



**SIMULATOR SISTEM TENAGA LISTRIK *DOUBLE*
FEEDER SATU FASA SEBAGAI PENDUKUNG
PERKULIAHAN PRAKTIK SISTEM TENAGA
LISTRIK DI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO UNNES**

Skripsi

disajikan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

Oleh :

M. Kaanal Miska

5301411037

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

2015

PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul “**Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double Feeder***” yang disusun oleh M. Kaanal Miska 5301411037 ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

Semarang, September 2015

Pembimbing,



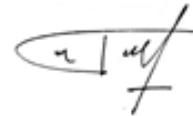
Drs. Sutarno, M.T.

NIP. 195510051984031001

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul **“Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes”** benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri yang dihasilkan melalui penelitian, analisis, bimbingan, diskusi, dan pemaparan / ujian. Pendapat dan temuan orang lain yang terdapat pada skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah dan dicantumkan dalam daftar pustaka dibagian akhir.

Semarang, Desember 2015




M. Kaanal Miska
NIM. 5301411037

PENGESAHAN

Skripsi ini telah dipertahankan di hadapan sidang panitia ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang pada tanggal

Panitia :
Ketua,



Drs. Suryono, M.T.
NIP. 195503161985031001

Penguji 1,



Dr. Ir. Subiyanto, S.T., M.T.
NIP. 197411232005011001

Penguji 2,



Drs. Isdiyarto, M.Pd.
NIP. 195706051986011001

Sekretaris,



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

Penguji 3,



Drs. Sutarno, M.T.
NIP. 195510051984031001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik,



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

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

Apa yang dilakukan sekarang menentukan masa depan

Orang tua yang lebih utama buatku

Sebaik-baiknya orang adalah yang bermanfaat bagi orang lain

Persembahan :

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ibu dan Ayah tercinta yang selalu memberikan doa, dan semangat buat anaknya.
2. Adikku Ayu Af'idatul Amalia dan saudara-saudaraku yang selalu memberikan dorongan untuk terus maju menuntut ilmu.
3. Ahmad Supandi dan Sahabatku yang selalu menemani dalam suka duka mengerjakan skripsi ini.
4. Keluarga ke duaku EneRC, UKMP, Kos Mbh Ti yang selalu membarikan motivasinya untukku.
5. Dosen, Staff, dan Teman teman mahasiswa di jurusan Teknik Elektro yang senantiasa membantu pengerjaan skripsi ini

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah melimpahkan segala Rahmat dan Hidayahnya, sehingga dengan ridho-Nya dapat terselesaikan skripsi yang berjudul "Pengembangan Trainer Rangkaian Digital" dengan lancar.

Penulis menyadari bahwa pelaksanaan penyusunan karya tulis skripsi ini tidak akan dapat berjalan sebagaimana mestinya tanpa adanya dukungan serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Fathur Rokhman, M.Hum., selaku Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Dr. Nur Qudus, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
3. Drs. Suryono, M.T., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
4. Drs. Agus Suryanto, M.T., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
5. Drs. Sutarno, M.T., selaku Dosen Pembimbing
6. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah membantu dari awal sampai terselesaikannya penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari para pembaca. Penulis juga berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca juga bagi pihak lain yang memerlukannya.

Amiin.

Semarang, Desember 2015

Penulis

ABSTRAK

M. Kaanal Miska. 2015. **Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double Feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik di Jurusan Teknik Elektro Unnes**. Skripsi, Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Drs. Sutarno, M.T.

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

Mata kuliah sistem tenaga listrik merupakan mata kuliah wajib bagi mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang, tetapi dalam pelaksanaan perkuliahan masih banyak kendala karena laboratorium tidak memiliki simulator sistem tenaga listrik sebagai media pembelajaran. Berdasarkan latar belakang tersebut rumusan masalah yang diperoleh apakah Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double Feeder* Satu Fasa dapat digunakan sebagai media pembelajaran pada mata kuliah sistem tenaga listrik. Tujuan dari penelitian ini yaitu membuat, memaparkan, dan mengetahui tingkat kelayakan dari Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double Feeder* Satu Fasa.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimen karena data yang digunakan bersumber dari penelitian laboratorium. Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah ngket Angket (*Kuesioner*). Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis deskriptif presentase.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double Feeder* Satu Fasa dapat dibuat dan berfungsi suai dengan yang diharapkan, serta berdasarkan uji kelayakan kepada pengguna menunjukkan bahwa Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double Feeder* Satu Fasa layak sebagai media pembelajaran pada mata kuliah sistem tenaga listrik.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut yang dinilai dari aspek kelayakan dan kinerja dapat disimpulkan Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double Feeder* Satu Fasa dapat digunakan sebagai media pembelajaran pada perkuliahan praktik sistem tenaga listrik. Peneliti menyarankan agar dosen dapat menggunakan Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double Feeder* Satu Fasa sebagai media pembelajaran pada perkuliahan.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN.....	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Pembatasan Masalah	3
C. Perumusan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	5
F. Penegasan Istilah.....	5
G. Sistematika Penulisan.....	7
BAB II LANDASAN TEORI.....	9
A. Sistem Tenaga Listrik	9
B. Karakteristik Saluran Transmisi.....	11
1. Tahanan.....	11
2. Induktansi.....	14
3. Kapasitansi	15
C. Klasifikasi Saluran Transmisi	16
1. Saluran Pendek.....	16
2. Saluran Menengah.....	17
3. Saluran Panjang.....	18
D. Syarat <i>Double Feeder</i>	19
E. Daya	20
1. Jenis Daya	20
2. Segitiga Daya	22
3. Faktor Daya.....	23
4. Rugi-rugi Daya.....	24
F. Reaktansi Listrik	25
G. Simulator.....	25
H. Kerangka Berfikir	26

BAB III METODE PENELITIAN.....	29
A. Metode Penelitian	29
B. Subyek Penelitian.....	30
C. Tempat dan Waktu Penelitian	30
D. Prosedur Penelitian	31
E. Teknik Pengumpulan Data.....	38
F. Teknik Analisis Data.....	40
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	41
A. Hasil Penelitian	41
1. Pembuatan Simulator	41
2. Hasil Uji Kelayakan	42
3. Hasil Penelitian Laboratorium	44
B. Pembahasan.....	53
1. Pembahasan Pembuatan Simulator	53
2. Pembahasan Hasil Uji Kelayakan	53
3. Pembahasan Hasil Penelitian Laboratorium	55
BAB V PENUTUP.....	71
A. Simpulan	71
B. Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN	74

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Diagram Sistem Tenaga Listrik.....	9
Gambar 2.2. Diagram Pengganti Saluran Pendek.....	16
Gambar 2.3. Diagram Pengganti Saluran Menengah, Nominal T	17
Gambar 2.4. Diagram Pengganti Saluran Menengah, Nominal PI	17
Gambar 2.5. Diagram Pengganti Saluran Panjang.....	18
Gambar 2.6. Segitiga Daya	22
Gambar 2.7. Diagram Faktor Daya	24
Gambar 2.8. Segitiga Impedansi	26
Gambar 3.1. Diagram Alir Prosedur Penelitian	31
Gambar 4.1. Diagram hasil uji kelayakan.....	43
Gambar 4.2. Grafik rugi tegangan jaringan tunggal beban lampu pijar.....	47
Gambar 4.3. Grafik rugi tegangan jaringan tunggal beban motor AC.....	47
Gambar 4.4. Grafik rugi tegangan jaringan tunggal beban lampu elektronik	48
Gambar 4.5. Grafik rugi tegangan ganda tunggal beban lampu pijar	48
Gambar 4.6. Grafik rugi tegangan ganda tunggal beban motor AC	49
Gambar 4.7. Grafik rugi tegangan ganda tunggal beban lampu elektronik ...	49
Gambar 4.8. Grafik daya tegangan jaringan tunggal beban lampu pijar	50
Gambar 4.9. Grafik daya tegangan jaringan tunggal beban motor AC.....	50
Gambar 4.10. Grafik daya tegangan jaringan tunggal dengan beban lampu elektronik.....	51
Gambar 4.11. Grafik daya tegangan jaringan ganda beban lampu pijar	51
Gambar 4.12. Grafik daya tegangan jaringan ganda beban motor AC	52
Gambar 4.13. Grafik daya tegangan jaringan ganda beban lampu elektronik.	52
Gambar 4.14. Vektor tegangan jaringan tunggal saluran pendek dengan beban lampu pijar	59
Gambar 4.15. Vektor tegangan jaringan tunggal saluran pendek dengan beban motor AC	60
Gambar 4.16. Vektor tegangan jaringan tunggal saluran pendek dengan beban Lampu elektronik	60
Gambar 4.17. Vektor tegangan jaringan ganda saluran pendek dengan beban lampu pijar	60
Gambar 4.18. Vektor tegangan jaringan ganda saluran pendek dengan beban motor AC	61
Gambar 4.19 Vektor tegangan jaringan ganda saluran pendek dengan beban lampu elektronik	61

Gambar 4.20. Vektor tegangan jaringan tunggal saluran menengah dengan beban lampu pijar	61
Gambar 4.21. Vektor tegangan jaringan tunggal saluran menengah dengan beban motor AC	62
Gambar 4.22. Vektor tegangan jaringan tunggal saluran menengah dengan beban lampu elektronik	62
Gambar 4.23. Vektor tegangan jaringan ganda saluran menengah dengan beban lampu pijar	62
Gambar 4.24. Vektor tegangan jaringan ganda saluran menengah dengan beban motor AC	63
Gambar 4.25. Vektor tegangan jaringan ganda saluran menengah dengan beban lampu elektronik	63
Gambar 4.26. Vektor tegangan jaringan tunggal saluran panjang dengan beban lampu pijar	63
Gambar 4.27. Vektor tegangan jaringan tunggal saluran panjang dengan beban moror AC	64
Gambar 4.28. Vektor tegangan jaringan tunggal saluran panjang dengan beban lampu elektronik	64
Gambar 4.29. Vektor tegangan jaringan ganda saluran panjang dengan beban lampu pijar	64
Gambar 4.30. Vektor tegangan jaringan ganda saluran panjang dengan beban motor AC	65
Gambar 4.31. Vektor tegangan jaringan ganda saluran panjang dengan beban lampu elektronik	65
Gambar 4.32. Segitiga daya saluran pendek beban lampu pijar	66
Gambar 4.33. Segitiga daya saluran pendek beban motor AC	66
Gambar 4.34. Segitiga daya saluran pendek beban lampu elektronik	67
Gambar 4.35. Segitiga daya saluran menengah beban lampu pijar	67
Gambar 4.36. Segitiga daya saluran menengah beban motor AC.....	68
Gambar 4.37. Segitiga daya saluran menengah beban lampu elektronik	68
Gambar 4.38. Segitiga daya saluran panjang beban lampu pijar	69
Gambar 4.39. Segitiga daya saluran panjang beban motor AC	69
Gambar 4.40. Segitiga daya saluran panjang beban lampu elektronik	70

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Harga-harga T_0 dan α untuk bahan-bahan konduktor	13
Tabel 2.2. Resistivitas bahan konduktor standar untuk berbagai temperatur ..	13
Tabel 3.1. Nilai resistor, induktor dan kapasitor	35
Tabel 4.1. Hasil penelitian pengguna	42
Tabel 4.2. Hasil penelitian laboratorium	45

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Desain awal produk	74
Lampiran 2 Desain produk setelah revisi	75
Lampiran 3 Pengujian Simulator di Lab Teknik Elektro UNNES.....	77
Lampiran 4 Analisis data penelitian laboratorium	78
Lampiran 5 Angket uji pengguna.....	109
Lampiran 6 Analisis uji kelayakan.....	113
Lampiran 7 dokumentasi uji pengguna	117
Lampiran 8 Surat Tugas Pembimbing.....	118
Lampiran 9 Surat Tugas Penguji.....	119
Lampiran 10 Surat Slesai Revisi	120

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG MASALAH

Sistem tenaga listrik ini umumnya terbagi menjadi tiga bagian yaitu pembangkitan, transmisi, dan distribusi tenaga listrik (Wiliam D. Stenvensen 1990:1). Untuk memenuhi tujuan operasi sistem tenaga listrik, ketiga bagian yaitu pembangkit, penyaluran dan distribusi tersebut satu dengan yang lainnya tidak dapat dipisahkan karena saling melengkapi. Energi listrik ini dibangkitkan di pusat-pusat listrik tenaga, seperti 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 berfungsi untuk menyalurkan energi listrik yang dihasilkan pada pusat pembangkit ke konsumen, karena umumnya pusat pembangkit listrik terletak jauh dari konsumen atau tempat yang membutuhkan energi listrik. Jaringan listrik ini ada dua yaitu jaringan transmisi dan distribusi, jaringan transmisi merupakan rantai penghubung antara pusat pembangkit listrik dan sistem distribusi. Suatu sistem distribusi menghubungkan semua beban yang terpisah satu dengan yang lain kepada saluran transmisi. Hal ini terjadi pada stasiun pembantu (*Substation*) dimana juga dilaksanakan

transformasi tegangan dan fungsi-fungsi pemutusan dan penghubungan beban.(Wiliam D. Stenvensen 1990:1).

Di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang, proses penyaluran energi listrik ini dan gejala kelistrikan di pelajari pada mata kuliah praktik sistem tenaga listrik. Mata kuliah ini merupakan mata kuliah wajib bagi mahasiswa Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang. Akan tetapi pada proses pembelajarannya mahasiswa tidak mampu melaksanakan praktik dengan maksimal dikarenakan Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang tidak memiliki peralatan praktik yang memadai, sehingga mahasiswa harus memanfaatkan alat seadanya untuk melakukan praktik tersebut. Kendala yang dihadapi mahasiswa adalah alat yang digunakan untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik tidak dapat diukur dengan pasti karena output tegangan pada alat tersebut sangat kecil, selain itu banyak waktu pelajaran yang terbuang karena mahasiswa harus merangkai alat tersebut sendiri. Hal inilah yang menyebabkan mahasiswa tidak mampu memahami materi dengan baik.

Berdasarkan uraian diatas peneliti mengambil judul “Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik di Jurusan Teknik Elektro Unnes” dimana simulator yang akan dibuat dan diteliti oleh peneliti ini nantinya dapat digunakan sebagai alat pembelajaran pada materi sistem tenaga listrik. Simulator ini dapat digunakan untuk mengamati gejala kelistrikan pada sistem tenaga listrik *double feeder*. Dari segi model jaringan listrik, simulator

ini dapat digunakan untuk mensimulasikan model jaringan tunggal, dan model jaringan ganda. Dari segi panjang saluran transmisi, simulator ini dapat digunakan untuk mensimulasikan saluran pendek, saluran menengah, dan saluran panjang. kemudian Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes ini dapat diujikan menggunakan berbagai jenis beban motor AC, lampu pijar, dan lampu elektronik.

B. PERUMUSAN MASALAH

Dari latar belakang diatas maka rumusan masalah yang diperoleh adalah :

Apakah Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes dapat digunakan sebagai media pembelajaran mata kuliah sistem tenaga listrik?

C. PEMBATASAN MASALAH

Skripsi ini membahas tentang Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double Feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes sebagai alat pembelajaran mata kuliah sistem tenaga listrik, maka pembatasan masalah yang diambil pada penelitian ini adalah :

1. Simulator ini menggunakan komponen elektronik untuk merepresentasikan jaringan listrik saluran pendek, menengah, dan panjang dengan *double feeder* atau dua pengisian.
2. Simulator ini menggunakan sumber tegangan AC satu fasa 220 Volt dengan beban motor AC, lampu elektronik, dan lampu pijar.

D. TUJUAN PENELITIAN

Agar penelitian ini memiliki tujuan yang jelas dan sebagai panduan arah menuju akhir, penelitian ini perlu menentukan target. Adapun target yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan simulator sistem tenaga listrik *double feeder* satu fasa yang dapat mendukung pada perkuliahan praktik sistem tenaga listrik
2. Mengetahui dan memaparkan kelayakan dari simulator sistem tenaga listrik *double feeder* satu fasa yang telah dibuat.
3. Mengetahui tingkat kelayakan simulator sistem tenaga listrik *double feeder* satu fasa terhadap mahasiswa semester 7 Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang

E. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagi Peneliti

Menambah ilmu pengetahuan bagi peneliti dalam perencanaan dan pembuatan simulator sistem tenaga listrik

2. Bagi Mahasiswa

Memberikan kemudahan bagi mahasiswa untuk memahami praktikum yang diberikan serta memudahkan mahasiswa dalam melakukan praktik yang efektif dan efisien.

3. Bagi Jurusan

Menambah dan melengkapi sarana dan prasarana di laboratorium Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

4. Dosen

Dengan adanya simulator sistem tenaga listrik ini dapat digunakan oleh dosen sebagai alat pembelajaran pada materi sistem tenaga listrik.

F. PENEGASAN ISTILAH

Sesuai dengan judul skripsi ini terkandung beberapa istilah penting. Supaya dapat didapat keseragaman pengertian dan tidak menimbulkan salah tafsir maka akan dijelaskan istilah-istilah yang dipakai dalam judul skripsi ini. Adapun istilah-istilah yang perlu ditegaskan pengertiannya adalah :

1. Simulator

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

2. Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa

Sistem tenaga listrik *double feeder* satu fasa adalah suatu sistem penyaluran energi listrik dengan menggunakan dua pengisian (*double feeder*) satu fasa 220 V.

3. Pembelajaran

Secara khusus menurut teori behavioristik, mendefinisikan pembelajaran adalah usaha guru membentuk tingkah laku yang diinginkan dengan menyediakan lingkungan (stimulus). Agar terjadi hubungan stimulus dan respon (tingkah laku yang diinginkan) perlu latihan dan setiap latihan yang berhasil harus diberi hadiah dan atau reinforcement (penguatan) (Max Darsoni,201:24)

4. Praktik Sistem Tenaga Listrik

Praktik Sistem Tenaga Listrik merupakan salah satu mata kuliah yang harus ditempuh mahasiswa konsentrasi arus kuat Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro. Pada mata kuliah ini diajarkan sistem pembangkitan, transmisi, dan distribusi tenaga listrik.

5. Jurusan Teknik Elektro

Jurusan Teknik Elektro adalah salah satu jurusan yang berada dibawah naungan Fakultas Teknik UNNES. Jurusan Teknik Elektro mempunyai tujuan menciptakan tenaga kependidikan dan tenaga kerja dalam bidang elektro dan elektronika.

6. Universitas Negeri Semarang

Universitas Negeri Semarang adalah lembaga pendidikan tinggi yang salah satu misi utamanya menyiapkan tenaga terdidik untuk siap bertugas dalam bidang pendidikan baik sebagai guru maupun tenaga kependidikan lainnya yang tugasnya bukan sebagai tenaga pengajar (UPT PPL:ii)

Berdasarkan penjelasan diatas maka Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Mata Kuliah Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes merupakan alat yang digunakan untuk mensimulasikan kejadian-kejadian kelistrikan pada sistem penyaluran energi listrik dengan menggunakan dua pengisian (*double feeder*) satu fasa sebagai pendukung perkuliahan praktik sistem tenaga listrik Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

G. SISTEMATIKA SKRIPSI

Secara garis besar, sistematika penulisan skripsi terdiri dari tiga bagian utama yaitu :

Bagian Awal Skripsi

Bagian awal (Prawacana) skripsi terdiri atas (1) judul, (2) pernyataan, (3) pengesahan, (4) motto dan persembahan, (5) kata pengantar, (6) abstrak, (7) daftar isi, (8) daftar tabel, (9) daftar gambar, dan (10) daftar lampiran.

Bagian Isi Skripsi

Bagian isi skripsi disajikan dalam lima bab dengan dengan beberapa sub bab pada tiap babnya.

1. Bab I Pendahuluan

Membahas tentang (1) latar belakang, (2) rumusan masalah, (3) tujuan penelitian, (4) pembatasan masalah, (5) manfaat penelitian, (6) penegasan istilah, dan (7) sistematika skripsi.

2. Bab II Landasan Teori

Berisikan tentang (1) landasan teori, dan (2) kerangka berfikir.

3. Bab III Metode Penelitian

Berisikan tentang (1) metode penelitian, (2) subyek penelitian, (3) waktu dan tempat penelitian, (4) pembuatan simulator, (5) teknik pengumpulan data, dan (6) analisis data penelitian.

4. Bab IV Hasil Dan Pembahasan

Pada bab ini berisi (1) hasil penelitian dan (2) pembahasan yang disajikan dalam rangka menjawab permasalahan peneliti.

5. Bab V Penutup

Berisikan tentang (1) simpulan penelitian dan diikuti dengan (2) saran-saran yang relevan.

Bagian Akhir Skripsi

Bagian akhir skripsi terdiri atas daftar pustaka dan lampiran.

BAB II

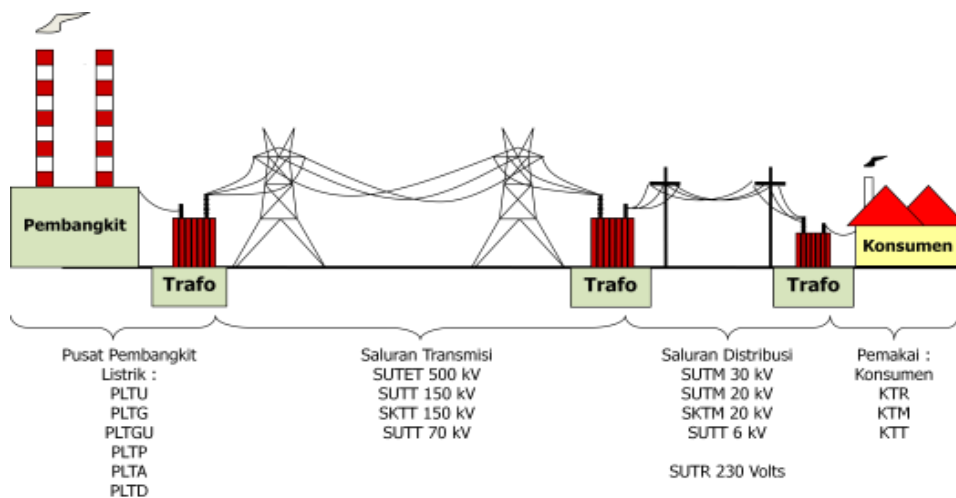
LANDASAN TEORI

A. 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 seperti terlihat pada gambar 2.1.



Sumber : Mohamad Tresna Wikarsa.FT UI.2010:3.

Gambar 2.1. Diagram Sistem Tenaga Listrik

Tenaga listrik dibangkitkan di pusat-pusat listrik tenaga (PLT), seperti : tenaga air (PLTA), tenaga uap (PLTU), tenaga panas bumi (PLTP), tenaga gas (PLTG), tenaga disel (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.

Ada dua kategori saluran transmisi : saluran udara (*Overhead Lines*) dan saluran kabel tanah (*Underground cable*). 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, taufan, hujan angin, bahaya petir dan sebagainya. Lagi pula, 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.

B. Karakteristik Listrik Saluran Transmisi

Yang dimaksud 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)

1. Tahanan Saluran

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

Resistansi efektif dari suatu penghantar adalah :

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

Sedangkan resistansi dc diberikan oleh rumus :

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

(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 yang lain (CGS), ρ diberikan dalam mikro-centimeter, panjang dalam centimeter, dan luas dalam centimeter kuadrat.

Karena pada umumnya kawat-kawat penghantar terdiri dari kawat-pilin (*stranded conductors*) maka sebagai factor koreksi untuk memperhitungkan pengaruh dari pilin itu, panjang kawat dikalikan dengan 1,02 (2% factor koreksi) lihat Tabel 2.1. Tahanan kawat berubah oleh temperature. Dalam batas temperature 10°C sampai 100°C , maka untuk kawat tembaga dan aluminium berlaku rumus :

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

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 $^\circ\text{C}^{-1}$,

Berikut adalah tabel yang menunjukkan resistivitas dan temperature dari reistansi.

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

Material	T_0 °C	Koefisien temperatur dari tahanan $\times 10^{-3}$						
		α_0	α_{20}	α_{25}	α_{50}	α_{75}	α_{80}	α_{100}
C _u 100%	234,5	4,27	3,93	3,85	3,52	3,25	3,18	2,99
C _u 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}
C _u 100%	1,58	1,72	1,75	1,92	2,09	2,12	2,26
C _u 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 searan (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. 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 :

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

Pada saluran tiga fasa nilai induktansi/fasa sama dengan nilai induktansi per konduktor. Di mana D adalah jarak antara konduktor, dan r adalah radius masing-masing konduktor tersebut.

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 80 km (50 mil), pengaruh kapasitansinya kecil dan biasanya dapat diabaikan. Untuk

saluran-saluran yang lebih panjang dengan tegangan yang lebih tinggi, kapasistansinya 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 :

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

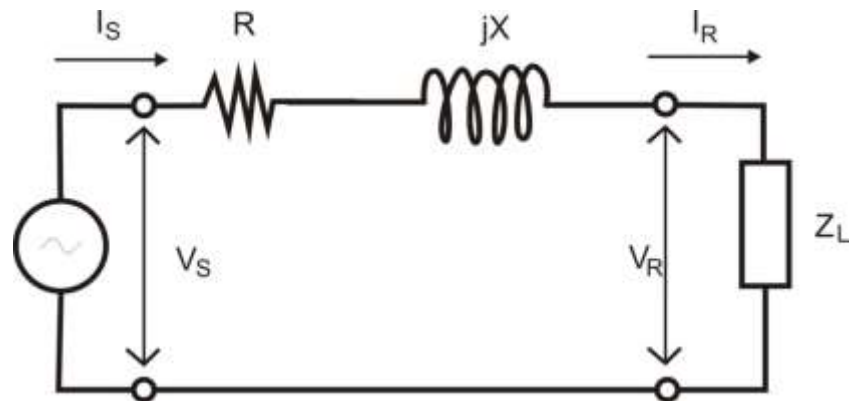
C. Klasifikasi Saluran Transmisi

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.

1. Saluran Pendek

Pada saluran pendek ini nilai kapasitansi penghantar dapat diabaikan sehingga penghantar dimodelkan dengan impedansi (R dan jX), maka saluran transmisi dimodelkan pada gambar 2.2. :



Gambar 2.2. Diagram pengganti saluran pendek

Maka untuk saluran pendek berlaku :

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

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

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)

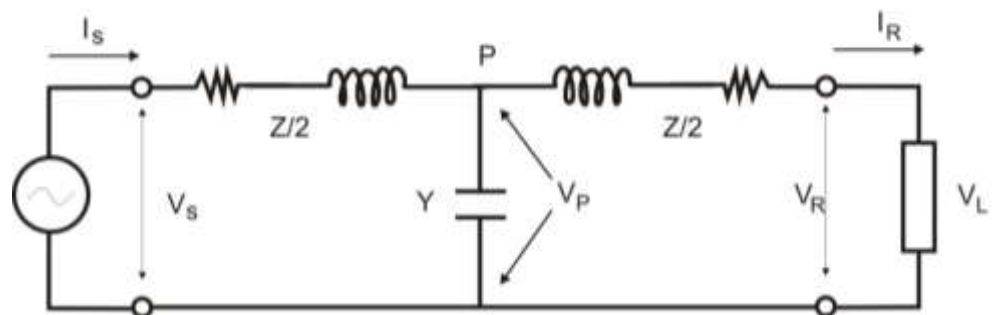
I_R = arus pada ujung terima atau ujung beban (A)

$Z = R + jX$ = impedansi saluran

2. Saluran Menengah

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



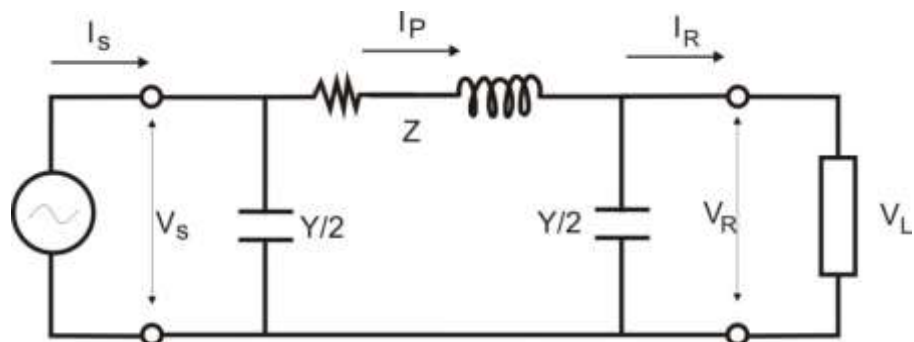
Gambar 2.3. Diagram pengganti saluran menengah Nominal T

Maka untuk saluran menengah Nominal T berlaku :

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

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

b. Saluran Menengah Nominal PI (π)



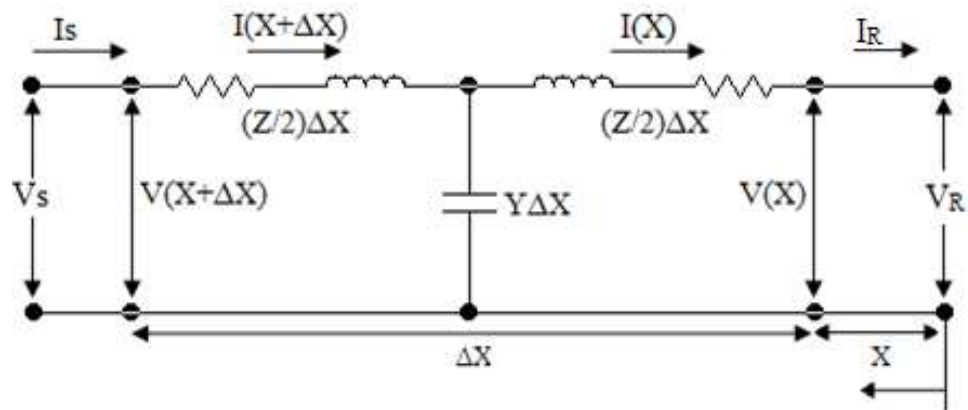
Gambar 2.4. Diagram pengganti saluran menengah Nominal PI

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

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

3. 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, seperti gambar 2.5. :



Gambar 2.5. Diagram pengganti saluran panjang

Misalkan :

Z = impedansi per satuan panjang

Y = admitansi shunt per satuan panjang

l = panjang saluran

maka :

$$V_S = V_R \text{Cosh} \sqrt{ZY} l + Z I_R \text{Cosh} \sqrt{ZY} l \quad (V)$$

$$I_S = I_R \text{Cosh} \sqrt{ZY} l + \frac{V_R}{Z \text{Cosh} \sqrt{ZY} l} I \quad (A)$$

Atau

$$V_R = V_S \text{Cosh} \sqrt{ZY} l + Z_K I_S \text{Sinh} \sqrt{ZY} l \quad (V)$$

$$I_R = I_S \text{Cosh} \sqrt{ZY} l + \frac{V_S}{Z_K \text{Sinh} \sqrt{ZY} l} I \quad (A)$$

Dimana :

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

Hutaeruk, 1985:74.

D. Syarat *Double Feeder*

Bila dua sistem tegangan bolak-balik (AC) akan di paralel, maka kesamaan dari kondisi atau parameter berikut ini harus dipenuhi. Kondisi tersebut adalah :

1. Tegangan Harus Sama

Antara tegangan dari feeder harus memiliki besar yang sama agar bisa di paralel, karena apabila tegangan berbeda maka salah satu sumber akan menjadi beban dan akan mengakibatkan kerusakan pada generator atau sumber tegangan

2. Frekuensi

Frekuensi harus memiliki nilai yang sama, standar frekuensi indonesia adalah 50 Hz.

3. Bentuk gelombang

Bentuk gelombang harus sama yaitu gelombang sinusoidal

4. Gelombang dari kedua feeder harus berhimpitan.

E. 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 besaran watt 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

1. 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 $S \cos \varphi$ atau $VI \cos \varphi$ dengan simbol P. Dalam satuan Watt (W), kilo Watt (kW), Mega Watt (MW) (Cekdin dan Taufik, 2013: 74). Jadi,

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

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 $S \sin \varphi$ atau $VI \sin \varphi$ 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

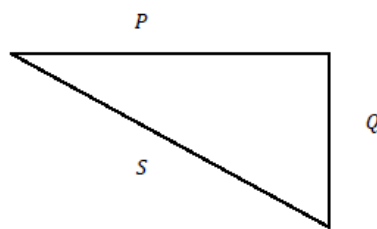
Daya Semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan. Satuan daya semu adalah Volt Ampere (VA), kilo Volt Ampere (kVA), Mega Volt Ampere (MVA).

Daya semu dirumuskan dengan VI dan disimbolkan dengan S. Jadi,

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

2. Segitiga Daya

Segitiga daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan matematika antara tipe - tipe daya yang berbeda antara daya semu, daya aktif dan daya reaktif berdasarkan prinsip trigonometri.



Gambar 2.6. Segitiga Daya

Dimana berlaku hubungan :

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

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

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

3. Faktor Daya

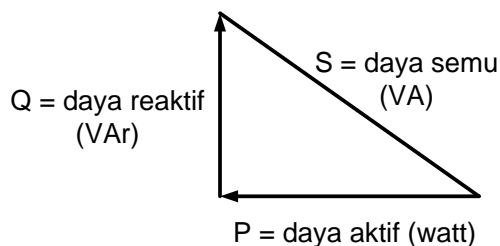
Perbandingan antara besarnya daya aktif dengan daya semu disebut faktor daya ($\cos \phi$), ϕ merupakan sudut yang dibentuk antara daya aktif dan daya semu. Faktor daya ini terjadi karena adanya pergeseran fasa yang disebabkan oleh sifat beban induktif atau kapasitif. Arus bolak-balik penjumlahan daya 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 ($\cos \phi$) 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.

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

Hubungan ketiga jenis energi tersebut dapat digambarkan pada gambar 2.7.:



Gambar 2.7. Diagram Faktor Daya

4. 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.

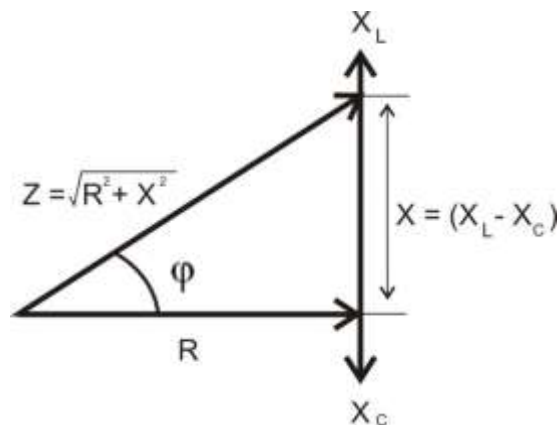
$$\text{Rugi daya nyata} = I^2 \cdot R \text{ (watt)}$$

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

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

F. Reaktansi Listrik

Reaktansi adalah perlawanan komponen sirkuit atau rangkaian atas perubahan arus listrik karena adanya kapasitansi dan induktansi. Dalam diagram fasor, reaktansi digunakan untuk menghitung amplitudo dan perubahan fase sinusoidal dari arus bolak balik yang mengalir dalam komponen. Gambar 2.8. adalah segitiga impedansi :



Gambar 2.8. Segitiga Impedansi

dimana : Z = Impedansi

R = Resistansi

X = Reaktansi Total

X_C = Reaktansi Kapasitif

X_L = Reaktansi Induktif

Untuk menentukan nilai reaktansi kapasitif menggunakan rumus

$$X_C = \frac{-1}{\omega C} = \frac{-1}{2\pi f C}$$

Sedangkan untuk menentukan nilai reaktansi induktif menggunakan rumus

$$X_L = 2\pi f L$$

G. 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.

H. Kerangka Berfikir

Salah satu tujuan dari proses pembelajaran adalah agar mahasiswa mampu menguasai materi secara konsep (teori) dan mengaplikasikan konsep tersebut dalam kehidupan (Praktik). Proses pembelajaran yang berlangsung di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang terdiri dari mata kuliah teori dan paraktik. Pada mata kuliah teori biasanya menggunakan media pembelajaran berupa buku, alat praga, video, film, power point, dan animasi flash. Sedangkan pada mata kuliah praktik, simulator merupakan salat satu alat pembelajaran yang digunakan di laboratorium teknik elektro. Simulator digunakan untuk menunjang pemahaman mahasiswa dalam menerapkan konsep yang didapatkan pada mata kuliah teori.

Keberadaan Simulator Sistem Tenaga *Double feeder* di laboratorium dapat digunakan sebagai alat praga yang diperlukan dosen untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik, dan memberikan alternatif alat pembelajaran bagi mahasiswa. Dengan adanya simulator tersebut, diharapkan mahasiswa dapat lebih memahami konsep yang diperoleh pada materi sistem tenaga listrik *double feeder*.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang memusatkan pada metode eksperimen (Penelitian Laboratorium) karena itu data yang diperoleh bersumber dari hasil penelitian di laboratorium. Pendekatan ini dipilih karena relevan dengan ciri ciri penelitian kuantitatif. Menurut Sugiyono (2013: 107), “Metode penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi terkendali”. Sesuai pendapat Suharsimi Arikunto,(2010:9). Menjelaskan tentang penelitian eksperimen sebagai berikut :

...peneliti sengaja membangkitkan timbulnya suatu kejadian atau keadaan, kemudian diteliti bagaimana akibatnya. Dengan kata lain, eksperimen adalah suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat (hubungan kausal) antara dua faktor yang sengaja ditimbulkan oleh peneliti dengan mengeliminasi atau mengurangi atau menyisihkan faktor-faktor lain yang mengganggu. Eksperimen selalu dilakukan dengan maksud untuk melihat akibat suatu perlakuan.

Metode penelitian eksperimen dilakukan di laboratorium untuk menguji cara kerja dari sistem dan kemungkinan perbaikan dan perubahan materi. Eksperimen merupakan penelitian yang dilakukan secara sistematis serta mengadakan perlakuan atau tindakan pengamatan terhadap suatu variabel yang sengaja dilakukan oleh peneliti untuk melihat dampak yang terjadi akibat tindakan tersebut. Jadi eksperimen merupakan observasi

dibawah kondisi buatan, dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti.

B. SUBYEK PENELITIAN

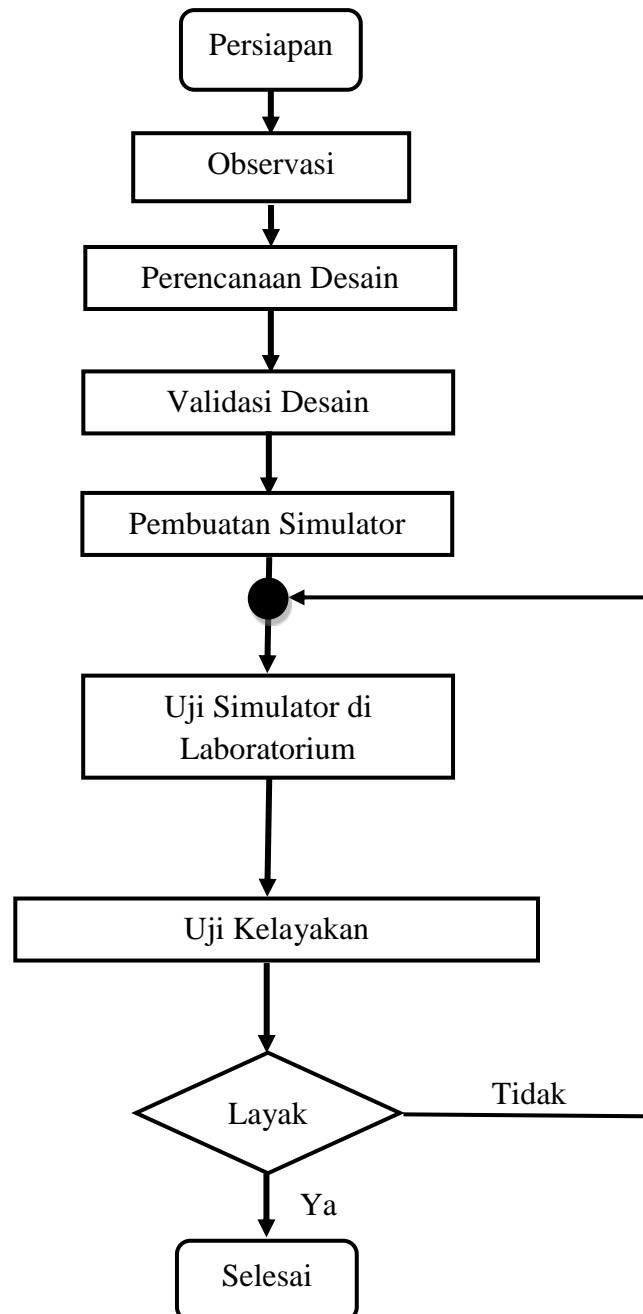
Subyek pada penelitian ini adalah Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes menggunakan modul sistem tenaga listrik. Simulator diamati kelayakannya apakah simulator tersebut layak digunakan sebagai alat pembelajaran pada mata kuliah sistem tenaga listrik.

C. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Sistem Tenaga Jurusan Teknik Elektro Gedung E6 Lt.1 Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada April 2015 sampai Juni 2015.

D. PROSEDUR PENELITIAN

Prosedur penelitian yang dilakukan disajikan pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

1. Persiapan

Tahapan pertama adalah persiapan yaitu menentukan rumusan masalah dan tujuan terlebih dahulu. Perumusan tujuan pembelajaran sangat penting untuk digunakan sebagai acuan dalam pembuatan simulator.

2. Observasi

Observasi Materi Praktikum Unit Uji Sistem tenaga listrik *double feeder* dilakukan sebelum merencanakan simulator. Observasi dilakukan sebagai acuan dalam merencanakan dan menentukan komponen apa saja yang akan dipakai serta besarnya komponen berapa saja yang akan digunakan. Simulator yang dibuat harus sesuai dengan materi praktikum yang ada. Oleh karena itu, observasi ini dilakukan agar simulator yang akan dibuat nanti benar-benar sesuai dengan apa yang ada pada materi praktikum. Tujuan utama dalam mendesain simulator adalah agar simulator dapat digunakan sebagai media praktik dimana sebelumnya sudah ada materi praktikum unit uji sistem tenaga listrik *double feeder*, namun belum ada simulator sebagai media praktiknya. Konsekuensinya mahasiswa hanya menggunakan trafo ballast sebagai pengganti R, L, C tetapi hasil dari praktik menggunakan trafo ballast ini tidak maksimal.

3. Perencanaan Desain

Perencanaan simulator dilakukan setelah melihat dan menganalisis silabus mata kuliah praktik sistem tenaga listrik. Dalam perencanaan simulator ini difokuskan pada sistem tenaga listrik dengan pengisian ganda

(*Double feeder*). Kemudian dengan melihat dan menganalisis apa yang ada pada unit uji sistem jaringan *double feeder*, peneliti menentukan langkah selanjutnya yaitu menentukan jenis komponen apa saja yang akan digunakan dalam pembuatan simulator sistem tenaga listrik jaringan *double feeder*. Komponen yang akan digunakan pada Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes adalah resistor (R), induktor (L) dan kapasitor (C).

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.

Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes disini merupakan simulasi dari jaringan listrik 500 kV, jadi perhitungan untuk penentuan komponen menggunakan teori yang mengacu pada jaringan transmisi dan distribusi. Pembuatan Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes menggunakan catu daya AC 1 fasa yaitu 220 volt, serta membutuhkan beberapa komponen yaitu Resistor (R), Induktor (L) dan

Kapasitor (C). Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes terdiri atas 3 bus yaitu bus pertama saluran pendek (80 km) , bus kedua saluran menengah (160 km) dan bus ketiga saluran panjang(240 km).

a. Nilai Resistansi (R)

Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes ini mensimulasikan jaringan menggunakan jenis kabel ACSR Gannet. Menurut Sumarsono dalam jurnalnya yang berjudul “*Analisis Perhitungan Jarak antar Kawat dan Clearance Saluran Transmisi Udara*” menganalisis bahwa:

$$R = 0,08551 \text{ ohm/km (ACSR Gannet)}$$

Dalam penelitian ini pula, peneliti menggunakan ACSR Gannet sebagai acuan yang akan dijadikan dalam perhitungan resistor, induktor dan kapasitor.

b. Nilai Induktansi (L)

Untuk induktansi (L) dapat dihitung dengan rumus,

$$L = \{ 0,5 + 4,6 \log \frac{D-r}{r} \} \times 10^{-7} \text{ H/m, (Zuhal,1992:152)}$$

Kemudian untuk jarak antar konduktor (D), dan diameter konduktor (d) untuk ACSR Gannet menurut SNI 04-6918-2002:

$$D = 12 \text{ m} = 1200 \text{ cm}$$

Diameter (d) = 25,76 mm

$r = 25,76 : 2 = 12,88 \text{ mm} = 1,288 \text{ cm}$

jadi,

$$L = \{ 0,5 + 4,6 \log \frac{D-r}{r} \} \times 10^{-7}$$

$$L = \{ 0,5 + 4,6 \log \frac{1200-1,288}{1,288} \} \times 10^{-7}$$

$$L = 14,15 \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

Jadi besar Indutansi (L) per kilometer adalah

$$L = 14,15 \times 10^{-4} \text{ H/km}$$

c. Nilai Kapasitansi (C)

Untuk mengetahui besar kapasitansi digunakan rumus sebagai berikut

(Saadat, 2004: 123):

$$C = \frac{0,0556}{\ln \frac{D}{r}} \mu\text{F/km}$$

$$C = \frac{0,0556}{\ln \frac{1200}{1,288}}$$

$$C = 0,00813 \mu\text{F/km}$$

Berikut tabel besar resistor, induktor dan kapasitor dari ketiga bus:

Tabel 3.1. Nilai Resistor, induktor dan kapasitor

	Resistor (R)	Induktor (L)	Kapasitor (C)
Bus I (80 km)	6,84 ohm	0,1132 H	0,6504 μF
Bus II (160 km)	13,68 ohm	0,2264 H	1,3008 μF
Bus III (240 km)	20,52 ohm	0,3396 H	1,9512 μF

4. Validasi Desain

Pengujian validitas menggunakan validitas muka (*face validity*). Validitas muka (*face validity*) merujuk kepada derajat kesesuaian antara penampilan luar alat ukur dan atribut-atribut variabel yang ingin diukur (Murti, 2011: 3). Validitas ini menunjukkan apakah alat pengukur penelitian dari segi penampilan nampak mengukur apa yang ingin diukur, validitas ini lebih mengacu pada bentuk dan penampilan instrumen. Validasi desain simulator dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan dari desain simulator. Pengujian validasi desain simulator menggunakan pendapat dari pakar, yang dalam hal ini dilakukan oleh dosen sesuai dengan keahliannya yang diminta untuk menilai desain, sehingga dapat diketahui kekurangan dan kelebihan desain. Kekurangan desain selanjutnya diperbaiki kemudian dibuat menjadi produk berupa simulator.

5. Pembuatan Simulator

Tahap pembuatan simulator dimulai dari membuat desain simulator. Desain simulator dilakukan dengan mengacu pada materi unit uji Praktik Sistem Tenaga *double feeder* yang telah ada. Setelah desain simulator dibuat dan sudah divalidasi maka selanjutnya mempersiapkan semua bahan dan alat yang dibutuhkan untuk membuat simulator. Alat dan bahan yang digunakan diantaranya resistor, induktor, kapasitor, solder, kabel, bor, tang potong, tang jepit, akrilik, tenol, voltmeter, ampermeter, kabel jack banana dan akrilik. Tahap pertama yang

dilakukan dalam pembuatan simulator setelah mempersiapkan alat dan bahan adalah menyablon desain layout atas trainer pada akrilik dan mengebor bagian yang diperlukan. Penyablonan desain akrilik dilakukan dengan menggunakan jasa tukang sablon. Setelah penyablonan selesai kemudian dilakukan pengeboran pada lubang-lubang steker bus, saklar, dan tempat soket.

Tahap berikutnya adalah merangkai dan memasang komponen resistor (R), induktor (L) dan kapasitor (C) sesuai dengan rangkaian simulator sistem tenaga listrik *double feeder*.

6. Uji Simulator

Setelah tahap pembuatan simulator selesai, selanjutnya dilakukan uji simulator. Uji coba simulator dilakukan untuk mengetahui apakah simulator dapat digunakan untuk mempraktikkan percobaan sesuai pada materi praktikum unit uji sistem jaringan *double feeder*. Apabila terjadi kesalahan maka dianalisis dan diperbaiki sehingga simulator dapat berfungsi dengan semestinya. Uji coba dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro, Gedung E6 lantai 1 Universitas Negeri Semarang. Percobaan dilakukan berkali-kali sampai memperoleh hasil yang diharapkan dari simulator tersebut.

7. Uji Kelayakan oleh Pengguna

Setelah simulator diuji coba secara mandiri, selanjutnya dilakukan observasi di depan pengguna untuk menguji kelayakan simulator.

Observasi simulator dilakukan untuk mengetahui kelayakan simulator tersebut. Observasi simulator dilakukan dengan cara pengisian angket oleh pengguna dengan tujuan untuk mengetahui pendapat mengenai simulator tersebut jika dilihat dari segi kepraktisan, kemudahan, tampilan dan kinerja simulator tersebut, sehingga dinyatakan layak digunakan sebagai media praktik.

E. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Teknik pengumpulan data digunakan untuk mengumpulkan data penelitian, agar memperoleh data-data yang diinginkan sesuai dengan tujuan penelitian. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuesioner (angket).

1. Angket (*Kuesioner*)

Sugiyono (2012: 142) menyebutkan “Kuesioner merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawabnya.”

Melalui pengumpulan data dengan menggunakan kuesioner ini diharapkan data mengenai kemudahan pengoperasian simulator, desain dan unjuk kerja simulator, kesesuaian simulator dengan praktik sistem tenaga, kinerja simulator, kelayakan simulator untuk praktik sistem tenaga dan tingkat manfaat simulator untuk digunakan dalam mata kuliah praktik sistem tenaga dapat terkumpul. Responden dalam hal ini ditujukan kepada pakar yang dalam hal ini dilakukan oleh dosen sesuai

dengan keahliannya, teknisi laboratorium dan mahasiswa yang pernah mengikuti mata kuliah sistem tenaga listrik.

Teknik pengumpulan data dengan menggunakan kuesioner ini dipilih karena dapat menghasilkan data yang dibutuhkan peneliti, yaitu data mengenai kemudahan pengoperasian simulator, desain dan unjuk kerja simulator, kesesuaian simulator dengan praktik sistem tenaga listrik, kinerja simulator, kelayakan simulator untuk praktik sistem tenaga listrik dan tingkat manfaat dari simulator sistem tenaga *double feeder* untuk dapat dipakai dalam mata kuliah praktik sistem tenaga. Perhitungan kuesioner berdasar pada skala *Likert* yaitu skala psikometrik yang paling banyak digunakan dalam riset berupa survey. Sewaktu menanggapi pertanyaan dalam skala *Likert* responden menentukan tingkat persetujuan mereka terhadap suatu pernyataan dengan memilih salah satu dari pilihan yang tersedia. Untuk keperluan analisis kuantitatif maka jawaban dapat diberi skor sebagai berikut:

Angka 1 = Sangat Tidak Layak

Angka 2 = Tidak Layak

Angka 3 = Layak

Angka 4 = Sangat Layak

Jawaban dilakukan dengan cara membubuhkan tanda cek (\surd) pada salah satu kolom dari 4 kolom yaitu: Sangat Layak, Layak, Tidak Layak, Sangat Tidak Layak.

Berdasarkan teori tersebut peneliti menggunakan angket untuk memperoleh data primer hasil uji kelayakan kepada mahasiswa. Angket uji kelayakan dapat dilihat pada lampiran 5 dan data hasil uji kelayakan dapat dilihat pada lampiran 6.

F. TEKNIK ANALISIS DATA

Setelah data diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah menganalisis data. Analisis data kelayakan yang digunakan peneliti adalah analisis deskriptif presentase. Adapun langkah langkah analisis deskriptif presentase sebagai berikut:

- a. Membuat tabel distribusi angket (lampiran 5)
- b. Menentukan skor jawaban dengan ketentuan skor yang telah ditentukan.
- c. Menjumlahkan skor yang diperoleh dari tiap tiap responden (lampiran 6)
- d. Memasukan skor tersebut kedalam rumus sebagai berikut

$$\% = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan :

n : Jumlah nilai yang diperoleh

N : Jumlah nilai ideal (jumlah responden x Jumlah soal x skor tertinggi)

$\%$: tingkat keberhasilan yang dicapai

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes ditinjau dari pembuatan simulator, penelitian laboratorium, dan uji kelayakan simulator pada responden.

1. Pembuatan Simulator

Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double Feeder* Satu Fasa dibuat menggunakan *acrylic* berwarna putih dengan tebal 3 mm dan dimensi lebar 60 cm dan panjang 70 cm. Simulator terpasang komponen elektronik yaitu resistor, kapasitor, dan induktor. Setiap *input* dan *output* pada rangkaian simulator diberi *steker bus*. Antar *steker bus* dapat disambung menggunakan *jack banana* yang disambung dengan kabel yang dinamakan *jumper*. Panjang masing-masing *jumper* disesuaikan dengan kebutuhan jarak antar unit rangkaian yang akan diuji.

Pola gambar pada simulator menggunakan stiker yang ditempel pada permukaan *acrylic* sesuai dengan ukuran masing masing komponen. Pada setiap titik *input* dan *output* rangkaian diberi lubang menggunakan bor listrik dengan mata bor 8 mm. Lubang tersebut digunakan untuk memasang *steker bus*. Gambar simulator jadi dapat dilihat pada lampiran 5.

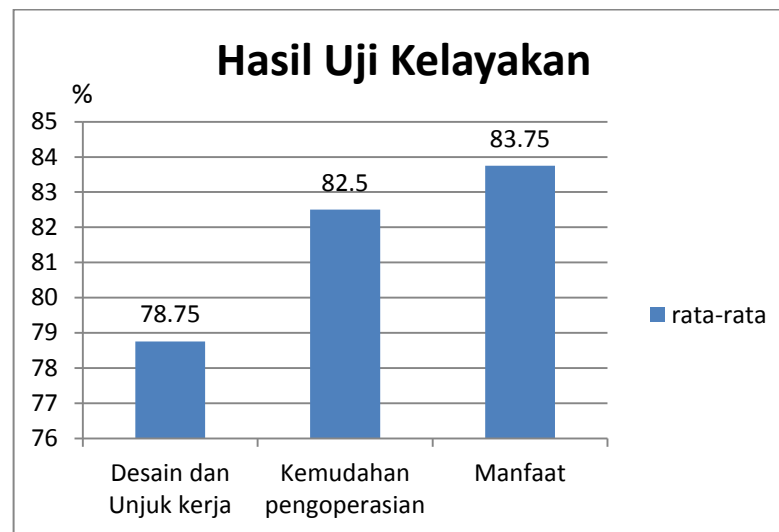
2. Hasil Penelitian Uji Kelayakan Simulator

Berikut adalah hasil penilaian pengguna Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes :

Tabel 4.1. Hasil Penilaian Pengguna

No. Res	Aspek		
	Desain dan Unjuk kerja (%)	Kemudahan pengoperasian (%)	Manfaat (%)
1	81,25	81,25	81,25
2	75	87,5	81,25
3	75	75	75
4	81,25	81,25	81,25
5	81,25	75	87,5
6	75	75	75
7	81,25	81,25	87,5
8	68,75	87,5	87,5
9	75	81,25	81,25
10	75	75	75
11	75	87,5	100
12	87,5	81,25	81,25
13	81,25	87,5	87,5
14	93,75	93,75	100
15	75	87,5	75
Rata-rata	78,75	82,5	83,75

Rata –Rata Semua aspek = 81,66 %



Gambar 4.1. Diagram Batang Hasil Uji Kelayakan Pengguna

Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 4.1 dapat diambil kesimpulan Simulator Sistem Tenaga Listrik Double Feeder Satu Fasa layak digunakan sebagai alat pembelajaran pada mata kuliah praktik sistem tenaga listrik. Analisis lengkap dapat dilihat pada lampiran 6

3. Hasil Penelitian Laboratorium

Penelitian laboratorium merupakan pengujian tiap bagian yang ada pada simulator. Penelitian laboratorium menguji kinerja simulator apakah bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Simulator ini di uji coba dilaboratorium teknik elektro dengan mensimulasikan sistem tenaga listrik *double feeder* jaringan tunggal dan jaringan ganda. Beban yang digunakan untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik ini yaitu beban lampu pijar 100 Watt, beban motor AC 35 Watt, dan beban lampu elektronik 15 Watt. Pada penelitian ini data yang didapatkan adalah tegangan input/masukan, tegangan *output/load*, arus yang mengalir , daya aktif, dan $\text{Cos } \varphi$. Berikut adalah hasil penelitian laboratorium ditunjukkan pada tabel 4.2

:

Tabel 4.2. Hasil Penelitian Laboratorium

Beban	Daya (watt)	Jaringan Tunggal								Jaringan Ganda								Tanpa/Dengan Kompensator
		Saluran Pendek								Saluran Pendek								
		XL	R	Z	Cos ϕ	P (watt)	Q (VAR)	S (VA)	Vr (Volt)	XL	R	Z	Cos ϕ	P (watt)	Q (VAR)	S (VA)	Vr (Volt)	
Lampu Pijar	100	0,79	75	75,7	0,99	14	0,145	14,1	4	0,79	81	81,129	0,99	15	0,1453	15,1	6	Tanpa
		0,79	70	70,3	0,99	13	0,145	13,1	3	0,79	75	75,721	0,99	14	0,1453	14,1	5	Dengan
Motor AC	35	0,79	88	88,9	0,99	2	0,018	2,1	6	0,79	311	311,11	0,99	7	0,0177	7,1	4	Tanpa
		0,79	44	44,5	0,99	1	0,018	1,1	4	0,79	266	266,67	0,99	6	0,0177	6,1	3	Dengan
Lampu Elektronik	15	0,79	800	800,1	0,99	2	0,002	2,1	4	0,79	4400	4400,1	0,99	11	0,002	11,1	6	Tanpa
		0,79	400	400,1	0,99	1	0,002	1,1	2	0,79	3600	3600,1	0,99	9	0,002	9,1	4	Dengan
Beban	Daya (watt)	Saluran Menengah								Saluran Menengah								Tanpa/Dengan Kompensator
		XL	R	Z	Cos ϕ	P (watt)	Q (VAR)	S (VA)	Vr (Volt)	XL	R	Z	Cos ϕ	P (watt)	Q (VAR)	S (VA)	Vr (Volt)	
		Lampu Pijar	100	1,57	75	75,73	0,99	14	0,291	14,1	6	1,57	86	86,548	0,99	16	0,2906	
1,57	70			70,33	0,99	13	0,291	13,1	6	1,57	81	81,14	0,99	15	0,2906	15,1	6	Dengan
Motor AC	35	1,57	266	266,7	0,99	6	0,035	6,1	4	1,57	311	311,12	0,99	7	0,0354	7,1	4	Tanpa
		1,57	177	177,8	0,99	4	0,035	4,1	3	1,57	266	266,67	0,99	6	0,0354	6,1	4	Dengan
Lampu Elektronik	15	1,57	2800	2800,1	0,99	7	0,004	7,1	3	1,57	3200	3200,1	0,99	8	0,0039	8,1	2	Tanpa
		1,57	2400	2400,1	0,99	6	0,004	6,1	2	1,57	2800	2800,1	0,99	7	0,0039	7,1	2	Dengan
Beban	Daya (watt)	Saluran Panjang								Saluran Panjang								Tanpa/Dengan Kompensator
		XL	R	Z	Cos ϕ	P (watt)	Q (VAR)	S (VA)	Vr (Volt)	XL	R	Z	Cos ϕ	P (watt)	Q (VAR)	S (VA)	Vr (Volt)	
		Lampu Pijar	100	2,36	86	86,57	0,99	16	0,436	16,1	10	2,36	81	81,159	0,99	15	0,4358	
2,36	75			75,75	0,99	14	0,436	14,1	7	2,36	70	70,348	0,99	13	0,4358	13,1	3	Dengan
Motor AC	35	2,36	311	311,1	0,99	7	0,053	7,1	6	2,36	311	311,12	0,99	7	0,053	7,1	1	Tanpa
		2,36	266	266,7	0,99	6	0,053	6,1	5	2,36	266	266,68	0,99	6	0,053	6,1	1	Dengan
Lampu Elektronik	15	2,36	3600	3600,1	0,99	9	0,006	9,1	3	2,36	3600	3600,1	0,99	9	0,0059	9,1	2	Tanpa
		2,36	2800	2800,1	0,99	7	0,006	7,1	2	2,36	2800	2800,1	0,99	7	0,0059	7,1	1	Dengan

Keterangan Tabel 4.2 :

X_L = Reaktansi

R = Hambatan/Resistansi (Ω)

Z = impedansi (Ω)

P = Daya Aktif Pada Jaringan (Watt)

Q = Daya Reaktif Jaringan (VAR)

S = Daya Semu Jaringan (VA)

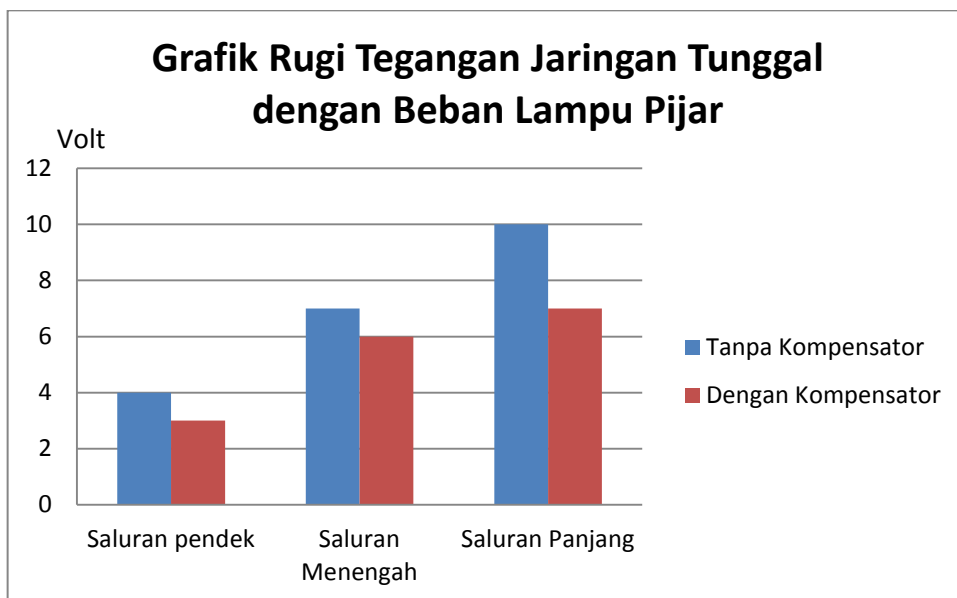
$\cos \phi$ = Faktor Daya

V_r = Rugi Tegangan (Volt)

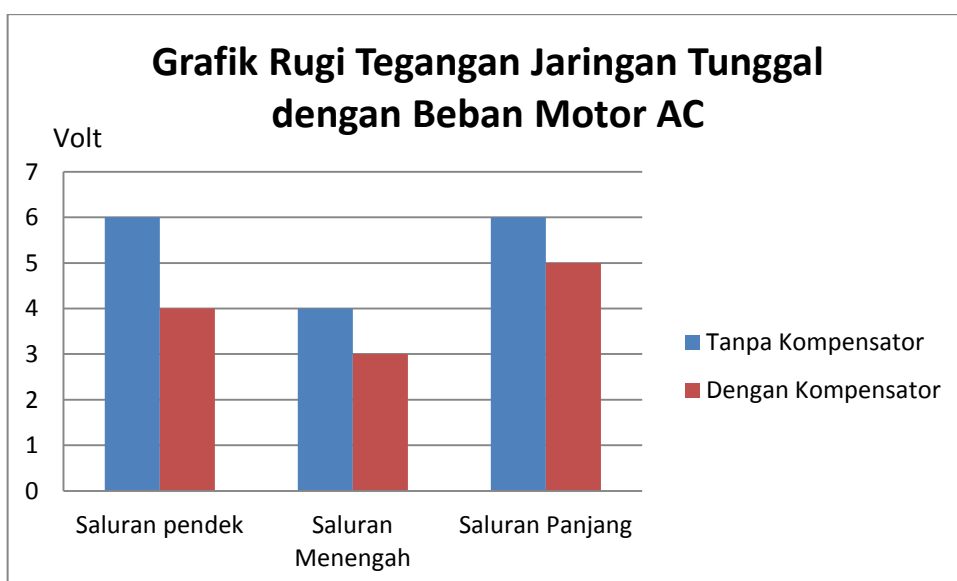
a. Rugi Tegangan

Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 4.2 maka dapat dibuat grafik rugi tegangan sebagai berikut :

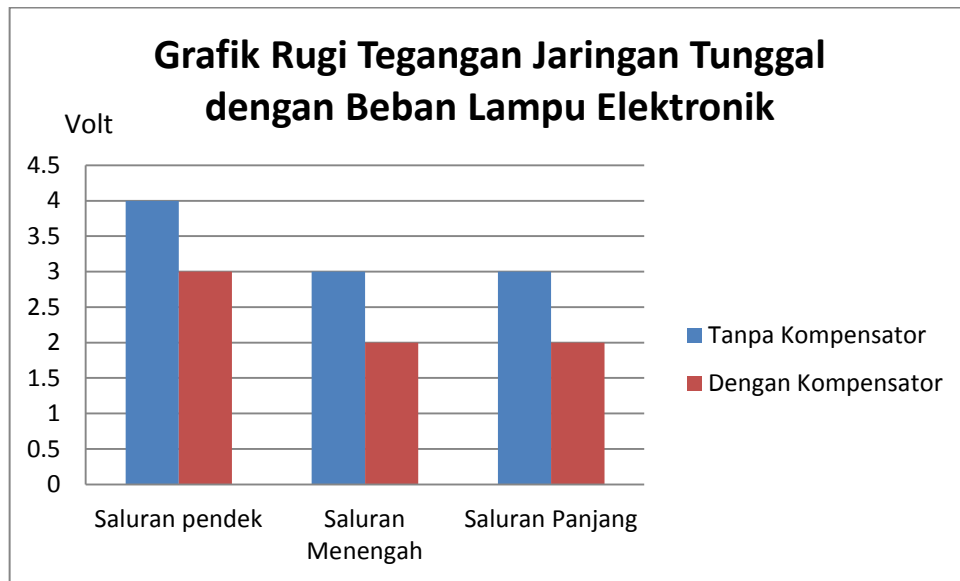
1) Jaringan Tunggal



Gambar 4.2. Grafik Rugi Tegangan Jaringan Tunggal dengan Beban Lampu Pijar

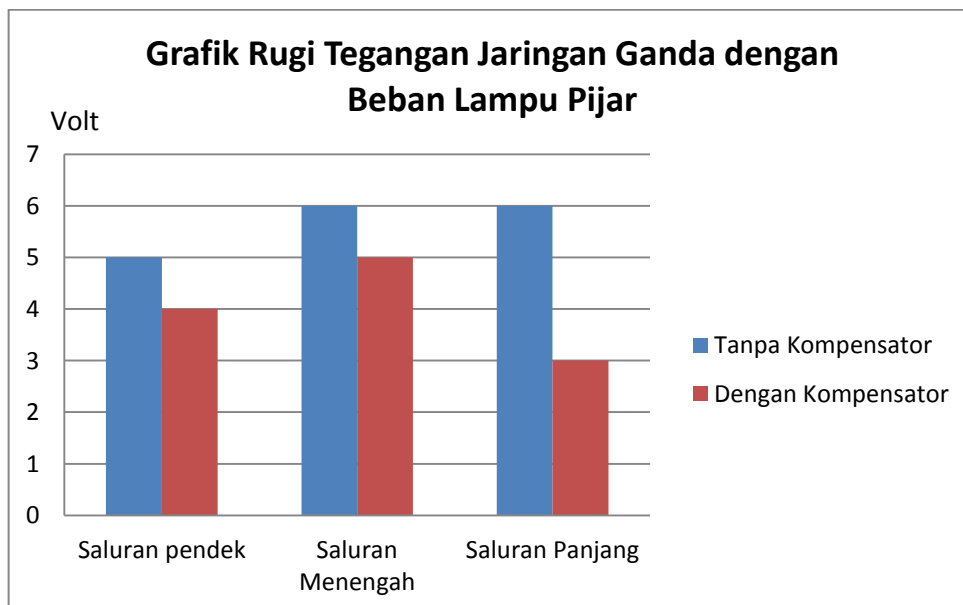


Gambar 4.3. Grafik Rugi Tegangan Jaringan Tunggal dengan Beban Motor AC

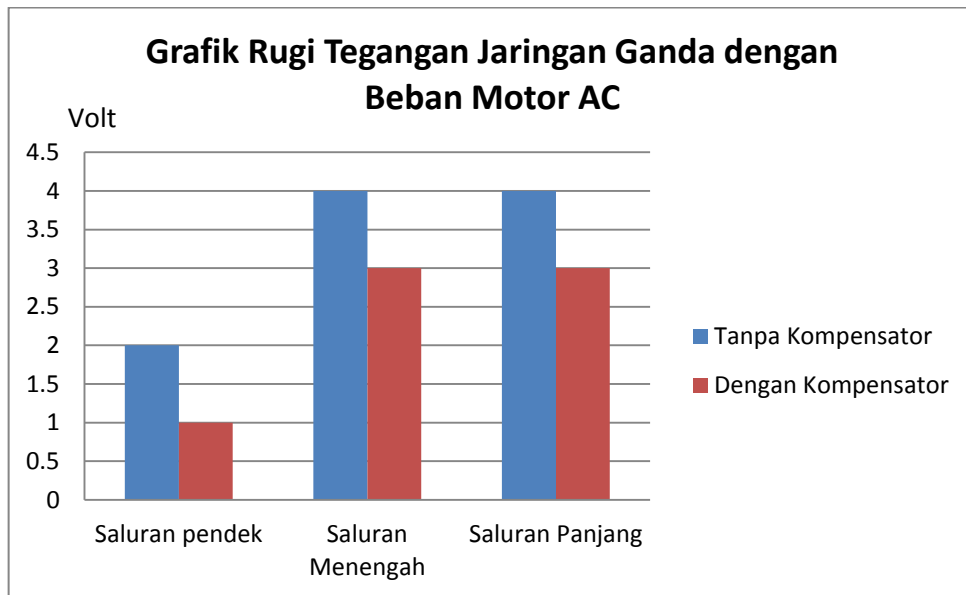


Gambar 4.4. Grafik Rugi Tegangan Jaringan Tunggal dengan Beban Lampu Elektronik

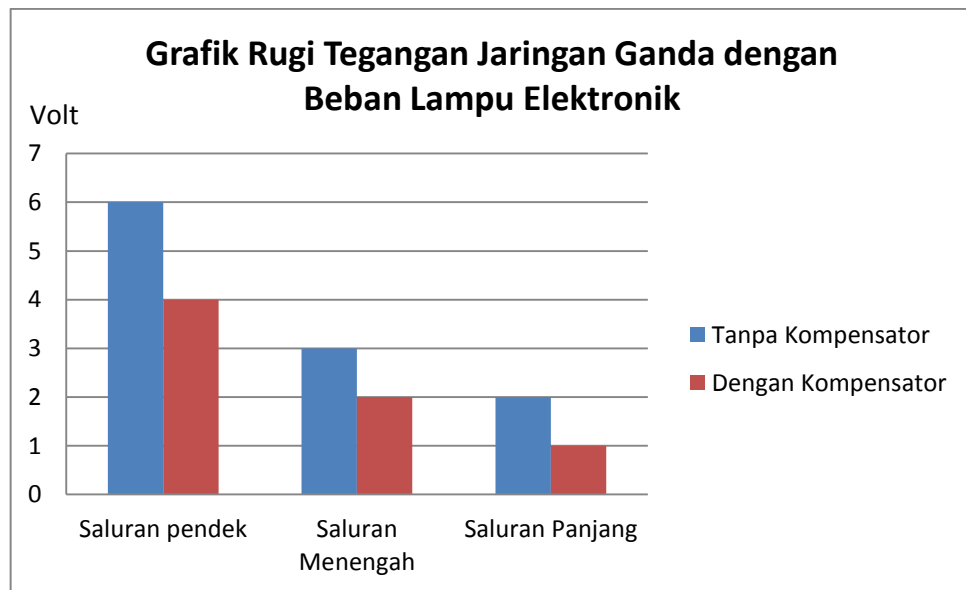
2) Jaringan Ganda



Gambar 4.5. Grafik Rugi Tegangan Jaringan Ganda dengan Beban Lampu Pijar



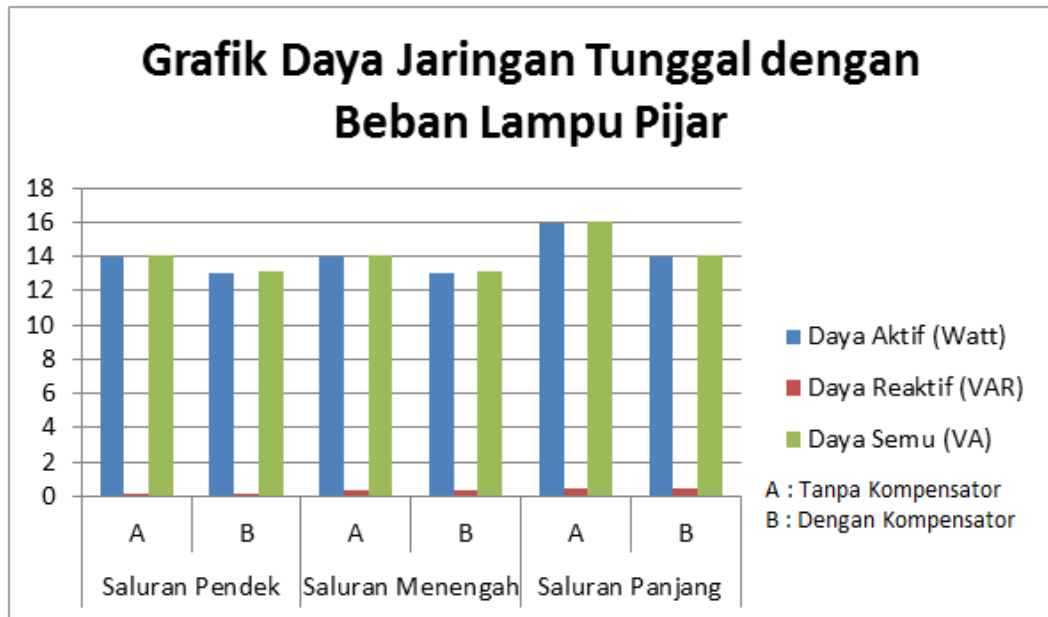
Gambar 4.6. Grafik Rugi Tegangan Jaringan Ganda dengan Beban Motor AC



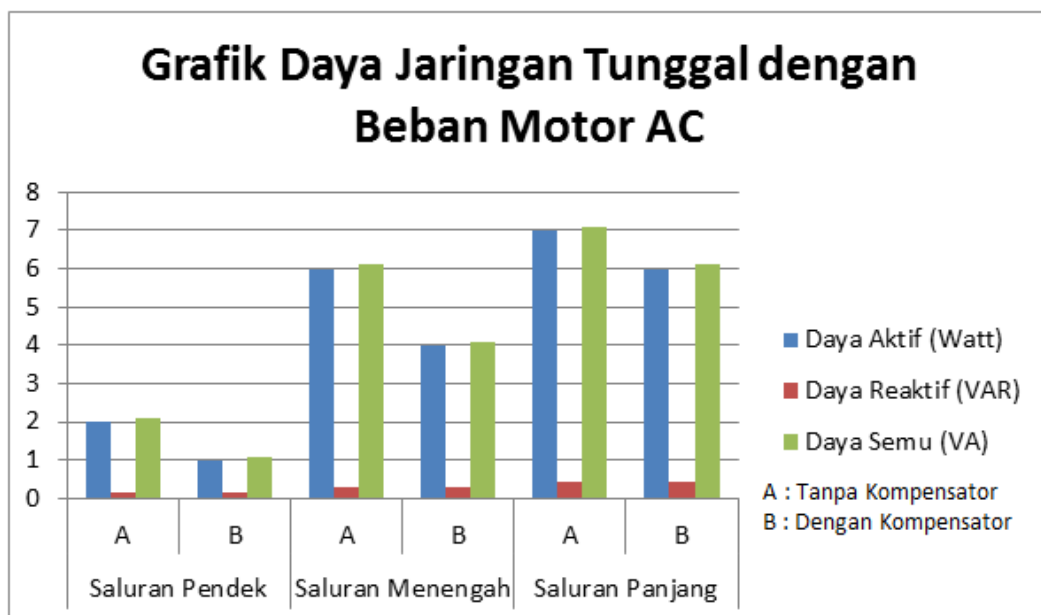
Gambar 4.7. Grafik Rugi Tegangan Jaringan Ganda dengan Beban Lampu Elektronik

b. Grafik Daya

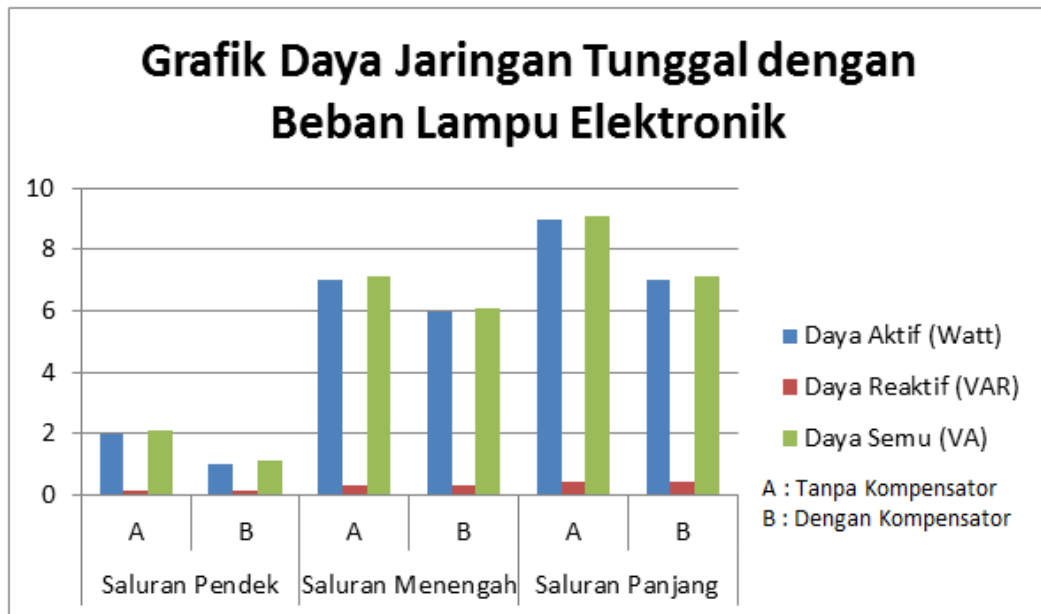
Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 4.2 maka dapat dibuat grafik daya listrik pada input, jaringan, dan beban sebagai berikut :



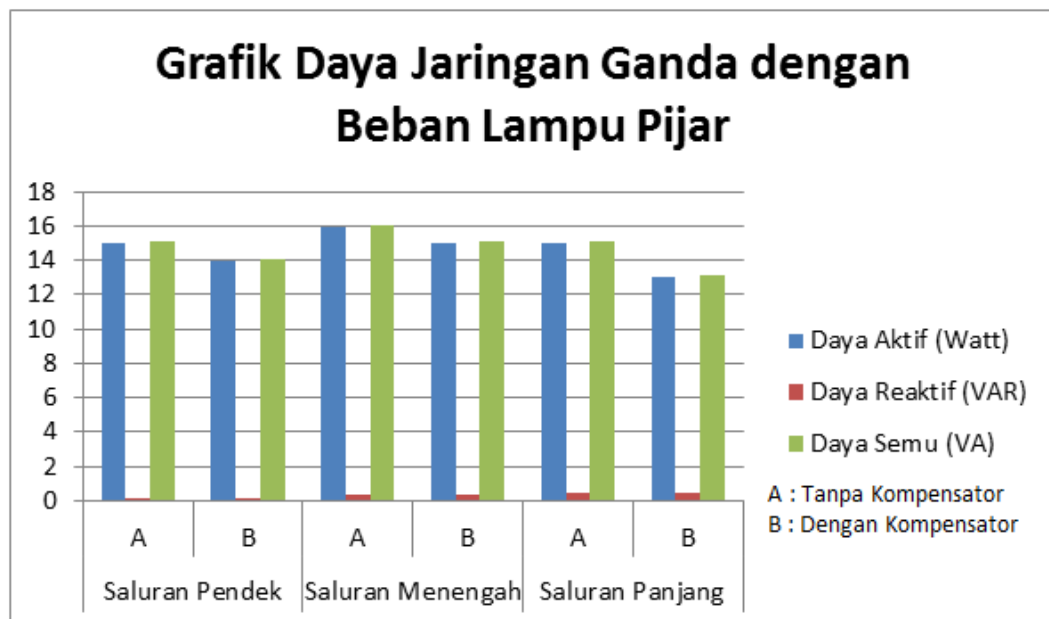
Gambar 4.8. Grafik Daya Jaringan Tunggal dengan Beban Lampu Pijar



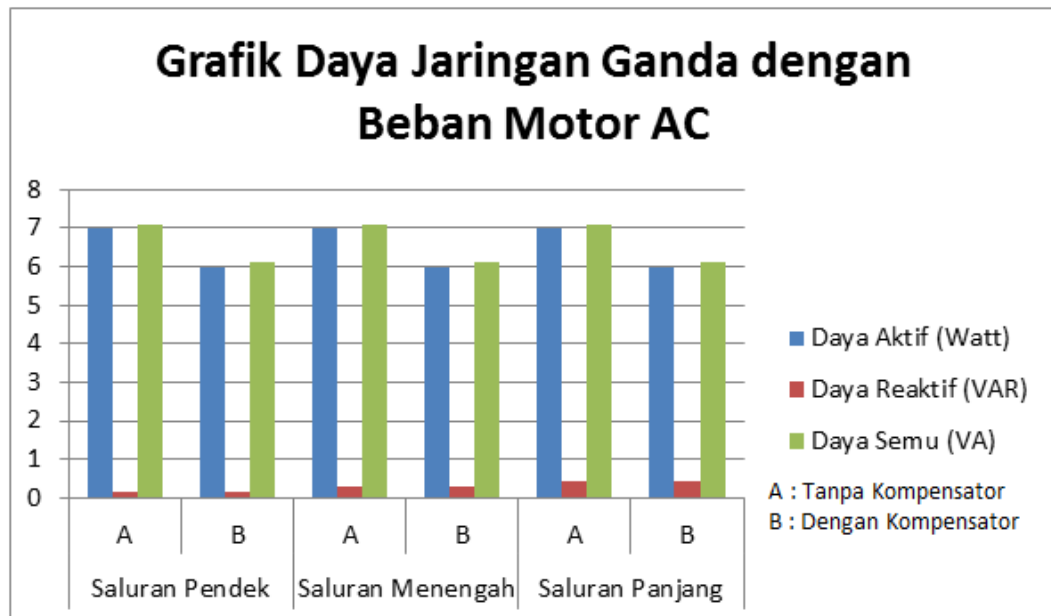
Gambar 4.9. Grafik Daya Jaringan Tunggal dengan Beban Motor AC



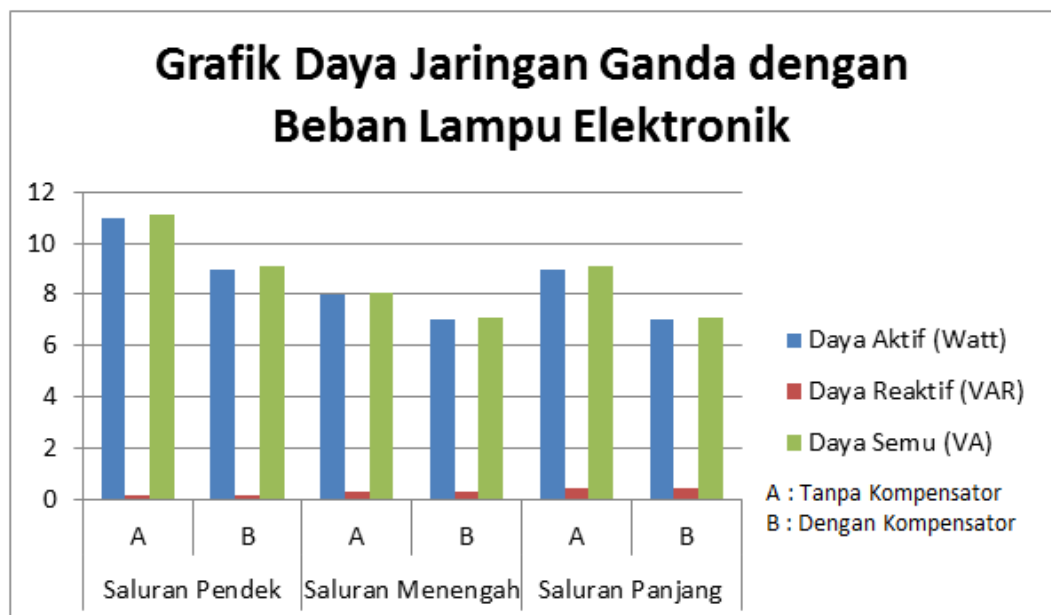
Gambar 4.10. Grafik Daya Jaringan Tunggal dengan Beban Lampu Elektronik



Gambar 4.11. Grafik Daya Jaringan Ganda dengan Beban Lampu Pijar



Gambar 4.12. Grafik Daya Jaringan Ganda dengan Beban Motor AC



Gambar 4.13. Grafik Daya Jaringan Ganda dengan Beban Lampu Elektronik

Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 4.2 yang dapat di ubah dalam grafik tegangan dan grafik daya maka dapat diambil kesimpulan bahwa Simulator

Sistem Tenaga Listrik *Double Feeder* Satu Fasa dapat merepresentasikan gejala kelistrikan pada jaringan listrik *double feeder* satu fasa.

B. Pembahasan

1. Pembahasan Pembuatan Simulator

Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes dapat dibuat dengan baik sesuai dengan perencanaan.

2. Pembahasan Hasil Uji Kelayakan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kelayakan masing-masing aspek pada simulator jika digunakan sebagai media pembelajaran. Penilaian tingkat kelayakan simulator dibagi dalam beberapa aspek, aspek yang dinilai antara lain: desain dan unjuk kerja, kemudahan pengoperasian, dan manfaat.

Data dari penilaian pengguna dapat dilihat pada tabel 4.7, dan didapat perhitungan statistiknya sebagai berikut:

a. Desain dan Unjuk Kerja

$$Mean = \frac{\sum xi}{n} = \frac{1181,25}{15} = 78,75 \%$$

Berdasarkan data diatas maka tingkat persetujuan pengguna mengenai desain dan unjuk kerja alat tersebut 78,75 % dari yang diharapkan (100%)

Jadi berdasarkan data yang diperoleh dari 15 responden maka rata-rata 78,75 % mendekati pada daerah sangat setuju.

b. Kemudahan Pengoperasian

$$Mean = \frac{\sum xi}{n} = \frac{1237,5}{15} = 82,5 \%$$

Berdasarkan data diatas maka tingkat persetujuan pengguna mengenai kemudahan pengoprasian alat tersebut 82,5% dari yang diharapkan (100%)

Jadi berdasarkan data yang diperoleh dari 15 responden maka rata-rata 82,5% mendekati pada daerah sangat setuju.

c. Manfaat

$$Mean = \frac{\sum xi}{n} = \frac{1256,25}{15} = 83,75$$

Berdasarkan data diatas maka tingkat persetujuan pengguna mengenai desain dan unjuk kerja alat tersebut 83,75% dari yang diharapkan (100%)

Jadi berdasarkan data yang diperoleh dari 15 responden maka hasil penilaian secara keseluruhan menjadi 83,75% yang artinya mendekati pada daerah sangat setuju. Hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes layak digunakan sebagai alat pembelajaran untuk memahami materi sistem tenaga listrik *double feeder*.

3. Pembahasan Hasil Penelitian Laboratorium

Data hasil penelitian laboratorium pada tabel 4.2 dan grafik tegangan membuktikan bahwa jaringan listrik dengan penambahan kompensator akan memperbaiki faktor daya, dan mengurangi rugi tegangan. Hal ini sesuai yang dikemukakan oleh Hutauruk 1990:1 “Untuk memperbaiki faktor daya dari saluran maka untuk beban-beban yang mempunyai faktor daya jelek, misal dibawah 0,8, perlu dipasang kapasitor statis yang terhubung paralel dengan beban. Dengan pemasangan kapasitor tersebut, disamping memperbaiki faktor daya akan sekaligus memperbaiki pengaturan tegangan dan menaikkan penyaluran daya.”

a. Grafik Rugi Tegangan

1) Jaringan Tunggal

Pada gambar 4.2 Grafik rugi tegangan jaringan tunggal dengan beban lampu pijar membuktikan penambahan kompensator mampu menurunkan rugi tegangan, baik pada jaringan tunggal saluran pendek tegangan dari 4 volt dengan penambahan kompensator menjadi 3 volt, saluran menengah dari 7 volt dengan penambahan kompensator menjadi 6 volt, dan saluran panjang dari 10 volt dengan penambahan kompensator menjadi 7 volt.

Pada gambar 4.3 Grafik rugi tegangan jaringan tunggal dengan beban Motor AC membuktikan penambahan kompensator mampu menurunkan rugi tegangan, baik pada jaringan tunggal saluran pendek tegangan dari 6 volt dengan penambahan kompensator menjadi 4 volt, saluran menengah dari 4 volt dengan

penambahan kompensator menjadi 3 volt, dan saluran panjang dari 6 volt dengan penambahan kompensator menjadi 5 volt.

Pada gambar 4.4 Grafik rugi tegangan jaringan tunggal dengan beban lampu elektronik membuktikan penambahan kompensator mampu menurunkan rugi tegangan, baik pada jaringan tunggal saluran pendek dari 4 volt dengan penambahan kompensator menjadi 3 volt, saluran menengah dari 3 volt dengan penambahan kompensator tetap 2 volt, dan saluran panjang dari 3 volt dengan penambahan kompensator menjadi 2 volt.

2) Jaringan Ganda

Pada gambar 4.5 Grafik rugi tegangan jaringan ganda dengan beban lampu Pijar membuktikan penambahan kompensator mampu menurunkan rugi tegangan, baik pada jaringan ganda saluran pendek dari 5 volt dengan penambahan kompensator menjadi 4 volt, saluran menengah dari 6 volt dengan penambahan kompensator tetap 5 volt, dan saluran panjang dari 6 volt dengan penambahan kompensator menjadi 3 volt.

Pada gambar 4.6 Grafik rugi tegangan jaringan ganda dengan beban Motor AC membuktikan penambahan kompensator mampu menurunkan rugi tegangan, baik pada jaringan ganda saluran pendek dari 2 volt dengan penambahan kompensator menjadi 1 volt, saluran menengah dari 4 volt dengan penambahan kompensator tetap 3 volt, dan saluran panjang dari 3 volt dengan penambahan kompensator menjadi 3 volt.

Pada gambar 4.7 Grafik rugi tegangan jaringan ganda dengan beban lampu elektronik membuktikan penambahan kompensator mampu menurunkan rugi tegangan, baik pada jaringan ganda saluran pendek dari 6 volt dengan penambahan kompensator menjadi 4 volt, saluran menengah dari 3 volt dengan penambahan kompensator tetap 2 volt, dan saluran panjang dari 2 volt dengan penambahan kompensator menjadi 1 volt.

b. Grafik Daya

1) Jaringan Tunggal

Pada gambar 4.8 Grafik daya jaringan tunggal dengan beban lampu pijar menunjukkan besarnya daya reaktif, daya semu dan daya aktif pada setiap saluran menunjukkan kenaikan, hal ini dikarenakan semakin panjang saluran maka semakin besar rugi daya yang didapatkan, tetapi ketika ditambah kompensator pada beban dapat menurunkan rugi daya. Hal ini sesuai yang dikemukakan oleh hutaurik,1990:1 yang mengatakan bahwa dengan penambahan kompensator dapat mengurangi rugi daya dan memperbaiki faktor dayanya.

Pada gambar 4.9 Grafik daya jaringan tunggal dengan beban motor AC menunjukkan besarnya daya reaktif, daya semu dan daya aktif pada setiap saluran menunjukkan kenaikan, hal ini dikarenakan semakin panjang saluran maka semakin besar rugi daya yang didapatkan, tetapi ketika ditambah kompensator pada beban dapat menurunkan rugi daya. Hal ini sesuai yang dikemukakan oleh hutaurik,1990:1 yang mengatakan bahwa dengan penambahan kompensator dapat mengurangi rugi daya dan memperbaiki faktor dayanya.

Pada gambar 4.10 Grafik daya jaringan tunggal dengan beban lampu elektronik menunjukkan besarnya daya reaktif, daya semu dan daya aktif pada setiap saluran menunjukkan kenaikan, hal ini dikarenakan semakin panjang saluran maka semakin besar rugi daya yang didapatkan, tetapi ketika ditambah kompensator pada beban dapat menurunkan rugi daya. Hal ini sesuai yang dikemukakan oleh hutaurik,1990:1 yang mengatakan bahwa dengan penambahan kompensator dapat mengurangi rugi daya dan memperbaiki faktor dayanya.

2) Jaringan Ganda

Pada gambar 4.11 Grafik daya jaringan ganda dengan beban lampu pijar menunjukkan besarnya daya reaktif, daya semu dan daya aktif pada setiap saluran menunjukkan kenaikan, hal ini dikarenakan semakin panjang saluran maka semakin besar rugi daya yang didapatkan, tetapi ketika ditambah kompensator pada beban dapat menurunkan rugi daya. Hal ini sesuai yang dikemukakan oleh hutaurik,1990:1 yang mengatakan bahwa dengan penambahan kompensator dapat mengurangi rugi daya dan memperbaiki faktor dayanya.

Pada gambar 4.12 Grafik daya jaringan tunggal dengan beban motor AC menunjukkan besarnya daya reaktif, daya semu dan daya aktif pada setiap saluran menunjukkan kenaikan, hal ini dikarenakan semakin panjang saluran maka semakin besar rugi daya yang didapatkan, tetapi ketika ditambah kompensator pada beban dapat menurunkan rugi daya. Hal ini sesuai yang dikemukakan oleh hutaurik,1990:1 yang mengatakan bahwa dengan penambahan kompensator dapat mengurangi rugi daya dan memperbaiki faktor dayanya.

Pada gambar 4.13 Grafik daya jaringan tunggal dengan beban lampu elektronik menunjukkan besarnya daya reaktif, daya semu dan daya aktif pada setiap saluran menunjukkan kenaikan, hal ini dikarenakan semakin panjang saluran maka semakin besar rugi daya yang didapatkan, tetapi ketika ditambah kompensator pada beban dapat menurunkan rugi daya. Hal ini sesuai yang dikemukakan oleh hutaurik,1990:1 yang mengatakan bahwa dengan penambahan kompensator dapat mengurangi rugi daya dan memperbaiki faktor dayanya.

c. Vektor Tegangan

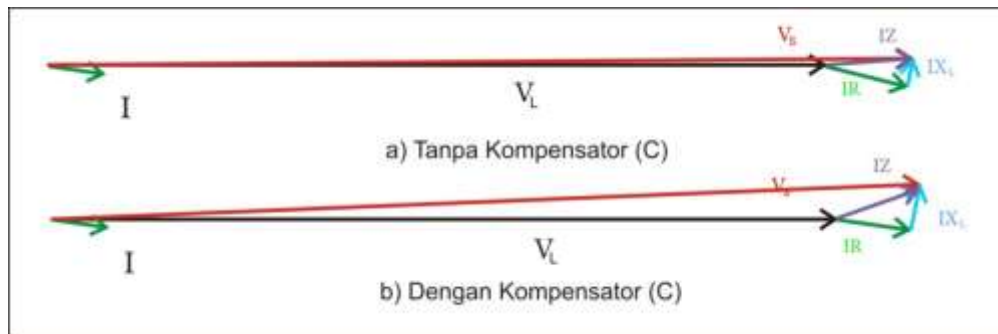
Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 4.2 dapat digambarkan vektor tegangan jaringan listrik tersebut, serta dapat dilihat perbedaan vektor tegangan dengan penambahan kompensator dan tanpa menggunakan kompensator.

1) Diagram Vektor Saluran Pendek

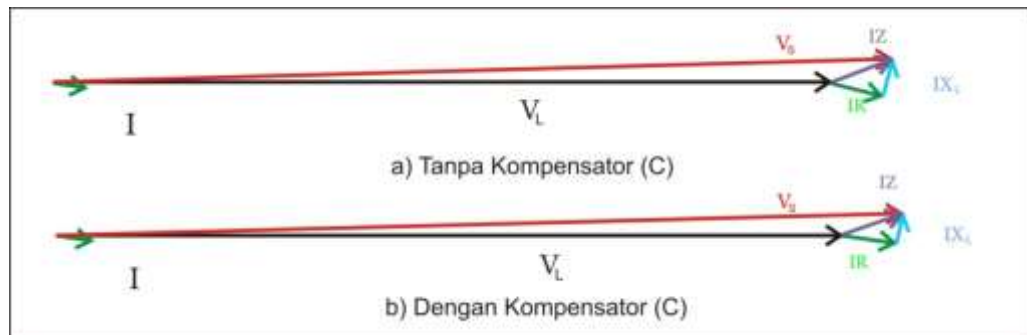


Gambar 4.14. Vektor Tegangan Jaringan Tunggal Saluran Pendek Beban Lampu

Pijar



Gambar 4.15. Vektor Tegangan Jaringan Tunggal Saluran Pendek Beban Motor AC



Gambar 4.16. Vektor Tegangan Jaringan Tunggal Saluran Pendek Beban Lampu Elektronik



Gambar 4.17. Vektor Tegangan Jaringan Ganda Saluran Pendek Beban Lampu Pijar



Gambar 4.18. Vektor Tegangan Jaringan Ganda Saluran Pendek Beban Motor AC



Gambar 4.19. Vektor Tegangan Jaringan Ganda Saluran Pendek Beban Lampu Elektronik

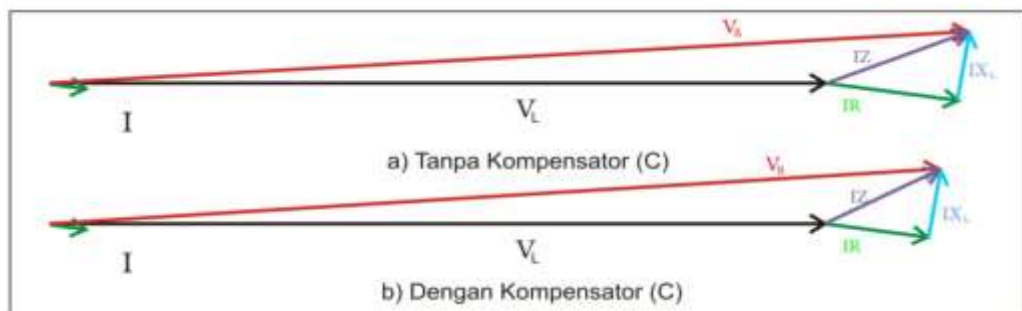
2) Diagram Vektor Saluran Menengah



Gambar 4.20. Vektor Tegangan Jaringan Tunggal Saluran Menengah Beban Lampu Pijar



Gambar 4.21. Vektor Tegangan Jaringan Tunggal Saluran Menengah Beban Motor AC



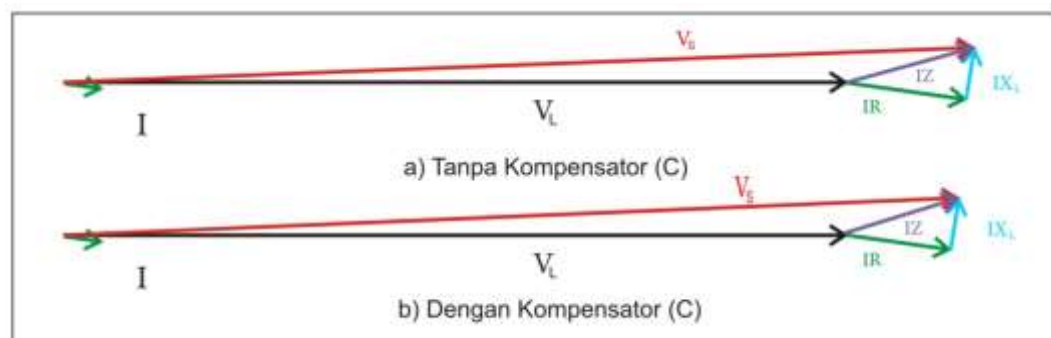
Gambar 4.22. Vektor Tegangan Jaringan Tunggal Saluran Menengah Beban Lampu Elektronik



Gambar 4.23. Vektor Tegangan Jaringan Ganda Saluran Menengah Beban Lampu Pijar

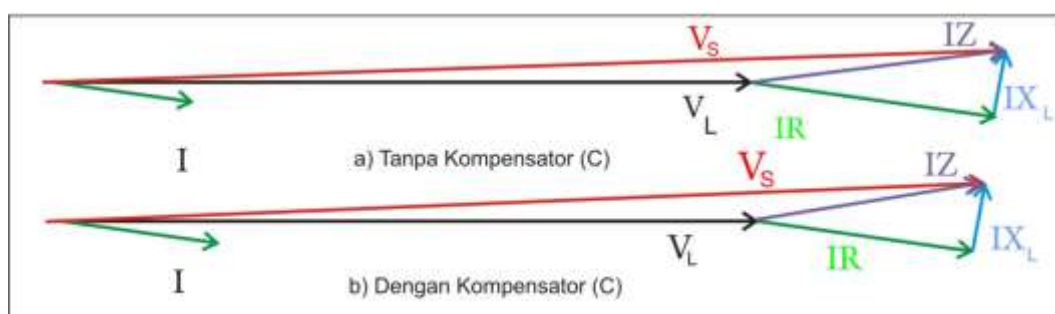


Gambar 4.24. Vektor Tegangan Jaringan Ganda Saluran Menengah Beban Motor AC



Gambar 4.25. Vektor Tegangan Jaringan Ganda Saluran Menengah Beban Lampu Elektronik

3) Diagram Vektor Saluran Panjang

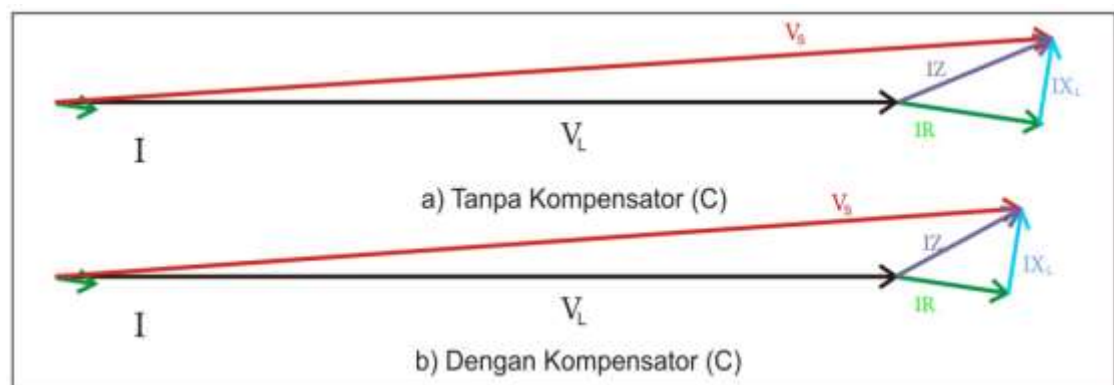


Gambar 4.26. Vektor Tegangan Jaringan Tunggal Saluran Panjang Beban Lampu Pijar



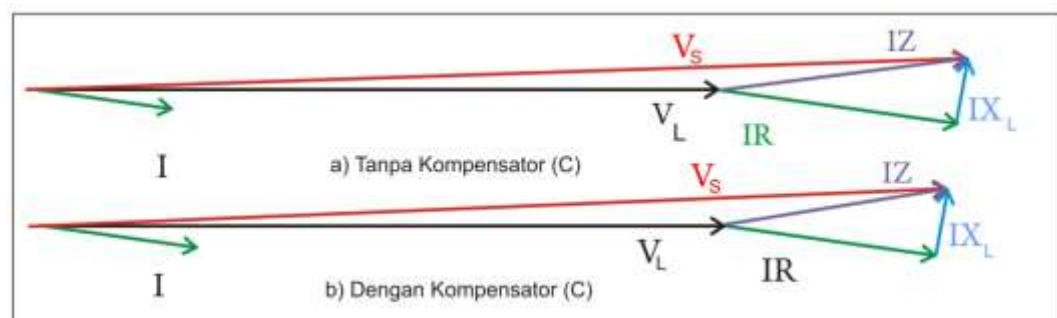
Gambar 4.27. Vektor Tegangan Jaringan Tunggal Saluran Panjang Beban Motor

AC



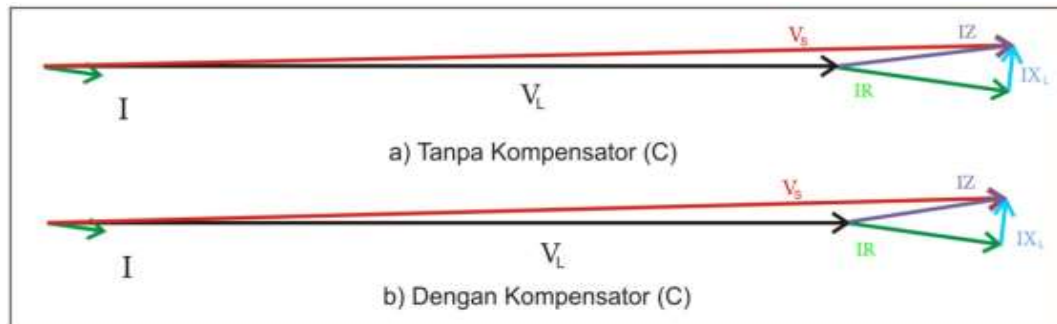
Gambar 4.28. Vektor Tegangan Jaringan Tunggal Saluran Panjang Beban Lampu

Elektronik

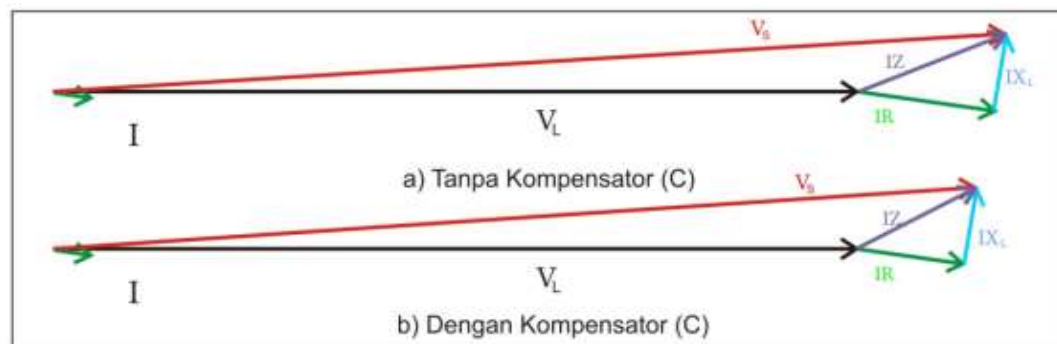


Gambar 4.29. Vektor Tegangan Jaringan Ganda Saluran Panjang Beban Lampu

Pijar



Gambar 4.30. Vektor Tegangan Jaringan Ganda Saluran Panjang Beban Motor AC

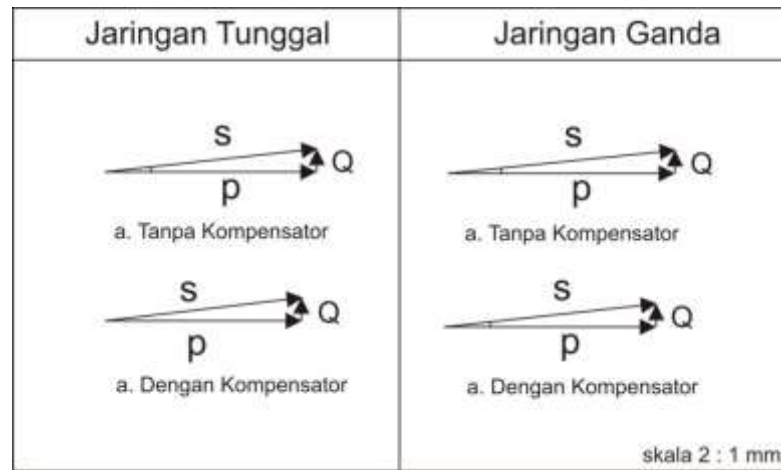


Gambar 4.31. Vektor Tegangan Jaringan Ganda Saluran Panjang Beban Lampu Elektronik

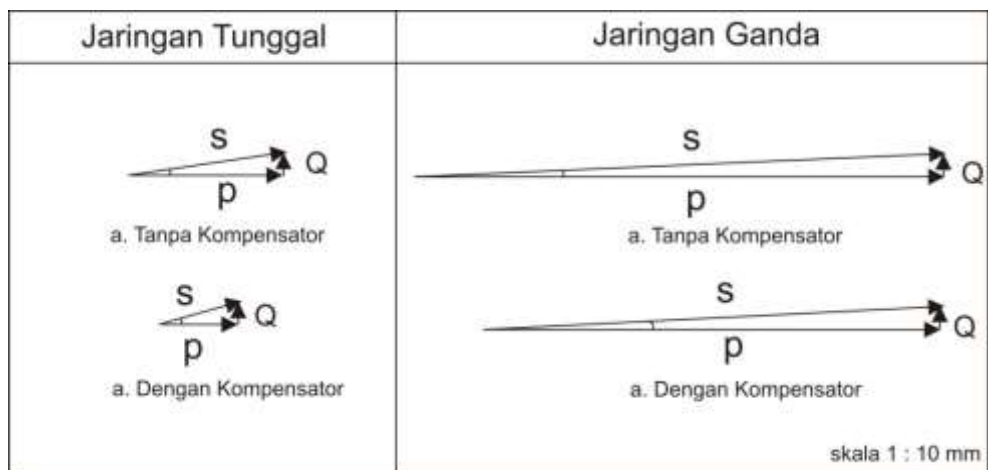
d. Segitiga Daya

Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 4.2 dapat digambarkan segitiga daya jaringan listrik, serta dapat dilihat perbedaan segitiga daya dengan penambahan kompensator dan tanpa menggunakan kompensator

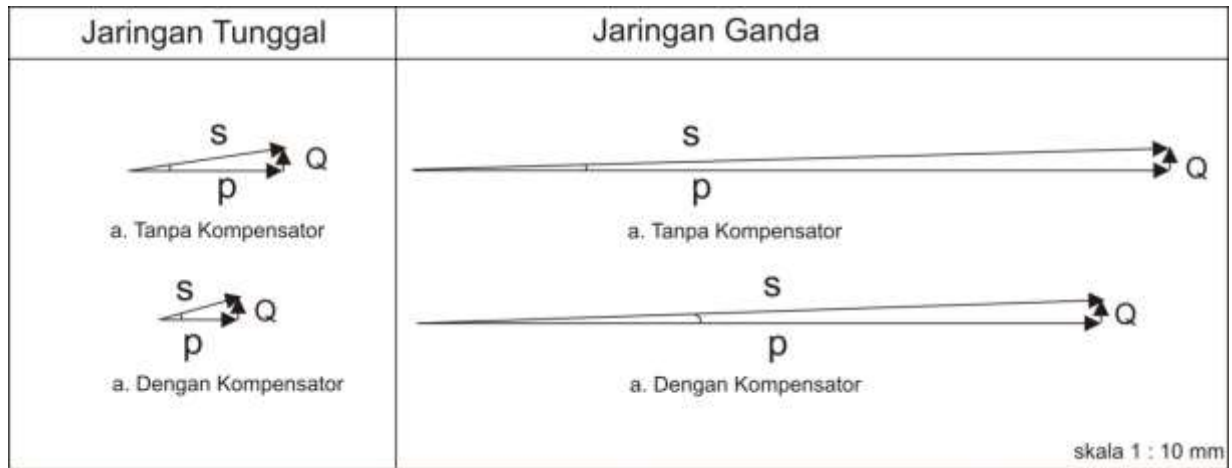
1) Saluran Pendek



Gambar 4.32. Segitiga Daya Saluran Pendek dengan Beban Lampu Pijar

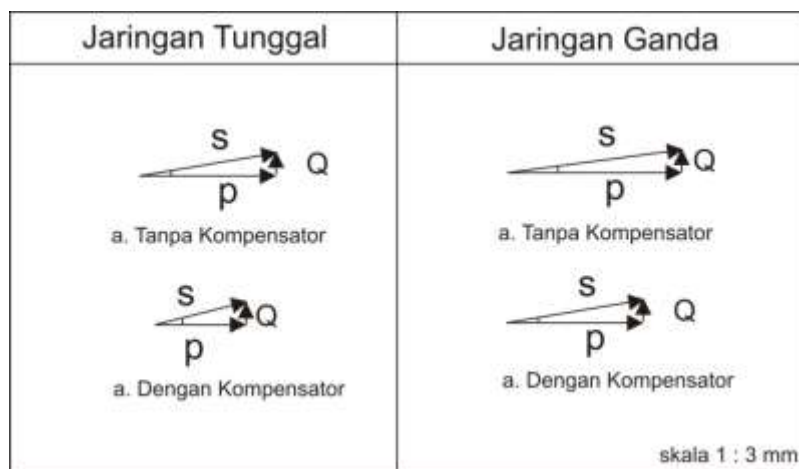


Gambar 4.33. Segitiga Daya Saluran Pendek dengan Beban Motor AC

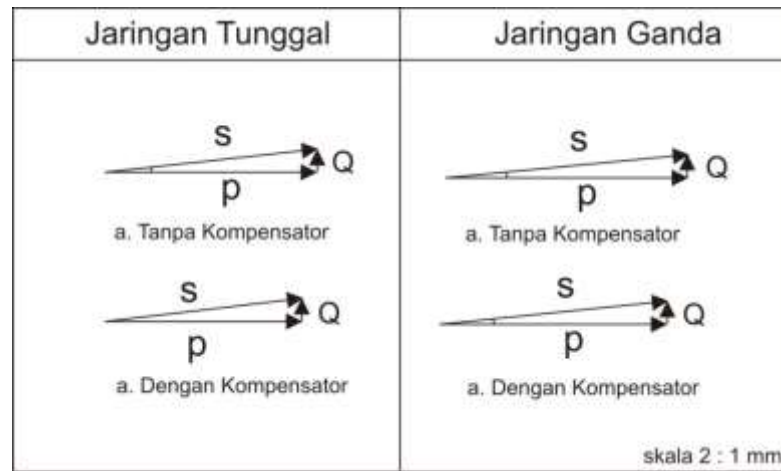


Gambar 4.34. Segitiga Daya Saluran Pendek dengan Beban Lampu Elektronik

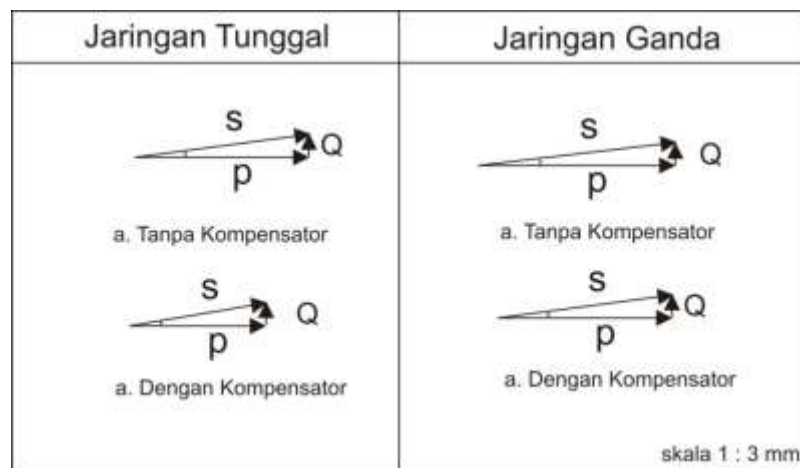
2) Saluran Menengah



Gambar 4.35. Segitiga Daya Saluran Menengah dengan Beban Lampu Pijar

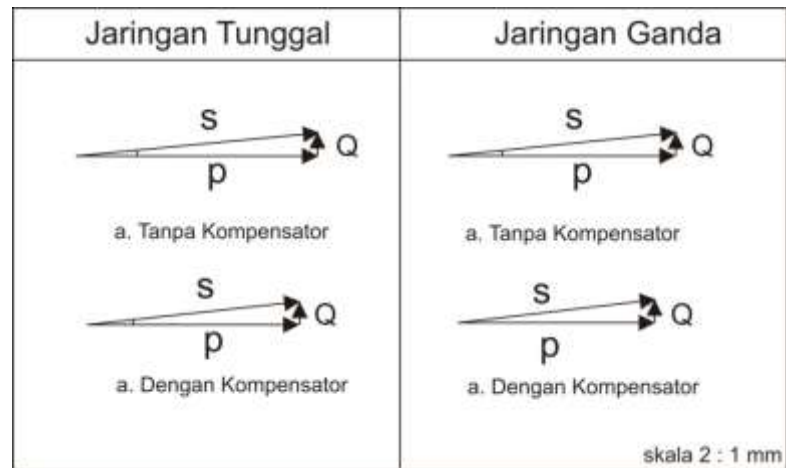


Gambar 4.36. Segitiga Daya Saluran Menengah dengan Beban Motor AC

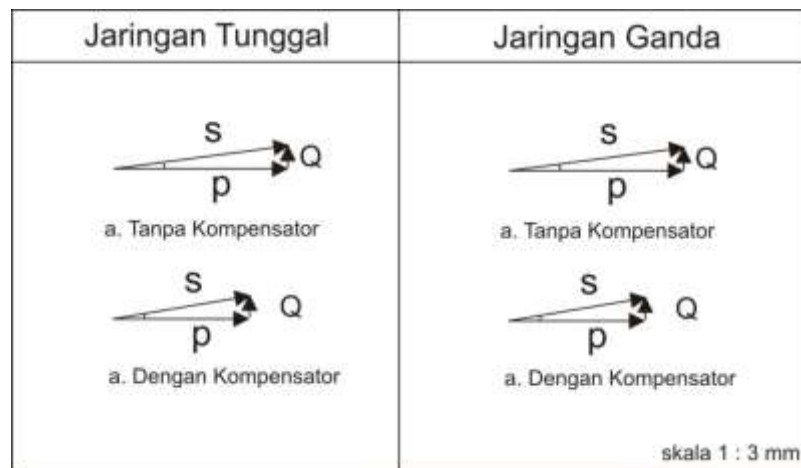


Gambar 4.37. Segitiga Daya Saluran Menengah dengan Beban Lampu Elektronik

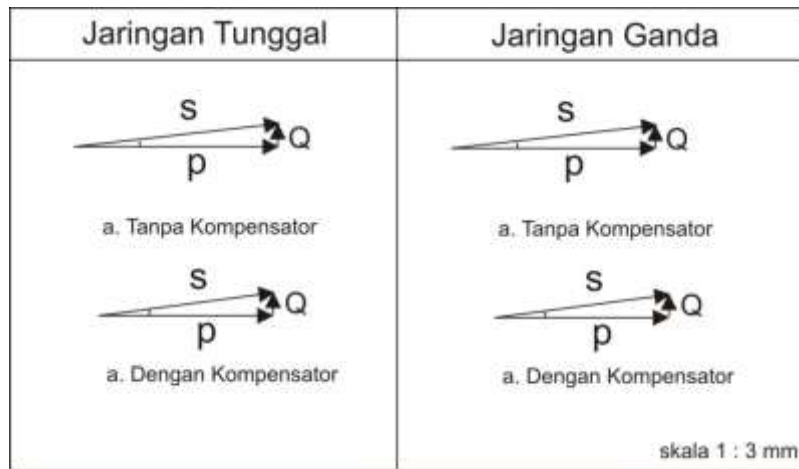
3) Saluran Panjang



Gambar 4.38. Segitiga Daya Saluran Panjang dengan Beban Lampu Pijar



Gambar 4.39. Segitiga Daya Saluran Panjang dengan Beban Motor AC



Gambar 4.40. Segitiga Daya Saluran Panjang dengan Beban Lampu Elektronik

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dinilai dari aspek kelayakan dan kinerja simulator dapat disimpulkan bahwa Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa dapat digunakan sebagai alat pembelajaran pada Praktik Sistem Tenaga Listrik *Double Feeder* Satu Fasa.

B. Saran

Saran yang dapat diajukan berdasarkan hasil penelitian adalah

1. Simulator dapat digunakan sebagai media pembelajaran oleh dosen yang mengajar materi sistem tenaga listrik *double feeder* satu fasa.
2. Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double feeder* Satu Fasa butuh pengembangan dan penelitian lebih lanjut agar dapat lebih sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Ruang Bebas dan Jarak Bebas Minimum pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET)*. Jakarta: SNI 04-6918-2002.
- Belly, alto, at al. 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. *Dasar-dasar Elektronika*. Jakarta: Erlangga.
- Cahyanto, Restu Dwi. 2008. *Studi Perbaikan Kualitas Tegangan dan Rugi-rugi Daya pada Penyulang Pupur dan Bedak menggunakan Bank Kapasitor, Trafo pengubah Tap dan Penggantian Kabel Penyulang*. Skripsi: Universitas Indonesia.
- 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.

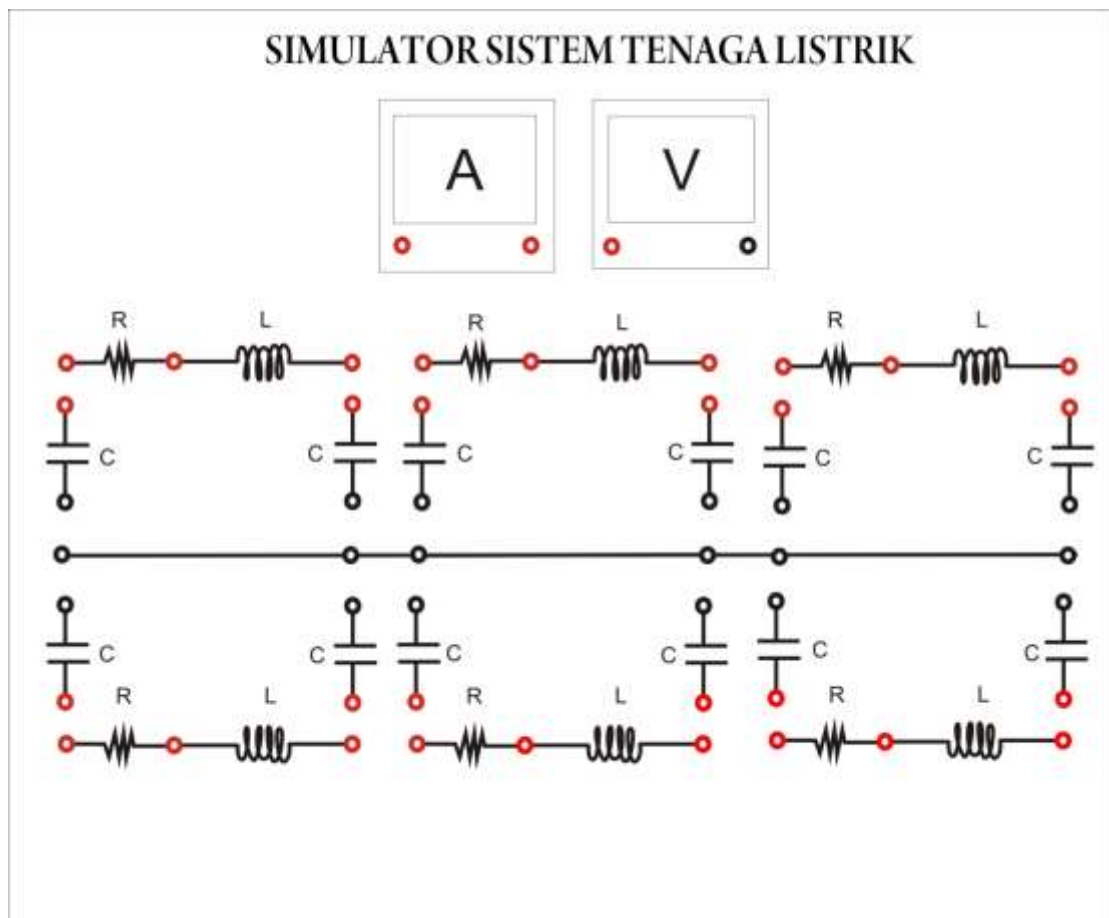
Tim penyusun. 2005. *Kamus Besar Bahasa Indonesia (edisi ketiga)*. Jakarta: Balai Pustaka.

Zuhal. 1992. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: Gramedia.

Lampiran 1

Desain Awal Produk

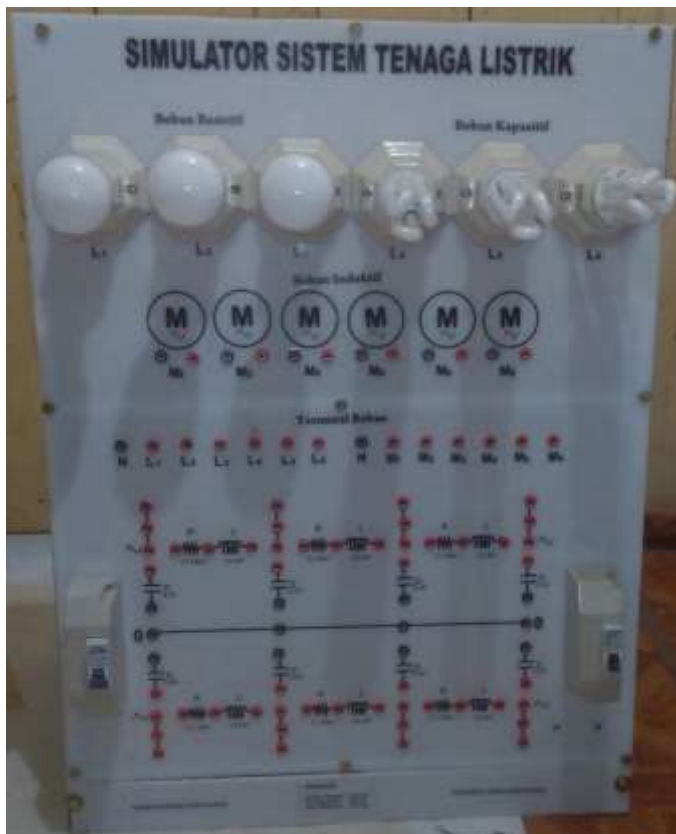
Tampilan Produk



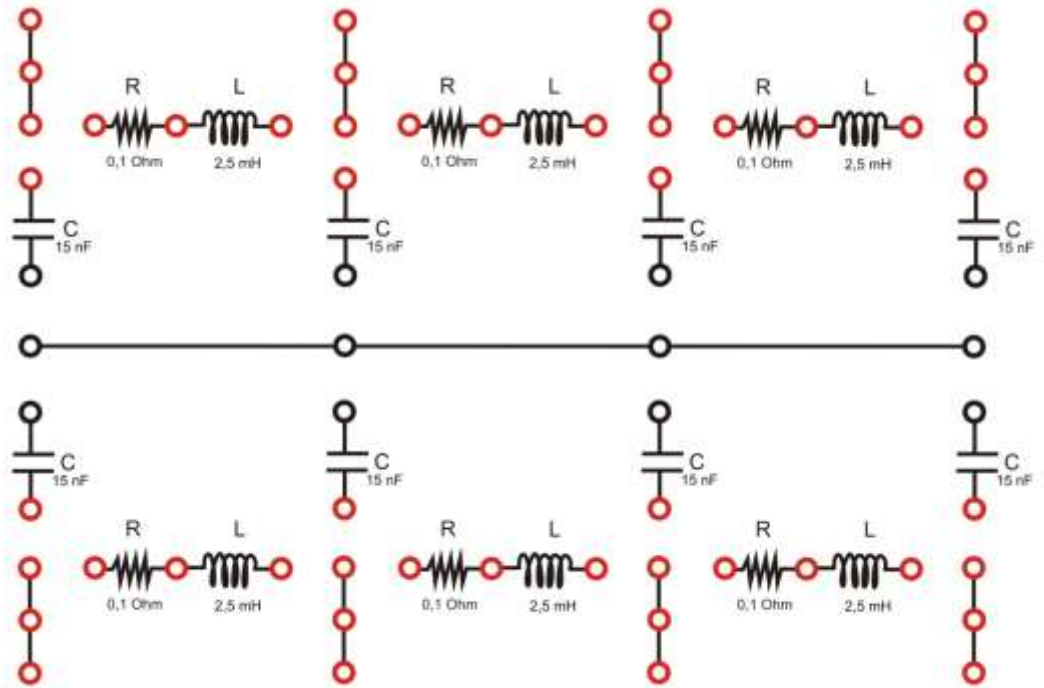
Lampiran 2

Desain Produk Setelah Revisi

1. Dimensi Produk



2. Desain Produk



Lampiran 3

Pengujian Simulator di Lab Teknik Elektro



Lampiran 4

Analisis Data Uji Simulator

A. Perhitungan Jaringan Tunggal

1. Jaringan Pendek

- a. Beban Lampu Pijar
Tanpa Kompensator

$$\begin{aligned} X_L &= 2\pi fL \\ &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0025 \\ &= 0,785 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{P}{I^2} \\ &= \frac{14}{0,43^2} \\ &= 75,7 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + XL^2} \\ &= \sqrt{75,7^2 + 0,785^2} \\ &= 75,8 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= R/Z \\ &= 75,7/75,8 \\ &= 0,999946 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= I^2XL \\ &= 0,43^2 \cdot (0,785) \\ &= 0,145 \text{ VAR} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= I^2Z \\ &= 0,43^2 \cdot 75,8 \\ &= 14,1 \text{ VA} \end{aligned}$$

Dengan Kompensator

$$\begin{aligned}
 X_L &= 2\pi fL \\
 &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0025 \\
 &= 0,785 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{P}{I^2} \\
 &= \frac{13}{0,43^2} \\
 &= 70,3 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \sqrt{R^2 + X_L^2} \\
 &= \sqrt{70,3^2 + 0,785^2} \\
 &= 70,4 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cos \varphi &= R/Z \\
 &= 70,3/70,4 \\
 &= 0,99993
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= I^2 X_L \\
 &= 0,43^2 \cdot (0,785) \\
 &= 0,145 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= I^2 Z \\
 &= 0,43^2 \cdot 70,4 \\
 &= 13,1 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

b. Beban Motor Ac

Tanpa Kompensator

$$\begin{aligned}
 X_L &= 2\pi fL \\
 &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0025 \\
 &= 0,785 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{P}{I^2} \\
 &= \frac{2}{0,15^2} \\
 &= 88,8 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \sqrt{R^2 + XL^2} \\
 &= \sqrt{88,8^2 + 0,785^2} \\
 &= 88,9 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cos \varphi &= R/Z \\
 &= 88,8/88,9 \\
 &= 0,99996
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= I^2XL \\
 &= 0,15^2 \cdot (0,785) \\
 &= 0,017 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= I^2Z \\
 &= 0,15^2 \cdot 88,9 \\
 &= 2,1 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

Dengan Kompensator

$$\begin{aligned}
 X_L &= 2\pi fL \\
 &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0025 \\
 &= 0,785 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{P}{I^2} \\
 &= \frac{1}{0,15^2} \\
 &= 44 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \sqrt{R^2 + XL^2} \\
 &= \sqrt{44^2 + 0,785^2} \\
 &= 44,5 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cos \varphi &= R/Z \\
 &= 44/44,5 \\
 &= 0,99984
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= I^2 XL \\
 &= 0,15^2 \cdot (0,785) \\
 &= 0,017 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= I^2 Z \\
 &= 0,15^2 \cdot 44,5 \\
 &= 1,1 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

c. Beban Lampu Elektronik

Tanpa Kompensator

$$\begin{aligned}
 X_L &= 2\pi fL \\
 &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0025 \\
 &= 0,785 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{P}{I^2} \\
 &= \frac{2}{0,05^2} \\
 &= 800 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \sqrt{R^2 + XL^2} \\
 &= \sqrt{800^2 + 0,785^2}
 \end{aligned}$$

$$= 800,1 \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 800/800,1$$

$$= 0,999999$$

$$Q = I^2 X_L$$

$$= 0,05^2 \cdot (0,785)$$

$$= 0,002 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z$$

$$= 0,05^2 \cdot 800,1$$

$$= 2,1 \text{ VA}$$

Dengan Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0025$$

$$= 0,785 \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{11}{0,05^2}$$

$$= 400 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$= \sqrt{400^2 + 0,785^2}$$

$$= 400,1 \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 400/400,1$$

$$= 0,999993$$

$$\begin{aligned}
 Q &= I^2 X_L \\
 &= 0,05^2 \cdot (0,785) \\
 &= 0,002 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= I^2 Z \\
 &= 0,05^2 \cdot 400,1 \\
 &= 1,1 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

2. Saluran Menengah

a. Beban Lampu Pijar

Tanpa Kompensator

$$\begin{aligned}
 X_L &= 2\pi fL \\
 &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,005 \\
 &= 1,57 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{P}{I^2} \\
 &= \frac{14}{0,43^2} \\
 &= 75,7 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \sqrt{R^2 + X_L^2} \\
 &= \sqrt{75,7^2 + 0,785^2} \\
 &= 75,8 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cos \varphi &= R/Z \\
 &= 75,7/75,8 \\
 &= 0,999946
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= I^2 X_L \\
 &= 0,43^2 \cdot (1,57) \\
 &= 0,29 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= I^2 Z \\
 &= 0,43^2 \cdot 75,8 \\
 &= 14,1 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

Dengan Kompensator

$$\begin{aligned}
 X_L &= 2\pi fL \\
 &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,005 \\
 &= 1,57 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{P}{I^2} \\
 &= \frac{13}{0,43^2} \\
 &= 70,3 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \sqrt{R^2 + X_L^2} \\
 &= \sqrt{70,3^2 + 1,57^2} \\
 &= 70,4 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cos \varphi &= R/Z \\
 &= 70,3/70,4 \\
 &= 0,99993
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= I^2 X_L \\
 &= 0,43^2 \cdot (1,57) \\
 &= 0,29 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= I^2 Z \\
 &= 0,43^2 \cdot 70,4 \\
 &= 13,1 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

b. Beban Motor Ac

Tanpa Kompensator

$$\begin{aligned}
 X_L &= 2\pi fL \\
 &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,005 \\
 &= 1,57 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{P}{I^2} \\
 &= \frac{6}{0,15^2} \\
 &= 266 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \sqrt{R^2 + XL^2} \\
 &= \sqrt{266^2 + 0,785^2} \\
 &= 266,7 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cos \varphi &= R/Z \\
 &= 266/266,7 \\
 &= 0,99998
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= I^2XL \\
 &= 0,15^2 \cdot (1,57) \\
 &= 0,035 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= I^2Z \\
 &= 0,15^2 \cdot 266,7 \\
 &= 6,1 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

Dengan Kompensator

$$\begin{aligned}
 X_L &= 2\pi fL \\
 &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,005 \\
 &= 1,57 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{4}{0,15^2}$$

$$= 117 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

$$= \sqrt{117^2 + 0,785^2}$$

$$= 117,8 \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 117/117,8$$

$$= 0,99996$$

$$Q = I^2 XL$$

$$= 0,15^2 \cdot (1,57)$$

$$= 0,035 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z$$

$$= 0,15^2 \cdot 117,8$$

$$= 4,1 \text{ VA}$$

c. Beban Lampu Elektronik

Tanpa Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,005$$

$$= 1,57 \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{7}{0,05^2}$$

$$= 2800 \Omega$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \sqrt{R^2 + XL^2} \\
 &= \sqrt{2800^2 + 0,785^2} \\
 &= 2800,1 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cos \varphi &= R/Z \\
 &= 2800/2800,1 \\
 &= 0,999999
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= I^2 XL \\
 &= 0,05^2 \cdot (1,57) \\
 &= 0,0039 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= I^2 Z \\
 &= 0,05^2 \cdot 2800,1 \\
 &= 7,1 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

Dengan Kompensator

$$\begin{aligned}
 X_L &= 2\pi fL \\
 &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,005 \\
 &= 1,57 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{P}{I^2} \\
 &= \frac{7}{0,05^2} \\
 &= 2400 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \sqrt{R^2 + XL^2} \\
 &= \sqrt{2400^2 + 0,785^2} \\
 &= 2400,1 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 2400/2400,1$$

$$= 0,999993$$

$$Q = I^2 X_L$$

$$= 0,05^2 \cdot (1,57)$$

$$= 0,0039 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z$$

$$= 0,05^2 \cdot 2400,1$$

$$= 6,1 \text{ VA}$$

3. Saluran Panjang

a. Beban Lampu Pijar

Tanpa Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0075$$

$$= 2,36 \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{16}{0,43^2}$$

$$= 85,5 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$= \sqrt{85,5^2 + 0,785^2}$$

$$= 85,6 \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 85,5/85,6$$

$$= 0,9996$$

$$\begin{aligned}
 Q &= I^2 X_L \\
 &= 0,43^2 \cdot (2,36) \\
 &= 0,43 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= I^2 Z \\
 &= 0,43^2 \cdot 85,6 \\
 &= 16,1 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

Dengan Kompensator

$$\begin{aligned}
 X_L &= 2\pi fL \\
 &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0075 \\
 &= 2,36 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{P}{I^2} \\
 &= \frac{14}{0,43^2} \\
 &= 75,7 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \sqrt{R^2 + X_L^2} \\
 &= \sqrt{75,7^2 + 2,36^2} \\
 &= 75,8 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cos \varphi &= R/Z \\
 &= 75,7/75,8 \\
 &= 0,9995
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= I^2 X_L \\
 &= 0,43^2 \cdot (2,36) \\
 &= 0,44 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= I^2 Z \\
 &= 0,43^2 \cdot 75,8
 \end{aligned}$$

$$= 14,1 \text{ VA}$$

b. Beban Motor Ac

Tanpa Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0075$$

$$= 2,36 \ \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{7}{0,15^2}$$

$$= 311 \ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$= \sqrt{311^2 + 0,785^2}$$

$$= 311,1 \ \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 311/311,1$$

$$= 0,99997$$

$$Q = I^2 X_L$$

$$= 0,15^2 \cdot (2,36)$$

$$= 0,053 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z$$

$$= 0,15^2 \cdot 311,1$$

$$= 7,1 \text{ VA}$$

Dengan Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0075$$

$$= 2,36 \ \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{6}{0,15^2}$$

$$= 266 \ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

$$= \sqrt{266^2 + 0,785^2}$$

$$= 266,6 \ \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 266/266,6$$

$$= 0,99996$$

$$Q = I^2 XL$$

$$= 0,15^2 \cdot (2,36)$$

$$= 0,053 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z$$

$$= 0,15^2 \cdot 266,6$$

$$= 6,1 \text{ VA}$$

c. Beban Lampu Elektronik

Tanpa Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0075$$

$$= 2,36 \ \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{9}{0,05^2}$$

$$= 3600 \ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

$$= \sqrt{3600^2 + 0,785^2}$$

$$= 3600,1 \ \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 3600/3600,1$$

$$= 0,999999$$

$$Q = I^2 XL$$

$$= 0,05^2 \cdot (2,36)$$

$$= 0,0059 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z$$

$$= 0,05^2 \cdot 3600,1$$

$$= 9,1 \text{ VA}$$

Dengan Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0075$$

$$= 2,36 \ \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{7}{0,05^2}$$

$$= 2800 \ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

$$= \sqrt{2800^2 + 0,785^2}$$

$$= 2800,1 \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 2800/2800,1$$

$$= 0,999996$$

$$Q = I^2 X_L$$

$$= 0,05^2 \cdot (2,36)$$

$$= 0,0059 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z$$

$$= 0,05^2 \cdot 2800,1$$

$$= 7,1 \text{ VA}$$

B. Perhitungan Jaringan Ganda

1. Saluran Pendek

a. Beban Lampu Pijar

Tanpa Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0025$$

$$= 0,785 \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{15}{0,43^2}$$

$$= 75,7 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$= \sqrt{81,1^2 + 0,785^2}$$

$$= 81,2 \ \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 81,1/81,2$$

$$= 0,999953$$

$$Q = I^2 X_L$$

$$= 0,43^2 \cdot (0,785)$$

$$= 0,145 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z$$

$$= 0,43^2 \cdot 81,2$$

$$= 15,1 \text{ VA}$$

Dengan Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0025$$

$$= 0,785 \ \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{14}{0,43^2}$$

$$= 75,6 \ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$= \sqrt{75,6^2 + 0,785^2}$$

$$= 75,7 \ \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 75,6/75,7$$

$$= 0,999946$$

$$Q = I^2 X_L$$

$$= 0,43^2 \cdot (0,785)$$

$$= 0,145 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z$$

$$= 0,43^2 \cdot 75,7$$

$$= 14,1 \text{ VA}$$

b. Beban Motor Ac

Tanpa Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0025$$

$$= 0,785 \text{ } \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{7}{0,15^2}$$

$$= 311 \text{ } \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$= \sqrt{311^2 + 0,785^2}$$

$$= 311,1 \text{ } \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 311/311,1$$

$$= 0,999996$$

$$Q = I^2 X_L$$

$$= 0,15^2 \cdot (0,785)$$

$$= 0,017 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z$$

$$= 0,15^2 \cdot 311,1$$

$$= 7,1 \text{ VA}$$

Dengan Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0025$$

$$= 0,785 \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{6}{0,15^2}$$

$$= 266,6 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$= \sqrt{266,6^2 + 0,785^2}$$

$$= 266,7 \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 266,6/266,7$$

$$= 0,999995$$

$$Q = I^2 X_L$$

$$= 0,15^2 \cdot (0,785)$$

$$= 0,017 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z$$

$$= 0,15^2 \cdot 266,7$$

$$= 6,1 \text{ VA}$$

c. Beban Lampu Elektronik

Tanpa Kompensator

$$\begin{aligned}
 X_L &= 2\pi fL \\
 &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0025 \\
 &= 0,785 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{P}{I^2} \\
 &= \frac{9}{0,05^2} \\
 &= 3600 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \sqrt{R^2 + XL^2} \\
 &= \sqrt{3600^2 + 0,785^2} \\
 &= 3600,1 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cos \varphi &= R/Z \\
 &= 3600/3600,1 \\
 &= 0,999999
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= I^2 XL \\
 &= 0,05^2 \cdot (0,785) \\
 &= 0,002 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= I^2 Z \\
 &= 0,05^2 \cdot 3600,1 \\
 &= 9,1 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

Dengan Kompensator

$$\begin{aligned}
 X_L &= 2\pi fL \\
 &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0025
 \end{aligned}$$

$$= 0,785 \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{8}{0,05^2}$$

$$= 3200 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

$$= \sqrt{3200^2 + 0,785^2}$$

$$= 3200,1 \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 3200/3200,1$$

$$= 0,999993$$

$$Q = I^2 XL$$

$$= 0,05^2 \cdot (0,785)$$

$$= 0,002 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z$$

$$= 0,05^2 \cdot 3200,1$$

$$= 8,1 \text{ VA}$$

2. Saluran Menengah

a. Beban Lampu Pijar

Tanpa Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,005$$

$$= 1,57 \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{16}{0,43^2}$$

$$= 86,5 \ \Omega$$

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + XL^2} \\ &= \sqrt{86,5^2 + 0,785^2} \\ &= 86,6 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= R/Z \\ &= 86,5/86,6 \\ &= 0,99983 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= I^2 XL \\ &= 0,43^2 \cdot (1,57) \\ &= 0,29 \text{ VAR} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= I^2 Z \\ &= 0,43^2 \cdot 86,6 \\ &= 16,1 \text{ VA} \end{aligned}$$

Dengan Kompensator

$$\begin{aligned} X_L &= 2\pi fL \\ &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,005 \\ &= 1,57 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{P}{I^2} \\ &= \frac{15}{0,43^2} \\ &= 81 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + XL^2} \\ &= \sqrt{81^2 + 0,785^2} \\ &= 81,1 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 81/81,1$$

$$= 0,99981$$

$$Q = I^2 X_L$$

$$= 0,43^2 \cdot (1,57)$$

$$= 0,29 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z$$

$$= 0,43^2 \cdot 81,1$$

$$= 15,1 \text{ VA}$$

b. Beban Motor Ac

Tanpa Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,005$$

$$= 1,57 \text{ } \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{7}{0,15^2}$$

$$= 311 \text{ } \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$= \sqrt{311^2 + 0,785^2}$$

$$= 311,1 \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 311/311,1$$

$$= 0,999987$$

$$Q = I^2 X_L$$

$$= 0,15^2 \cdot (1,57)$$

$$= 0,035 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z$$

$$= 0,15^2 \cdot 311,1$$

$$= 7,1 \text{ VA}$$

Dengan Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,005$$

$$= 1,57 \text{ } \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{6}{0,15^2}$$

$$= 266,7 \text{ } \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

$$= \sqrt{266,7^2 + 0,785^2}$$

$$= 266,8 \text{ } \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 266,7/266,8$$

$$= 0,999982$$

$$Q = I^2 XL$$

$$= 0,15^2 \cdot (1,57)$$

$$= 0,035 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z$$

$$= 0,15^2 \cdot 266,8$$

$$= 7,1 \text{ VA}$$

c. Beban Lampu Elektronik

Tanpa Kompensator

$$\begin{aligned}
 X_L &= 2\pi fL \\
 &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,005 \\
 &= 1,57 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{P}{I^2} \\
 &= \frac{8}{0,05^2} \\
 &= 3200 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \sqrt{R^2 + XL^2} \\
 &= \sqrt{3200^2 + 0,785^2} \\
 &= 3200,1 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cos \varphi &= R/Z \\
 &= 3200/3200,1 \\
 &= 0,999999
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= I^2XL \\
 &= 0,05^2 \cdot (1,57) \\
 &= 0,0039 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= I^2Z \\
 &= 0,05^2 \cdot 3200,1 \\
 &= 8,1 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

Dengan Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,005$$

$$= 1,57 \ \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{7}{0,05^2}$$

$$= 2800 \ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

$$= \sqrt{2400^2 + 0,785^2}$$

$$= 2800,1 \ \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 2800/2800,1$$

$$= 0,999993$$

$$Q = I^2 XL$$

$$= 0,05^2 \cdot (1,57)$$

$$= 0,0039 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z$$

$$= 0,05^2 \cdot 2800,1$$

$$= 7,1 \text{ VA}$$

3. Saluran Panjang

a. Beban Lampu Pijar

Tanpa Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0075$$

$$= 2,36 \ \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{15}{0,43^2}$$

$$= 81 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

$$= \sqrt{81^2 + 0,785^2}$$

$$= 81,2 \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 81/81,2$$

$$= 0,9996$$

$$Q = I^2XL$$

$$= 0,43^2 \cdot (2,36)$$

$$= 0,43 \text{ VAR}$$

$$S = I^2Z$$

$$= 0,43^2 \cdot 81,2$$

$$= 15,1 \text{ VA}$$

Dengan Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0075$$

$$= 2,36 \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{13}{0,43^2}$$

$$= 70,3 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

$$= \sqrt{70,3^2 + 0,785^2}$$

$$= 70,4 \Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 70,3/70,4$$

$$= 0,9994$$

$$Q = I^2 X_L$$

$$= 0,43^2 \cdot (2,36)$$

$$= 0,44 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z$$

$$= 0,43^2 \cdot 70,4$$

$$= 13,1 \text{ VA}$$

b. Beban Motor Ac

Tanpa Kompensator

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0075$$

$$= 2,36 \Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{7}{0,15^2}$$

$$= 311 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$= \sqrt{311^2 + 0,785^2}$$

$$= 311,1\Omega$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

$$= 311/311,1$$

$$= 0,99997$$

$$\begin{aligned} Q &= I^2 X_L \\ &= 0,15^2 \cdot (2,36) \\ &= 0,053 \text{ VAR} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= I^2 Z \\ &= 0,15^2 \cdot 311,1 \\ &= 7,1 \text{ VA} \end{aligned}$$

Dengan Kompensator

$$\begin{aligned} X_L &= 2\pi fL \\ &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0075 \\ &= 2,36 \text{ } \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{P}{I^2} \\ &= \frac{6}{0,15^2} \\ &= 266 \text{ } \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + X_L^2} \\ &= \sqrt{266^2 + 0,785^2} \\ &= 266,6 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= R/Z \\ &= 266/266,6 \\ &= 0,99996 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= I^2 X_L \\ &= 0,15^2 \cdot (2,36) \\ &= 0,053 \text{ VAR} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= I^2 Z \\
 &= 0,15^2 \cdot 266,6 \\
 &= 6,1 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

c. Beban Lampu Elektronik

Tanpa Kompensator

$$\begin{aligned}
 X_L &= 2\pi fL \\
 &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0075 \\
 &= 2,36 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{P}{I^2} \\
 &= \frac{9}{0,05^2} \\
 &= 3600 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \sqrt{R^2 + X_L^2} \\
 &= \sqrt{3600^2 + 0,785^2} \\
 &= 3600,1 \ \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cos \varphi &= R/Z \\
 &= 3600/3600,1 \\
 &= 0,999999
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= I^2 X_L \\
 &= 0,05^2 \cdot (2,36) \\
 &= 0,0059 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= I^2 Z \\
 &= 0,05^2 \cdot 3600,1 \\
 &= 9,1 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

Dengan Kompensator

$$\begin{aligned}X_L &= 2\pi fL \\ &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0075 \\ &= 2,36 \Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R &= \frac{P}{I^2} \\ &= \frac{7}{0,05^2} \\ &= 2800 \Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z &= \sqrt{R^2 + XL^2} \\ &= \sqrt{2800^2 + 0,785^2} \\ &= 2800,1 \Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\cos \varphi &= R/Z \\ &= 2800/2800,1 \\ &= 0,999996\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q &= I^2XL \\ &= 0,05^2 \cdot (2,36) \\ &= 0,0059 \text{ VAR}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S &= I^2Z \\ &= 0,05^2 \cdot 2800,1 \\ &= 7,1 \text{ VA}\end{aligned}$$

Lampiran 5

ANGKET UJI PENGGUNA

*Angket uji kelayakan ini merupakan instrumen penelitian pada Skripsi yang berjudul **Simulator Sistem Tenaga Listrik Double feeder Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes**. Instrumen ini dimaksudkan untuk mengukur tingkat kelayakan produk media pembelajaran yang berupa Simulator sebagai alat bantu dalam proses pembelajaran praktikum*

Identitas Penguji

Nama :

NIM :

JURUSAN :

Tanda Tangan

Petunjuk Pengisian

- Mohon isikan tanda *check* (√) pada kolom jawaban yang menurut Anda merupakan jawaban yang paling sesuai dengan statemen yang diajukan.
- Statemen dikelompokkan dalam kolom menurut pada masing-masing aspek yang dinilai
 - Nomor 1-4 : Desain dan unjuk kerja *Simulator*
 - Nomor 5-8 : Tingkat kemudahan pengoperasian *Simulator*
 - Nomor 9-12 : Tingkat manfaat *Simulator*

- Keterangan kode jawaban

SS = Sangat Setuju; **S** = Setuju; **TS** = Tidak Setuju; **STS** = Sangat Tidak Setuju

- Contoh pengisian jawaban

No	Statemen	Jawaban			
		SS	S	TS	STS
1	Alat penunjang praktik di Lab. Teknik Elektro perlu peremajaan		√		

Jawaban statemen : saya setuju bahwa alat penunjang praktik di lab. Teknik elektro perlu peremajaan

Pengujian

No	Statement	Jawaban			
		SS	S	TS	STS
<i>Desain dan Unjuk Kerja Simulator</i>					
1	<i>Simulator</i> ini memiliki desain tampilan yang menarik				
2	<i>Simulator</i> ini memiliki komponen yang lengkap bagi kegiatan praktik Sistem Tenaga listrik (sesuai dengan kebutuhan materi praktik pada <i>Jobsheet</i>)				
3	Susunan komponen pada <i>Simulator</i> sesuai, tidak terlalu berimpit dan tidak terlalu senggang				
4	Tiap komponen pada <i>Simulator</i> bekerja dengan baik, sesuai fungsinya masing-masing				
<i>Kemudahan Pengoperasian Simulator</i>					
5	pemasangan dan pencopotan komponen dalam menyusun rangkaian pada <i>Simulator</i> mudah dilakukan				
6	Keterangan pada tiap bagian <i>Simulator</i> mudah dipahami				
7	Alur rangkaian, yaitu kejelasan <i>Input-Output</i> yang telah dibuat pada <i>Simulator</i> mudah dianalisis				
8	Titik pengukuran rangkaian yang telah disusun pada <i>Simulator</i> mudah ditentukan				
<i>Manfaat Simulator</i>					
9	<i>Simulator</i> ini membantu pembelajaran saat praktikum				
10	<i>Simulator</i> ini memotivasi untuk lebih mempelajari Sistem Tenaga Listrik <i>Double feeder</i>				
11	<i>Simulator</i> ini membantu meningkatkan konsentrasi belajar terhadap materi Sistem Tenaga Listrik <i>Double feeder</i>				
12	<i>Simulator</i> ini mampu menambah pemahaman tentang Sistem Tenaga Listrik <i>Double feeder</i>				

Pertanyaan Pendukung

1. Menurut Anda apa kekurangan – kekurangan yang harus disempurnakan pada media pembelajaran *Simulator* ini ?

Jawab :

.....
.....
.....

2. Bagaimana pendapat dan saran Anda tentang media pembelajaran *Simulator* ini ?

Jawab :

.....
.....
.....

3. Menurut Anda apakah simulator ini dapat mengatasi permasalahan pada praktik system tenaga listrik ?

Jawab :

.....
.....
.....

4. Apakah media pembelajaran *Simulator* ini layak digunakan sebagai media pembelajaran di perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik? Mohon untuk memberikan alasannya.

Jawab :

.....
.....
.....

Lampiran 6

Data Uji Kelayakan Simulator Sistem Tenaga Listrik oleh Pengguna

Pengguna 1	Nilai				Jumlah	Persentase (%)
Desain dan Unjuk Kerja Simulator	4	3	3	3	13	81,25
Kemudahan Pengoperasian Simulator	3	4	3	3	13	81,25
Manfaat Simulator	3	3	3	4	13	81,25

Pengguna 2	Nilai				Jumlah	Persentase (%)
Desain dan Unjuk Kerja Simulator	3	3	3	3	12	75
Kemudahan Pengoperasian Simulator	4	3	3	4	14	87,5
Manfaat Simulator	4	3	3	3	13	81,25

Pengguna 3	Nilai				Jumlah	Persentase (%)
Desain dan Unjuk Kerja Simulator	3	3	3	3	12	75
Kemudahan Pengoperasian Simulator	3	3	3	3	12	75
Manfaat Simulator	3	3	3	3	12	75

Pengguna 4	Nilai				Jumlah	Persentase (%)
Desain dan Unjuk Kerja Simulator	4	3	3	3	13	81,25
Kemudahan Pengoperasian Simulator	3	4	3	3	13	81,25
Manfaat Simulator	4	3	3	3	13	81,25

Pengguna 5	Nilai				Jumlah	Persentase (%)
Desain dan Unjuk Kerja Simulator	3	3	3	4	13	81,25
Kemudahan Pengoperasian Simulator	3	3	3	3	12	75
Manfaat Simulator	4	4	3	3	14	87,5

Pengguna 6	Nilai				Jumlah	Persentase (%)
Desain dan Unjuk Kerja Simulator	3	3	3	3	12	75
Kemudahan Pengoperasian Simulator	3	3	3	3	12	75
Manfaat Simulator	3	3	3	3	12	75

Pengguna 7	Nilai				Jumlah	Persentase (%)
Desain dan Unjuk Kerja Simulator	3	4	3	3	13	81,25
Kemudahan Pengoperasian Simulator	3	3	4	3	13	81,25
Manfaat Simulator	3	3	4	4	14	87,5

Pengguna 8	Nilai				Jumlah	Persentase (%)
Desain dan Unjuk Kerja Simulator	3	3	2	3	11	68,75
Kemudahan Pengoperasian Simulator	4	4	3	3	14	87,5
Manfaat Simulator	4	3	3	4	14	87,5

Pengguna 9	Nilai				Jumlah	Persentase (%)
Desain dan Unjuk Kerja Simulator	3	3	4	2	12	75
Kemudahan Pengoperasian Simulator	4	4	4	2	14	87,5
Manfaat Simulator	3	4	3	3	13	81,25

Pengguna 10	Nilai				Jumlah	Persentase (%)
Desain dan Unjuk Kerja Simulator	3	3	3	3	12	75
Kemudahan Pengoperasian Simulator	3	3	3	3	12	75
Manfaat Simulator	3	3	3	3	12	75

Pengguna 11	Nilai				Jumlah	Persentase (%)
Desain dan Unjuk Kerja Simulator	3	3	3	3	12	75
Kemudahan Pengoperasian Simulator	4	4	4	2	14	87,5
Manfaat Simulator	4	4	4	4	16	100

Pengguna 12	Nilai				Jumlah	Persentase (%)
Desain dan Unjuk Kerja Simulator	4	4	3	3	14	87,5
Kemudahan Pengoperasian Simulator	3	3	3	4	13	81,25
Manfaat Simulator	4	4	2	3	13	81,25

Pengguna 13	Nilai				Jumlah	Persentase (%)
Desain dan Unjuk Kerja Simulator	4	4	3	4	15	93,75
Kemudahan Pengoperasian Simulator	4	3	3	4	14	87,5
Manfaat Simulator	4	4	3	3	14	87,5

Pengguna 14	Nilai				Jumlah	Persentase (%)
Desain dan Unjuk Kerja Simulator	4	4	3	4	15	93,75
Kemudahan Pengoperasian Simulator	4	4	3	4	15	93,75
Manfaat Simulator	4	4	4	4	16	100

Pengguna 15	Nilai				Jumlah	Persentase (%)
Desain dan Unjuk Kerja Simulator	3	3	3	3	12	75
Kemudahan Pengoperasian Simulator	3	3	3	4	13	81,25
Manfaat Simulator	3	3	3	3	12	75

Tabel 4.1. Hasil Penilaian Pengguna

No. Res	Aspek		
	Desain dan Unjuk kerja (%)	Kemudahan pengoperasian (%)	Manfaat (%)
1	81,25	81,25	81,25
2	75	87,5	81,25
3	75	75	75
4	81,25	81,25	81,25
5	81,25	75	87,5
6	75	75	75
7	81,25	81,25	87,5
8	68,75	87,5	87,5
9	75	81,25	81,25
10	75	75	75
11	75	87,5	100
12	87,5	81,25	81,25
13	81,25	87,5	87,5
14	93,75	93,75	100
15	75	87,5	75
Rata-rata	78,75	82,5	83,75

Rata –Rata Semua aspek = 81,66 %

Keterangan:

Persentase = jumlah / jumlah nilai sempurna dari aspek tersebut x 100%

Rentang nilai:

Sangat Layak = 4

Layak = 3

Tidak Layak = 2

Sangat Tidak Layak = 1

Lampiran 7

Dokumentasi Uji Pengguna

Dokumentasi Uji Pengguna



Lampiran 8 Surat Tugas Pembimbing



**KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

Nomor: 885/DF-UNNES/2014

Tentang

**PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI/TUGAS AKHIR SEMESTER
GASAL/GENAP
TAHUN AKADEMIK 2014/2015**

- Menimbang : Bahwa untuk memperancar mahasiswa Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Fakultas Teknik membuat Skripsi/Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Fakultas Teknik UNNES untuk menjadi pembimbing.
- Mengingat : 1. Undang-undang No.20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahan Lembaran Negara RI No.4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78)
2. Peraturan Rektor No. 21 Tahun 2011 tentang Sistem Informasi Skripsi UNNES
3. SK. Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Strata Satu (S1) UNNES;
4. SK Rektor UNNES No.162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;
- Menimbang : Usulan Ketua Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Tanggal 8 Desember 2014
- MEMUTUSKAN**
- Menetapkan :
PERTAMA : Menunjuk dan menugaskan kepada:
Nama : Drs Sutarno, M.T
NIP : 195510051984031001
Pangkat/Golongan : IV/B
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Sebagai Pembimbing
Untuk membimbing mahasiswa penyusun skripsi/Tugas Akhir :
Nama : M KAANAL MISKA
NIM : 5301411037
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro
Topik : Trainer Sistem Tenaga Double Feeder Mata Kuliah Praktik Sistem Tenaga Listrik Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang
- KEDUA : Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

Tembusan
1. Pembantu Dekan Bidang Akademik
2. Ketua Jurusan
3. Petinggal

5301411037

FM-03-AKD-24Rev. 00



DIPETAKAN DI : SEMARANG
PADA TANGGAL : 8 Desember 2014

Drs. Muhammad Hartanu, M.Pd.
NIP-196602151991021001

Lampiran 9. Surat Tugas Penguji



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

FAKULTAS TEKNIK

Gedung E11 Lt 1, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

Telepon: 8508104

Laman: www.te.unnes.ac.id, surel:

No. : 8724/ UH37.1.5/ ST/ 2015
Lamp. :
Hal : Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana

Dengan ini kami tetapkan bahwa ujian Sarjana Fakultas Teknik UNNES untuk jurusan Teknik Elektro adalah sebagai berikut:

I. Susunan Panitia Ujian:

a. Ketua : Drs. Suryono, M.T.
b. Sekretaris : Drs. Agus Suryanto, M.T.
c. Pembimbing Utama : Drs Sutarno, M.T
d. Penguji : 1. Dr. Ir. SUBIYANTO, S.T., M.T.
: 2. Drs. Isdiyarto, M.Pd.

II. Calon yang diuji:

Nama : M KAANAL MISKA
NIM/Jurusan/Program Studi : 5301411037/Teknik Elektro
/Pendidikan Teknik Elektro, S1
Judul Skripsi : Simulator Sistem Tenaga Listrik Double Feeder

II. Waktu dan Tempat Ujian:

Hari/Tanggal : Selasa / 3 November 2015
Jam : 14:00:00
Tempat : E11 209
Pakaian :

Tembusan
1. Ketua Jurusan Teknik Elektro
2. Calon yang diuji



5301411037

Lampiran 10. Surat Slesai Revisi



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
 UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
 JURUSAN TEKNIK ELEKTRO – FAKULTAS TEKNIK
 Alamat : Gd. E6/E8 Kampus Sekaran Gunung Pati Semarang 50229
 Tlp. (024) 70101084, e-mail : elektro.UNNES@yahoo.com

SURAT PERNYATAAN SELESAI REVISI

Yang bertanda tangan di bawah ini adalah Dosen Penguji dari Mahasiswa :

Nama : M Kaana Miska
 NIM : 5301411037
 Prodi : Pendidikan Teknik Elektro, S1
 Jurusan : Teknik Elektro
 Fakultas : Teknik
 Tanggal Sidang : 3 November 2015


Menyatakan bahwa Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan Revisi Skripsi dengan judul :

“Simulator Sistem Tenaga Listrik *Double Feeder* Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes”

Demikian surat pernyataan ini di buat untuk digunakan dengan semestinya.

Semarang,.....2015


Penguji I


Dr. Ir. Subiyanto, S.T.,M.T.
 NIP. 197411232005011001

Penguji II


Drs. Idris Arto, M.Pd.
 NIP.195706051986011001

Penguji III/Pembimbing Utama


Drs. Sutarno, M.T.
 NIP.195510051984031001