

IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY UNTUK MENGENDALIKAN pH DAN LEVEL AIR KOLAM RENANG

Nazrul Effendy, M. Heikal Hasan dan Febry Wikatmono
Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jln. Grafika 2, Yogyakarta 55281

e-mail: nazrul@gadjahmada.edu, febry_cimot@gmail.com, prof_ekal@yahoo.co.id

ABSTRAKSI

Pada sistem komunikasi gelombang milimeter, peristiwa fading (pelemahan) sangat mempengaruhi penyampaian gelombang elektromagnetik karena dapat menyebabkan sinyal yang diterima terganggu. Untuk mengurangi pengaruh ini, maka diperlukan perancangan kontrol daya dari stasiun pemancar yang dapat mengikuti variasi fading selama peristiwa hujan untuk mengimbangi redaman hujan. Penelitian ini mencari model distribusi fade dynamics dari pengukuran parameter hujan di Surabaya yang terdiri dari fade slope dan fade duration. Model ini akan diterapkan untuk mengevaluasi Fade Mitigation Techniques (FMT) yang sesuai untuk iklim di Indonesia, dengan melakukan pengukuran curah hujan di lingkungan kampus ITS. Sedangkan data kecepatan angin diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika Juanda Surabaya. Data curah hujan dan kecepatan angin tersebut digunakan untuk menghitung besarnya redaman hujan. Dari nilai redaman tersebut maka dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan fade slope pada tiap even hujan dan fade duration dengan menentukan batas thresholdnya yaitu pada 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 dB yang berorientasi pada dua arah link yaitu Barat-Timur dan Utara-Selatan. Selanjutnya dilakukan perhitungan statistik fade slope dan fade duration kondisional sehingga dapat diperoleh model statistik fading di Surabaya. Statistik fading sangat dipengaruhi oleh variasi wilayah, tahun, arah angin dan arah link komunikasi serta panjang link komunikasi. Sehingga dalam merancang sistem komunikasi harus memperhatikan hal-hal tersebut. Perancangan kontrol daya harus memperhitungkan arah dan kecepatan angin. Dalam perancangan kontrol daya jika panjang lintasan yang diinginkan semakin panjang, maka equalizer juga harus dirancang untuk bisa mengikuti variasi sinyal yang semakin cepat.

Katakunci : Fading, fade slope, fade duration, fade mitigation techniques.

1. PENDAHULUAN

Pada suatu sistem kontrol dikenal adanya beberapa macam aksi control. Namun saat ini berkembang suatu teknologi dimana tidak lagi digunakan cara konvensional untuk mendapatkan suatu hasil yang kita inginkan dengan memakai persamaan matematika. Tetapi dengan cara menerapkan kemampuan manusia untuk mengendalikan sesuatu, yaitu dalam bentuk aturan-aturan "Jika-maka" (*If - Then Rules*), sehingga proses pengendalian akan mengikuti pendekatan secara linguistik. Sistem tersebut disebut sistem kendali logika fuzzy. Sistem kendali logika fuzzy tidak memiliki ketergantungan pada variabel-variabel proses kendali dan dikembangkan dalam bidang teknik kontrol, terutama untuk sistem nonlinier dan dinamis [1].

Penggunaan teknik kendali logika Fuzzy telah cukup meluas pada berbagai aplikasi mulai dari kendali proses industri, elektronika rumah tangga, kendali robot dan lain-lain [2]. Dalam makalah ini diberi suatu contoh aplikasi sederhana menggunakan kendali logika fuzzy, yaitu sistem pengaturan pH dan level air pada kolam renang. Dimana sistem ini biasa diterapkan pada berbagai aplikasi kendali

bidang industri, misalnya: pengolahan limbah, pencampuran bahan kimia, pengendalian level tangki dan sebagainya. Perancangan dilakukan melalui simulasi dengan software MATLAB.

2. PENGENDALI LOGIKA FUZZY

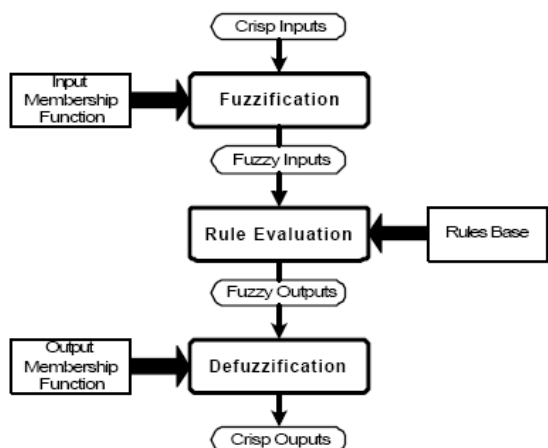
Pada teori himpunan fuzzy memungkinkan derajat keanggotaan (*member of degree*) suatu objek dalam suatu himpunan dinyatakan dalam interval antara "0" dan "1" atau [0 1]. Himpunan fuzzy F dalam semesta X biasanya dinyatakan sebagai pasangan berurutan dari elemen x dan mempunyai derajat keanggotaan [3]:

$$F = \{(x, \mu_F(x)) \mid x \in X\} \dots \dots \dots (1)$$

dengan F : notasi himpunan fuzzy, X : semesta pembicaraan, x : elemen generik dari X , dan $\mu_F(x)$: derajat keanggotaan dari x . Fungsi keanggotaan (*membership function*) dari himpunan fuzzy dapat disajikan dalam bentuk gabungan derajat keanggotaan tiap-tiap elemen pada semesta pembicaraan [3].

$$F = \sum \mu_F(u_i) / u_i \dots \dots \dots (2)$$

Pada Gambar 1 diperlihatkan diagram blok pengendali logika fuzzy.



Gambar 1. Diagram blok pengendali logika fuzzy

Fuzzifikasi merupakan suatu proses untuk mengubah suatu peubah masukan dari bentuk tegas (*crisp*) menjadi peubah fuzzy (*variable linguistik*) yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaannya masing-masing [3,4,5,6].

Evaluasi aturan merupakan proses pengambilan keputusan (*inference*) yang berdasarkan aturan-aturan yang ditetapkan pada basis aturan (*rules base*) untuk menghubungkan antar peubah-peubah fuzzy masukan dan peubah fuzzy keluaran. Aturan-aturan ini berbentuk jika-maka (IF -THEN) [3,5].

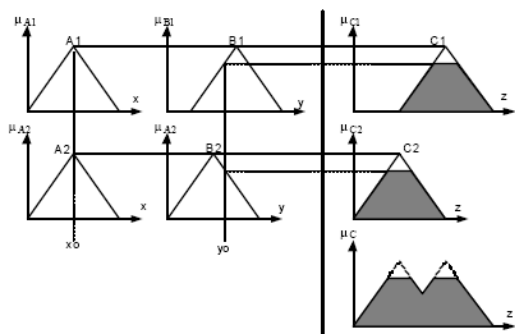
Teknik pengambilan keputusan yang digunakan adalah metode max-min. Pada metode max-min, pengambilan keputusan didasarkan pada aturan operasi menurut Mamdani. Keputusan yang diambil berdasarkan aturan ke *i* dapat dinyatakan dengan $a_i \wedge \mu_{ci}(z)$, sehingga keanggotaan C adalah titik yang diberikan oleh:

$$\mu_c(z) = (a_1 \wedge \mu_{c1}(z)) \vee (a_2 \wedge \mu_{c2}(z)) \vee \dots \vee (a_i \wedge \mu_{ci}(z))$$

atau :

$$\mu_c(z) = \max\{\min(a_1, \mu_{c1}(z)), \min(a_2, \mu_{c2}(z)), \dots, \min(a_i, \mu_{ci}(z))\}$$

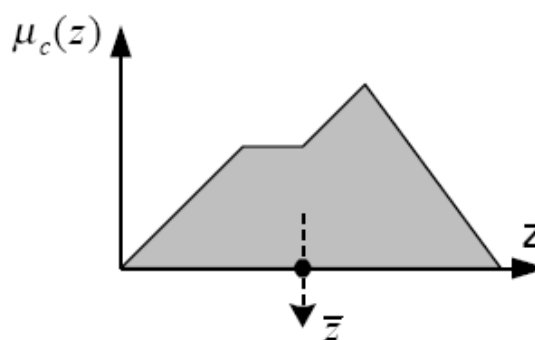
Proses pengambilan keputusan MAX-MIN dapat dilukiskan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Metode max-min.

Defuzzifikasi merupakan proses perubahan besaran fuzzy yang disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan fuzzy keluaran dengan fungsi keanggotaannya untuk mendapatkan kembali bentuk tegasnya [3].

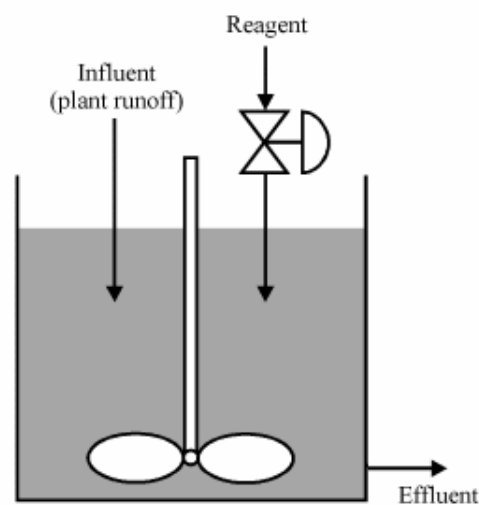
Hal ini diperlukan karena *plant* hanya mengenal nilai tegas sebagai besaran sebenarnya untuk regulasi prosesnya. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode *centroid*. Metode *centroid* ini juga dikenal sebagai metode COA (*Center of Area*) atau metode *Center of Gravity*. Pada metode ini nilai tegas keluarannya diperoleh berdasarkan titik berat dari kurva hasil proses pengambilan keputusan yang dapat dilukiskan pada Gambar 3 [3].



Gambar 3. Metode centroid.

3. PENCAMPURAN LARUTAN

Apabila terjadi pencampuran dua larutan yang memiliki konsentrasi ion hidrogen yang berbeda, maka rumus yang digunakan untuk menghitung konsentrasi ion hidrogen campuran dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:



Gambar 4. Sistem Pencampuran Larutan

$$\frac{dC_0(t)}{dt} = \frac{u(t)}{V} (C_u(t) - C_0(t)) + \frac{q(t)}{V} (C_i(t) - C_0(t))$$

dimana :

- $c_o(t)$: konsentrasi ion hidrogen pada aliran keluar
- $c_u(t)$: konsentrasi ion hidrogen pada reagent
- $c_i(t)$: Konsentrasi ion hidrogen pada aliran masuk
- $u(t)$: laju aliran reagent
- $q(t)$: laju aliran masuk

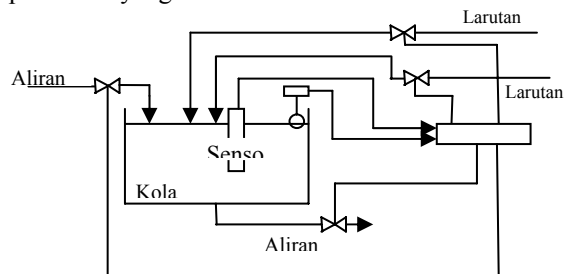
Untuk mendapatkan antara nilai pH dengan konsentrasi ion hidrogen dapat digunakan rumus:

$$pH = -\log\left(\sqrt{0,25C^2 + 10^{-14}} + 0,5C\right)$$

4. PERANCANGAN SISTEM

4.1 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan sistem diawali dengan mendeskripsikan sistem yang akan dikendalikan. Di sini plant yang akan dikendalikan yaitu kolam renang dengan variable yang terkendali yaitu pH dan level air kolam seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Diasumsikan bahwa kolam renang memiliki ukuran 10 m x 3,5 m x 2 m. Pada kolam akan dipasang sensor derajat keasaman dan pelampung yang berguna sebagai sensor level. Pada sistem diasumsikan pH asam 4 dan pH basa 10, sedangkan pH cairan yang masuk adalah 6.



Gambar 5. Diagram Blok Sistem Kendali pH dan Level air Kolam Renang

Keluaran sensor diumpun balik guna mendapatkan error antara set point dan nilai sebenarnya. Nilai error akan digunakan sebagai masukan pada fuzzy baik untuk fuzzy pH maupun level yang akan diinputkan ke dalam fuzzy logic controller yang berupa perangkat lunak. Setelah I/O teridentifikasi, langkah selanjutnya membangun fungsi keanggotaan (*Membership Function, MF*) dan aturan fuzzy IF - THEN dengan menggunakan software MATLAB. Keluarannya berupa output yang mengendalikan katup-katup untuk mengontrol aliran asam-basa, aliran masuk dan aliran keluar.

4.2 Perancangan Perangkat Lunak

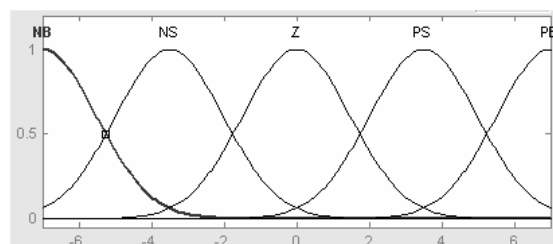
4.2.1 Fungsi Keanggotaan (Membership Function, MF)

Pembuatan perangkat lunak fuzzy logic diawali dengan membentuk fungsi keanggotaan dari crisp input dan output. Pada plant ini, himpunan fuzzy dibagi menjadi dua yaitu himpunan fuzzy untuk level dan untuk pH. Pada himpunan fuzzy untuk mengendalikan pH, terdapat satu crisp input dan dua crisp output. Crisp input berupa error dan crisp outputnya berupa pengaturan aliran asam dan basa yang melalui katup. Sedangkan himpunan logika fuzzy untuk level, crisp outputnya berupa error dan crisp outputnya berupa pengaturan aliran masuk dan keluar yang melalui katup.

Tidak seperti kontroler konvensional yang membutuhkan batasan yang tepat dari input dan outputnya, fuzzy logic menggunakan pendekatan secara lebih sederhana yaitu menggunakan batasan-batasan negatif, nol dan positif. Pada desain ini, digunakan segitiga untuk MF input dan bentuk singleton untuk MF output. Alasan digunakan bentuk singleton pada MF output yaitu untuk memudahkan perhitungan COG (*Center of Gravity*) dari output.

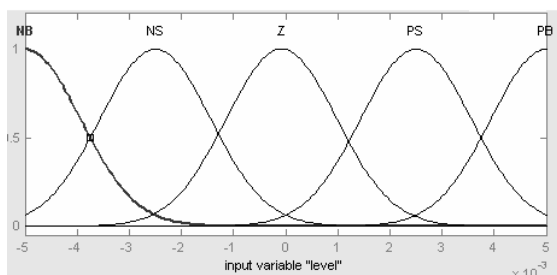
- Input Error

Pada masukan digunakan 5 input error yaitu NB (Negative Big), NS (Negative Small), Z (Zero), PS (Positive Small), PB (Positive Big). Untuk masukan error pada fuzzy pH dibatasi antara -7 sampai 7. Fungsi keanggotaannya ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Fungsi keanggotaan Input Error pH Kontrol

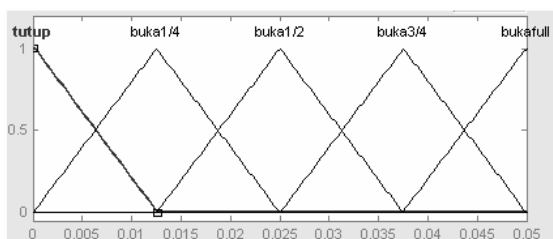
Sedangkan untuk masukan error pada fuzzy level air dibatasi antara -5 cm sampai 5 cm dari set point. Fungsi keanggotaannya ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Fungsi keanggotaan Input Error Level Air

- Output Katup Aliran Masuk

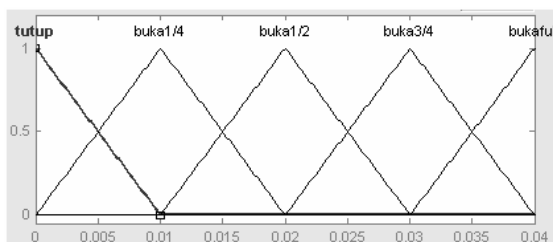
Jumlah output yang digunakan untuk keluaran fuzzy ada 5 buah : tutup, buka ¼, buka ½, buka ¾ dan buka full. Buka ½ merupakan default untuk sistem apabila sudah stabil. Hal ini berlaku pada seluruh katup. Aliran maksimal yang masuk apabila terbuka penuh sekitar 0,05 m³/s. Fungsi keanggotaannya ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Fungsi keanggotaan Output Katup Aliran Masuk

- Output Katup Aliran Keluar

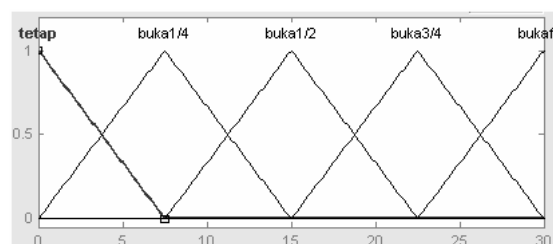
Aliran maksimal yang keluar apabila terbuka penuh sekitar 0,04 m³/s. Fungsi keanggotaannya ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Fungsi keanggotaan Output Katup Aliran Keluar

- Output Katup Larutan Asam

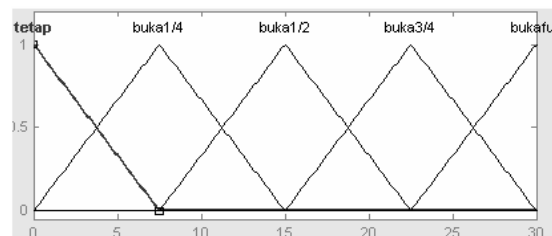
Aliran maksimal larutan asam yang masuk apabila terbuka penuh adalah 30 L/s. Fungsi keanggotaannya ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Fungsi keanggotaan Output Katup Aliran Masuk Larutan Asam

- Output Katup Larutan Basa

Aliran maksimal larutan basa yang masuk apabila terbuka penuh adalah 30 L/s. Fungsi keanggotaannya ditunjukkan pada Gambar 11.



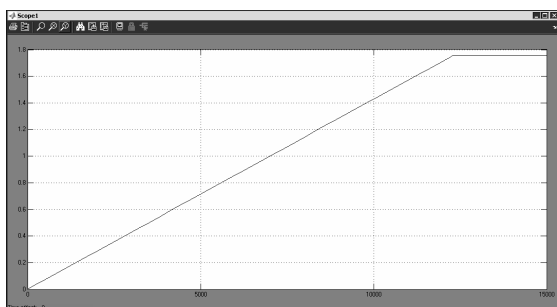
Gambar 11. Fungsi keanggotaan Output Katup Aliran Masuk Larutan Basa

4.2.1 Pembuatan Aturan

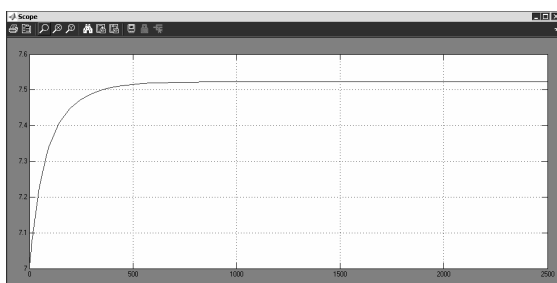
Karena pada sistem terdapat dua himpunan logika fuzzy, maka ada 2 aturan yang digunakan yaitu aturan untuk fuzzy pH control dan aturan untuk fuzzy level air. Aturan-aturan yang digunakan pada pengendali logika fuzzy adalah sebagai berikut:

- Aturan untuk kendali pH
 1. Jika error NB, maka katup basa ditutup dan katup asam dibuka full.
 2. Jika error NS, maka katup basa dibuka ¼ dan katup asam dibuka ¾.
 3. Jika error Z, maka katup basa dibuka ½ dan katup asam dibuka ½.
 4. Jika error PS, maka katup basa dibuka ¼ dan katup asam dibuka ¾.
 5. Jika error PB, maka katup basa dibuka penuh dan katup asam ditutup.
- Aturan untuk kendali Level Air
 1. Jika error NB, maka katup aliran masuk ditutup dan katup aliran keluar dibuka full.
 2. Jika error NS, maka katup aliran masuk dibuka ¼ dan katup aliran keluar dibuka ¾.
 3. Jika error Z, maka katup aliran masuk dibuka ½ dan katup aliran keluar dibuka ½.
 4. Jika error PS, maka katup aliran masuk dibuka ¼ dan katup aliran keluar dibuka ¾.

5. Jika error PB, maka katup aliran masuk dibuka penuh dan katup aliran keluar ditutup.



Gambar 12. Hasil Pengujian Kendali Level Air Kolam



Gambar 13. Hasil Pengujian Kendali pH Air Kolam

5. HASIL PENGUJIAN

Hasil pengujian yang didapat untuk pengendalian level air menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mengisi air kolam renang sampai ketinggian 1,8 meter adalah sekitar 3,4 jam dengan kesalahan sebesar 2,6 %. Sedangkan pada kendali pH, untuk mencapai set point diperlukan waktu 15,3 menit dengan error sebesar 0,3 %. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 12 dan 13. Pengendalian pH tersebut dipengaruhi oleh laju aliran masuk yang didapat dari keluaran fuzzy pada pengaturan level. Kecepatan sistem untuk mencapai set point juga dipengaruhi oleh konsentrasi asam-basa air kolam yang dikendalikan.

6. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, pengendalian menggunakan logika fuzzy dapat berfungsi dengan baik dengan error sebesar 2,6% untuk kendali level dan 0,3% untuk kendali pH. Penerapan kendali fuzzy pada kolam renang dapat memudahkan untuk mendapatkan level dan pH yang diinginkan dibandingkan sistem yang belum dilengkapi dengan pengendali.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pasila, F., Thiang, dan Finaldi, O., *Sistem Kendali Hybrid PID-Logika Fuzzy pada Pengaturan Kecepatan Motor DC*, Prosiding Seminar Komputer dan Sistem Intelijen (KOMMIT 2000), Universitas Gunadarma-Jakarta, Agustus 2000
- [2] Hanawati, A., Thiang, dan Resmana. *Prototipe Sistem Kendali Temperatur Berbasis Fuzzy Logic pada Sebuah Inkubator*, Prosiding Seminar Nasional Penerapan Teknologi Kendali dan Instrumentasi pada Pertanian, BPPT-Jakarta, Oktober 1998
- [3] Wahyudi, *Implementasi Fuzzy Logic Controller pada Sistem Pengereman Kereta Api*, Transmisi, vol 10, No 2, Universitas Diponegoro, Desember 2005.
- [4] Kuswadi, S., 2006, *Kendali Cerdas*, Andi Offset, Yogyakarta
- [5] Chen, G., and Pham, T.T., *Introduction to fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy control systems*, CRC Press LLC, 2001
- [6] Jantzen, J., *Foundations of Fuzzy Control*, John Wiley&Sons Ltd, London, 2007

