

Sistem Kontrol Suhu Berbasis Logika Fuzzy pada Piranti Distilasi Vakum Bioetanol

M. Aziz Muslim¹, Tegar Sukma Yudha², Retnowati³

^{1),2),3)}Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Malang, 65145

Email: muh_aziz@ub.ac.id

Abstrak— Ketersediaan energi merupakan isu utama dewasa ini. Kesadaran akan terbatasnya sumber energi dari bahan bakar fosil mendorong riset tentang energi terbarukan. Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar pengganti bahan bakar fosil yang cukup menjanjikan. Proses pembuatan bioetanol meliputi ekstraksi gula, fermentasi, distilasi, dan absorpsi. Pada penelitian ini dikembangkan metode pengendalian distilasi vakum bioetanol. Suhu dan tekanan sangat berperan penting dalam pembuatan bioetanol. Sehingga penelitian ini difokuskan pada pengontrolan suhu dengan memperhitungkan tekanan vakum sebagai *disturbance* untuk proses distilasi. Sebagai pengendali dipilih kontroler logika fuzzy dengan memperhitungkan tekanan vakum sebagai salah satu masukan didalam penyusunan aturan fuzzy. Kontroler ini diimplementasikan dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kontroler logika fuzzy cukup berhasil digunakan untuk menjaga suhu pada setpoint yang diinginkan dengan nilai error steady state (ess) sebesar 3,85% dan settling time (ts) 4270 detik atau 1,19 jam.

Kata Kunci— *Distilasi Vakum Bioetanol; Suhu; Tekanan Vaku; Kontroler Logika Fuzzy; Arduino Mega 2560*

I. PENDAHULUAN

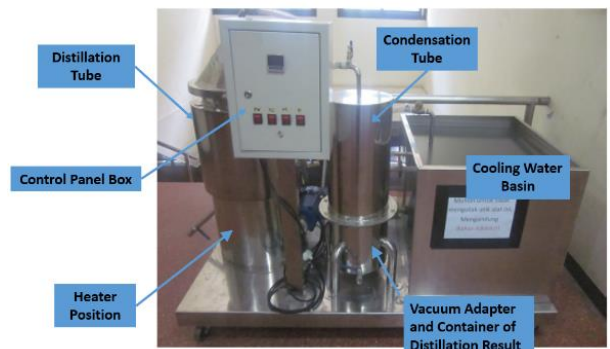
Energi merupakan suatu kebutuhan yang sangat penting dewasa ini. Dari data International Energy Agency (IEA) bahwa permintaan energi rata-rata akan mengalami peningkatan sebesar 1,6% per tahun. Dari keseluruhan kebutuhan energi dunia tersebut, sekitar 80 % nya dipasok dari bahan bakar fosil, yang mana menurut para ahli minyak bumi bahwasanya bahan bakar fosil diperkirakan akan habis sekitar 30 tahun lagi [1]. Dengan adanya permasalahan ini, sangat diperlukan sumber bahan bakar alternatif, yaitu bioetanol sebagai pengganti bahan bakar fosil (*Fuel Grade Ethanol/ FGE*) agar bisa mengatasi hal tersebut. Proses pembuatan bioetanol meliputi ekstraksi gula, fermentasi, distilasi dan absorpsi [2] untuk memurnikannya agar diperoleh FGE. Proses absorpsi dilakukan dengan menggunakan absorber (pada umumnya dengan sejenis garam) yang dapat memakan waktu 2-3 hari. Sebagai alternatif, dapat dilakukan proses distilasi pada kondisi vakum yang memungkinkan terbentuknya FGE dalam waktu yang relatif lebih singkat. Namun demikian, karena pada kondisi mendekati vakum, titik didih air dan bioethanol murni sangat dekat, diperlukan sebuah sistem kontrol suhu dan tekanan vakum yang terpadu [3], sehingga suhu distilasi vakum dapat dijaga berada pada titik uap bioethanol untuk setiap perubahan tekanan vakum. Pada penelitian ini diusulkan penambahan sensor tekanan vakum

sebagai salah satu masukan sistem fuzzy, sehingga diharapkan diperoleh hasil pengendalian suhu yang lebih baik.

Selanjutnya makalah ini akan dituliskan dengan sistematis sebagai berikut. Sesi 2 berisi rancangan sistem, termasuk deskripsi mengenai piranti distilasi vakum yang telah dikembangkan, dan rancangan kontroler logika fuzzy. Dilanjutkan dengan pembahasan prosedur eksperimen serta hasil-hasil yang dicapai dari eksperimen berikut analisisnya. Pembahasan akan diakhiri dengan sesi 4 yang akan menyimpulkan dan menyampaikan pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini.

II. RANCANGAN SISTEM

A. Piranti Distilasi Vakum Bioetanol



Gambar 1. Piranti Distilasi Vakum Bioetanol

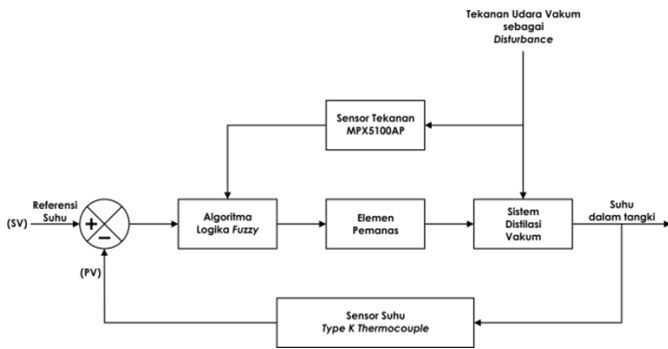
Piranti vakum bioetanol yang telah dikembangkan pada studi terdahulu [3] digunakan pada penelitian ini. Sebagaimana terlihat pada Gambar 1, piranti ini terdiri dari tabung distilasi, panel kontrol, pemanas, tabung kondensasi, wadah air pendingin dan bak penampung hasil distilasi. Sensor suhu terletak didalam tabung distilasi, sementara sensor tekanan vakum diletakkan pada saluran keluar dari tabung distilasi. Dalam sekali siklus distilasi, 25 liter bioethanol kadar rendah dapat diproses pemurniannya dengan piranti ini.

B. Rancangan Kontroler Logika Fuzzy

Kontroler logika fuzzy yang diusulkan pada penelitian ini adalah pengembangan dari [3] yang menggunakan pendekatan kontroler logika fuzzy klasik dengan dua input, yaitu sinyal error dan sinyal selisih error [4]. Gambar 2 memperlihatkan diagram balok dari sistem pengendali suhu yang diusulkan.

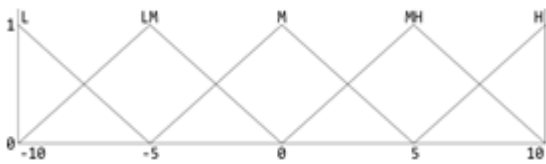
TABEL I. ATURAN FUZZY

Aturan Fuzzy	Tekanan Vakum				
	L	LM	M	MH	H
Error Suhu	L	L	L	L	L
	LM	L	L	M	M
	M	L	LM	M	MH
	MH	M	MH	H	H
	H	H	H	H	H

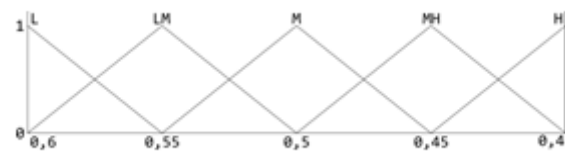


Gambar 2. Diagram Balok Sistem Pengendali Suhu

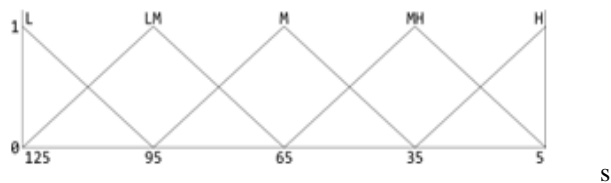
Pada Gambar 2, terlihat bahwa kontroler logika fuzzy memiliki 2 buah masukan. Yaitu selisih antara referensi suhu dengan suhu dalam tangki (sinyal error suhu) dan pembacaan sensor tekanan MPX5100A. Gambar 3, 4 dan 5 berturut-turut memperlihatkan rancangan awal himpunan fuzzy dari input I (error suhu), input II (tekanan vakum) dan output, berupa sinyal PWM yang akan mengatur rangkaian dimmer yang akan mencatu elemen pemanas.



Gambar 3. Himpunan fuzzy awal error suhu (°C)



Gambar 4. Himpunan fuzzy tekanan vakum (Atm)



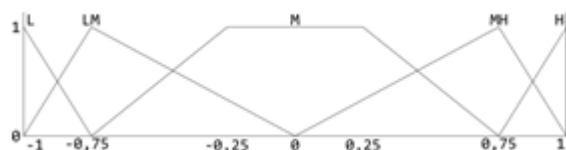
Gambar 5. Himpunan fuzzy keluaran sinyal PWM (*duty cycle*)

Label himpunan fuzzy pada Gambar 3-5 berturut-turut adalah sebagai berikut: L adalah Low, LM adalah Low Medium, M untuk Medium, MH untuk Medium High, dan H untuk High. Aturan fuzzy disusun berdasarkan kombinasi yang mungkin dari himpunan fuzzy masukan, sehingga total terdapat 25 aturan fuzzy. Tabel 1 merangkum kesemua aturan fuzzy yang digunakan dalam penelitian ini.

Aturan fuzzy berikut definisi himpunan fuzzy diprogram dalam mikrokontroler Arduino Mega 2560 (Gambar 6). Selanjutnya dilakukan eksperimen untuk menala himpunan fuzzy yang memberikan performa terbaik. Dalam penelitian ini, dengan alasan penyederhanaan prosedur, hanya himpunan fuzzy dari input I (error suhu) yang ditala ulang. Proses penalaan dilakukan secara heuristic, yaitu dengan mendefinisikan ulang range error dan himpunan fuzzy dengan memperhatikan error suhu yang memberikan pengaruh dominan terhadap respon keluaran. Gambar 7 memperlihatkan himpunan fuzzy error suhu yang memberikan hasil terbaik. Kriteria terbaik ini adalah berdasarkan spesifikasi respon yang dipilih, yaitu kesalahan kondisi steady kurang dari 5%, lonjakan maksimum kurang dari 10% dan settling time (waktu untuk mencapai kondisi steady) kurang dari 2 jam.



Gambar 6. Mikrokontroler Arduino Mega 2560



Gambar 7. Himpunan fuzzy error suhu (hasil penalaan)

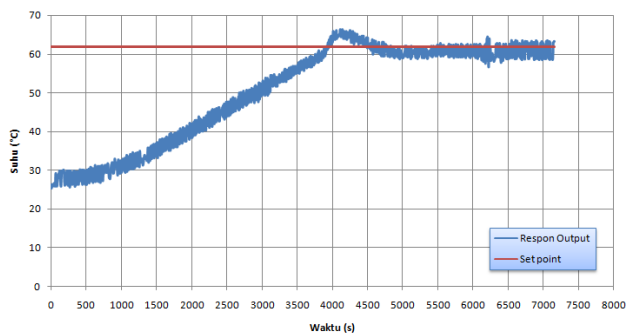
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan baku untuk melakukan percobaan distilasi adalah bioetanol dengan kadar rendah. Bahan dasar ini diperoleh dengan melakukan fermentasi terhadap bahan dasar berupa tetes tebu. Dari fermentasi diperoleh bahan dasar berupa bioethanol dengan kadar 30%. Selanjutnya dilakukan langkah pemurnian dengan melalui proses distilasi. Prinsip dasar dari distilasi adalah pemisahan campuran dua atau lebih cairan melalui proses penguapan. Agar supaya dapat dipisahkan, maka titik uap substansi penyusun dasar (dalam penelitian ini adalah bioethanol dan air) harus berbeda. Titik uap air adalah

100 derajat celsius pada tekanan 1 Atm sedangkan etanol adalah 77 derajat celsius. Sehingga dimungkinkan untuk memisahkan dua cairan ini melalui proses distilasi. Pada kondisi (mendekati) vakum, titik didih kedua cairan akan menurun, sehingga dimungkinkan untuk mendapatkan hasil distilasi pada suhu yang relatif rendah.

Prosedur distilasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjalankan pompa vakum sampai tekanan berada pada kisaran 0.5 Atm
2. Menaikkan suhu secara bertahap sampai tercapai suhu 62°C (titik didih etanol pada tekanan 0.5 Atm)
3. Mempertahankan suhu dan tekanan sampai volume hasil distilasi (bioethanol) sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 8. Respon suhu dalam tabung distilasi

Gambar 8 memperlihatkan hasil eksperimen terbaik yang dicapai dalam 2 jam distilasi. Pada eksperimen tersebut, nilai kesalahan kondisi steady adalah 3.85%, nilai lonjakan maksimum adalah 9.85% dan waktu untuk mencapai kondisi steady adalah 4270 detik (1.19 jam). Proses distilasi dihentikan setelah berlangsung kurang lebih 6 jam. Dari hasil

pengukuran kadar bioethanol, diperoleh bahwa bioethanol yang dihasilkan memiliki kadar 88%.

Dari hasil eksperimen, semua spesifikasi kontrol yang direncanakan telah berhasil dipenuhi. Namun demikian hasil bioethanol yang diperoleh belum sesuai yang diharapkan. Karena untuk masuk kategori FGE, kadar etanol minimal 99.5%. Sehingga masih diperlukan pembenahan baik dari sisi desain piranti distilasi vakum, sampai dengan perbaikan strategi kontrol.

IV. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini telah berhasil dirancang suatu strategi pengendalian suhu bagi proses distilasi vakum bioethanol dengan menggunakan kontrol logika fuzzy dengan masukan sinyal error suhu dan sinyal gangguan tekanan vakum. Eksperimen menunjukkan bahwa strategi yang dipilih berhasil memenuhi spesifikasi kontrol yang diinginkan. Namun demikian dari sisi produk bioethanol yang dihasilkan, masih belum memenuhi kriteria sebagai FGE. Penelitian lanjutan akan fokus pada redesain piranti distilasi vakum. Perlu dirancang piranti vakum yang mempergunakan teknik refluks, dimana hasil distilasi akan kembali menjalani distilasi lanjutan untuk meningkatkan prosentase kandungan bioethanol.

Referensi

- [1] F. Firol, "World Energy Prospects and Challenges," *Aust. Econ. Rev.*, vol. 39, no. 2, pp. 190–195, Jun. 2006.
- [2] C. E. Wyman, *Handbook on Bioethanol*. CRC Press, 1996.
- [3] M. Aziz Muslim and G. Dwi Nusantoro, "Fuzzy Logic based Temperature Control of a Vacuum Distiller," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 10, no. 17, pp. 38504–38508, 2015.
- [4] J. Yan, M. Ryan, and J. Power, *Using Fuzzy Logic*. UK: Prentice Hall, 1994.