

Model Petri Net untuk Otomatisasi Destilasi Bioethanol

Dwi Astharini¹, Ahmad Zulkarnaen¹, Yaya Suryana^{1,2}

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas AlAzhar Indonesia

²Biomedical Engineering Division, BPPT Indonesia

Penulis untuk korespondensi/Email: astharini@uai.ac.id

Abstrak – Petri net adalah satu di antara yang digunakan untuk pemodelan sistem otomatis. Tulisan ini melaporkan penggunaan model petri net pada purwarupa alat destilasi etanol otomatis, menggunakan PLC sebagai pengendali utama. Model proses mencakup perangkat keras dan lunak. Sistem pengaturan yang dimodelkan bertujuan menjaga agar suhu dalam wadah pemanas berada dalam kisaran titik didih etanol yaitu 80 °C, serta pengamanan perangkat terutama terkait elemen pemanas. Pemodelan sistem pengaturan dikembangkan menggunakan petri net bebas, untuk implementasi pada PLC. Implementasi menghasilkan perangkat yang secara konsisten melakukan destilasi secara otomatis, dan menghasilkan cairan dengan kadar etanol 80% dari cairan awal berkadar 40%.

Kata kunci – Petri net, PLC, destilasi, pengaturan suhu, pemanas

Abstract – Petri net is one of models commonly used for automation and manufacture. This paper reports the use of petri net in modeling automated distillation process of ethanol, using PLC as main controller. The model encompassed hardware and software parts of the prototype built. The control system was aimed to keep the system at ethanol's boiling point of 80°C, while maintaining the hardware's safety especially the heater. Free style petri net was used, then implemented on PLC. The resulting prototype has performed consistent performance of automatic distillation, producing 80% ethanol out of 40% ethanol.

Keyword – Petri net, PLC, distillation, temperature control, heater

PENDAHULUAN

Petri net adalah model yang banyak digunakan di antaranya pada sistem manufaktur [1-5] Pemodelan ini cocok untuk analisa dan perancangan sistem otomatis yang mencakup berbagai sub sistem, khususnya yang terkategori sebagai sistem kejadian diskrit. Pada sistem semacam ini, berbagai sub proses yang berdiri sendiri terangkai satu sama lain dalam jalinan rangkaian kejadian (event).

Pada tulisan ini proses otomatisasi dilakukan terhadap destilasi untuk sistem sederhana untuk menunjang produksi skala kecil. Untuk mendapatkan ekstrak bioetanol dengan kadar yang cukup baik, yaitu kadar minimal 90%, dilakukan destilasi dari cairan bioetanol hasil fermentasi [1-2]. Pada industri besar luaran ini diperoleh melalui destilasi bertingkat. Sementara pada industri kecil maupun skala lab biasa, proses penyulingan masih sering dilakukan secara manual.

Model petri net digunakan pada disain sistem otomatis pengaturan suhu, dan diimplementasi menggunakan PLC. Selain efisien waktu dan tenaga laboran/teknisi juga dapat menghasilkan cairan dengan kadar etanol yang lebih tinggi.

Bagian selanjutnya tulisan ini disusun sebagai berikut: Bagian kedua melakukan tinjauan atas pustaka mengenai pemodelan petri net dan implementasinya pada PLC. Bagian ketiga menampilkan metode dan disain sistem. Bagian keempat mengetengahkan implementasi dan uji performansi.

PEMODELAN PETRI NET

Berikut adalah di antara pustaka yang digunakan. Pustaka [1,2,3] mengangkat metode implementasi petri net untuk kendali sistem kejadian diskrit pada PLC menggunakan pemrograman ladder diagram yang standar digunakan. Terkait erat hal tersebut, pustaka [4,5] melakukan pendekatan dari arah sebaliknya. Model petri net dibangun

berdasarkan program ladder diagram yang sudah terimplementasi pada PLC. Tujuannya adalah untuk analisa dan pengembangan sistem berjalan.

Pustaka [6] adalah tulisan mengenai bioetanol dan proses produksinya. Pustaka [7] digunakan sebagai sumber mengenai destilasi dan destilasi etanol.

Pustaka [8, 9, 10] sebagai acuan berbagai sistem otomatis yang relevan menggunakan PLC. Pustaka [10,11,12,13] adalah referensi mengenai pemodelan dan pengaturan proses menggunakan model Petri Net untuk beberapa sistem yang relevan, termasuk penelitian lampau tim kerja terkait penggunaan petri net pada sistem otomasi.

DISAIN SISTEM

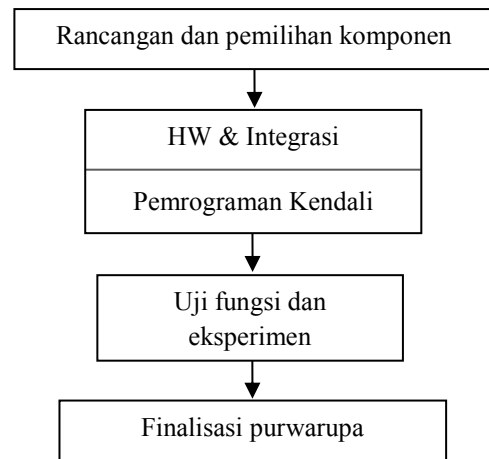
Pengembangan

Sistem yang dirancang mencakup sistem pemanas, pengaturan suhu, dan sistem pendingin. Hal yang diperhatikan adalah otomatisasi, konstannya suhu dalam wadah pendidih, dan sistem kondensasi yang efektif dan efisien dalam energi.

Untuk itu sistem yang dikembangkan terdiri atas dua bagian utama yaitu pemanas dan pengaturannya; serta kondensator. Tahapan pekerjaan yang dilakukan dalam digambarkan dalam diagram alur pada Gambar 1.

Pada tahap rancangan dan pemilihan komponen ditentukan spesifikasi akhir sistem yang dikembangkan, batasan dan asumsi, serta komponen yang digunakan.

Tahap perangkat keras meliputi pemasangan, integrasi, dan pengujian komponen. Tahap ini pada dasarnya adalah tahap pengerjaan hardware. Komponen yang telah dipilih dan diperoleh digunakan untuk membentuk sistem perangkat keras yang diinginkan. Pekerjaan yang dilakukan di sini mencakup perancangan dan fabrikasi perangkat, elektronik dan non elektronik. Selanjutnya dilakukan pemrograman perangkat lunak untuk pengaturan sistem.



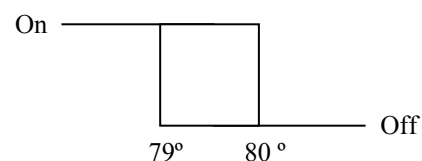
Gambar 1. Diagram Alur Pengembangan

Pengujian fungsional dilakukan untuk masing-masing komponen. Selanjutnya eksperimen terhadap sistem keseluruhan untuk mengamati efektifitas perangkat yang dibangun.

Pada Finalisasi purwarupa dilakukan perbaikan yang diperlukan pada bagian pengaturan maupun perangkat keras, juga pengambilan data tambahan.

Disain Sistem Otomatis

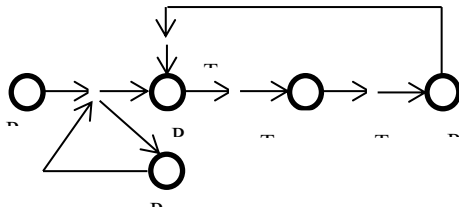
Pengendali berhubungan dengan 2 kelompok aktuator yaitu pemanas cairan, dan kondensator. Keluaran yang diinginkan adalah suhu konstan pada titik didih etanol di dalam wadah cairan, sehingga diperoleh uap etanol yang konsisten. Sebagai umpan balik untuk pengendalian adalah informasi suhu serta tinggi cairan yang tersisa dalam wadah pemanas.



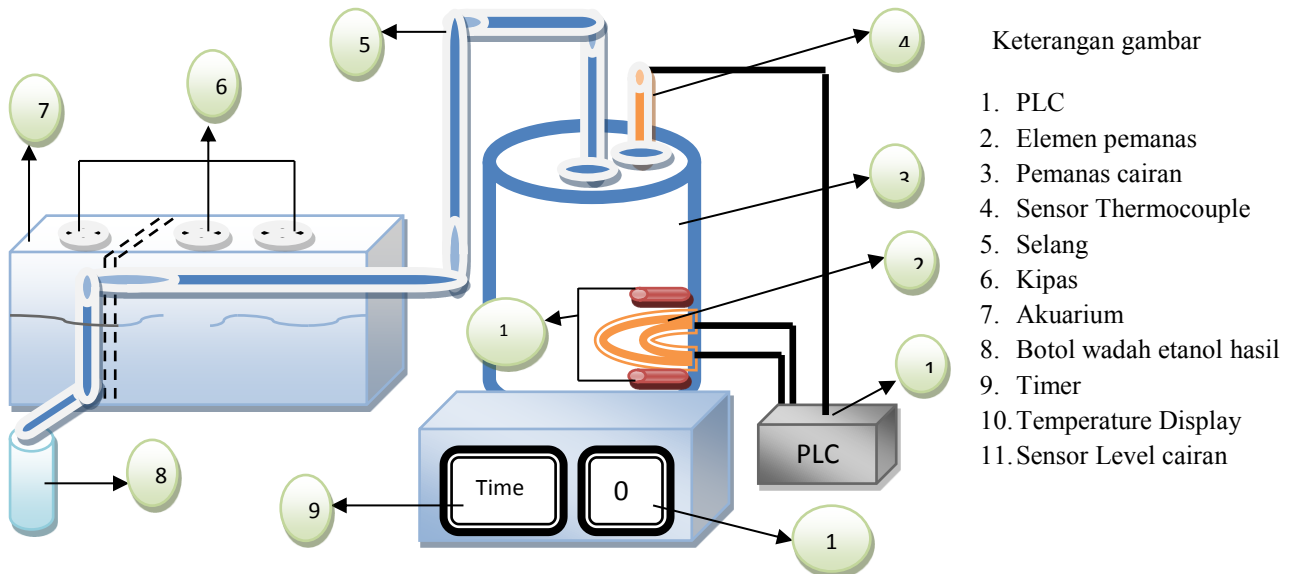
Gambar 2. Kendali pemanas

Titik didih etanol adalah 80°C, karena itu suhu dalam wadah pemanas diinginkan konstan berada pada kisaran tersebut. Pengaturan dilakukan berdasarkan prinsip kendali on-off dengan differential gap antara 79-80°C, sebagaimana ditampilkan pada gambar 2.

Digunakan Petri Net untuk merancang sistem kendali berdasarkan suhu, ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 3. Petri Net kendali suhu



Gambar 4. Implementasi

Digunakan 5 Place pada model petri net sebagai berikut: P1 adalah saklar utama; P2 adalah Elemen pemanas; P3 adalah Wadah pemanas; P4 adalah Sensor suhu; dan P5 adalah kipas and motor air. P5 mewakili proses atau kelompok aktuator kondensasi. Keempat transition pada Gambar 3 yaitu T1 adalah Aktivasi P2 & P5; T2 adalah Aktivasi elemen pemanas berdasar sensor P4; T3 adalah Perubahan suhu pada wadah pemanas P3; dan T4 adalah Pengukuran suhu oleh sensor P4.

Kondisi awal untuk model sistem adalah bahwa perangkat dalam keadaan off. Aktivasi dimulai dari pemberian token pada saklar (P1) yang mengaktifkan elemen pemanas (P2). Keadaan ini akan memicu perubahan suhu pada wadah pemanas (P3), dan secara bersamaan mengaktifkan bagian pendinginan yaitu kipas dan motor air (P5). Selanjutnya aktif/tidaknya elemen pemanas akan ditentukan oleh hasil pengukuran sensor suhu (P4). Jika suhu sudah

mencapai ambang atas, elemen pemanas akan dimatikan, dan sebaliknya jika suhu turun kurang dari ambang bawah, elemen pemanas akan diaktifkan kembali.

IMPLEMENTASI

Perangkat Keras

Perangkat yang dibangun adalah prototipe destilator otomatis berkapasitas 2500 ml, didasarkan pada rancangan yang ditampilkan pada gambar 4.

Digunakan wadah air dengan elemen pemanas,

Keterangan gambar

1. PLC
2. Elemen pemanas
3. Pemanas cairan
4. Sensor Thermocouple
5. Selang
6. Kipas
7. Akuarium
8. Botol wadah etanol hasil
9. Timer
10. Temperature Display
11. Sensor Level cairan

tersambung ke pengendali, untuk melakukan pengaturan suhu.

Sebagai pengendali utama digunakan PLC, yang diprogram sesuai desain pengendalian pada bagian 3.2. Digunakan sensor suhu Thermocouple untuk mengukur suhu udara di bagian atas wadah yang dipanaskan, sehingga yang terukur adalah suhu uap yang dihasilkan. Hasil pengukuran dikirimkan ke PLC, yang kemudian memberikan perintah on ataupun off untuk elemen pemanas. PLC juga mengirimkan suhu terukur ke display LCD untuk ditampilkan.

Sebagai pengamanan tambahan terhadap elemen pemanas diatur selang waktu minimum untuk penyalaan kembali elemen setelah dimatikan, yaitu sebesar 10 detik.

Pengamanan lain adalah ketinggian cairan dalam wadah, sedemikian jika cairan dalam wadah sudah hampir habis, sistem destilasi

akan dimatikan otomatis, untuk menghindari overheating.

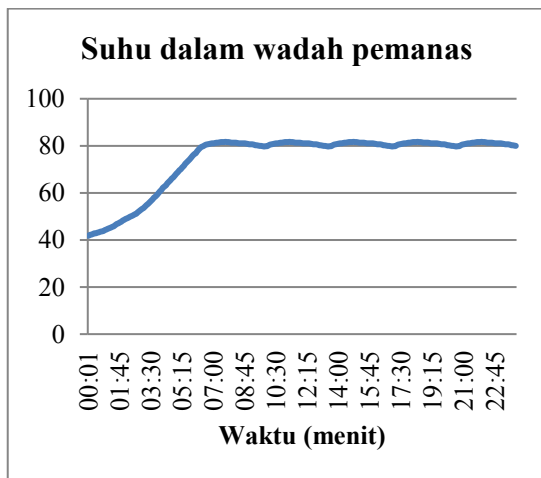
Sistem juga dapat bekerja menggunakan timer. Dalam hal ini sistem akan terminasi jika waktu yang deprogram sudah habis, atau tinggi cairan dalam wadah sudah tidak memadai.

Komponen 1-4 terkait langsung pada pengendalian sistem, sementara 5-8 adalah komponen untuk sistem kondensasi. Dari atas wadah, uap yang terkumpul akan mengalir ke selang sesuai prinsip tekanan dan suhu udara. Selang pengalir uap dilewatkan pada sistem pendingin sehingga terjadi kondensasi, dan pada ujung selang yang lainnya adalah wadah pengumpul hasil yaitu ethanol yang diharapkan. Sistem pendingin yang dirancang terdiri dari dua hal yaitu kipas, dan air mengalir. Baik kipas dan motor pemutar air juga dikendalikan pengaktifannya melalui PLC.

Pengujian

Pengujian yang ditampilkan pada tulisan ini adalah uji sistem pengoperasian penuh. Selain itu juga dilakukan analisa hasil destilasi.

Pengujian fungsi dilakukan terutama untuk menguji pengendalian yang diinginkan. Tujuan utama kendali adalah diperolehnya suhu konstan pada titik didih ethanol yaitu pada 80°C. Pengamatan menunjukkan bahwa hal ini sudah dicapai yaitu bahwa suhu stabil sistem berada pada kisaran 80°C, seperti ditampilkan pada gambar 5. Pada umumnya suhu berada dalam kisaran $\Delta \leq 3^\circ\text{C}$ di atas titik didih, dan hanya dalam waktu singkat turun di bawah 80 °C.



Gambar 5. Pengamatan perubahan suhu dalam wadah pemanas

Pengujian sistem ini dilakukan yaitu dengan memberikan 500 ml cairan mengandung ethanol. Cairan yang dimasukkan dalam wadah adalah ethanol 40% yang merupakan campuran dan 250 ml air dan 250 ml ethanol 80%. Sistem bekerja selama 4 jam 45 menit tanpa memerlukan interupsi operator, menghasilkan 100 ml cairan hasil dengan kadar ethanol 80%.

Pengujian dilakukan berulang terhadap prototipe sebagaimana ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Prototipe perangkat

Untuk menjaga suhu cairan pada titik didih sebaiknya juga dilakukan deteksi pada suhu cairan. Penggunaan pemanas yang lebih baik dapat mempercepat waktu destilasi.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengembangkan perangkat destilasi ethanol otomatis berskala kecil, berdasarkan model petri net.

Digunakan prinsip kendali on-off dengan differential gap, serta free style petri net dengan place memodelkan proses pada komponen tertentu, dan transition memodelkan kondisi pemicu proses. Perangkat keras yang dibangun terdiri atas komponen kendali, kelompok komponen pemanas dan kelompok komponen kondensator.

Perangkat secara konsisten telah dapat melakukan destilasi secara otomatis, dan menghasilkan cairan dengan kadar ethanol 80% dari cairan awal berkadar 40%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pengembangan ini dilakukan menggunakan Hibah Penelitian LP2M UAI tahun 2013-2014.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sammy Korotkin, Guy Zaidner, Benny Cohen, Amir Ellenbogen, Meir Arad and Yosef Cohen. "A Petri Net Formal Design Methodology for Discrete-Event Control of Industrial Automated Systems", *Proceedings of 2010 IEEE 26-th Convention of Electrical and Electronics Engineers*, pp.431-435.
- [2] Francesco Basile, Pasquale Chiacchio, Diego Gerbasio, "On the Implementation of Industrial Automation Systems Based on PLC", *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, Vol. 10, No. 4, Oct 2013, pp.990-1003
- [3] Francesco Basile, Pasquale Chiacchio, Jolanda Coppola, Diego Gerbasio, "Automated implementation of Petri Nets on PLCs with OOP", *Proceedings of 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA)*
- [4] Elthon Alex da Silva Oliveira, Leandro Dias da Silva, Kyller Gorgônio, Angelo Perkusich, "Obtaining Formal Models from Ladder Diagrams", pp.796-801
- [5] Xuekun Chen, Jiliang Luo Member, IEEE, and Pengfei Qi, "Method for Translating Ladder Diagrams to Ordinary Petri Nets", *Proceedings of 51st IEEE Conference on Decision and Control 2012*, pp.6716-6721
- [6] Irma Suryani, "Industri Alkohol (Etanol)", <http://irma-teknikkimia.blogspot.com/2013/04/industri-alkohol-etanol.html>, diakses 15 Juni 2014
- [7] Hani, Ummu, "Memisahkan Dua Komponen Cairan yang Memiliki Titik Didih yang Berbeda", *Laboratorium Kimia PMIPA FKIP Unlam Banjarmasin: Banjarmasin, November 2008*
- [8] Santoso, Untung, "Rancang Bangun Sistem Pengeringan pada Mesin Pengering Kacang Tanah Otomatis", *University of Islam 45: Bekasi, Februari 2010*
- [9] Anwar, Choirul, "Cara Membuat Program PLC dengan Software CX Programmer + CX Simulator dan CX Designer", : Tangerang, 2012
- [10] Susanto, BT; Suryana, Y; Gandana, D; Astharini, D; "Development of Home Gate System Prototype Based on PLC and Petri Net Model", *Prosiding Fakultas Sains dan Teknologi UAI, Jakarta, 2012*
- [11] Wattimena, Freyan.N, Pentury, Thomas, Lesnussa, Yopi,A, "Aplikasi Petri Net pada Sistem Pembayaran Tagihan Listrik PT. PLN (Persero) Rayon Ambon Timur" *Barekeng, Vol.6 No.1 Hal. 23-30, 2012*
- [12] Indrawaty, Youllina, Yusuf Bakhtiar, Muhammad, "Implementasi Model Skenerip Petri Net pada Multimedia Interaktif Pembelajaran Kimia" No 1, Vol.4 Januari- April 2013 ISSN:2087-5266
- [13] Dwi Astharini, "Diagnosa Galat pada Sistem Kejadian Diskrit Berwaktu", *Prosiding Kommit 2004, hlm.409-416*