

Eksperimen Akuisisi Data Sederhana untuk Pembelajaran Fisika

MIRZANUR HIDAYAT

Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jl. Tanah Merdeka, Pasar Rebo, Jakarta

E-mail: mierrza@gmail.com

TEL: 085714069911

ABSTRAK: Telah dilakukan eksperimen akuisisi data sederhana untuk pembelajaran fisika bidang elektronika dan instrumentasi. Sistem akuisisi data memanfaatkan *software* Scilab dan modul Arduino. Keduanya dipilih karena sifatnya yang *open source*. Scilab yang digunakan adalah versi 5.4.1 dan Arduino seri Uno R3. Objek eksperimen adalah sistem dinamis sirkuit resistor-kapasitor, dan tujuan eksperimen adalah penentuan pola transien voltase kapasitor pada sirkuit tersebut. Sirkuit terdiri atas resistor 10Kohm dan kapasitor 1mF disusun seri dengan sumber tegangan searah +5V. Eksperimen terdiri atas beberapa tahapan, yaitu pemodelan dan simulasi dengan SciNotes-Scilab, instalasi Serial Communication Toolbox pada Scilab, instalasi Arduino pada Scilab, desain sistem dinamis sirkuit resistor-kapasitor pada Xcos-Scilab, kalibrasi, serta pengukuran atau proses akuisisi data. Hasil akuisisi data dianalisis dan dibandingkan dengan hasil pemodelan dan simulasi. Pola transien hasil akuisisi data menunjukkan pola yang sama dengan hasil pemodelan dan simulasi, yaitu membentuk kurva naik eksponensial (*exponential growth curve*), namun dengan waktu transien yang berbeda. Waktu transien hasil akuisisi data selama 17,2s, sedangkan hasil pemodelan dan simulasi selama 49,6s.

Kata Kunci: Eksperimen akuisisi data, Scilab, Arduino, pola transien.

PENDAHULUAN

Salah satu materi dalam fisika elektronika instrumentasi adalah sistem akuisisi data dan kontrol. Selain teori, mahasiswa juga diharapkan mampu melakukan simulasi dan eksperimen dalam bidang ini. Namun demikian, ada kendala yaitu sistem ini membutuhkan seperangkat piranti keras dan piranti lunak yang terintegrasi dengan biaya mahal.

Kampus-kampus di negara berkembang membutuhkan solusi yang murah untuk sistem akuisisi data dan kontrol. Sistem ini pada umumnya berbayar dan mahal, yang mana hanya cocok untuk dunia industri (Patil *et al*, 2012).

Scilab, sebuah piranti lunak dengan sifat bebas dan terbuka (*free and open source software*, FOSS), dapat dijadikan sebagai solusi dari permasalahan di atas. Scilab mempunyai kelebihan dan kemudahan dalam proses *interfacing* dengan piranti keras. Berbagai macam algoritma kontrol dapat dilakukan dengan Scilab secara *real time* (Jain *et al*, 2012).

Penggunaan Scilab juga mampu menerapkan algoritma kontrol yang kompleks dalam bentuk *embedded*. Bentuk ini bermanfaat dalam hal pengurangan waktu dan biaya (Ma *et al*, 2008). Scilab dapat diunduh secara gratis di laman <http://scilab.org>.

Selain piranti lunak, sistem akuisisi data juga memerlukan modul piranti keras. Salah satu modul yang dapat digunakan adalah Arduino. Modul ini dipilih karena sifatnya yang juga *open source*. Arduino dapat dijumpai di laman <http://arduino.cc>.

Tulisan ini membahas secara ringkas tentang eksperimen akuisisi data sederhana dengan menggunakan Scilab dan Arduino untuk pembelajaran fisika bidang elektronika dan instrumentasi. Scilab yang digunakan adalah versi 5.4.1 dan Arduino seri Uno R3. Objek eksperimen yaitu sistem dinamis sirkuit resistor-kapasitor, dan tujuan eksperimen adalah penentuan pola transien voltase kapasitor pada sirkuit tersebut.

SCILAB, SCINOTES, DAN XCOS

Scilab adalah bahasa pemrograman dengan berbagai koleksi algoritma numerik untuk komputasi saintifik (Baudin, 2010). Scilab dapat dijalankan di berbagai sistem operasi UNIX/Linux, MacOS X, dan Windows.

Scilab dapat digunakan dalam bidang-bidang berikut: kalkulus diferensial dan integral, aljabar linier, interpolasi, CACSD (Computer Aided Control Systems Design), polinomial, statistik, pengolahan sinyal, FFTW, struktur data, GUI (Graphical User Interface), dan yang lainnya.

Scilab juga menyediakan fasilitas plot grafik, baik 2D maupun 3D. Grafik dapat diekspor ke dalam berbagai format semisal PNG, JPEG, PDF, BMP, GIF, dan sebagainya. Berbagai fungsi eksternal dan *toolbox*, juga tersedia dalam Scilab dan dikenal sebagai modul ATOMS (<http://atoms.scilab.org>).

SciNotes merupakan jendela editor teks pada Scilab dan digunakan sebagai tempat untuk mengetik perintah atau program. SciNotes adalah perangkat yang tepat untuk menjalankan instruksi-instruksi yang kompleks (Gomez, 2013). Keuntungan menggunakan SciNotes adalah kode-kode perintah atau program yang panjang dapat disimpan dalam sebuah file (misal dalam format *.sce*), mudah diedit, serta tampilan teks berwarna-warni (*syntax highlighting*) sehingga memudahkan dalam pengetikan perintah atau program.

Selain SciNotes, Scilab juga menyediakan fasilitas Xcos. Xcos adalah editor blok diagram dan GUI untuk pemodelan dan simulasi sistem dinamis. Xcos terdiri atas tiga elemen, yaitu Editor, Palette browser, dan Simulator. Editor merupakan tempat untuk mendesain sistem yang akan dibangun. Desain ini berbentuk *flow chart*, dimulai dari *input* sistem, proses, dan *output* sistem. Bagian kedua adalah Palette browser. Palette browser berisi blok-blok yang telah dikelompokkan berdasarkan kategori-kategori, semisal sistem kontinyu, sistem diskrit, operasi matematis, matriks, elektrik, dan yang lain. Bagian terakhir adalah Simulator. Sistem dinamis yang telah didesain kemudian disimulasikan,

dalam bentuk grafik misalnya, dengan menggunakan Simulator Xcos.

ARDUINO

Arduino adalah sebuah *platform* komputasi fisis yang bersifat *open source* dan berbasis pada modul elektronik (*board*) *input/output* sederhana. Arduino dapat digunakan baik sebagai modul mandiri (*standalone*) atau terintegrasi dengan komputer. Modul dapat dirangkai sendiri atau dibeli dalam bentuk paket, dan IDE (Integrated Development Environment) dapat diunduh secara gratis di laman <http://arduino.cc>. Arduino dapat dijalankan di Windows, Macintosh, maupun Linux (Banzi, 2011).

SIRKUIT RESISTOR-KAPASITOR

Sebuah sirkuit elektronik yang terdiri atas resistor R dan kapasitor C dengan sumber tegangan V_s yang disusun secara seri ditunjukkan dalam Gambar 1.

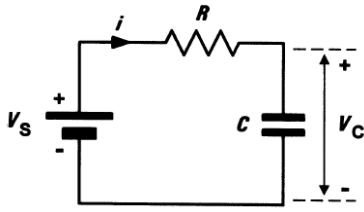
Besar voltase pada kapasitor saat proses *charging* sebagai fungsi waktu t memenuhi persamaan sebagai berikut.

$$V_C = V_S(1 - e^{-t/CR}) \quad (1)$$

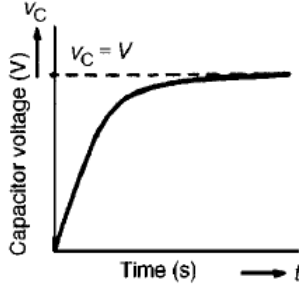
Ketika sirkuit dihubungkan dengan sumber tegangan V_s , maka dalam waktu sesaat akan ada perubahan voltase pada kapasitor V_C dan voltase pada resistor V_R . Perubahan nilai ini disebut sebagai transien (Bird, 2003). Pola transien voltase V_C ditunjukkan dalam Gambar 2. Secara teori, voltase kapasitor tidak akan terisi penuh dan nilai 99,3% dapat dianggap sebagai kondisi *fully charged* (Tooley, 2002).

EKSPERIMEN

Eksperimen terdiri atas beberapa tahapan, yaitu pemodelan dan simulasi dengan SciNotes-Scilab, instalasi Serial Communication Toolbox pada Scilab, instalasi Arduino pada Scilab, desain sistem dinamis sirkuit resistor-kapasitor pada Xcos-Scilab, kalibrasi, serta pengukuran atau proses akuisisi data. Terakhir, hasil akuisisi data dianalisis dan dibandingkan dengan hasil pemodelan dan simulasi. Sirkuit resistor-kapsitor yang digunakan dalam eksperimen terdiri atas resistor 10Kohm, kapasitor 1mF, dan sumber tegangan +5V DC.



Gambar 1. Sirkuit resistor-kapasitor.
(Sumber gambar: Tooley, 2002).



Gambar 2. Pola transien voltase kapasitor V_c sebagai fungsi waktu t .
(Sumber gambar: Bird, 2003).

Pemodelan dan simulasi dibuat dengan cara membuat kode program pada jendela SciNotes. Adapun kode program dalam SciNotes adalah sebagai berikut:

```
Vs = 5;
R = 10000;
C = 0.001;
t = 0: 0.1: 60;
Vc = Vs * (1 - %e ^ (-t / (R * C)));
plot(t, Vc)
xgrid()
xtitle("Grafik Vc vs t")
xlabel("t (s)")
ylabel("Vc (V)")
```

Langkah berikutnya adalah instalasi Serial Communication Toolbox pada Scilab. Ketika Scilab pertama kali diinstal, fasilitas Serial Communication Toolbox belumlah ada. Oleh karena itu perlu dilakukan proses instalasi. Serial Communication Toolbox merupakan *toolbox* yang digunakan sebagai komunikasi antara Scilab dengan piranti/instrumen luar via *serial port* (USB misalnya). *Toolbox* ini dibuat dan dikembangkan oleh Enrico Segree dan Aditya Sengupta (Indian Institute of Technology Bombay), dan dapat dijumpai di laman <http://atoms.scilab.org/toolboxes/serial>.

Dibutuhkan koneksi internet untuk melakukan instalasi ini. Cara instalasi

yaitu buka program Scilab; pada jendela Scilab Console, pilih menu Applications, klik Module manager - ATOMS; pilih kategori Instruments Control; pilih Serial Communication Toolbox; klik Install; dan restart program Scilab.

Sama seperti Serial Communication Toolbox, pertama kali Scilab diinstall, *toolbox* Arduino belumlah ada pada program Scilab. Oleh karena itu perlu dilakukan instalasi Arduino pada Scilab. *Toolbox* ini menyediakan fasilitas untuk komunikasi Arduino dengan Scilab/Xcos via *serial port*. *Toolbox* ini dibuat oleh Bruno Jofret (Scilab Enterprises) dan dapat dijumpai di laman <http://atoms.scilab.org/toolboxes/arduino>.

Cara instalasi *toolbox* Arduino ini sama seperti pada instalasi Serial Communication Toolbox, hanya saja setelah sampai tahap pilih kategori Instruments Control, kemudian pilih Arduino. Setelah Arduino diinstal, buka program Scilab, kemudian buka jendela Xcos, pilih View, dan klik Palette browser, maka akan terlihat Palette browser - Xcos yang sudah terinstal Arduino.

Langkah terakhir yang perlu dilakukan yaitu *upload* "firmware" *toolbox_arduino_v3.ino* ke modul Arduino Uno R3. Kini, Arduino telah siap digunakan sebagai piranti keras dalam sistem akuisisi data dengan Scilab/Xcos.

Kategori Palettes	Blok	Block Parameters
Arduino Configuration	ARDUINO_SETUP	Identifier of Arduino card = 1 Serial com port number = 4
Arduino Configuration	TIME_SAMPLE	Duration of acquisition (s) = 60 Sampling period (s) = 0.1 Display curvs continuously = 1
Arduino Configuration	ARDUINO_SCOPE	
Arduino Analog	ANALOG_READ...	Analog Pin = 0 Arduino card number = 1
Palettes Mathematical Operations	GAIN_F	Gain = 5/1023

Gambar 3. Blok-blok Palette Xcos untuk desain sistem akuisisi data.

Tahapan eksperimen berikutnya adalah desain sistem dinamis sirkuit

resistor-kapasitor pada Xcos-Scilab. Di tahapan ini perlu disiapkan blok-blok Palette Xcos untuk desain sistem (Caignot *et al*, 2013). Blok-blok Palette Xcos yang digunakan dalam sistem akuisisi data ditunjukkan dalam Gambar 3.

Dengan menggunakan blok-blok Palette Xcos yang ada dalam Gambar 3, dirangkai sebuah desain akuisisi data sistem dinamis sirkuit resistor-kapasitor seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.

Kalibrasi adalah tahapan eksperimen berikutnya. Kalibrasi dilakukan untuk melihat reliabilitas, akurasi, dan presisi dari sistem akuisisi data. Kalibrasi dilakukan dengan cara mengukur tegangan +5V dari USB komputer. Arduino dihubungkan via USB dengan komputer (misal pada USB port ke-1). Berikutnya, Pin ANALOG IN A0 pada Arduino dihubungkan dengan Pin 1 USB (+5V VCC), dan Pin GND Arduino dengan Pin 4 USB (GND). Pin 1 USB dan Pin 4 USB ini semisal berasal dari USB port ke-2 dari komputer. Buka jendela Xcos (seperti pada Gambar 4), kemudian pilih menu Simulation, klik Start.

Terakhir, bagan sistem akuisisi data sistem dinamis sirkuit resistor-kapasitor ditunjukkan dalam Gambar 5. Dari Gambar 5 terlihat bahwa sistem akuisisi terdiri atas seperangkat piranti keras dan piranti lunak yang terintegrasi, yaitu sirkuit resistor-kapasitor, modul Arduino, dan komputer (lengkap dengan piranti lunak Xcos-Scilab).

HASIL DAN PEMBAHASAN

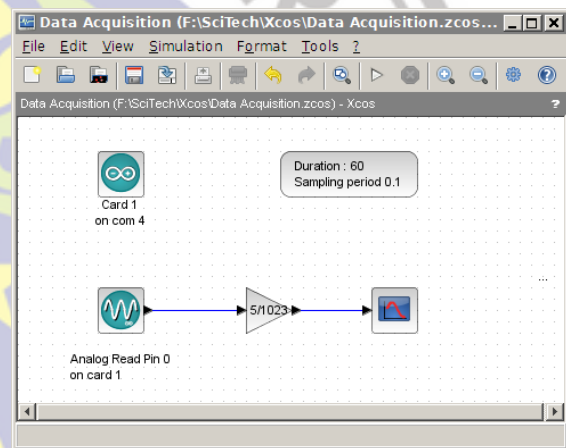
Ada 3 (tiga) hasil eksperimen yang dibahas dalam tulisan ini, yaitu hasil pemodelan dan simulasi, hasil kalibrasi, dan hasil akuisisi data pola transien pada sirkuit resistor-kapasitor.

Hasil dari pemodelan dan simulasi adalah sebuah grafik pola transien V_c sebagai fungsi waktu t seperti ditunjukkan dalam Gambar 6. Dari gambar terlihat bahwa grafik membentuk kurva naik eksponensial (*exponential growth curve*), dan pola ini sesuai dengan referensi seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.

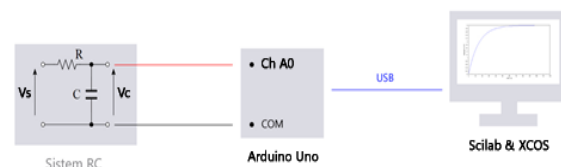
Nilai *fully charged* pada kapasitor adalah 99,3% dan hal ini berarti bahwa dengan menggunakan sumber tegangan

$V_s = +5V$ DC, maka nilai *fully charged* kapasitor adalah $99,3\% \times 5V = +4,965V$. Jadi, rentang V_c dari 0 sampai dengan +4,965V dianggap sebagai kondisi transien, dan voltase di atas +4,965V dianggap sebagai kondisi *steady state*.

Hasil eksperimen berikutnya adalah hasil kalibrasi sistem akuisisi data. Kalibrasi dilakukan dengan cara mengukur tegangan +5V dari USB komputer dan hasil ini ditunjukkan dalam Gambar 7. Tidak seperti sumber tegangan DC yang lain, misal adaptor, baterai, atau yang lain, tegangan USB komputer dipilih karena mempunyai nilai yang konstan. Nilai yang konstan ini tepat digunakan untuk menguji sistem akuisisi data, baik dari sisi reliabilitas, akurasi, maupun presisi.



Gambar 4. Desain akuisisi data sistem dinamis pada jendela Xcos. Dari desain terlihat bahwa modul Arduino terhubung dengan COM 4 dengan komputer. Data analog yang diambil berasal dari Pin ANALOG IN A0 Arduino dan akuisisi data dilakukan selama 60s.



Gambar 5. Bagan sistem akuisisi data sistem dinamis sirkuit RC. Sistem terdiri atas sirkuit RC, Arduino Uno R3, serta Scilab/Xcos.

Dari grafik pada Gambar 7 terlihat bahwa tegangan +5V terukur dengan nilai yang konstan selama 60s. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem akuisisi data pada eksperimen telah mempunyai reliabilitas, akurasi, dan presisi yang baik dan siap digunakan dalam proses pengukuran pada sirkuit resistor-kapasitor.

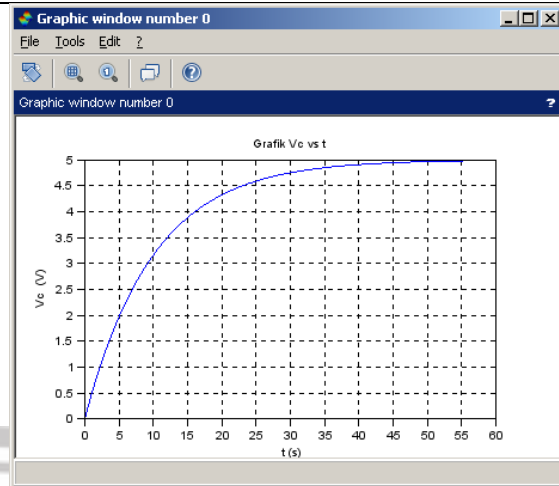
Hasil eksperimen ketiga atau yang terakhir adalah hasil akuisisi data pola transien voltase V_C pada sirkuit resistor-kapasitor. Proses akuisisi data dilakukan secara berulang selama 5 (lima) kali, namun praktis memberikan hasil yang sama, oleh karena itu dalam bagian ini hanya dibahas satu data saja. Hasil akuisisi data ini berupa grafik pola transien V_C sebagai fungsi waktu t seperti ditunjukkan dalam Gambar 8.

Dari grafik pada Gambar 8 terlihat kurva transien voltase V_C membentuk kurva dengan pola naik eksponensial (*exponential growth curve*), dan pola ini sama dengan pola pada hasil pemodelan dan simulasi (Gambar 6).

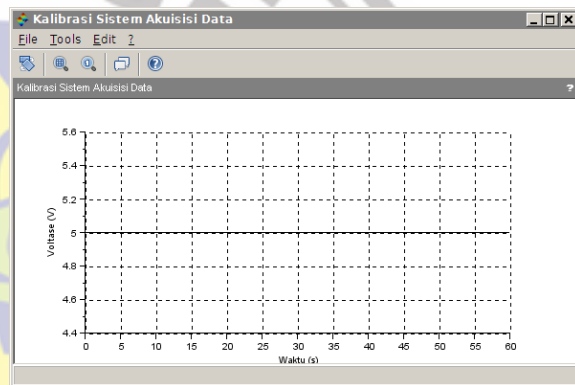
Namun demikian, waktu transien hasil akuisisi berbeda dengan hasil pemodelan, hal ini terlihat dari kurva yang lebih cepat mencapai *fully charged*.

Cara menentukan nilai *fully charged* dan waktu transien hasil akuisisi data yaitu dengan memperbesar grafik pada Gambar 8. Dari hasil perbesaran grafik diketahui bahwa akuisisi data dimulai pada $t = 4,4s$ (awal dari *rise time* sistem) dan kurva melewati nilai *fully charged* (+4,965V) pada $t = 21,6s$. Namun demikian, $t = 21,6s$ ini bukanlah waktu saat terjadi kondisi *fully charged*, karena *rise time* dimulai pada $t = 4,4s$. Waktu sebenarnya terjadi kondisi *fully charged* adalah $21,6s - 4,4s = 17,2s$. Nilai ini juga sebagai waktu transien voltase V_C hasil akuisisi data.

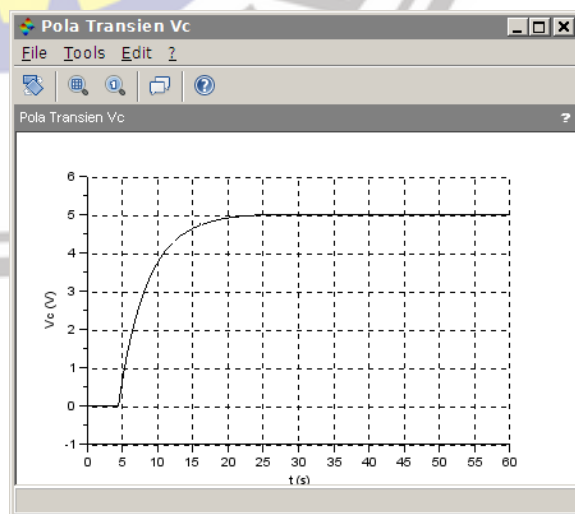
Pemodelan dan simulasi mencerminkan suatu kondisi atau sistem yang ideal, namun saat eksperimen, banyak variabel yang ikut menentukan hasil eksperimen.



Gambar 6. Pola transien voltase V_C sebagai fungsi waktu t hasil pemodelan dan simulasi.



Gambar 7 Grafik hasil kalibrasi sistem akuisisi data. Kalibrasi dilakukan dengan cara mengukur tegangan +5V dari USB komputer. Dari grafik terlihat bahwa tegangan +5V terukur dengan nilai yang konstan selama 60s.



Gambar 8. Pola transien voltase V_C sebagai fungsi waktu t hasil akuisisi data.

Dari persamaan (1) terlihat bahwa nilai voltase V_c selain sebagai fungsi waktu t , juga dipengaruhi oleh nilai RC .

Referensi di atas dapat dijadikan acuan bahwa waktu transien hasil akuisisi data lebih cepat dibandingkan dengan hasil pemodelan disebabkan oleh nilai RC pada tahap akuisisi data lebih kecil dari nilai RC pada pemodelan. Dan nilai RC ini tergantung dari komponen resistor dan kapasitor yang digunakan. Komponen resistor dan kapasitor yang digunakan dalam eksperimen adalah komponen *grade ke-3* atau *grade* untuk konsumen.

KESIMPULAN

Eksperimen akuisisi data sederhana untuk pembelajaran fisika bidang elektronika dan instrumentasi telah berhasil dilakukan. Eksperimen terdiri atas seperangkat piranti keras dan piranti lunak dengan sifat *open source*, yaitu modul Arduino dan Scilab. Objek eksperimen berupa sirkuit resistor 10Kohm, kapasitor 1mF, dan sumber tegangan +5V DC tersusun seri. Pola transien hasil akuisisi data sama dengan hasil pemodelan dan simulasi, yaitu membentuk kurva naik eksponensial, namun dengan waktu transien yang berbeda. Waktu transien hasil akuisisi data selama 17,2s, sedangkan hasil pemodelan dan simulasi selama 49,6s.

Dengan memanfaatkan sistem *open source*, eksperimen ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi bagi akademika dan teknopreneur yang membutuhkan sebuah sistem akuisisi data dengan karakteristik murah, mudah, dan sederhana.

DAFTAR RUJUKAN

- Banzi, M., 2011. *Getting Started with Arduino*. O'Reilly.
- Baudin, M., 2010. *Introduction to Scilab*. Scilab Consortium.
- Bird, J., 2003. *Electrical and Electronic Principles and Technology*. Newnes.
- Caignot, A. et al., 2013. *Scilab/Xcos pour l'enseignement des sciences de l'ingénieur*. Scilab Enterprises.
- Gomez, C., 2013. *Scilab for Very Beginners*. Scilab Enterprises.
- Jain, M., Bhande, S., Chhatre, A., Naik, A., Pande, V., Patil, P., 2012. *Control System Design Using Open Source Software (Scilab)*. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). National Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology (VNCET-30 Mar'12).
- Ma, L., Xia, F., Peng, Z., 2008. *Integrated Design and Implementation of Embedded Control Systems with Scilab*. Sensors 2008, 8, 5501-5515; DOI: 10.3390/s8095501.
- Patil, J.Y., Dubey, B., Moudgalya, K.M., Peter, R., 2012. *GNURadio, Scilab, Xcos and COMEDI for Data Acquisition and Control: An Open Source Alternative to LabVIEW*. Preprints of the 8th IFAC Symposium on Advanced Control of Chemical Processes, July 10-13, 2012.
- Tooley, M., 2002. *Electronic Circuits: Fundamentals and Applications*. Newnes.

Pemanfaatan *Technology Enabled Active Learning* Sebagai Alat Bantu Pembelajaran Inkuiri Pada Topik Elektromagnetisme

ISMI LAILA RAHMAH, ARIF HIDAYAT, SUTOPO

Pascasarjana Prodi Pendidikan Fisika Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5 Malang

E-mail: rahmah.ismilaila@gmail.com

TEL: (0341) 552125; FAX: (0341) 559577

ABSTRAK: Inquiry merupakan salah satu model yang dapat mendorong mahasiswa untuk aktif membangun pengetahuan ilmiah, menerapkannya dalam pemecahan masalah, dan mengembangkan kemampuan bekerja ilmiah melalui penyelidikan. Untuk terselenggaranya pelatihan kemampuan tersebut diperlukan peralatan praktikum yang memungkinkan mahasiswa dapat mengamati fenomena, menggali data, dan menganalisisnya sampai dapat membuat kesimpulan atau klaim yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Karena banyaknya konsep-konsep abstrak dalam topik elektromagnetika (misalnya konsep garis-garis medan, interaksi medan dan muatan listrik, dan sebagainya) maka pembelajaran inkuiri dengan menggunakan benda nyata sulit dilakukan pada topik elektromagnetika. Oleh karena itu, untuk membelajarkan elektromagnetika secara inkuiri diperlukan alat bantu berupa program computer. Program *Technology-Enabled Active learning* (TEAL) yang telah dikembangkan oleh MIT dapat digunakan untuk keperluan ini. TEAL dapat menampilkan fenomena kelistrikan (electromagnetism) dalam bentuk visualisasi 3D, *interactive video game* dan *interactive visualisasi java 3D* yang dapat digunakan untuk melatih mahasiswa berinkuiri. Melalui TEAL diharapkan mahasiswa mampu memahami konsep-konsep dalam elektromagnetika, mampu menerapkannya untuk memecahkan masalah, dan mengembangkan kemampuan berinkuiri pada bidang elektromagnetika.

Kata Kunci: Pemecahan masalah, TEAL, inkuiri, elektromagnetika

PENDAHULUAN

Tujuan pembelajaran fisika dewasa ini tidak saja membantu siswa memahami konsep-konsep penting dalam fisika dan menerapkannya pada pemecahan masalah, tetapi juga belajar bekerja dan berfikir secara ilmiah, *to do science* (NRC, 2012; Kurikulum 2006, 2013). Kecakapan ilmiah yang penting dikembangkan melalui pembelajaran sains pada umumnya, dan fisika pada khususnya mencakup: (1) merumuskan masalah, (2) menyusun dan mengembangkan model (hipotesis), (3) merancang dan melaksanakan penyelidikan, (4) menganalisis dan menafsirkan data, (5) merumuskan penjelasan/jawaban ilmiah atas masalah yang dipecahkan, (6) mengembangkan kemampuan matematis dan komputasi, (7) terlibat aktif dalam perdebatan berdasarkan bukti-bukti ilmiah, dan (8) mencari, mengevaluasi, dan mengkomunikasikan informasi.

Pembelajaran yang cocok untuk mencapai tujuan tersebut adalah pembelajaran inkuiri (Wenning, 2005; 2006; 2007; NRC, 2012). Menurut Wenning (2006), melalui pembelajaran inkuiri dapat

dikembangkan kecakapan ilmiah meliputi (1) memprediksi dan menjelaskan, (2) observasi dan mencatat data, (3) mengidentifikasi dan mengontrol variabel, (4) membuat grafik, (5) membuat desain dan melaksanakan investigasi, (6) menggunakan teknologi dan hitungan matematis, (7) merumuskan kesimpulan berdasarkan fakta-fakta yang dapat diverifikasi.

Dalam pembelajaran inkuiri, tugas guru adalah membantu siswa merumuskan pendekatan eksperimental, mengidentifikasi dan mengontrol variabel, dan mendefinisikan sistem (Wenning, 2005; Furtak, 2006). Jadi, hal penting yang perlu dipersiapkan guru dalam pembelajaran inkuiri adalah menyiapkan permasalahan yang akan dipecahkan siswa, menyiapkan kelas, menyiapkan alat-alat dan bahan yang diperlukan, dan membantu siswa merumuskan jawaban atas permasalahan yang diangkat. Aris (2014) melakukan pembelajaran inkuiri dengan langkah-langkah sebagai berikut. (1) Membangun suasana yang responsif; (2) mengemukakan permasalahan untuk ditemukan atau diteliti melalui media

yang digunakan; (3) menstimulasi peserta didik agar mengajukan beberapa pertanyaan yang bersifat mencari informasi tentang masalah tersebut; (4) merumuskan hipotesis jawaban dari pertanyaan tersebut, dengan dibantu guru; (5) menguji hipotesis, yang bisa dilakukan oleh guru; (6) pengambilan kesimpulan, dilakukan bersama oleh guru dan siswa.

Berdasarkan paparan di atas, pembelajaran inkuiri mensyaratkan adanya bahan belajar (material) yang memungkinkan siswa dapat melakukan pengamatan langsung untuk mengungkap fenomena, merumuskan masalah untuk menjelaskan fenomena, melakukan percobaan dengan manipulasi variabel dan melihat dampaknya, mengumpulkan data, dan merumuskan kesimpulan yang merupakan penjelasan atas pertanyaan yang dipecahkan. Namun demikian, tidak semua topik fisika dapat diajarkan secara inkuiri seperti itu, khususnya topik elektromagnetika yang syarat dengan konsep-konsep yang sangat abstrak. Untuk membelajarkan topik elektromagnetika melalui inkuiri, diperlukan alat bantu yang lebih cocok, berupa program komputer.

TECHNOLOGY ENABLED ACTIVE LEARNING (TEAL)

TEAL merupakan sebuah proyek *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) yang berupa media pembelajaran yang kaya dengan simulasi dan visualisasi dari fenomena fisika untuk memfasilitasi pembelajaran mahasiswa (Dori & Belcher, 2005). TEAL merupakan sebuah proyek di MIT yang melibatkan penggunaan visualisasi dalam lingkungan belajar yang kolaboratif pada mata kuliah listrik dan magnet (Dori & Belcher, 2005).

TEAL merupakan media pembelajaran yang kaya dengan visualisasi elektromagnetik yang dapat disampaikan melalui laptop dan internet. TEAL merupakan sebuah pendekatan yang berpusat pada pendekatan "pembelajaran aktif" (Dori dan Belcher, 2005). TEAL bertujuan untuk membantu mahasiswa dalam memvisualisasikan, mengembangkan intuisi yang lebih baik, dan mengembangkan model konseptual yang lebih baik, tentang

fenomena elektromagnetik (Dori dan Belcher, 2005). TEAL merupakan gabungan dari gambar 2D dan visualisasi 3D yang digunakan untuk membangun pemikiran mahasiswa agar dapat mengetahui sifat dari fenomena elektromagnet (Dori & Belcher, 2005). TEAL dikembangkan oleh MIT pada tahun 2001 (Shieh, 2011). TEAL merupakan pengajaran yang inovatif dan pembelajaran yang terstruktur, serta dapat digunakan pada kelas – kelas besar ilmu pengetahuan dan teknologi (Shieh, 2011). Inti dari TEAL adalah penggabungan perkuliahan, pemecahan masalah dan *hands-on laboratory experiments* (Breslow, 2010). Jadi TEAL didesain sedemikian rupa agar dapat membantu mahasiswa menjadi aktif, inovatif dalam kegiatan belajar.

Model pengajaran interaktif seperti TEAL didasarkan pada sebuah prinsip bahwa mahasiswa belajar karena mereka melakukan sesuatu (pemecahan masalah, melakukan eksperimen, dan menganalisis data) dengan konsep yang akan mereka dapatkan dikelas (Breslow, 2010). TEAL dirancang khusus berupa *interactive visualization* dan *passive visualization*. Video tersebut dapat di download di web MIT (Massachusetts Institute of Technology). *Interactive visualization* berupa *video game* interaktif, dan 3D visualisasi interaktif. Untuk dapat mengakses *video game* interaktif, dan 3D visualisasi interaktif, didalam laptop pengguna wajib terinstal aplikasi Shockwave, Java dan yang paling utama harus terhubung dengan jaringan internet. Master *installer* java telah disediakan dalam web MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). Dalam *video game* interaktif, dan 3D visualisasi interaktif, mahasiswa dapat menganalisis fenomena yang terjadi apabila variabel-variabel dalam *video* tersebut diubah-ubah.

Untuk *video passive visualization* dapat digunakan dengan tidak terhubung pada jaringan internet. Hal ini dapat memudahkan proses pembelajaran tanpa khawatir apabila jaringan internet mengalami *trouble*. *Video passive visualization* dapat langsung digunakan tanpa menginstal aplikasi Shockwave dan

Java. Untuk dapat menggunakan video tersebut cukup dengan memiliki aplikasi *windows media player*. Pada *Video passive visualization* pengguna hanya dapat mengamati, menganalisis dan menarik kesimpulan dari fenomena yang terjadi pada *video* tersebut.

Dampak TEAL Pada Pembelajaran

Penelitian-penelitian berikut ini merupakan penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan TEAL dalam pembelajaran. Penelitian pertama dilakukan oleh Yehudit Judy Dori dan John Belcher pada tahun 2001 – 2003. Hasil penelitian tersebut terdapat perbedaan skor pada kelas eksperimen dan kelas kontrol yang sangat jauh. Kelas eksperimen memiliki nilai g yang tinggi jauh dari nilai g pada kelas kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa TEAL memiliki dampak yang menonjol ketika digunakan dalam pembelajaran.

Pada tahun 2008 awal semester dilakukan penelitian oleh Shieh untuk mengetahui dampak TEAL dalam pembelajaran. Penelitian tersebut telah dilakukan selama dua semester perkuliahan (Shieh, 2011). Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa kelas yang menggunakan TEAL pada semester 1 dan semester 2 memiliki nilai gain yang lebih tinggi daripada kelas kontrol (Shieh, 2011). Penelitian dilakukan kembali oleh Shieh pada tahun 2009 untuk mengetahui dampak TEAL dalam pembelajaran siswa dan pengajaran guru. Hasil dari penelitian tersebut kembali menunjukkan bahwa kelas yang menggunakan TEAL lebih unggul dari kelas kontrol (Shieh, 2012).

Dengan adanya animasi pada materi elektromagnet, memungkinkan mahasiswa untuk mendapatkan informasi tentang cara dimana medan mengirimkan tegangan dengan melihat bagaimana gerakan *material objects* bergerak atau berkembang sebagai respon terhadap tegangan tersebut (Belcher & Olbert, 2002). Materi pembelajaran berbasis teknologi ini sangat berguna dalam materi elektromagnet untuk membantu mahasiswa pada suatu konsep dan proses dari fenomena (Dori & Belcher, 2005).

Dalam penelitian yang pernah dilakukan oleh Dori & Belcher (2005), mereka sangat percaya bahwa guru dan mahasiswa perlu memasukkan visualisasi dalam pengajaran dan pembelajaran fenomena ilmiah, terutama ketika berhadapan dengan konsep-konsep abstrak seperti pada materi elektromagnet. Oleh karena itu, kemampuan berfikir mahasiswa dapat terkonstruksi. Kemampuan berfikir mahasiswa salah satunya yaitu kemampuan pemecahan masalah.

Kemampuan Pemecahan Masalah

Setelah memahami konsep, mahasiswa dituntut untuk dapat memecahkan suatu masalah yang berkaitan dengan konsep tersebut. Beberapa peneliti (Ibrahim & Rebello, 2012) telah menjelaskan bahwa *solving* sebagai urutan prosedur masalah yang harus diselesaikan oleh solver. Pemecahan masalah dapat dianggap sebagai salah satu elemen kunci dalam setiap disiplin ilmu (Ibrahim & Rebello, 2012).

Kemampuan pemecahan masalah adalah kemampuan siswa dalam memecahkan masalah secara mandiri. Memecahkan masalah adalah ketrampilan hidup yang sangat penting untuk dipelajari semua siswa (McDonald & Hershman, 2010). Ketrampilan ini tidak dapat dihafalkan dari buku. Pada kenyataannya setiap individu memiliki proses – proses yang unik dalam memecahkan masalah. Pengertian dari kemampuan pemecahan masalah adalah suatu kapabilitas, yaitu suatu kemampuan yang diperoleh melalui belajar (Santrock, 2008).

Para ahli pembelajaran secara umum mendefinisikan pemecahan masalah melalui enam langkah dimana setiap orang harus menggunakannya untuk mencapai hasil-hasil yang diinginkan. Enam langkah tersebut seperti yang dikemukakan oleh (McDonald & Hershman, 2010), merupakan proses-proses terorganisasi yang diterapkan orang untuk menghemat waktu, materi dan uang pada saat memecahkan suatu masalah. Langkah-langkahnya sebagai berikut. (1) Mendefinisikan masalah dengan jelas. (2) Menentukan sasaran

berupa hasil yang diharapkan. (3) Mengembangkan solusi terbaik. (4) Memilih solusi terbaik. (5) Menerapkan solusi. (6) Mengevaluasi hasil-hasil aktual dan membuat perubahan yang diperlukan.

Penting sekali menjelaskan pada siswa bahwa melalui pengalaman, siswa dapat mengembangkan teknik atau cara untuk memecahkan suatu masalah. Pada akhirnya siswa akan menyadarinya dan dapat secara mandiri dalam memecahkan suatu masalah. Pemecahan masalah merupakan salah satu kemampuan yang utama dalam pengajaran sains (Gok, 2010: 110). Kemampuan pemecahan masalah memiliki tahapan yang meliputi tahap deskripsi, perencanaan, implementasi, dan pengujian (Gok dan Silay, 2010:8-9). Pada tahapan deskripsi, siswa mengidentifikasi besaran yang tidak diketahui, besaran yang diketahui, menyebutkan kondisi, menggambarkan sketsa soal dan menyebutkan persamaan yang sesuai. Selanjutnya, siswa melakukan perencanaan dengan menemukan hubungan antara besaran yang diketahui dengan besaran yang tidak diketahui, atau menemukan hubungan antara masalah yang berkaitan atau masalah yang telah ditemukan solusinya dan menggunakan informasi tersebut untuk membuat rencana penyelesaian. Pada tahap implementasi, siswa menerapkan langkah-langkah penyelesaian masalah sesuai rencana pada poin sebelumnya. Pada tahap pengujian yaitu tahap akhir, siswa melakukan pengujian terhadap kebenaran dari solusi permasalahan yang didapatkan. Langkah-langkah tersebut sesuai untuk diterapkan dalam pengerjaan soal-soal fisika yang melibatkan hitungan matematis.

KESIMPULAN

Merujuk pada keunggulan yang dimiliki TEAL sebagaimana telah dipaparkan, penulis berkeyakinan bahwa dengan bantuan TEAL, pembelajaran topic elektromagnetika dapat dilakukan secara inkuiri dan mahasiswa dapat memahami konsep-konsep pokok elektromagnetika dengan baik sehingga dapat menerapkannya dalam pemecahan masalah. Namun demikian perlu dilakukan

penelitian sistematis untuk menguji dugaan tersebut.

DAFTAR RUJUKAN

- Belcher, John W., Olbert, Stanislaw. 2002. *Field Line Motion In Classical Electromagnetism: The Expanded Version*. American Journal of Physics.
- Breslow, Lorl. 2010. *Wrestling with Pedagogical Change: The TEAL Initiative at MIT. Change: The Magazine of Higher Learning*. Routledge. 42(5) : 23-29.
- Coca, Méndez David., Villanueva, Centro Universitario. 2013. *Software Socrative and Smartphones as Tools For Implementation of Basic Processes of Active Physics Learning in Classroom: An Initial Feasibility Study With Prospective Teachers*. Madrid, España: European Journal of Physics Education. 4(2): 17-24.
- Dori, Y.J. & Belcher, J.W. 2005. *How does technology-enabled active learning affect students' understanding of scientific concepts?* Accepted to The Journal of the Learning Sciences. 14(2): 243-279.
- Dori, Yehudit Judy., Belcher, John. 2005. *Learning Electromagnetism With Visualizations And Active learning*. Netherland: Springer. 1:187-216.
- Furtak, Erin Marie. 2006. *The Problem with Answers: An Exploration of Guided Scientific Inquiry Teaching*. Wiley InterScience. 90: 453 - 467.
- Gök, T.; Silay, İ. 2010. *The Effects of Problem Solving Strategies on Students' Achievement, Attitude and Motivation*. Lat. Am. J. Phys. Education. Vol.4, No.1.
- Gok, Tolga. 2010. *The General Assessment of Problem Solving Processes and Metacognition in Physics Education*. Eurasian Journal Physics. Chem. Educ. 2(2):110-122, 2010.
- Ibrahim, Bashira, Rebello, N Sanjay. 2012. *Representational task formats and problem solving strategies in kinematics and work*. American Physical Society. Physics Review Special Topics - Physics Education Research, 8, 010126.
- Khasanah, Khumaedah, Sinaga, Parlindungan, & Sasmita, Dedi. 2013.

- Perbandingan Penerapan Model Pembelajaran Guided Inquiry Dengan Model Pembelajaran Interactive Demonstration Untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Fisika Siswa SMA.* Prosiding Simposium Nasional Inovasi Pembelajaran dan Sains 2013 (SNIPS 2013) 3-4 Juli 2013, Bandung, Indonesia.
- McDonald, Emma S., Hershman, Dyan M. 2010. *Classrooms That Spark! Recharge And Revive Your Teaching. Second Edition.* San Fransisco: Jossey-Bass.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas.* Washington, D.C.: National Academy of Sciences.
- Santrock, J.W. 2008. *Educational Psychology, 2nd Edition.* McGraw-Hill Company, inc.
- Shieh, Ruey S. 2011. *Technology enabled active learning (TEAL) in introductory physics: Impact on genders and achievement levels.* Australasian Journal of Educational Technology. 27(7): 1082 – 1099.
- Shieh, Ruey S. 2012. *The impact of Technology-Enabled Active Learning (TEAL) implementation on student learning and teachers' teaching in a high school context.* Computers & Education. Elsevier. 59(2): 206 – 214.
- Shoimin, Aris. 2014. *68 Model Pembelajaran Inovatif dalam Kurikulum 2013.* Yogyakarta: Ar-Ruzz Media.
- Wenning, Calr J. 2005. *Levels of inquiry: Hierarchies of pedagogical practices and inquiry processes.* Journal Physics Teacher Education. online. 2(3): 3 – 11.
- Wenning, Calr J. 2006. *A frame work teaching the nature of science.* Journal Physics Teacher Education. online. 3(3): 3 – 10.
- Wenning, Calr J. 2007. *Assessing inquiry skills as a component of scientific literacy.* Journal Physics Teacher Education. 4(2): 21 – 24.