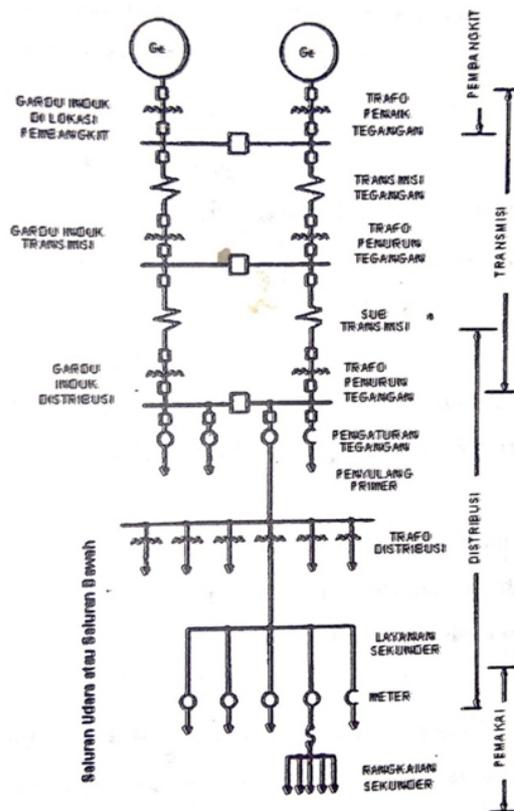


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari salah satu sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*bulk power source*) sampai ke konsumen.



Gambar 2.1 Pengelompokan Sistem Tenaga Listrik¹

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai dengan 24 kV dinaikkan tegangannya oleh Gardu Induk (GI) dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154 kV, 220 kV atau 500 kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi.

¹ Syatria Ramalan, Simulasi Rencana Pemasangan Gardu Distribusi Sisipan di Penyulang Cungkediro dengan Menggunakan Aplikasi ETAP 11.0.0, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, 2014, hlm.5

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi inilah gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 volt. Saluran distribusi mempunyai fungsi dalam tenaga listrik yaitu:

1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (konsumen).
2. Bagian sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen, karena catu daya pada pusat beban dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

2.1.1 Saluran Jaringan Distribusi

Secara umum, saluran distribusi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:²

1. Menurut jenis/tipe konduktor

Berdasarkan jenis/tipe konduktornya dibagi menjadi beberapa saluran :

- a. Saluran udara, dipasang pada udara terbuka dengan bantuan tiang dan perlengkapannya, dibedakan atas:
 - Saluran kawat udara, jika konduktornya telanjang, tidak menggunakan isolasi pembungkus.
 - Saluran kabel udara, jika konduktornya terbungkus isolasi.
 - b. Saluran bawah tanah, dipasang didalam tanah, dengan menggunakan kabel tanah (*ground cable*)
 - c. Saluran bawah laut, dipasang didasar laut dengan menggunakan kabel laut (*submarine cable*)
2. Menurut rangkaiannya Sistem distribusi dibedakan menjadi dua yaitu jaringan primer dan jaringan sekunder³

² Syatria Ramalan, Simulasi Rencana Pemasangan Gardu Distribusi Sisipan di Penyulang Cungkediro dengan Menggunakan Aplikasi ETAP 11.0.0, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, 2014, hlm.6

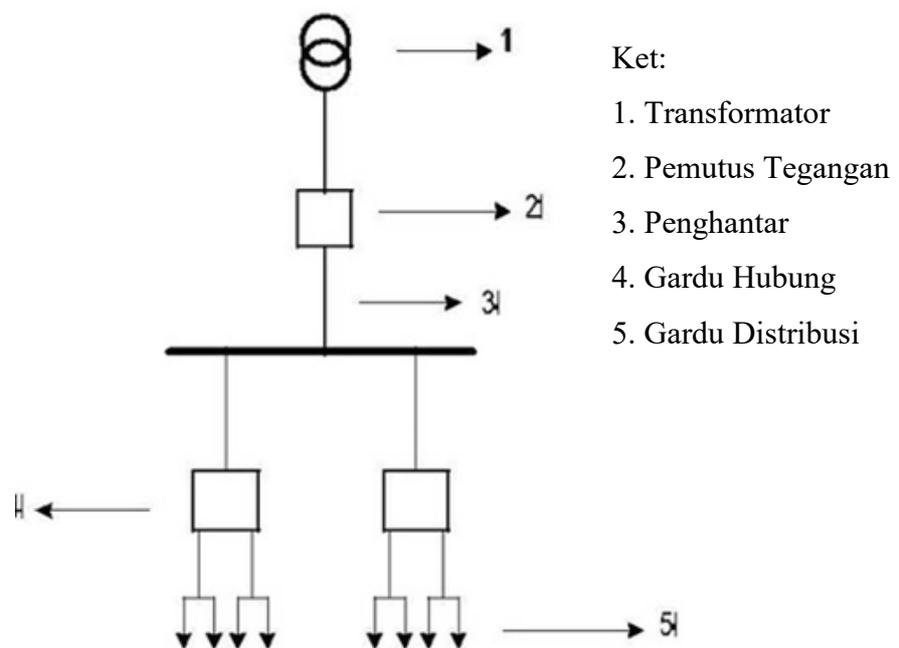
³ Syatria Ramalan, Simulasi Rencana Pemasangan Gardu Distribusi Sisipan di Penyulang Cungkediro dengan Menggunakan Aplikasi ETAP 11.0.0, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, 2014, hlm.7

a. Jaringan Distribusi Primer

Jaringan terletak pada sisi primer trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder trafo substation (GI) dengan titik primer trafo distribusi. Saluran ini bertegangan menengah 20 kV.

Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan disuplai tenaga listrik sampai ke pusat beban. Terdapat bermacam-macam bentuk rangkaian jaringan distribusi primer.

Bagian-bagian distribusi primer secara umum.



Gambar 2.2 Bagian Sistem Distribusi Primer⁴

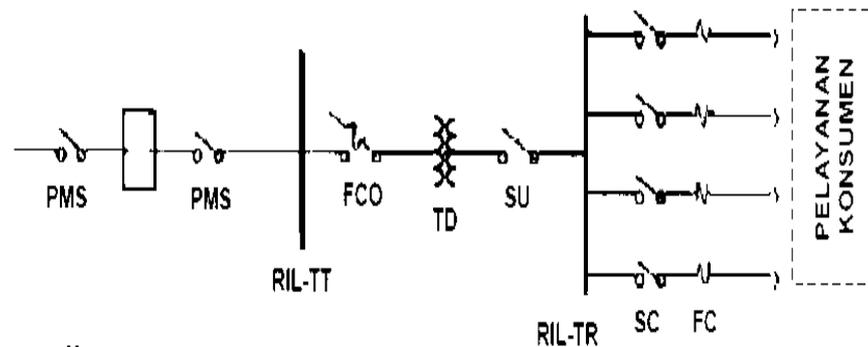
⁴ Syatria Ramalan, Simulasi Rencana Pemasangan Gardu Distribusi Sisipan di Penyulang Cungkediro dengan Menggunakan Aplikasi ETAP 11.0.0, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, 2014, hlm.7

b. Jaringan Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban yang ada pada konsumen. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi. Yang biasanya disebut sistem tegangan rendah yang berlangsung akan dihubungkan kepada konsumen tenaga listrik dengan melalui peralatan sebagai berikut:

1. Papan pembagi pada trafo distribusi.
2. Hantaran tegangan rendah (sekunder).
3. Saluran Layanan Pelanggan (SLP) ke konsumen.
4. Alat pembatas dan pengukur daya (kWH meter) serta *fuse* pada pelanggan.

Komponen saluran distribusi sekunder seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 2.3 Komponen sistem distribusi sekunder⁵

Adapun jaringan sistem distribusi sekunder terletak pada sisi sekunder trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder dengan titik cabang menuju beban. Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban di

⁵ Syatria Ramalan, Simulasi Rencana Pemasangan Gardu Distribusi Sisipan di Penyulang Cungkediro dengan Menggunakan Aplikasi ETAP 11.0.0, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, 2014, hlm.8

konsumen. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial. Sistem ini biasanya disebut sistem tegangan rendah yang langsung akan dihubungkan kepada konsumen.

Bagian sistem distribusi primer terdiri dari:

1. Transformator daya, berfungsi menurunkan tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan menengah atau sebaliknya.
2. Pemutus tenaga, berfungsi sebagai pengaman dan pemutus daya.
3. Penghantar, berfungsi sebagai penghubung daya.

2.1.2 Gardu Distribusi

Sebuah gardu distribusi merupakan tempat memasang transformator distributor beserta perlengkapan. Seperti yang diketahui, transformator distribusi berfungsi untuk menurunkan tegangan menengah (20 kV) menjadi tegangan rendah (220/380 volt) atau dapat dikatakan transformator distribusi merupakan suatu penghubung antara jaringan tegangan menengah dan rendah. Pemilihan lokasi gardu distribusi harus sedemikian hingga memiliki jarak jangkauan yang optimal.⁶

1) Gardu Distribusi Tipe Portal

Gardu Portal merupakan gardu tiang tipe terbuka (*outdoor*) dengan konstruksi ditopang oleh dua tiang atau lebih. Dudukan transformer diletakan minimal sekitar 3 meter di atas tanah. Karena trafo berada di atas dan semakin besar daya trafo maka semakin berat trafo maka daya maksimal pada gardu portal adalah 400 kVA, gardu portal juga karena ditopang oleh dua tiang atau lebih maka kapasitas trafo minimal adalah 160 kVA lebih besar dari kapasitas gardu cantol. Biasanya gardu tipe ini disambungkan dengan saluran distribusi udara atau luar (SUTM).

⁶Destriadi Akbar , eprints.polsri.ac.id, diakses 31 Maret 2021



Gambar 2.4 Gardu Distribusi Tipe Portal⁷

2) Gardu Distribusi Tipe Tiang Cantol

Sama seperti gardu portal, gardu cantol merupakan gardu tiang konstruksi luar (outdoor) namun hanya ditopang oleh satu tiang. Kapasitas trafo minimal 25 kVA dan maksimal 100 kVA. Tiang pada gardu cantol harus mempunyai kekuatan minimal 500 dAn.



Gambar 2.5 Gardu Tipe Tiang Cantol⁸

3) Gardu Tembok

Gardu tembok adalah gardu yang seluruh komponen instalasi ada dalam sebuah bangunan sipil dari batu dan beton (seperti tembok). Konstruksi Bangunan Gardu ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan

⁷ Destriadi Akbar, eprints.polsri.ac.id, diakses 31 Maret 2021

⁸ Destriadi Akbar, eprints.polsri.ac.id, diakses 31 Maret 2021

terbaik bagi sistem keamanan ketenagalistrikan. Biasanya gardu ini difungsikan dengan saluran distribusi jenis kabel atau SKTM.

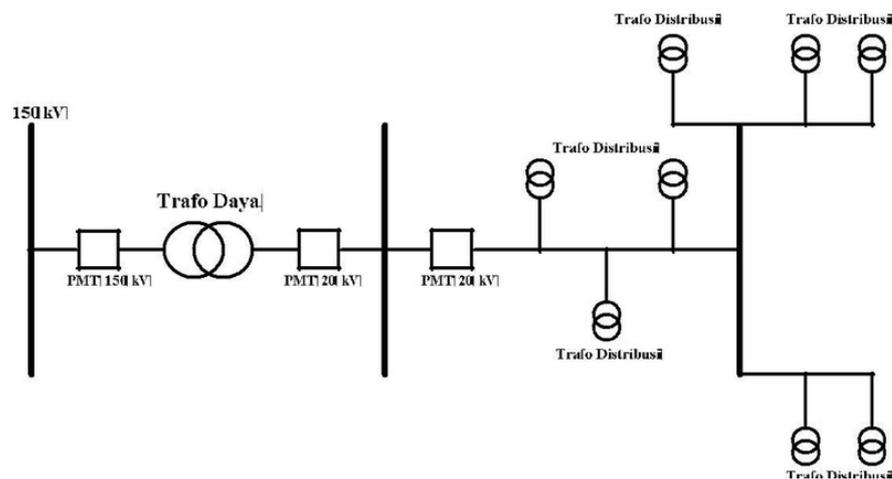


Gambar 2.6 Gardu Tembok⁹

2.2 Konfigurasi Sistem Jaringan Distribusi

2.2.1 Sistem Radial

Merupakan suatu sistem distribusi tegangan menengah yang paling sederhana, murah, banyak digunakan terutama untuk sistem yang kecil/kawasan pedesaan. Proteksi yang digunakan tidak rumit dan keandalannya paling rendah.



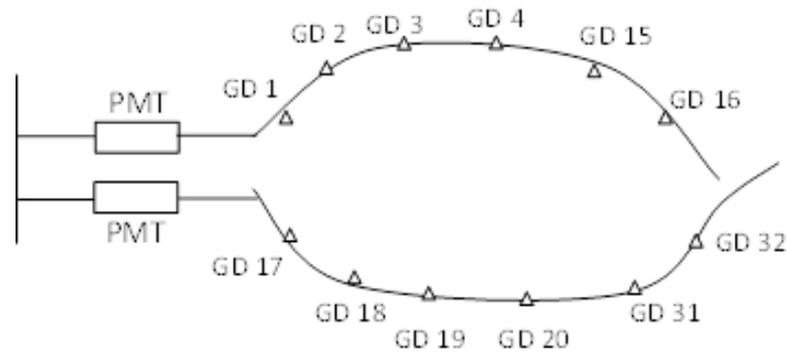
Gambar 2.7 Jaringan Distribusi Sistem Radial¹⁰

⁹ Destriadi Akbar, eprints.polsri.ac.id, diakses 31 Maret 2021

¹⁰ Muhammad Nur Hidayatullah, *Analisa Jaringan Distribusi TM 20 kV di Gardu Induk Seduduk Putih*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang. 2018. hlm.23

2.2.2 Sistem Loop

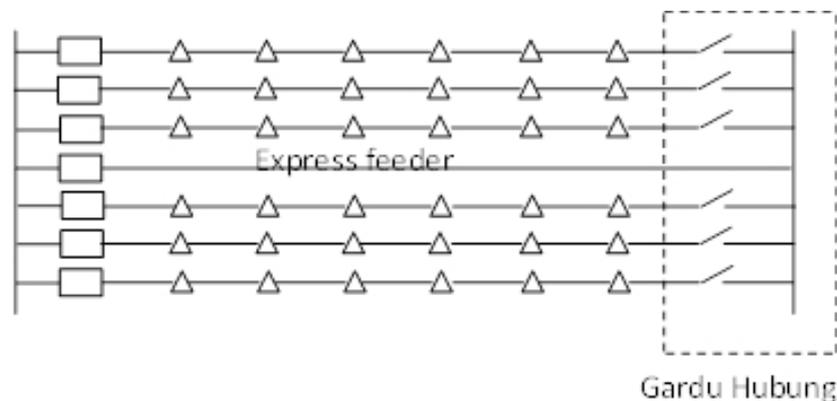
Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan ring. Susunan rangkaian saluran membentuk ring, seperti terlihat pada Gambar 2.5 yang memungkinkan titik beban terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik.



Gambar 2.8 Jaringan Distribusi Sistem Loop¹¹

2.2.3 Sistem Spindel

Merupakan saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM) yang penerapannya sangat cocok di kota-kota besar.



Gambar 2.9 Jaringan Distribusi Sistem Spindel¹²

¹¹ Muhammad Nur Hidayatullah, Analisa Jaringan Distribusi TM 20 kV di Gardu Induk Seduduk Putih. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang. 2018. hlm.23

¹² Muhammad Nur Hidayatullah, Analisa Jaringan Distribusi TM 20 kV di Gardu Induk Seduduk Putih. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang. 2018. hlm.23

Sistem ini sangat cocok untuk memenuhi kebutuhan antara lain:

1. Peningkatan keandalan pelayanan sistem
2. Menurunkan atau menekan rugi-rugi akibat gangguan
3. Sangat baik untuk mensuplai daerah beban yang memiliki kerapatan beban yang cukup tinggi.
4. Perluasan jaringan mudah dilakukan
5. Cocok untuk melayani kota-kota besar dimana beban tersebar dimana-dimana.

2.3 Keandalan Sistem Distribusi

2.3.1 Definisi Sistem Keandalan

Pengertian keandalan menurut Kapur dan Lamberson (1977) adalah “probabilitas dimana ketika operasi berada pada kondisi lingkungan tertentu, sistem akan menunjukkan kemampuannya sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam selang waktu tertentu”. Sedangkan Momoh (2008) berpendapat bahwa keandalan adalah kemampuan dari jaringan untuk menyampaikan tenaga listrik tidak terputus bagi pelanggan pada satu taraf yang telah ditentukan sesuai dengan mutu dan jaminan keamanannya. Dan menurut Pabla (2007) mendefinisikan keandalan sebagai kemungkinan dari satu atau kumpulan benda yang akan memuaskan kerja pada keadaan tertentu dalam periode waktu tertentu dan telah ditentukan. Keandalan distribusi menurut definisi kamus IEEE adalah kemampuan sistem distribusi untuk melakukan fungsinya pada kondisi normal untuk periode waktu tersebut tanpa kegagalan (*failure*). Sistem distribusi sangat dipengaruhi oleh cuaca. Dalam beberapa iklim, salju dan es merupakan masalah besar dan pada daerah lain, petir merupakan penyebab pemutus utama dalam pelayanan listrik. cuaca menyebabkan banyak gangguan pada sistem distribusi. Jadi, keandalan adalah suatu keadaan yang memberikan informasi dan jalan keluar dari suatu fungsi atau alat untuk dapat mencapai kepuasan dalam pekerjaan.

Dalam pengoperasiannya jaringan distribusi selalu diharapkan tercapainya hal-hal sebagai berikut:

1. Cara pengaman gangguan secepat mungkin
2. Bila terjadi gangguan daerah yang mengalami pemadaman lebih sedikit.
3. Tegangan sumber cukup baik.
4. Losses tidak besar.

Untuk mencapainya hal ini tergantung dari sistem dan tipe peralatan dan pengaman yang diterapkan. Sistem pengaman bertujuan untuk mencegah atau membatasi kerusakan pada jaringan beserta peralatan yang disebabkan karena adanya gangguan serta meningkatkan kontinuitas pada konsumen dan menjaga keselamatan umum. Keandalan merupakan probabilitas suatu alat untuk dapat berfungsi sesuai dengan fungsi yang diinginkan selama jangka waktu yang ditetapkan. Definisi keandalan mengandung 4 (empat) istilah penting yaitu:

- Fungsi

Keandalan suatu komponen perlu dilihat apakah suatu komponen dapat melakukan fungsinya secara baik pada jangka waktu tertentu. Kegagalan fungsi dari komponen dapat disebabkan oleh perawatan yang tak terencana (*unplanned maintenance*).

- Lingkungan

Keandalan setiap peralatan sangat bergantung pada kondisi operasi lingkungan. Secara umum lingkungan tersebut menyangkut pemakaian, transportasi, penyimpanan, instalasi, pemakai, ketersediaan, alat-alat perawatan, debu, kimia, dan polutan lain.

- Waktu

Keandalan menurun sesuai dengan pertambahan waktu. Waktu operasi meningkat sehingga probabilitas gagal lebih tinggi. Waktu operasi ini diukur tidak hanya dalam unit waktu tetapi bisa dalam jarak operasi.

- Probabilitas

Keandalan diukur sebagai probabilitas. Sehingga probabilitas yang berubah terhadap waktu dan masuk dalam bidang statistic dan analisisnya.

2.3.2 Tingkatan Keandalan

Keandalan distribusi dilihat dari semua aspek dari teknik, seperti desain, perencanaan, pengeporasian, karena sistem distribusi kurang kompleks dibandingkan sistem pembangkit dan transmisi yang terintegrasi, perhitungan probabilitas matematikanya lebih sederhana dibandingkan yang dibutuhkan untuk penaksiran keandalan pembangkitan dan transmisi. Adapun macam-macam tingkatan keandalan dalam pelayanan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) hal antara lain: ¹³

1. Keandalan sistem yang tinggi (*High Reability System*)

Kondisi normal, sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik dan dalam keadaan darurat bila terjadi gangguan pada jaringan, maka sistem ini tentu saja diperlukan beberapa peralatan dan pengaman yang cukup banyak untuk menghindarkan adanya berbagai macam gangguan pada sistem.

2. Keandalan sistem yang menengah (*Medium Reability System*)

Kondisi normal, sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik dan dalam keadaan darurat bila terjadi gangguan pada jaringan, maka sistem tersebut masih bisa melayani sebagai dari beban meskipun dalam kondisi beban puncak. Jadi dalam sistem ini diperlukan peralatan yang cukup banyak untuk mengatasi serta menanggulangi gangguan-gangguan tersebut.

3. Keandalan sistem yang rendah (*Low Reability System*)

Kondisi normal, sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi

¹³ Wiwid Putra Perdana, Rini Nur Hasanah, Harry S.Dachlan. 2009. Evaluasi Keandalan Sistem Tenaga Listrik pada Jaringan Distribusi primer Tipe Radial gardu Induk Blimbing. Jurnal EECCIS Vol 3(1). hlm 7

tegangan yang baik, tetapi bila terjadi gangguan pada jaringan sistem sama sekali tidak bisa melayani beban tersebut. Jadi perlu diperbaiki terlebih dahulu. Tentu saja pada sistem ini peralatan-peralatan pengamannya relative sangat sedikit jumlahnya.

Kontinuitas pelayanan, penyaluran jaringan distribusi tergantung pada jenis dan macam sarana penyalur dan peralatan pengaman, dimana sarana penyalur (jaringan distribusi) mempunyai tingkat kontinuitas yang tergantung pada susunan saluran dan cara pengaturan sistem operasinya yang pada khususnya, direncanakan dan dipilih untuk memenuhi kebutuhan sifat beban. Tingkat kontinuitas pelayanan dari sarana penyalur disusun berdasarkan lamanya upaya menghidupkan kembali suplai setelah pemutusan karena gangguan (SPLN 52, 1983). Tingkat tersebut :¹⁴

- Tingkat 1 : Dimungkinkan padam berjam-jam, yaitu waktu yang diperlukan untuk mencari dan memperbaiki bagian yang rusak karena gangguan.
- Tingkat 2: Padam beberapa jam, yaitu yang diperlukan untuk mengirim petugas ke lapangan, melokalisir kerusakan dan melakukan manipulasi untuk menghidupkan sementara kembali dari arah atau saluran yang lain.
- Tingkat 3 : Padam beberapa menit, yaitu manipulasi oleh petugas yang stand by di gardu atau dilakukan deteksi/pengukuran dan pelaksanaan manipulasi jarak jauh dengan bantuan DCC (*Distribution Control Center*)
- Tingkat 4 : Padam beberapa detik, yaitu pengaman dan manipulasi secara otomatis dari DCC (*Distribution Control Center*)
- Tingkat 5 : Tanpa padam yaitu jaringan dilengkapi dengan instalasi cadangan terpisah dan otomatis secara penuh dari DCC (*Distribution Control Center*)

¹⁴ Wiwid Putra Perdana, Rini Nur Hasanah, Harry S. Dachlan. 2009. Evaluasi Keandalan Sistem Tenaga Listrik pada Jaringan Distribusi primer Tipe Radial gardu Induk Blimbing. Jurnal EECCIS Vol 3(1). hlm 7

2.3.3 Faktor Tingkat Keandalan

Adapun faktor yang mempengaruhi tingkat keandalan jaringan distribusi adalah:¹⁵

1. Adanya gangguan pada jaringan, hal ini diusahakan pengaturan dan pengoperasian jaringan yang tepat sehingga daerah yang padam sekecil mungkin.
2. Kecepatan mengisolasi gangguan dan melakukan pengalihan (maneuver/manipulasi) beban, apabila terjadi gangguan hendaknya secepat mungkin dikirim ke petugas ke lapangan untuk mengisolir gangguan dan mengadakan maneuver jaringan, sehingga daerah-daerah yang padam sekecil mungkin, Lalu dicari dimana letak gangguan yang harus segera diperbaiki

2.3.4 Konsep Dasar Keandalan

Adapun konsep keandalan meliputi:

- a. Kegagalan
Yaitu berakhirnya kemampuan suatu peralatan untuk melaksanakan suatu fungsi yang diperlukan.
- b. Penyebab Kegagalan
Keadaan lingkungan selama disain, pembuatan atau yang akan menuntun kepada kegagalan.
- c. Mode Kegagalan
Akibat yang diamati untuk mengetahui kegagalan, misalnya suatu keadaan rangkaian terbuka atau hubung singkat.
- d. Mekanisme Kegagalan
Proses fisik, kimia atau proses lain yang menghasilkan kegagalan. Hal ini berlaku untuk peralatan bagiannya dalam segala keadaan lingkungan.
Besaran yang digunakan untuk menentukan nilai keadaan suatu peralatan listrik adalah besarnya suatu laju kegagalan/kecepatan kegagalan (*failure rate*) yang dinyatakan dengan simbol λ .

¹⁵ Husna Jamilah, Zulfasli Pelawi, dan Yusniati. 2018. Menentukan Indeks Saidi dan Saifi Pada Saluran Udara Tegangan Menengah di PT PLN Wilayah Nad Cabang Langsa. Vol 14(1).

2.3.5 Laju Kegagalan

Laju kegagalan adalah nilai rata-rata dari jumlah kegagalan pada selang waktu (F) pengamatan waktu tertentu (T), dan dinyatakan dalam satuan kegagalan pertahun. Nilai laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{F}{T} \dots \dots \dots (2.1)^{16}$$

Dimana :

λ : Laju Kegagalan

F : Jumlah kegagalan selama selang waktu

T : Selang waktu pengamatan

Nilai laju kegagalan akan berubah sesuai dengan umur dari sistem atau peralatan listrik selama beroperasi.

2.4 Gangguan Pada Sistem Distribusi

Gangguan pada sistem distribusi dapat terjadi pada beberapa faktor, yaitu:¹⁷

1. Gangguan Hubung Singkat dapat terjadi antar fase (3 fase atau 2 fase) atau 1 fase ketanah dan sifatnya bisa temporer atau permanen. Gangguan permanen, Hubung singkat pada kabel, belitan trafo, generator, (tembusnya isolasi). Gangguan temporer Flash Over karena sambaran petir, Flash Over dengan pohon, tertiup angin.
2. Gangguan Beban Lebih terjadi karena pembebanan sistem distribusi yang melebihi kapasitas sistem terpasang. Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus-menerus berlangsung dapat merusak peralatan.
3. Gangguan Tegangan Lebih termasuk gangguan yang sering terjadi pada saluran distribusi.

¹⁶ Nur Indah Arifani , Heru Winarno. 2013. Analisa Nilai Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20kV pada Penyulang Pandean lamper 1,5,8,9,10 di GI Pandean Lamper. Jurnal Gema Teknologi Vol.17(3).

¹⁷Muhammad Nashirul Haq . 2016 Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV di Gardu Induk Batang, hlm 22

Penyebab Gangguan :

1. Gangguan Internal (dari dalam) yaitu gangguan yang disebabkan oleh sistem itu sendiri. Misalnya gangguan hubung singkat, kerusakan pada alat, switching kegagalan isolasi, kerusakan pada pembangkit dan lain - lain.
2. Gangguan Eksternal (dari luar) yaitu gangguan yang disebabkan oleh alam atau diluar sistem. Misalnya terputusnya saluran/kabel karena angin, badai, petir, pepohonan, layang - layang dan sebagainya.
3. Gangguan Karena Faktor Manusia yaitu gangguan yang disebabkan oleh kecerobohan atau kelalaian operator, ketidak telitian, tidak mengindahkan peraturan pengamanan diri, dan lain-lain.

2.5 SAIDI (*System Avarage Interruption Duration Index*)

SAIDI atau *System Average Interruption Duration Index* merupakan index rata-rata dari jumlah durasi gangguan pada pelanggan selama 1 tahun. Indeks ini ditemukan dengan membagi jumlah seluruh durasi gangguan pada pelanggan tiap tahun dengan total jumlah pelanggan yang dilayani dengan hasil jam/pelanggan, dengan rumus

$$\text{SAIDI} = \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{N} \text{ jam/pelanggan} \dots \dots \dots (2.2)^{18}$$

Keterangan :

λ = indeks kegagalan rata-rata per tahun (*hour/year*)

N = jumlah konsumen padam

2.6 SAIFI (*System Avarage Interruption Frequency Index*)

SAIFI atau *System Average Interruption Frequency Index* merupakan indeks rata-rata dari jumlah gangguan per tahun yang terjadi pada pelanggan yang dilayani dengan jumlah total keseluruhan pelanggan yang dilayani

¹⁸ Achmad Fatoni, Rony Seto Wibowo, dan Adi Soeprijanto. 2016. Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis). JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5(2). hlm 464

$$SAIFI = \frac{\sum(U_i \times N_i)}{\sum N} \text{ pemadaman/pelanggan..... (2.3)}^{19}$$

Keterangan :

U = Durasi kegagalan rata-rata per tahun (*failure/year*)

N = jumlah konsumen padam

2.7 Standar Perusahaan Listrik Negara

SPLN adalah standar perusahaan PT PLN (Persero) yang ditetapkan Direksi yang bersifat Wajib. Dapat berupa peraturan, pedoman, instruksi, cara pengujian dan spesifikasi teknik. Tujuannya untuk memberikan pegangan yang terarah dalam menilai penampilan dan menentukan tingkat keandalan dari sistem distribusi dan juga sebagai tolak ukur terhadap kemajuan atau menentukan proyeksi yang akan dicapai PLN.

Berdasarkan standar PT PLN Februari 2011 yang dikeluarkan FOKUS penerbit PT PLN menetapkan bahwa system dalam kondisi baik jika memenuhi standar²⁰

Indeks Keandalan	Standar Nilai	Satuan
SAIDI	0,83	kali/pelanggan/tahun
SAIFI	1,2	Jam/pelanggan/tahun

Tabel 2.1 SPLN Indeks Keandalan 2011

2.8 MATLAB

MATLAB merupakan kependekan dari MATrix LABoratory dikarenakan setiap data pada MATLAB menggunakan dasar matriks. MATLAB adalah bahasa pemrograman tinggi, tertutup, dan case sensitive dalam lingkungan komputasi

¹⁹ Achmad Fatoni, Rony Seto Wibowo, dan Adi Soeprijanto. 2016. Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis). JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5(2). hlm 464

²⁰ Achmad Fatoni, Rony Seto Wibowo, dan Adi Soeprijanto. 2016. Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis). JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5(2). hlm 464

numerik yang dikembangkan oleh MathWorks. Salah satu kelebihanannya yang paling populer adalah kemampuan membuat grafik dengan visualisasi terbaik. MATLAB mempunyai banyak tools yang dapat membantu berbagai disiplin ilmu. Ini merupakan salah satu penyebab industri menggunakan MATLAB. Selain itu MATLAB mempunyai banyak library yang sangat membantu untuk menyelesaikan permasalahan matematika seperti membuat simulasi fungsi, pemodelan matematika dan perancangan GUI (*Graphical User Interfaces*).²¹

Adapun bentuk pemrograman dalam MATLAB salah satunya adalah file-m. Pemrograman dalam matlab akan tidak efektif jika dilakukan langsung di jendela kerja, karena fungsi pemrograman pada jendela kerja sangat terbatas. File m adalah tempat dimana kita dapat menuliskan program kita sebelum dieksekusi pada jendela kerja. File m secara garis besar terbagi menjadi dua tipe file m, kedua tipe file m ini memiliki karakteristik yang berbeda pada masing-masing tipenya. Kedua jenis tipe file m tersebut adalah:

1. Script

Script dalam matlab adalah salah satu tipe dari file m. Variabel yang digunakan dalam script berlaku global, penamaan dalam script bebas (tidak ditentukan sesuai kebutuhan).

2. Function

Function dalam matlab adalah salah satu tipe dari file m yang paling banyak digunakan, karena hampir semua file m yang ada di matlab berbentuk function. Variabel dalam function berlaku local, function menerima nilai dan mengeluarkan nilai, dan penamaan function tidak boleh sembarangan harus sesuai dengan nama functionnya.

Matlab merupakan integrasi komputasi, visualisasi dan pemrograman yang mudah digunakan. sehingga Matlab banyak digunakan sebagai:

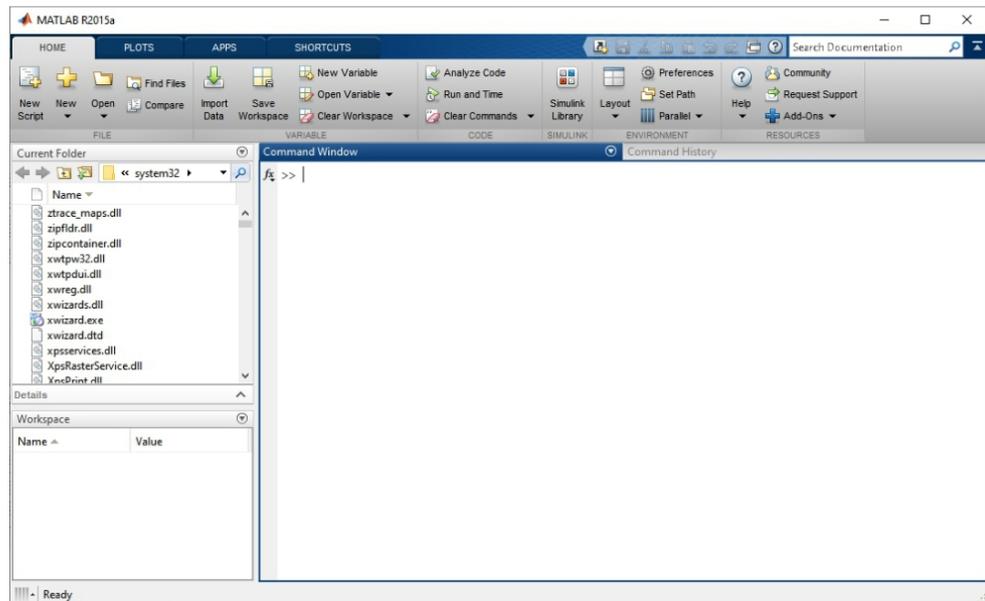
- a. Kalkulator, ketika bertindak sebagai kalkulator, memberikan hasil seketika setelah perintah operasi diberikan.
- b. Bahasa Pemrograman dengan tingkat tinggi berbasis pada matriks sering digunakan untuk teknik komputasi numeric, yang digunakan untuk

²¹ Noviansyah Muhammad. 2019. Pengenalan Dasar Matlab. Hlm 1

menyelesaikan masalah-masalah yang melibatkan operasi matematika elemen, matrik, optimasi, aproksimasi dan lain-lain

2.8.1 Window pada Matlab

Ada beberapa macam window yang tersedia dalam Matlab yang merupakan *window* untuk memulai penggunaan Matlab.



Gambar 2.10 Tampilan awal pada Matlab

Adapun beberapa macam window pada MATLAB yaitu:

a. *Command Window*

Pada *command window*, semua perintah matlab dituliskan dan dieksekusi. Kita dapat menuliskan perintah perhitungan sederhana, memanggil fungsi, mencari informasi tentang sebuah fungsi dengan aturan penulisannya (*help*), demo program, dan sebagainya. Setiap penulisan perintah selalu diawali dengan prompt '>>'. Misal, mencari nilai sin 90, maka pada *command window* kita dapat mengetikkan seperti pada gambar 2.11 :



```
>> sin (90)

ans =

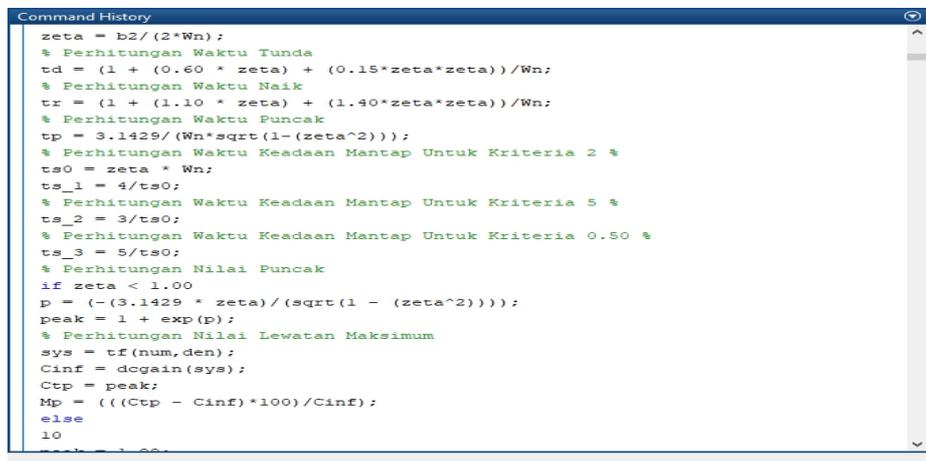
    0.8940

fx >>
```

Gambar 2.11 Tampilan *Comman Window*

b. *Command History*

Pada *Command History* berisi informasi tentang perintah yang pernah dituliskan sebelumnya. Kita dapat mengambil kembali perintah dengan menekan tombol panah ke atas atau mengklik perintah pada jendela histori, kemudian melakukan copy-paste ke command window.



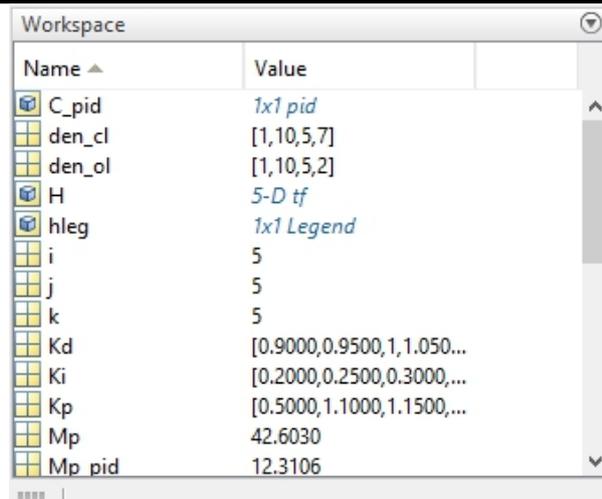
```
Command History

zeta = b2/(2*Wn);
% Perhitungan Waktu Tunda
td = (1 + (0.60 * zeta) + (0.15*zeta*zeta))/Wn;
% Perhitungan Waktu Naik
tr = (1 + (1.10 * zeta) + (1.40*zeta*zeta))/Wn;
% Perhitungan Waktu Puncak
tp = 3.1429/(Wn*sqrt(1-(zeta^2)));
% Perhitungan Waktu Keadaan Mantap Untuk Kriteria 2 %
ts0 = zeta * Wn;
ts_1 = 4/ts0;
% Perhitungan Waktu Keadaan Mantap Untuk Kriteria 5 %
ts_2 = 3/ts0;
% Perhitungan Waktu Keadaan Mantap Untuk Kriteria 0.50 %
ts_3 = 5/ts0;
% Perhitungan Nilai Puncak
if zeta < 1.00
p = -(3.1429 * zeta)/(sqrt(1 - (zeta^2)));
peak = 1 + exp(p);
% Perhitungan Nilai Lewatan Maksimum
sys = tf(num,den);
Cinf = dcgain(sys);
Ctp = peak;
Mp = ((Ctp - Cinf)*100)/Cinf;
else
10
peak = 1.00;
```

Gambar 2.12 Tampilan *Command History*

c. *Workspace*

Workspace merupakan window data-data yang dibuat pada *Command Window*, jadi *Workspace* berisi informasi pemakaian variabel di dalam memori matlab.

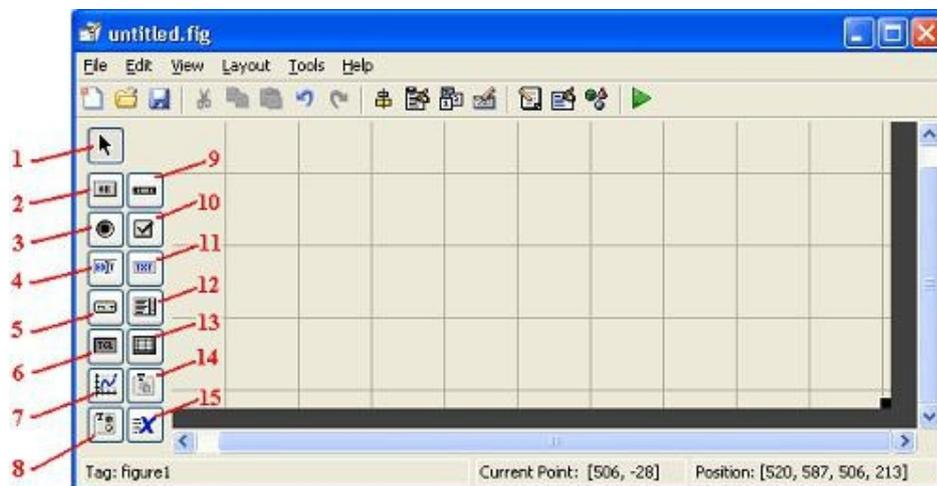


Name	Value
C_pid	1x1 pid
den_cl	[1,10,5,7]
den_ol	[1,10,5,2]
H	5-D tf
hleg	1x1 Legend
i	5
j	5
k	5
Kd	[0.9000,0.9500,1,1.050...]
Ki	[0.2000,0.2500,0.3000,...]
Kp	[0.5000,1.1000,1.1500,...]
Mp	42.6030
Mp_pid	12.3106

Gambar 2.13 Tampilan *Workspace*

2.8.2 Graphical User Interfaces (GUI)

GUI atau biasa disebut dengan GUIDE (GUI Builder) MATLAB merupakan aplikasi display dari MATLAB yang mengandung tugas, perintah atau komponen program yang mempermudah user (pengguna) dalam menjalankan sebuah program dalam MATLAB.



Gambar 2.14 Bagian-bagian GUI²²

Bagian-bagian GUI MATLAB

1. Selector
Befungsi sebagai kursor
2. Push Button

²² Chandra Wijaya Riki. 2021. Modul GUI MATLAB
http://rikichandrawijaya.staff.unja.ac.id/?media_dl=55 diakses 19 juli 2021

Push Button biasanya digunakan untuk menjalankan fungsi yang akan dieksekusi. Saat GUI dijalankan, Push Button diklik untuk menjalankan fungsi tertentu.

3. Radio Button

Digunakan untuk memilih atau menandai pilihan dari beberapa pilihan yang ada (bisa lebih dari satu).

4. Edit Text

Digunakan untuk input data yang dimasukkan ke dalam program.

5. Pop-up menu

digunakan untuk menu atau pilihan. Biasanya diisi lebih dari 1 pilihan.

6. Toggle Button

Memiliki fungsi yang sama dengan push button. Perbedaannya adalah saat pushbutton ditekan, maka tombol akan kembali pada posisi semula jika tombol mouse dilepas, sedangkan pada toggle button, tombol tidak akan kembali ke posisi semula, kecuali kita menekannya kembali.

7. Axes

Berfungsi untuk menampilkan grafik atau gambar. Axes tidak masuk dalam UIControl, tetapi dapat diprogram agar pemakai dapat berinteraksi dengan axes dan obyek grafik yang ditampilkan melalui axes

8. Button Grup

Menyatukan beberapa radio button. Jika salah satu radio button dipilih, yang lain otomatis dikosongi.

9. Slider

Berfungsi memberi input nilai tanpa menggunakan keyboard, dapat diatur sendiri nilai maks, minimal, serta sliderstep. Dengan cara menggeser slider secara vertical maupun horizontal ke nilai yang diinginkan. Nilai default dari slider adalah 0 sampai 1.

10. Check Box

Berfungsi menyediakan beberapa pilihan mandiri atau tidak bergantung dengan pilihan lainnya.

11. Static Text



Digunakan untuk memberi ket pada GUI. Bisa juga digunakan untuk menampilkan output.

12. Listbox

Daftar menu yang ditampilkan dalam bentuk list.

13. Tabel

Berfungsi menampilkan tabel di GUI MATLAB

14. Panel

Biasanya digunakan sebagai background atau tempat mendesign GUI.

15. ActiveX Control