

PENGEMBANGAN MEDIA AJAR INTERAKTIF BERBASIS “WII-MOTE” UNTUK Mendukung LABORATORIUM VIRTUAL PADA MATA PELAJARAN ELEKTRONIKA DIGITAL DI SMK

Hendra Jaya dan Sapto Haryoko

Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar
Jalan Daeng Tata Raya, Kampus UNM Parangtambung, Makassar
email: hendra070982@gmail.com

Abstract: Development of Learning Interactive Media Based on "Wii-Mote" to Support Virtual Laboratory on Digital Electronics Subjects in SMK. Virtual laboratory developed using the steps that starts from the needs analysis about the completeness of lab equipment existing in SMK, and with attention to methodological aspects of virtual laboratories. The integration is done through virtual methodology that includes studio room architecture, user interface, simulation modeling, interactive tools, visual representation, virtual workspace, and authoring tools. Virtual Laboratory developed are applicable, communicative, interactive, and able to develop critical thinking skills. The effectiveness of the use of virtual labs showed the average score of the overall results of the assessment is considered very good.

Abstrak: Pengembangan Media Ajar Interaktif Berbasis “Wii-Mote” untuk Mendukung Laboratorium Virtual pada Mata Pelajaran Elektronika Digital di SMK. Laboratorium virtual dikembangkan menggunakan langkah-langkah yang dimulai dari analisis kebutuhan mengenai kelengkapan peralatan praktikum yang ada di SMK, dan dengan memperhatikan aspek-aspek metodologis laboratorium virtual. Integrasi metodologi virtual dilakukan melalui arsitektur yang meliputi *studio room*, *user interface*, *simulation modelling*, *interactive tools*, *visual representation*, *virtual workspace*, dan *authoring tools*. Laboratorium virtual yang dikembangkan bersifat aplikatif, komunikatif, interaktif, dan mampu mengembangkan keterampilan berfikir kritis. Keefektifan penggunaan laboratorium virtual menunjukkan rerata skor keseluruhan hasil penilaian dinilai sangat baik.

Kata kunci: elektronika digital, laboratorium virtual

Kegiatan praktikum merupakan salah satu faktor yang penting dalam menunjang keberhasilan siswa dalam mengikuti proses kegiatan belajar mengajar. Beberapa mata pelajaran praktikum selain harus mengetahui konsep dasar dan teori-teori penunjangnya, juga harus melakukan eksperimen/percobaan di laboratorium untuk memahami tentang suatu konsep tertentu atau teori-teori dasar yang telah dipelajarinya agar mempunyai tingkat pemahaman yang lebih luas. Untuk melaksanakan suatu kegiatan praktikum diperlukan beberapa faktor diantaranya ruang laboratorium yang bermacam-macam sesuai dengan bidang praktikum, dan fasilitas peralatan serta bahan-bahan yang cukup memadai.

Menurut Kozma (1978) laboratorium digunakan untuk kegiatan pengajaran yang memerlukan praktek keterampilan tertentu dan/atau

pengalaman-pengalaman langsung bagi pembelajar. Pengajaran dilaboratorium pada dasarnya merupakan suatu tipe pembelajaran pengalaman terstruktur (*structured experiential learning*). Hal ini diterapkan apabila suatu bentuk pengalaman langsung menggunakan tangan (*hands-on*) dikehendaki atau esensial untuk belajar keterampilan khusus dan memperoleh pengalaman tertentu. Dengan berkembangnya apresiasi terhadap bentuk pembelajaran pengalaman (*experiential forms of learning*), praktek laboratorium digunakan lebih intensif dan luas dalam pengajaran di SMK. Oleh karena itu, laboratorium pengajaran sangat erat kaitannya dengan tujuan kurikulum dan performansi yang dikehendaki (Storm, 1979). Dengan kata lain bahwa pada bidang pendidikan dan pengajaran laboratorium berfungsi untuk memberikan keterampilan dan

pengalaman spesifik sesuai dengan kurikulum yang diterapkan.

Seharusnya dalam proses pembelajaran siswa tidak boleh pasif, tetapi harus aktif dan kreatif dalam pembelajaran dan praktikum. Siswa dapat mengembangkan pemahamannya sendiri, sehingga potensi dan kemampuan siswa dapat tergali dan berkembang. Hal ini sesuai dengan paham konstruktivisme, artinya pengetahuan dibangun oleh manusia sedikit demi sedikit, yang hasilnya diperluas melalui konteks yang terbatas/sempit dan tidak apa adanya (Depdiknas, 2002). Melalui paham konstruktivisme, siswa diharapkan dapat membangun pemahaman sendiri dari pengalaman/pengetahuan terdahulu (Nurhadi, dkk., 2003).

Kegiatan praktikum merupakan salah satu faktor yang penting dalam menunjang keberhasilan siswa dalam mengikuti proses kegiatan belajar mengajar serta dapat meningkatkan keterampilan siswa. Beberapa mata pelajaran produktif dan kejuruan selain harus mengetahui konsep dasar dan teori-teori penunjangnya, juga harus dilakukan praktikum di laboratorium untuk memahami tentang konsep tersebut atau teori-teori dasar yang telah dipelajari oleh siswa agar mempunyai tingkat pemahaman yang lebih luas. Sehingga, untuk melaksanakan suatu kegiatan praktikum diperlukan beberapa faktor di antaranya ruang laboratorium yang bermacam-macam sesuai dengan bidang praktikum dan fasilitas peralatan serta bahan yang cukup memadai.

Fasilitas praktek merupakan hal yang utama dan penting untuk melaksanakan pembelajaran praktikum. Storm (1979) mengemukakan bahwa *“occupational education facility requirement depend on two factor: the first, the time devoted to specialized laboratory learning, second the degree of multipurpose use for instructional area”*. Kebutuhan fasilitas pendidikan bergantung pada dua faktor yaitu pengabdian waktu belajar di laboratorium dan tingkat penggunaan waktu pembelajaran.

Kompleksitas teknologi meringankan kemampuan siswa untuk memahami dan mengerti isi dan inti mata pelajaran praktikum. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa lingkungan komputasi dan pengembangan aplikasi merupakan alat pengajaran efektif yang mampu meningkatkan kemampuan belajar siswa (Bruner, 1966). Beberapa uraian hasil penelitian sebelumnya dapat diambil kesimpulan bahwa model virtual berbasis komputer sangat efektif digunakan karena da-

pat meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan siswa dalam proses praktikum, penerapannya sangat baik untuk pendidikan keteknikan sehingga sangat efektif untuk dijadikan sebagai *virtual experiment* (kegiatan praktek yang bersifat maya). Disamping itu sifatnya yang lebih praktis, pengadaannya lebih murah dan mudah, lebih aman digunakan tidak berbahaya, dan secara operasional dalam hal perawatan, pemeliharaan serta instalasinya yang tidak terlalu sulit menjadikan sistem ini lebih unggul dibandingkan dengan praktek pada laboratorium konvensional.

Berkaitan dengan pelaksanaan kegiatan praktikum pada laboratorium konvensional, telah dilakukan pra-penelitian yang meliputi kegiatan observasi dan wawancara terhadap pihak-pihak yang terkait langsung, dilaksanakan pada beberapa SMK di Makassar diperoleh bahwa terdapat beberapa kendala/permasalahan dalam pelaksanaan kegiatan praktek disekolah utamanya mengenai kelengkapan fasilitas peralatan yang ada di sekolah yang hanya sekitar 30% yang memenuhi kebutuhan praktek (Jaya, 2013), ini berarti bahwa fasilitas peralatan disekolah masih sangat minim. Minimnya sarana peralatan praktek di sekolah berdasarkan hasil wawancara dengan guru pengampu mata pelajaran adalah karena minimnya anggaran baik untuk pengadaan alat maupun anggaran biaya pemeliharaan dan perawatan peralatan sehingga alat yang rusak tidak dapat diperbaiki untuk memenuhi kelengkapan peralatan laboratorium. Kendala yang lain adalah faktor kemampuan SDM yang masih terbatas di kalangan guru, keterbatasan waktu yang tersedia juga turut mempengaruhi kendala dalam kegiatan praktikum di sekolah. Untuk itu beberapa kendala dalam pelaksanaan kegiatan praktikum di SMK, laboratorium virtual menjadi sarana yang sangat dibutuhkan oleh siswa SMK, dengan demikian perlu dikembangkan sebuah laboratorium virtual yang menarik dan menjadi solusi terhadap keterbatasan praktikum pada laboratorium konvensional. Terlebih lagi dari hasil survey melalui penyebaran angket di beberapa SMK di Makassar diperoleh bahwa sekitar 70% siswa sangat setuju untuk melakukan kegiatan praktikum melalui laboratorium virtual pada mata pelajaran produktif utamanya pada elektronika digital. Berdasarkan beberapa uraian diatas, maka penulis akan melakukan penelitian dan mengembangkan suatu laboratorium praktikum

dengan memanfaatkan komputer sebagai sarana virtual secara virtual..

METODE

Supriyatman (2008) dalam penelitiannya menemukan bahwa pembelajaran menggunakan virtual komputer interaktif dapat meningkatkan penguasaan konsep rangkaian listrik arus searah dan keterampilan proses sains siswa. Penelitian dilakukan pada kelas eksperimen dan kelas kontrol diberi perlakuan yang berbeda. Pada kelas eksperimen diberi perlakuan pembelajaran menggunakan virtual dan pada kelas kontrol diberi perlakuan pembelajaran konvensional.

Selanjutnya dalam penelitian Zacharia & Anderson (2003) yang berjudul “*the effects of an interactive computer based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students conceptual understanding of physics*” diperoleh bahwa dengan pembelajaran virtual berbasis komputer mahasiswa dapat membuat ramalan, penjelasan, dan pemahaman konsep lebih baik dibandingkan dengan mahasiswa yang praktikum secara manual.

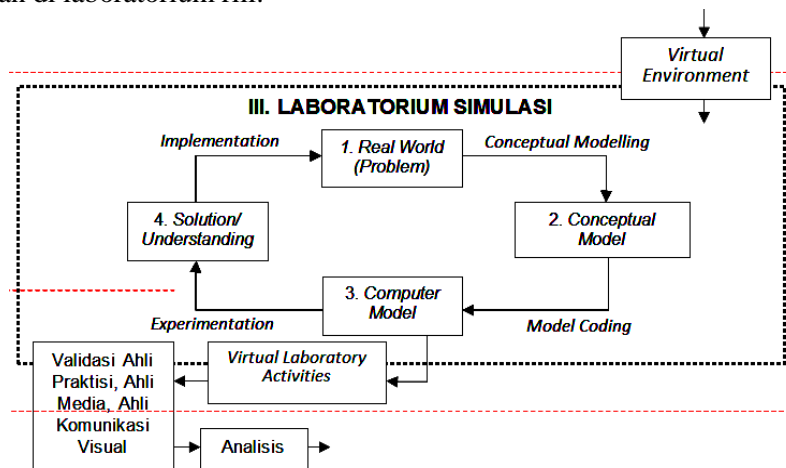
Berdasarkan hasil penelitian Sevgi (2009) diperoleh bahwa model virtual sangat efektif digunakan terutama untuk virtual experiment pada pendidikan keteknikan dan memperlihatkan suatu hal yang positif untuk digunakan dan dikembangkan. Selanjutnya dalam penelitian Scheckler(2003) laboratorium virtual merupakan suatu model yang berbasis komputer dan virtual sebagai bentuk baru dari teknologi pembelajaran yang menghilangkan tatap muka antara pengguna dengan kegiatan di laboratorium riil.

Beberapa uraian hasil penelitian sebelumnya dapat diambil kesimpulan bahwa model virtual berbasis komputer sangat efektif digunakan karena dapat meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan siswa dalam proses praktikum, penerapannya sangat baik untuk pendidikan keteknikan sehingga sangat efektif untuk dijadikan sebagai *virtual experiment* (kegiatan praktek yang bersifat maya). Disamping itu sifatnya yang lebih praktis, pengadaannya lebih murah dan mudah, lebih aman digunakan tidak berbahaya, dan secara operasional dalam hal perawatan, pemeliharaan serta instalasinya yang tidak terlalu sulit menjadikan sistem ini lebih unggul dibandingkan dengan praktek pada laboratorium konvensional.

Model Virtual

Pada proses pengembangan model simulasi Robinson (2004) terdapat tahapan yang perlu diperhatikan diantaranya: 1) *conceptual model*, yakni deskripsi terhadap model yang dikembangkan; 2) *computer model*, yakni model virtual yang akan diterapkan pada komputer; 3) *Solutions and/or understanding*, diperoleh dari hasil eksperimen; 4) *an improvement in the real world*: diperoleh dari hasil implementasi suatu solusi atau pemahaman yang diperoleh.

Pengembangan Laboratorium Virtual ini mempertimbangkan beberapa hal, yaitu: 1) audiens. Pengguna aplikasi ini adalah siswa SMK yang sedang mengambil mata pelajaran elektronika digital; 2) peralatan output. Karena materi pembelajaran akan digunakan oleh siswa secara mandiri, maka diperlukan format yang sesuai untuk penggunaan interaktif, yaitu screen kompu-



Gambar 1 Model Virtual Laboratorium Virtual

ter; 3) gambar. Tampilan disertai gambar 3D, seperti latar belakang dan ilustrasi yang perlu dibuat menggunakan software grafik 2D dan 3D; 4) audio. Aplikasi ini tidak menggunakan rekaman audio khusus, tetapi audio yang direkam sebagai kesatuan dengan video; 5) video. Video yang digunakan dalam aplikasi ini adalah video yang menampilkan prinsip kerja atau proses kerja suatu sistem yang akan lebih mudah dipahami dan dijelaskan dibandingkan dengan menggunakan teks; 6) animasi. Animasi yang ditampilkan berbentuk 3D sesuai dengan ruang lingkup materi praktikum yang dipraktekkan; 7) virtual. Kegiatan praktikum memerlukan sebuah proses yakni memilih komponen, merangkai komponen, dan melakukan pengujian terhadap komponen melalui alat ukur. Semua proses yang terjadi divirtualkan sesuai dengan keadaan riil; 8) tools interaktif. Aplikasi ini memerlukan alat interaktif yakni berupa tombol untuk berpindah ke tampilan tertentu; 9) virtual. Komponen dan ruangan yang di desain dalam bentuk 3D dibuat sama dengan keadaan riil baik dari segi pewarnaan, bentuk dan perspektifnya. Sehingga akan membawa siswa kedalam suasana praktikum laboratorium yang mirip nyata. Model komputer dapat dibentuk melalui pemrograman dengan menggunakan *authoring language* yang merupakan konversi hasil *coding*. Bahasa pemrograman yang digunakan merupakan bawaan dari Macromedia Flash Prof.8 hingga menghasilkan produk dalam bentuk CD-Interaktif. Melalui tahapan ini user dapat berinteraksi dengan komputer melalui tam-

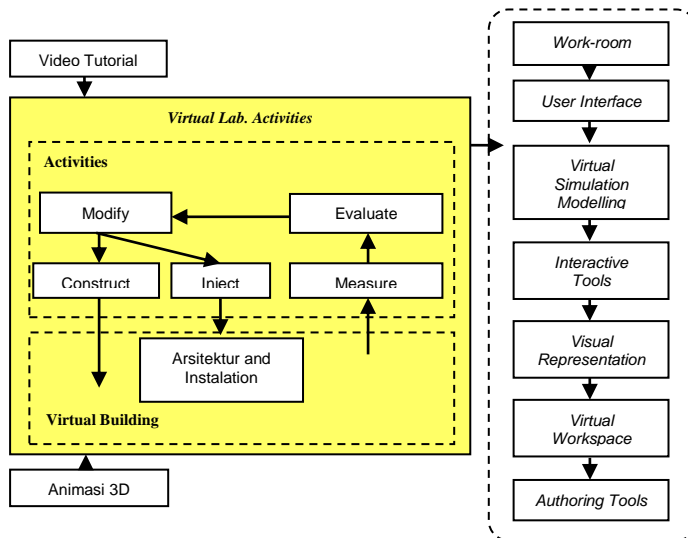
pilan virtual pada sebuah layar monitor komputer. Pada tahap ini tidak lain adalah proses uji coba terhadap model komputer yang telah dikembangkan dalam virtual yang selanjutnya akan diimplementasikan kedalam dunia nyata sehingga pada saat menjalankan virtual ini seperti saat menjalankan peralatan yang sesungguhnya.

HASIL PENELITIAN

Kegiatan Desain Tampilan Laboratorium Virtual (LaVir)

Media laboratorium virtual menggunakan model yang diadopsi Robinson [11]. Produk dibuat dengan menggunakan perangkat lunak utama yakni macromedia flash, swift 3D, dan 3Ds Max menghasilkan media LaVir. Lab-Virtual Elektronika Digital disajikan dengan jumlah materi praktikum sebanyak 13 percobaan (AND, OR, NOT, NAND, NOR, EX-OR, dan EX-NOR) hingga pada percobaan DECODER & ENCODER.

Model virtual menghasilkan sebuah aktivitas dalam laboratorium selanjutnya dinamakan virtual *laboratory activities* sebagai bagian proses dari pendekatan virtual learning environment dan human computer interactive. Kegiatan LaVir dalam penelitian ini dengan memanfaatkan alat-alat laboratorium seperti alat ukur dan komponen yang divisualisasikan secara 3-Dimensi didesain secara interaktif, yang dioperasikan dengan komputer dan dapat memvirtualkan kegiatan di laboratorium Elektronika Digital melalui memodifi-



Gambar 2 Diagram Aktivitas Virtual Lab dalam Laboratorium Virtual



Gambar 3 Halaman *Worksheet* Laboratorium Virtual

kasi rangkaian *logic (modify)*, membangun rangkaian (*construct*), memasukkan nilai komponen (*inject*), memasang rangkaian (*installation*), melakukan pengukuran komponen (*measure*) dan selanjutnya adalah evaluasi (*evaluation*) terhadap rangkaian yang telah dibuat. Tampilan Laboratorium Virtual didesain seakan-akan pengguna berada pada laboratorium sebenarnya. Secara lengkap diagram aktivitas virtual lab dalam laboratorium virtual disajikan pada Gambar 2.

Integrasi Laboratorium Virtual

Hasil dari tahap desain selanjutnya diwujudkan dalam perangkat lunak melalui pemrograman. Laboratorium virtual ini di publish dalam bentuk *windows projector (.exe)* yang dapat berfungsi dikomputer mana saja. Pada Gambar 3 diperlihatkan tampilan *worksheet* laboratorium virtual.

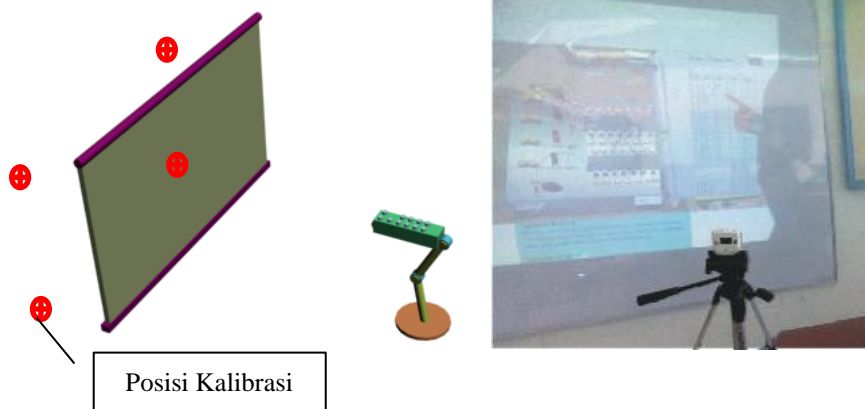
Pembahasan

Model konseptual merupakan perwujudan dari multimedia dan materi praktikum yang membentuk model LaVir (Gambar 2). Pengembangan LaVir ini mempertimbangkan beberapa hal, yaitu: 1) audiens. Pengguna aplikasi ini adalah guru dan siswa SMK; 2) peralatan output. Karena materi pembelajaran akan digunakan oleh guru dan siswa secara mandiri, maka diperlukan format yang sesuai untuk penggunaan interaktif, yaitu berbasis *touchscreen*; 3) gambar. Tampilan disertai gambar 3D, seperti latar belakang dan ilustrasi yang perlu dibuat menggunakan software grafik 2D dan 3D; 4) audio. Aplikasi ini tidak menggunakan rekaman audio khusus, tetapi audio yang direkam sebagai kesatuan dengan video; 5) video. Video yang di-

gunakan dalam aplikasi ini adalah video yang menampilkan prinsip kerja atau proses kerja suatu sistem yang akan lebih mudah dipahami dan dijelaskan dibandingkan dengan menggunakan teks; 6) animasi. Animasi yang ditampilkan berbentuk 3D sesuai dengan ruang lingkup materi praktikum yang dipraktikkan; 7) simulasi. Kegiatan praktikum memerlukan sebuah proses yakni memilih komponen, merangkai komponen, dan melakukan pengujian terhadap komponen melalui alat ukur. Semua proses yang terjadi disimulasikan sesuai dengan keadaan riil; 8) *tools* interaktif. Aplikasi ini memerlukan alat interaktif yakni berupa tombol untuk berpindah ke tampilan tertentu; 9) virtual. Komponen dan ruangan yang di desain dalam bentuk 3D dibuat sama dengan keadaan riil baik dari segi pewarnaan, bentuk dan perspektifnya. Sehingga akan membawa siswa kedalam suasana praktikum laboratorium yang mirip nyata.

Produksi CD-ROM merupakan tahap dengan seluruh objek multimedia dibuat. Pembuatan aplikasi berdasarkan *storyboard*, struktur navigasi, atau *flowchart* yang berasal dari tahap desain. Pada tahap desain dibuat *storyboard* yang menggambarkan tampilan dari tiap *frame*. Karena interaktif yang akan dibuat tidak sederhana, maka diperlukan struktur navigasi yang dapat digunakan untuk menentukan *link* dari frame satu ke *frame* lainnya serta efek visualisasi secara virtual yang menggambarkan keadaan yang mirip dengan kenyataan riil. Setelah pembuatan aplikasi Lab-Virtual, semua materi praktikum disimpan dalam CD-ROM untuk digandakan.

Untuk pembuatan *hardware* diperlukan langkah-langkah perancangan hardware LaVir hingga menghasilkan proses *touchscreen*. Dimulai dari menentukan metode rancangan apa yang



Gambar 4 Posisi untuk Proses Kalibrasi

akan digunakan selanjutnya menentukan jenis rangkaian apa yang akan digunakan, dalam hal ini rangkaian yang didesain agar bisa berfungsi sebagai layar sentuh. Desain yang dimaksud diperlihatkan pada Gambar 4.

Rangkaian touchscreen terdiri atas 2 bagian yakni bagian pemancar (TX) dan bagian penerima (RX), komunikasi antara keduanya menggunakan komunikasi *bluetooth*. Untuk proses komunikasi antara keduanya menggunakan software yang diinstalasi selanjutnya dilakukan uji coba baik perangkat lunak (*software*) maupun perangkat keras (*hardware*) sebelum dilakukan kalibrasi untuk proses touchscreen.

Kegiatan Desain Tampilan LaVir

Sebelum proses pengembangan produk awal langkah yang harus dilalui adalah dengan melakukan koleksi material. Koleksi material dapat dikerjakan paralel dengan tahap produksi. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan bahan seperti animasi video yang sesuai dengan topik praktikum, audio untuk *background*, video dan lain-lain yang diperlukan untuk tahap berikutnya. Jika materi yang dicari tidak ditemukan, maka harus dibuat dengan menggunakan perangkat lunak yang telah ditentukan sebelumnya.

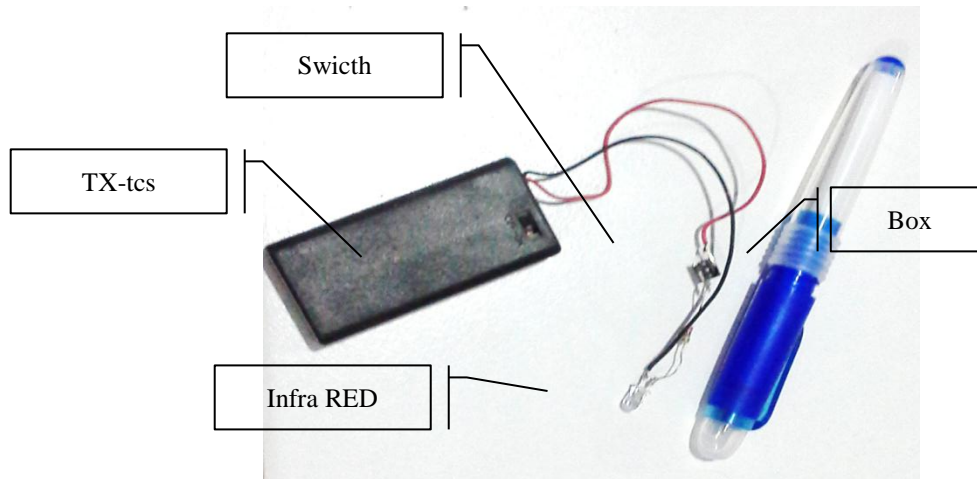
Peneliti dalam memproduksi software media LaVir menggunakan langkah-langkah kombinasi dari langkah-langkah pengembangan yang telah dikemukakan oleh Borg and Gall, untuk desain pembelajaran mengadopsi pembelajaran Dick and Carey, dan pengembangan multimedia di adopsi dari Lee & Owens. Secara garis besar langkah-langkah pengembangan yang dilakukan oleh peneliti dalam pengembangan ini adalah

menyusun *flowchart*, *story board*, pemaketan dalam bentuk CD, dan pembuatan rangkaian *touchscreen*. Produk dibuat dengan menggunakan perangkat lunak utama yakni macromedia flash MX, macromedia flash prof. 8, swift 3D, dan 3Ds Max maka dihasilkan produk awal media LaVir. Produk awal LaVir yang dikembangkan disajikan dengan materi praktikum sebanyak 10 percobaan.

Rancangan desain tampilan menu kemudian dijadikan dasar pengembangan model Laboratorium Virtual (LaVir) sampai dihasilkan sebuah software pembelajaran yang bisa digunakan dalam mendukung kegiatan praktek di laboratorium. Aktivitas yang terjadi dalam lab-virtual terdiri dari memodifikasi rangkaian, membangun rangkaian, memasang rangkaian, melakukan pengukuran komponen dan selanjutnya adalah evaluasi terhadap rangkaian yang telah dibuat.

Desain Interface

Setelah mendesain perangkat lunak yakni LaVir, selanjutnya adalah bagaimana laboratorium virtual ini dapat digunakan oleh guru dan siswa SMK melalui sebuah interface yakni media *touchscreen*. Interface berupa perangkat keras (*Hardware*) LaVir terdiri dari beberapa komponen, yakni: 1) bagian penerima *touchscreen* yang disebut sebagai RX-tcs; 2) bagian pemancar touchscreen yang disebut sebagai TX-tcs. Standar-standar yang harus dicapai pada perancangan ini adalah: 1) TX-tcs berfungsi bila memancarkan sinyal infra merah bila diukur atau mengeluarkan cahaya bila dilihat pada kamera ponsel; 2) Monitor, proyeksi layar lebar (LCD), atau papan tulis bisa disentuh dan dikon-



Gambar 5 Bagian Penerima TX-tcs

trol seperti layar sentuh dengan menggunakan TX-tcs; 3) satu kali lampu led menyala akan ditangkap oleh TX-tcs sebagai satu klik, dua kali berarti double klik, berikutnya menyala terus akan ditangkap sebagai klik dan *drag* (klik dan geser).

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Produk

No	URAIAN	KETERANGAN
1	Konektivitas Bluetooth	[Berhasil]
2	Kalibrasi Papan <i>touchscreen</i>	[Berhasil]
3	Proses <i>drag</i>	[Berhasil]
4	Proses <i>drop</i>	[Berhasil]
5	Kesesuaian pergerakan kursor	[Berhasil]
6	Ketepatan penempatan	[Berhasil]
7	Respon RX-tcs	[Berhasil]
8	Rangkaian TX-tcs berfungsi dengan baik	[Berhasil]
9	Rangkaian RX-tcs berfungsi dengan baik	[Berhasil]

Pemancar *touchscreen* (TX-tcs) akan memancarkan sinyal melalui *bluetooth* untuk proses komunikasi antara RX-tcs dan komputer. Ketika guru atau siswa melaksanakan kegiatan praktek gerakan kursor pada papan *touchscreen* akan diikuti oleh kursor yang ada pada laptop. Berikut ini akan diperlihatkan bagian-bagian dari pemancar *touchscreen* (TX-tcs). Dari hasil ujicoba produk yang dilakukan maka diperoleh hasil pengujian *Black Box testing* seperti yang disajikan pada tabel 5.1 dibawah ini

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang pengajaran melalui pemanfaatan laboratorium virtual untuk praktikum mata pelajaran Elektronika Digital (LaVir) di SMK, maka dapat dikemukakan simpulan sebagai berikut. (1) Karakteristik laboratorium virtual (LaVir) yang digunakan dalam pengajaran adalah bersifat aplikatif, komunikatif, interaktif, mampu mengembangkan keterampilan berfikir kritis dibandingkan hanya kemampuan observasi saja. (2) Langkah yang digunakan dalam mengembangkan laboratorium virtual (LaVir) adalah melalui analisis kebutuhan mengenai praktikum yang ada di SMK, pengembangan laboratorium virtual dilakukan dengan memperhatikan aspek-aspek metodologis dalam pembuatan pembelajaran berbasis virtual hingga pada penulisan program yang kemudian hasil dari prototipe diujikan melalui uji ahli (*expert judgement*): ahli media, ahli materi, dan ahli elektronika. Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah perangkat lunak laboratorium virtual (Lavr) untuk mata pelajaran Elektronika Digital, CD-Interaktif LaVir, CD-Tutorial, buku panduan LaVir, bahan Ajar, buku teks, draft paten, dan artikel ilmiah yang disampaikan pada seminar nasional dan internasional, serta draft artikel untuk jurnal nasional dan jurnal internasional. (3) Pengembangan laboratorium virtual berbasis *touchscreen* dilakukan melalui arsitektur dan organisasi yang ada pada laboratorium virtual yang meliputi *studio room*, *user interface*, *virtual simulation modelling*, *interactive tools*, *visual representation*, *virtual workspace*, dan *authoring*

tools. (4) Hasil penilaian terhadap laboratorium virtual (LaVir) melalui tanggapan *expert judgement* yang terdiri atas aspek isi, aspek desain praktikum, aspek tampilan (*Audio visual*), as-

pek virtual, aspek pemrograman, dan aspek elektronika menunjukkan rerata skor keseluruhan dengan penilaian yang sangat baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bruner, J. S. 1966. *Towards a Theory of Instruction*. Cambridge: Harvard University.
- Depdiknas. 2002. *Pendekatan Kontekstual (Kontekstual Teaching Learning/CTL)*. Jakarta: Depdiknas
- Hendra Jaya. 2013. Pengembangan Model Laboratorium Virtual untuk Mata Pelajaran Elektronika Digital di SMK dalam Rangka Memfasilitasi Pendidikan Karakter. *Laporan Penelitian*. Lemlit UNM
- Kozma, R.B, Belle, L.W & Williams, G.W. 1978. *Instructional Techniques in Higher Education*. New Jersey: Englewood Cliffts.
- Nurhadi, dkk. 2003. *Pembelajaran Kontekstual (CTL) dan Penerapannya dalam KBK*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Robinson, Stewart. 2004. *Simulation: The Practice of Model Development and Use*. Southern Gate Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Scheckler , Rebecca K. 2003. Virtual labs: A Subtitute for Traditional Labs? *International Journal of Dev. Biology*, 47:231-236.
- Sevgi, L. 2006. Modeling and Simulation Concepts in Engineering Education: Virtual Tools. *Turk J Elec Engin*, 14:1.
- Supriyatman. 2008. Model Pembelajaran Inkuiri Menggunakan Virtual Komputer Interaktif Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Rangkaian Arus Listrik Searah dan Keterampilan Proses Sains. *Tesis Tidak Diterbitkan*. Bandung: Pascasarjana UPI, Bandung.
- Storm, G. 1979. *Managing the Occupational Education Laboratory*. Michigan: Prakken Publication.
- Zacharia, Z & Anderson, O.R. 2003. The Effects of An Interactive Computer Based Simulation Prior to Performing a Laboratory Incuiry-Based Experiment on Students Conceptual Understanding of Phisics. *American Journal of Physics*, 71:618 – 629.