

KONTROL FUZZY LOGIC DALAM MENENTUKAN PRODUKSI AIR DEMIN PADA PLTU

(1) Sumardi¹, Sri Mulyati²

(2) ¹ Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Tangerang

(3) ² Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jalan Perintis Kemerdekaan I No 33 Kota Tangerang

(4) E-mail: sumardiumt@umt.ac.id, lilysrimulyati@ft-umt.ac.id

Abstrak— Produksi air demin yang tidak sesuai dengan persediaan yang dibutuhkan dalam suatu pembangkit tenaga listrik mengakibatkan kurang efektif dan efisien dalam pengoperasian pembangkit tenaga listrik tersebut. Hal ini perlu adanya pengontrolan atau kendali yang cukup cermat. Sistem kendali tersebut dapat menggunakan sistem kontrol berbasis fuzzy logic. Dalam artikel ini menjelaskan ujicoba pengontrolan produksi air demin dengan tujuan dapat menentukan produksi listrik untuk kebutuhan konsumen. Metode yang digunakan adalah dengan kontrol logika fuzzy. Hasilnya dapat mengatur persediaan air demin sesuai stock yang tersedia dan banyaknya permintaan. Produksi listrik yang dihasilkan dari perhitungan fuzzy dalam menghasilkan produksi listrik adalah, dengan metode Tsukamoto sebesar 698,3 MW/hari, metode Mamdani sebesar 254.16 MW/hari, dan metode Sugeno sebesar 537.3 MW/hari.

Kata kunci : Kontrol Fuzzy, air demin, pembangkit listrik, produksi listrik.

Abstract— Demineralized water production that is not in accordance with the supplies needed in a power plant results in less effective and efficient operation of the power plant. This requires careful control. The control system can use a fuzzy logic-based control system. In this article, we describe the trial of controlling the production of demin water with the aim of determining the production of electricity for consumer needs. The method used is fuzzy logic control. The result can adjust the supply of demin water according to the available stock and the number of requests. The electricity production resulting from fuzzy calculations in generating electricity production is the Tsukamoto method of 698.3 MW/day, the Mamdani method of 254.16 MW/day, and the Sugeno method of 537.3 MW/day.

Keyword: Fuzzy control, Demin water, Generator, Electric production.

I. PENDAHULUAN

Logika Fuzzy dapat digunakan pada berbagai sistem kerja suatu sistem, misalnya untuk mengontrol fluida [1], mengatur kecepatan motor [2], [3], [4]. Dalam artikel ini, fuzzy logic digunakan untuk menentukan besar kecepatan mesin generator pada pembangkit tenaga listrik. Pembangkit listrik banyak jenisnya, diantaranya Pembangkit Listrik Tenaga Hybride [5].

¹Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Tangerang, Jl. Perintis Kemerdekaan I No. 33 KODEPOS 15118 INDONESIA (telp: +6221-590578; mail: sumardiumt@umt.ac.id)

²Dosen, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang, Jl. Perintis Kemerdekaan I No. 33 KODEPOS 15118 INDONESIA (telp: +6221-590578; e-mail: lilysrimulyati@ft-umt.ac.id)

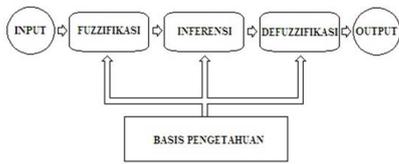
Dalam suatu sistem pembangkit tenaga listrik, operator tidak dapat mengatur produksi air demin dengan stock batubara yang ada, sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan di suatu jaringan listrik yang terhubung ke semua pembangkit yang ada, hal ini mengakibatkan pasokan listrik yang dibutuhkan masyarakat dan industri tidak terpenuhi. Pengoperasian pembangkit yang berjalan tanpa kendali mengakibatkan terbuangnya waktu dan tenaga sehingga tidak efektif dan tidak efisien. Pada pembangkit tenaga listrik terdapat data permintaan, data persediaan, dan target produksi yang ingin dicapai. Pada sistem PLTU XYZ terdapat data yang diketahui sebagai berikut: data permintaan terbesar mencapai 700 ton/hari dan permintaan terkecil 300 ton/hari. Data persediaan stock air demin terbanyak sampai 70 ton/hari dan terkecil 20 ton/hari. Target produksi listrik mampu berproduksi sebesar 900 MW/hari dan paling sedikit 400 MW/hari. Data tersebut harus bekerja sesuai dengan yang ditargetkan sehingga dapat mengurangi kerugian dari pengoperasian, atau pembangkit listrik menjadi efektif dan efisien. Pengaturan mesin generator (putaran mesin) pada pembangkit harus disesuaikan dengan permintaan, persediaan dan target yang dicapai.

Dalam sistem kontrol banyak menggunakan logika fuzzy, dan diterapkan pada berbagai bidang ilmu [6]. Sistem kontrol fuzzy atau dalam pengambilan keputusan dengan fuzzy, sering digunakan metode Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno [7].

Pengaturan mesin melalui oprator akan sulit dilakukan, dengan demikian pengaturan mesin generator dikendalikan dengan sistem kontrol fuzzy logic menggunakan metode Tsukamoto, Mamdani, dan Sugeno sehingga jumlah besar listrik yang harus diproduksi oleh PLTU dalam memenuhi permintaan sebesar 600 MW/hari dan persediaan air demin 40 ton/hari. Dengan metode Fuzzy Logic dapat mengatur kecepatan mesin pembangkit dan dapat menentukan dengan tepat hasil produksi listrik yang dibangkitkan, sesuai dengan target yang diharapkan, dalam hal ini metode Tsukamoto yaitu sebesar 698,3 MW/hari.

II. METODE PENELITIAN

Pengambilan data sebagai sample sesuai dengan survey dilapangan pada pembangkit tenaga listrik uap (PLTU) XYZ. Data tersebut dianalisa dengan menggunakan kontrol logika fuzzy, dengan cara membuat aturan aturan (*rules*) yang dapat digunakan sesuai dengan aturan pengolahan data pada fuzzy logic control. Setelah dibuat aturan aturan fuzzy, dilakukan perhitungan untuk menentukan titik titik kecepatan generator yang harus bekerja sesuai dengan aturan dan data yang telah ditargetkan. Diagram proses kendali dengan fuzzy seperti pada Gbr. 1 di bawah ini.



Gbr. 1 Blok diagram kendali fuzzy pada PLTU XYZ

Fuzzifikasi

Merupakan proses mengubah input sistem yang mempunyai nilai tegas (*crisp*) menjadi variable linguistik (fuzzy) menggunakan fungsi keanggotaan yang disimpan pada basis pengetahuan.

Inferensi

Merupakan proses mengubah input fuzzy menjadi output fuzzy dengan cara mengikuti aturan aturan (*if-then*) yang telah ditetapkan pada basis pengetahuan fuzzy.

Defuzzifikasi

Merupakan proses mengubah hasil dari tahap inferensi menjadi output yang bernilai tegas (*crisp*) menggunakan fungsi keanggotaan yang telah ditetapkan.

Pengaturan Generator yang pertama menggunakan metode Tsukamoto, dengan aturan yang telah ditentukan untuk menghasilkan produksi listrik yang ditargetkan. Kendali selanjutnya menggunakan metode Mamdani dan terakhir menggunakan metode Sugeno. Dengan metode tersebut pengaturan kecepatan putaran generator pada pembangkit dapat diatur untuk menghasilkan produksi listrik yang ditargetkan.

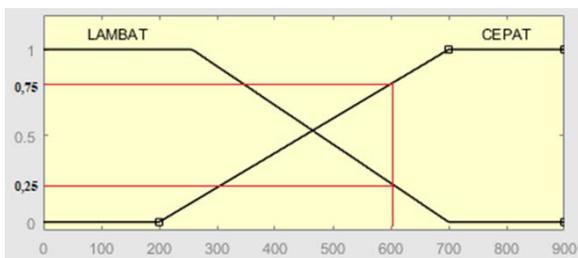
III. HASIL DAM PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dari metode Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno diuraikan seperti di bawah ini, Metode Tsukamoto, dari data yang saya miliki maka diperoleh aturan (R) :

- [R1] IF permintaan TURUN dan persediaan BANYAK maka produksi listrik BERKURANG.
- [R2] IF permintaan TURUN dan persediaan SEDIKIT maka produksi listrik BERKURANG.
- [R3] IF permintaan NAIK dan persediaan BANYAK maka produksi listrik BERTAMBAH
- [R4] IF permintaan NAIK dan persediaan SEDIKIT maka produksi listrik BERTAMBAH

Fuzzifikasi, Inferensi dan Defuzzifikasi

Variabel pertama dari metode Tsukamoto adalah permintaan konsumen. Variabel permintaan konsumen dibuat dengan grafik yang menggambarkan derajat keanggotaan kecepatan putaran mesin yaitu kecepatan lambat dan tinggi seperti pada Gbr. 2 di bawah ini.



Gbr. 2 Permintaan konsumen

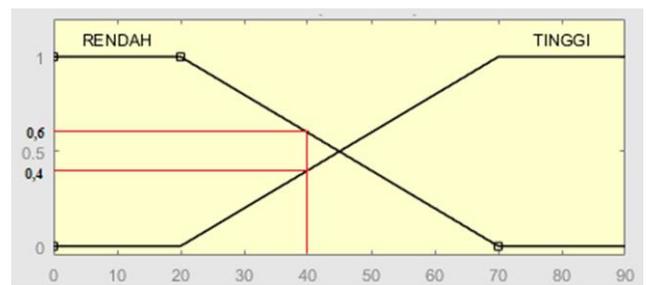
Kecepatan lambat dengan batas antara 200 pada nilai tertinggi yaitu 1, dan nilai terendah pada 700 (nilai 0), sedangkan untuk kecepatan tinggi antara batas 200 (bernilai 0) sampai dengan 700 (bernilai 1). Selanjutnya dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode fuzzy untuk grafik naik dan turun sebagai berikut :

$$\mu_{\text{LAMBAT}} [x] = \left\{ \frac{700-x}{700-300} = \frac{100}{400} = 0.25 \right\}$$

$$\text{dan } \mu_{\text{CEPAT}} [x] = \left\{ \frac{x-300}{700-300} = \frac{300}{400} = 0.75 \right\}$$

Derajat keanggotaan untuk kecepatan 600 rpm adalah $\mu_{\text{LAMBAT}} [600]$ adalah 0.25 dan $\mu_{\text{CEPAT}} [600]$ adalah 0.75

Variabel kedua dari data pembangkit adalah persediaan air demin. Variabel persediaan air demin dibuat dengan grafik yang menggambarkan derajat keanggotaan persediaan yaitu persediaan rendah (sedikit) dan tinggi (banyak) seperti pada gambar 3 di bawah ini.



Gbr. 3 Persediaan air demin

$$\mu_{\text{SEDIKIT}} [y] = \left\{ \frac{70-40}{70-20} = \frac{300}{500} = 0.6 \right\} \text{ dan}$$

$$\mu_{\text{BANYAK}} [y] = \left\{ \frac{40-20}{70-20} = \frac{20}{50} = 0.4 \right\}$$

Aturan 1

[R1] IF permintaan TURUN And persediaan banyak Then produksi listrik rendah berkurang

a-predikat = $\mu_{\text{PERMINTAAN}} \text{ turun} \mid \mu_{\text{PERSEDIAAN}} \text{ banyak}$
 a-predikat = $\text{MIN} (\mu_{\text{PERMINTAAN}} \text{ turun}, \mu_{\text{PERSEDIAAN}} \text{ banyak})$

$$\text{a-predikat} = \text{MIN} (0.25 ; 0.4)$$

$$\text{a-predikat} = 0.25$$

$$\frac{900-x}{900-400} = 0.25 \quad \mathbf{x = 775} \quad \mathbf{z_1 = 775}$$

Aturan 2

[R2] IF permintaan TURUN And persediaan SEDIKIT Then produksi listrik berkurang

a-predikat = $\mu_{\text{PERMINTAAN}} \text{ turun} \mid \mu_{\text{PERSEDIAAN}} \text{ sedikit}$
 a-predikat = $\text{MIN} (\mu_{\text{PERMINTAAN}} \text{ turun}, \mu_{\text{PERSEDIAAN}} \text{ sedikit})$

$$\text{a-predikat} = \text{MIN} (0.25 ; 0.6)$$

$$\text{a-predikat} = 0.25$$

$$\frac{900-x}{900-400} = 0.25 \quad \mathbf{x = 775} \quad \mathbf{z_2 = 775}$$

Aturan 3

[R3] IF permintaan NAIK And persediaan banyak Then produksi listrik bertambah

a-predikat = $\mu_{\text{PERMINTAAN}} \text{ naik} \mid \mu_{\text{PERSEDIAAN}} \text{ banyak}$
 a-predikat = $\text{MIN} (\mu_{\text{PERMINTAAN}} \text{ naik}, \mu_{\text{PERSEDIAAN}} \text{ banyak})$

a-predikat = MIN (0.25 ; 0.4)

a-predikat = 0.4

$$\frac{x-400}{900-400} = 0.4 \quad \mathbf{x = 600} \quad \mathbf{z_3 = 600}$$

Aturan 4

[R4] IF permintaan NAIK And persediaan sedikit Then produksi listrik bertambah

a-predikat = μ PERMINTAAN naik | μ PERSEDIAAN sedikit

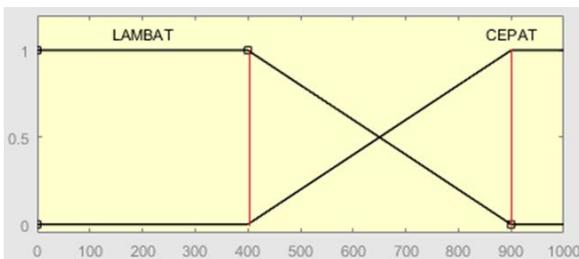
a-predikat = MIN (μ PERMINTAAN naik, μ PERSEDIAAN sedikit)

a-predikat = MIN (0.75 ; 0.6)

a-predikat = 0.6

$$\frac{x-400}{900-400} = 0.6 \quad \mathbf{x = 700} \quad \mathbf{z_4 = 700}$$

Variabel ketiga dari metode Tsukamoto adalah produksi listrik yang dihasilkan generator. Variabel produksi listrik dibuat dengan grafik yang menggambarkan derajat keanggotaan kecepatan putaran mesin yaitu kecepatan lambat dan tinggi seperti pada Gbr. 4 di bawah ini.



Gbr. 4 Produksi listrik yang dihasilkan

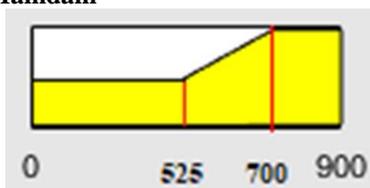
Perhitungan produksi listrik menggunakan substitusi yang telah didapatkan pada aturan 1, aturan 2, aturan 3, dan hasil perhitungan melau rule yang telah dihasilkan, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Z^o = \frac{\sum_i^n \text{apredikat } i * z_i}{\sum_i^n \text{apredikat } i}$$

$$Z^o = \frac{0.25*775+0.25*775+0.4*600+0.6*700}{0.25+0.25+0.4+0.6} = 698,3$$

Jadi produksi listrik yang dapat diproduksi sebesar **698,3 MW/hari**

A. Metode Mamdani



Gbr. 5 Derajat keanggotaan antara 525 dan 700

- $\frac{a1-400}{900-400} = 0.25$ $a1= 525$
- $\frac{a2-400}{900-400} = 0,6$ $a2=700$

Didapat fungsi keanggotaan hasil komposisi sebagai berikut :

- $\mu(x) = \frac{z-400}{600}$
- $M1 = \int_0^{525} 0,25 z dz = 34453$

- $M2 = \int_{525}^{700} \frac{z-400}{600} z dz = 38706.59$
- $M1 = \int_{700}^{900} 0,6 z dz = 96000$

Luas daerah

- $A1 = 525 \times 0.25 = 131.25$
- $A2 = \frac{(0.25+0.6) \times (700-525)}{2} = 74.375$
- $A3 = (900-700) \times 0.6 = 120$

Titik pusat Centroid = momen/luas daerah

$$Z = \frac{34453+38706.59+96000}{131.25+74.37+120} = 254.16$$

Jadi produksi listrik yang dapat diproduksi sebesar 254.16 MW/hari

Metode Sugeno

[R1] Jika permintaan TURUN dan persediaan BANYAK maka produksi listrik = PERMINTAAN - PERSEDIAAN.

[R2] Jika permintaan TURUN dan persediaan SEDIKIT maka produksi listrik = PERMINTAAN.

[R3] Jika permintaan NAIK dan persediaan BANYAK maka produksi listrik = PERMINTAAN.

[R4] Jika permintaan NAIK dan persediaan SEDIKIT maka produksi listrik = 1.25 X PERMINTAAN - PERSEDIAAN.

- $R1 = 0.25, 0.4 = 0.25 \quad Z1 = 600-40 = 560$
- $R2 = 0.25, 0.6 = 0.25 \quad Z2 = 600$
- $R3 = 0.75, 0.4 = 0.4 \quad Z3 = 600$
- $R4 = 0.75, 0.6 = 0.6 \quad Z4 = 1.25 \times 600-40 = 710$

$$Z = \frac{0.25*560+0.25*600+0.4*600+0.6*710}{0.25+0.25+0.4+0.6} = \frac{956}{1.5} = 537.3$$

Jadi produksi listrik yang dapat diproduksi sebesar 537.3 MW/hari.

Kesimpulan

Kendali mesin penggerak atau mesin generator pada pembangkit listrik dapat dikendalikan dengan menentukan besar putaran mesin, menggunakan metode Tsukamoto, Mamdani, dan Sugeno. Untuk penghitungan defuzzifikasi Tsukamoto dan Sugeno memiliki cara yang sama. Untuk menghitung inferensi ketiga metode ini memiliki caranya masing masing. Metode Tsukamoto dan Sugeno lebih mudah dibandingkan metode Mamdani dan penyelesaiannya pun tidak terlalu panjang. Hasil perhitungan melalui metode Tsukamoto sebesar 698,3 MW/hari, dan melalui metode Mamdani sebesar 254.16 MW/hari, dan melalui metode Sugeno sebesar 537.3 MW/hari. Hasil yang mendekati dengan target yang diharapkan adalah metode Tsukamoto yaitu sebesar 698,3 MW/hari.

REFERENSI

[1] H. Shahid, S. Murawwat, I. Ahmed, S. Naseer, and R. Fiaz, "Design of a Fuzzy Logic Based Controller for Fluid Level Application," no. August, pp. 469–476, 2016.
 [2] I. W. R. Ardana and I. P. Sutawinaya, "PEMODELAN SISTEM KONTROLER LOGIKA FUZZY PADA PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK MATLAB / SIMULINK," vol. 7, no. 1, pp. 1–6, 2017.

- [3] M. Ali, "Kontrol Kecepatan Motor DC Menggunakan PID Kontroler Yang Dituning Dengan Firefly Algorithm," *Intake J. Penelit. Ilmu Tek. Dan Terap.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–10, 2012.
- [4] A. D. Yulianta, S. P. Hadi, and Suharyanto, "Pengendalian Kecepatan Motor Brushless dc Menggunakan Metode Logika Fuzzy," *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–9, 2015.
- [5] J. Nasional, T. Elektro, D. P. Sari, R. Nazir, and K. Kunci, "OPTIMALISASI DESAIN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID DIESEL GENERATOR □ PHOTOVOLTAIC ARRAY MENGGUNAKAN HOMER (STUDI KASUS: DESA SIRILOGUI, KABUPATEN KEPULAUAN MENTAWAI)," vol. 4, no. 1, 2015.
- [6] L. Controller and P. I, "Fuzzy Logic in Control Systems : Fuzzy," *Electr. Eng.*, no. 2, 1990.
- [7] S. Widaningsih, "Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur," *Infoman's*, vol. 11, no. 1, pp. 51–65, 2017, doi: 10.33481/infomans.v11i1.21.