

DAFTAR ISI

Alat Koreksi Lembar Jawab Tes Hasil Belajar Berbasis Mikrokontroler ATMELAVR ATMEGA 8515L Eka Triaryanto, Achmad Faozan Alfi.....	173 - 184
Implementasi Pendekatan Ketrampilan Proses Pada Mata Kuliah TPKI Sebagai Upaya Meningkatkan Kemampuan Menulis Ilmiah Bagi Mahasiswa Teknik Elektro FT UNY Zamtinah	185 - 198
Model Pembelajaran Terpadu: Sebuah Upaya Dalam Meningkatkan Permeabilitas Kurikulum Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Toto Sukisno	199 - 207
Kelayakan SMKN 2 Wonosari Menyelenggarakan Program Keahlian Teknik Informatika Komersial Moh. Khairudin	209 - 220
Pembelajaran Bidang Analisis Operasi Ekonomis Sistem Pembangkit Tenaga Listrik dengan Metode Belajar Berbasis Masalah Yuwono Indro Hatmojo	221 - 228
Upaya Mengatasi Kelambatan Penyelesaian Karya Teknologi Bagi Mahasiswa PT Elektro FT UNY Yang Akan Habis Masa Studinya Melalui Bimbingan Terstruktur Sukir, Haryanto, Mutaqin	229 - 234

Pembelajaran Bidang Analisis Operasi Ekonomis Sistem Pembangkit Tenaga Listrik dengan Metode Belajar Berbasis Masalah

Oleh: Yuwono Indro Hatmojo
Dosen Jurusan PT Elektro Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta

ABSTRAK

Belajar berbasis masalah (BBM) adalah metode belajar dengan pendekatan menyeluruh dalam pendidikan yaitu sebagai kurikulum dan sebagai proses. BBM terdiri dari masalah-masalah yang ada di desain dan dipilih secara hati-hati untuk menuntun mahasiswa untuk berfikir kritis dan berpengetahuan kreatif, mampu memecahkan masalah, strategi belajar terarah dan ketrampilan berpartisipasi dalam tim, serta digunakan sebagai pendekatan sistematis untuk memecahkan masalah dan memenuhi tantangan yang akan dihadapi mahasiswa dalam kehidupan dan karir profesional yang akan datang. Mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro yang mengambil konsentrasi Listrik Industri perlu mempelajari bagaimana menganalisis suatu pembangkit sehingga memperoleh suatu pengoperasian pembangkit yang lebih ekonomis.

Pemahaman materi tersebut dengan menggunakan pendekatan metode berbasis masalah membuat mahasiswa menjadi tertarik dan tertantang untuk menyelesaikan suatu masalah yang merupakan simulasi dari keadaan yang ada di lapangan. Permasalahan yang diberikan berawal dari data nyata di lapangan berupa data masukan bahan bakar dan keluaran daya dari pembangkit. Selanjutnya dilakukan pendekatan linier derajat dua guna mengetahui karakteristik masukan keluaran dari masing-masing pembangkit. Karakteristik dari masing-masing generator tersebut kemudian di analisis berdasarkan keluaran yang dipakai atau dibutuhkan dari sistem pembangkit tersebut. Dengan mensimulasikan keluaran yang dihasilkan dari sistem pembangkit tersebut, maka akan didapatkan suatu penjadwalan operasi ekonomis dari masing-masing pembangkit tersebut.

Penggunaan metode belajar berbasis masalah ini sangat cocok diterapkan pada bidang analisis operasi ekonomis sistem pembangkit tenaga listrik. Penerapan metode ini sangat membantu dan memacu mahasiswa untuk lebih berfikir kreatif dalam menghadapi permasalahan bidang analisis operasi ekonomis dari suatu sistem pembangkit, karena metode ini berorientasi pada masalah yang dikenalkan dan dijadikan sebagai pusat kegiatan belajar. Masalah digunakan sebagai motivasi dan tantangan awal yang nantinya akan menimbulkan keinginan untuk memecahkannya.

Katakunci: Belajar Berbasis Masalah, Analisis Operasi Ekonomis

Pendahuluan

Belajar berbasis masalah (BBM) merupakan pendekatan menyeluruh dalam pendidikan, yaitu sebagai kurikulum dan sebagai proses (Sanchel dan Berrios, 2001). Pendekatan yang menyeluruh tersebut menjadikan mahasiswa dituntut untuk berfikir kreatif dan kritis dalam memecahkan masalah yang nyata demi kemajuan dan pengembangan karir mereka dimasa yang akan datang. Metode ini digunakan dengan mencari permasalahan yang nyata di lapangan kemudian mensimulasikan permasalahan tersebut dalam perkuliahan menjadi suatu kasus yang harus dipecahkan secara bersama-sama dalam sebuah tim.

Penggunaan tenaga listrik baik di masyarakat maupun di industri dewasa ini sangatlah besar. Pertumbuhan kebutuhan daya listrik perlu diimbangi dengan penambahan pembangkit listrik dan peningkatan daya yang dihasilkan dari suatu pembangkit. Pemenuhan kebutuhan daya listrik di pulau Jawa khususnya, memerlukan banyak pertimbangan karena sistem penyediaan daya listrik di Jawa sudah menggunakan suatu sistem pembangkit yang dikenal dengan sistem interkoneksi.

Suatu sistem pembangkit dalam pengoperasiannya perlu dilakukan secara terencana. Selain mempertimbangkan segi keterandalan sistem, kestabilan daya yang disalurkan,

kontinuitas suplai, juga mempertimbangkan dari segi ekonomi. Suatu sistem tenaga listrik harus memberikan keuntungan pada modal yang ditanamkan, sehingga dalam pengoperasiannya harus dilakukan dengan perencanaan yang matang. Pengoperasian suatu pembangkit yang terencana guna memenuhi kebutuhan daya sangatlah penting sehingga dicapai suatu daya guna (*efficiency*), sehingga terdapat hubungan yang pantas antara biaya 1 Kwh yang dibayarkan dengan biaya yang harus dikeluarkan pembangkit untuk menghasilkan 1 Kwh (William D. S., Jr, 1984:247).

Metode pemecahan masalah pada operasi ekonomis dilakukan dengan mengambil contoh sistem pembangkit yang ada di Pertamina Unit Pengolahan IV Cilacap. Pemenuhan kebutuhan daya listrik di Pertamina UP IV Cilacap dengan sistem pembangkit sendiri sehingga kebutuhan daya listrik yang dilakukan untuk proses pengolahan, penerangan area pengolahan, dan perumahan tidak menggunakan daya dari PLN.

Permasalahan yang akan dipecahkan adalah berapa bahan bakar yang digunakan masing-masing unit pembangkit dalam sistem pembangkit tenaga listrik guna memenuhi kebutuhan daya listrik dengan menggunakan analisis operasi ekonomis sistem pembangkit tenaga listrik dan berapakan besarnya penurunan bahan bakar pada sistem distribusi analisis operasi ekonomis dibandingkan dengan sistem distribusi operasi nyata dengan pendekatan metode belajar berbasis masalah?

Permasalahan ini bertujuan untuk mengetahui bagaimanakan penerapan metode belajar berbasis masalah pada bidang analisis operasi ekonomis sistem pembangkit, mulai besarnya bahan bakar yang digunakan masing-masing unit pembangkit dalam sistem pembangkit tenaga listrik guna memenuhi kebutuhan daya listrik dengan analisis operasi ekonomis sistem pembangkit tenaga listrik.

Metode Belajar Berbasis Masalah

Belajar berbasis masalah (BBM) merupakan pendekatan menyeluruh dalam proses pendidikan, yaitu sebagai kurikulum dan sebagai proses. Sebagai kurikulum, BBM terdiri dari masalah-masalah yang didesain dan dipilih secara hati-hati yang menuntut mahasiswa untuk mengembangkan: berfikir kritis dan berpengetahuan kreatif, kemampuan memecahkan masalah, strategi belajar terarah dan berpartisipasi dalam tim. Sebagai proses, BBM umumnya digunakan sebagai pendekatan sistematis untuk memecahkan masalah dan memenuhi tantangan yang dihadapi mahasiswa dalam kehidupan dan karir profesional dimasa yang akan datang.

BBM dimulai dengan mengenalkan suatu masalah sebagai pusat kegiatan belajar. Masalah sebagai motivasi dan tantangan awal menimbulkan keinginan untuk menyelesaikan, tetap statis, atau menyesuaikan diri. Masalah juga dapat menimbulkan niat untuk belajar. Judy Kay (dalam Zhang Xiuping, 2002) menyatakan bahwa belajar berbasis masalah mempunyai karakteristik sebagai berikut:

a. Belajar dalam Konteks

Ketrampilan dipelajari agar dapat memecahkan masalah. Proses ini mirip dengan situasi dunia nyata dimana ketrampilan tersebut secara normal diperlukan.

b. Masalah memotivasi belajar

Mahasiswa diberi masalah yang autentik yang akan memotivasi belajar agar dapat memecahkan masalah yang timbul.

c. Belajar terintegrasi

Karena belajar dimotivasi oleh masalah maka belajar tidak akan dibatasi oleh kurikulum yang kaku (*rigid*)

d. Kepemilikan masalah

Mahasiswa diijinkan untuk memaknai sendiri masalah dan membuat pilihan terkait dengan masalah tersebut. Dosen hanya membimbing dan memfasilitasi, tetapi kepemilikan masalah diberikan kepada mahasiswa.

e. Belajar terarah sendiri (*self-directed*)

Masalah akan memberi dukungan esensial, walaupun demikian, mahasiswa akan diarahkan melalui materi sesuai motivasinya.

f. Belajar tentang belajar (*learning about learning*)

BBM juga memfokuskan diri pada prose situ sendiri. Dengan belajar melalui memecahkan masalah, mahasiswa akan diminta untuk menhayati proses tentang pemecahan masalah.

g. Bekerja sama

BBM memanfaatkan kelebihan bekerja berbasis kelompok untuk membangkitkan lingkungan yang kondusif untuk belajar.

h. Rumusan masalah memancing banyak pendapat

Masalah bersifat terbuka, yaitu tidak memerlukan satu jawaban benar. Masalah bias diinterpretasikan ganda tergantung dari kemampuan mahasiswa.

i. Pengakuan kemampuan awal mahasiswa (*recognition of Prior Learning*)

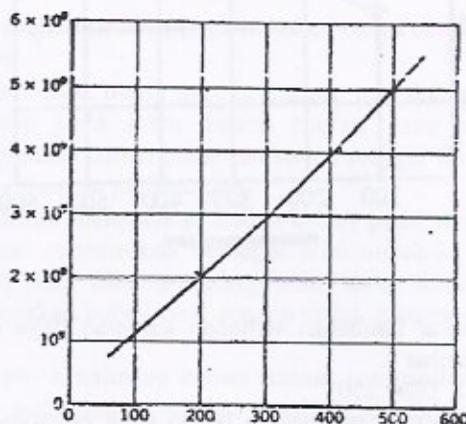
Dalam BBM, mahasiswa dianggap tanpa bekal kemampuan, tetapi mempunyai berbagai tingkat ketrampilan, pengalaman, dan konsep.

Analisis Operasi Ekonomis

Penentuan distribusi beban diantara unit pembangkit pada suatu sistem pembangkit, biaya-biaya operasi variabel unit ini harus dinyatakan sebagai fungsi dari keluaran daya. Bahan bakar merupakan hal utama dalam stasiun-stasiun yang menggunakan bahan bakar fosil dan bahan bakar nuklir yang dapat dinyatakan sebagai fungsi keluaran.

Suatu kurve masukan keluaran yang khas, merupakan pemetaan (*plot*) dari masukan bahan bakar untuk stasiun bahan bakar fosil dalam ton/jam terhadap keluaran daya dari unit ini dalam megawatt yang didapatkan dari hasil survei. Curve masukan keluaran dapat dilihat dalam Gambar 1. Ordinat-ordinat tersebut diubah dalam pendekatan linear untuk masukan bahan bakar terhadap keluaran daya dari unit pembangkit.

Patokan untuk distribusi beban antara setiap dua unit didasarkan pada kenyataan apakah menaikkan beban pada salah satu unit pada saat beban pada unit yang lain diturunkan dengan jumlah yang sama akan mengakibatkan suatu kenaikan atau penurunan pada bahan bakar total yang digunakan. Hal ini berkepentingan dengan bahan bakar tambahan (*increment fuel*) yang ditentukan oleh kurve masukan keluran dari kedua unit tersebut (Stevenson. D, 1984)



Gambar 1. Garis lengkung masukan terhadap keluaran untuk suatu unit pembangkit. (Stevenson, D, 1984:250)

Jika ordinat-ordinat masukan keluaran kita nyatakan dengan Ton/jam dan kita misalkan:

F_n = masukan ke unit n , Ton/jam

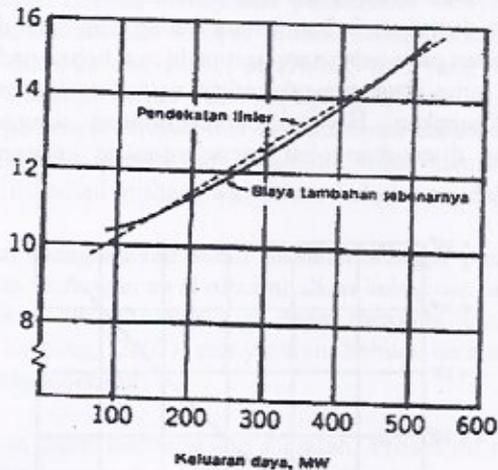
P_n = keluaran unit n , MW

maka bahan bakar tambahan unit tersebut dalam Ton perMegawatt jam adalah dF_n/dP_n .

Bahan bakar tambahan suatu unit untuk setiap keluaran daya yang ditetapkan adalah limit perbandingan kenaikan masukan bahan bakar dalam ton per jam terhadap kenaikan keluaran daya yang bersesuaian dalam megawatt pada saat kenaikan keluaran daya mendekati nol. Bahan bakar tambahan yang mendekati kebenaran dapat diperoleh dengan menentukan bahan bakar yang meningkat untuk suatu selang waktu tertentu dimana keluaran daya ditingkatkan sedikit. Pemetaan khas bahan bakar tambahan terhadap keluaran daya dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari analisis kurve tambahan bahan bakar maka dapat dicari suatu persamaan linearnya. Hal tersebut menjadi latar belakang untuk dapat mengerti prinsip-prinsip yang digunakan dalam mendistribusikan beban diantara unit-unit di dalam sebuah stasiun.

Penggunaan kaidah bahwa keluaran total suatu stasiun yang dicatu oleh dua buah unit dan pembagian beban antara dua buah unit adalah sedemikian rupa sehingga bahan bakar tambahan untuk salah satu unit lebih tinggi dari pada yang lain. Sekarang sebagian beban dipindahkan dari unit dengan bahan bakar tambahan yang tinggi ke unit dengan bahan bakar tambahan yang lebih rendah. Pengurangan beban pada unit dengan bahan bakar tambahan yang lebih tinggi akan menghasilkan pengurangan bahan bakar yang lebih besar dari pada peningkatan bahan bakar untuk menambahkan sejumlah beban yang sama pada unit dengan bahan bakar tambahan yang lebih rendah. Pemindahan beban dari satu unit ke unit yang lain dapat diturunkan dengan suatu pengurangan dalam bahan bakar total sampai bahan bakar tambahan dari kedua unit itu sama. Penggunaan metode ini dapat dilakukan dengan perluasan untuk suatu stasiun yang mempunyai lebih dari dua unit.



Gambar 2. Bahan bakar tambahan terhadap keluaran daya dari kurve masukan keluaran gambar 1.

(Stevenso.D, 1984:250)

Patokan yang digunakan untuk pembagian beban yang ekonomis antara unit-unit di dalam suatu stasiun adalah bahwa semua unit-unit itu harus bekerja dengan bahan bakar tambahan yang sama. Jika keluaran stasiun akan dinaikkan, maka bahan bakar tambahan pada unit-unit yang bekerja juga akan naik tetapi harus selalu sama untuk semua unitnya. Suatu stasiun dengan k unit:

$$F_T = F_1 + F_2 + \dots + F_k = \sum_{n=1}^k F_n \quad (\text{Stevenson.D:1984:251}) \dots (1)$$

$$P_R = P_1 + P_2 + \dots + P_k = \sum_{n=1}^k P_n \quad (\text{Stevenson.D:1984:251}) \dots (2)$$

dimana F_T adalah bahan bakar total dan P_R adalah daya total yang diterima oleh rel stasiun dan dipindahkan ke sistem tenaganya. Bahan bakar masing-masing unit adalah F_1, F_2, \dots, F_k dengan keluaran daya yang bersesuaian P_1, P_2, \dots, P_k . Guna mendapatkan F_T yang minimum untuk suatu P_R tertentu, maka diferensial total $dF_T = 0$. Karena bahan bakar total tergantung pada keluaran daya dari masing-masing unit

$$dF_T = \frac{\partial F_T}{\partial P_1} dP_1 + \frac{\partial F_T}{\partial P_2} dP_2 + \dots + \frac{\partial F_T}{\partial P_k} dP_k = 0 \quad \dots (3)$$

(Stevenson.D, 1984:251)

Bahan bakar total F_T tergantung pada bermacam-macam keluaran unit, permintaan akan P_R yang konstan berarti bahwa persamaan (2) merupakan suatu pembatas (*constraint*) pada nilai minimum F_T . Pembatasan bahwa P_R harus tetap konstan didapatkan apabila $dP_R = 0$, jadi

$$dP_1 + dP_2 + \dots + dP_k = 0 \quad (\text{Stevenson.D, 1984:252}) \dots (4)$$

Dengan mengalikan persamaan (4) dengan λ dan mengurangkan persamaan hasilnya dengan persamaan (3), serta mengumpulkan suku-sukunya, diperoleh

$$\left(\frac{\partial F_T}{\partial P_1} - \lambda \right) dP_1 + \left(\frac{\partial F_T}{\partial P_2} - \lambda \right) dP_2 + \dots + \left(\frac{\partial F_T}{\partial P_k} - \lambda \right) dP_k = 0 \quad (5)$$

(Stevenson.D, 1984:252)

Masing-masing turunan parsial menjadi turunan penuh karena hanya bahan bakar dari setiap unit saja yang akan berubah jika keluaran daya unit itu saja yang diubah. Misalnya $\partial F_T / \partial F_k$ menjadi dF_T / dP_k . Persamaan (5) dipenuhi jika

$$\frac{dF_1}{dP_1} = \lambda; \frac{dF_2}{dP_2} = \lambda; \dots; \frac{dF_k}{dP_k} = \lambda \quad (\text{Stevenson.D, 1984:252}) \dots (6)$$

dan karena itu semua unit harus bekerja pada bahan bakar tambahan λ yang sama dalam Ton perjam yang minimum.

Bahan bakar tambahan untuk masing-masing unit dalam suatu stasiun hampir linear terhadap keluaran daya pada suatu daerah operasi yang sedang ditinjau. Persamaan-persamaan yang menyatakan bahan bakar tambahan sebagai fungsi linear dari keluaran daya akan banyak menyederhanakan perhitungan.

Suatu jadwal untuk menetapkan beban-beban pada setiap unit dalam suatu stasiun dapat disiapkan dengan memisalkan berbagai nilai untuk λ , dan mendapatkan keluaran-keluaran yang sesuai dari masing-masing unit, serta menambahkan keluaran-keluaran tersebut untuk mendapatkan beban total stasiun untuk masing-masing λ yang kita misalkan tersebut.

Suatu lengkungan λ terhadap beban stasiun menentukan nilai λ dimana setiap unit harus bekerja untuk suatu beban stasiun total yang telah diberikan. Jika beban-beban maksimum dan minimum telah ditetapkan untuk setiap unit, maka beberapa unit tidak akan dapat bekerja pada bahan bakar tambahan yang sama seperti pada unit yang lain dan masih tetap dalam batas-batas yang telah ditentukan untuk beban-beban ringan dan berat.

Belajar Berbasis Masalah bidang Analisis Operasi Ekonomis Sistem Pembangkit Tenaga Listrik

Penerapan metode belajar berbasis masalah pada bidang analisis operasi ekonomis sistem pembangkit tenaga listrik in yaitu dengan memberikan permasalahan yang nyata kemudian disimulasikan untuk secara bersama-sama diselesaikan dalam tim. Obyek permasalahan yang diambil adalah simulasi dari suatu sistem pembangkit tenaga listrik. Sistem pembangkit tenaga listrik tersebut terdiri dari 7 buah unit pembangkit.

Tahap pertama yang dilakukan adalah dengan mengadakan pendataan masukan bahan bakar dan keluaran daya dari masing-masing unit pembangkit yang beroperasi pada sistem tersebut serta daya total yang digunakan. Tahap kedua yaitu dengan melakukan analisis operasi ekonomis dengan pendekatan matematis guna mendapatkan kenaikan bahan bakar dan keluaran daya dari masing-masing unit pembangkit dan daya total yang sesuai dengan daya total yang dibutuhkan.

Perhitungan analisis operasi ekonomis dihitung dengan tahap-tahap:

- a. Penentuan persamaan linear masing-masing unit pembangkit.

Data dari masing-masing unit pembangkit ditentukan pendekatan persamaan linearnya sehingga didapatkan suatu persamaan

$$F_n = a P_n^2 + b P_n + c \quad \dots \dots \dots (7)$$

dimana:

F_n = masukan bahan bakar dalam Ton/hari

P_n = keluaran daya listrik dalam MW

Guna memperoleh persamaan pendekatan linear dari masing-masing unit pembangkit, maka digunakan metode kwadrat terkecil derajat 2.

Metode kwadrat terkecil dimulai dengan mengasumsikan tersedianya titik-titik pasangan data (x_i, y_i) dan dari titik-titik tersebut ingin dibuat suatu pendekatan linear. Persamaan tersebut akan menyajikan penyesuaian yang terbaik. Rumus-rumus yang diturunkan akan merupakan suatu himpunan persamaan-persamaan simultan dalam parameter a, b, dan c.

Persamaan tersebut akan berbentuk seperti persamaan 7.

Guna mendapatkan nilai-nilai dari a, b, dan c dapat dicari dengan suatu persamaan:

$$\begin{bmatrix} n & \Sigma P_n & \Sigma P_n^2 \\ \Sigma P_n & \Sigma P_n^2 & \Sigma P_n^3 \\ \Sigma P_n^2 & \Sigma P_n^3 & \Sigma P_n^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c \\ b \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma F_n \\ \Sigma P_n F_n \\ \Sigma P_n^2 F_n \end{bmatrix} \quad \dots \dots \dots (8)$$

Jika dijabarkan:

$$n c + \Sigma P_n b + \Sigma P_n^2 a = \Sigma F_n \quad \dots \dots \dots (9)$$

$$\Sigma P_n c + \Sigma P_n^2 b + \Sigma P_n^3 a = \Sigma P_n F_n \quad \dots \dots \dots (10)$$

$$\Sigma P_n^2 c + \Sigma P_n^3 b + \Sigma P_n^4 a = \Sigma P_n^2 F_n \quad \dots \dots \dots (11)$$

dengan memasukkan nilai-nilai yang diketahui dari P_n dan F_n serta disubstitusikan maka didapatkan nilai-nilai dari a, b, dan c.

Nilai dari a, b, dan c dimasukkan kepersamaan (7) sehingga didapatkan suatu persamaan regresi derajat 2, Hal ini dilakukan untuk masing-masing unit pembangkit.

- b. Penentuan patokan untuk operasi ekonomis masing-masing unit pembangkit.

Guna menentukan distribusi ekonomis beban diantara berbagai unit pembangkit, maka biaya-biaya operasi variabel unit ini harus dinyatakan sebagai fungsi dari keluaran daya. Patokan untuk distribusi beban antara setiap unit didasarkan pada kenyataan apakah menaikkan beban pada salah satu unit pada saat beban pada unit yang lain diturunkan dengan jumlah yang sama akan mengakibatkan suatu kenaikan atau penurunan pada bahan bakar total yang digunakan. Penentuan bahan bakar tambahan (*increment fuel*) dari kurve masukan keluran kedua unit tersebut didapatkan dengan cara dF_n/dP_n dalam ton permegawatt jam.

dimana:

F_n = masukan ke unit n , Ton/jam

P_n = keluaran unit n , MW

Bahan bakar tambahan untuk setiap keluaran daya yang ditetapkan adalah limit perbandingan kenaikan masukan bahan bakar dalam ton per jam terhadap kenaikan keluaran daya yang bersesuaian dalam megawatt pada saat kenaikan keluaran daya mendekati nol.

Kurve bahan bakar tambahan kemudian dianalisis guna menentukan suatu persamaan linearnya. Pembagian beban antara dua buah unit adalah sedemikian rupa sehingga bahan bakar tambahan untuk salah satu unit lebih tinggi dari pada yang lain. Sekarang sebagian beban dipindahkan dari unit dengan bahan bakar tambahan yang tinggi ke unit dengan bahan bakar tambahan yang lebih rendah. Pengurangan beban pada unit dengan bahan bakar tambahan yang lebih tinggi akan menghasilkan pengurangan bahan bakar yang lebih besar dari pada peningkatan bahan bakar untuk menambahkan sejumlah beban yang sama pada unit dengan bahan bakar tambahan yang lebih rendah. Pemindahan beban dari satu unit ke unit yang lain dapat diturunkan dengan suatu pengurangan dalam bahan bakar total sehingga bahan bakar tambahan dari kedua unit itu sama.

Patokan yang digunakan untuk pembagian beban yang ekonomis antara unit-unit di dalam suatu stasiun adalah bahwa semua unit-unit itu harus bekerja dengan bahan bakar tambahan yang sama. Jika keluaran stasiun akan dinaikkan, bahan bakar tambahan pada unit-unit yang bekerja juga akan naik tetapi harus selalu sama untuk semua unitnya.

Suatu stasiun dengan k unit:

$$F_T = F_1 + F_2 + \dots + F_k = \sum_{n=1}^k F_n \quad \dots \dots \dots (12)$$

$$P_R = P_1 + P_2 + \dots + P_k = \sum_{n=1}^k P_n \quad \dots \dots \dots (13)$$

dimana F_T adalah bahan bakar total dan P_R adalah daya total yang diterima oleh rel stasiun dan dipindahkan ke sistem tenaganya.

Masing-masing unit pembangkit harus bekerja pada bahan bakar tambahan yang sama. Bahan bakar tambahan yang sama dalam Ton/hari akan diperoleh pada saat:

$$\frac{dF_1}{dP_1} = \lambda; \quad \frac{dF_2}{dP_2} = \lambda; \quad \dots; \quad \frac{dF_n}{dP_n} = \lambda \quad \dots \dots \dots (14)$$

Untuk suatu sistem dengan k unit unit pembangkit pada saat keluaran total P_T , keluaran masing-masing unit pembangkit dapat dicari dengan jalan:

$$P_1 + P_2 + \dots + P_k = P_T \quad \dots \dots \dots (15)$$

Pada saat λ yang sama dari masing-masing unit pembangkit maka didapatkan persamaan:

$$\lambda_n = a_n + b_n P_n \quad \dots \dots \dots (16)$$

sehingga dapat dirubah:

$$P_n = \frac{\lambda_n - a_n}{b_n} \quad \dots \dots \dots (17)$$

berdasarkan persamaan (14) dan memasukkan persamaan (17) dari masing-masing unit pembangkit ke persamaan (15), maka didapatkan suatu persamaan:

$$\frac{\lambda - a_1}{b_1} + \frac{\lambda - a_2}{b_2} + \dots + \frac{\lambda - a_k}{b_k} = P_R \quad \dots \dots \dots (18)$$

dengan memasukkan nilai-nilai yang telah ada maka dapat didapatkan λ dari masing-masing unit pembangkit.

Kemudian λ tersebut dimasukkan ke persamaan (16) guna mendapatkan daya keluaran dari masing-masing unit pembangkit. Daya keluaran masing-masing unit pembangkit tersebut kemudian dimasukkan ke dalam persamaan (7) dari masing-masing unit pembangkit guna mendapatkan bahan bakar yang digunakan perhari.

Permasalahan analisis operasi ekonomis sistem pembangkit yang telah disimulasikan melalui metode belajar berbasis masalah membuat mahasiswa menjadi tertarik dan tertantang untuk menyelesaikan bagaimana membuat suatu penjadwalan operasi ekonomis suatu sistem pembangkit. Metode ini sangat bermanfaat sekali karena dengan menggunakan permasalahan yang nyata kemudian disimulasikan, mahasiswa merasa tertantang untuk menyelesaikan permasalahan yang ada yang pada akhirnya mahasiswa akan memahami secara mendalam materi yang telah diberikan.

Kesimpulan

Belajar berbasis masalah adalah pendekatan menyeluruh pada proses pendidikan yang dilakukan dengan mendisain permasalahan-permasalahan yang nantinya menuntut mahasiswa untuk mengembangkan berfikir kritis dan berpengetahuan kreatif, mampu memecahkan masalah, strategi belajar terarah dan ketrampilan berpartisipasi dalam tim. Mahasiswa juga dituntut untuk memecahkan masalah tersebut dan memenuhi tantangan yang dihadapi yang nantinya dapat bermanfaat dalam kehidupan dan karier profesional yang akan datang.

Penerapan belajar berbasis masalah dalam bidang operasi ekonomis sistem pembangkit tenaga listrik cocok digunakan dengan mendisain suatu permasalahan nyata yang kemudian disimulasikan dalam suatu kasus. Kasus tersebut kemudian diberikan kepada mahasiswa untuk dipecahkan sehingga mahasiswa dapat menganalisis operasi ekonomis suatu sistem pembangkit tenaga listrik mulai dari data masukan keluaran dari unit-unit pembangkit hingga didapatkan suatu operasi yang dinilai ekonomis bagi sistem pembangkit tersebut.

Daftar Pustaka

- Louis A. pipes, Lawrence R. Harvill. 1991. *Matematika Terapan Untuk Para Insinyur dan Fisikawan Jilid 2, Edisi ketiga*. Gadjahmada University Press. Yogyakarta.
- Lee, Lang-Wah and Ceylan, Tamer. (2004). *A problem-based learning method for teaching thermal systems design*. <http://www.asee.org/conferences/search/00974.PDF>. Diambil Tanggal 1/4/2004
- Sembiring, R.K. 1995. *Analisis regresi*. ITB Bandung: Bandung.
- Stevenson, William D. Jr. 1984. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Erlangga: Jakarta.
- Sánchez, Ismael And Berríos, Aida. (2001). *Using the problem based learning (PBL) process in the design and construction of electronic circuits. International Conference On Engineering Education, August 6 – 10, 2001 Oslo, Norway*
- Wono Setya Budhi. 1995. *Aljabar Linear*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Xiuping, Zhang. (2002). *The combination of traditional teaching method and problem based learning, The China Papers, Vol. 1, October 2002*

Riwayat Hidup

Yuwono Indro Hatmojo, S.Pd, lahir di Brebes pada tanggal 20 Juli 1976. Menamatkan pendidikan S1 di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Yogyakarta tahun 2001. Saat ini sedang menempuh pendidikan S2 di Teknik Elektro UGM dengan konsentrasi pada Sistem Komputer Informatik. Dosen tetap di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta (UNY) sejak tahun 2002.