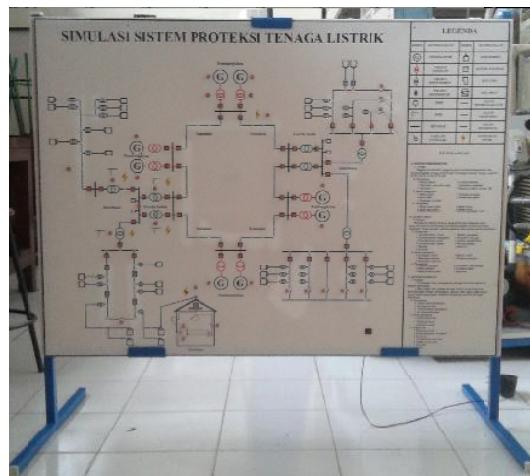




PENGEMBANGAN SIMULATOR
SISTEM PROTEKSI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

LAPORAN PROYEK AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna
Memperoleh Gelar Ahli Madya



Disusun oleh:

Ilyas Rifat Pradana

Nim : 11506134044

JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2016

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGEMBANGAN SIMULATOR
SISTEM PROTEKSI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK**

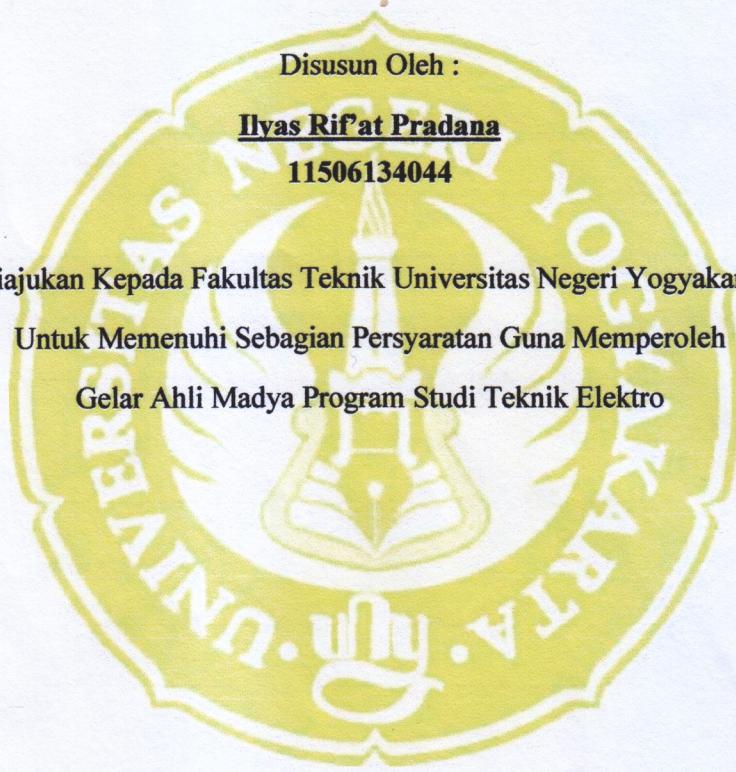
Disusun Oleh :

Ilyas Rif'at Pradana

11506134044

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh
Gelar Ahli Madya Program Studi Teknik Elektro



Yogyakarta, Januari 2016

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Edy Supriyadi".

Dr. Edy Supriyadi, M.Pd

NIP. 19611003 198703 1 002

PROYEK AKHIR
PENGEMBANGAN SIMULATOR
SISTEM PROTEKSI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

Ilyas Rif'at Pradana

11506134034

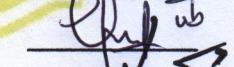
Telah Dipertahankan Didepan Dewan Penguji Tugas Akhir

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Pada Tanggal 12 Desember 2015

dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Guna Memperoleh
Gelar Ahli Madya Teknik Program Studi Teknik Elektro

SUSUNAN DEWAN PENGUJI

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1. Ketua Penguji	Dr. Edy Supriyadi, M.Pd.		20/16 /01/
2. Sekretaris	Totok Heru, M.Pd.		24/16
3. Penguji Utama	Ahmad Sujadi, M.Pd.		20/16 /01/

Yogyakarta, Januari 2016
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta

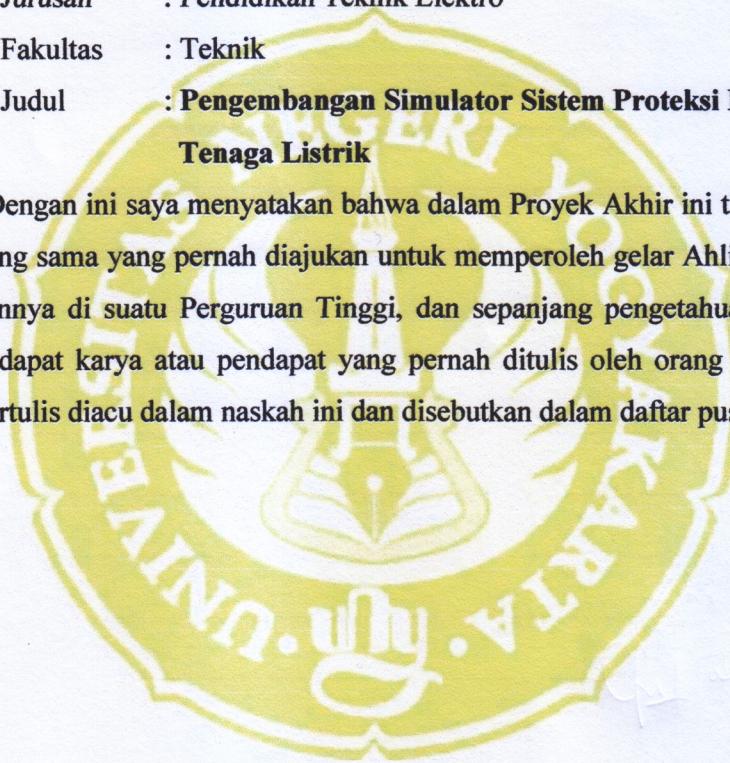
Dr. Moch. Bruri Triyono, M.Pd
NIP. 19560216 198603 1 003

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ilyas Rif'at Pradana
NIM : 11506134044
Prodi : Teknik Elektro
Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Judul : **Pengembangan Simulator Sistem Proteksi Pembangkit Tenaga Listrik**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang sama yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.



Yogyakarta, 20 Januari 2016

Yang Menyatakan,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ilyas Rif'at Pradana'.

Ilyas Rif'at Pradana

NIM. 11506134044

PENGEMBANGAN SIMULATOR SISTEM PROTEKSI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

Oleh : Ilyas Rif'at Pradana

NIM : 11506134044

Abstrak

Proyek akhir ini bertujuan mengembangkan simulator sistem proteksi pembangkit tenaga listrik. Simulator ini diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu alat bantu pembelajaran sistem proteksi pembangkit tenaga listrik di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Metode yang digunakan dalam pembuatan simulator adalah metode ADDIE (*Analisis, Design, Development, Implementation and Evaluation*). Metode ini terdiri dari beberapa tahap yaitu (1) Analisis kebutuhan, (2) Perancangan, (3) Pembuatan, (4) implementasi dan (5) Pengujian. Perencanaan dan desain menghasilkan (1) akrilik, penampil skema rangkaian keseluruhan, (2) LED sebagai indikator arus dan gangguan, (3) saklar *toggle* sebagai input manual simulator, serta (4) panduan penggunaan.

Pengembangan simulator ini menghasilkan simulator dan buku panduan. Berdasarkan pengujian komponen yang dilakukan melalui uji keberfungsian alat, komponen sudah dapat dijalankan sesuai fungsi. Hasil Analisis menunjukkan bahwa tingkat validasi kelayakan yang diberikan oleh ahli media pembelajaran sebesar 84.4% yang dikategorikan sangat layak, ahli materi sebesar 78% yang dikategorikan layak untuk digunakan dalam pembelajaran.

Kata kunci : Media Pembelajaran, Sistem Proteksi Pembangkit Tenaga Listrik.

DEVELOPMENT OF SIMULATOR PROTECTION SYSTEM POWER PLANT

By : Ilyas Rif'at Pradana

NIM : 11506134044

Abstract

The final project aims to develop a protection system simulator power plant. The simulator is expected used as a learning tool protection system power plant in Education Departement of Electrical Engineering Faculty of Engineering State University of Yogyakarta.

The method used in the manufacture of simulators is a method ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation*). This method consist of several stages (1) Analysis of needs, (2) Design, (3) Preparation, (4) Implementation and (5) Testing. Planning and design (1) an acrylic, a whole series of schematic viewer, (2) LED as an indikator of current and disorders, (3) the toogle switch as a manual input simulator, and (4) the usage of guide.

This result in a simulator development simulator and guidebooks. Based on component testing is done through functioning test tools, component can already be carried out according to the function. The analysis results showed that the level of validation provide by a feasibility study media at 84.4% were categorized as very feasible, materials experts at 78% were categorized as feasible for use in learning.

Keywords : Media Education, Power Plant Protection System.

PERSEMBAHAN

Laporan proyek akhir ini penulis persembahkan untuk :

- 1. Allah SWT yang telah memberikan rahmad dan hidayahNya sehingga tidak ada kesulitan yang tidak bisa diselesaikan dalam pengerjaan proyek akhir ini.**
- 2. Ibu dan ayahku tercinta yang telah memberikan kasih sayang, perhatian, serta dorongan semangat dan senantiasa mendoakan untuk keberhasilan anak-anaknya.**
- 3. Adik tercinta Salsabila Putri yang selalu memberikan semangat dan motivasi.**
- 4. Dimas Haryo Aji dan Muhammad Rifdu Sholikhin selaku rekan sekelompok dalam pengerjaan Protek Akhir ini.**
- 5. Buat teman-temanku kelas B dan C terimakasih atas kebersamaanya, kenangan, suka dan duka kalian tidak akan ku lupa, kalian luar biasa.**

Motto

Sesungguhnya semua urusan (perintah) apabila Allah menghendaki segala sesuatunya, Allah hanya berkata “jadi” maka jadilah.

(Q.S Yaasiin: 82)

“Tidak Mungkin” kata itu hanya akan muncul pada kamus orang bodoh

(Jacob A.Riis)

Yesterday is a history, tomorrow is a mystery and today is a gift

(Mr. Ogway Kungfu Panda)

Menjadi Tua itu pasti namun menjadi dewasa itu pilihan

Kalau anda menginginkan sesuatu maka berikanlah sesuatu

(Jeny Joan)

“Tugas kita bukanlah untuk berhasil. Tugas kita adalah untuk mencoba, karena didalam mencoba itulah kita menemukan dan belajar membangun kesempatan untuk berhasil”.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللّٰهِ وَبَرَكَاتُهُ

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat mnyelesaikan penulisan Proyek Akhir ini dengan judul “Pengembangan Simulator Sistem Proteksi Pembangkit Tenaga Listrik” di Universitas Negeri Yogyakarta.

Proyek Akhir ini merupakan salah satu persyaratan memperoleh gelar Ahli Madya pada program Diploma-III Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Prodi Teknik Elektro, Universitas Negeri Yogyakarta. Proyek akhir ini dapat diselesaikan tak lepas dari berbagai pihak yang telah memberikan bantuan. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Moh. Khairudin, Ph.D selaku Ketua Prodi Teknik Elektro.
2. Bapak Drs. Sunyoto, M.Pd selaku dosen Pembimbing Akademik.
3. Bapak Dr. Edy Supriyadi, M.Pd selaku dosen pembimbing Proyek Akhir.
4. Kedua orang tua yang telah memberikan semangat, dukungan, doa, dan kesempatan untuk menggapai cita-cita.
5. Para Dosen, Teknisi Lab, dan Staff Jurusan Pendidikan Teknik Elektro yang telah memberikan bantuan selama ini.

6. Seluruh teman-teman mahasiswa Teknik Elektro 2011 Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan bantuan dan semangatnya.
7. Semua pihak yang telah memberikan bantuan moral maupun material sehingga Proyek Akhir ini dapat terselesaikan.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari dalam pembuatan Proyek Akhir ini masih jauh dari sempurna. Saran dan kritik yang sangat membangun sangat dibutuhkan guna menyempurnakan laporan Proyek Akhir ini. Semoga Proyek Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang membacanya.

وَلَسْكَ لَأُمُّ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yogyakarta, Januari 2016

penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
ABSTRAK.....	v
PERSEMBAHAN.....	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan	4
F. Manfaat	5
G. Keaslian Karya	5

BAB II. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. Media Pembelajaran.....	6
B. Sistem Tenaga Listrik	8
1. Umum	8

2. Pembangkit	9
3. Transimisi	10
4. Distribusi Tenaga Listrik	10
C. Sistem Interkoneksi.....	11
D. Pembangkit Tenaga Listrik	13
1. Pengertian	13
2. Bagian-bagian Pembangkit Tenaga Listrik.....	14
3. Jenis-jenis Pembangkit Tenaga Listrik	15
E. Pengaman Pembangkit Listrik	19
1. Fungsi Alat Pengaman	19
2. Pengaman Generator	20

BAB III. KONSEP RANCANGAN

A. Analisis Kebutuhan	25
B. Perancangan	26
C. Pembuatan.....	28
1. Alat dan Bahan	28
2. Proses Pembuatan Alat	30
D. Implementasi	32
E. Pengujian.....	33
1. Uji Teknis	33
2. Pengujian Ahli Media	35
3. Pengujian Ahli Materi	36
4. Teknik Analisis Data	37

BAB IV. PROSES PELAKSANAAN, HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Produk	38
1. Simulator.....	38
2. Buku Panduan	39

B. Pengujian.....	40
1. Uji Teknis.....	40
2. Pengujian Ahli Media	47
3. Pengujian Ahli Materi.....	49
4. Perbaikan	50
5. Uji Simulator dalam Perkuliahan	50
C. Pembahasan	51
 BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	53
B. Keterbatasan Alat	54
C. Saran.....	54
 DAFTAR PUSTAKA	55
 LAMPIRAN	56

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Daftar Alat yang Digunakan	29
Tabel 2. Daftar Bahan yang Digunakan	30
Tabel 3. Data Hasil Pengujian Uji Teknis Pembangkit sampai Konsumen....	34
Tabel 4. Data Hasil Pengujian Uji Teknis Simulasi Gangguan	34
Tabel 5. Kesimpulan Pengujian Uji Teknis Pembangkit sampai Konsumen	35
Tabel 6. Data hasil Pengujian Uji Teknis Gangguan pada Pembangkit dan Jaringan Transmisi	35
Tabel 7. Kisi-kisi Penilaian untuk Ahli Media Pembelajaran	36
Tabel 8. Kisi-kisi Penilaian untuk Ahli Media Pembelajaran	36
Tabel 9. Kriteria Interpretasi Skor	37
Tabel 10. Data Hasil Pengujian Uji Teknis Pembangkit sampai Konsumen....	41
Tabel 11. Data Hasil Pengujian Uji Teknis Simulasi Gangguan	42
Tabel 12. Kesimpulan Pengujian Uji Teknis Pembangkit sampai Konsumen	46
Tabel 13. Data Hasil Pengujian Uji Teknis Gangguan pada Pembangkit dan Jaringan Transmisi	47
Tabel 14. Data Penilaian oleh Ahli Media	47
Tabel 15. Data Penilaian oleh Ahli Materi	49
Tabel 16. Data Penilaian Simulator Sistem Proteksi Pembangkit Tenaga Listrik	50

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skematis Prinsip Penyediaan Tenaga Listrik	9
Gambar 2. Skema Jaringan Listrik Interkoneksi.....	12
Gambar 3. Bagan Penyampaian Tenaga Listrik kepada Pelanggan.....	13
Gambar 4. PLTA.....	15
Gambar 5. PLTU	16
Gambar 6. PLTG	16
Gambar 7. PLTGU	17
Gambar 8. PLTP	18
Gambar 9. PLTN.....	19
Gambar 10. Rangkaian Catu Daya.....	26
Gambar 11. Rangkaian Lampu LED dengan Resistor	27
Gambar 12. Desain Media Pembelajaran.....	28
Gambar 13. Jalur PCB sebagai Busbar	31
Gambar 14. Pemasangan Komponen	31
Gambar 15. Hasil Implementasi Desain	32
Gambar 16. Simulator Sistem Proeteksi Tenaga Listrik.....	38
Gambar 17. Zona Pembangkit	44
Gambar 18. Zona Jaringan Transmisi	44
Gambar 19. Zona Gardu Induk	45
Gambar 20. Zona Jaringan Distribusi	45
Gambar 21. Zona Konsumen	46
Gambar 22. Grafik Penilaian Ahli Media	48
Gambar 23. Grafik Penilaian Ahli Materi	49

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran1. Buku Panduan “Media Pembelajaran Sistem Proteksi Tenaga Listrik”
- Lampiran2. Surat Keterangan Validasi
- Lampiran3. Surat Permohonan Validasi
- Lampiran4. Lembar Validasi Ahli Media
- Lampiran5. Lembar validasi Ahli Materi

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring perkembangan pendidikan dan teknologi saat ini, media pembelajaran menjadi hal penting untuk membantu anak didik memahami ilmu pengetahuan. Selain itu, pemilihan alat penyampaian materi juga harus tepat agar semua pesan dari dosen dapat tersampaikan dengan baik.

Sebagai upaya peningkatan mutu belajar media pembelajaran adalah salah satu unsur penting. Sejalan dengan itu, hal yang penting untuk diperhatikan adalah masalah prestasi belajar. Masalah umum yang sering dihadapi oleh peserta didik khususnya mahasiswa yaitu masih belum dapat mencapai prestasi belajar yang maksimal. Banyak faktor yang menyebabkan prestasi belajar tersebut mengalami kegagalan dalam bidang akademik baik faktor-faktor yang berada dalam diri mahasiswa maupun faktor-faktor yang berada diluar diri mahasiswa seperti tingkat intelegensi yang rendah, kurangnya motivasai belajar, cara belajar yang kurang efektif, minimnya frekuensi dan jumlah waktu belajar, tingkat disiplin diri yang rendah, dan media belajar atau bahan ajar yang masih kurang memadai.

Sistem pembangkit tenaga listrik merupakan sistem yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik. Di dalam sistem pembangkit ini juga terdapat beberapa komponen pendukung, macam-macam gangguan dan

sistem proteksi yang sulit jika harus dihadirkan dalam kelas. Hasil wawancara dengan Bapak Dr. Edy Supriyadi, M.Pd. mengenai media dalam bentuk simulator untuk materi sistem proteksi pembangkit listrik yang terdapat di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta ini masih belum ada. Media simulator tentang sistem proteksi pembangkit listrik ini sangat diperlukan sebagai media dalam proses pembelajaran sistem proteksi tenaga listrik yang merupakan mata kuliah teori. Sehingga mempelajari sistem proteksi tenaga listrik tidak cukup dengan membaca buku saja, diperlukan alat pendukung untuk membantu memvisualisasikan materi. Disamping itu belum tersedia lab sistem proteksi tenaga listrik di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta.

Berkaitan dengan hal tersebut penting untuk dilakukan pengembangan media pembelajaran dalam bidang kelistrikan yaitu tentang sistem proteksi pembangkit tenaga listrik. Alat tersebut sebagai simulasi dari pembangkit listrik dimana Membantu mahasiswa agar lebih cepat menangkap materi tentang sistem proteksi pembangkit tenaga listrik karena dengan alat ini mahasiswa dapat melihat, melakukan percobaan, dan berdiskusi langsung sehingga tercipta metode pembelajaran yang aktif (*active learning*).

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka dapat di identifikasi beberapa masalah yang ditemui sebagai berikut :

1. Pembelajaran dalam mata kuliah sistem proteksi memerlukan alat bantu dalam bentuk simulator karena mata kuliah tersebut berupa teori.
2. Terbatasnya media pembelajaran yang dapat memvisualisasikan kondisi proteksi tenaga listrik di lapangan.
3. Belum tersedianya laboratorium sistem proteksi tenaga listrik di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Komponen utama sistem tenaga listrik yaitu pembangkit, transmisi dan distribusi.
5. Ditinjau dari letaknya dalam sistem ada beberapa kategori pengaman yaitu pengaman generator, pengaman transformator dalam gardu induk dan pengaman sistem distriusi.

C. Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini masalah dibatasi pada pengembangan media pembelajaran sistem proteksi tenaga listrik yang lebih fokus kepada sistem proteksi pembangkit tenaga listrik dalam bentuk simulator dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Media pembelajaran ini lebih fokus pada sistem proteksi pembangkit tenaga listrik.

2. Media pembelajaran ini hanya menampilkan tegangan listrik kecil, tidak menampilkan tegangan listrik yang sebenarnya dari pembangkit listrik.
3. Media pembelajaran ini dilengkapi sebuah buku panduan untuk mempermudah pengoperasian simulator.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah maka dapat dirumusakan:

1. Bagaimana rancang bangun simulator sistem proteksi pembangkit tenaga listrik yang berfungsi sebagai media pembelajaran?
2. Bagaimana uji kelayakan simulator sistem proteksi pembangkit tenaga listrik yang sesuai dengan kinerja sebenarnya?

E. Tujuan

Adapun tujuan dibuatnya proyek akhir ini adalah :

1. Membuat rancang bangun sistem proteksi pembangkit tenaga listrik yang berfungsi sebagai media pembelajaran.
2. Mengetahui unjuk kerja media pembelajaran sistem proteksi pembangkit tenaga listrik yang sesuai dengan unjuk kerja sebenarnya.

F. Manfaat

Dibuatnya proyek Akhir ini diharapkan dapat bermanfaat bagi mahasiswa dan PT. Elektro :

1. Mengetahui rancang bangun media pembelajaran sistem proteksi pembangkit tenaga listrik yang berfungsi sebagai media pembelajaran.
2. Mengetahui unjuk kerja media pembelajaran sistem proteksi pembangkit tenaga listrik yang sesuai dengan kinerja sebenarnya.
3. Dapat digunakan sebagai referensi Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta agar dapat dikembangkan lagi untuk alat penyampaian materi.

G. Keaslian Karya

Awal mula tercipta alat ini adalah untuk membuat alternatif alat penyampaian materi berupa media pembelajaran. Selain itu, memanfaatkan komponen lampu LED, saklar toogle, dan adaptor DC 1A 12 volt sebagai pengganti komponen-komponen asli dari pembangkit listrik yang mempermudah dalam perancangan alat tersebut. Berawal dari masalah tersebut dan dukungan dari dosen pembimbing, maka munculah ide pembuatan proyek akhir dengan judul **“Pengembangan Simulator Sistem Proteksi Pembangkit Tenaga Listrik”** yang merupakan sub judul dari simulasi sistem proteksi tenaga listrik.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Media Pembelajaran

Kemajuan teknologi sekarang ini sangat pesat dan sangat berpengaruh terhadap kehidupan sehari-hari. Perkembangan teknologi saat ini juga sangat berpengaruh pada dunia pendidikan sekolah maupun perguruan tinggi. Terutama pada penggunaan alat atau media pembelajaran. Hal ini membuat pembelajaran lebih efektif dan lebih menarik. Maka dari itu perkembangan pendidikan di sekolah semakin lama semakin mengalami perubahan dan mendorong berbagai usaha perubahan.

Proses pembelajaran merupakan suatu proses penyampaian informasi dari sumber informasi melalui media tertentu. Didalam proses pembelajaran pendidik yang sedang mengajar berfungsi sebagai sumber informasi, sedangkan peserta didik menjadi penerima informasi. Dalam hal ini materi pelajaran merupakan informasi yang disampaikan oleh pendidik. Dalam upaya untuk merubah dan membuat materi pelajaran tersebut dapat dimengerti oleh peserta didik, pendidik memerlukan sebuah media bantu yang dalam dunia pendidikan disebut media pembelajaran.

Media pembelajaran dalam sebuah pembelajaran ini berfungsi sebagai alat bantu pendidik yang dalam menyampaikan dan menjelaskan informasi (dalam hal ini materi pembelajaran). Jika media pembelajaran

yang digunakan ini terus berkembang dengan baik maka semakin baik pula media ini dalam menjalankan fungsinya

Secara garis besar, media pembelajaran bermanfaat sebagai sarana guru untuk mempermudah pemberian materi terhadap siswa secara lebih menarik. Menurut Sudjana dan Rivai (1992:2) manfaat media pembelajaran dalam proses belajar siswa, yaitu:

1. Pembelajaran akan lebih menarik perhatian siswa sehingga dapat menimbulkan motivasi belajar.
2. Bahan pembelajaran akan lebih jelas maknanya sehingga dapat lebih dipahami oleh siswa dan memungkinkannya menguasai dan mencapai tujuan pembelajaran.
3. Metode mengajar akan lebih bervariasi, tidak semata-mata komunikasi verbal melalui penuturan kata-kata oleh guru, sehingga siswa tidak bosan dan guru tidak kehabisan tenaga, apalagi kalau guru mengajar pada setiap jam pelajaran.
4. Siswa dapat lebih banyak melakukan kegiatan belajar sebab tidak hanya mendengarkan uraian guru, tetapi juga aktivitas lain seperti mengamati, melakukan, mendemonstrasikan, memerankan, dan lain-lain.

Dari uraian di atas dapat diketahui bahwa media pembelajaran memiliki fungsi yang sangat penting yaitu sebagai pembawa informasi dan pencegah terjadinya hambatan proses pembelajaran, sehingga informasi

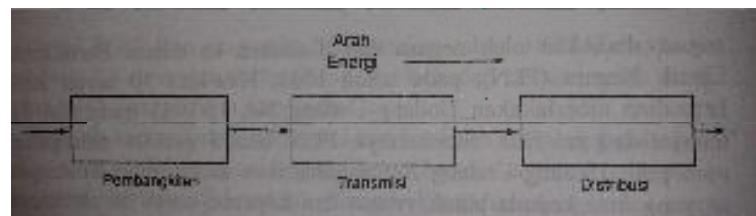
atau pesan dari komunikator dapat sampai kepada komunikan secara efektif dan efisien.

B. Sistem Tenaga Listrik

1. Umum

Tenaga listrik kini merupakan landasan bagi kehidupan modern, dan tersedianya dalam jumlah dan mutu yang cukup menjadi syarat bagi suatu masyarakat yang memiliki taraf kehidupan yang baik dan perkembangan industri yang maju. Pembangkitan yaitu produksi tenaga listrik yang dilakukan dalam pusat tenaga listrik atau sentral dengan mempergunakan penggerak mula dan generator. Transmisi atau penyaluran adalah memindahkan tenaga listrik dari pusat tenaga listrik secara besar-besaran ke gardu induk yang terletak berdekatan dengan suatu pusat pemakaian berupa kota atau industri besar. Dari gardu induk tenaga listrik didistribusikan ke gardu distribusi dan ke para pemakai atau konsumen. Gambar 1 memperlihatkan secara skematis urutan dan fungsi-fungsi pembangkitan, transmisi, dan distribusi suatu sistem penyediaan tenaga listrik. Fasilitas-fasilitas pembangkitan dan transmisi biasanya kait-mengait secara ekonomi dalam pilihan lokasi desain dan ekonomi skala. Sering terjadi bahwa penugasan organisasi dari pembangkitan serta transmisi dilakukan bersamaan, sedangkan distribusi secara tersendiri. Transmisi

sebagaimana dilakukan di Inggris dapat juga diusahakan secara tersendiri.



Gambar 1. Skematis Prinsip Penyediaan Tenaga Listrik
(Sumber: Abdul Kadir, 2010)

Berdasarkan perencanaan suatu sistem penyediaan tenaga listrik lokasi fisik pusat tenaga listrik, saluran transmisi dan gardu induk perlu ditentukan dengan tepat agar diperoleh suatu sistem yang baik, ekonomis dan dapat diterima masyarakat. Sering terdapat lokasi sebuah pusat tenaga listrik dekat sumber energinya seperti batu bara, sedangkan energi listrik disalurkan melalui jaringan transmisi ke tempat-tempat yang diperlukan. Bilamana hal ini tidak mungkin atau kurang ekonomis, energi primer (batu bara, minyak atau gas) diangkut dengan kapal, kereta api atau pipa ke tempat pembangkit tenaga listrik. Untuk sebuah Pusat Listrik Tenaga Air dengan sendirinya lokasi PLTA harus berada pada sumber daya energi air bersangkutan.

2. Pembangkit

Pembangkit listrik adalah bagian dari alat industri yang dipakai untuk memproduksi dan membangkitkan tenaga listrik dari berbagai sumber tenaga, seperti PLTU, PLTN, PLTA, PLTS dan lain-lain.

Bagian utama dari pembangkit listrik adalah generator, yakni mesin berputar yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip medan magnet dan penghantar listrik. Mesin generator ini diaktifkan dengan menggunakan berbagai sumber energi yang sangat bermanfaat dalam suatu pembangkit listrik.

3. Transmisi

Saluran transmisi berfungsi untuk mengirim atau mentransmisikan energi listrik dari pusat pembangkit sampai pada gardu distribusi dengan menggunakan tegangan tinggi dan menengah. Saluran transmisi ini dibagi menjadi dua yaitu saluran transmisi tegangan tinggi dan saluran transmisi tegangan menengah.

4. Distribusi Tenaga Listrik

Saluran distribusi berfungsi untuk mendistribusikan energi listrik dari gardu distribusi ke konsumen dengan menggunakan tegangan rendah. Sistem distribusi dapat pula di kelompokkan dalam dua tingkat yaitu jaringan distribusi primer (jaringan distribusi tegangan menengah) dan jaringan distribusi sekunder (jaringan distribusi tegangan rendah).

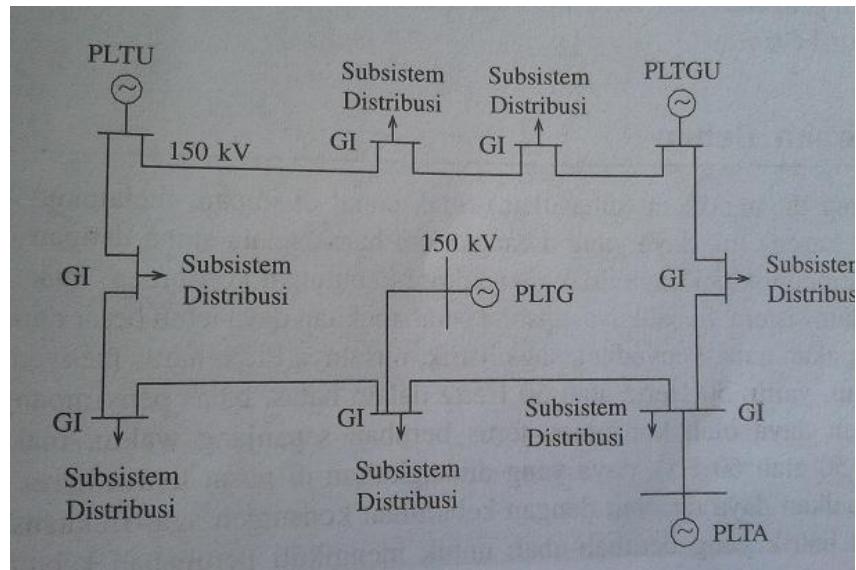
Jaringan distribusi primer (JDTM) merupakan suatu jaringan yang letaknya sebelum gardu distribusi berfungsi menyalurkan tenaga listrik bertegangan menengah (misalnya 6kV atau 20 kV). Hantaran

berupa kabel tanah atau kawat udara yang menghubungkan dari gardu distribusi (sisi sekunder trafo distribusi) ke tempat konsumen atau pemakai (misalnya industri atau rumah-rumah). Sedangkan gardu distribusi sendiri adalah suatu tempat/sarana, dimana terdapat transformator step down yaitu transformator yang menurunkan tegangan dari tegangan menengah menjadi tegangan rendah (sesuai kebutuhan konsumen).

C. Sistem Interkoneksi

Sistem interkoneksi adalah sistem tenaga listrik yang terdiri dari beberapa pusat listrik dan gardu induk (GI) yang diinterkoneksi (dihubungkan satu sama lain) melalui saluran transmisi dan melayani beban yang ada pada seluruh Gardu Induk.

Gambar 2 menggambarkan sebuah sistem interkoneksi yang terdiri dari sebuah PLTA, sebuah PLTU, sebuah PLTG, dan sebuah PLTGU serta 7 buah gardu induk yang satu sama lain dihubungkan oleh saluran transmisi. Di setiap gardu induk terdapat beban berupa subsistem distribusi. Dalam sistem interkoneksi, semua pembangkit perlu dikoordinir agar dicapai biaya pembangkitan yang minimum, tentunya dengan tetap memperhatikan mutu serta keandalan .



Gambar 2. Skema Jaringan Listrik Interkoneksi

(Sumber: Djiteng Marsudi, 2005)

Mutu dan keandalan penyediaan tenaga listrik menyangkut frekuensi, tegangan, dan gangguan. Demikian pula masalah penyaluran daya yang juga perlu diamati dalam sistem interkoneksi agar tidak ada peralatan penyaluran (transmisi) yang mengalami beban lebih.

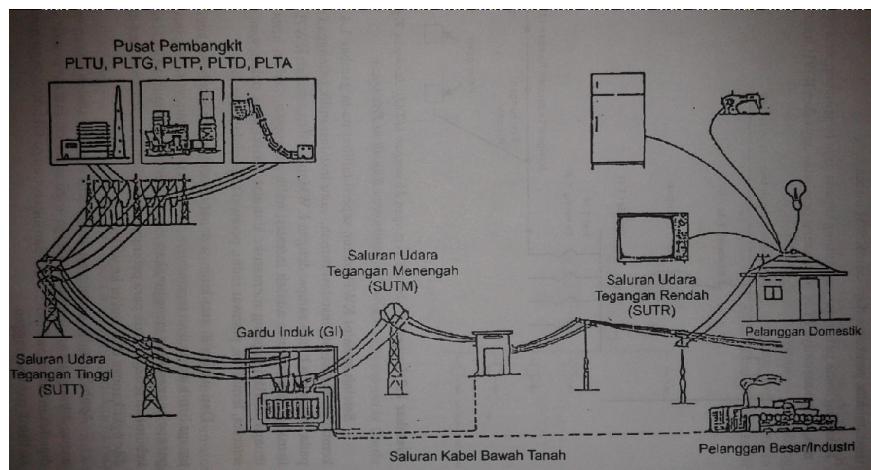
Pembangkitan dalam sistem interkoneksi merupakan panduan dari semua pusat listrik yang ada dalam sistem pembagian beban antara pusat-pusat listrik pada sistem interkoneksi yang menghasilkan aliran daya dalam saluran transmisi dan juga menghasilkan profil tegangan dalam sistem. Keseluruhan sistem harus dijaga agar tegangan, arus, dan dayanya masih terdapat dalam batas-batas yang diizinkan.

Apabila beberapa wilayah terinterkoneksi, beban keseluruhan dapat dipikul bersama oleh pusat tenaga listrik sehingga biaya operasional secara

menyeluruh menjadi minimal. Misalnya, dari pada mengoperasikan ketiga pusat tenaga listrik tinggi di malam hari pada beban yang rendah, salah satu pusat tenaga listrik dihentikan dan beban dipikul oleh kedua pusat tenaga listrik yang lain. Dengan demikian, biaya operasional salah satu pusat tenaga listrik menjadi “0”, sedangkan efisiensi dari yang kedua lainnya menjadi lebih baik, karena dijalankan lebih dekat pada kapasitas nominal.

D. Pembangkit Tenaga Listrik

1. Pengertian



Gambar 3. Bagan Penyampaian Tenaga Listrik kepada Pelanggan

(Sumber: Djiteng Marsudi, 2006)

Pembangkit tenaga listrik adalah salah satu bagian dari sistem tenaga listrik. Pada pembangkit tenaga listrik terdapat peralatan elektrikal, mekanikal, dan bangunan kerja. Terdapat juga komponen-komponen utama pembangkitan yaitu generator yang berfungsi untuk

mengkonversi energi (potensi) mekanik menjadi energi (potensi) listrik.

Pada gambar 3 diilustrasikan bahwa listrik yang dihasilkan dari pusat pembangkitan yang menggunakan energi potensi mekanik (air, uap, panas bumi, nuklir, dll) untuk menggerakkan turbin yang porosnya dikoppel/digandeng dengan generator yang berputar sehingga menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan disalurkan ke gardu induk melalui jaringan transmisi, kemudian langsung di distribusikan ke konsumen melalui jaringan distribusi.

2. Bagian-bagian Pembangkit Tenaga Listrik

- a. Penggerak Utama (*Prime Mover*)
 - 1) Mesin Diesel
- b. Komponen listrik
 - 1) Generator
 - 2) Transformator
 - 3) Peralatan Proteksi
 - 4) Busbar
 - 5) Saluran kabel
- c. Komponen Sipil
 - 1) Bendungan, pipa pesat, prasarana dan sarana penunjang (untuk PLTA)

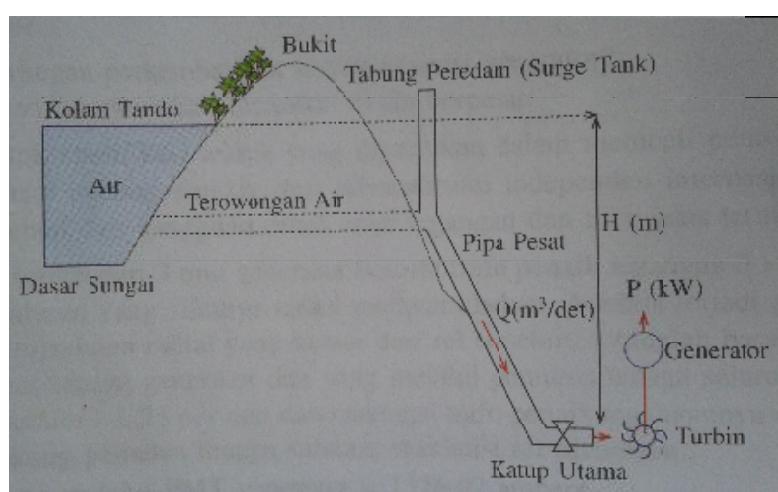
- 2) Prasarana dan sarana sipil (pondasi peralatan, jalan, *cable dutch*, dll)
 - 3) Gedung kontrol
- d. Komponen Mekanis
- 1) Peralatan bantu, peralatan pendingin, peralatan proteksi, dll

3. Jenis-jenis Pembangkit Tenaga Listrik

a. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Pusat listrik ini menggunakan tenaga air sebagai sumber energi primer. Mula-mula potensi tenaga air dikonversikan menjadi tenaga mekanik dalam turbin air. Kemudian turbin air memutar generator yang membangkitkan tenaga listrik.

Gambar 4 menggambarkan secara skematis bagaimana potensi tenaga air, yaitu sejumlah air yang terletak pada ketinggian tertentu diubah menjadi tenaga mekanik dalam turbin air.

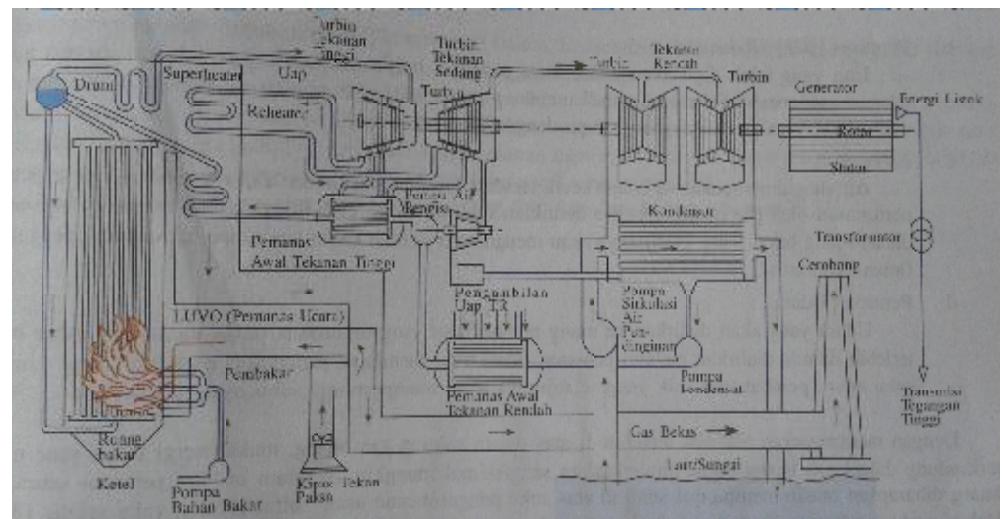


Gambar 4. PLTA
(Sumber: Djiteng Marsudi, 2005)

b. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Pusat listrik ini menggunakan bahan bakar batu bara, minyak atau gas sebagai sumber energi primer yang dikonversi menjadi energi listrik.

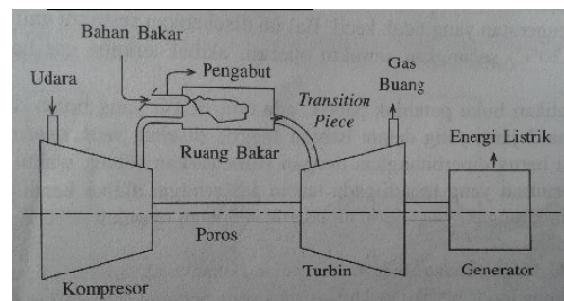
Gambar 5 menggambarkan siklus uap yang berlangsung dalam PLTU, yang dayanya relatif besar di atas 200 W.



Gambar 5. PLTU

(Sumber: Djiteng Marsudi, 2005)

c. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)



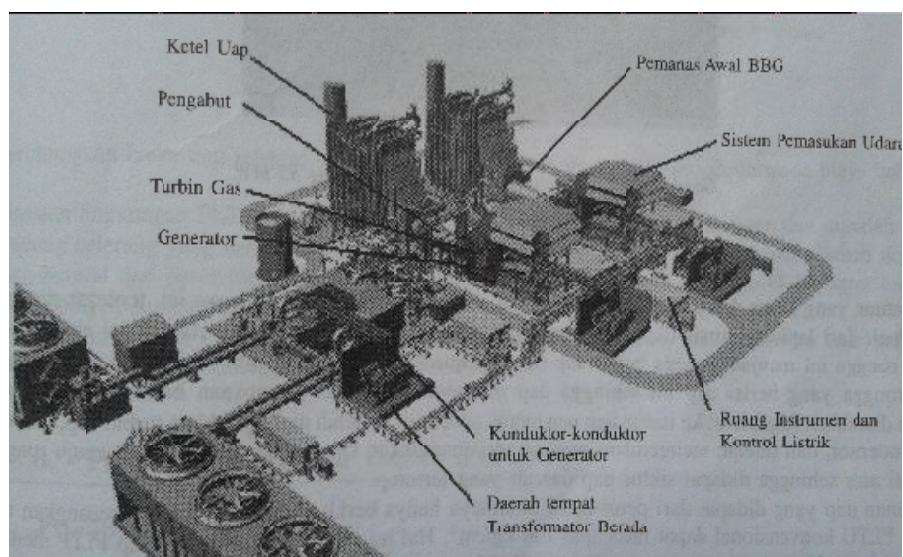
Gambar 6. PLTG

(Sumber: Djiteng Marsudi, 2005)

Gambar 6 menunjukkan prinsip kerja PLTG. PLTG adalah pembangkitan listrik yang menggunakan bahan bakar gas atau minyak sebagai sumber energi primer yang dikonversi menjadi energi listrik.

d. Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU)

PLTGU merupakan kombinasi PLTG dengan PLTU. Gas buang dari PLTG yang umumnya mempunyai suhu di atas 400^0C , dimanfaatkan (dialirkan) ke dalam ketel uap PLTU untuk menghasilkan uap penggerak turbin uap. Dengan cara ini, umumnya didapat PLTU dengan daya sebesar 50% daya PLTG. Ketel uap yang digunakan untuk memanfaatkan gas buang PLTG mempunyai desain khusus untuk memanfaatkan gas buang dimana dalam bahasa inggris disebut *Heat Recovery Steam Generator (HRSG)*.



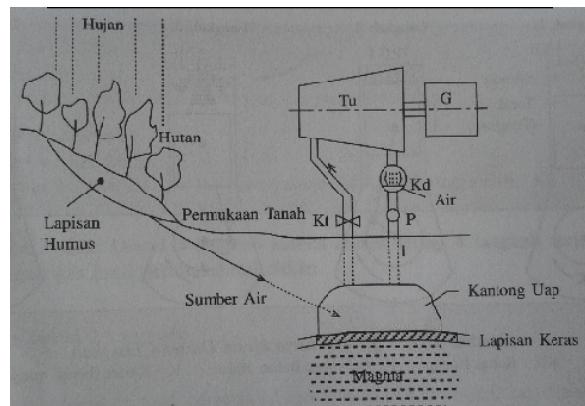
Gambar 7. PLTGU
(Sumber: Djiteng Marsudi, 2005)

Gambar 7 menggambarkan blok PLTGU buatan Siemens yang terdiri dari dua buah PLTG dan sebuah PLTU.

e. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)

PLTP sesungguhnya adalah sebuah PLTU, hanya saja uapnya didapat dari perut bumi. Oleh karena itu PLTP umumnya terletak di pegunungan dan dekat dengan gunung berapi.

Gambar 8 menggambarkan pelestarian hutan daerah kantong uap diperlukan agar kantong uap selalu mendapat air tanah sehingga tidak cepat habis uapnya.



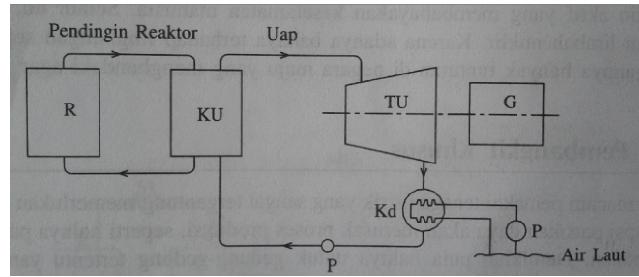
Gambar 8. PLTP

(Sumber: Djiteng Marsudi, 2005)

f. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN)

PLTN pada dasarnya sama dengan PLTU hanya saja ruang bakar PLTU diganti dengan reaktor nuklir yang menghasilkan panas (kalor). Dalam reaktor nuklir, terjadi proses *fission* (fisi), dimana bahan bakar nuklir uranium U. 235 mengalami *fission* menjadi unsur-unsur lain. Pada proses *fission* ini, timbul panas

yang digunakan untuk menghasilkan uap, dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. PLTN

(Sumber: Djiteng Marsudi, 2005)

E. Pengaman Pembangkit Listrik

1. Fungsi Alat Pengaman

Sistem tenaga listrik adalah sistem yang banyak sekali terjadi gangguan yang sesungguhnya merupakan peristiwa hubungan singkat yang dapat merusak peralatan. Untuk melindungi peralatan terhadap gangguan yang terjadi dalam sistem diperlukan alat-alat pengaman. Alat-alat pengaman yang kebanyakan berupa relay mempunyai 2 fungsi, yaitu :

- Melindungi peralatan terhadap gangguan yang terjadi dalam sistem, jangan sampai mengalami kerusakan.
- Melokalisir akibat gangguan, jangan sampai meluas dalam sistem.

Pengaman harus bekerja cepat agar pengaruh gangguan hubung singkat dapat segera dihilangkan sehingga pemanasan berlebihan yang timbul sebagai akibat arus hubung singkat dapat segera dihentikan.

Alat-alat pengaman dalam sistem harus dapat dikoordinir satu sama lain, sehingga hanya alat-alat pengaman yang terdekat dengan tempat gangguan saja yang bekerja. Secara teknis dikatakan bahwa alat-alat pengaman harus bersifat selektif.

Sistem PLN saat ini sebagian besar masih banyak dipakai relay-relay elektro mekanik walaupun juga telah dimulai pemakaian relay elektronik. Relay elektronik kerjanya lebih cepat dari pada relay elektro mekanik sehingga ditinjau dari segi pengaman peralatan adalah lebih baik.

2. Pengaman Generator

Bagian hulu dari sistem tenaga listrik adalah generator yang terdapat di pusat listrik dan sebagian besar digerakkan oleh mesin penggerak mula (*Prime Mover*). Mesin penggerak dalam pusat listrik berkaitan erat dengan instalasi mekanis dan instalasi listrik dari pusat listrik.

Generator sebagai sumber energi listrik dalam sistem perlu diamankan jangan sampai mengalami kerusakan karena kerusakan generator akan sangat mengganggu jalannya operasi sistem tenaga listrik. Oleh karenanya generator sedapat mungkin harus dilindungi terhadap semua gangguan yang dapat merusak generator.

Dilain pihak dari segi selektifitas pengaman sistem diharapkan agar PMI generator tidak mudah trip terhadap gangguan dalam sistem karena lepasnya generator dari sistem akan mempersulit jalannya

operasi sistem tenaga listrik. PMT generator hanya boleh bekerja apabila ada gangguan yang tepat ada didepan generator, didalam generator atau pada mesin penggerak generator. Apabila terjadi kegagalan PMT yang ada di depan PMT generator baru PMT generator boleh bekerja (trip).

Pengaman generator secara garis besar terdiri dari :

- a. Pengaman terhadap gangguan luar

Generator pada umumnya dihubungkan dengan rel terlebih dahulu sebelum dihubungkan dengan saluran transmisi atau saluran distribusi yang menuju keluar pusat listrik.

Penyebab gangguan yang utama dalam sistem adalah petir dan yang sering disambar petir adalah saluran udara transmisi, sehingga saluran udara transmisi merupakan salah satu sumber gangguan yang utama. Saluran udara distribusi juga merupakan sumber gangguan yang utama karena selain disambar petir sering terganggu oleh tanaman.

Berdasarkan pemikiran-pemikiran tersebut diatas maka pengaman generator terhadap gangguan diluar generator yang utama adalah relay arus lebih. Untuk gangguan di rel yang langsung berhubungan dengan generator maka relay arus lebih generator merupakan pengaman utama tetapi apabila ada pengaman rel differensial maka relay arus lebih generator menjadi pengaman back up.

b. Pengaman terhadap gangguan dalam generator

Gangguan dalam generator secara garis besar ada 5 macam yaitu :

1) Hubungan singkat antara fasa

Gangguan ini terjadi apabila isolasi antar fasa jebol bisa terjadi dalam stator generator maupun diluar stator generator yaitu antara stator dan PMT generator misalnya pada kabel penghubung stator generator dengan PMT generator.

Pengaman yang dipakai pada gangguan ini adalah relay differensial yang segera men trip PM generator, PMT arus medan penguat dan memberhentikan mesin penggerak generator.

2) Hubungan singkat fasa ke tanah

Gangguan ini tidak dapat dilihat oleh relay differensial khususnya jika titik netral generator tidak ditanahkan. Pada generator yang titik netralnya ditanahkan gangguan hubung tanah belum tentu dapat dilihat oleh relay differensial yaitu apabila gangguan terjadi didekat titik netral. Oleh karena itu ada relay hubung tanah untuk melindungi generator terhadap gangguan hubung tanah.

3) Suhu tinggi

Suhu stator terlalu tinggi bisa disebabkan karena pembebanan lebih pada generator yang terlalu lama, ventilasi

yang kurang sempurna atau karena banyak debu/kotoran yang menempel pada isolasi lilitan stator sehingga mengahambat pelepasan panas lilitan stator, atau ada hubung singkat kecil yang tidak terdeteksi oleh relay-relay yang ada.

Peengaman generator terhadap masalah suhu dipakai relay suhu yang pada tahap pertama membunyikan alarm dan pada tahap berikutnya men trip PMT generator.

4) Penguatan hilang

Gangguan yang terjadi pada rangkaian arus penguat sehingga menyebabkan medan penguat generator menjadi lemah atau hilang maka generator bisa menjalani kondisi *out of step* atau lepas dari sinkronisasinya dengan sistem dan dapat menimbulkan gangguan dalam sistem khususnya apabila hal ini menyangkut generator yang besar.

Oleh karenanya pada generator yang daya terpasangnya relative besar disediakan *Loss of Field Relay* untuk mencegah situasi *out of step* dengan cara men trip PMT generator apabila arus penguat hilang atau menjadi terlalu lemah oleh karena ada gangguan pada sirkuit arus penguat.

5) Hubung singkat dalam sirkuit rotor

Apabila terjadi hubungan singkat dalam sirkuit rotor maka generator akan mengalami *loss of field* dan juga sirkuit

rotor dan rotor generator mengalami kerusakan yang disebabkan arus hubung singkat sirkuit rotor.

Upaya mencegah kerusakan ini dipakai relay arus lebih atau sekering lebur dalam sirkuit rotor.

c. Pengaman terhadap gangguan dalam mesin penggerak.

Gangguan dalam mesin penggerak ada kalanya memerlukan trip dari PMT generator, misalnya apabila tekanan minyak terlalu rendah maka mesin penggerak perlu segera dihentikan karena tekanan minyak pelumas yang terlalu rendah dapat menimbulkan kerusakan bantalan. Untuk menghindarkan tetap berputar nya generator sebagai akibat daya yang merubah generator menjadi motor, maka PMT generator perlu di trip.

Begitu pula apabila suhu air pendingin pada mesin diesel atau turbin penggerak generator menjadi terlalu tinggi maka mesin diesel atau turbin uap harus segera dihentikan dan PMT generator harus trip, dimana trip nya PMT dilakukan oleh relay mekanik.

BAB III

KONSEP RANCANGAN

Perancangan dan pembuatan “Pengembangan Simulator Sistem Proteksi Pembangkit Tenaga Listrik” ini menggunakan metode ADDIE (*Analisis, Design, Development, Implementation dan Evaluation*). Dalam perancangan dan pengembangan metode ADDIE harus melewati beberapa langkah (tahapan). Adapun langkah yang diambil guna merealisasikan alat tersebut adalah menganalisis kebutuhan, perancangan media, pembuatan media, implementasi media dan rencana pengujian. Sebuah alat dinyatakan berfungsi dengan baik yaitu apabila alat tersebut dapat bekerja sesuai yang diharapkan.

A. Analisis Kebutuhan

Proses pembuatan media pembelajaran ini membutuhkan analisis dalam pembuatan media agar tujuan dari pembuatan media dapat tercapai, media ini dibuat karena :

1. Masih terbatasnya media pembelajaran sistem proteksi pembangkit tenaga listrik dalam bentuk simulator.
2. Perlunya visualisasi teori dari alat yang digunakan dalam sistem proteksi pembangkit tenaga listrik yang susah jika dihadirkan di dalam pembelajaran agar dapat dengan mudah untuk dipahami.

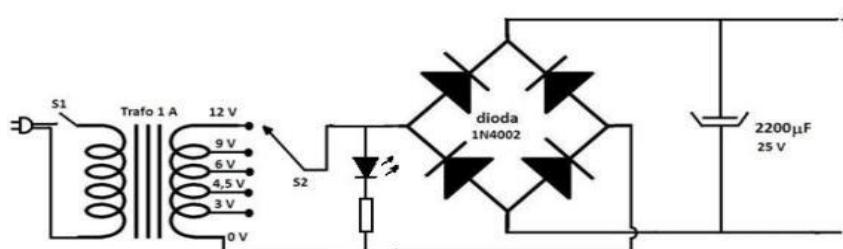
Untuk itu dengan adanya media pembelajaran ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam mencari informasi tentang sistem proteksi pembangkit tenaga listrik.

B. Perancangan

Proyek akhir ini terdapat beberapa komponen yang digunakan sebagai penunjang dalam pembuatan media agar hasilnya sesuai dengan yang diharapkan. Adapun spesifikasi dari komponen sebagai berikut :

1. Catu daya

Catu daya digunakan sebagai komponen pengganti dari pembangkit listrik yang menyuplai energi listrik sampai konsumen. Tegangan yang digunakan sebesar 12V DC. Catu daya ini berasal dari tegangan 220V AC yang di *step-down* dan disearahkan menjadi tegangan 12V DC menggunakan rangkaian adaptor. Rangkaian adaptor dapat dilihat pada gambar dibawah :



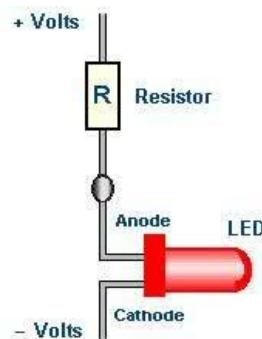
Gambar 10. Rangkaian Catu Daya

2. Perangkat penampil menggunakan akrilik

Media visualisasi pada media pembelajaran ini menggunakan akrilik yang ditempel gambar rangkaian (*stiker*). Mulai dari lampu LED, resistor, saklar toogle, PCB dan buzzer semua terpasang pada akrilik.

3. Indikator arus dan gangguan

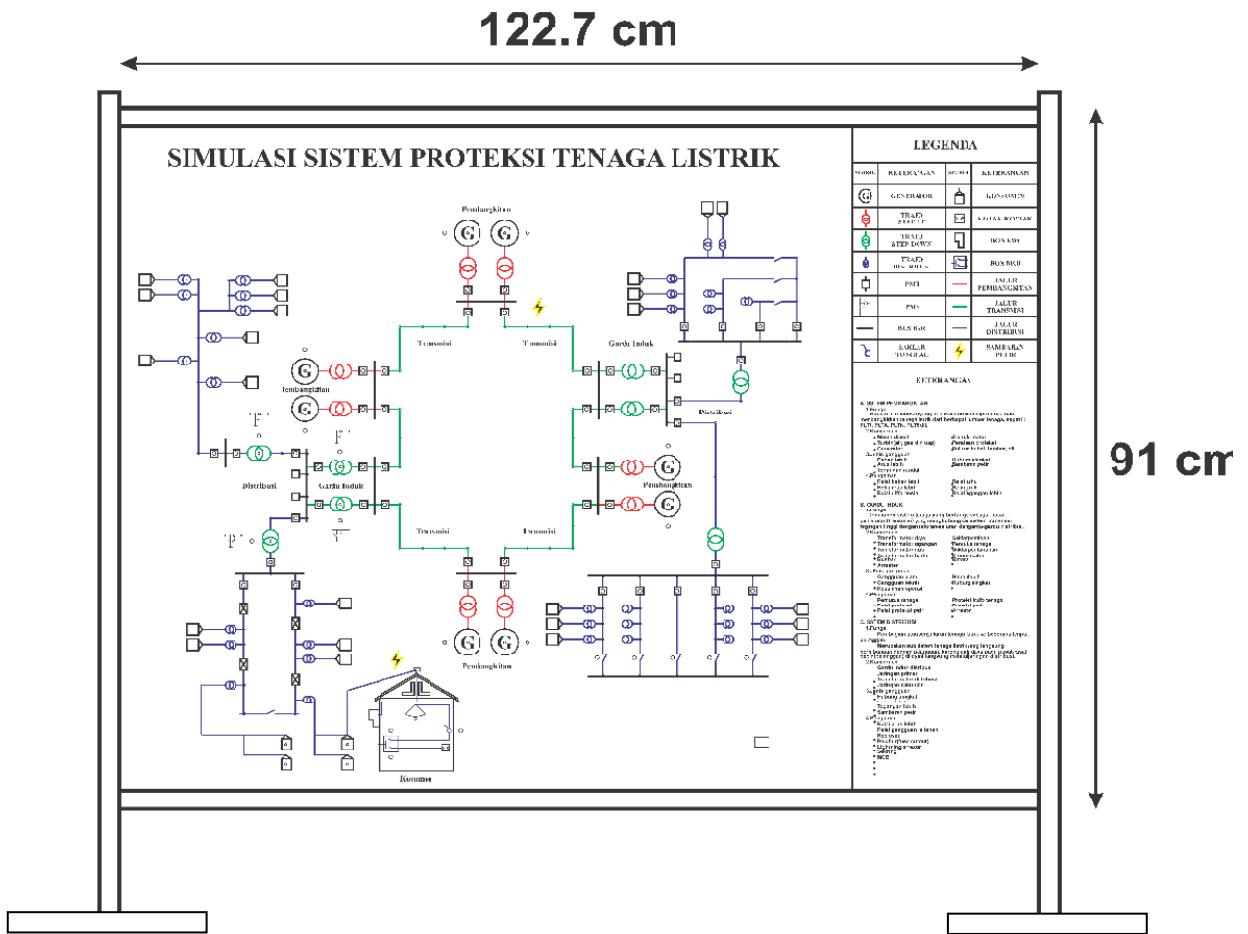
Konsep pembatas arus pada dioda adalah dengan memasangkan resistor secara seri pada salah satu kaki LED. Rangkaian dasar untuk menyalakan LED membutuhkan sumber tegangan LED dan resistor sebagai pembatas arus seperti pada rangkaian berikut :



Gambar 11. Rangkaian Lampu LED dengan Resistor

4. Perancangan rangkaian secara keseluruhan

Perancangan rangkaian secara keseluruhan dimaksudkan untuk memudahkan dalam mengamati sistem kerja keseluruhan dan memahami secara lebih rinci tiap-tiap sambungan antar komponen sehingga memudahkan dalam perancangan tugas akhir. Rancangan media pembelajaran dapat dilihat seperti berikut :



Gambar 12. Desain Media Pembelajaran

C. Pembuatan

1. Alat dan Bahan

Penulis menggunakan berbagai metode dalam perancangan proyek akhir ini. Adapun metode yang penulis lakukan adalah pendekatan teori dan praktikum, pendekatan teori meliputi studi pustaka baik materi dari

buku-buku maupun laporan yang relevan terhadap proyek akhir ini maupun pencarian materi melalui situs internet.

Metode praktikum yang dilakukan oleh penulis yaitu pembuatan PCB, memasang komponen, menganalisis dan uji coba seluruh komponen. Dalam membuat proyek akhir ini penulis menggunakan alat dan bahan sesuai rincian berikut.

Alat yang dibutuhkan dalam proses pembuatan.

Tabel 1. Daftar alat yang digunakan :

No.	Nama Alat	Sepesifikasi	Jumlah
1.	Mata Bor	1 mm	1
		3 mm	1
		5 mm	1
2.	Bor PCB	DC 12V/1A	1
3.	Bor Listrik	NGK-16 RE	1
3.	Obeng +	-	1
4.	Obeng -	-	1
5.	Multimeter	SANWA	1
6.	Soldier	40W/220V	1
7.	Atractor	-	1
8.	Pisau Cutter	-	1
9.	Penggaris	-	1
10.	Tang Potong	-	1
11.	Tang lancip	-	1
12.	Gunting	-	1

Bahan yang digunakan dalam proses pembuatan

Tabel 2. Daftar bahan yang digunakan :

No	Nama Bahan	Sepesifikasi	Jumlah
1.	Akrilik	Tebal 3 mm; panjang 122 cm; lebar 92 cm	1
2.	Adaptor	CT 1A/3-12V DC	1
3.	Resistor	470K	82
4.	Saklar	<i>Switch</i> ON-OFF <i>Toogle</i> ON-OFF <i>Toogle</i> ON-OFF-ON	1 69 5
5.	LED	Biru bening 5 mm Merah bening 5 mm Putih bening 5 mm Hijau bening 5 mm	58 6 12 27
6.	PCB	<i>Single Layer</i>	1
7.	Buzzer	3-12V DC	9
8.	Lem	Lem silikon	Secukupnya
9.	Kabel jumper	NYA merah 1 mm NYA Hitam 1 mm	Secukupnya Secukupnya
10.	Box besi	Panjang 129 cm; lebar 33 cm; tinggi 99 cm	2

2. Proses Pembuatan Alat

- Membuat gambar rangkaian menggunakan *software AutoCAD*.
- Menyetak gambar rangkaian dengan kertas stiker.
- Menempel stiker di atas akrilik.
- Melubangi/mengebor akrilik yang sudah ditempel dengan stiker tadi sesuai dengan letak komponen yang dipasang.

- e. Memotong PCB menjadi bentuk busbar. Dapat dilihat pada gambar 13.
- f. Membuat jalur PCB menggunakan spidol hitam *permanent*.
- g. Larutkan PCB dengan larutan *fericlorida* yang sudah dicampur dengan air hangat secukupnya lalu keringkan.
- h. Setelah kering, bor jalur PCB dengan mata bor khusus PCB.
- i. Pasang komponen pada PCB, lalu disolder. Dapat dilihat pada gambar 14.
- j. Pasang komponen yang sudah terpasang pada PCB ke akrilik.
- k. Uji coba tiap blok rangkaian untuk mengetahui karakteristik fungsinya.
- l. Uji coba keseluruhan alat untuk kinerjanya sehingga sesuai dengan yang diharapkan.
- m. Mengamati cara kerja rangkaian.
- n. Menganalisis hasil pengujian.



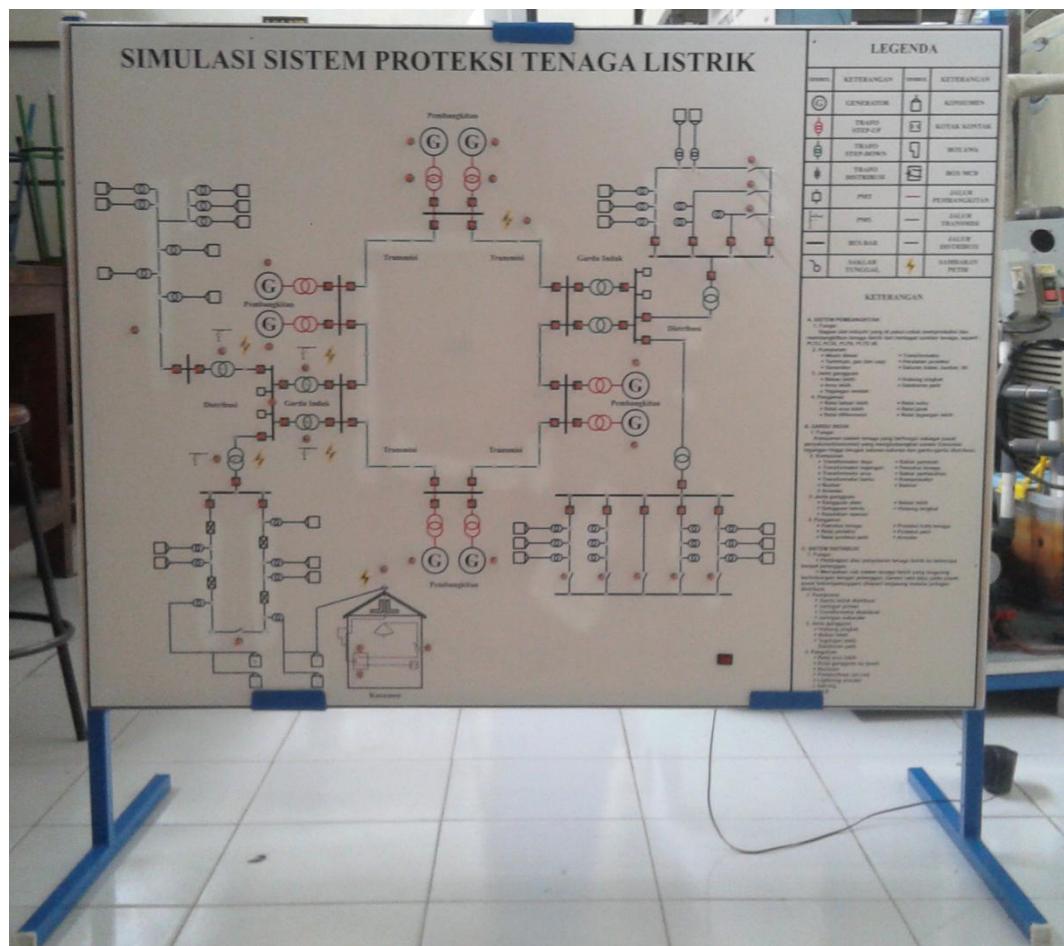
Gambar 13. Jalur PCB sebagai busbar



Gambar 14. Pemasangan komponen

D. Implementasi

Tahap selanjutnya dari perancangan media ini adalah implementasi. Implementasi merupakan proses penuangan ide-ide yang telah dibuat pada tahapan desain media sebelumnya kedalam tampilan yang sesungguhnya. Tampilan dari implementasi ini bisa berupa tombol, text dan gambar yang disatukan menjadi suatu media visual yang selaras dan saling berkaitan antara satu komponen dengan komponen yang lain agar terlihat menarik. Berikut hasil dari implementasi :



Gambar 15. Hasil Implementasi Desain

E. Pengujian

Pengujian simulator ini dilakukan untuk mengetahui seberapa layak untuk digunakan sebagai sarana dalam proses pengajaran. Proses pertama dari pengujian ini menggunakan metode keberfungsian alat. Pengujian ini untuk mengetahui apakah komponen dalam rangkaian bekerja dengan benar dan sesuai fungsi yang diharapkan. Selanjutnya dengan cara pengujian menggunakan angket kuisioner yang diberikan kepada ahli media dan ahli materi.

1. Uji Teknis

Tujuan dilakukannya uji teknis adalah untuk mengetahui kondisi instalasi dan kinerja komponen pada media pembelajaran. Langkah-langkah yang dilakukan dalam uji teknis adalah sebagai berikut:

- a. Memeriksa instalasi yang terpasang pada media pembelajaran.
- b. Memeriksa kinerja dari komponen-komponen yang terpasang pada media pembelajaran.
- c. Melakukan pengamatan pada tiap-tiap komponen untuk mengetahui kondisi dan kerja komponen.

Rencana data pengujian dan kesimpulan dari hasil pengujian untuk uji teknis masing-masing media pembelajaran dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Uji Teknis Simulasi dari Pembangkit sampai Konsumen.

No.	Nama Zona	Data Pengujian
1.	Zona Pembangkit	
2.	Zona Jaringan Transmisi	
3.	Zona Gardu Induk	
4.	Zona Jaringan Distribusi	
5.	Zona Konsumen	

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Uji Teknis Simulasi Gangguan

No.	Nama Zona	Data Pengujian
1.	Zona Pembangkit	
2.	Zona Jaringan Transmisi	

Tabel 5. Kesimpulan Pengujian Uji Teknis Pembangkit sampai Konsumen

No.	Nama Zona	Hasil Pengujian	
		Sesuai	Tidak Sesuai
1.	Zona Pembangkit		
2.	Zona Jaringan Transmisi		
3.	Zona Gardu Induk		
4.	Zona Jaringan Distribusi		
5.	Zona Konsumen		

Tabel 6. Data hasil Pengujian Uji Teknis Gangguan pada Pembangkit dan Jaringan Transmisi.

No.	Letak Gangguan	Fungsi	Hasil Pengujian	
			Sesuai	Tidak Sesuai
1.	Zona Pembangkit	Indikator dapat menyala		
2.	Zona Jaringan Transmisi	Indikator dapat menyala		

2. Pengujian Ahli Media

Pengujian ahli media ini ditinjau dari aspek komunikatif media, aspek desain media, aspek tampilan media dan aspek materi yang diajukan kepada 3 dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta. Hasil dari pengujian ini kemudian digunakan untuk memvalidasi kelayakan media, sebagai berikut :

Tabel 7. Kisi-kisi Penilaian untuk Ahli Media

No.	Aspek	Indikator	Jumlah Butir
1.	Komunikasi	Kemudahan memulai pengoprasiian	1
		Kebermanfaatan simulator dalam pembelajaran	1
		Kejelasan isi simulator	1
2.	Desain Teknis	Kelengkapan komponen	1
		Ketepatan atau kebenaran materi simulator	1
3.	Tampilan	Keruntutan penyajian	1
		Kemenarikan tampilan simulator	1
Jumlah			7

3. Pengujian Ahli Materi

Instrumen untuk ahli materi ditinjau dari aspek Relevansi dan aspek kecukupan yang diajukan kepada 2 dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta. Kisi-kisi instrumen yang digunakan oleh materi dapat disajikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 8. Kisi-kisi Penilaian untuk Ahli Materi

No.	Aspek	Indikator	Jumlah Butir
1.	Relevansi	Kejelasan isi panduan	1
		Kelengkapan isi panduan	1
		Kebenaran bahasa	1
2.	Kecukupan	Keruntutan materi	1
		Kebenaran materi	1
Jumlah			5

4. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data digunakan untuk mengetahui seberapa layak simulator yang dibuat dan digunakan dalam proses pembelajaran. Hasil data yang telah didapatkan kemudian digunakan sebagai acuan untuk perbaikan terhadap media yang telah dibuat ini. Hasil dari validasi merupakan data yang bersifat komunikatif yang kemudian diproses dengan cara dijumlahkan dan dibandingkan sehingga mendapat presentase kelayakan media untuk digunakan. Untuk mengetahui presentase kelayakan media menggunakan rumus berikut :

$$\text{Presentase kelayakan (\%)} = \frac{\text{Skor yang diobservasi}}{\text{Skor yang diharapkan}} \times 100\%$$

Setelah mendapatkan hasil presentase maka dapat diketahui kriteria kelayakan media dengan mengacu pada tabel berikut :

Tabel 9. Kriteria Interpretasi Skor menurut (Riduwan, 2012:13-15)

Penilaian Kualitatif	Prosentase Skor	Bobot Nilai
Sangat Valid (SV)	81% - 100%	5
Valid (V)	61% - 80%	4
Cukup Valid (CV)	41% - 60%	3
Kurang Valid (KV)	21- 40%	2
Tidak Valid (TV)	0% - 20%	1

Kemudian data yang bersifat kualitatif yang berupa komentar, saran dan kesimpulan digunakan sebagai acuan untuk merivisi media pembelajaran ini.

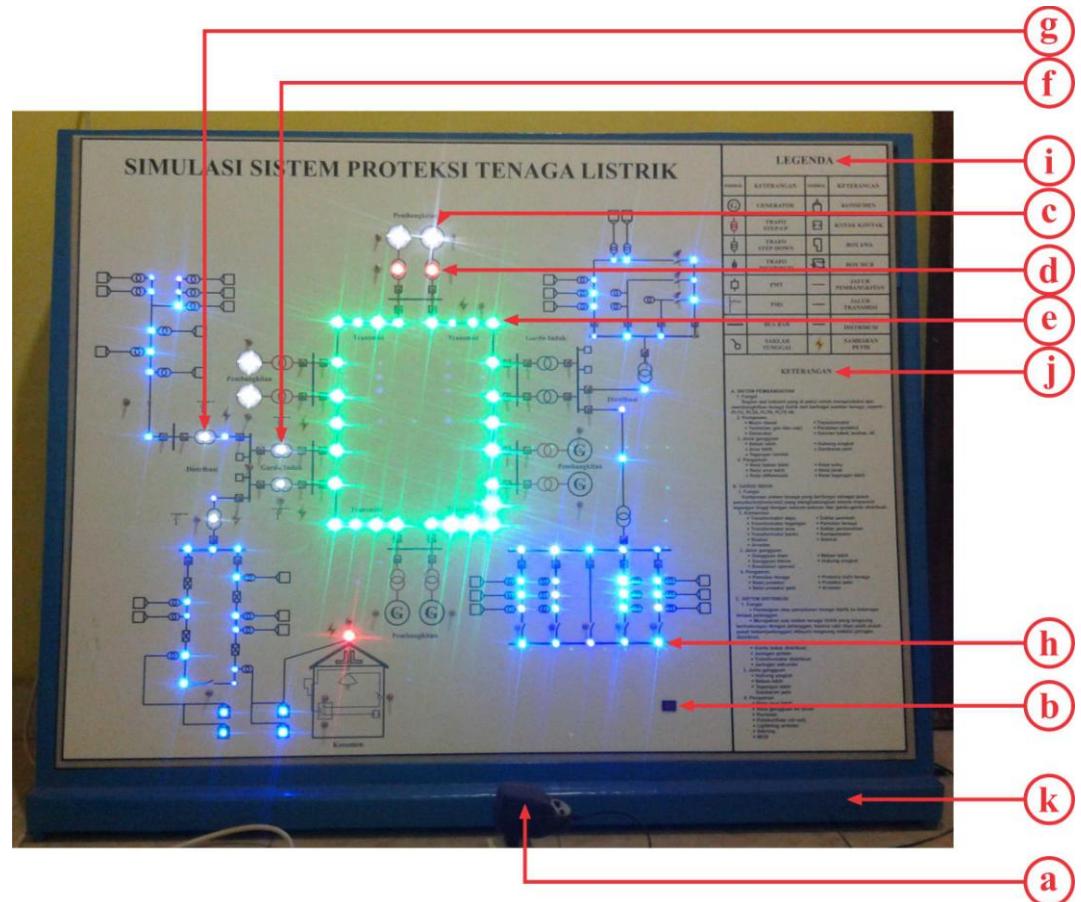
BAB IV

A. Produk

Setelah tahap proses pembuatan media dilalui maka terciptalah sebuah produk sebagai berikut :

1. Simulator

Simulator ini memiliki beberapa bagian :



Gambar 16. Simulator Sistem Proteksi Tenaga Listrik

Keterangan gambar :

- a. Adaptor DC
- b. Saklar utama
- c. Indikator generator ON
- d. Indikator gangguan pada pembangkit
- e. Indikator jaringan transmisi ON
- f. Indikator gardu induk ON
- g. Indikator gardu induk distribusi ON
- h. Indikator jaringan distribusi ON
- i. Legenda
- j. Materi umum sistem tenaga listrik
- k. Box besi

2. Buku Panduan

Buku panduan ini merupakan buku yang menyajikan informasi dan memandu atau memberikan tuntunan kepada mahasiswa untuk melakukan apa yang disampaikan dalam buku tersebut. Sebuah buku panduan dikatakan berhasil apabila panduan yang disampaikan dalam buku tersebut dapat dipahami dan diterapkan dengan baik oleh pembacanya.

Materi yang disampaikan pada buku ini adalah sistem tenaga listrik secara umum mulai dari pembangkit, jaringan transmisi, gardu induk, jaringan distribusi dan konsumen dimana pada masing-masing

pokok bahasan terdiri dari pengertian, fungsi, komponen, gangguan dan sistem proteksinya.

B. Pengujian

Tujuan pengambilan data adalah untuk mengetahui tingkat kelayakan media pembelajaran sistem proteksi pembangkit listrik ini sebagai simulator dilihat dari segi teknis, fungsi dan unjuk kerja, serta tingkat kelayakan dari segi ergonomis dalam penggunaan. Pengujian dan pengambilan data yang dilakukan di sini meliputi pengujian teknis alat, pengujian fungsi dan unjuk kerja, serta pengujian kelayakan media.

1. Uji Teknis

a. Tempat Dengambilan Data

Pengambilan data dilakukan di bengkel Pemeliharaan Instalasi Listrik Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.

b. Proses pengujian

Proses pengujian dilakukan dengan cara mengamati, memeriksa dan menguji kinerja setiap komponen yang digunakan pada masing-masing zona. Adapun proses dan data hasil pengujian yang dilakukan sebagai berikut :

Tabel 10. Data Hasil Pengujian Uji Teknis Simulasi dari Pembangkit sampai Konsumen.

No.	Nama Zona	Data Pengujian
1.	Zona Pembangkit	Pengujian pada zona pembangkit dilakukan dengan cara mengaktifkan saklar <i>toggle</i> yang berada pada simbol generator. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bahwa tegangan dari adaptor (<i>power supply</i>) sudah mengalir ke zona pembangkit.
2.	Zona Jaringan Transmisi	Pengujian pada zona jaringan transmisi dilakukan dengan cara mengaktifkan saklar PMT (saklar <i>toggle</i>) yang ada pada pembangkit. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tegangan dari pembangkit sudah mengalir ke jaringan transmisi.
3.	Zona Gardu Induk	Pengujian pada zona gardu induk dilakukan dengan cara mengaktifkan saklar <i>toggle</i> yang berada di zona gardu induk. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan dari jaringan transmisi sudah mengalir ke gardu induk yang akan dilanjutkan pada zona selanjutnya.
4.	Zona Jaringan Distribusi	Pengujian pada zona jaringan distribusi dilakukan dengan cara mengaktifkan PMT jaringan distribusi (saklar <i>toggle</i>). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan

		dari gardu induk sudah mengalir ke jaringan distribusi.
5.	Zona Konsumen	Pengujian pada zona konsumen dilakukan dengan mengaktifkan saklar <i>toggle</i> yang menuju ke konsumen. Pengujian ini befungsi untuk mengetahui tegangan dari jaringan distribusi sudah mengalir ke konsumen.

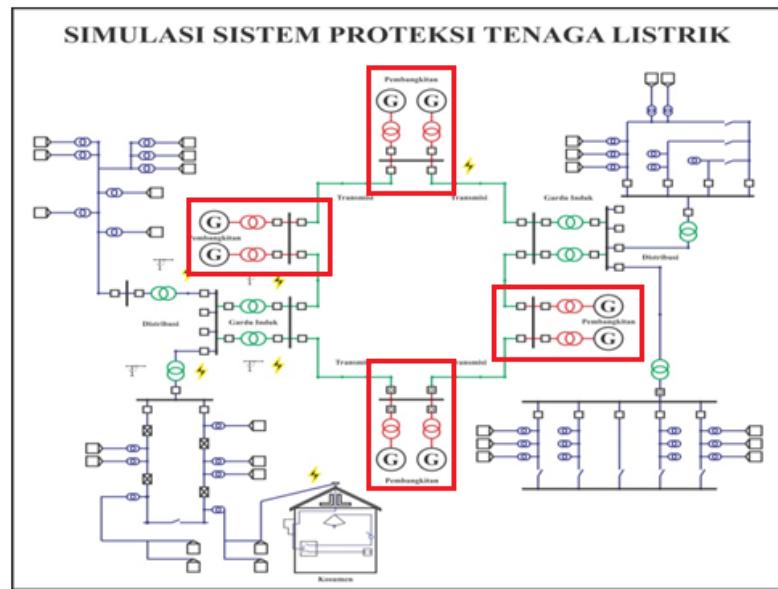
Tabel 11. Data Hasil Pengujian Uji Teknis Simulasi Gangguan

No.	Nama Zona	Data Pengujian
1.	Zona Pembangkit	Pengujian simulasi gangguan pada zona pembangkit dilakukan dengan cara mengaktifkan secara manual saklar gangguan pada trafo pembangkit (meng-ON-kan saklar <i>toggle</i>) maka indikator gangguan akan menyala (nyala lampu LED merah).
2.	Zona Jaringan Transmisi	Pengujian simulasi gangguan pada zona transmisi dilakukan dengan cara mengaktifkan secara manual saklar gangguan pada saluran transmisi (meng-ON-kan saklar <i>toggle</i>) maka indikator gangguan akan menyala (nyala lampu LED merah).

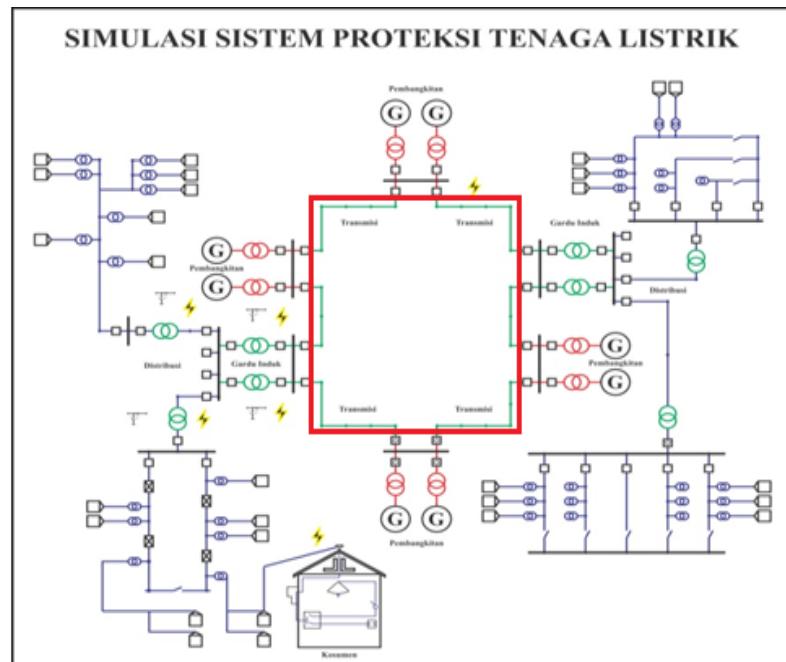
Sistem pembangkit tenaga listrik pada media pembelajaran ini disuplai dengan sumber tegangan DC 12V yang dihasilkan dari adaptor DC. Generator dihidupkan dengan cara mengaktifkan saklar *toggle* pembangkit hingga indikator pembangkit menyala. Hal ini menandakan bahwa pembangkit sudah beroperasi.

Langkah selanjutnya yaitu mengaktifkan PMT yang berfungsi sebagai pemutus tegangan dan PMS yang berfungsi sebagai saklar pemisah yang bekerja apabila terjadi gangguan pada sistem pembangkit dengan cara mengaktifkan saklar *toggle*. Kemudian lampu indikator pada jaringan transmisi akan menyala menandakan bahwa arus telah mengalir ke jaringan transmisi.

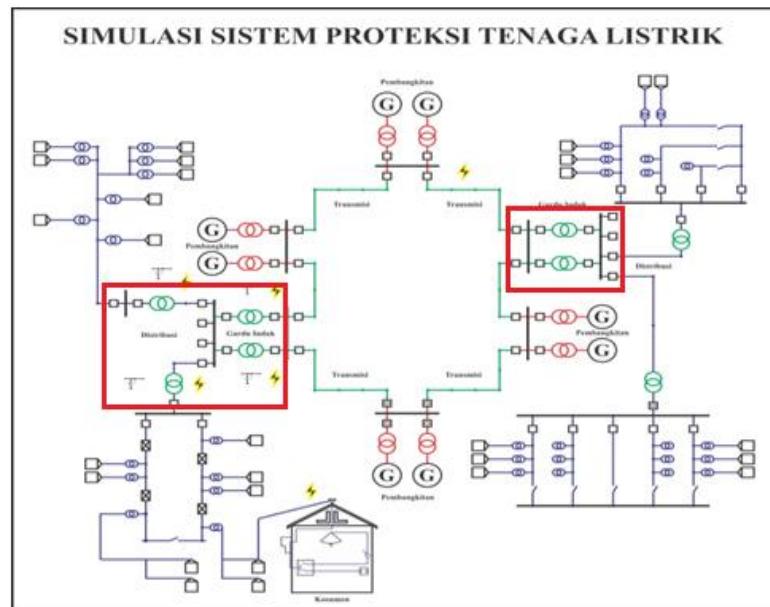
Sistem proteksi pembangkit tenaga listrik pada media pembelajaran ini terjadi pada trafo yang disimulasikan secara manual dengan cara mengaktifkan saklar *toggle* sehingga lampu indikator gangguan menyala. Begitu juga pada jaringan transmisi, gangguan juga disimulasikan dengan cara mengaktifkan saklar *toggle* sehingga indikator gangguan menyala dan lampu indikator jaringan transmisi mati.



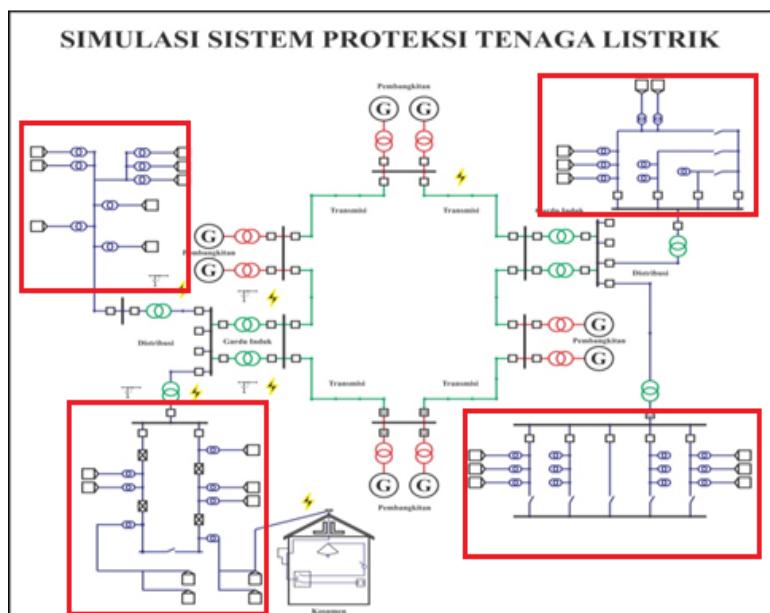
Gambar 17. Zona Pembangkit



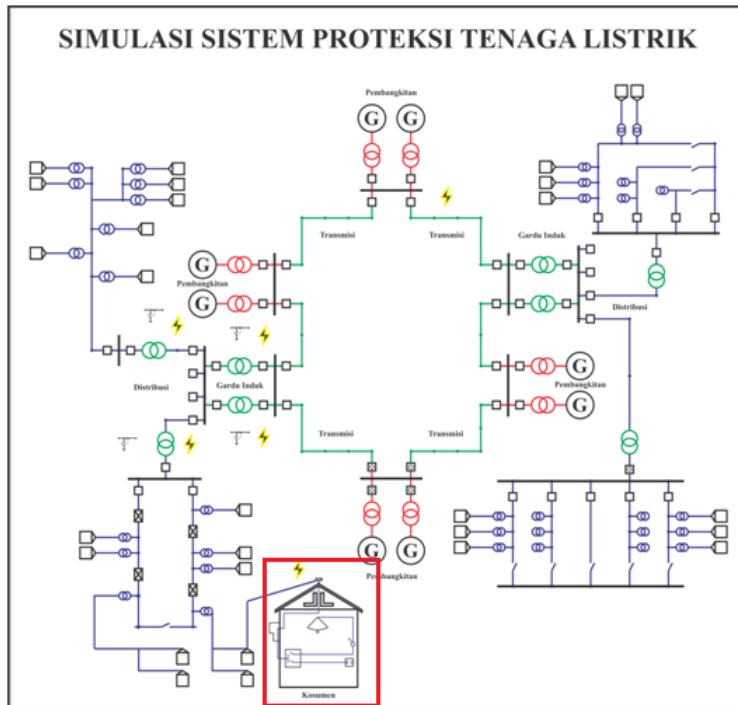
Gambar 18. Zona Jaringan Transmisi



Gambar 19. Zona Gardu Induk



Gambar 20. Zona Jaringan Distribusi.



Gambar 21. Zona Konsumen.

Dengan melihat data dari hasil pengujian di atas, dapat disimpulkan bahwa kondisi instalasi dan kinerja komponen pada simulator sistem tenaga listrik ini adalah sebagai berikut :

Tabel 12. Kesimpulan Pengujian Uji Teknis Pembangkit sampai Konsumen

No.	Nama Zona	Hasil Pengujian	
		Sesuai	Tidak Sesuai
1.	Zona Pembangkit	✓	
2.	Zona Jaringan Transmisi	✓	
3.	Zona Gardu Induk	✓	
4.	Zona Jaringan Distribusi	✓	
5.	Zona Konsumen	✓	

Tabel 13. Data Hasil Pengujian Uji Teknis Gangguan pada Pembangkit dan Jaringan Transmisi.

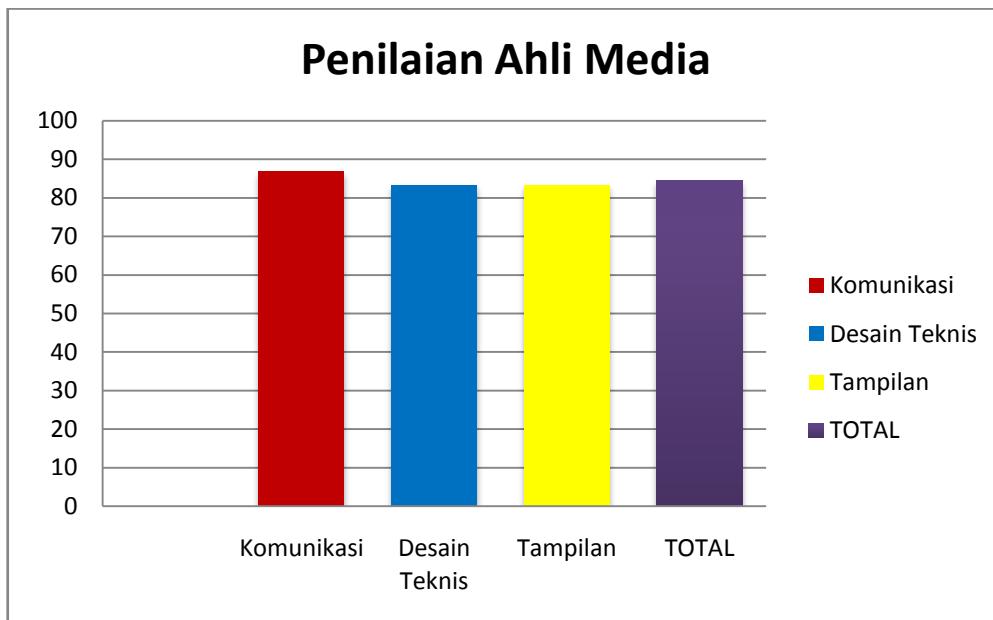
No.	Letak Gangguan	Fungsi	Hasil Pengujian	
			Sesuai	Tidak Sesuai
1.	Zona Pembangkit	Indikator dapat menyala	✓	
2.	Zona Jaringan Transmisi	Indikator dapat menyala	✓	

2. Pengujian Ahli Media

Dalam penilaian oleh ahli media ini meliputi tiga aspek yaitu aspek komunikasi yang berjumlah 3 butir, aspek desain tampilan 2 butir dan aspek tampilan 2 butir. Pengujian ini dilakukan pada tanggal 16 November 2015 bertempat di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta.

Tabel 14. Data Penilaian oleh Ahli Media

No.	Aspek	Jumlah Butir	Rata-rata Skor	Prosentase (%)
1.	Komunikasi	3	4.33	86.7
2.	Desain Teknis	2	4.16	83.3
3.	Format Tampilan	2	4.16	83.3
Total		7	4.21	84.4



Gambar 22. Grafik Penilaian Ahli Media

Dari grafik pada gambar 23. menunjukan bahwa skor presentase dari segi aspek komunikasi yang diberikan oleh kedua ahli media sebesar 86.7%. Jumlah skor tersebut menunjukan bahwa media pembelajaran dapat dikategorikan sangat layak. Skor presentasi dari aspek desain teknis sebesar 83.3% dapat dikategorikan sangat layak, dan dari aspek tampilan memperoleh presentase sebesar 83.3% dapat dikategorikan sangat layak.

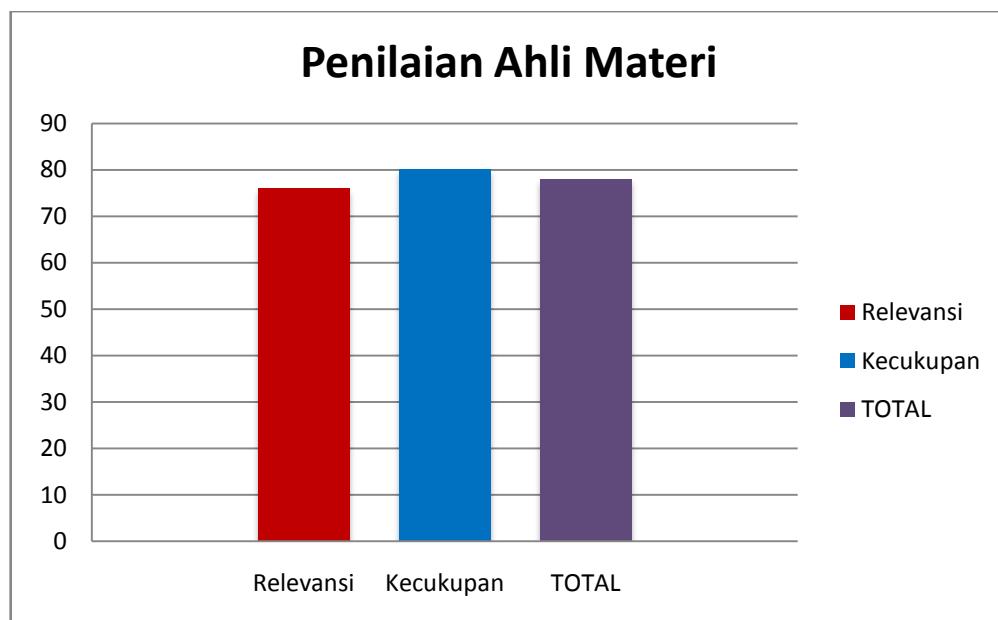
Dan dilihat dari gambar grafik pada gambar 23. Didapatkan jumlah nilai presentase dari keseluruhan penilaian mendapatkan nilai total 84.4% dan dapat dikategorikan sangat layak sebagai media pembelajaran.

3. Pengujian Ahli Materi

Dalam penilaian oleh ahli materi ini meliputi aspek isi materi yang berjumlah 5 butir. Pengujian ini dilakukan pada tanggal 20 November 2015 bertempat di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta.

Tabel 15. Data Penilaian oleh Ahli Materi

No.	Aspek	Jumlah Butir	Rata-rata Skor	Prosentase (%)
1.	Relevansi	3	3.8	76
2.	Kecukupan	2	4	80
Total		5	3.9	78



Gambar 23. Grafik Penilaian Ahli Materi

Dari grafik pada gambar 24. menunjukkan bahwa skor presentase dari segi aspek relevansi yang diberikan oleh ahli materi

sebesar 76%. Jumlah tersebut menunjukkan bahwa media pembelajaran ini dapat dikategorikan layak. Skor prosentase dari aspek kecukupan sebesar 80% dapat dikategorikan layak.

Dan dilihat dari gambar grafik pada gambar 24. Didapatkan jumlah nilai presentase dari keseluruhan penilaian mendapatkan nilai total 80% dan dapat dikategorikan layak sebagai media pembelajaran.

Tabel 16. Data Penilaian Simulator Sistem Proteksi Pembangkit Tenaga Listrik

No.	Responden	Hasil Penilaian
1.	Ahli Media Pembelajaran	Sangat Layak
2.	Ahli Materi	Layak

4. Perbaikan

Setelah dilakukan pengujian menggunakan angket kuisioner yang diberikan kepada ahli media dan ahli materi, terdapat kekurangan yang perlu diperbaiki yaitu penambahan komponen buzzer sebagai alarm saat terjadi gangguan pada media pembelajaran.

Buzzer disambungkan dengan lampu indikator gangguan sehingga saat terjadi gangguan buzzer aktif bersamaan dengan nyalanya lampu indikator.

5. Uji Simulator dalam Perkuliahan

Pengujian ini dilakukan setelah simulator digunakan dalam proses perkuliahan sistem proteksi tenaga listrik. Simulator ini

menampilkan bagaimana listrik bisa sampai ke konsumen, menampilkan bagian-bagian dari sistem tenaga listrik dan menampilkan simulasi gangguan sistem tenaga listrik.

Setelah dilakukan pengujian dan digunakan dalam proses perkuliahan sistem proteksi tenaga listrik maka alat ini dinyatakan layak digunakan dengan revisi isi buku panduan.

C. Pembahasan

Dalam proses pembuatan media ini dilakukan beberapa tahapan pembuatan. Tahapan pertama yaitu dengan mengetahui kebutuhan dalam penggunaan simulator dalam pembelajaran lalu melakukan analisis alat yang dibutuhkan dalam pemembuatan. Setelah tahapan pertama selesai tahapan selanjutnya yaitu dengan melanjutkan pada tahapan kedua yaitu proses pembuatan desain. Setelah itu masuk ke dalam proses implementasi dari desain yang telah dilakukan dengan menggunakan akrilik yang dipasang pada box besi.

Dari tahapan kebutuhan dalam pembuatan, analisis, desain dan proses implementasi desain. Maka dihasilkan sebuah produk yang berupa simuolator dan buku panduanya yang berisi tentang materi sistem proteksi pembangkit tenaga listrik sederhana menggunakan saklar *toggle* sebagai input manual.

Sedangkan dari tahap pengujian yang telah dilakukan melalui uji keberfungsian alat sudah dapat dijalankan sesuai dengan yang diharapkan

penulis. Dan semua fungsi dapat berjalan dengan baik dan sesuai tanpa ada kesalahan. Namun ada sedikit perubahan pada beberapa bagian seperti penambahan materi pada buku panduan dan penambahan komponen yang digunakan. Pada beberapa bagian yang diubah ini tentunya mengacu pada komentar dan saran yang telah diberikan dari beberapa ahli media dan ahli materi.

Untuk mengetahui seberapa layak media yang telah dibuat yang nantinya akan digunakan sebagai media pembelajaran maka penulis melakukan validasi. Dari proses validasi yang telah dilakukan oleh ahli media dan ahli materi melalui kuisioner yang diajukan didapatkan persentase sebesar 84.4% untuk penilaian dari ahli media persentase ini dapat dikategorikan sangat layak. Sedangkan validasi yang dilakukan kepada ahli materi mendapatkan persentase sebesar 78% persentase ini dapat dikategorikan layak.

Dengan melihat hasil data penilaian media pembelajaran ini pada tabel 16 simulator ini kualitasnya sudah baik untuk digunakan sebagai media pembelajaran.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah melalui tahap analisis, desain, pembuatan, implementasi dan pengujian simulator sistem proteksi pembangkit tenaga listrik dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Simulator yang dibuat dalam Proyek Akhir ini berupa box trainer sistem pembangkit beserta sistem proteksinya yang meliputi pembangkit, transmisi dan distribusi serta memiliki simulasi sederhana yang dilakukan secara manual dan dilengkapi buku panduan.
2. Uji fungsional dari proyek akhir “Pengembangan Simulator Sistem Proteksi Pembangkit Tenaga Listrik” menunjukan hasil seperti yang diharapkan. Pada saat saklar *toggle* diaktifkan maka indikator yang berupa lampu LED dan buzzer dapat menyala sesuai dengan yang diharapkan penulis. Semua dapat bekerja sesuai fungsi.
3. Hasil dari proses validasi yang telah dilakukan oleh ahli media melalui kuisioner yang diajukan didapatkan presentase sebesar 84.4% yang dikategorikan sangat layak. Sedangkan validasi yang dilakukan kepada ahli materi mendapatkan presentase sebesar 78% yang dikategorikan layak.

B. Keterbatasan Alat :

Meskipun dari hasil pengujian media dikatakan layak digunakan namun media pembelajaran ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan, yaitu :

1. Materi yang digunakan belum terlalu lengkap.
2. Pengoperasian simulasi pada alat masih sepenuhnya dilakukan secara manual.

C. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dikemukakan di atas, maka saran yang dapat disampaikan, yaitu :

1. Penambahan materi yang lebih lengkap dari materi yang ada pada buku panduan.
2. Dengan melihat manfaat dari alat ini, penulis mengharapkan semoga pembaca mampu mengembangkan alat ini lebih baik lagi sehingga mampu digunakan untuk pembelajaran sistem proteksi tenaga listrik.
3. Untuk ke depannya agar alat ini dapat disempurnakan dengan menggunakan komponen yang lebih baik dan juga pemrograman yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Hari S. 2014. Media Pembelajaran Sistem Proteksi Distribusi Jaringan Listrik Berbasis Adobe Flash. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Anitah, Sri. 2010. *Media Pembelajaran*. Surakarta: Yuma Pustaka
- Arsyad, A. 2002. *Media Pembelajaran*. Jakarta: PT Grafindo Persada
- Djukarna. (2012). *Adaptor*. www.djukarna.wordpress.com. Diakses pada tanggal 2 November 2015
- Elektronika Dasar. (2012). *LED (Light Emitting Dioda)*. www.elektronika-dasar.web.id. Diakses pada tanggal 5 November 2015
- Kadir, Abdul. 2010. *Pembangkit Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia
- Marsudi, Djiteng. 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Marsudi, Djiteng. 2005. *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Sisem Tenaga Listrik. (2010). *Sistem Tenaga Listrik*. www.scribd.com. Diakses pada tanggal 5 November 2015
- Sudjana, Nana. 1992. *Media Pengajaran*. Bandung: PT. Sinar Baru Algesindo.
- Tobing, Bonggas L. 2003. *Peralatan Tegangan Tinggi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Wikipedia. (2016). *Pembangkit Listrik*. www.wikipedia.org. Diakses pada tanggal 15 Januari 2016