

PERANCANGAN *TRAINER* SISTEM *RECLOSER* BERBASIS *SMART RELAY* UNTUK MATA KULIAH SISTEM DISTRIBUSI DAN TRANSMISI DI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Yuni Rahmawati, Angga Nur Rahmat

Abstrak: Pada penelitian ini, sistem *smart relay* dirancang sebagai *trainer* pengendali sistem *recloser* untuk mendukung perkuliahan Sistem Distribusi dan Transmisi di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang. *Trainer* didesain sebagai miniatur sistem *recloser* layaknya di lapangan, yaitu dapat membuka ketika terjadi gangguan arus lebih dan menutup kembali ketika gangguan tersebut dihilangkan. Tujuan dari penelitian ini adalah menyediakan media pembelajaran sistem *recloser* berbasis *smart relay* dan menguji kelayakan media tersebut. Selain produk yang dihasilkan adalah *trainer* juga dilengkapi dengan media pendukung yaitu *handout* dan *jobsheet*. Metode yang dikembangkan pada penelitian ini adalah kombinasi antara metode pengembangan Sugiyono dan Borg & Gall. Berdasarkan hasil uji coba produk didapatkan persentase validitas ahli media sebesar 95%, validitas uji coba kelompok kecil kepada mahasiswa sebesar 92%, dan validitas uji coba kelompok besar kepada mahasiswa sebesar 88% dengan persentase rata-rata uji coba adalah 91%. Berdasarkan data tersebut disimpulkan bahwa pengembangan bahan ajar *trainer* sistem *recloser* berbasis *smart relay* untuk mendukung perkuliahan Sistem Distribusi dan transmisi di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang dinyatakan valid dan layak digunakan sebagai bahan ajar.

Kata-kata Kunci: *trainer*, *recloser*, *smart relay*

Recloser atau Penutup Balik Otomatis merupakan salah satu peralatan proteksi pada jaringan distribusi tenaga listrik. *Recloser* peralatan yang berfungsi membuka jaringan ketika terjadi hubung singkat atau arus lebih kemudian menutup balik secara otomatis ketika gangguan tersebut hilang dengan sendirinya. selain itu sebagai pengaman seksi sehingga dapat melokalisir/membatasi daerah yang terganggu.

Mata kuliah Sistem Distribusi dan Transmisi Jurusan Teknik Universitas Negeri Malang merupakan mata kuliah yang disajikan untuk program keahlian Elektro (Arus Kuat). Berdasarkan observasi dan wawancara kepada dosen pengampu matakuliah tersebut, maka diperlukan media pembelajaran yang hampir menyerupai peralatan distribusi tenaga listrik tersebut. Di Jurusan Teknik Elektro terdapat *Trainer* sistem *recloser* berbasis

PLC, namun kondisi *trainer* tersebut sedang rusak, selain itu pengawatan *trainer* masih rumit dan pengontrolannya terbatas, sehingga mahasiswa kesulitan dalam memahami prinsip kerja *recloser*. Penggunaan media sebagai alat bantu dalam proses belajar mengajar dapat dikategorikan menjadi 4 tahapan[7]. yaitu: tahap berbuat, terlihat, visual, dan verbal. Diungkapkan juga oleh Gagne[5] bahwa ketrampilan kerja hanya dapat diajarkan dengan baik apabila mereka dilatih secara langsung dengan peralatan yang menyerupai pada industri.

Trainer sistem *recloser* berbasis *smart relay* digunakan sebagai alternatif media pembelajaran yang mampu mengatasi kekurangan dari media pembelajaran sebelumnya. *Smart relay* merupakan sebuah peralatan elektronik yang mampu menggantikan fungsi *relay* konvensional dan bisa diberikan instruksi atau program.

Trainer sistem *recloser* berbasis *smart relay* ini, memiliki kelebihan, antara lain: pengawatan mudah dan pengontrolan lebih banyak.

Trainer

Menurut Hasan, *Trainer* merupakan suatu set peralatan laboratorium yang digunakan sebagai media pendidikan yang merupakan gabungan antara model kerja dan *mock-up*. Tampilan dari media *trainer* akan memperjelas sajian ide, menggambarkan atau menghiasi fakta yang mungkin akan cepat dilupakan jika tidak divisualkan. Beberapa kelebihan media *trainer* sebagai media pembelajaran adalah sebagai berikut: (1) simulasi merupakan alternatif yang media tepat; (2) dapat bereksperimen tanpa adanya resiko; (3) simulasi dapat mengestimasi kinerja pada suatu kondisi tertentu; (4) simulasi ini memungkinkan untuk melakukan studi jangka panjang dalam waktu yang relatif singkat; dan (5) dapat menggunakan input data bervariasi, sifatnya kongkrit, dan realistis.[Suryani, 2006]

Recloser

Recloser atau yang dikenal adalah Penutup Balik Otomatis (PBO) merupakan sebuah alat berwadah sendiri, berisi sarana yang diperlukan mengindera arus lebih, mengatur waktu, dan memutusny arus lebih serta untuk menutup-balik otomatis dan memberikan tegangan kembali pada salurannya[S-PLN,1983]. Penempatan antar *recloser* biasanya kurang lebih 13 km. penempatan *recloser* pada umumnya berdekatan dengan *sectionalizer*. Berdasarkan fasanya *recloser* dibedakan menjadi tiga macam, yaitu: *recloser* satu fasa, *recloser* tiga fasa, dan *recloser* satu fasa dan tiga fendalnya dibedakan menasa. *Recloser* memiliki macam tipe dengan karakteristik yang berbeda, sedangkan menurut pengendalinya dibedakan menjadi dua jenis, yaitu: *recloser* hidrolik dan *recloser* elektrik.

Recloser biasanya dipasang pada jaringan tegangan menengah 20 kV, hal ini dikarenakan Saluran Udara Tegangan Mengengah (SUTM) sering mengalami gangguan hubung singkat yang bersifat temporer. Alat ini berfungsi menutup kembali SUTM atau memperkecil pemadaman tetap oleh gangguan temporer, selain itu sebagai pengamanan seksi dalam SUTM, sehingga dapat membatasi serta melokalisir daerah yang terganggu. Prinsip kerja *recloser*[Suhadi dkk, 2011], adalah: (a) pada saat terjadi gangguan, arus yang mengalir melalui *recloser* sangat besar sehingga menyebabkan kontak *re-closer* terbuka dalam operasi yang cepat; (b) kontak *recloser* akan menutup kembali setelah melewati waktu *reclose* sesuai *setting*; (c) jika gangguan bersifat permanen, *recloser* akan membuka dan menutup balik sesuai dengan *setting* dan akan *lock-out* (terkunci); (d) seelah gangguan dihilangkan oleh petugas, baru *recloser* dapat dimasukkan ke sistem.

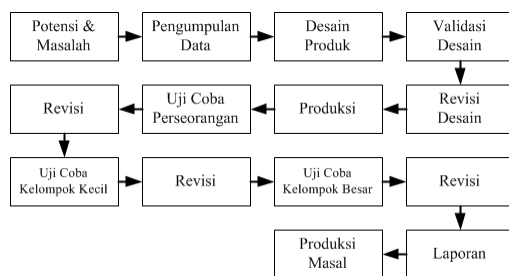
Smart Relay

Smart relay adalah sebuah *relay virtual* yang didesain dari mikrokontroler untuk menggantikan rele konvensional pada proses sekuensial [Aripriharta,2014]. Adapun kelebihan menggunakan *smart relay* sebagai pengendali secara otomatis, antara lain: (a) instalasi yang mudah; (b) harga lebih murah; (c) memiliki spesifikasi yang bervariasi dan pemrograman yang tidak membutuhkan waktu yang lama; (d) pemrograman dapat menggunakan dua metode, yaitu *Function Blok Diagram* (FBD) atau *Contact Languange* (Ladder); (e) terdapat fitur *monitoring*; dan (f) *Open Connectivity* (dapat ditambahkan ekstensi)

METODE

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan Sugiyono, yang dikom-

binasakan dengan metode pengembangan Borg & Gall. Pemilihan metode tersebut dikarenakan keruntutan dan kejelasan dalam proses pengembangan sangatlah diperlukan demi tercapainya suatu media yang bisa dinyatakan valid dan layak sebagai media pembelajaran, adapun langkah-langkah metode pengembangan ini adalah (1) potensi dan masalah; (2) pengumpulan data; (3) desain produk; (4) validasi desain; (5) revisi desain; (6) produksi; (7) ujicoba perseorangan; (8) revisi; (9) uji coba kelompok kecil; (10) revisi; (11) uji coba kelompok besar; (12) revisi; (13) laporan; (14) produksi masal. Untuk lebih jelas langkah-langkah dalam penelitian dan pengembangan bahan ajar (*trainer*) ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Langkah-Langkah Pengembangan

Potensi & masalah yang melatarbelakangi produk yang akan dikembangkan adalah keterbatasan media pembelajaran pada matakuliah Sistem Distribusi dan Transmisi, sehingga timbul suatu potensi untuk memberikan media pembelajaran alternative untuk mempermudah pemahaman mahasiswa dalam mempelajari matakuliah tersebut. Dari langkah pertama dapat diperoleh data berupa kualitatif dan kuantitatif, data kuantitatif diperoleh dari observasi ketersediaan media pembelajaran, sedangkan data kualitatif diperoleh dari wawancara dengan dosen pengampu matakuliah tersebut. Desain produk yang dimaksud adalah rencana dari media yang akan diproduksi. Validasi desain disini dilakukan oleh validator dari dosen Elektro yang paham mengenai me-

dia pembelajaran yang valid dan layak. Kriteria penilaian pada validasi desain, antara lain: kemenarikan, keamanan, kesesuaian, dan kemudahan. Setelah dinyatakan valid dan layak oleh validator, langkah selanjutnya adalah produksi. Uji Coba perseorangan yang dimaksud adalah uji coba kepada ahli media dan ahli materi, validator ahli media yaitu dosen Elektro yang paham mengenai media pembelajaran, sedangkan ahli materi yaitu dosen pengampu matakuliah tersebut. Kriteria penilaian validator perseorangan, subjek uji coba kelompok kecil, dan kelompok besar, antara lain: (1) kemudahan (mudah dirangkai, dioperasikan, dirawat, dan mempermudah pemahaman); (2) efektifitas (Ketepatan pemilihan komponen dan kepekaan alat); (3) tampilan (kerapian pengemasan media, kejelasan huruf dan gambar, serta menarik perhatian mahasiswa); (4) Kesesuaian (Sesuai dengan SK/KD); (5) Kelengkapan (handout dan jobsheet); (6) Komunikatif (mudah dimengerti). Kriteria pemilihan subjek uji coba kelompok kecil adalah mahasiswa yang sedang menempuh matakuliah Sistem Distribusi dan Transmisi sebanyak 10 mahasiswa, sedangkan subjek kelompok besar adalah mahasiswa yang sedang menempuh matakuliah Sistem Distribusi dan Transmisi sebanyak 26 mahasiswa. Jenis data yang diperoleh dari pengujian media berupa data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif diperoleh menggunakan instrument berupa angket [Arikunto,2009] yang berisi daftar cocok (*check list*), daftar cocok tersebut menggunakan angka menurut Likert dengan lima alternatif pilihan jawaban. Data kualitatif berupa tanggapan, saran, dan kesimpulan yang diberikan oleh validator dan subjek ujicoba tentang produk yang dihasilkan.

Teknik analisis data untuk menilai kelayakan suatu media mengadopsi kriteria keefektifan [Akbar,2013] yang dijelaskan pada Rumus 1.

$$\text{Validitas} = \text{TSe}/\text{TSh} \times 100\% \quad \dots(1)$$

Sedangkan sebagai dasar pengambilan keputusan untuk merevisi media dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kriteria Validitas Analisis Persentase

No	Tingkatan	Tingkat Validitas
1.	81%-100%	Sangat valid, efektif, tanpa perbaikan
2.	61%-80%	Cukup valid, efektif, perlu perbaikan kecil
3.	41%-60%	Kurang valid, efektif, perlu perbaikan yang besar, di-sarankantidak di-perguna-kan
4.	21%-40%	Tidak valid, tidak efektif, tidak dapat digunakan.
5.	00%-20%	Sangat tidak valid dan tidak bisa digunakan

Media yang dihasilkan bisa dikatakan valid dan layak apabila mencapai skor nilai minimal 81%.

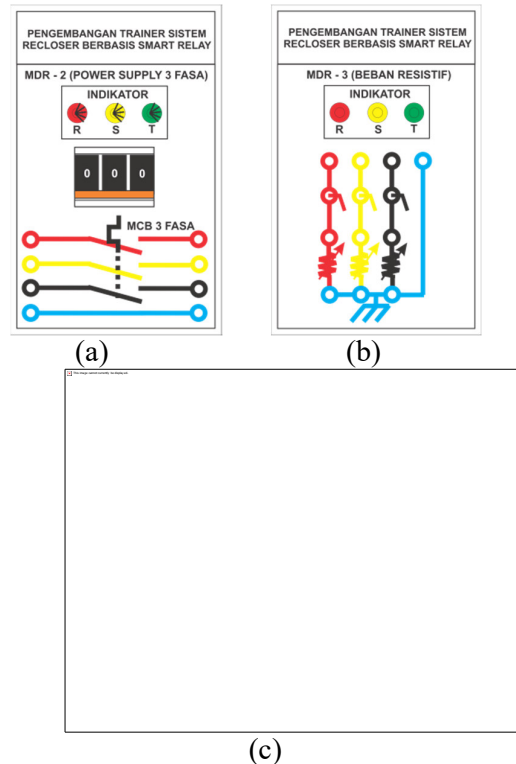
HASIL

Perancangan

Perancangan trainer sistem recloser berbasis smart relay terdiri dari desain *trainer*, desain sistem, perangkat keras, serta alur kerja (*flowchart*) *recloser* berbasis *smart relay*.

1. Desain *Trainer*

Desain trainer merupakan tampilan secara nyata dan jelas mengenai produk yang akan dihasilkan. Pada Gambar 2 ditunjukkan desain *trainer* sistem *recloser* berbasis *smart relay*.



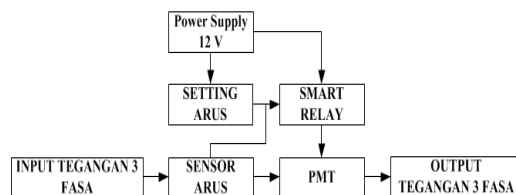
Gambar 2 (a) MDR-2; (b) MDR-3; (c) MDR-1

Desain trainer terdiri dari MDR-1 (Sistem Recloser), MDR-2 (Power Supply 3 Fasa), dan MDR-3 (Beban Resistif).

2. Desain Sistem

Desain sistem yang dijelaskan pada bagian ini antara lain blok diagram dan desain rangkaian pengawatan sistem *recloser* berbasis *smart relay*.

a. Blok Diagram

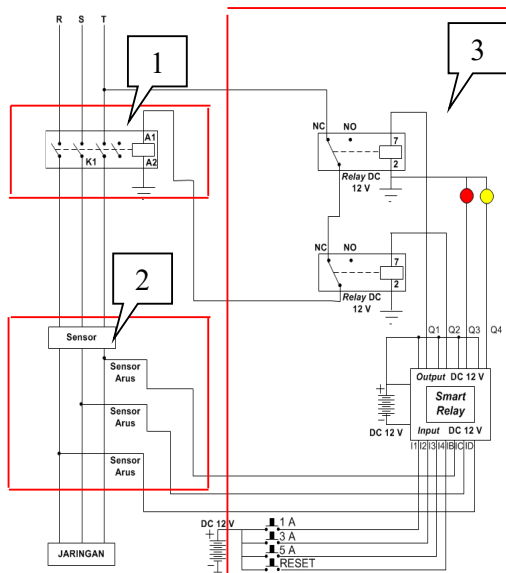


Gambar 3. Blok Diagram *Trainer* Sistem *Recloser*

Maksud dari blok diagram yang ditunjukkan pada Gambar 3 adalah tegangan input masuk kemudian melewati sen-

sor arus yang telah di-setting menggunakan sensor arus, apabila batasan sensor arus lebih kecil daripada arus masukkan lebih besar maka smart relay memberikan perintah untuk membuka beberapa detik kemudian menutup kembali.

b. Desain Rangkaian Sistem *Recloser*



Gambar 4. Desain Rangkaian *Trainer* Sistem *Recloser*

Penjelasan dari rangkaian pada Gambar 4 adalah tegangan 3 fasa yang masuk melewati PMT dan sensor arus. Penentuan batasan arus yang melewati PMT dikendalikan menggunakan *smart relay*. Input analog diperoleh dari sensor arus, sedangkan input digital diperoleh dari *push button* untuk menentukan besar arus yang bisa melewati jaringan tersebut. Fungsi relay DC adalah sebagai proteksi tegangan antara *smart relay* dengan kontaktor.

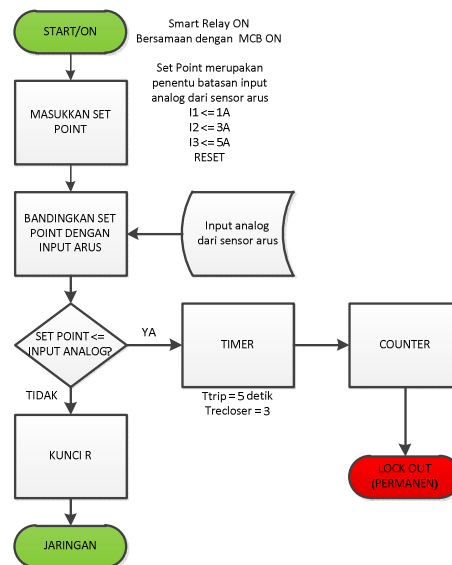
3. Perangkat Keras

Pada Gambar 4 terdapat identitas penjelasan yang diwakili oleh nomor. Nomor

1 adalah PMT, komponen yang diasumsikan PMT pada *trainer* ini adalah kontaktor. Nomor 2 adalah sensor arus, komponen yang diasumsikan sebagai CT pada *trainer* ini adalah sensor arus menggunakan trafo daya dengan menggunakan teori perbandingan tegangan pada kawat email dengan diameter 0,9 cm dan lilitan sejumlah 50 lilitan. Nomor 3 adalah sistem recloser yang dikendalikan dengan *smart relay* SR2B121JD dengan spesifikasi memiliki 8 input (4 analog) dan 4 output (kontak NO) dengan tegangan supply sebesar 12 V.

4. Alur Kerja

Alur kerja (flowchart) program pada sistem recloser berbasis smart relay ditunjukkan pada Gambar 5.

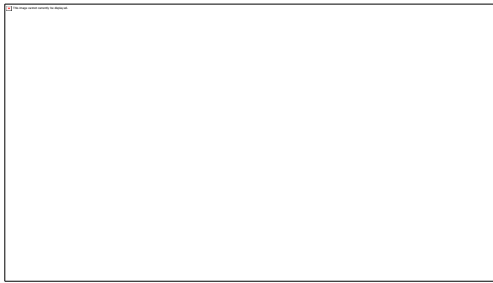


Gambar 5 *Flowchart* Sistem *Recloser*

Pembuatan

Setelah tahap perancangan/desain telah disetujui oleh validator, maka tahap selanjutnya adalah pembuatan/produksi dari media yang akan dikembangkan. Pada tahap ini ditampilkan produksi akhir dari suatu media pembelajaran (*trainer*).

Hasil dari tahap pembuatan ini ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Trainer Sistem Recloser Berbasis Smart Relay

Pengujian

Setelah melaksanakan tahap produksi dan telah menghasilkan suatu media pembelajaran (*trainer*), maka tahap selanjutnya adalah pengujian pemakaian. Pengujian yang dilaksanakan ada tiga tahap, yaitu pengujian oleh ahli media, uji coba kelompok kecil, dan uji coba kelompok besar. Aspek yang yang dinilai pada pengujian ini, antara lain: : (1) kemudahan (mudah dirangkai, dioperasikan, dirawat, dan mempermudah pemahaman);(2) efektifitas (Ketepatan pemilihan komponen dan kepekaan alat); (3) tampilan (kerapian pengemasan media, kejelasan huruf dan gambar, serta menarik perhatian mahasiswa); (4) Kesesuaian (Sesuai dengan SK/KD); (5) Kelengkapan (handout dan jobsheet); (6) Komunikatif (mudah dimengerti). Selain menilai kelayakan sebagai media pembelajaran untuk menunjang matakuliah Sistem Distribusi dan Transmisi juga diperlukan menilai *performance* media terhadap peralatan *recloser* yang sesungguhnya. Pengujian *performance* media yang dihasilkan sebagai berikut:

a. Gangguan Sementara

Ketika diberikan gangguan sementara maka recloser akan memerintahkan PMT untuk membuka selama beberapa detik kemudian menutup lagi, apabila masih terdapat gangguan maka PMT membuka lagi. Proses membuka dan menutup ini

dilakukan sebanyak 3 kali. Ketika pada gangguan kedua dihilangkan maka *trainer* sistem *recloser* akan mereset secara otomatis.

b. Gangguan Permanen

Ketika diberikan jenis gangguan permanen, maka recloser akan memerintahkan PMT untuk membuka dan menutup sebanyak 3x kemudian lock-out. Untuk menormalkan jaringan tersebut dapat dilakukan dengan mengurangi beban dan mereset dengan cara menekan tombol reset yang tertera pada *trainer* tersebut.

PEMBAHASAN

Ahli Media

Hasil uji coba kepada Ahli Media pada tanggal 16 April 2014 menyatakan bahwa *trainer* yang dibuat sudah valid dan siap untuk di uji coba pemakaian secara lebih luas. Dari hasil validasi kepada Ahli Media, didapatkan skor sebesar 95. Jumlah item pada angket validasi ahli media sebanyak 20 butir pernyataan, sedangkan nilai ideal untuk setiap item adalah 5.

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan validitas skor ahli media 95%, dengan tanggapan berupa saran, yaitu: (1) kabel jamper disesuaikan dengan warna jaringan; dan (2) *trainer* diusahakan mampu diberikan jenis gangguan hubung singkat. Meskipun media telah dinyatakan valid namun pada salah satu indikator dari 20 pernyataan yang diajukan mendapatkan nilai paling rendah, indikator tersebut menyatakan tentang kemudahan perawatan *trainer*. Setelah peneliti analisis hal ini dikarenakan bagian belakang pada trainer masih terbuka, sehingga untuk membersihkan bagian tersebut perlu pemikiran apabila terkena sentuhan dari peralatan kebersihan bisa mengakibatkan kerusakan.

Uji Coba Kelompok Kecil

Hasil uji coba kepada kelompok kecil, yaitu mahasiswa yang telah menempuh

matakuliah Sistem Distribusi dan Transmisi pada tanggal 16 April 2014 menyatakan bahwa *trainer* yang dibuat sudah valid dan siap untuk di uji coba pemakaian secara lebih luas. Uji coba ini dilaksanakan oleh 10 mahasiswa. Dari hasil uji coba kepada kelompok kecil, didapatkan skor sebesar 138. Jumlah item pada angket validasi ahli media sebanyak 30 butir pernyataan, sedangkan nilai ideal untuk setiap item adalah 5.

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan skor ujicoba kelompok kecil sebesar 92%, dengan tanggapan berupa saran, yaitu: 1) alatnya sudah bagus, lanjutkan untuk menunjang pembelajaran; dan 2) *trainer* sudah bagus dan mudah dioperasikan. Meskipun media telah dinyatakan valid namun pada salah satu indikator dari 30 pernyataan yang diajukan mendapatkan nilai paling rendah, indikator tersebut menyatakan tentang kemudahan pemahaman mahasiswa terhadap media yang dihasilkan. Setelah peneliti analisis hal ini dikarenakan tingkat pemahaman setiap mahasiswa berbeda, jadi belum tentu semua mahasiswa dapat mempermudah pemahaman mereka.

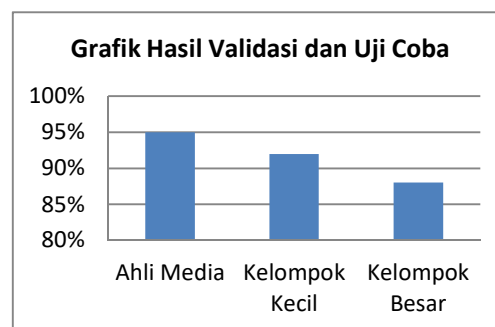
Uji Coba Kelompok Besar

Hasil uji coba kepada kelompok besar, yaitu mahasiswa yang sedang menempuh matakuliah Sistem Distribusi dan Transmisi pada tanggal 16 April 2014 menyatakan bahwa *trainer* yang dibuat sudah valid dan siap untuk di uji coba pemakaian secara lebih luas. Uji coba ini dilaksanakan oleh 26 mahasiswa. Dari hasil uji coba kepada kelompok kecil, didapatkan skor sebesar 132. Jumlah item pada angket validasi ahli media sebanyak 30 butir pernyataan, sedangkan nilai ideal untuk setiap item adalah 5.

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan skor ujicoba kelompok kecil sebesar 88%. Meskipun media telah dinyatakan valid namun terdapat indikator dari 30 pernyataan yang diajukan

mendapat-kan nilai paling rendah, indikator tersebut menyatakan tentang kemudahan perakitan dan kemudahan perawatan, Setelah peneliti analisis hal ini dikarenakan pada saat demonstrasi media *trainer* sistem *recloser* berbasis *smart relay* tidak diawali dengan perakitan, namun ditunjukkan prinsip kerja dari sistem *recloser*. Sedangkan pada indikator kemudahan perawatan media yang dihasilkan, hal ini dikarenakan bagian belakang pada *trainer* masih terbuka, sehingga untuk membersihkan bagian tersebut perlu pemikiran apabila terkena sentuhan dari peralatan kebersihan bisa mengakibatkan kerusakan. Kedua indikator tersebut menjelaskan keraguan pada beberapa mahasiswa untuk memberikan nilai sangat setuju pada kedua pernyataan yang diajukan.

Berdasarkan hasil validasi dari ahli media, uji coba kelompok kecil, dan ujicoba kelompok besar yang dapat dit-



ampilkan pada Gambar 7.

Gambar 7 Grafik Hasil Validasi dan Uji Coba

Dari grafik pada Gambar 7 menjelaskan presentase hasil dari validasi ahli media sebesar 95%, uji coba kelompok kecil sebesar 92%, dan uji coba kelompok besar 88%. Maka bahan ajar (*trainer*) ini secara keseluruhan dapat dinyatakan valid, serta layak dan tidak perlu direvisi dengan pencapaian nilai rata-rata sebesar 91,5%

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian pengembangan media pembelajaran ini adalah: Bahan ajar yang dihasilkan dalam pengembangan ini berupa *trainer* sistem *recloser* berbasis *smart relay*. Dengan hasil perolehan skor data validasi terhadap ahli media sebesar memperoleh nilai rata-rata 91.5% yang menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dibuat sudah layak digunakan sebagai bahan ajar.

DAFTAR RUJUKAN

- Akbar, S. 2013. *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Arikunto, Suharsimi. 2009. *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Aripriharta. 2014. *Smart Relay dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Borg, W.R & Gall, M.D. 2001. *Educational Research an Introduction*. New York: Longman
- Gagne, R.M. 1995. *Principle of Instructional Design*. Newyork: Holt, Rinehart and Winston, inc.
- Hasan, S. 2006. *Analisis Perakitan Trainer Unit Berdasarkan Aplikasi Konsep Refrigerasi pada Mata Kuliah Sistem Kuliah*. Bandung: UPI
- Karli, Hilda. 2002. *Model-Model Pembelajaran*, Bandung : Bina Media Informasi.
- S-PLN. 1983. *Pola Pengamanan Sistem*. Jakarta: Perusahaan Umum Listrik Negara
- Suhadi, dkk. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid I*. Bandung: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D*. Bandung: Penerbit Alfabeta
- Suryani. E. 2006. *Pedoman dan Simulasi Media Pembelajaran*. Yogyakarta: Alfabeta