

Pembuatan *Operator Training Simulator* Unit Metanasi Pabrik Amonia Menggunakan DCS Centum CS3000 Yokogawa

Mutiara Maulida, Estiyanti Ekawati dan Agus Samsi
Program Studi Teknik Fisika – Institut Teknologi Bandung

Abstrak

Operator memegang peranan penting dalam pengawasan suatu sistem kontrol di industri. Seorang operator yang handal harus memahami karakteristik proses dan tanggap dalam mengendalikan sistem kontrol yang digunakannya. Untuk itu dibuatlah suatu *Operator Training Simulator* (OTS) yang dapat digunakan oleh operator dalam belajar secara cepat dan aman supaya dapat menjadi operator seperti yang diharapkan. OTS yang dibuat dalam penelitian ini dibangun dengan menggunakan DCS Centum CS3000 Yokogawa untuk unit metanasi pada pabrik amonia. *Real plant* dari unit metanasi dibuat menjadi suatu *virtual plant* dengan menggunakan pemodelan matematika. Pemodelan yang dilakukan adalah pemodelan untuk perubahan laju temperatur dan perubahan laju konsentrasi dari CO₂ terhadap waktu. Pemodelan tersebut diprogram dalam perangkat lunak DCS Centum CS3000 dengan menggunakan fasilitas pemrograman *Function Block*. *Human Machine Interface* (HMI) atau tampilan dari DCS juga dibangun pada *Control Drawing* untuk memudahkan operator atau pengguna OTS dalam mengamati dinamika proses yang terjadi. Dari hasil simulasi didapat temperatur operasi adalah 318,8 °C dan konsentrasi dari CO₂ setelah mengalami reaksi adalah 2, 3 mol/m³. Hasil ini didapat dengan melakukan pengaturan pada variabel masukan sesuai dengan petunjuk operasi pabrik. *Operator Training Simulator* yang telah dibangun kemudian diujicobakan kepada mahasiswa untuk dimintai pendapat mengenai performa dari *Operator Training Simulator* tersebut. Berdasarkan hasil survei, pengguna simulator dapat memahami proses pada unit metanasi dalam waktu yang cepat walaupun dengan latar belakang pengguna yang belum paham dengan industri proses.

Kata Kunci: DCS, Operator Training Simulator, Metanasi, HMI, Function Block.

Abstract

The operator is an important role in supervising control system in the industry. An operator should understand characteristic of the process and perceptive in supervising control system. The operator training system is a learning tool that help operator to understand control process characteristic of the plant. In this project, OTS was build using DCS Centum CS3000 Yokogawa for a methanizer unit on ammonia plants. Virtual plant was built to resemble the real plant using mathematical modeling. The difference of temperature and velocity concentration of CO₂ respect to time was modeled in order to resemble ammonia production process. The model was built using Function Block of DCS Centum CS3000 Yokogawa. Human Machine Interface (HMI) was also developed using Control Drawing to reserve the operator in observing the dynamic process of the plant. Simulation resulted that temperature at operational mode is 318,8 °C and the concentration of CO₂ after reaction process is 2, 3 mole/m³. These results were obtained by adjusting input variable according to the operation procedure of the plant. This Operator Training Simulator has been tested to university student in order to check the convenience of the system. As a result, most of them was quickly understood the system while they used, although they have no background of the system before.

Keyword: DCS, Operator Training Simulator, Methanizer, HMI, Function Block.

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pada zaman sekarang ini proses yang terjadi dalam industri sudah tidak lagi sederhana, sehingga dibutuhkan suatu sistem kontrol yang saling terintegrasi dan dapat mengatur instrumen-instrumen yang ada untuk keberlangsungan proses agar sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan. Dalam penelitian ini industri yang ditinjau adalah industri pupuk, khususnya pada pabrik amonia. DCS merupakan salah satu sistem kontrol yang biasa digunakan dalam industri. Pada pabrik amonia ini, DCS yang digunakan adalah *Distributed Control System* (DCS) Centum CS3000 Yokogawa. Dalam pengoperasian DCS ini tentu dibutuhkan operator yang handal. Operator tersebut harus dapat mengoperasikan DCS yang digunakan dan dapat memahami karakteristik dari proses yang dikontrolnya, sehingga operator tersebut dapat mengontrol unit proses tersebut dengan baik dan terutama dapat segera menyadari apabila terjadi keadaan darurat.

Untuk menjadi seorang operator yang handal maka operator tersebut harus belajar dan berlatih. Saat ini cara seorang operator untuk belajar adalah dengan mempelajari teori dasar dari karakteristik unit proses tersebut dan kemudian menjadi pengamat di lapangan. Cara belajar seperti ini membutuhkan waktu yang cukup lama dan tidak produktif, selain itu kondisi yang dapat diamati cenderung hanya untuk kondisi normal operasi. Padahal kondisi lainnya, seperti *startup*, *shutdown*, dan kondisi darurat merupakan hal yang sangat penting untuk dipelajari langsung untuk dapat melatih operator supaya lebih tanggap. Solusi dalam masalah ini adalah dengan menggunakan *Operator training simulator*. Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu *operator training simulator* yang dapat dengan mudah digunakan serta dapat merepresentasikan proses unit metanasi pada pabrik amonia dengan menggunakan DCS Centum CS3000 Yokogawa. Pada penelitian ini simulator proses yang akan dibuat adalah unit metanasi pada pabrik amonia dengan asumsi proses metanasi yang disimulasikan dalam reaktor hanya dipengaruhi oleh senyawa CO₂ dan tekanan pada unit metansi diasumsikan tetap pada 20 kg/cm² G.

2 Konsep / Teori Dasar

2.1 Operator Training Simulator

Operator training simulator (OTS) merupakan aplikasi berbasis komputer dalam mensimulasikan suatu proses dalam industri beserta sistem kontrolnya untuk keperluan pelatihan operator pabrik/industri. *Plant* dalam suatu OTS merupakan suatu *plant virtual* yang dibuat berdasarkan pemodelan dari dinamika proses *plant* sebenarnya, sehingga dapat merepresentasikan karakteristik dari *plant* tersebut. Tampilan simulator tersebut juga dibuat sedemikian rupa sehingga mirip dengan tampilan pada *operator display* yang ada di *control room*.

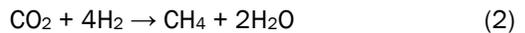
2.2 DCS Centum CS3000 Yokogawa

Distributed Control System (DCS) merupakan komponen sistem kontrol yang biasa digunakan pada sistem manufaktur atau proses-proses dinamis dimana pengontrolnya tidak terpusat, namun terdistribusikan pada setiap sub-sistem. Keseluruhan sistem pengontrol saling terhubung untuk dapat saling berkomunikasi sehingga operator lebih mudah dalam melakukan pengawasan. Dalam suatu DCS terdapat tiga komponen utama,

yaitu FCS (*Field Control Station*), HIS (*Human Interface Station*), dan *field instrument* yang saling terhubung satu sama lain.

2.3 Metanasi

Metanasi merupakan proses untuk mengkonversi kandungan CO dan CO₂ dengan mereaksikan CO dan CO₂ dengan hidrogen sehingga membentuk CH₄.



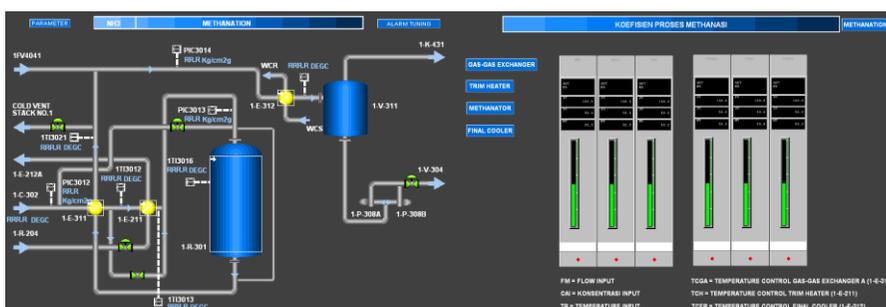
Metanasi merupakan proses dengan reaksi eksoterm. Reaksi kimia yang terjadi menghasilkan kalor yang turut menaikkan temperatur dari gas dalam reaktor. Salah satu faktor yang menentukan proses metanasi adalah keaktifan katalis. Semakin tinggi temperatur dalam reaktor maka katalis akan semakin aktif bekerja, namun umur dari katalis juga akan semakin cepat.

2.4 Skenario Proses Unit Metanasi

Gas masukan dari unit metanasi pertama kali dialirkan melewati *heat exchanger gas-gas exchanger* (1-E-311). Selanjutnya gas ini akan dipanaskan kembali oleh *trim heater* (1-E-211). *Trim Heater* merupakan *heat exchanger* yang berfungsi sebagai pemanas tambahan dan pemanas awal. Apabila temperatur keluaran dari *gas-gas exchanger* belum dapat mencapai temperatur yang diharapkan dari temperatur masukan metanator maka *trim heater* lah yang akan digunakan. Selanjutnya gas keluaran dari *trim heater* dialirkan menuju metanator. Metanator merupakan reaktor yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya reaksi metanasi. Reaksi pembentukkan metana yang terjadi merupakan reaksi eksoterm, sehingga reaksi ini akan menghasilkan kalor yang akan menaikkan temperatur gas. Selanjutnya gas keluaran dari metanator akan dialirkan menuju *gas-gas exchanger* (1-E-311) kembali untuk didinginkan. Gas ini kemudian didinginkan kembali dengan dialirkan pada *heat exchanger final cooler*.

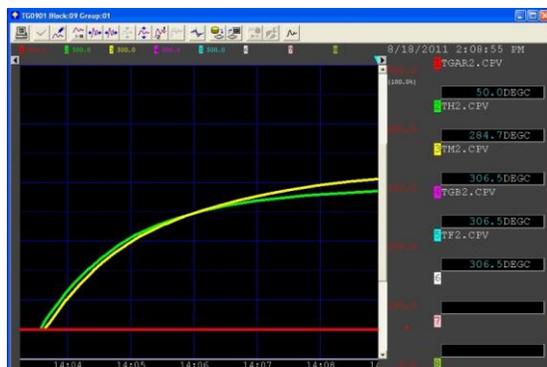
3 Hasil dan Analisis

Simulator proses ini telah menampilkan proses yang terjadi pada unit metanasi pabrik pembuatan amonia. Tampilan dari simulator unit metanasi ini ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Tampilan simulator proses unit metanasi

Variabel masukan yang dapat diubah pada simulator ini adalah temperatur masukan awal dari unit metanasi, temperatur set *point* untuk setiap *heat exchanger*, laju aliran gas masukan, dan konsentrasi awal CO₂ dari gas masukan. Dengan mengubah variabel masukan sesuai dengan skenario proses maka dapat disimulasikan kondisi *startup* dari unit metanasi seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik kenaikan temperatur reaktor saat *startup*

Pada tahap kondisi operasi, dilakukan pengujian karakteristik respon proses. Pada pengujian ini respon keluaran yang diamati dalam satu waktu hanya berdasarkan pada setiap satu perubahan variabel masukan yang mempengaruhi kestabilan temperatur keluaran serta konsentrasi keluaran CO₂ dari reaktor, yaitu laju aliran gas, konsentrasi CO₂ awal dalam gas, serta temperatur set *point gas-gas exchanger* (temperatur masukan reaktor). Hasil pengujian ini ditampilkan dalam bentuk tabel, pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1 Pengaruh perubahan laju aliran gas masukan

Laju Aliran Gas Masukan (m ³ /s)	Temperatur Masukan (OC)	Konsentrasi Masukan CO ₂ (mol/m ³)	Temperatur Keluaran (OC)	Konsentrasi Keluaran CO ₂ (mol/m ³)
2	290	4.5	339.7	0.6
6	290	4.5	318.8	2.3
15	290	4.5	299.3	3.8
25	290	4.5	295.1	4.1
40	290	4.5	293.1	4.3
49	290	4.5	292.5	4.3

Tabel 2 Pengaruh perubahan konsentrasi CO₂ masukan

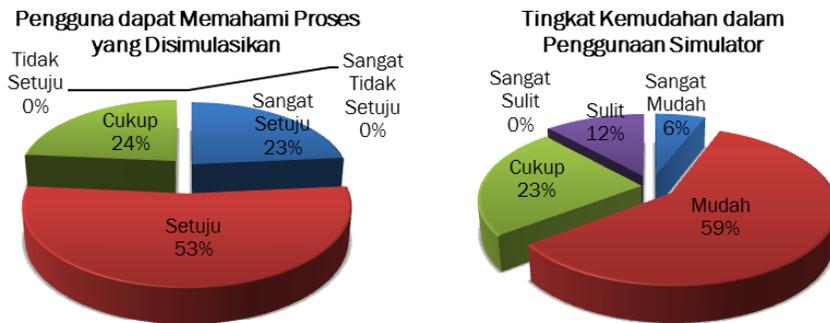
Laju Aliran Gas Masukan (m ³ /s)	Temperatur Masukan (°C)	Konsentrasi Masukan CO ₂ (mol/m ³)	Temperatur Keluaran (°C)	Konsentrasi Keluaran CO ₂ (mol/m ³)	Δ Konsentrasi CO ₂ (mol/m ³)
6	290	2.0	298.0	1.4	0.6
6	290	3.0	304.0	1.9	1.1
6	290	4.0	312.8	2.2	1.8
6	290	4.5	318.8	2.3	2.2
6	290	5.0	326.3	2.2	2.8
6	290	6.0	344.6	1.7	4.3

Tabel 3 Pengaruh perubahan temperatur masukan reaktor

Laju Aliran Gas Masukan (m ³ /s)	Temperatur Masukan (OC)	Konsentrasi Masukan CO ₂ (mol/m ³)	Temperatur Keluaran (OC)	Konsentrasi Keluaran CO ₂ (mol/m ³)
6	290	4.5	318.8	2.3
6	293	4.5	325.1	2.0
6	300	4.5	338.4	1.5
6	305	4.5	347.3	1.2
6	310	4.5	355.5	1.0
6	325	4.5	374.6	0.6

Dengan mengetahui karakteristik respon dari proses maka operator akan lebih tanggap saat melakukan pengaturan sistem kontrol sebenarnya. Operator dapat memahami variabel apa yang harus diubah apabila terjadi kebutuhan untuk mengubah variabel masukan.

Setelah melakukan uji respon dari simulator, simulator diujicobakan kepada mahasiswa. Berdasarkan hasil survei yang dilakukan kepada 17 orang mahasiswa tingkat akhir jurusan Teknik Fisika setelah mencoba menggunakan simulator proses unit metanasi ini, didapat hasil seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Hasil survei penggunaan simulator

4 Kesimpulan

Operator training simulator ini telah dapat merepresentasikan kondisi startup, kondisi normal operasi, dan kondisi shut down dari unit metanasi. Simulator ini memberikan fasilitas perubahan variabel masukan. Variabel masukan yang dapat diubah adalah laju aliran gas masukan, konsentrasi awal CO₂, dan temperatur set point dari heat exchanger. Masing-masing variabel masukan memiliki nilai batasan maksimum dan minimum sebagai berikut :

1. $F_M = 1 \text{ m}^3/\text{s} - 49 \text{ m}^3/\text{s}$
2. $C_{Ai} = 0 \text{ mol}/\text{m}^3 - 6 \text{ mol}/\text{m}^3$
3. $T_{st} \text{ untuk gas-gas exchanger} = 25^\circ\text{C} - 325^\circ\text{C}$
4. $T_{st} \text{ untuk trim heater} = 25^\circ\text{C} - 290^\circ\text{C}$
5. $T_{st} \text{ untuk final cooler} = 25^\circ\text{C} - 450^\circ\text{C}$

Latar belakang dari pengguna simulator juga memberikan pengaruh terhadap nilai yang diberikan untuk performa simulator ini. Terlihat pada pengguna kelompok 1 dengan latar belakang yang jarang menggunakan simulator proses memberikan nilai rata-rata 17.82. Kelompok 2 dengan latar belakang cukup sering menggunakan simulator proses memberikan nilai rata-rata 19.63. Sedangkan kelompok 3 yang memiliki latar belakang sangat sering menggunakan simulator proses memberikan nilai 21.75. Berdasarkan hasil survei, 76% dari pengguna simulator menyatakan telah memahami proses yang disimulasikan setelah menggunakan simulator unit metanasi ini. Hal ini dicapai walaupun dengan 64% pengguna memiliki latar belakang yang belum paham dengan industri proses dan 70% pengguna sangat jarang dalam menggunakan simulator. Faktor-faktor yang menyebabkan para pengguna dapat dengan mudah memahami proses yang disimulasikan adalah pemberian deskripsi simulator yang cukup memadai sebelum simulator digunakan, tampilan dari simulator yang cukup mudah dimengerti dan *user friendly* sehingga mudah digunakan, serta fleksibilitas yang cukup memadai dalam perubahan variabel masukan.

5 Daftar Pustaka

- [1] Irianto, B. N, dkk. (2002). "Petunjuk Operasi Pabrik Ammoniak Kaltim-4". Bontang: PT Pupuk Kalimantan Timur
- [2] Prasetya, H. (2010). "Pembuatan Operator *Training Simulator* Unit *Primary Reformer* Pabrik Amonia Menggunakan DCS CENTUM CS3000 YOKOGAWA" Tugas Akhir S1, Institut Teknologi Bandung, Indonesia.

- [3] Stephanopoulos, G. (1984). "*Chemical Process Control; An Introduction to Theory and Practice*". Prentice Hall. New Jersey
- [4] Herwijnen, T. dkk. (1973). "*Kinetics of The Methanation of CO and CO₂ on a Nickel Catalyst*". *Journal of Catalyst* 28, 391-412
- [5] Khorsand, K, dkk. (2007). "*Modelling and Simulation of Methanation Catalytic Reactor in Ammonia Unit*". *Petroleum & Coal* 49, 46-53
- [6] Coughanowr D. R. (1991). "*Process System Analysis and Control*". McGraw-Hill
- [7] Doebelin, E. O. (1990). "*Measurement Systems Application and Design*". Ohio: McGraw-Hill
- [8] McCabe, W. dkk. (1995). "*Unit Operation of Chemical Engineering Fifth Edition*". Singapura: McGraw-Hill
- [9] Wibowo, A. (2007). "Pembangunan Simulator Proses CO₂ Absorber Menggunakan Perangkat Lunak DCS CS1000 YOKOGAWA" Tugas Akhir S1, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia
- [10] Yokogawa Electric Corporation. (1998). "*User's Manual CS3000/CS1000*". Yokogawa Electric Corporation
- [11] <http://www.lpik.itb.ac.id>
- [12] <http://www.engineering-page.com>