



**SIMULATOR SISTEM TENAGA LISTRIK TIGA
FASA *DOUBLE FEEDER* SEBAGAI ALAT
PENDIDIKAN DAN PELATIHAN**

Skripsi

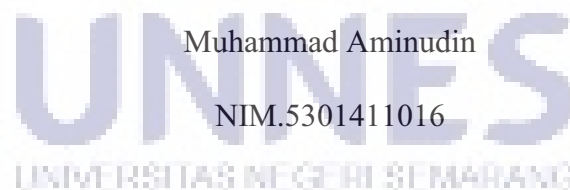
diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana

Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

Oleh

Muhammad Aminudin

NIM.5301411016



**PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2017**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Muhammad Aminudin

NIM : 5301411016

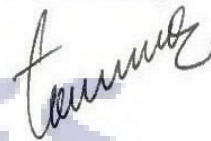
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro S1

Judul : Simulator Sistem Tenaga Listrik Tiga Fasa Double Feeder untuk Pendidikan dan Pelatihan

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, September 2017

Pembimbing,



Drs. Sutarno, M.T.


NIP.195510051984031001

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

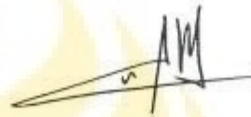
Skripsi dengan judul Simulator Sistem Tenaga Listrik Tiga Fasa Double Feeder untuk Pendidikan dan Pelatihan telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 28 bulan September 2017.

Panitia :
Ketua



Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T.
NIP. 197805312005011002

Sekretaris



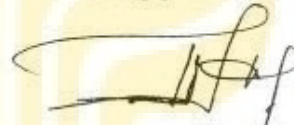
Drs. Agus Suryanto, M.T.
NIP. 196708181992031004

Penguji I



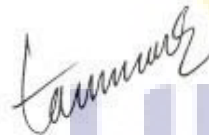
Drs. Said Sunardiyo, M.T.
NIP. 196505121991031003

Penguji II



Riana Defi Mahadji Putri, ST, MT
NIP. 19760918200512001

Penguji III



Drs. Sutarno, M.T.
NIP. 195510051984031001

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Oudus, M.T.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, di Universitas Negeri Semarang (UNNES).
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 28 September 2017



Muhammad Aminudin

NIM. 5301411016

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Tuliskan apa yang kamu cita-citakan, dan lakukan apa yang kamu tuliskan.
2. Jika kau tak bisa menjadi yang terbaik, setidaknya berilah beliau lukisan senyum terindahmu.

Persembahan :

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ibu dan Ayah tercinta yang selalu memberikan doa, dan semangat buat anaknya.
2. Saudara-saudaraku yang selalu memberikan dorongan untuk terus maju menuntut ilmu.
3. Arif, Budi dan Sahabatku yang selalu menemani dalam suka duka mengerjakan skripsi ini.
4. Keluarga ke duaku Kos Mbah Ti yang selalu membarikan motivasinya untukku.
5. Dosen, Staff, dan Teman teman mahasiswa di jurusan Teknik Elektro yang senantiasa membantu pengerjaan skripsi ini.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

ABSTRAK

Aminudin, Muhammad. 2017. **Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double Feeder* Tiga Fasa Untuk Pendidikan Dan Pelatihan**. Skripsi, Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Drs. Sutarno, M.T.

Mata kuliah sistem tenaga listrik merupakan salah satu mata kuliah wajib bagi mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang. Pelaksanaan perkuliahan masih banyak kendala karena laboratorium belum memiliki alat untuk mensimulasikan drop tegangan dan rugi daya pada pembelajaran sistem tenaga listrik. Berdasarkan latar belakang tersebut rumusan masalah yang diperoleh membuat simulator sistem tenaga listrik *double feeder* tiga fasa dapat digunakan untuk menampilkan rugi-rugi tegangan, rugi-rugi daya pada pembelajaran mata kuliah sistem tenaga listrik.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimen karena data yang digunakan bersumber dari penelitian laboratorium. Hasil data yang diperoleh dari laboratorium dikumpulkan sesuai praktik. Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah hasil dari praktik di Laboratorium. Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis deskriptif presentase.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Simulator Sistem Tenaga Listrik *double feeder* Tiga Fasa dapat menampilkan rugi-rugi tegangan dan rugi-rugi daya dari saluran pendek (15 cm), menengah (30 cm) dan panjang (45 cm). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double Feeder* Tiga Fasa dari saluran pendek menggunakan beban lampu pijar Nilai rugi tegangannya dengan beban lampu pada jaringan pendek setelah perbaikan menjadi 0,85 %, saluran menengah 0,85 % dan saluran panjang 1,28 %. Nilai rugi tegangan pada beban motor listrik AC setelah perbaikan pada saluran pendek menjadi 0,42 %, pada saluran menengah 0,42 %, pada saluran panjang 0,85 %. Nilai rugi tegangan pada lampu pijar setelah perbaikan pada saluran pendek 0,85 %, pada saluran menengah 0,98 %, pada saluran panjang 1,20 %.

Berdasarkan hasil penelitian Laboratorium dapat disimpulkan bahwa Simulator Sistem Tenaga Listrik Tiga fasa *Double feeder* Untuk Pendidikan dan Pelatihan dapat digunakan untuk menampilkan drop tegangan dan rugi daya. Perbaikan pada saluran karena pemasangan kompensator untuk memperbaiki rugi tegangan pada jaringan.

Kata kunci : eksperimen, simulator, sistem tenaga listrik *double feeder* tiga fasa.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala nikmat, rahmat dan hidayah Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double Fedeer* Tiga Fasa Untuk Pendidikan dan Pelatihan”. Skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan Studi Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Penulis menyadari sepenuhnya dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari bantuan orang lain. Oleh karena itu, ijinkanlah penulis mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada :

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Dr-Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T. Ketua jurusan Teknik Elektro UNNES
4. Drs. Sutarno, M.T. Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi kepada penulis dalam penyusunan proposal skripsi.
5. Kedua Orang tuaku dan kakakku yang selalu memberikan doa, semangat dan motivasi serta teman-teman yang telah membantu dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini.

Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran demi sempurnanya pelaksanaan penelitian skripsi. Akhir kata semoga dapat bermanfaat bagi semuanya.

Semarang, 28 September 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB IIKAJIAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sistem Tenaga Listrik.....	6
2.1.1 Sistem Distribusi.....	8
2.1.1.1 Jaringan Radial	8
2.1.1.2 Jaringan Hantaran Penghubung (Tie Line)	9
2.1.1.3 Jaringan Lingkar (Loop).....	10
2.1.1.4 Jaringan Spindel	11
2.1.1.5 Jaringan Sistem Gugus atau Sistem Klauser	12

2.2	Karakteristik Listrik Saluran Transmisi.....	12
2.2.1	Tahanan Saluran	13
2.2.2	Induktansi	16
2.2.3	Kapasitansi.....	17
2.2.4	Klasifikasi Saluran.....	18
2.2.5	Daya.....	22
2.3	Simulator.....	27
BAB III METODE PENELITIAN.....		29
3.1	Metode Penelitian	29
3.2	Subjek Penelitian	29
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian.....	30
3.4	Prosedur Penelitian	30
3.4.1	Persiapan.....	30
3.4.2	Observasi	30
3.4.3	Perencanaan Desain	31
3.4.4	Pembuatan Simulator.....	34
3.4.5	Uji Simulator.....	35
3.4.6	Teknik Pengumpulan Data.....	36
3.4.7	Teknik Analisis Data	36
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		38
4.1	Hasil Penelitian	38
4.1.1	Pembuatan Simulator.....	38
4.1.2	Hasil Penelitian Laboratorium	39
4.2	Pembahasan	45
4.2.1	Pembahasan Pembuatan Simulator.....	45
4.2.2	Pembahasan Hasil Penelitian Laboratorium.....	45

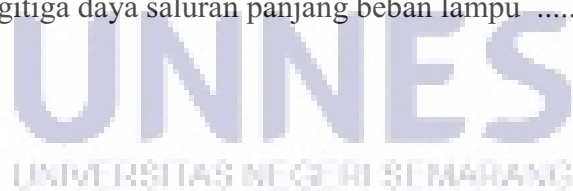
	Halaman
BAB V PENUTUP.....	57
5.1 Simpulan.....	57
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN.....	60



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Konfigurasi Jaringan Radial.....	8
Gambar 2.2. Konfigurasi Jaringan Hantaran penghubung(<i>Tie Line</i>).....	10
Gambar 2.3. Konfigurasi Jaringan <i>Loop</i>	10
Gambar 2.4. Konfigurasi Jaringan Spindel.....	11
Gambar 2.5. Konfigurasi sistem Klauser.....	12
Gambar 2.6. Diagram Pengganti Saluran Pendek.....	18
Gambar 2.7. Diagram Pengganti Saluran Menengah, Nominal <i>T</i>	19
Gambar 2.8. Diagram Pengganti Saluran Menengah, Nominal <i>PI</i>	20
Gambar 2.9. Diagram Pengganti Saluran Panjang.....	20
Gambar 2.10. Segitiga Daya.....	24
Gambar 2.11. Diagram Faktor Daya.....	25
Gambar 3.1. Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	37
Gambar 3.2. Desain Simulator.....	35
Gambar 4.1 Simulator Sistem Tenaga Listrik Tiga Fasa.....	39
Gambar 4.2 Grafik rugi tegangan jaringan ganda beban lampu.....	40
Gambar 4.3 Grafik rugi tegangan jaringan ganda beban motor AC.....	41
Gambar 4.4 Grafik rugi tegangan jaringan ganda beban lampu pijar.....	41
Gambar 4.5 Grafik daya jaringan ganda beban lampu.....	42
Gambar 4.6 Grafik daya jaringan ganda beban motor AC.....	43
Gambar 4.7 Grafik daya jaringan ganda beban lampu pijar.....	44
Gambar 4.8 Vektor tegangan jaringan ganda saluran pendek dengan beban lampu pijar.....	48
Gambar 4.9 Vektor tegangan jaringan ganda saluran pendek dengan beban motor AC.....	49
Gambar 4.10 Vektor tegangan jaringan ganda saluran pendek dengan beban lampu.....	49
Gambar 4.11 Vektor tegangan jaringan ganda saluran menengah dengan	

	Halaman
beban lampu pijar	50
Gambar 4.12 Vektor tegangan jaringan ganda saluran menengah dengan beban motor AC	50
Gambar 4.13 Vektor tegangan jaringan ganda saluran menengah dengan beban lampu	50
Gambar 4.14 Vektor tegangan jaringan ganda saluran panjang dengan beban lampu pijar	50
Gambar 4.15 Vektor tegangan jaringan ganda saluran panjang dengan beban motor AC	51
Gambar 4.16 Vektor tegangan jaringan ganda saluran panjang dengan beban lampu	51
Gambar 4.17 Segitiga daya saluran pendek beban lampu pijar	52
Gambar 4.18 Segitiga daya saluran pendek beban motor AC	52
Gambar 4.19 Segitiga daya saluran pendek beban lampu	52
Gambar 4.20 Segitiga daya saluran menengah beban lampu pijar	53
Gambar 4.21 Segitiga daya saluran menengah beban motor AC	53
Gambar 4.22 Segitiga daya saluran menengah beban lampu	53
Gambar 4.23 Segitiga daya saluran panjang beban lampu pijar	54
Gambar 4.24 Segitiga daya saluran panjang beban motor AC	54
Gambar 4.25 Segitiga daya saluran panjang beban lampu	54



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Harga-harga T_0 dan α untuk bahan-bahan konduktor	15
Tabel 2.2. Resistivitas bahan konduktor standar untuk berbagai temperatur ..	15
Tabel 3.1. Nilai Resistor, Induktor dan Kapasitor	33
Tabel 4.1. Hasil penelitian laboratorium.....	55



DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 Desain awal produk	60
Lampiran 2 Desain akhir produk	60
Lampiran 3 Pengujian Simulator di Lab Teknik Elektro UNNES.....	61
Lampiran 4 Analisis data penelitian laboratorium	62
Lampiran 5 Dokumentasi uji pengguna	62



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dewasa ini kebutuhan akan energi listrik dalam kehidupan manusia menjadi hal utama atau pokok. Energi listrik saat ini dapat diperoleh melalui sebuah sistem sebelum digunakan sebagai sumber listrik. Menurut Stevenson W.D. (1990: 1) bahwa sistem tenaga listrik terbagi menjadi tiga bagian yaitu pembangkitan, transmisi, dan distribusi tenaga listrik. Energi listrik dapat dihasilkan dari sistem pembangkit listrik, adapun sistem pembangkit listrik tersebut antara lain Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTP), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), dan lain sebagainya. Energi ini kemudian akan disalurkan ke konsumen melalui jaringan listrik yaitu jaringan transmisi dan distribusi.

Jaringan listrik atau jaringan transmisi berfungsi menyalurkan energi listrik yang telah dihasilkan oleh pembangkit. Energi listrik yang dihasilkan oleh sistem pembangkit listrik memiliki kapasitas listrik tinggi dengan tegangan 11kV sampai 24kV. Dari hasil pembangkit listrik, kemudian tegangan listrik dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan menggunakan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV ,154kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui

saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, hal ini disebabkan besar kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir tiap hambatan ($I^2 R$).

Daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula. Tegangan dari saluran transmisi diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusiprimer. Saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya, disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan. Pada system penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan trafo-trafo step-up. Proses penyaluran jaringan energi listrik mulai dari proses pembangkitan, transmisi dan distribusi. Proses penyaluran energi listrik ini dan gejala kelistrikan didalamnya di pelajari pada salah satu mata kuliah praktik sistem tenaga listrik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang. Pelajaran praktik sistem tenaga listrik sangat berguna bagi mahasiswa jurusan teknik elektro karena dalam pelajaran ini mahasiswa dapat lebih memahami proses penyaluran sistem tenaga listrik, salah satunya mempelajari tentang praktik sistem tenaga listrik tiga fasa *double feeder* dan mahasiswa diharapkan mampu menganalisis tegangan input (tegangan sumber), tegangan pada tiap bus yaitu bus

saluran pendek, bus saluran menengah, bus saluran panjang, tegangan pada output (tegangan pada beban), arus yang mengalir, faktor daya, serta mencari rugi-rugi daya dan tegangan. Proses menganalisis pada praktik sistem tenaga listrik tiga fasa double feeder menggunakan perhitungan teori yang yang telah diajarkan pada waktu pembelajaran, kurangnya alat simulator sistem tenaga listrik tiga fasa double feeder di Laboratorium Teknik Elektro UNNES yang memadai, membuat mahasiswa merasa kesulitan dalam pembelajarannya.

Dalam praktik pembelajaran di Laboratorium Teknik Elektro UNNES mahasiswa masih menggunakan alat simulator sistem tenaga listrik tiga fasa double feeder yang belum lengkap dan belum memadai, hal ini menyebabkan kegiatan pembelajaran praktik menjadi belum maksimal dalam penguasaan materi baik teori maupun praktik yang disampaikan oleh dosen. Sesuai dengan masalah tersebut,

Tindakan alternatif untuk mengatasi masalah tersebut berupa pengembangan bahan ajar simulator baru yang dapat membantu dalam praktik dengan nama 'Simulator Sistem Tenaga Listrik Tiga Fasa *Double Feeder*'. Penggunaan simulator sistem tenaga listrik tiga fasa *double feeder* dalam pembelajaran praktikum mahasiswa, diharapkan dapat mengatasi permasalahan kebutuhan alat praktik dalam pembelajaran sistem tenaga listrik, memberikan kemudahan bagi mahasiswa dalam penguasaan materi pembelajaran mengenai simulasi sistem tenaga listrik, sehingga dapat meningkatkan daya serap materi pelajaran dan dapat mengoptimalkan hasil belajar para mahasiswa teknik elektro

UNNES, mengambil dasar permasalahan inilah yang akhirnya mendorong saya sebagai peneliti untuk mengadakan penelitian dan membuat Skripsi yang berkaitan dengan pengembangan alat simulator yang berjudul “ Simulator Sistem Tenaga Listrik Tiga Fasa *Double Feeder* Untuk Pendidikan Dan Pelatihan ”.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan permasalahan yang ada maka dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut:

1. Kurangnya alat praktik sistem tenaga listrik di Laboratorium.
2. Belum maksimalnya kegiatan pembelajaran sistem tenaga listrik..
3. Pembuatan simulator untuk melengkapi alat praktik.
4. Pembuatan simulator untuk menampilkan rugi-rugi daya dan tegangan pada jaringan.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi tersebut, maka peneliti membahas tentang pembuatan simulator sistem tenaga listrik tiga fasa *double feeder* yang digunakan untuk mengukur besar tegangan pada jaringan listrik. Simulator ini akan mensimulasikan jaringan listrik pada saluran pendek, menengah, dan panjang dengan double feeder atau dua pengisian. Simulator ini akan menggunakan sumber tegangan AC tiga fasa 380/220 Volt.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dan batasan masalah yang peneliti jabarkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat simulator sistem tenaga listrik tiga fasa *double feeder* yang dapat membantu dalam proses kegiatan perkuliahan sistem tenaga listrik.
2. Bagaimana membuat simulator sistem tenaga listrik tiga fasa *double feeder* yang dapat menampilkan rugi-rugi daya dan drop tegangan.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini adalah:

1. Membuat simulator sistem tenaga listrik tiga fasa *double feeder* dapat digunakan untuk praktikum mahasiswa pada mata kuliah sistem tenaga listrik.
2. Mengetahui rugi-rugi daya dan drop tegangan pada simulator.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Pembuatan simulator sistem tenaga listrik tiga fasa *double feeder* untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa pada mata kuliah praktik sistem tenaga listrik
2. Pembuatan simulator sistem tenaga listrik tiga fasa *double feeder* dapat menambah bahan praktikum bagi mahasiswa di laboratorium

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Menurut Wiliam D. Stevenson (1990:1) Secara umum sistem tenaga listrik dapat dikatakan terdiri dari tiga bagian utama, yaitu:

1. Pembangkit tenaga listrik,
2. Transmisi tenaga listrik dan
3. Distribusi tenaga listrik.

Sistem tenaga listrik modern merupakan sistem yang kompleks yang terdiri dari pusat pembangkit, saluran transmisi dan jaringan distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan daya dari pusat pembangkit ke pusat-pusat beban. Untuk memenuhi tujuan operasi sistem tenaga listrik, ketiga bagian yaitu pembangkit, penyaluran dan distribusi tersebut satu dengan yang lainnya tidak dapat dipisahkan. Tenaga listrik dibangkitkan di pusat-pusat listrik tenaga (PLT), seperti: tenaga air (PLTA), tenaga uap (PLTU), tenaga panas bumi (PLTP), tenaga gas (PLTG), tenaga diesel (PLTD), tenaga nuklir (PLTN), dan lain sebagainya. (Hutauruk 1990:1).

Pusat listrik tenaga itu umumnya terletak jauh dari tempat-tempat dimana tenaga listrik itu digunakan atau pusat-pusat beban (load centres). Karena itu tenaga listrik yang dibangkitkan harus disalurkan melalui kawat-kawat atau saluran transmisi. Karena tegangan generator umumnya rendah, antara 6 kV sampai 24 kV, maka tegangan ini biasanya dinaikkan dengan pertolongan transformator daya ke tingkat

tegangan yang lebih tinggi antara 30 kV sampai 500 kV (di beberapa negara maju bahkan sudah mencapai 1000 kV).Tingkat tegangan yang lebih tinggi ini, selain untuk memperbesar daya hantar dari saluran yang berbanding lurus dengan kuadrat tegangan, juga untuk memperkecil rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran.Sudah jelas dengan mempertinggi tegangan tingkat isolasi pun harus lebih tinggi, dengan demikian biaya peralatan juga tinggi.Penurunan tegangan dari tingkat tegangan transmisi pertama-tama dilakukan pada gardu induk (GI), di mana tegangan diturunkan ke tegangan yang lebih rendah, misalnya : dari 500 kV ke 150 kV atau dari 150 kV ke 70 kV. Penurunan kedua dilakukan pada gardu induk distribusi dari 150 kV ke 20 kV atau dari 70 kV ke 20 kV.Tegangan 20 kV disebut tegangan distribusi primer.

Ada dua kategori saluran transmisi: saluran udara (*Overhead Lines*) dan saluran kabel tanah (*Underground cable*). Saluran transmisi kategori yang pertama menyalurkan tenaga listrik melalui kawat-kawat yang digantung pada menara atau tiang transmisi dengan perantaraan isolator-isolator, sedang untuk kategori kedua menyalurkan tenaga listrik melalui kabel-kabel yang ditanam di bawah tanah. Kedua cara penyaluran di atas mempunyai untung-ruginya sendiri-sendiri. Dibandingkan dengan saluran udara, saluran bawah tanah tidak terpengaruh oleh cuaca buruk, angin topan, hujan angin, bahaya petir dan sebagainya. Saluran bawah tanah lebih estetik karena tidak mengganggu pandangan, namun biaya pembuatannya jauh lebih mahal dibandingkan dengan saluran udara, dan perbaikannya lebih sukar bila terjadi gangguan hubung singkat dan kesukaran-kesukaran lain.

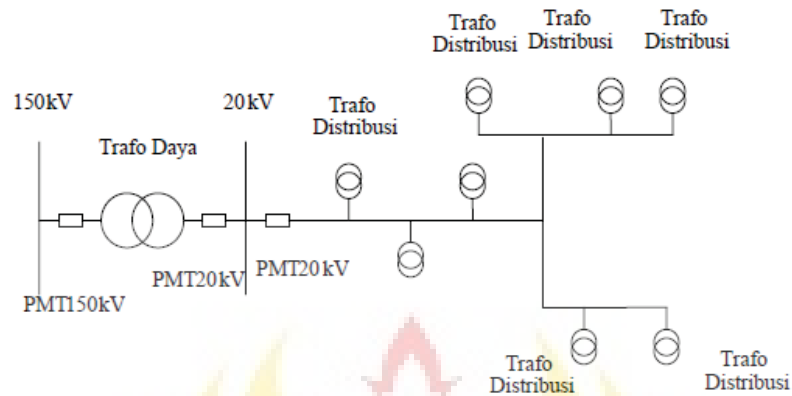
2.1.1 Sistem Distribusi

Tegangan sistem distribusi dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian besar, yaitu distribusi primer (20 kV) dan distribusi sekunder (380/220 V). Jaringan distribusi 20 kV sering disebut Sistem Distribusi Tegangan Menengah dan jaringan distribusi 380/220V sering disebut jaringan distribusi sekunder atau disebut Jaringan Tegangan Rendah.

Jaringan Pada Sistem Distribusi tegangan menengah (Primer 20 kV) dapat dikelompokkan menjadi lima model, yaitu Jaringan Radial, Jaringan hantaran penghubung (Tie Line), Jaringan Lingkaran (Loop), Jaringan Spindel dan Sistem Gugus atau Kluster.

2.1.1.1 Jaringan Radial

Sistem distribusi dengan pola Radial seperti Gambar 2.1. Adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.



Sumber: Donal Siregar.USU.2011

Gambar2.1Konfigurasi Jaringan Radial.

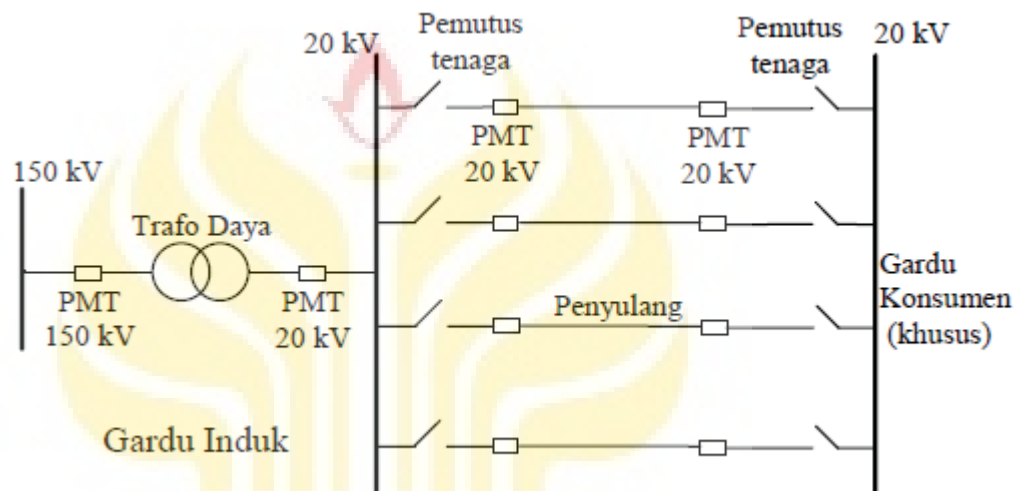
Dalam penyulang tersebut dipasang gardu-gardu distribusi untuk konsumen. Gardu distribusi adalah tempat dimana trafo untuk konsumen dipasang. Pemasangannya dapat dalam bangunan beton atau diletakan diatas tiang. Keuntungan dari system ini adalah system ini tidak rumit dan lebih murah disbanding dengan system yang lain.

Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding dengan sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam.

Kerugian lain yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada diujung saluran.

2.1.1.2 Jaringan Hantaran Penghubung (*Tie Line*)

Sistem distribusi Tie Line seperti Gambar 2.2. digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (Bandar Udara, Rumah Sakit, dan lainlain).

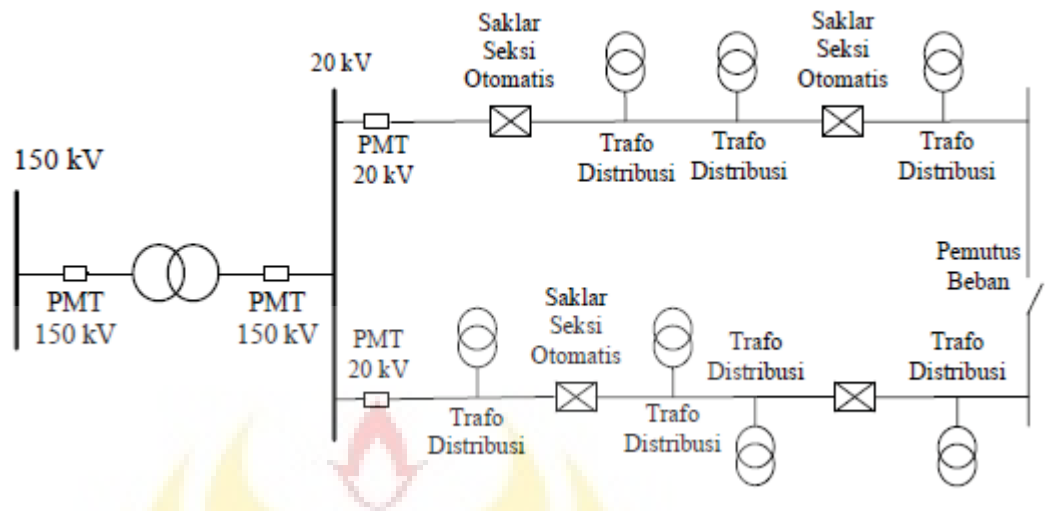


Sumber: Donal Siregar.USU.2011

Gambar 2.2. Konfigurasi Jaringan Hantaran Penghubung

2.1.1.3 Jaringan Lingkar (Loop)

Pada Jaringan Tegangan Menengah Struktur Lingkaran (*Loop*) seperti Gambar 2. 3. dimungkinkan pemasokannya dari beberapa gardu induk, sehingga dengan demikian tingkat keandalannya relatif lebih baik.

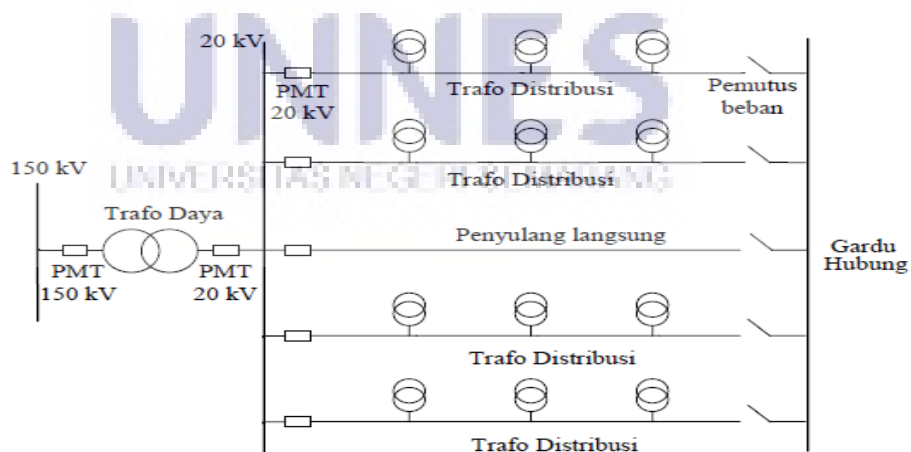


Sumber: Donal Siregar.USU.2011

Gambar 2.3. Konfigurasi Jaringan Loop

2.1.1.4 Jaringan Spindel

Sistem Spindel seperti pada Gambar 2.4, adalah suatu pola kombinasi jaringan dari pola Radial dan Ring. Spindel terdiri dari beberapa penyulang (feeder) yang tegangannya diberikan dari Gardu Induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung (GH).



Sumber: Donal Siregar.USU.2011

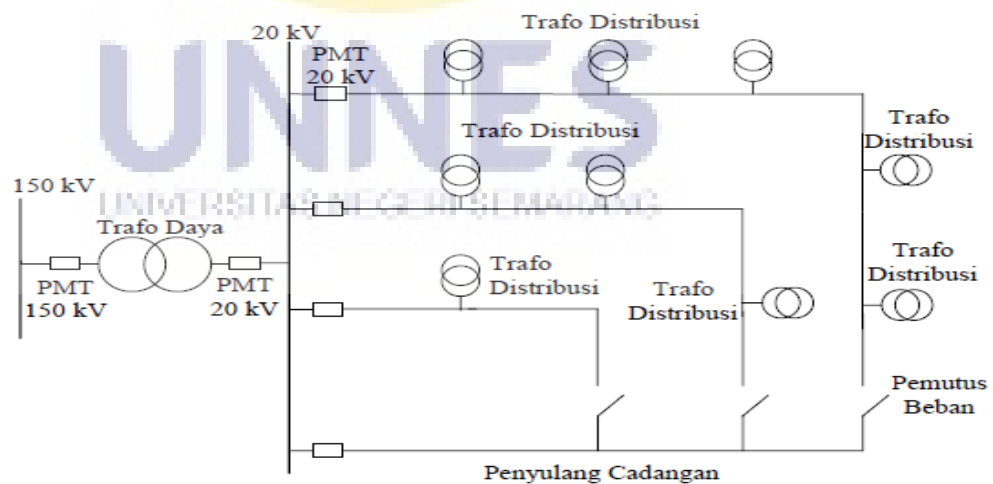
Gambar 2.4. Konfigurasi Jaringan Spindel

Pada sebuah spindle biasanya terdiri dari beberapa penyulang aktif dan sebuah penyulang cadangan (*express*) yang akan dihubungkan melalui gardu hubung. Pola Spindel biasanya digunakan pada jaringan tegangan menengah (JTM) yang menggunakan kabel tanah /saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM).

Namun pada pengoperasiannya, sistem Spindel berfungsi sebagai sistem Radial. Didalam sebuah penyulang aktif terdiri dari gardu distribusi yang berfungsi untuk mendistribusikan tegangan kepada konsumen baik konsumen tegangan rendah (TR) atau tegangan menengah (TM).

2.1.1.5 Sistem Gugus atau Sistem Kluster

Konfigurasi Gugus seperti pada Gambar 2.5 banyak digunakan untuk kota besar yang mempunyai kepadatan beban yang tinggi. Dalam sistem ini terdapat Saklar Pemutus Beban, dan penyulang cadangan.



Sumber: Donal Siregar.USU.2011

Gambar 2.5.Konfigurasi Sistem Kluster

Dimana penyulang ini berfungsi bila ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang konsumen maka penyulang cadangan inilah yang menggantikan fungsi suplai kekonsumen.

2.2 Karakteristik Listrik Saluran Transmisi

Pengertian karakteristik listrik saluran transmisi ialah konstanta-konstanta saluran, yaitu : tahanan R, Induktansi L, Konduktansi G, dan Kapasitansi. Pada saluran udara konduktansi sangat kecil sehingga dengan mengabaikan konstanta G itu perhitungan-perhitungan akan lebih mudah dan pengaruhnyapun masih dalam batas-batas yang dapat diabaikan.(Hutauruk.1990:6)

2.2.1 Tahanan Saluran

Resistansi penghantar saluran transmisi adalah penyebab terpenting dari rugi daya (powerloss) pada saluran transmisi. Jika tidak ada keterangan lain maka resistansi yang dimaksud adalah resistansi efektif. Resistansi efektif dari suatu penghantar adalah :

$$R = \frac{\text{Rugi daya pada penghantar}}{I^2} \Omega$$

dimana: Daya=Watt(W).

Arus rms =Amper(A).

Sedangkan resistansi dc diberikan oleh rumus :

$$R = \rho \frac{l}{A} \Omega m$$

(Wiliam D Stevenson,1990:39)

dimana: ρ =resistivitas penghantar (Ω),

l =panjang (m),

A =luas penampang (m^2).

Dalam sistem MKS satuan untuk resistivitas ρ diberikan dalam ohm-meter, panjang dalam meter dan luas dalam meter kuadrat. sistem yanglain (CGS), ρ diberikan dalam mikro-centimeter, panjang dalam centimeter, dan luas dalam centimeter kuadrat.

Pada umumnya kawat-kawat penghantar terdiri dari kawat-pilin (*stranded conductors*) maka sebagai factor koreksi untuk memperhitungkan pengaruh dari kawat-pilin itu, panjang kawat dikalikan dengan 1,02 (2% factor koreksi) lihat Tabel 2.1. Tahanan kawat berubah oleh temperatur. Batas temperature $10^{\circ}C$ sampai $100^{\circ}C$, maka untuk kawat tembaga dan aluminium berlaku rumus :

$$R_{t_2} = R_{t_1}[1 + \alpha_{t_1}(t_2 - t_1)]\Omega$$

jadi,

$$\frac{R_{t_2}}{R_{t_1}} = 1 + \alpha_{t_1}(t_2 - t_1)$$

$$\frac{R_{t_2}}{R_{t_1}} = \frac{T_0 + t_2}{T_0 + t_1}$$

jika,

$$\alpha_{t_1} = \frac{1}{T_0 + t_1}$$

Dimana :

R_{t_1} = tahanan pada temperatur t_1 , Ω

R_{t_2} = tahanan pada temperatur t_2 , Ω

α_{t_1} = koefisien temperatur dari tahanan pada temperatur $t_1 C^0$,

Pada tabel 2.1 dan 2.2 menunjukkan resistivitas dan temperature dari resistansi.

Tabel 2.1 Harga-harga T_0 dan α untuk bahan-bahan konduktor standar.

Material	T_0 °C	Koefisien temperatur dari tahanan x 10^{-3}						
		α_0	α_{20}	α_{25}	α_{50}	α_{75}	α_{80}	α_{100}
Cu 100%	234,5	4,27	3,93	3,85	3,52	3,25	3,18	2,99
Cu 97,5%	241,0	4,15	3,83	3,76	3,44	3,16	3,12	2,93
Al 61%	228,1	4,38	4,03	3,95	3,60	3,30	3,25	3,05

Sumber : Hutaaruk,1990:8.

Tabel 2.2 Resistivitas dari bahan-bahan konduktor standar untuk berbagai temperatur.

Material	Mikro – Ohm – Cm						
	ρ_0	ρ_{20}	ρ_{25}	ρ_{50}	ρ_{75}	ρ_{80}	ρ_{100}
Cu 100%	1,58	1,72	1,75	1,92	2,09	2,12	2,26
Cu 97,5%	1,63	1,77	1,80	1,97	2,14	2,18	2,31
Al 61%	2,60	2,83	2,89	3,17	3,46	3,51	3,74

Sumber : Hutaaruk,1990:8.

Pada umumnya konduktor penghantar saluran transmisi merupakan konduktor berlilit (*stranded conductor*) yang dipilin, maka distribusi arus

menjadi tidak seragam pada luas penampang konduktornya dan kerapatan arus menjadi lebih tinggi dipermukaan konduktor, hal ini akan mengakibatkan nilai resistans arus bolak balik (R_{ac}) konduktor menjadi lebih besar sekitar 2% dari nilai resistans arus searah (R_{dc}). Peristiwa ini dikenal sebagai efek kulit (*skin effect*). Oleh sebab itu untuk mencari nilai resistansnya perlu dikoreksi dengan faktor pengali sebagai berikut :

- a. Untuk konduktor padat (*solid wire*), faktor pengali : 1,0
- b. Untuk konduktor pilin yang terdiri dari 2 lapis, faktor pengali : 1,01
- c. Untuk konduktor pilin yang terdiri lebih dari 2 lapis, faktor pengali : 1,02

2.2.2 Induktansi

Induktansi, disamping tahanan dan kapasitansi saluran transmisi, dinamakan konstanta saluran dan merupakan bagian penting dalam perhitungan karakteristik saluran.

Menurut Zuhail , untuk memperoleh nilai induktansi per konduktor menggunakan rumus :

$$L = \left\{ 0,5 + 4,6 \log_{10} \frac{D - r}{r} \right\} \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

L = induktansi per konduktor

D = adalah jarak antara konduktor

r = adalah radius masing-masing konduktor

Pada saluran tiga fasa nilai induktansi/fasa sama dengan nilai induktansi per konduktor.

2.2.3 Kapasitansi

Kapasitansi saluran transmisi adalah akibat beda potensial antara penghantar (konduktor), kapasitansi menyebabkan penghantar tersebut bermuatan seperti yang terjadi pada plat kapaistor bila terjadi beda potensial diantaranya. Kapasitansi antara penghantar adalah muatan per unit beda potensial. Kapasitansi antara penghantar sejajar adalah suatu konstanta yang tergantung pada ukuran dan jarak pemisah dan penghantar.

Untuk saluran daya yang panjangnya kurang dari 80km (50mil), pengaruh kapasitansinya kecil dan biasanya dapat diabaikan. Untuk saluran-saluran yang lebih panjang dengan tegangan yang lebih tinggi, kapasitansinya menjadi bertambah kering.

Suatu tegangan bolak-balik yang terpasang pada saluran transmisi akan menyebabkan muatan pada penghantar-penghantarnya disetiap titik bertambah atau berkurang sesuai dengan kenaikan dan penurunan nilai sesaat tegangan antara penghantar pada titik tersebut. Aliran muatan listrik dan arus yang disebabkan oleh pengisian dan pengosongan bolak-balik (*alternate charging and discharging*) saluran karena tegangan bolak-balik disebut arus pengisian saluran. Arus pengisian mengalir dalam saluran transmisi meskipun saluran itu dalam keadaan terbuka. Hal ini

mempengaruhi jatuh tegangan sepanjang saluran, efisiensi, dan faktor daya saluran serta kestabilan sistem dimana saluran tersebut merupakan salah satu bagiannya.

Menurut Zuhaili, kapasitansi untuk masing-masing konduktor terhadap titik netral adalah :

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r}{\ln D/r} \quad F/m$$

C = adalah kapasitansi untuk masing-masing konduktor terhadap titik netral

D = adalah jarak antara konduktor ϵ_0 = Permittifitas

r = adalah radius masing-masing konduktor ϵ_r = Jenis bahan

2.2.4 Klasifikasi Saluran Transmisi

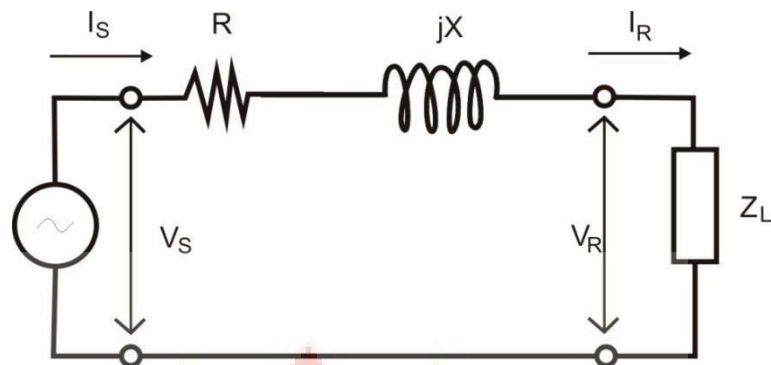
Klasifikasi untuk keperluan diagram pengganti dibagi menjadi 3 kelas, yaitu : Kawat Pendek (< 80 km), Kawat Menengah (80 – 240 km), dan Kawat Panjang (> 240 km). (Hutauruk, 1990:59)

Biasanya klasifikasi ini digunakan untuk keperluan analisis dan perhitungan.

a. Saluran Pendek

Menurut (Hutauruk, 1990 :61) Pada saluran pendek ini nilai kapasitansi penghantar dapat diabaikan sehingga penghantar dimodelkan dengan

impedansi (R dan XL), maka saluran transmisi dimodelkan sebagai berikut



Gambar 2.6. Diagram pengganti saluran pendek

Maka untuk saluran pendek berlaku :

$$V_S = V_R + ZI_R \text{ Volt}$$

$$I_S = I_R \text{ Ampere}$$

Dimana :

V_S = tegangan pada ujung kirim atau ujung generator (V)

I_S = arus pada ujung kirim atau ujung generator (A)

V_R = tegangan pada ujung terima atau ujung beban (V)

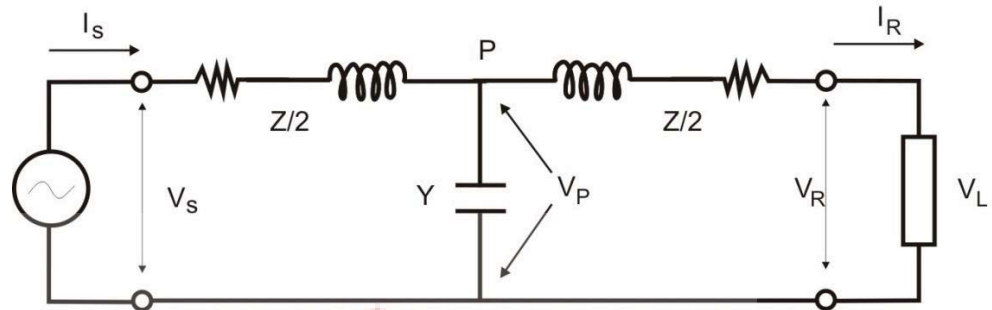
I_R = arus pada ujung terima atau ujung beban (A)

$Z = R + jX$ = impedansi saluran

b. Saluran Menengah

Menurut (Hutauruk,1990 :62) Pada saluran menengah nilai kapasitansi tidak dapat diabaikan sehingga penghantar dimodelkan dengan impedansi penghantar (R dan XL) dan kapasitansi yang dapat dimodelkan dalam bentuk nominal T dan PI (π).

a. Saluran Menengah Nominal T

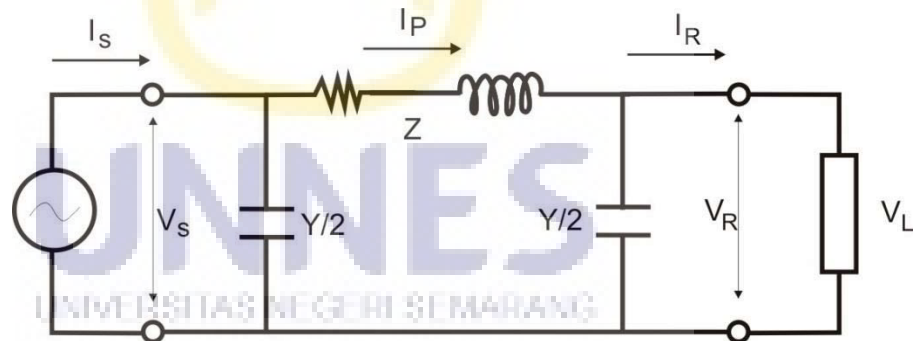


Gambar 2.7. Diagram pengganti saluran menengah Nominal T

Maka untuk saluran menengah Nominal T berlaku :

$$V_S = \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) V_R + \left(Z + \frac{Z^2 Y}{4}\right) I_R \quad \text{Volt}$$

$$I_S = Y V_R + \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) I_R \quad \text{Ampere}$$

b. Saluran Menengah Nominal PI (π)

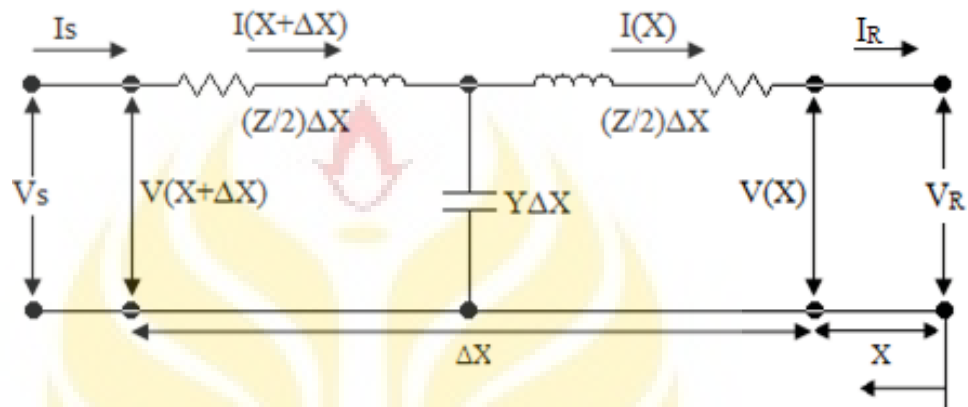
Gambar 2.8. Diagram pengganti saluran menengah Nominal PI

$$V_S = \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) V_R + Z I_R \quad \text{Volt}$$

$$I_S = \left(Y + \frac{ZY^2}{4}\right) V_R + \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) I_R \quad \text{Ampere}$$

c. Saluran Panjang

Pada saluran panjang, nilai kapasitansi dan impedansi penghantar (R dan XL) diasumsikan terdapat pada sepanjang penghantar hingga batas tak hingga, untuk itu dilakukan metoda pendekatan per elemen panjang, sebagai berikut :



Gambar 2.9. Diagram pengganti saluran panjang

Misalkan :

Z = impedansi per satuan panjang

Y = admitansi shunt per satuan panjang

l = panjang saluran

maka :

$$V_S = V_R \cosh \sqrt{ZY} l + Z_K I_R \cosh \sqrt{ZY} l \quad (V)$$

$$I_S = I_R \cosh \sqrt{ZY} l + \frac{V_R}{Z_R \cosh \sqrt{ZY} l} I \quad (A)$$

Atau

$$V_R = V_S \cosh \sqrt{ZY} l + Z_K I_S \sinh \sqrt{ZY} l \quad (V)$$

$$I_R = I_S \cosh \sqrt{ZY} l + \frac{V_S}{Z_K \sinh \sqrt{ZY} l} I \quad (A)$$

Dimana :

$$\sqrt{\frac{Z}{Y}} = Z_K = \textit{karakteristik impedansi}$$

Hutaaruk, 1985:74.

2.2.5 Daya

Menurut kamus besar bahasa Indonesia, daya adalah kemampuan melakukan sesuatu atau kemampuan bertindak; kekuatan; tenaga. Daya hantar adalah kemampuan menghantarkan (mengalirkan) kalor atau arus listrik. Menurut Kamus Fisika, daya adalah laju usaha yang dilakukan atau laju perubahan energi, dengan satuan SI-nya adalah watt (W) yang setara dengan 1 joule per detik. Sedangkan menurut Wikipedia, daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam sirkuit listrik.

Daya listrik merepresentasikan laju perubahan energi yang dihasilkan oleh sebuah perangkat listrik, dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Sebagai contoh sebuah pemanas ruangan mengubah energi listrik menjadi energi panas. Laju perubahan ini dinyatakan dalam satuan watt. Simbol untuk daya listrik adalah W (Bishop, 2004:13).

Dapat diperlihatkan bahwa daya yang dibangkitkan sebuah perangkat listrik sebanding dengan besarnya arus yang mengalir melewatinya. Daya juga sebanding dengan tegangan yang menggerakkan arus tersebut. Semakin besar arus dan semakin besar gaya gerak listriknya, semakin besar pulalah daya yang dihasilkan. Daya disimbolkan dengan huruf P, arus disimbolkan dengan huruf

I dan tegangan disimbolkan dengan huruf V. Apabila kita menuliskannya dalam bentuk persamaan:

$$\text{Daya (P)} = \text{Arus (I)} \times \text{Tegangan (V)}$$

Daya (P) dinyatakan dalam satuan watt, Arus (I) dalam satuan ampere, Tegangan (V) dalam satuan volt

a. Jenis Daya

a). Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya (Belly, *at al*, 2010: 3). Satuan daya aktif adalah Watt. Misalnya energi panas, cahaya, mekanik dan lain – lain. Daya aktif atau disebut daya nyata dirumuskan dengan $S \cos\phi$ atau $VI \cos\phi$ dengan simbol P. Dalam satuan Watt (W), kilo Watt (kW), Mega Watt (MW) (Cekdin dan Taufik, 2013: 74). Jadi,

$$P = S \cos\phi = VI \cos\phi \text{ (Watt)}$$

b). Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan oleh sistem tenaga listrik untuk keperluan magnetisasi. Daya ini diperlukan untuk membangkitkan fluks-fluks magnetik pada peralatan listrik dalam rangkaian. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain – lain. Daya reaktif dapat dicatu dari eksitasi berlebih mesin-mesin sinkron maupun static kapasitor. Daya reaktif dapat terjadi karena induktansi atau kapasitansi yang diakibatkan

komponen berbentuk kumparan sedangkan kapasitansi diakibatkan oleh kapasitor. Daya reaktif dirumuskan dengan $S \sin \phi$ atau $VI \sin \phi$ dengan simbol Q dalam satuan Volt Ampere Reaktif (VAR), kilo Volt Ampere Reaktif (kVAR), Mega Volt Ampere Reaktif (MVAR) (Cekdin dan Taufik, 2013: 74). Jadi,

$$Q = S \sin \phi = VI \sin \phi \quad (\text{VAR})$$

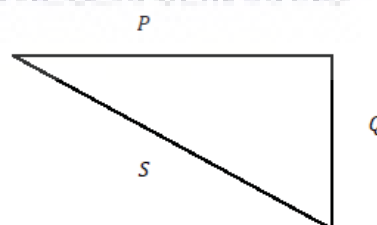
c). Daya Semu

Daya Semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan. Satuan daya semu adalah Volt Ampere (VA), kilo Volt Ampere (kVA), Mega Volt Ampere (MVA). Daya semu dirumuskan dengan VI dan disimbolkan dengan S . Jadi,

$$S = VI \quad \text{Volt Ampere (VA)}$$

b. Segitiga Daya

Menurut (William D. Stevenson 1990:19) Segitiga daya merupakan suatu metoda grafis untuk mendapatkan P keseluruhan, Q , dan sudut fasa untuk beberapa beban dihubungkan paralel, karena $\cos \phi$ adalah P/S .



Gambar 2.10. Segitiga Daya (William D. Stevenson 1990:19)

Dimana berlaku hubungan :

$$S = V \cdot I \quad (\text{VA})$$

$$P = S \cos \varphi \quad (\text{Watt})$$

$$Q = S \sin \varphi \quad (\text{VAR})$$

c. Faktor Daya

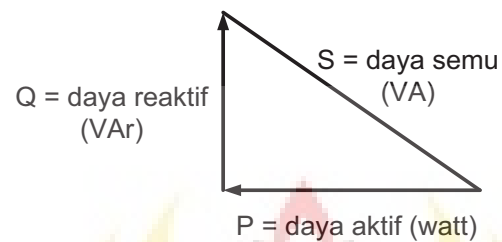
Perbandingan antara besarnya daya aktif dengan daya semu disebut faktor daya ($\cos \varphi$), φ merupakan sudut yang dibentuk antara daya aktif dan daya semu. Faktor daya ini terjadi karena adanya pergeseran fasa yang disebabkan oleh sifat beban induktif atau kapasitif. Arus bolak-balik penjumlahan daya dilakukan secara vektoris, yang dibentuk vektornya merupakan segitiga siku-siku, yang sering dikenal dengan segitiga daya yang telah dibahas sebelumnya.

Sudut φ merupakan sudut pergeseran fasa, apabila besarnya daya aktif (P) tetap dan besarnya sudut φ semakin besar, maka semakin besar pula daya semu (S), dan semakin besar pula daya reaktif (Q), sehingga faktor dayanya ($\cos \varphi$) semakin kecil. Daya reaktif merupakan daya yang hilang atau rugi-rugi sehingga semakin besar sudutnya atau semakin kecil faktor dayanya maka rugi-ruginya semakin besar. Nilai faktor daya ini mempengaruhi jumlah arus yang mengalir pada saluran untuk suatu beban yang sama.

Faktor daya salah satunya disebabkan oleh penggunaan peralatan pada pelanggan yang menyimpang dari syarat-syarat penyambungan yang telah ditetapkan, dapat mengakibatkan pengaruh balik terhadap saluran, antara lain faktor daya yang rendah dan ketidakseimbangan beban.

$$\text{Faktor daya } (\cos \varphi) = \frac{P(\text{watt})}{S(\text{VA})}$$

Hubungan ketiga jenis energi tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.11. Diagram Faktor Daya (William D. Stevenson 1990:19)

d. Rugi-rugi Daya

Rugi-rugi daya merupakan rugi-rugi yang terjadi akibat adanya daya yang hilang pada jaringan seperti daya aktif dan daya reaktif. Semakin panjang saluran yang ada maka nilai tahanan dan reaktansi jaringan akan semakin besar, sehingga rugi-rugi bertambah besar baik itu pada rugi-rugi daya aktif maupun rugi-rugi daya reaktif (Bien, Kasim dan Pratiwi, 2009: 55).

Rugi-rugi ini timbul diakibatkan oleh pemanasan yang terjadi pada kawat penghantar sewaktu dilalui arus bolak-balik. Daya yang dikirimkan sumber sinyal sebagian berubah menjadi panas yang terjadi pada bahan dielektrik. Ketika dilalui arus bolak-balik, maka struktur atom dari bahan dielektrik akan mengalami perubahan dan perubahan ini membutuhkan energi. Energi inilah yang mengakibatkan timbulnya rugi-rugi

daya. Semakin sulit struktur atom suatu bahan dielektrik berubah, maka semakin besar energi yang dibutuhkannya, yang berarti semakin besar rugi daya yang disebabkan.

Dalam teori listrik arus bolak-balik penjumlahan daya dilakukan secara vektoris, yang dibentuk vektornya merupakan segitiga siku-siku, yang dikenal dengan segitiga daya. Sudut ϕ merupakan sudut pergeseran fasa, semakin besar sudutnya, semakin besar Daya Semu (S), dan semakin besar pula Daya Reaktif (Q), sehingga faktor dayanya ($\cos \phi$) semakin kecil.

Seperti diketahui, kerugian daya suatu saluran merupakan perkalian arus pangkat dua dengan resistansi atau reaktansi dari saluran tersebut. Rugi-rugi dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$\text{Rugi daya nyata} = I^2 \cdot R \quad (\text{watt})$$

$$\text{Rugi daya reaktif} = I^2 \cdot X \quad (\text{VAR})$$

$$\text{Rugi daya semu} = \sqrt{(I^2 \cdot R)^2 + (I^2 \cdot X)^2} \quad (\text{VA})$$

2.3 Simulator

Menurut kamus besar bahasa Indonesia “simulator adalah alat untuk melakukan simulasi” artinya yaitu suatu alat yang digunakan untuk mensimulasikan kejadian atau peralatan.

Menurut Eko Mursito Budi et, al., 2006: 66 ada beberapa syarat simulator sebagai media pembelajaran diantaranya:

1. Fleksibel: menyediakan berbagai modul dasar yang dapat dirangkai dengan mudah untuk konfigurasi sistem.

2. Tingkat tinggi: mudah diprogram, bahkan kalau perlu tanpa pemrograman sama sekali.

Simulator harus memiliki sifat yang diharapkan dalam penggunaan media pembelajaran, diantaranya:

1. Ramah pemakai: mudah digunakan.
2. Animatif: memiliki tampilan indah dan hidup.
3. Interaktif: selama simulasi, program dapat masukan dan menanggapi.



BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Simulator sistem tenaga listrik tiga fasa double feeder dibuat setelah peneliti melakukan analisis terhadap komponen-komponen yang ada dengan tujuan menentukan besarnya nilai dari resistor, induktor, dan kapasitor. Analisis penentuan besaran komponen dengan cara mencari, membaca, memahami dan mempelajari literatur yang berhubungan dengan objek yang akan diujikan, sehingga akan ditemukan hitungan-hitungan untuk menentukan besaran suatu komponen.

Perhitungan untuk penentuan komponen menggunakan teori yang mengacu pada jaringan transmisi dan distribusi. Pembuatan Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Tiga Fasa menggunakan catu daya AC 3 fasa yaitu 380 volt, serta membutuhkan beberapa komponen yaitu Resistor (R), Induktor (L) dan Kapasitor (C). Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Tiga Fasa terdiri atas 3 bus yaitu bus pertama saluran pendek (15 cm), bus kedua saluran menengah (30 cm) dan bus ketiga saluran panjang (45 cm).

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dari data praktik di Laboratorium bahwa dinilai dari kinerja simulator dapat disimpulkan bahwa Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Tiga Fasa dapat menampilkan tegangan pada jaringan, daya, arus. Data hasil praktik dibuat tabel dan di gambar grafik rugi-rugi tegangan. Data hasil praktik masih memiliki presentase

rugi – rugi yang besar. Nilai rugi tegangannya dengan beban lampu pada jaringan pendek setelah perbaikan menjadi 0,85 %, saluran menengah 0,85 % dan saluran panjang 1,28 %. Nilai rugi tegangan pada beban motor listrik AC setelah perbaikan pada saluran pendek menjadi 0,42 %, pada saluran menengah 0,42 %, pada saluran panjang 0,85 %. Nilai rugi tegangan pada lampu pijar setelah perbaikan pada saluran pendek 0,85 %, pada saluran menengah 0,98 %, pada saluran panjang 1,20 %. Perbaikan pada saluran karena pemasangan kompensator untuk memperbaiki rugi tegangan pada jaringan.

5.2 Saran

Saran yang dapat diajukan berdasarkan hasil penelitian adalah

1. Dalam melakukan pemasangan kompensator perlu diperhatikan karakteristik beban jaringan untuk menentukan penempatan yang lebih optimal.
2. Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Tiga Fasa butuh pengembangan dan penelitian lebih lanjut agar dapat lebih sempurna dengan penggunaan komponen yang memiliki nilai sesuai dengan teori agar drop tegangan dan rugi daya sesuai dengan standar yang telah ditetapkan PLN.

DAFTAR PUSTAKA

- Belly, Alto, dkk.2010. *Daya Aktif, Reaktif & Nyata*. Depok: Universitas Indonesia.
- Bien, Liem Ek., Kasim, Ishak., dan Pratiwi, Erni Aprianti. 2009. *Analysis of power losses calculation in medium voltage network of feeder serimpi, pam 1 and pam 2 at network Area gambir pt.pln (persero) distribution jakarta raya And tangerang*. Jurnal: Universitas Trisakti.
- Bishop, Owen. 2004. *The Basic of Electronics*. First Edition. Sage Publication. England. Terjemahan Irzam Harmein.2004: *Dasar-dasar Elektronika*. Cetakan 1. Jakarta: Erlangga.
- Cekdin, Cekmas dan Taufik Barlian. 2013. *Rangkaian Listrik*. Yogyakarta: Andi.
- Hardiyanto, Eko. 2008. *Evaluasi Instalasi Jaringan Tegangan Rendah untuk Menekan Rugi-rugi Daya dan Tegangan Jatuh*. Skripsi: Universitas Indonesia.
- Hutauruk, T.S.. 1990. *Transmisi Daya Listrik*. Bandung: Erlangga.
- Saadat, Hadi. 2004. *Power System Analysis*. Singapore: Mc Graw Hill.
- Soepartono, A. Rida Ismu. 1980. *Teknik Tenaga Listrik*. Jakarta: Penerbit Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Stevenson, William D. 1990. *Analisis Sistem Tenaga Listrik Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sulasno. 1993. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*. Semarang: Satya Wacana
- Sumarsono, Heru. 2009. *Analisis Perhitungan Jarak antar Kawat dan Clearance Saluran Transmisi Udara*. Jurnal: Universitas Diponegoro
- Tim penyusun. 2005. *Kamus Besar Bahasa Indonesia (edisi ketiga)*. Jakarta: Balai Pustaka.