

PEMODELAN KENDALI LOGIKA FUZZY (FUZZY LOGIC CONTROLLER) PADA PERANGKAT PEMINDAI GAMMA

Arjoni Amir*

Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir (PRPN) – BATAN
Email : arjoniamir@batan.go.id

ABSTRAK

PEMODELAN KENDALI LOGIKA FUZZY (FUZZY LOGIC CONTROLLER) PADA PERANGKAT PEMINDAI GAMMA. Telah dilakukan pemodelan dan simulasi kendali untuk mengatur posisi tinggi dan arah sumber radiasi gamma isotop Co-60 dan detektor NaI(TL) perangkat pemindai gamma dengan menggunakan metode kendali logika fuzzy (fuzzy logic controller, FLC). Dengan posisi tinggi dan arah yang benar dari radiasi gamma dan detector NaI(TI) diperoleh hasil pencacahan yang optimal. Data pencacahan yang diperoleh dari sistem pencacahan perangkat pemindai gamma dipengaruhi oleh ketidakstabilan posisi tinggi dan arah antara sumber radiasi gamma dan detektor NaI(TI) atau ketinggian dan arah yang tidak sama antara sumber radiasi gamma dan detektor NaI(TI). Diasumsikan posisi tinggi dan arah sumber radiasi bisa diatur tetap sedangkan posisi tinggi detektor h (+2,+1,0,-1,-2) dapat diatur naik-turun dan arah detektor dapat diubah arah ke kiri atau kanan membentuk sudut ω (+2,+1,0,-1,-2) bila posisi dan arah tersebut tidak segaris lagi dengan arah sumber radiasi gamma maka hasil pencacahan yang diperoleh tidak akan optimal. Gerakan arah detektor kearah kiri atau kanan dan tinggi detektor diatur sedemikian rupa oleh motor DC dengan menggunakan kendali logika fuzzy sehingga diperoleh keluaran besaran kendali logika fuzzy yang menghasilkan bentuk keluaran besaran cacah optimal. Variasi perbedaan posisi tinggi h antara sumber radiasi gamma dengan detektor dan perubahan arah sudut detektor ω menjadi variabel masukan fungsi keanggotaan (member function) logika fuzzy sedangkan untuk variabel keluaran fungsi keanggotaan logika fuzzy dipilih besaran keluaran kendali logika fuzzy yang berbanding lurus dengan besaran cacah optimal. Dari hasil simulasi diperoleh hubungan antara data besaran keluaran kendali logika fuzzy dengan data besaran masukan tinggi h dan arah detektor ω yang digambarkan dalam bentuk grafik surface.

Katakunci : kendali logika fuzzy, pemindai gamma, radiasi gamma, detektor NaI(TI), Isotop Co-60.

ABSTRACT

MODELING OF FUZZY LOGIC CONTROLLER ON GAMMA SCANNING DEVICE. Modeling and simulation of controller to set the high position and direction of the source of gamma radiation isotope Co-60 and NaI(TL) detector of gamma scanning device by using fuzzy logic controller, FLC has been done. The high positions and in the right direction of gamma radiation and NaI (TI) detector obtained the optimal enumeration. The counting data obtained from gamma scanning device counting system is affected by the instability of high position and direction of the gamma radiation source and NaI(TI)detector or the height and direction are not equal between the gamma radiation source and NaI(TI)detector. Assumed a high position and direction of radiation sources can be fixed while the high position detector h (2, 1, 0, -1, -2) can be adjusted up and down and the detector can be changed direction to the left or right angle ω (2, 1, 0, -1, -2) when the position and direction are no longer aligned with the direction of the source of gamma radiation, the counting results obtained will not be optimal. Movement detector direction towards the left or right and the high detector arranged by the DC motor using fuzzy logic control in order to obtain the amount of output fuzzy logic control which forms the optimal output quantity count. The variation of height difference h between the source position of the gamma radiation detector and change direction with the detector angle ω becomes the input variable membership function (member function) whereas the fuzzy logic for the output variable membership function of fuzzy logic control output is selected scale fuzzy logic is directly proportional to the amount of optimal counting. From the simulation results obtained by the relationship between the amount of data output variable of fuzzy logic controller with the amount of data input variable height h and direction detector ω is depicted in graphical form surface.

Keywords: fuzzy logic control, gamma scanning, gamma radiation, detector NaI (TI), Co-60 isotope.

1. PENDAHULUAN

Kendali logika fuzzy biasanya digunakan banyak pada produk berbagai seperti mesin cuci, kamera video, pada proses industri seperti robot, pabrik semen dan kereta api bawah tanah. [1] Pemodelan dan simulasi merupakan salah satu metode untuk melihat sistem dunia nyata yang sangat kompleks terutama pada pengembangan dan aplikasi sistem pengendalian seperti di industri. Pemodelan sistem dinamik sebuah plant dapat memberikan hasil yang sangat relatif akurat untuk dikembangkan dimana pada langkah pembuatan disain kendali konvensional membutuhkan asumsi – asumsi yang ketat seperti linearitas plant, linearitas kendali dan sebagainya. Pada prakteknya kendali konvensional sering dikembangkan melalui perilaku model plant yang simpel dan memenuhi asumsi – asumsi yang cukup, seperti melalui tuning yang relatif simpel dari pada jenis pengendali linear atau non linear. Pada kendali logika fuzzy kondisi ini memerlukan metodologi formal untuk mewakili, memanipulasi, dan menerapkan heuristik pengetahuan manusia tentang bagaimana mengendalikan sebuah sistem kendali tersebut.

Pada tulisan ini akan membahas tentang kendali logika fuzzy (fuzzy logic controller) yang mengandung fuzzy logic yang ditanamkan dalam sistem kendali perangkat pemindai gamma. Perangkat pemindai gamma terdiri atas kolom proses (kolom distilasi) yang bisa mencapai tinggi 2-90 m dan memiliki profil ketebalan tertentu pada posisi tertentu seperti posisi elemen tray, Gambar 1. Pada kolom proses yang telah dioperasikan cukup lama maka profil dinding dan elemen tray kolom proses ini makin lama makin tipis, rusak karena korosi, lepas dari posisi dinding kolom proses, penumpukan korosi pada tray dan sebagainya mengakibatkan efisiensi produksi menurun sehingga kolom proses ini perlu diperiksa dan

diperbaiki. Kolom proses ini biasanya tertutup rapat sehingga kondisi profil, posisi tray tidak bisa dilihat secara

langsung dari luar. Salah satu teknik pemeriksaan ketebalan profil bagian dalam kolom proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan pemindai gamma (gamma scanning) tanpa menghentikan operasi sistem plant tersebut. Penyerapan radiasi gamma oleh profil kolom proses digunakan untuk mengetahui ketebalan profil dinding kolom proses atau kondisi tray yang berfungsi sebagai *shielding*, hasil pengukuran radiasi gamma yang menembus profil dinding kolom proses menjadi besaran cacah yang merupakan gambaran dari profil atau tray kolom proses tersebut. Hasil cacah yang baik atau optimal apabila posisi tinggi, arah detektor dengan sumber radiasi berhadapan dan dalam satu garis horizontal. Untuk mengatur posisi tinggi dan arah detektor-sumber radiasi gamma akan digunakan motor DC dengan model kendali logika fuzzy.

2. TEORI

2.1 Radiasi gamma

Radiasi gamma melalui suatu bahan disertai dengan proses atenuasi intensitas berkas radiasi gamma ke tingkat yang tergantung pada ketebalan lapisan penyerap yang dinyatakan oleh persamaan sebagai berikut : [2]

$$I = I_0 x e^{-\mu d} \dots\dots\dots(1)$$

dimana,

I_0 = Intensitas radiasi gamma pada ketebalan bahan $d = 0$ cm.

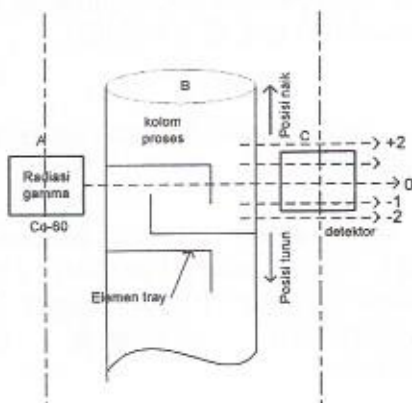
I = Intensitas radiasi gamma setelah melewati bahan dengan ketebalan d cm.

μ = koefisien linear absorpsi sinar gamma.

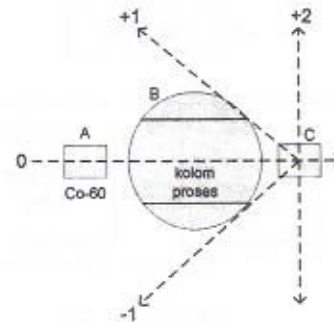
2.2. Perangkat pemindai gamma

Kendali logika fuzzy yang dioperasikan pada peralatan pemindai gamma berfungsi mengatur posisi tinggi dan arah detektor–sumber radiasi gamma

agar sama tinggi dan berhadapan searah satu dengan yang lain. Pada posisi tersebut dilakukan proses pengambilan data melalui sistem pencacah menghasilkan keluaran kendali logika fuzzy atau besaran cacah yang optimal. Proses variabel atau keluaran plant terdiri atas dua parameter yaitu parameter perubahan posisi ketinggian detektor (h) dan parameter perubahan arah sudut detektor (ω). Setiap perubahan posisi ketinggian detektor Δh dan perubahan arah sudut detektor $\Delta \omega$ dilambangkan dengan angka $(-2, -1, 0, +1, +2)$. Pada Gambar 1 angka 0 menunjukkan arah detektor segaris dan sama tinggi dengan sumber radiasi gamma. Angka +1 menunjukkan perbedaan/ perubahan tinggi (arah keatas) dan arah antara detektor dengan sumber radiasi atau detektor membuat sudut arah kekanan, Gambar 2. Angka -1 menunjukkan sebaliknya yaitu perbedaan tinggi (arah kebawah) dan arah antara detektor dengan sumber radiasi atau detektor membuat sudut arah kekiri dan seterusnya, seperti yang diberikan Gambar 1 dan Gambar 2.



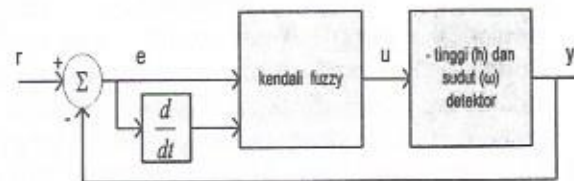
Gambar 1. Perubahan posisi tinggi detektor h (+2, +1, 0, -1, -2) relatif terhadap posisi sumber radiasi gamma, pandangan dari depan.



Gambar 2. Perubahan sudut detektor dengan arah ω (+2, +1, 0, -1, -2) terhadap arah radiasi sumber gamma Co-60, pandangan dari atas.

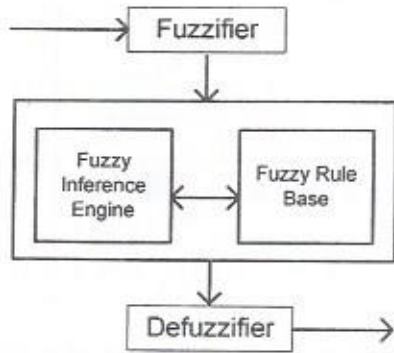
2.3 Kendali logika fuzzy (fuzzy logic controller)

Kendali logika fuzzy merupakan salah satu jenis sistem kendali yang berfungsi memberikan sinyal pada sistem plant sehingga plant mengeluarkan respon sesuai dengan sinyal referensi (setpoint) yang diberikan, Gambar 3.



Gambar 3. Kendali logika fuzzy untuk perubahan posisi tinggi detektor d/dt atau (Δh) dan perubahan arah sudut detektor d/dt atau ($\Delta \omega$) dalam loop tertutup.

Diagram blok kendali logika fuzzy diberikan dalam Gambar 3, dimana blok kendali logika fuzzy tertanam dalam sebuah loop tertutup sistem pengendalian. Sinyal keluaran plant dilambangkan dengan huruf y , sinyal masukan yang dilambangkan dengan huruf u , dan sinyal referensi masukan dilambangkan dengan huruf r . Blok kendali logika fuzzy dapat diuraikan dalam Gambar 4 dimana blok ini terdiri atas blok *fuzzifier*, blok *fuzzy interface*, blok *fuzzy rule base* dan blok *defuzzifier*.



Gambar 4. Blok kendali logika fuzzy [1]

Gambar 4 merupakan uraian kendali logika fuzzy yang terdiri dari blok fuzzyfier, blok fuzzy inference, blok fuzzy rule-base dan blok defuzzyfier. Fungsi blok tersebut dapat diuraikan sebagai berikut.

2.3.1 Antarmuka fuzifikasi (fuzzifier).

Blok pertama dalam kendali logika fuzzy adalah antarmuka fuzifikasi yang berfungsi untuk memetakan data masukan yang diobservasi biasanya dalam bentuk data masukan *crisp* menjadi nilai fuzzy untuk variabel masukan sistem. Data masukan yang dipetakan lebih lanjut dikonversi kedalam definisi bahasa yang cocok sebagai label *fuzzy set* untuk variabel masukan sistem. Proses ini dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut, [3]

$$x = \text{fuzzifier}(x_0) \dots\dots\dots(2)$$

dimana x_0 vektor nilai *crisp* variabel masukan dari proses, x adalah vektor fuzzy set yang didefinisikan untuk variabel, dan fuzzifier adalah operator fuzifikasi yang memetakan data *crisp* ke fuzzy set.

2.3.2. Aturan dasar (rule-base)

Rule base merupakan persamaan pengambilan keputusan atau kesimpulan (inference). Sifat dinamik sistem fuzzy dikarakteristik oleh sekumpulan aturan deskripsi linguistik berdasarkan pada pengetahuan seorang ahli (expert) dalam bentuk aturan *IF-THEN* yaitu pernyataan kondisi fuzzy. [2]

$$\text{IF } A_{i1}(X_1), A_{i2}(X_2), \dots, A_{im}(X_m) A_{ij}(X_i), \\ \text{THEN } Y \text{ is } B_i \dots\dots\dots(3)$$

dimana X_1, X_2, \dots, X_m sebagai variabel masukan, contoh tekanan, temperatur, error dan sebagainya, $A_{ij}(X_j)$ ($j = 1, 2, \dots, m$) adalah fuzzy set pada variabel masukan X_j . Y variabel keluaran sedangkan B_i adalah fuzzy set pada Y .

$$\text{IF (kondisi terpenuhi) THEN (keputusan dijalankan) } \dots\dots\dots (4)$$

Aturan *IF-THEN* ini digabungkan dengan konsep fuzzy (linguistic) sering disebut pernyataan kondisional fuzzy (*fuzzy conditional statements*).

2.3.3. Mekanisme inferensi fuzzy (fuzzy inference mechanism)

Inferensi fuzzy merupakan sebuah gambaran keputusan atau kesimpulan dari sekumpulan rule-base (aturan) yang kemudian dengan sebuah mekanisme dapat menghasilkan besaran keluaran dari sekumpulan aturan *if-then* tersebut. Proses ini dilakukan menggunakan *CROI* (*compositional rule of inference*).

2.3.4. Antarmuka defuzifikasi (defuzzifier interface).

Merupakan proses perubahan besaran fuzzy yang diberikan dalam himpunan keluaran fuzzy dengan fungsi keanggotaannya, dinyatakan dalam persamaan,

$$z_0 = \text{defuzzifier}(C) \dots\dots\dots(5)$$

dimana z_0 keluaran kendali nonfuzzy (*crisp*) dan defuzzifier merupakan operator defuzifikasi. Salah satu dari operator operator defuzifikasi adalah *Centre of area* (*centroid*) dalam waktu kontinyu yaitu,

$$z_0 = \frac{\int_w zC(z)dz}{\int_w C(z)dz} \dots\dots\dots(6)$$

dimana $C(z)$ merupakan fungsi keanggotaan gabungan.

3. METODOLOGI

Pemodelan kendali fuzzy pada pemindai gamma ini dilaksanakan dengan metodologi dan asumsi sebagai berikut,

- Pada perangkat pemindai gamma posisi tinggi sumber radiasi gamma diasumsikan tetap, begitu juga arah radiasi gamma telah searah dengan arah detektor dan sama tinggi. Posisi tinggi sumber radiasi gamma bisa diubah-ubah sesuai dengan posisi profil yang akan diukur untuk data berikutnya.

- Radiasi gamma dianggap sumber titik yang terletak dalam kontainer (kolimator), sumber bisa dibuka-tutup melalui perintah dari sistem akuisisi data (I/O). Radiasi gamma yang melewati kolom proses (profil) diukur oleh sistem detektor berupa cacah persatuan waktu (cps, cpm). Besaran cacah ini merupakan representasi keluaran kendali fuzzy dalam bentuk besaran sinyal (4-20 mA) atau ± 10 VDC yang seterusnya digunakan untuk memutar motor DC arah kekiri atau kekanan dan membuat posisi tinggi detektor sesuai dengan setpoint yang diinginkan.

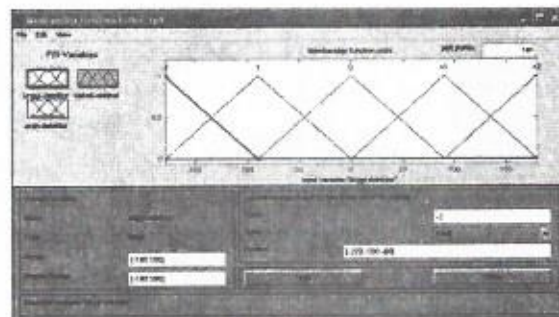
- Variabel masukan kendali fuzzy terdiri dari posisi tinggi detektor $h \pm \Delta h$ dimana tanda minus artinya posisi detektor turun dan sebaliknya. Variabel masukan kedua kendali fuzzy adalah arah detektor $\omega \pm \Delta \omega$ dimana tanda minus menyatakan arah kekiri dan sebaliknya. Variabel keluaran kendali fuzzy merupakan besaran cacah persatuan waktu yang diukur oleh sistem detektor.

- Pemodelan dan simulasi dilakukan dengan menggunakan fuzzy toolbox MATLAB.[4]

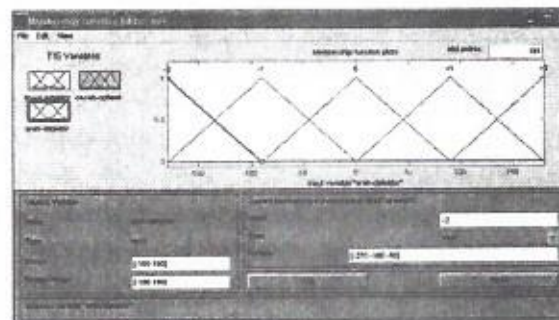
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam tulisan ini sistem kendali (controller) pada perangkat pemindai gamma menggunakan model sistem kendali fuzzy logic (*fuzzy logic controller, FLC*) dimana FLC ini mengatur posisi tinggi detektor dan arah detektor sehingga searah dan sama tinggi dengan sumber radiasi gamma. Pada posisi ini

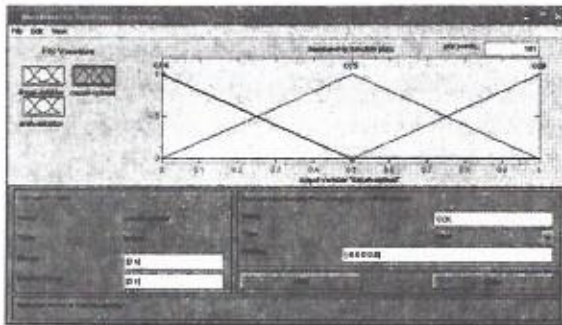
sistem deteksi (detektor) melakukan pencacahan sehingga diperoleh hasil cacah yang optimal (CCK, CCS, CCB). Sistem kendali fuzzy logic menggunakan dua variabel masukan yaitu arah detektor (ω) pada Gambar 5, posisi tinggi (h) pada Gambar 6 dan sebuah variabel keluaran yaitu cacah persatuan waktu yang dinyatakan dalam bentuk simbol CCK (cacah kecil), CCS (cacah sedang), CCB (cacah besar) pada Gambar 7. Fungsi keanggotaan yang digunakan pada variabel masukan dan variabel keluaran berupa fungsi triangular. Hasil simulasi ditunjukkan oleh Gambar dan Tabel berikut ini,



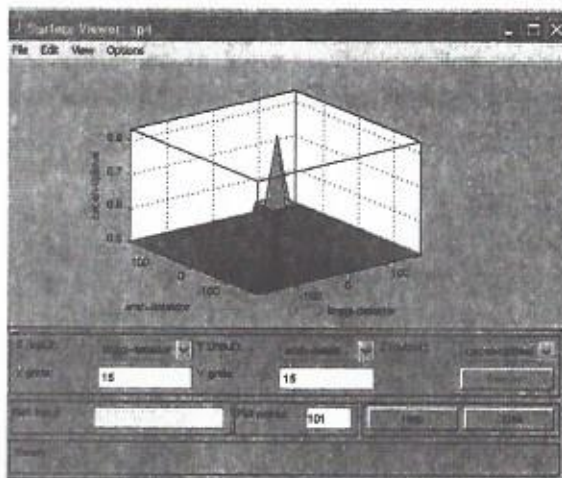
Gambar 5. Variasi arah detektor membentuk sudut $\omega(+2,+1,0,-1,-2)$ sebagai fungsi keanggotaan untuk masukan fuzzy.



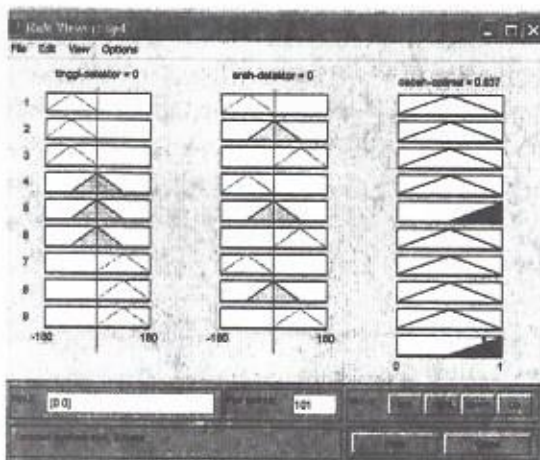
Gambar 6. Variasi posisi tinggi detektor $h(+2,+1,0,-1,-2)$ sebagai fungsi keanggotaan untuk masukan fuzzy.



Gambar 7. Variasi cacah optimal (CCK, CCS, CCB) sebagai fungsi keanggotaan untuk keluaran fuzzy.

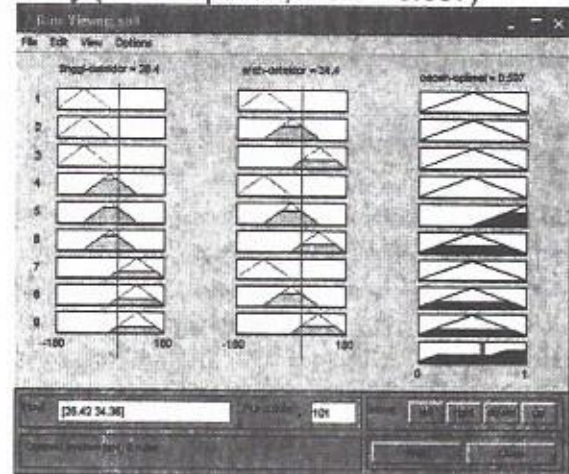


Gambar 8. Bentuk grafik surface antara variabel masukan posisi tinggi detektor h_0 , arah detektor ω_0 dan variabel keluaran fuzzy atau cacah optimal (CCK, CCS, CCB).



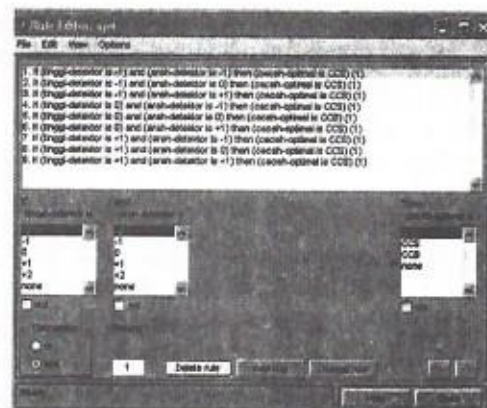
Gambar 9. Bentuk rule-base antara variabel masukan (posisi tinggi detektor =

0, arah detektor = 0) dan variabel keluaran fuzzy (cacah optimal, CCB = 0.837)



Gambar10. Bentuk rule-base antara variabel masukan (posisi tinggi detektor = +26.4 diatas nol, arah detektor = +34.5⁰) dan variabel keluaran fuzzy (cacah optimal, CCB = 0.597)

Tabel 1. Rule-base untuk perubahan posisi tinggi detektor h dan arah sudut detektor ω dengan jumlah rule base 9



Gambar 11. Komparai antara setpoint dengan keluaran FLC

Rule-base disusun berdasarkan pengalaman dari penulis untuk menentukan hasil yang diharapkan. FLC terdiri dari dua variabel masukan dengan masing-masing mempunyai 5 buah fungsi keanggotaan dan sebuah variabel keluaran dengan jumlah 3 fungsi keanggotaan. Maksimum rule base yang bisa dibuat adalah 25 buah.

Hasil analisis dan pemodelan FLC dapat dilihat pada Gambar 8, dimana variabel masukan sebagai setpoint yaitu posisi tinggi detektor h dan arah sudut detektor, ω . Dengan memberikan setpoint pada posisi tinggi 0 unit satuan dan arah sudut sama dengan nol derajat (error mendekati nol) artinya dengan posisi tersebut mereka terletak dalam satu garis lurus dengan posisi sumber sinar gamma (Co-60) sehingga perangkat sistem pencacahan bisa merekam informasi sebanyak 87 % dari intensitas radiasi gamma yang datang melewati bahan atau kolom proses tersebut. Nilai 87 % ini merupakan nilai yang optimal.

Dari sisi pengertian sistem pengendalian bilangan 0.87 merupakan sinyal yang keluar dari sistem fuzzy logic controller (defuzzifier) yang berfungsi menjalankan aktuator (motor DC) untuk mengatur sedemikian rupa posisi tinggi dan arah detektor sesuai dengan setpoint yang diinginkan, Gambar 11.

5. KESIMPULAN

Pemodelan dan simulasi FLC pada sistem perangkat pemindai gamma merupakan salah satu cara mengatur posisi tinggi detektor dan arah detektor yang searah dengan sumber radiasi gamma. Posisi sumber radiasi gamma diasumsikan dengan posisi tinggi yang tetap begitu juga arahnya. Keluaran sinyal (defuzzifier) dari proses FLC ini adalah menggerakkan aktuator (motor DC) sesuai dengan posisi atau sudut yang diinginkan. Bila posisi dan arah sudut detektor telah sesuai maka diharapkan sistem pencacah dapat mencacah intensitas radiasi gamma semaksimal mungkin. Tulisan ini menganalisis dua buah variabel masukan (fuzzifier) dan satu variabel keluaran (defuzzifier) dengan maksimum rule base

25 buah. Hasil dari sistem pengendalian menggunakan FLC sebagai controller cukup signifikan.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. JAN JANTZEN. "Design of fuzzy controller", Tech. Report No. 98-E864 (design), Technical University of Denmark, Denmark. (1998)
2. S. RUMYANTSEV. "Industrial Radiology", Mir Publishers, Moscow, (1967).
3. JUN YAN, MICHAEL RYAN, JAMES POWER. "Using Fuzzy Logic Towards Intelligent System". Prentice Hall International (UK) Limited, London. (1994)
4. MATLAB. 2009. "Fuzzy Logic Toolbox 2 User Guide", ed., (2009).
5. LEONID REZNIK. 1997. "Fuzzy Controller", Newnes, Victoria University of Technology, Melbourne, Australia.
6. KEVIN M PASSINO, STEPHEN YURKOVICH. "Fuzzy Control", Addison-Wesley Longman, Inc, California. (1998).
7. BART KOSKO. "Neural Networks and Fuzzy Systems". Prentice-Hall International, Inc, USA. 1992.