

## Perancangan Sistem Simulasi HYSYS & Integrasi dengan Programmable Logic Controller-Human Machine Interface : Studi Kasus pada Plant Kolom Distilasi Etanol-Air

Albert Soporuta, Parsaulian Siregar dan Estiyanti Ekawati

Program Studi Teknik Fisika – Institut Teknologi Bandung

### Abstrak

Penelitian ini membahas perancangan sistem terintegrasi dengan *Programmable Logic Controller* (PLC), *Human Machine Interface* (HMI), dan sistem simulasi dengan HYSYS sebagai komponen sistem. Studi kasus pada penelitian ini adalah plant kolom distilasi etanol-air yang berada pada Lab. Pemisahan dan Pemurnian, Teknik Kimia ITB. Kolom terdiri dari 15 *bubble cap trays*, kondenser, dan reboiler. Input proses distilasi adalah daya reboiler dan outputnya temperatur kolom. Proses yang terjadi adalah *batch distillation*.

Pemodelan proses dilakukan menggunakan fitur yang tersedia pada HYSYS dan pada akhirnya dilakukan simulasi dinamik secara *real-time*. Integrasi sistem yang dirancang meliputi 1 unit PLC Allan Bradley sebagai komponen akuisisi data, program HYSYS sebagai perangkat simulasi, dan InTouch Wonderware sebagai media antar muka. Komunikasi antar komponen tersebut ditangani oleh TOP Server dengan protokol OPC dan Ms Excel 2010 yang menangani komunikasi HYSYS-TOP Server dengan protokol DDE. Dalam kegiatan operasi, semua proses yang terjadi pada setiap komponen akan berlangsung secara simultan dan *real-time*.

Dari percobaan yang dilakukan, didapati temperatur yang tercatat pada virtual plant sebesar 78<sup>0</sup>C dan pada plant nyata sebesar 80<sup>0</sup>C. Dengan in-akurasi sensor sebesar 2<sup>0</sup>C, kedua nilai temperatur tersebut relatif sama. Data fraksi mol pada plant nyata dan HYSYS juga tidak berbeda jauh yaitu 0.834 dan 0.891. Oleh karena itu, disimpulkan model HYSYS telah sesuai dengan kolom distilasi nyata pada keadaan *steady state*. Sistem terintegrasi yang telah dibangun mampu menangani komunikasi data dari kedua plant dan berfungsi sebagai media monitoring. Sistem juga telah siap untuk dilengkapi dengan sistem kontrol atau perangkat simulasi tambahan sehingga sistem simulasi distilasi dapat digunakan sebagai media pembelajaran atau training.

*Kata kunci Integrasi sistem, PLC, HMI, HYSYS, distilasi, simulasi dinamik*

### Abstract

Integrated system of PLC, HMI and HYSYS was developed for monitoring system of lab scale ethanol-water distillation column consisting 15 bubble cap trays, condenser and reboiler. Input for distillation process was boiler power and the output was temperature column. Modeling and real time dynamic simulation was performed by HYSYS, acquisition data processor by PLC and interface media by InTouch Wonderware using OPC communication protocol at TOP Server. Meanwhile, HYSYS and Top Server using DDE communication protocol at Ms Excel 2010. As a result, the simulation showed temperatures at virtual plant was 2<sup>0</sup>C less than actual plant, mole fraction for both actual and virtual were relatively equal.

*Keyword: Integrated system, PLC, HMI, HYSYS, distillation, dynamic simulation.*

## 1 Pendahuluan

Seiring berkembangnya teknologi, kelengkapan proses industri semakin bertambah pula. Pada sebuah plant berskala industri, komponen pengukuran ataupun aktuator dapat berjumlah ratusan bahkan ribuan. Kegiatan industri proses sangat bergantung terhadap banyak parameter yang harus dimonitor dan dikontrol setiap saat. Tanpa adanya sistem

yang mewadahi aktivitas ini, kegiatan monitoring atau kontrol akan memakan sumber daya yang besar dan rentan kesalahan operator. Sistem monitoring dan kontrol yang baik akan berakibat pada peningkatan kinerja dan *downtime* minimal. Sistem monitoring dan kontrol yang baik dapat dicapai dengan mengintegrasikan seluruh komponen industri menjadi suatu sistem yang kompak sehingga semua informasi ataupun perintah dapat diakses melalui satu media.

Diaplikasikan dengan baik, sistem terintegrasi dapat meningkatkan nilai proses secara keseluruhan. Sistem terintegrasi menjadi sangat esensial pada proses industri yang dinamik karena erat kaitannya dengan *response time* yang sangat menentukan performa proses. Sistem terintegrasi juga menjadikan data dan informasi proses menjadi tersedia untuk diakses oleh banyak pihak seperti operator, *engineer*, dan manajemen.

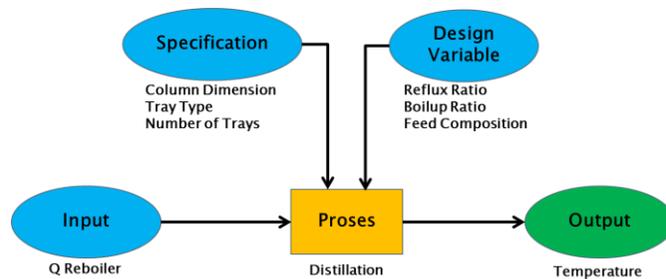
Kolom distilasi yang berada pada laboratorium pemisahan dan pemurnian hanya dilengkapi dengan termometer kaca sehingga pengambilan data temperatur hanya dapat dilakukan secara manual. Agar proses pada kolom distilasi dapat diamati dengan optimal diperlukan instrumen pengukuran yang terintegrasi dengan perangkat antar muka yang praktis.

## 2 Teori Dasar

### 2.1 Kolom Distilasi

Prinsip kerja kolom distilasi adalah memurnikan satu komponen tertentu dengan memanfaatkan perbedaan titik didih komponen tersebut dengan komponen pelarutnya (dalam hal ini larutan etanol-air). Pertama-tama larutan etanol-air dengan fraksi mol etanol tertentu dimasukkan pada labu *reboiler*. *Reboiler* yang berbentuk wadah silinder dengan minyak pemanas kemudian akan mendidihkan larutan ini pada suhu tertentu. Saat suhu larutan mencapai atau melewati titik didih, uap larutan akan naik melewati *bubble cap trays* pada modul distilasi. Pada puncak kolom distilasi, uap ini akan dikondensasikan. Aliran kondensat tersebut akan dibagi untuk produk dan *reflux* (kembali ke kolom distilasi). Saat kesetimbangan tercapai, kondensat yang turun menuju labu *reboiler* akan bersentuhan dengan uap larutan yang naik sehingga menurunkan temperaturnya. Bagian dalam kolom distilasi yang dilengkapi dengan *bubble cap trays* memastikan terjadinya kontak maksimal antara dan uap. Seiring turunnya temperatur, komponen yang lebih *volatile* (etanol) akan tetap pada fasa uap sedangkan komponen yang kurang *volatile* (air) akan berubah menjadi cair dan ikut turun ke labu *reboiler*.

Dalam lingkup kontrol proses, fenomena yang terjadi pada kolom distilasi direpresentasikan oleh variabel-variabel proses yang dapat digambarkan dalam diagram input-proses-output (IPO) seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1** Diagram IPO kontrol proses

Dari diagram tersebut dapat dilihat bahwa pada proses distilasi, *output* temperatur merupakan fungsi dari *input* Q Reboiler.

## 2.2 HYSYS

HYSYS merupakan perangkat lunak buatan Aspen Technologies Inc. yang sangat berguna dalam process *sizing* dan simulasi. HYSYS mampu memodelkan suatu sistem proses secara detail. Berbeda dengan MATLAB, HYSYS telah menyediakan objek sistem industri yang telah dilengkapi dengan fungsi transfer masing-masing objek. Pengguna dapat menggunakan objek pada palet objek dengan menentukan parameter spesifikasi objek dan beberapa variabel proses. Apabila objek yang diinginkan tidak tersedia pada *toolbox*, pengguna dapat menggunakan blok fungsi transfer untuk merepresentasikan objek tersebut.

## 2.3 Programmable Logic Controller

*Programmable Logic Controller* (PLC) merupakan perangkat yang berfungsi mengatur jalannya proses pada industri. PLC biasa terdiri dari prosesor yang dilengkapi dengan beberapa modul seperti modul *input*, *output*, memori, komunikasi, dan modul khusus. Sinyal yang ditangani modul *input* dan *output* dapat berupa digital maupun analog. Modul digital memiliki nilai diskrit 1 atau 0 sedangkan analog dapat berupa tegangan (0-5 V atau 0-10 V) atau arus (4-20 mA).

Metoda penulisan program yang paling umum adalah dengan pemrograman diagram ladder. Pemrograman diagram ladder dapat dengan mudah dipahami karena kemiripannya dengan rangkaian relay pada sirkuit elektikal. PLC yang digunakan pada penelitian ini adalah PLC Allan Bradley ControlLogix5563 Series yang dilengkapi dengan modul *input output* dan komunikasi ethernet.

## 2.4 Human Machine Interface

*Human Machine Interface* (HMI) merupakan sebuah media antarmuka yang memfasilitasi operator dengan memberikan kemampuan melakukan dalam perubahan pada perangkat di lapangan. Data yang digunakan pada tampilan HMI dapat bersumber dari *Object Linking and Embedding for Process Control* (OPC) server maupun *Dynamic Data Exchange* (DDE) server dengan demikian HMI dapat bersifat sebagai OPC *client* ataupun DDE *client*. Dalam pengoperasinya, perangkat HMI dibagi menjadi dua kategori yaitu *Operator Workstation* dan *Engineering Workstation*.

## 2.5 Komunikasi Data

Pada penelitian ini komunikasi data PLC-HMI-HYSYS menggunakan protokol OPC dan DDE. OLE pada OPC merupakan protokol buatan Microsoft. Data-data pengukuran atau sinyal pengontrol direpresentasikan oleh tag pada OPC server. Data pada perangkat tertentu yang telah didefinisikan sebagai tag pada OPC server dapat diakses oleh semua perangkat yang telah dilengkapi dengan OPC *client driver*. Dengan demikian, OPC server dapat diumpamakan sebagai terminal data pada sistem terintegrasi.

DDE merupakan metoda komunikasi antar proses. Protokol DDE hanya bisa digunakan program yang berjalan pada satu komputer yang sama. Hal ini menjadikan DDE kurang cocok untuk digunakan sebagai standar komunikasi industri yang mana terdiri dari banyak komputer. Pengembangan dari DDE adalah NetDDE, sebuah program terpisah buatan Wonderware. Dengan NetDDE, komunikasi DDE antar komputer dapat dilakukan.

## 2.6 Integrasi Sistem

Sistem terintegrasi merupakan sistem yang termasuk didalamnya semua yang terhubung secara struktural untuk menjalankan suatu fungsi tertentu. Komponen-komponen atau subsistem-subsistem pada sistem terintegrasi dikonfigurasi agar mampu berkomunikasi dua arah sehingga pengaturan terhadap komponen tertentu dapat dilakukan melalui komponen lain yang terintegrasi dengan komponen tersebut.

## 3 Pembuatan Model

Pemodelan dan simulasi proses pada kolom distilasi sepenuhnya dilakukan menggunakan perangkat lunak HYSYS.

### 3.1 Penentuan *Component List & Fluid Packages*

Component list pada HYSYS merupakan daftar komponen yang akan tersedia pada pembuatan model dan simulasi. Pada proses distilasi pemurnian etanol dibutuhkan komponen air, etanol. Sepanjang proses pemodelan dan simulasi, perubahan properti komponen yang digunakan akan dihitung menggunakan persamaan dan anggapan tertentu. Perangkat lunak HYSYS telah menyediakan beragam paket perhitungan yang disebut *fluid package* yang dapat dipilih sesuai dengan skenario yang akan dilakukan. Dalam proses distilasi etanol-air, dibutuhkan *fluid package* NRTL.

### 3.2 Pembuatan Model pada Simulation Environment

Pada jendela simulasi, pemodelan dilakukan dengan mengkonfigurasi objek dan hubungannya dengan objek lain. Konfigurasi dilakukan dengan membuat PFD dari sistem yang ingin dimodelkan.

#### 3.2.1 Inisiasi Komponen

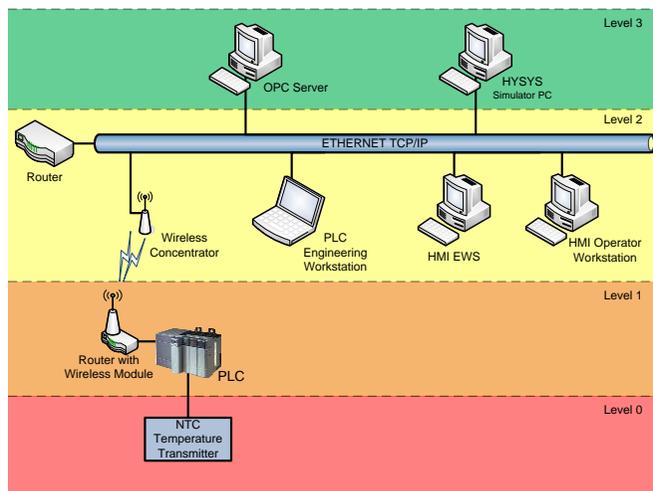
Pembuatan model dimulai dengan pendefinisian aliran masuk materi. Perlu ditentukan komposisi dan kondisi komponen. Penulis hanya perlu menentukan aliran masuk dan menentukan dua variabel diketahui untuk kondisi komponen dan fitur solver akan menghitung variabel lainnya.

### 3.2.2 Konfigurasi Kolom

Model kolom yang dibuat menggunakan objek *Distillation Column* pada palet objek. Pada jendela properti objek ini kemudian ditentukan parameter-parameter dan spesifikasi kolom distilasi. Pembuatan model kolom pada HYSYS disesuaikan pada spesifikasi yang tertera pada manual kolom distilasi. Pada manual kolom distilasi, tertera jumlah *bubble cap trays* 15 dengan diameter kolom 5 cm.

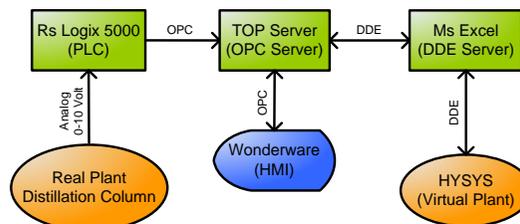
## 4 Pengintegrasian Sistem

Sistem terintegrasi terdiri dari model HYSYS simulasi kolom distilasi, HMI, dan PLC (data dari kolom distilasi nyata) yang komunikasi datanya diatur oleh protokol OPC. Komunikasi sistem yang dirancang berbasis ethernet tcp/ip dimana *traffic* data ditangani oleh router. Integrasi sistem yang dibuat memungkinkan sistem untuk bekerja secara simultan dan *real-time*. Arsitektur sitem terintegrasi yang dirancang terpapar pada Gambar 2.



Gambar 2 Sistem arsitektur sistem terintegrasi

Sistem terintegrasi dibangun telah siap untuk dilengkapi dengan perangkat simulator lain yang memiliki OPC driver. Komunikasi data antar program pada sistem terintegrasi diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram komunikasi data antar program

## 4.1 Programmable Logic Controller

*Programmable Logic Controller* (PLC) dimanfaatkan sebagai media akuisisi data. Pemrograman yang dilakukan adalah mengambil data tegangan dari NTC dan membuat tag dari data tersebut. Pemrograman dimulai dengan terlebih dahulu melakukan konfigurasi komunikasi RsLinx dengan perangkat PLC dan kemudian diikuti dengan pemrograman ladder pada RxLogix 5000.

Transmitter temperatur dipasang pada analog input 4 PLC dengan spesifikasi 0-10 V. Pada pemasangan transmitter temperatur ini PLC bersifat sebagai *sink* karena sumber energi untuk sinyal tegangan transmitter berasal dari catu daya tersendiri. Transmitter yang digunakan untuk pengambilan temperatur adalah transmitter temperatur NTC.

## 4.2 Human Machine Interface

Jendela *Human Machine Interface* (HMI) yang dibangun mencakup kedua sumber data yaitu HYSYS *virtual plant* dan kolom distilasi sebenarnya. Tampilan jendela HMI yang dibangun menyerupai diagram alir proses distilasi dengan tampilan beberapa parameter utama seperti temperatur dan daya boiler. Pada HMI dibuat dua jendela yang masing-masing menampilkan *virtual plant* dan plant nyata beserta parameter-parameter yang akan dipantau.

Untuk dapat terhubung secara *real-time* dengan sistem terintegrasi, HMI menghubungkan *tagname-tagname* yang terdapat didalamnya dengan data-data aktual proses. Untuk mendefinisikan hubungan ini digunakan fasilitas *Access Name*. HMI yang dibuat memiliki empat *Access Name*, masing-masing merujuk ke *device* dan grup yang berbeda pada TOP Server.

Selain sebagai media monitor, HMI juga digunakan sebagai media transfer nilai tag. Nilai tag yang ditransfer adalah tag *datantc* yang merupakan bacaan tegangan dari PLC. Nilai tag ini ditransfer ke tag *exntc* yang merupakan tag untuk perhitungan di excel. Transfer tag ini menggunakan fitur *Application Script*. Perintah yang ditulis adalah *exntc = datantc*; yang dibuat berfungsi pada kondisi *while running*.

## 4.3 Konfigurasi DDE

### 4.3.1 DDE pada HYSYS

Konfigurasi komunikasi DDE HYSYS berada pada tools HYSYS DCS Interface. Pada jendela ini dilakukan konfigurasi DDE, General Data, PV Export, dan PV Import. Pada tab General Data ditentukan alamat komunikasi DDE HYSYS -Excel. Pada tab PV Export dimasukkan data variabel proses yang akan dikirim ke Excel. Pada tab PV Import dimasukkan variabel proses yang ingin dikirim dari Excel ke HYSYS.

### 4.3.2 Excel sebagai DDE Server

Untuk menjalankan Excel sebagai DDE server, file Excle yang telah dibuat hanya perlu dibuka dan menunggu perintah dari DDE client yaitu HYSYS. File yang dibuat diberi nama *excelhsys.xls* dengan dua sheet, *hsys* dan *plc*. Untuk meningkatkan fungsional, penulis membuat makro "Capture" yang akan dijalankan saat simulasi HYSYS berlangsung. Makro ini berfungsi merekam data *real-time* dari kedua sumber dan direkam dalam bentuk barisan data setiap tiga menit.

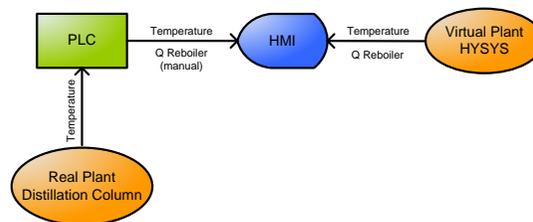
### 4.3.3 Konfigurasi OPC Server

Pada program TOP server yang berfungsi sebagai OPC Server, penulis membuat dua *channel*. *Channel* DDE untuk menangani komunikasi data dengan Excel, dan *channel* PLCAB untuk menangani komunikasi data dengan PLC. *Channel* ini akan menjadi alamat bagi OPC *client* untuk mengakses tag pada TOP Server

## 5 Aplikasi Integrasi Sistem, Validasi Model dan Analisis

### 5.1 Sistem Terintegrasi pada Kolom Distilasi

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, sistem terintegrasi yang dibangun pada penelitian ini terdiri dari alat ukur suhu pada kolom distilasi, PLC, OPC server PC, HYSYS simulation PC, dan HMI PC. Namun karena keterbatasan sumber daya, fasilitas OPC server, simulasi HYSYS, dan HMI dibuat pada satu PC (laptop) saja. Variabel-variabel yang berasal baik dari *virtual plant* maupun plant nyata dapat diamati pada HMI.

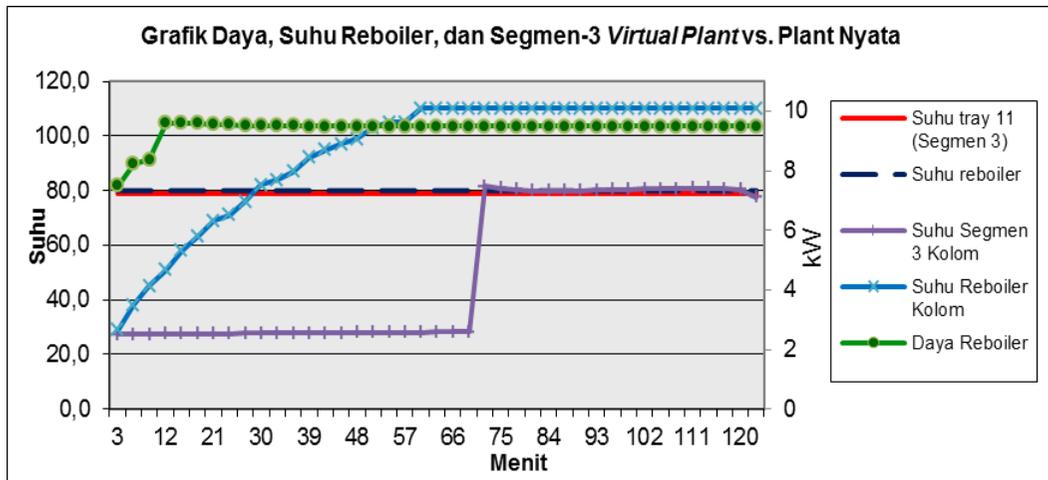


Gambar 4 Diagram aliran besaran proses

Pada saat operasi, penulis menjalankan simulasi HYSYS bersamaan dengan dinyalakannya *reboiler*. Komunikasi antara PLC-HMI dan HYSYS-HMI berjalan satu arah karena tidak diimplementasikan fungsi kontrol pada proses distilasi. Komunikasi dua arah pada HYSYS dilakukan pada waktu yang berbeda secara *offline* demi kebutuhan penyempurnaan model.

### 5.2 Validasi Model Kolom Distilasi

Validasi model kolom distilasi dilakukan dengan membandingkan hasil eksperimen dengan hasil simulasi HYSYS. Eksperimen yang dilakukan adalah eksperimen kalibrasi yang dilakukan untuk menentukan kecepatan proses distilasi dan jumlah *theoretical plates* pada kolom distilasi. Data temperatur yang didapat pada eksperimen ini adalah sebagai berikut.



Gambar 5 Grafik temperatur

Dari grafik pada Gambar 5 dapat diamati respon kolom terhadap input yang diberikan. Durasi yang dibutuhkan transmiter temperatur untuk mencapai suhu operasi kolom merepresentasikan lamanya waktu yang dibutuhkan larutan pada labu untuk mendidih dan uapnya mencapai tray ke 11 pada kolom distilasi.

Dengan parameter awal yang sama seperti pada plant nyata. Dapat diamati bahwa nilai temperatur pada *Virtual Plant* HYSYS berbeda dengan plant nyata. Suhu reboiler pada plant nyata berkisar 110°C sedangkan suhu reboiler pada *virtual plant* berkisar di angka 79°C. Hal ini dikarenakan titik pengukuran yang berbeda. Pada plant nyata, suhu reboiler merupakan suhu minyak panas yang digunakan untuk mendidihkan larutan dalam labu reboiler. Sedangkan pada *virtual plant*, suhu reboiler merupakan suhu larutan yang berada dalam labu reboiler. Secara fisis, suhu larutan dalam labu reboiler tidak mungkin mencapai 100°C karena titik didih larutan hanya 80°C. Melewati titik 80°C, kalor yang masuk dari minyak panas pemanas labu akan digunakan untuk perubahan fasa larutan menjadi gas.

Dari grafik pada Gambar 5 juga dapat diamati perbedaan kondisi proses pada waktu yang sama. Hal ini dikarenakan simulasi dinamik kolom distilasi pada HYSYS dimulai, keadaan awal proses dimulai pada keadaan *steady state*. Model yang telah dibangun dapat digunakan untuk meninjau respon sistem terhadap gangguan atau *input*.

Selain data temperatur, data lain yang didapat dari eksperimen adalah fraksi mol distilat. Dari hasil gas chromatograf, sampel distilat memiliki fraksi mol etanol sebesar 0.834. Data yang sama juga dapat diperoleh dari *virtual plant* dengan besar fraksi mol etanol 0.891. Perbedaan fraksi mol ini dapat terjadi karena asumsi perhitungan yang berlangsung pada HYSYS berbeda dengan keadaan nyata. Secara keseluruhan, sistem terintegrasi yang telah dibangun mampu menangani sistem *monitoring* pada kolom distilasi. Secara lebih lanjut, sistem ini juga dapat menjadi dasar untuk pengembangan sistem kontrol pada kolom distilasi.

## 6 Kesimpulan

Dari penelitian ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem terintegrasi PLC-HMI-HYSYS yang dibangun mampu berfungsi sebagai sistem monitoring temperatur proses dengan:
  - a. DDE sebagai protokol komunikasi HYSYS-OPC Server
  - b. OPC sebagai protokol komunikasi PLC-OPC Server-HMI
2. Virtual plant HYSYS yang dibuat telah merepresentasikan plant nyata saat kondisi proses steady state dengan:
  - a. Temperatur tray-11 pada plant nyata dan virtual plant sebesar 80°C dan 78°C.
  - b. Fraksi mol distilat pada pada plant nyata dan virtual sebesar 0,834 dan 0,891.
3. Secara keseluruhan sistem yang dirancang dapat menjadi platform pengembangan lebih lanjut dengan komponen tambahan.

## 7 Daftar Pustaka

- [1] Badger, Walter L dan Julius T Banchero. 1982. *Introduction to Chemical Engineering*. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha, 145-316.
- [2] Hyprotech Staff. 2005. *Customization Guide HYSYS 2004.2*. Hyprotech Ltd.
- [3] Hyprotech Staff. 2005. *Simulation Basis HYSYS 2004.2*. Hyprotech Ltd.
- [4] Mairodi. 2006. *Implementasi Filter kalman pada Sistem Kontrol Menggunakan PLC Secara Realtime*. Tesis. Program Instrumentasi dan Kontrol, Institut Teknologi Bandung: tidak diterbitkan.
- [5] Sigurd, Skogestad. 1997. *Dynamics and Control of Distillation Columns a Tutuorial Introduction*. Maastricht: Trans. IchemE.
- [6] Thomas, Philip. 1999. *Simulation of industrial Processes for Control Engineers*. London: The Bath Press, 123-132.
- [7] Wicaksono, Pandu. 2006. *Pembangunan Sistem Alokasi Balik Fasilitas Pemrosesan Gas Menggunakan Simulator Proses yang Terintegrasi dengan Database*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung: tidak diterbitkan
- [8] About OPC, "What is OPC?" April 2013
- [9] [http://www.opcfoundation.org/Default.aspx/01\\_about/01\\_what\\_is\\_opc.aspx?MID=AboutOPC](http://www.opcfoundation.org/Default.aspx/01_about/01_what_is_opc.aspx?MID=AboutOPC)
- [10] Windows Development Center. 2013. *Dynamic Data Exchange*. Tersedia: <http://msdn.microsoft.com/>