

KAJIAN BARU DALAM PEMBELAJARAN ANALISA SISTEM TENAGA BERBASIS *PRACTICAL-COMPUTER BASED LEARNING*

ICI TAUFIK PULUNGAN, ADI SASTRA P TARIGAN, SOLLY ARYZA

Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Elektro
Universitas Pembangunan Pancabudi Medan

Abstract: *Strengthening the competitiveness of human resources is the responsibility of higher education institutions as providers of higher formal education. UNPAB Electrical Engineering Study Program (TE UNPAB Study Program) as one of the study programs that manages the field of electrical engineering expertise has a very important role in preparing the human resources (HR) needed by the business world and industry. KKNi-based curriculum 2015. The 2015 TE UNPAB Study Program curriculum based on KKNi was prepared as a way to answer the challenges of global competitiveness, where graduates produced by UNPAB TE Study Programs are expected to be able to compete globally, especially related to the implementation of the Asean Economic Community (MEA) which requires active participation graduates with competence and competitive quality of human resources. The preparation for the formation of competitive human resources is carried out with various strategies contained in the Seven (7) Higher Education Standards, one part of which is the implementation of the teaching and learning process in the Electrical power system analysis course with short circuit analysis material (Short Circuit Calculation. This course is a subject core courses that form the basis for other competency courses in the advanced semester of the UNPAB TE Study Program The development of the Computer Based Learning (CBL) model is carried out in learning multi-machine short circuit analysis which includes: (a) Single-phase short circuit fault, (b) Two-Phase Short Circuit Fault, (c) Two Phase Earth Short Circuit Fault, (d) Single Phase Earth Short Circuit Fault The development of the CBL learning model for the Electrical Power System Analysis course provides space for students to be more active in learning in completing complex problems (complicated), so that produce flexibility in active student learning methods to solve short circuit analysis problems and form student active participation in learning (Student Center Learning) in the process of electric power system analysis lecture activities.*

Keywords: *Active Learning CBL, Short Curcuit Calculation (SCC).*

Abstrak: Penguatan Daya Saing sumber daya manusia menjadi tanggung jawab perguruan tinggi sebagai penyelenggara pendidikan fomal tinggi. Prodi Teknik Elektro UNPAB (Prodi TE UNPAB) sebagai salah satu program studi yang mengelola bidang keahlian teknik tenaga listrik memiliki andil yang sangat penting dalam mempersiapkan sumber daya manusia (SDM) yang dibutuhkan oleh dunia usaha dan insdutri., Prodi TE UNPAB telah merespon dengan menyusun kurikulum berbasis KKNi 2015. Kurikulum Prodi TE UNPAB 2015 berbasis KKNi disusun sebagai cara untuk menjawab tantangan daya saing global, dimana lulusan yang dihasilkan oleh Prodi TE UNPAB diharapkan mampu bersaing secara global, terutama terkait dengan pemberlakuan Masyarakat Ekonomi Asean (MEA) yang menuntut partisipasi aktif lulusan dengan kompetensi dan kualitas daya saing sumber daya manusia. Persiapan pembentukan SDM kompetitif tersebut dilakukan dengan berbagai strategi yang termuat dalam Tujuh (7) Standard Pendidikan Tinggi, satu bagian diantaranya adalah penyelenggaraan proses belajar mengajar pada mata kuliah Analisis sistem tenaga listrik dengan materi analisis hubung singkat (*Short Circuit Calculation* . Mata kuliah ini merupakan mata kuliah inti yang menjadi landasan untuk kompetensi mata kuliah lainnya di semester lanjutan pada Prodi TE UNPAB. Pengembangan model *Computer Based Learning (CBL)* dilakukan dalam pembelajaran analisis Gangguan hubung singkat multi mesin yang meliputi: (a). Gangguan Hubung Singkat Satu fasa, (b) Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa, (c) Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa Ketanah , (d) Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketanah. Pengembangan model pembelajaran **CBL** untuk mata kuliah Analisis Sistem Tenaga listrik ini

memberi ruang kepada mahasiswa untuk lebih aktif dalam pembelajaran dalam menyelesaikan masalah yang kompleks (rumit), sehingga menghasilkan keleluasaan cara belajar mahasiswa aktif menyelesaikan masalah analisis hubung singkat serta membentuk partisipasi aktif mahasiswa dalam pembelajaran (*Student Center Learning*) dalam proses kegiatan perkuliahan analisis sistem tenaga listrik.

Kata kunci: *Aktif Learning CBL, Short Curcuit Calculation (SCC).*

A. Pendahuluan

Sistem tenaga listrik yang secara umum terdiri dari generator saluran dan beban merupakan satu sistem yang memproses pemberdayaan dan penggunaan energi listrik. Kebutuhan energi listrik merupakan prioritas primer dalam menunjang kegiatan pembangunan dalam berbagai aspek kehidupan [1]. Sehingga dilakukan beberapa studi dan penelitian yang dianalisa untuk meningkatkan kehandalan dalam proses pemberdayaan dan penggunaan energi listrik. Dalam pengoperasiannya, sistem tenaga listrik tidak lepas dari gangguan, baik itu gangguan yang sifatnya sementara atau gangguan tetap. Gangguan pada sistem tenaga terdiri atas gangguan simetris, gangguan tidak simetris dan gangguan hubungan terbuka (*open conductor*) [2]. Sistem tenaga listrik yang kompleks mengandung pengertian bahwa sistem tersebut memiliki banyak pembangkit (*multi machine*) dalam melayani beban, sehingga dibutuhkan penanganan yang khusus dalam memberikan kontinuitas pelayanan terhadap konsumen dengan melakukan pemeliharaan, penanggulangan secara efektif kondisi gangguan sehingga distribusi energi listrik tidak mengalami kendala yang signifikan. Dari hal tersebut maka perlu dilakukan serangkaian analisis terhadap sistem tenaga listrik, satu di antaranya adalah analisis gangguan hubung singkat secara praktis menggunakan komputer

Model pembelajaran (*CBL*) merupakan bentuk dari model pembelajaran berbasis komputer. Komputer digunakan sebagai media/alat menyampaikan materi dan bahan ajar dalam proses pembelajaran agar mampu menarik perhatian peserta didik. Bahan ajar yang akan disampaikan di kembangkan dengan menggunakan model pengembangan pembelajaran yang dapat digunakan untuk membuat pembelajaran berbasis komputer. Dalam bahan ajar tersebut, telah mencakup materi, pertanyaan, dan umpan balik atau tugas disajikan dalam satu paket program. Model pembelajaran *CBL* adalah suatu sistem pengajaran dan pembelajaran yang menggunakan peralatan komputer sebagai alat bantu yang bersama-sama dengan dasar pengetahuannya (*knowledge base*), merupakan pengembangan daripada teknologi informasi terpadu yaitu komunikasi (interaktif), *audio*, *video*, penampilan citra (*image*) yang dikemas dengan sebutan teknologi multimedia. Dengan Keuntungan penggunaan model pembelajaran *CBL*, antara lain: (a) Mampu mengurangi biaya pelatihan, (b) Fleksibilitas waktu, (c) Fleksibilitas kecepatan pembelajaran, (d) Standarisasi pembelajaran, (e) Efektivitas pembelajaran, (f) Dapat menyimpan data pelajar, pelajaran dan proses pembelajaran yang berlangsung [2].

Rancangan media pembelajaran yang didesain menghasilkan sebuah media pembelajaran interaktif untuk Sistem proteksi yang diaplikasikan pada sistem kelistrikan industri, Dalam sample paper telah disajikan plot kurva respon koordinasi relay untuk sistem industri sistem grid 3 bus Dengan menggunakan paket ini siswa mendapatkan pengalaman simulasi serta pengetahuan tentang aplikasi industri . Paket yang dibuat telah dapat melengkapi kegiatan kursus dan sebagai alat bantu mengajar bagi dosen dan siswa . komputasi program yang disusun membantu mahasiswa terhindar dari rasa bosan untuk menghitung sistem keamanan industry dengan menggantikan metode perhitungan tersebut dengan sajian simulasi . Pendekatan ini dapat memberikan stimulus yang sangat penting dalam membangun konsep belajar mandiri bagi siswa [3]_ENREF_4 model simulasi yang dibangun meminta dan mengarahkan agar mereka (mahasiswa) menyediakan ruang untuk mendiskusikan hasil analisis hubung singkat pada hasil dari proyek, (3) Laporan hasil simulasi di laboratorium berbasis praktis-model eksperimen simulasi PSP mereka lakukan dalam pembelajaran . Dan mengamati dan mengukur tingkat motivasi belajar mahasiswa dari model PSP berbasis eksperimen simulasi komputer. Pemodelan jaringan, aliran daya dan analisis arus

hubungan singkat dan proteksi Over Current (OC) serta koordinasi relay proteksi telah disajikan menggunakan komputer berbantuan perangkat lunak di ETAP. Selain itu, mahasiswa dapat memvisualisasikan hasil mengamati domain error dengan OC, jarak dan diferensial perlindungan di perangkat lunak PSCAD / EMTDC. Proteksi untuk peralatan transformator dari gangguan Over Current (OC), simulasi *Over voltage* dan ketidakseimbangan fase untuk perlindungan piranti motor induksi telah dapat diuji coba dalam pembelajaran eksperimen praktis dengan bantuan modul LabVolt listrik. Hasil eksperimen dari kajian paper dengan judul Meningkatkan Pengalaman Mahasiswa Belajar Proteksi Sistem Tenaga menggunakan Simulasi berbasis komputer dengan pengembangan Percobaan Praktis dapat disimpulkan desain pembelajaran dengan bantuan komputer difasilitasi simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP dan PSCAD / EMTDC bagi mahasiswa mahasiswa di Curtin University, Australia yang dilakukan dalam semester pelajaran penuh mendapat umpan balik yang diberikan kepada mahasiswa dengan indikator ketertarikan mahasiswa dalam pembelajaran Power System Protection (PSP) [4,5]

B. Metodologi Penelitian

Lingkungan Belajar interaktif berbasis CBL untuk analisis hubung singkat sistem tenaga listrik diwujudkan dengan empat tahapan seperti ditunjukkan pada gambar 1. Antara lain (1) Penyusunan perencanaan pembelajaran, dengan menyusun struktur materi pembelajaran dalam bentuk matrik horinjintal yang memuat isi tentang kompetensi yang diharapkan, materi ajar yang akan disampaikan serta indikator keberhasilan pembelajaran. Susunan rencana pembelajaran ini akan disosialisasikan kepada kelompok dosen bidang keahlian sistem tenaga listrik yang menjadi standard rencana belajar yang sama antara dosen pada bidang yang relevan dengan mata kuliah analisis sistem tenaga listrik (2). Melakukan konstruksi penyusunan model matrik Z bus sebuah sistem interkoneksi multi mesin yang akan di susun dalam sebuah paket program penyelesaian hubung singkat simetris dan hubung singkat tidak simetris. (3) Hasil dari langkah ke (2) selanjutnya menyusun modul pembelajaran SCC berbasis CBL serta menyusun job-sheet SCC berbasis CBL yang digunakan peserta didik dalam pembelajaran menyelesaikan persoalan SCC. (4). Penyelesaian kasus dengan data-data yang diperoleh secara riil. Untuk penyelesaian pembelajaran CBL dengan muatan *project based learning* dalam pengertian bahwa peserta didik di arahkan untuk melakukan penelitian berkaitan dengan SCC yang dilakukan pada saat pembelajaran. Pengembangan model pembelajaran ini menumbuhkan minat belajar peserta didik dengan ikut serta aktif dalam proses belajar mengajar SCC

Proses Belajar Mengajar materi analisis gangguan hubung singkat pada sistem tenaga yang dikembangkan dengan melakukan inovasi sistem perkuliahan yang tidak hanya dilakukan didalam ruang perkuliahan, akan tetapi dikembangkan dengan mengimplementasikan pembelajaran secara praktis di dalam laboratorium komputer, pada dasarnya mata kuliah yang diampu merupakan mata kuliah kajian teoritik. Akan tetapi dilakukan pengembangan kelengkapan CD interaktif. Model pembelajaran CBL untuk kajian SCC secara skematik ditunjukkan pada gambar 1.

C. Hasil dan Pembahasan

Pemodelan Matriks Z bus digunakan untuk menginput data reaktansi pada M.File Matlab untuk memperoleh Matrik Impedansi urutan Positif, Negatif dan Nol dengan persamaan [7,8]

$$Z_{rel} = [Y_{rel}]^{-1}$$

Dari hasil simulasi pada M.File Matlab untuk memperoleh Matrik Impedansi urutan Positif, Negatif dan Nol, maka dapat dianalisis secara praktis arus dan tegangan di titik gangguan (bus 4) *Hubung singkat tiga phasa*

$$V_0 = I_0 = V_2 = I_2 = 0$$

$$I_1 = \frac{1 \angle 0^\circ}{j0.1292} = -j7.7399$$

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ -j7.7399 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 - j7.7399 \\ -6.7028 + j3.8699 \\ 6.7028 + j3.8699 \end{bmatrix}$$

$$V_1 = 0$$

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Hubung singkat satu phasa ketanah Arus gangguan pada bus 4

$$I_0 = I_1 = I_2 = \frac{1}{j0.0945 + j0.1292 + j0.1291} = -j2.8337$$

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -j2.8337 \\ -j2.8337 \\ -j2.8337 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -j8.5011 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$V_0 = Z_0 (I_0) = -j0.0945 (-j2.8337) = -0.2678$$

$$V_1 = V_f - Z_1 (I_1) = 1 - j0.1292 (-j2.8337) = 0.6339$$

$$V_2 = Z_2 (I_2) = -j0.1292 (-j2.8337) = -0.3661$$

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -0.2678 \\ 0.6339 \\ -0.3661 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -0.4017 - j0.8660 \\ -0.4017 + j0.8660 \end{bmatrix}$$

Hubung singkat antar phasa (line to line)

$$I_0 = 0$$

$$I_1 = -I_2 = \frac{1 \angle 0^\circ}{j0.1292 + j0.1292} = -j3.8700$$

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ -j3.8700 \\ -j3.8700 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -3.8698 \\ 3.8698 \end{bmatrix}$$

$$V_1 = V_2 = I_1 (j0.1292) = 0.5$$

$$V_0 = 0$$

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0.5 \\ 0.5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ -0.5 \\ -0.5 \end{bmatrix}$$

Simulasi SCC untuk Sistem 11 Bus

Input Data pada M.File Matlab

```
% Input Data Running Hubung Singkat
% untuk kasus yang lain _sistem 12 bus TL
%-----
%      Dari Ke R X
%-----
```

```
zdata1 = [ 0  1  0.00  0.20
           0  7  0.00  0.20
           0  9  0.00  0.20
           1  2  0.00  0.05
           2  3  0.00  0.10
           3  4  0.00  0.05
           4  5  0.00  0.10
```

```
5 6 0.00 0.05
6 7 0.00 0.05
6 8 0.00 0.10
8 9 0.00 0.05
8 10 0.00 0.40
8 11 0.00 0.40
2 11 0.00 0.40
10 11 0.00 0.40];
```

```
zdata0 = [ 0 1 0.00 0.05+3*0.03
0 7 0.00 0.05+3*0.03
0 9 0.00 0.05+3*0.03
1 2 inf inf
2 3 0.00 0.30
3 4 0.00 0.05
4 5 0.00 0.30
5 6 0.00 0.05
6 7 inf inf
6 8 0.00 0.30
8 9 0.00 0.05
8 10 0.00 0.09
8 11 0.00 0.09
2 11 0.00 0.09
10 11 0.00 0.09];
```

```
zdata2=zdata1;
Zbus0 = zbuild(zdata0)
Zbus1 = zbuild(zdata1)
Zbus2 = Zbus1;
symfault(zdata1,Zbus1)
lgfault(zdata0, Zbus0, zdata1, Zbus1, zdata2, Zbus2)
llfault(zdata1, Zbus1,zdata2, Zbus2)
dlgfault(zdata0, Zbus0, zdata1, Zbus1, zdata2, Zbus2)
```

result simulation

Enter Faulted Bus No. -> 8

Enter Fault Impedance $Z_f = R + j*X$ in complex form (for bolted fault enter 0). $Z_f = 0.1$

Balanced three-phase fault at bus No. 8

Total fault current = 6.3869 per unit

Bus Voltages during fault in per unit

Bus No.	Voltage Magnitude	Angle degrees
1	0.8187	-11.5749
2	0.7801	-15.2615
3	0.7466	-19.1233
4	0.7311	-21.1824
5	0.7033	-25.5573
6	0.6910	-27.8702
7	0.7356	-20.5678
8	0.6387	-50.3057
9	0.6570	-36.7585
10	0.6449	-42.3209
11	0.6633	-34.6346

Line currents for fault at bus No. 8

From Bus	To Bus	Current Magnitude	Angle degrees
G	1	1.2861	-50.3057
1	2	1.2861	-50.3057
2	3	0.6141	-50.3057
2	11	0.6719	-50.3057
3	4	0.6141	-50.3057
4	5	0.6141	-50.3057
5	6	0.6141	-50.3057
6	8	2.6371	-50.3057
G	7	2.0230	-50.3057
7	6	2.0230	-50.3057
8	F	6.3869	-50.3057
G	9	3.0779	-50.3057
9	8	3.0779	-50.3057
10	8	0.2240	-50.3057
11	8	0.4480	-50.3057
11	10	0.2240	-50.3057

D. Penutup

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut: Model sistem tenaga listrik dibentuk kedalam persamaan R matrik impedansi bus menggunakan M.File Matlab memudahkan analisis secara praktis kasus hubung singkat sistem tenaga listrik. Hasil simulasi dan analisis diperoleh gangguan hubung singkat pada bus 4 untuk sistem yang dianalisis masing-masing: Ifault 3 fasa=-7,7399 pu, Ifault Satu Fasa ketanah=8,5011 pu, Ifault antar fasa=3,87 pu Penyusunan instrument analisis hubung singkat berbantuan komputer dalam pembelajaran (*Computer Based Learning*) secara praktis, efisien dan cepat dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa prodi teknik elektro UNPAB dalam pembelajaran analisis sistem tenaga listrik untuk materi Short Circuit Analysis

Daftar Pustaka

- [1] Padiyar, K.R., 1996, *Power System Dynamis Stability and Control*, pp. 191 – 268, John Wiley & Sons , Singapore.
- [2] Moh. E El Hawary “*Electrical Power System* “ IEEE Press. 1983
- [3] L. L. La, "Computer Assisted Learning In Power System Relaying," *IEEE*, vol. 38 no 3, pp. 217-222, August 1995.
- [4]. M. M. Farhad Shahniah, "Improving the Learning Experience of Power System Protection Students using Computer-based Simulations and Practical Experiments " *AUPEC*, 28 September - 1 October 2014.
- [5]. Joong Rin-shin” *A Windows-Based Interactive and Grafic And Package for Education and Training Of Power System Analysis And Operation”* IEEE Transaction on Power System Vol 14 No. 4 , 1999
- [6] Stevenson, W.D., dan Idris,K.,1990, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, pp. 349-351, Erlangga, Jakarta.
- [7]. H.F Wang “*A Unified Model for the Analysis of FACTS devices in Damping Power Oscillations-PART I : Single Machnie Infinite Bus Powers Systems,*” IEEE Transaction On Power Delivery, Vol 12 No. 2 pp 941-946, April 1997.
- [8] P.M. Anderson , A.A Fouad “ *Power System Kontrol and stability*” The Iowa State university Press, © 1977