus beban
- d) Kerusakan pada alat pendeteksi

2. Gangguan dari luar sistem dapat berupa sebagai berikut:

- a) Singgungan pohon dengan penghantar
- b) Cuaca seperti hujan dan sambaran petir
- c) Ulah manusia dan binatang

Dilihat dari durasi gangguan bisa berupa sebagai berikut:

a) Gangguan Sementara (Temporer)

Gangguan yang sifatnya sementara atau temporer adalah gangguan yang terjadi dalam waktu yang singkat atau dapat segera dengan cepat ditangani oleh para operator dari perusahaan penyedia listrik. Jenis gangguan seperti ini bisa juga langsung hilang dengan sendirinya dengan memutus untuk beberapa detik pada bagian yang terganggu dari suplai tegangannya. Langkah selanjutnya dengan menutup kembali peralatan hubungannya. Jika ganggguan temporer seperti ini sering terjadi maka bisa menyebabkan kerusakan peralatan dan komponen penting yang pada ujungnya mengakibatkan gangguan atau kerusakan yang bersifat permanen. Satu dari sekian banyak contoh gangguan temporer yaitu gangguan yang disebabkan oleh pohon dan jaringan yang saling bersentuhan. Binatang serupa burung, kelelawar, ular. Serta ulah manusia seperti layang – layang yang tersangkut.

b) Gangguan Permanen

Sedangkan jenis gangguan permanen sulit dihilangkan hingga terlebih dahulu penyebab timbulnya gangguan dibersihkan atau diperbaiki dahulu. Contohnya gangguan yang dikarenakan oleh kerusakan pada peralatan, maka otomatis gangguan itu akan lenyap dan kembali normal setelah kerusakan tersebut diperbaiki. Namun juga dimungkinkan karena ada suatu hal yang mengganggu secara permanen. Guna mengatasi hal tersebut perlu ditindak lanjuti dengan menyingkirkan penyebab yang menimbulkan terjadinya

gangguan. Tanda – tanda terjadi gangguan yaitu jatuhnya pemutus tenaga, guna mengatasi hal ini operator harus menginputkan tenaga secara manual. Contoh nyata dari gangguan adalah kabel konduktor terpotong atau terputus, terjadinya hubungan singkat, pohon tumbang mengenai kabel fasa dari saluran distribusi.

2.2.10 Keandalan sistem tenaga listrik

Suatu sistem tenaga listrik dikatakan andal jika memenuhi aspek – aspek seperti dibawah ini:

1. Tegangan: fluktuasi tegangan tidak melebihi batas toleransi
2. Frekuensi: fluktuasi tidak melebihi batas toleransi
3. Kontinuitas pelayanan: tidak sering terputus akibat gangguan
4. Keamanan: bagi peralatan dan manusia
5. Keandalan sistem tenaga listrik berkaitan dengan kualitas pelayanan tenaga listrik ke beban.

Bagi pelanggan tenaga listrik baik itu rumah tangga atau industri, kualitas pelayanan yang baik ditunjukkan dengan kenyamanan dan keamanan terhadap sejumlah piranti yang mereka gunakan. Hal - hal yang berkaitan langsung dengan keandalan dari suatu sistem tenaga listrik adalah tegangan, frekuensi, kontinuitas pelayanan dan keamanan bagi peralatan dan orang yang menggunakan. Perubahan tegangan pada sistem tenaga listrik pada umumnya diakibatkan oleh perubahan beban. Saat beban bertambah, maka voltage drop atau turun tegangan pada saluran distribusi dan trafo distribusi bertambah yang menyebabkan tegangan sistem akan menurun. Dalam upaya menangani kejadian tersebut maka bisa dilakukan dengan memindahkan tap atau terminal trafo distribusi ke tegangan yang lebih tinggi. Untuk sistem yang lebih besar, langsung dilakukan dengan menaikkan tegangan keluaran dari generator.

Kenaikan tegangan yang terlalu besar dapat mengakibatkan kerusakan peralatan listrik yang digunakan karena peralatan tidak bekerja sesuai spesifikasinya. Sedangkan jika tegangan sistem terlalu rendah, maka peralatan tidak dapat bekerja secara maksimal. Dengan demikian fluktuasi perubahan

tegangan perlu dijaga agar tidak melebihi batas toleransi yang diijinkan. Perubahan frekuensi dapat terjadi bila putaran generator berubah, sebagai akibat dari perubahan beban. Perubahan frekuensi dapat berakibat pada perubahan putaran motor beban, yang tentunya tidak diinginkan oleh pengguna.

Seperti halnya perubahan tegangan, frekuensi sistem juga perlu dijaga agar perubahannya tidak melebihi atau kurang dari batas toleransi. Unsur keandalan yang lain adalah kontinuitas pelayanan. Sistem tenaga listrik yang baik adalah sistem yang dapat melayani tenaga listrik secara terus menerus tanpa henti. Bila pelayanan sering terhenti baik akibat dari gangguan arus beban lebih, maupun gangguan alam atau cuaca, maka dapat merugikan konsumen, terutama bagi beban-beban yang membutuhkan kontinuitas pelayanan yang tinggi seperti pada industri. Untuk mengupayakan hal ini diperlukan peralatan pengaman yang baik dan bisa bekerja secara otomatis mengamankan gangguan yang terjadi atau meminimalisir akibat yang terjadi. Dengan demikian bila terjadi suatu gangguan pada jaringan tertentu atau lokasi tertentu, diupayakan seminimal mungkin bagian sistem yang terganggu atau mungkin terputus. Hal yang lebih penting diperhatikan dalam sistem tenaga listrik adalah faktor keamanan, baik keamanan bagi peralatan yang digunakan maupun keamanan bagi orang yang memanfaatkan energi dari sistem tersebut. Upaya ini dapat dilakukan dengan cara hanya menggunakan peralatan listrik yang memenuhi standar di seluruh sistem mulai dari pembangkitan, penyaluran, distribusi sampai ke pengguna. Dengan demikian kerusakan peralatan yang diakibatkan tegangan atau arus lebih dapat dikurangi. Dan yang lebih penting korban manusia akibat kecelakaan yang berkaitan dengan sistem tenaga listrik dapat ditekan seminimal mungkin.

Menurut (Erhaneli, 2017), Pengevaluasian dari suatu keandalan sistem tenaga listrik yang dipakai dalam jaringan distribusi mempunyai indikator – indikator yakni sebagai berikut:

1. pemadaman rata-rata (r_s),
2. kegagalan rata-rata (λ),
3. waktu pemadaman rata-rata (U_s).

Hartati (2007) mengatakan dalam jurnalnya bahwa ada beberapa tingkatan keandalan dalam pelayanan tenaga listrik yang dikategorikan menjadi 3 (tiga) yaitu:

2.2.10.1 Keandalan Sistem Tinggi (High Reliability System)

Dalam keadaan normal, suatu jaringan mampu melayani kapasitas pelayanan guna menyediakan daya listrik pada saat beban puncak dengan variasi tegangan yang baik. Dalam kondisi darurat bilamana mengalami gangguan pada jaringan tetap masih dapat melayani beban sepenuhnya karena sistem bekerja dengan cepat dan otomatis dalam mengatasi gangguan yang terjadi. Tentunya sistem membutuhkan sejumlah peralatan pengamanan yang memadai guna menghindari terjadinya berbagai jenis gangguan.

2.2.10.2 Keandalan Sistem Menengah (Medium Reliability System)

Dalam keadaan normal sebuah sistem mampu mensuplai daya yang cukup guna menyediakan daya saat terjadinya beban puncak dengan variasi tegangan yang baik. Pada kondisi darurat bilamana mengalami gangguan pada jaringan, maka sistem hanya bisa mensuplai sebagian dari jumlah beban yang ada walaupun pada keadaan beban puncak. Intinya pada sistem ini dibutuhkan peralatan yang memadai guna menghindari terjadinya berbagai jenis gangguan.

2.2.10.3 Keandalan Sistem Rendah (Low Reliability System)

Dalam keadaan normal sebuah sistem mampu mensuplai kapasitas daya yang cukup guna menyediakan daya saat beban puncak dengan variasi tegangan yang baik. Namun bilamana nanti mengalami suatu kendala pada jaringan, sistem betul-betul tidak mampu melayani beban tersebut. Harus dibetulkan dan ditangani terlebih dahulu. Intinya pada sistem ini perlu ditambahkan peralatan pengamanan yang lebih mengingat jumlahnya yang kurang atau relatif sedikit.

Kontinuitas dalam usaha pelayanan dan penyaluran jaringan distribusi daya listrik sangat bergantung pada macam sarana, prasarana, peralatan yang digunakan mengamankan jaringan, susunan sebuah jaringan dan metode pengaturan operasi sistemnya yang khusus direncanakan serta ditunjuk guna memenuhi permintaan pelanggan serta sifat beban dari tiap – tiap pelanggan. Level kontinuitas usaha pelayanan media pengiriman listrik disusun berpatokan pada

durasi lamanya dalam upaya mensuplai kembali sesudah mengalami pemutusan karena suatu kendala. (SPLN 52, 1983). Macam tingkatan level tersebut diantaranya sebagai berikut:

1. Level 1

Padam berjam-jam, yakni waktu atau periode yang dibutuhkan guna mengevaluasi dan membenarkan komponen yang hancur sebab suatu kendala.

2. Level 2

Padam dalam jam yang singkat, yakni periode atau waktu yang dibutuhkan guna seorang petugas atau teknisi untuk sampai ke lokasi serta membenarkan kembali peralatan atau komponen yang rusak dan melakukan manipulasi untuk menghidupkan sementara kembali dari arah atau saluran yang lain.

3. Level 3

Padam beberapa menit, yakni manipulasi oleh petugas yang stand by di gardu atau dilakukan deteksi/pengukuran dan pelaksanaan manipulasi jarak jauh dengan bantuan DCC (Distribution Control Center).

4. Tingkat 4

Padam beberapa detik, yakni pengamanan dan manipulasi secara otomatis dari DCC.

5. Tingkat 5

Tanpa padam yakni jaringan dilengkapi instalasi cadangan terpisah dan otomatis secara penuh dari DCC.

Beberapa indeks keandalan yang umum digunakan dalam menentukan nilai keandalan suatu sistem distribusi seperti SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI, ASUI akan dijelaskan pada sub bab setelah ini.

2.2.11 SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

Indeks SAIFI menyampaikan informasi mengenai keandalan sistem distribusi berupa besaran angka frekuensi rata-rata pemadaman per pelanggan. Melalui indeks SAIFI dapat diketahui nilai mengenai frekuensi kegagalan rata-rata pada suatu sistem. Sehingga bisa dilakukan evaluasi dan dikelompokkan sesuai dengan tingkat keandalannya. Satuan dari indeks SAIFI yaitu pemadaman per

pelanggan. Besaran angka nilai SAIFI bisa digunakan untuk penggambaran besarnya tingkat kegagalan atau *failure rate* (λ) dari sistem distribusi secara menyeluruh dilihat dari sisi konsumen. Indeks ini dirumuskan dengan:

$$SAIFI = \frac{\text{Total Frekuensi Pemadaman}}{\text{Total Jumlah Pelanggan yang dilayani}}$$

$$SAIFI = \frac{\lambda_i \cdot N_i}{N_t} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

λ_i = Frekuensi Pemadaman Feeder i (Kali/Tahun)

N_i = Jumlah Pelanggan Pada Feeder i

N_t = Jumlah Total Pelanggan Dalam Jaringan

2.2.12 SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

Indeks SAIDI menyampaikan informasi mengenai keandalan sistem distribusi berupa durasi atau lamanya waktu suatu pemadaman rata-rata yang dirasakan oleh konsumen. Indeks ini dirumuskan dengan:

$$SAIDI = \frac{\text{Total Durasi Pemadaman}}{\text{Total Jumlah Pelanggan yang dilayani}}$$

$$SAIDI = \frac{U_i \cdot N_i}{N_t} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

U_i = Durasi Pemadaman Feeder i (Jam/Tahun)

N_i = Jumlah Pelanggan Pada Feeder i

N_t = Jumlah Total Pelanggan Dalam Jaringan

2.2.13 CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index)

Indeks CAIDI menyampaikan informasi mengenai durasi atau lamanya rata-rata dari pemadaman. Indeks CAIDI bisa disebut sebagai perbandingan antara nilai yang didapat dari indeks SAIDI dan indeks SAIFI. Besarnya nilai CAIDI bisa digunakan sebagai penggambaran besaran angka terhadap durasi pemadaman keseluruhan sistem distribusi yang dilihat dari sisi konsumen. Indeks ini dirumuskan dengan:

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} = \frac{\text{Total Durasi Pemadaman Pelanggan}}{\text{Total Frekuensi Pemadaman Pelanggan}}$$

$$CAIDI = \frac{U_i N_i}{\lambda_i N_i} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

U_i = Durasi Pemadaman Feeder i (Jam/Tahun)

N_i = Jumlah Pelanggan Pada Feeder i

2.2.14 ASAI (Average Service Availability Index)

Indeks ASAI memberikan informasi mengenai tingkat ketersediaan pelayanan tenaga listrik (suplai daya) yang diterima oleh konsumen. Indeks ini dirumuskan dengan:

$$ASAI = \frac{\text{Jumlah Durasi Ketersediaan Suplai Daya ke Pelanggan}}{\text{Jumlah Durasi Suplai Daya yang dibutuhkan Pelanggan}}$$

$$ASAI = \frac{8760 - SAIDI}{8760} \times 100 \dots\dots\dots(2.7)$$

8760 yakni total seluruh jam dalam satu tahun.

2.2.15 Fungsi Indeks Keandalan Sistem

Kegunaan dari informasi indeks keandalan sistem adalah sangat luas. Ada beberapa kegunaan yang paling umum yaitu (Billiton, R dan Billiton, J.E, 1989) :

1. Melengkapi manajemen dengan data capaian mengenai mutu layanan pelanggan pada sistem listrik secara keseluruhan.
2. Untuk mengidentifikasi sub sistem dan sirkit dengan capaian dibawah standar untuk memastikan penyebabnya.
3. Melengkapi manajemen dengan data capaian mengenai mutu layanan pelanggan mengenai untuk masing-masing area operasi.
4. Menyediakan sejarah keandalan dari sirkit individu untuk diskusi dengan pelanggan sekarang atau calon pelanggan.
5. Memenuhi syarat pelaporan pengaturan.
6. Menyediakan suatu basis untuk menetapkan ukuran-ukuran kesinambungan layanan.
7. Menyediakan data capaian yang penting bagi suatu pendekatan probabilistik untuk studi keandalan sistem distribusi.

2.2.16 Standar Nilai Keandalan Jaringan Distribusi

1. Standar Nilai Indeks Keandalan SPLN 68 - 2: 1986

Tabel 2.1 Standar Indeks Keandalan berpatokan SPLN 68 - 2: 1986

Indeks	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	< 3.2	Kali/Pelanggan/Tahun
SAIDI	< 21.09	Jam/Pelanggan/tahun

2. Standar Nilai Indeks Keandalan IEEE standar 1366-2003

Tabel 2.2 Standar Indeks Keandalan berpatokan IEEE std 1366-2003

Indeks	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	< 1.45	Kali/Pelanggan/Tahun
SAIDI	< 2.3	Jam/Pelanggan/Tahun
CAIDI	< 1.47	Jam/Kali/Tahun
ASAI	> 99.92	%

3. Standar Nilai Indeks Keandalan PLN Rayon Kota Pekalongan

Tabel 2.3 Target Indeks Keandalan PLN Rayon Kota Pekalongan tahun 2018

Indeks	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	< 3.62	Kali/Pelanggan/Tahun
SAIDI	< 9.77	Jam/Pelanggan/Tahun

2.2.17 Android Studio

Android Studio merupakan sebuah software atau program aplikasi dengan lingkungan pengembangan terpadu atau yang lebih dikenal *Integrated Development Environment (IDE)* yang diluncurkan oleh GOOGLE platform yang berguna untuk mengembangkan, merancang, dan membuat program aplikasi yang dikhususkan untuk perangkat seluler dengan sistem operasi Android. Lingkungan Pengembangan Terpadu dengan istilah lain *Integrated Development Environment (IDE)* untuk pengembangan aplikasi Android. Kelebihan yang dimiliki Android Studio adalah memiliki fitur yang lebih banyak dan dirasa cukup lengkap untuk meningkatkan produktivitas dalam pembuatan aplikasi Android, misalnya:

1. Versi sistem sudah berbasis Gradle yang bersifat fleksibel
2. Kecepatan dari emulator cukup mumpuni dan kaya fitur

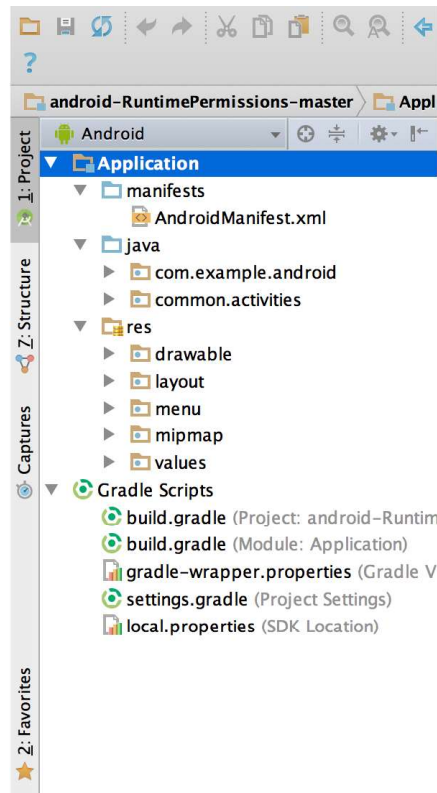
3. Lingkungan program yang terintegrasi untuk pengembangan bagi semua perangkat Android
4. Fitur Instant Run guna menjalankan aplikasi yang dikembangkan tanpa menciptakan APK baru
5. Tersedianya kode template dan integrasi GitHub guna menciptakan fitur aplikasi yang sama dan mengimpor contoh kode
6. Tersedianya alat uji dan kerangka kerja yang ekstensif
7. Lint Tools guna meningkatkan kinerja, kegunaan, kompatibilitas versi, dan masalah lain
8. Support bahasa pemrograman C++ dan NDK
9. Dukungan bawaan dari Google untuk Google Cloud Platform yang memudahkan dalam pengintegrasian Google Cloud Messaging dan App Engine

2.2.17.1 Struktur Proyek

Dalam satu proyek pada Android Studio berisi lebih dari satu modul yaitu sumber file kode beserta file sumber daya. Macam modul tersebut meliputi dibawah ini:

1. Modul Aplikasi Android
2. Modul Pustaka
3. Modul Google App Engine

Secara standar, projek file hendak ditampilkan oleh Android Studio sebagai tampilan projek Android, seperti yang tertampilkan pada gambar 2.7 dibawah ini. Tampilan tersebut disusun dan diurutkan berdasarkan modul guna pengaksesan yang kencang ke file sumber utama pada projek.



Gambar 2.7 File Proyek di Tampilan Android

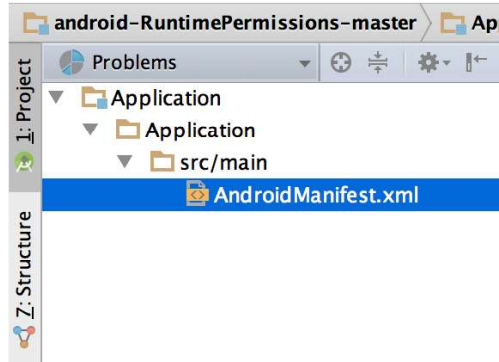
Sumber: <https://developer.android.com/studio/intro/>

Seluruh file versi tertampakkan pada bagian atas tepatnya di bawah dari Gradle Scripts. Tiap modul aplikasi berisi folder berikut:

1. Manifests, berisikan file Android Manifest.xml.
2. Java, berisikan file sumber kode Java, mencakup kode uji JUnit.
3. Res, berisikan seluruh hal yang bersifat sumber daya tapi bukan kode, contohnya pengelolaan kedudukan XML, string UI, dan gambar bitmap.

Untuk bisa melihat struktur file proyek Android yang sebenarnya bisa dilakukan melalui langkah, pilih Project dari menu lalu tarik turun Project, gambar 2.8 adalah struktur yang ditampilkan sebagai Android. Kita juga dapat melakukan penyesuaian tampilan file proyek untuk lebih berfokus pada satu point tertentu dari pengembangan aplikasi yang sedang dirancang. Contohnya, hanya ingin menampilkan masalah atau file Problems dari tampilan proyek. Maka hanya akan memunculkan file sumber yang berisikan seluruh kegagalan sintaks dan

pengkodean yang terdeteksi. Misal saja tag dari penutup elemen XML tidak ada pada file pengelolaan tata letak.

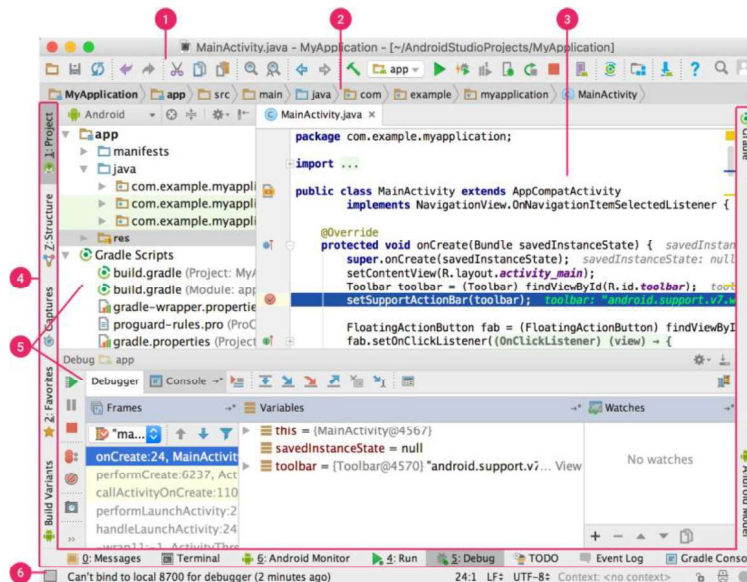


Gambar 2.8 File Proyek Pada Tampilan Masalah

Sumber: <https://developer.android.com/studio/intro/>

2.2.17.2 Antarmuka Pengguna

Tampilan overview utama dari program aplikasi Android Studio mencakup sejumlah aspek pengolah logika yang dipisahkan berdasarkan fungsi dan kegunaannya yang dapat diidentifikasi pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.9 Jendela Utama Android Studio

Sumber: <https://developer.android.com/studio/intro/>

1. Berisi tool - tool untuk mengerjakan berbagai jenis perintah, termasuk menjalankan aplikasi dan meluncurkan alat Android.
2. Berisi tool – tool untuk menjelajahi di antara projek dan membuka file projek semisal guna dilakukan sunting file.
3. Jendela editor, merupakan tempat untuk pengolahan dalam membuat dan memodifikasi kode.
4. Jendela alat, berada pada luar dari jendela IDE yang berisikan tombol - tombol yang digunakan untuk mengadjust atau menyesuaikan lebar tidaknya tampilan seperti meluaskan atau mengecilkan jendela alat individual.
5. Sebuah jendela alat yang menampilkan akses yang lebih spesifik ke tugas tertentu contohnya pengelolaan projek, penelusuran file, kontrol versi, dan yang lainnya.
6. Sebuah bar status yang berguna dalam menampilkan status dari projek file yang sedang dikerjakan beserta IDE itu sendiri, selain itu juga memberi pesan atau peringatan jika terjadi sebuah problem atau sintak yang tidak sesuai.

Penataan jendela utama dapat kita atur sendiri untuk memberi ruang kerja yang lebih luas dengan memindah atau menyembunyikan jendela alat atau yang lainnya. Bisa juga menggunakan shortcut atau pintasan keyboard dalam melakukan pengaksesan fitur-fitur IDE.

Selain itu kita juga bisa menelisik seluruh file sumber kode, perintah, basis data, unit interface pengguna, dan yang lainnya setiap waktu kita ingin dengan memencet tombol Shift sebanyak dua kali, atau menekan kaca pembesar pada sudut kanan atas dari jendela Android Studio. Hal dapat membantu pada waktu mencoba mencari kegiatan IDE tertentu yang kita lupakan bagaimana cara menampilkannya kembali.