

Penerapan *Fuzzy Logic Control* pada Prototip Meriam Artilleri Serangan Udara (ARSU) 57mm

J.D. Setiawan¹, Munadi², R. Sudarmanto¹

¹Laboratorium Kontrol dan Robotika

²Laboratorium Komputasi dan Otomasi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH, Tembalang – Semarang 50275 Indonesia

Email: jdharma@yahoo.com, munadi@undip.ac.id, rokhmad@programmer.net

Abstrak

Penerapan metode fuzzy logic control pada prototip meriam ARSU 57mm merupakan gambaran suatu model dari meriam persenjataan dalam pertahanan di Indonesia. Selama ini penggunaan meriam tersebut masih digerakkan secara manual. Penelitian ini untuk menggerakkan arah dari laras meriam tersebut dengan sistem pengontrol yaitu dengan menggunakan metode fuzzy logic. Dalam menentukan sudut meriam menggunakan joystick, kemudian data dari joystick dikirim ke mikrokontroler yang sebagai input control untuk menggerakkan posisi sudut meriam. Di dalam mikrokontroller sendiri sudah ada program metode fuzzy logic, dimana metode ini akan menentukan gerakan posisi sudut laras meriam baik dalam bentuk sudut elevasi maupun training. Penggunaan metode fuzzy logic diharapkan dapat memberikan posisi sudut yang akurat dengan mengurangi gangguan yang diakibatkan oleh berat dari laras, kedudukan yang tidak rata dari meriam, gangguan angin maupun pergerakan setelah penembakan. Apabila terjadi penyimpangan maka metode ini yang akan menyelaskan (menstabilkan) sehingga penyimpangan akan diminimalisasikan. Sehingga control sudut laras meriam ARSU 57mm dapat digerakkan secara otomatis dan memperkecil nilai error posisi sudut yang ditentukan.

Keywords: ARSU 57mm, fuzzy logic control, senjata artilleri

1. Pendahuluan

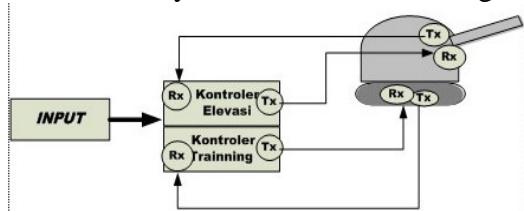
Dalam meningkatkan sistem pertahanan di Indonesia, merupakan suatu hal yang harus diupayakan untuk melindungi kedaulatan negara Republik Indonesia. Meriam Artilleri Serangan Udara (ARSU) 57mm adalah salah satu bagian besar dalam sistem senjata angkatan darat dan angkatan laut, dimana laras merupakan tempat keluarnya proyektil yang ditembakkan. Meriam ARSU 57mm jenis ini masih menggunakan peralatan yang masih manual dan digerakkan oleh tenaga manusia dalam mengarahkan laras pada saat menghadapi arah datangnya pesawat (target). Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dibuat suatu sistem yang dapat mengarahkan sudut meriam ARSU 57mm pada posisi training atau elevasi dengan menggunakan metoda fuzzy logic. Logika metode fuzzy logic memiliki keistimewaan mampu menangani permasalahan

sistem kontrol yang non linier tanpa membutuhkan perhitungan matematis yang sangat rumit, selain itu logika fuzzy juga mampu bekerja secara dinamis, adaptif serta mempunyai kecepatan respon yang baik. Sehingga pengaturan sudut meriam ARSU 57mm dapat dikendalikan secara automatis dan pergerakan sudut posisi meriam bisa sesuai dengan input yang diberikan.

2. Prinsip Kerja ARSU 57mm

Meriam pada dasarnya terdiri dari dua bagian yaitu rangka utama (main frame) dan badan meriam (body gun). Main frame yang biasa disebut lengan (arm) biasanya terdiri dari rangkaian hubungan mekanis (mechanical links) yang dihubungkan oleh joint dengan links yang lain dimana joint adalah berfungsi sebagai kontrol dan link berfungsi sebagai penghubung.

Meriam yang dilengkapi dengan kontroler bekerja berdasarkan prinsip komunikasi data antara meriam dengan kontrolernya dimana terjadi komunikasi antara pengaturan arah laras (elevasi) dan arah badan meriam (training) seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Masing-masing bagian memiliki motor yang disebut synchro Tx pada bagian pengirim dan synchro Rx pada penerima yang berfungsi sebagai perangkat komunikasi data saat meriam bergerak. Input merupakan data untuk mengarahkan meriam pada posisi sudut training dan elevasi meriam yang diolah kontroler dan dikirim melalui synchro Tx untuk elevasi dan synchro Rx untuk training.

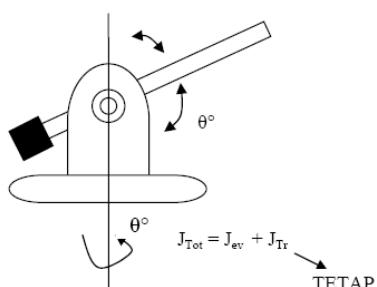


Gambar 1. Komunikasi Data pada Meriam

Apabila terdapat error pada posisi sudut training / elevasi maka masing-masing synchro Tx yang ada pada blok meriam akan mengirim data error pada elevasi/ training tersebut ke masing-masing synchro Rx untuk elevasi/ training pada bagian kontroler sebagai data feedback. Setelah data feedback diterima, data tersebut diolah kembali oleh kontroler dan dikirim kembali melalui masing-masing synchro Tx untuk elevasi maupun training pada blok meriam sampai meriam berhenti sesuai dengan posisi sudut yang diharapkan sampai tidak ada lagi error.

3. Gerakan Training dan Elevasi

Gerakan elevasi meriam merupakan gerakan vertikal dari lengan (laras) meriam dan gerakan training merupakan gerakan meriam secara horizontal yang berputar ke arah kanan dan kiri terhadap badan meriam seperti Gambar 2 dimana J adalah momen inersia dan θ adalah sudut elevasi.



Gambar 2. Gerakan Training dan Elevasi
Meriam

4. Fuzzy Inference System

Biasanya seorang operator/pakar memiliki pengetahuan tentang cara kerja dari sistem yang bisa dinyatakan dalam sekumpulan IF-THEN rule. Dengan melakukan fuzzy inference, pengetahuan tersebut bisa ditransfer ke dalam perangkat lunak yang selanjutnya memetakan suatu input menjadi output berdasarkan IF-THEN rule yang diberikan. Sistem fuzzy yang dihasilkan disebut Fuzzy Inference Sitem (FIS) . FIS telah berhasil diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti ontrol otomatis, klasifikasi data, analisis keputusan dan sistem pakar. Karena kemampuannya yang fleksibel untuk bisa diterapkan di berbagai bidang, FIS sering disebut dengan nama lain seperti : *fuzzy-rule-based sitem* , *fuzzy expert sitem*, *fuzzy modelling*, *fuzzy logic controller* dan tidak jarang cukup dengan *fuzzy sitem* FIS bisa dibangun dengan dua metode, yaitu metode Mamdani dan metode Sugeno. Kedua metode hanya berbeda dalam cara menentukan harga output FIS. Metode Mamdani adalah metode yang sering dijumpai ketika membahas metodologi-metodologi fuzzy. Hal ini mungkin karena metode ini merupakan metode yang pertama kali dibangun dan berhasil diterapkan dalam rancang bangun sistem kontrol menggunakan teori himpunan fuzzy

Ebrahim Mamdani yang pertama kali mengusulkan metode ini di tahun 1975 ketika membangun sistem kontrol mesin uap dan boiler. Mamdani menggunakan sekimpulan IF-THEN rule yang diperoleh dari operator/pakar yang berpengalaman. Karya Mamdani ini sebenarnya didasarkan pada artikel “ *The Father of Fuzzy, Lofti A. Zadeh : fuzzy algorithms for complex sitem and decision processes* ”. Keluaran FIS tipe Mamdani berupa fuzzy set dan bukan sekedar inversi dari fungsi keanggotaan output. Dengan kata lain, untuk menghitung harga keluaran dari suatu IF-THEN rule, metode Mamdani harus menghitung luas dibawah kurva fuzzy set pada bagian keluaran (THEN-part). Selanjutnya dalam proses *defuzzifikasi*, metode Mamdani harus menghitung rata-rata (*centroid*) luas yang diboboti dari semua fuzzy set keluaran dari semua rule, kemudian mengisikan rata-rata tersebut ke variabel keluaran FIS. Namun dalam banyak kasus, akan jauh lebih efisien jika menghindari penghitungan luas dibawah kurva fuzzy set keluaran. Sebagai

gantinya bisa menggunakan *single spike* sebagai fungsi keanggotaan singleton dan bisa dianggap sebagai sebuah *pre-defuzzified fuzzy set*. Pendekatan demikian jauh lebih menghemat waktu komputasi daripada metode Mamdani standard yang mengharuskan penentuan *centroid* sebelum proses defuzzifikasi. Pendekatan ini didukung dalam FIS tipe Sugeno.

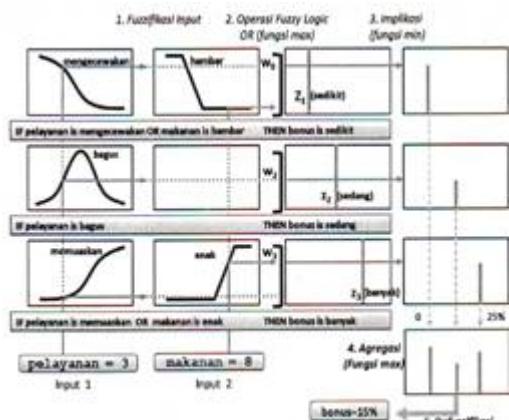
Secara umum, FIS tipe Sugeno dapat diaplikasikan pada sembarang model *inference sistem* dimana fungsi keanggotaan keluaran adalah konstan atau linier.

4.1 FIS Tipe Sugeno

Dalam banyak hal tipe Sugeno mirip dengan tipe Mamdani. Proses fuzzifikasi operasi fuzzy logic dan implikasinya tidak ada bedanya dengan yang dipakai dalam FIS tipe Mamdani. Perbedaan terletak pada jenis fungsi keanggotaan yang dipakai dalam bagian consequent. FIS tipe Sugeno menggunakan fungsi keanggotaan output yang bersifat linier atau konstan. IF-THEN rule dalam FIS tipe Sugeno berbentuk seperti berikut :

IF input1 = v AND input2 = w THEN output is $z = av + bw + c$

Keluaran rule demikian bukan dalam bentuk keanggotaan, tetapi sebuah bilangan yang mana berubah secara linier terhadap variabel-variabel input, yaitu mengikuti suatu persamaan bidang $z = av + bw + c$. Jika $b=0$, FIS dikatakan berorder satu dimana keluarannya mengikuti persamaan garis, yaitu $z=av+c$. Jika $a=b=0$, FIS dikatakan berorder nol, karena keluarannya berupa sebuah bilangan konstan, yaitu $z=c$. Gambar 1 menunjukkan proses dalam FIS tipe Sugeno order nol.



Gambar 3. Proses dalam FIS tipe Sugeno order nol

Proses defuzzifikasi dalam FIS tipe Sugeno jauh lebih efisien daripada FIS tipe Mamdani. Hal ini karena FIS tipe Sugeno menghitung nilai keluaran dengan cara seperti berikut

$$Output = \frac{\sum_{i=1}^N w_i z_i}{\sum_{i=1}^N w_i}$$

Dimana w_i adalah hasil proses operasi fuzzy logic antecedent, z_i adalah keluaran rule ke- i .

keluaran akhir, output, tidak lain adalah sebuah weighted average. Bandingkan dengan FIS tipe Mamdani yang harus terlebih dahulu menghitung luas di bawah kurva fungsi keanggotaan variabel keluaran. Suatu keuntungan dari FIS tipe Sugeno bahwa hanya dengan order nol seringkali sudah mencukupi untuk berbagai keperluan pemodelan. Sebuah cara paling mudah untuk memahami FIS Sugeno dengan order lebih besar dari 1 adalah dengan membayangkan setiap IF-THEN rule mewakili sebuah mode operasi yang "bergerak" (moving operating point), sementara sebuah rule dalam FIS Sugeno order nol hanya mewakili sebuah mode operasi yang "diam". FIS tipe Sugeno dengan order 1 atau lebih sedah mencukupi dalam pemodelan sistem-sistem non-linier. FIS tipe Sugeno mempunyai kemampuan untuk memodelkan sistem non-linier dengan melakukan interpolasi antar model-model linier. Setiap model linier diwakili sebuah order 1 atau lebih.

4.2 Kontrol Fuzzy

Untuk tujuan implementasi kontrol pada Differential Penggerak Laras meriam, yang mana kontroler memerlukan akurasi terhadap kecepatan kontrol dan dapat menganalisa kompleksitas sistem dan kontrol; maka ada pilihan sistem yang deterministic, ringkas, teliti tetapi tidak komplek, yaitu Fuzzy logic; ia memiliki keunggulan pendekatan secara linguistic dan intuitif.

Membership Function adalah bentuk batasan keanggotaan dari *Scope of function*, dalam penelitian ini digunakan bentuk segitiga sama sisi dengan 5 keanggotaan. *Crisp Input* adalah variable yang digunakan dalam penentuan nilai *degree of membership*. *Universe of Discourse* adalah keanggotaan keseluruhan dari range input dari seluruh scope yang dinyatakan dalam sangat

lambat, lambat, sedang, cepat dan sangat cepat.

4.3 Disturbance (Gangguan)

Didalam pergerakan laras terutama dalam posisi pergerakan secara elevasi tentunya perlu diperhatikan faktor-faktor gangguan yang mungkin terjadi. Adapun kemungkinan faktor gangguan yang terjadi disebabkan oleh antara lain :

- Kecepatan angin
- Berat dari laras
- Saat terjadi penembakan

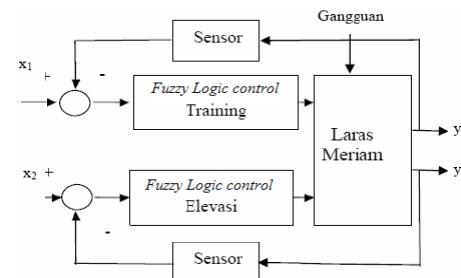
Gangguan-gangguan yang muncul tersebut yang mengakibatkan posisi laras menjadi sedikit bergeser, maka untuk mengembalikan agar posisi laras dapat sesuai dengan yang dikehendaki maka fuzzy ini yang akan mengendalikan. Dimana error yang muncul ini diakibatkan oleh mekanik (gear) pada sat ada perintah untuk berputar. Error yang dihasilkan merupakan selisih antara set point (SP) dengan sensor. Set point merupakan data yang kita masukan melalui keypad sedangkan sensor dapat berupa arah elevasi mulai dari 0 derajat sampai dengan 90 derajat dan arah baringan (training) mulai dari 0 derajat samapai dengan 360 derajat. Error yang terjadi tersebut nantinya akan distabilkan oleh pengontrol fuzzy, yang mana kontrol fuzzy ini akan mengontrol simpangan yang diakibatkan oleh gerak laras selanjutnya simpangan tersebut akan diminimalisir sekecil mungkin sehingga masih dalam batas toleransi yang dianggap kecil sekali sehingga laras dapat bergerak kembali pada kedudukan yang diharapkan.

5. Identifikasi Plant

Plant yang digunakan adalah miniatur meriam dengan pergerakan training dan elevasi. Untuk melakukan perancangan kontroler dan respon yang diinginkan, maka plant perlu diidentifikasi sehingga mendapatkan fungsi alih matematis dari gerakan training dan elevasi. Untuk menentukan model struktur plant berupa pengaturan posisi laras meriam, maka gerakan training dan elevasi dibuat sistem orde dua sehingga akan menentukan jenis respon kontroler yang dipakai untuk hasil parameter kontroler yang diinginkan. Dalam penelitian ini dipilih model pendekatan RLS identifikasi untuk pencapaian persamaan matematis gerakan training dan elevasi.

6. Perancangan Kontroler

Diperlukan spesifikasi kontroler yang akan digunakan sebagai acuan perancangan. Karakteristik respon merupakan ciri-ciri khusus (spesifikasi kinerja) dari respon keluaran sistem terhadap suatu masukan. Kegunaan spesifikasi kontrol adalah untuk melihat kualitas atau menguji sistem melalui spesifikasi kinerja. Gambar 4 menunjukkan diagram blok meriam dengan fuzzy logic controller.



Gambar 4. Diagram lok meriam dengan kontroler fuzzy logic

7. Kesimpulan

Metode control yang digunakan pada prototip meriam ARSU 57mm adalah fuzzy logic controller. Supaya gerakan sudut training dan elevasi dapat dikendalikan secara otomatis dalam pencapaian *set point* / posisi sudut yang diharapkan dan memperkecil nilai error sudut pada laras meriam ARSU 57mm.

Ucapan Terima kasih

Peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional atas Penugasan Penelitian Prioritas Nasional Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI) Tahun Anggaran 2012 Nomor: 214/SP2H/PL/Dit.Litabmas/V/2012 tanggal 23 Mei 2012.

Referensi

1. Kusumadewi,Sri.2002. Analisis dan Desain Sistem Fuzzy. Graha Ilmu.Yogyakarta.
2. Resmana,Thiang,Kuntjoro A.J. Prediksi kepadatan kendaraan bermotor berdasarkan

tingkat kebisingan lalulintas dengan menggunakan logika fuzzy. Universitas Kristen Petra. Surabaya.

3. Wiwik Wiharti, 2009. Perancangan Neural Network Control untuk Menggerakkan Posisi Laras Meriam. Pens ITS. Surabaya.
4.