

PERANCANGAN ROKET TERKENDALI PENEMBAK PESAWAT DILENGKAPI CHIP YANG TERINTEGRASI ALGORITMA CERDAS

Romi Wiryadinata

Laboratorium Telekomunikasi, Universitas Islam Indonesia

URL: <http://wiryadinata.web.id>; e-mail: romi_wiryadinata@yahoo.com

ABSTRAKSI

Sebagai negara maritim dengan daerah yang luas, selain perlu mempertahankan diri dengan militer juga perlu mempertahankan diri dengan teknologi kedirgantaraan yang dapat dikendalikan dari jarak jauh. Perancangan bertujuan mensimulasikan studi agar dapat diterapkan langsung pada rudal sesungguhnya dan mensejajarkan diri dengan negara maju atau berkembang yang memiliki teknologi kedirgantaraan yang tinggi.

Sensor yang digunakan adalah kamera dengan algoritma Neural Network metode backpropagation Levenberg-Marquardt sebagai pengenalan pola citra, jenis dan informasi sasaran yang berupa pesawat. Rudal dilengkapi dengan lock system agar rudal dapat mengikuti sasaran dan mengendalikan posisi, arah, gerakan, dan roket pendorong. Pengendali menggunakan tapis Kalman. Hardware yang digunakan adalah chip yang terintegrasi dengan algoritma-algoritma cerdas dan dipilih FPGA sebagai perancangan chip-nya. Untuk pengaturan roket menggunakan motor servo agar proses lebih cepat dengan tingkat keakuratan yang tinggi.

Perancangan masih merupakan langkah awal penelitian dan masih sebagai konsep dasar inovasi baru, belum mencapai tahap simulasi bahkan implementasi. Kecepatan gerak pesawat sasaran dapat mudah diketahui dan diikuti oleh rudal karena melalui lock sistem. Sampling data image bergantung dari resolusi yang dihasilkan kamera, semakin tinggi resolusi maka data masukan NN akan lebih cepat. Kecepatan pemrosesan data tiap bagian diperhitungkan menggunakan algoritma cepat yang handal dan menggunakan chip yang terintegrasi dengan motor penggerak yang memiliki tingkat akurasi dan proses yang cepat. Pemrosesan data berdampak terhadap pergerakan rudal menjadi sangat cepat dan memiliki ketelitian terhadap setiap perubahan posisi, gerak dan kecepatannya.

Kata kunci: Rudal penembak pesawat, Backpropagation Neural Network, Levenberg-Marquardt, Field Programmable Gate Array, Tapis Kalman

PENDAHULUAN

Pada akhir-akhir ini, beberapa negara berkembang dan negara maju khususnya negara yang memiliki tingkat teknologi kedirgantaraan dan militer sangat bagus, mengembangkan beberapa senjata perang mulai dari yang *user friendly* (mudah digunakan) dan bersifat membantu masyarakat sampai senjata yang berbahaya dan mematikan. Salah satu contoh yang *user friendly* adalah diciptakannya robot militer yang berfungsi untuk menjinakan bom, menyapu ranjau pada daerah/ladang ranjau, pesawat pengintai tanpa awak, dan lain-lain. Sedangkan senjata-senjata berbahaya umumnya diciptakan untuk membuat pertahanan negara seperti contohnya rudal/peluru kendali/*guided missile* yang dilengkapi dengan bahan nuklir atau senjata biologi.

Indonesia sebagai negara maritim yang memiliki daerah yang luas dan terdiri dari banyak pulau, selain perlu mempertahankan diri dengan militer (ABRI dan TNI) juga perlu mempertahankan diri dengan teknologi kedirgantaraan yang dapat dikendalikan dari jarak jauh. Hal inilah yang melatarbelakangi diperlukannya penelitian, pembuatan, dan pengembangan rudal yang dapat mengenali jenis musuhnya, baik jenis pesawat, kapal laut atau bahkan digunakan untuk membuat pertahanan anti rudal (rudal penembak rudal). Tetapi dengan tidak mengesampingkan masalah

perekonomian dan kondisi negara Indonesia, artinya bagaimana sistem ini dapat bekerja optimal atau sempurna seperti yang diharapkan tetapi dengan pengeluaran yang seminimal mungkin.

Tujuan

Tujuan dari perancangan roket jenis penembak pesawat terkendali ini diantaranya adalah:

1. Mensimulasikan hasil studi tentang algoritma cerdas, hardware dan analisa sistem.
2. Membuktikan bahwa teknologi kedirgantaraan negara Indonesia mampu disejajarkan dengan negara berkembang lainnya.
3. Setelah perancangan dinyatakan layak/berhasil diharapkan dapat diterapkan dengan mensimulasikan terlebih dahulu dengan sebuah *software* (Matlab salah satunya) dan akhirnya dapat diterapkan pada rudal sesungguhnya.

Batasan Masalah

Pembuatan konsep dibatasi oleh beberapa hal agar perancangan sistem ini dapat terfokus menuju titik piramida memuncak (tidak melebar pembahasannya). Beberapa batasan masalah yang akan diangkat adalah sebagai berikut:

1. Skema sistem *hardware*.
2. Bagan algoritma.
3. Analisa kecepatan gerak target, kecepatan sampling data dan kecepatan pemrosesan.

LANDASAN TEORI

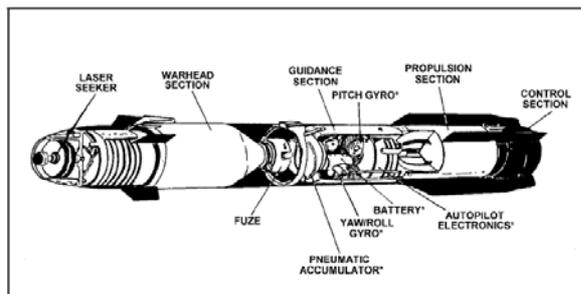
Pada dasarnya pembuatan rudal type ini bergantung pada sensor-sensor dan algoritma yang digunakan. Ide yang mendasari pembuatan ini dibuat dengan penggabungan skema antara sensor, sistem hardware dan algoritma cerdas yang handal dan cocok digunakan pada jenis atau tipe rudal yang akan digunakan.

Ada berbagai jenis sensor yang dapat digunakan pada rudal penembak pesawat, diantaranya adalah sensor panas, sensor inframerah, ultrasonik, GPS (*Global Positioning System*), kamera, dan lain-lain. Sedangkan untuk kemampuan algoritma cerdas dapat dikombinasikan dengan hardware seperti mikrokontroler, FPGA (*Field Programmable Gate Array*), DCS (*Distributed Control System*), dan lain-lain tergantung dari seberapa rumit algoritmanya dan memori yang tersedia.

Roket terkendali penembak pesawat merupakan sistem yang sangat kompleks dan sangat tidak mudah sehingga dari beberapa algoritma cerdas yang ada, dapat digunakan dengan mengkombinasikan beberapa algoritma. Misalkan pada sistem pengenalan jenis pesawat dapat digunakan algoritma pengenalan pola (contoh: *Neural Network/NN*, *Fuzzy Inference System/FIS*, *Artificial Neural Fuzzy Inference System/ANFIS*, *Power Spectral Density/PSD*, dan lain-lain). Untuk kecepatan gerak, *sampling data image*, dan kecepatan proses dapat digunakan juga algoritma cerdas, sistem adaptif seperti tapis Kalman, maupun teorema atau algoritma lainnya.

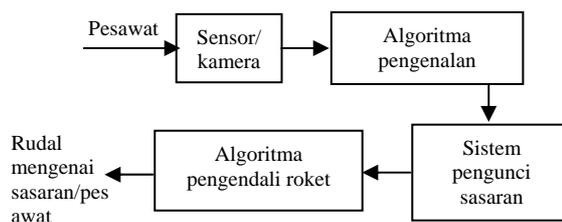
Skema Rudal

Berikut ini adalah (Gambar 1) skema bagian pada salah satu jenis rudal. Pada dasarnya susunan rudal adalah sama, yang berbeda hanya pada sistem sensor yang digunakan dan proses pengolahan datanya. Sebagai contoh jika sensor yang digunakan pada rudal adalah sensor panas, maka sensor akan mencari panas (berupa pembuangan dari mesin pesawat) atau hasil gesekan antara badan pesawat dengan udara. Jika yang digunakan adalah sensor laser maka sensor akan mencari objek atau pesawat dengan bayangan dan atau pantulan dari sinar laser. Jika sensor yang digunakan adalah kamera, maka sasaran akan dikenali sebagai objek citra.



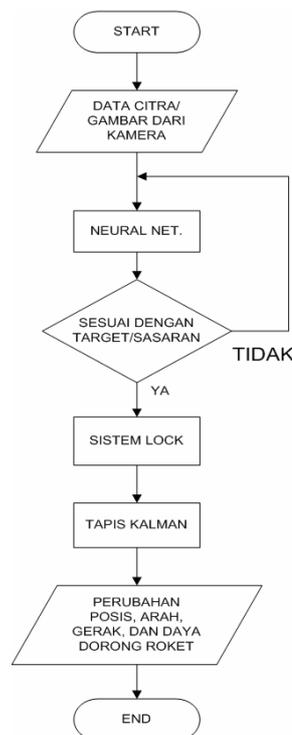
Gambar 1. Skema dasar bagian-bagian roket/rudal [Adam, 1998]

Setelah sistem mengenal dan mendapatkan target sesuai dengan pola yang sesuai, sistem yang digunakan pada algoritma akan mengunci sasaran (*locked target*) dan akan menambahkan kecepatan atau daya dorong pada roket agar jarak rudal menjadi semakin dekat dengan sasaran. Pada proses ini bagian pengendali (*control section*) akan bekerja sesuai dengan algoritma yang telah dibangun sebagai sistem pengendali. Pada penelitian dicoba membangun sistem roket dengan sensor kamera. Lebih mudahnya skema atau rancangan roket/peluru kendali dapat dilihat pada Gambar 2 diagram blok berikut ini.



Gambar 2. Diagram blok perancangan rudal penembak pesawat

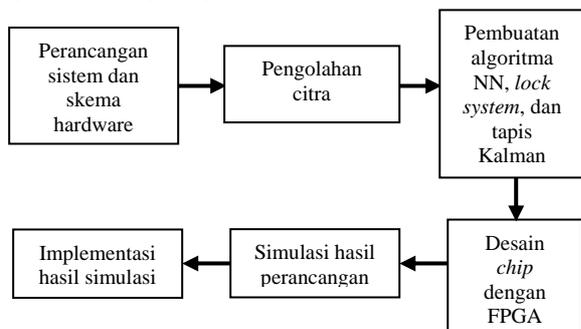
Pada dasarnya sasaran sebelumnya sudah diketahui dan dikendalikan dari jarak jauh baik biasanya melalui radar, tetapi ketika sudah tidak dapat diketahui dari jarak jauh, maka sistem pengendali yang bekerja adalah sistem pengendali pada rudal yang sudah terintegrasi di dalam sistemnya. Diagram blok (Gambar 2) di atas adalah skema dari proses ketika rudal sudah tidak dikendalikan dari jarak jauh.



Gambar 3. Diagram alir proses pada chip sistem rudal penembak pesawat

Gambar 3 di atas adalah diagram alir untuk proses yang terdapat dalam *chip*. Data masukan pada kamera merupakan objek pesawat, kemudian data objek berupa citra diolah dengan algoritma pengenalan target (pada penelitian ini digunakan *Neural Network/NN*). Algoritma tersebut berfungsi agar rudal memastikan sasaran yang dituju adalah benar berupa objek pesawat. NN/JST (*Jaringan Syaraf Tiruan*) dilatih dengan berbagai jenis citra pesawat, baik pesawat tempur, pengintai, maupun pesawat komersial atau pesawat penumpang. Setelah sasaran sesuai dengan target (sama dengan target yang dikendalikan dari jarak jauh) maka *lock system* akan mengunci pesawat sasaran. Setelah sasaran terkunci maka algoritma pengendali bekerja, algoritma ini mengatur pergerakan roket (posisi, kecepatan, dan arah).

Untuk proses atau langkah penelitian selain mengacu pada Gambar 2 dan Gambar 3 di atas, juga dapat diperjelas dengan melihat digram blok langkah penelitian seperti pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Diagram blok langkah penelitian

Sistem Hardware dan Algoritma Perancangan

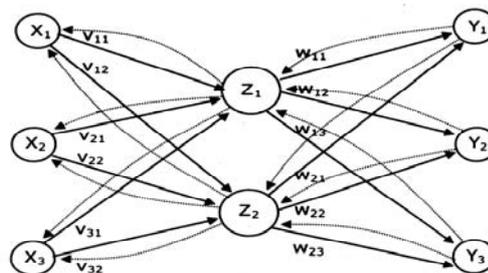
Pada perancangan sistem ini algoritma yang digunakan adalah NN dan tapis Kalman, sehingga *hardware* yang digunakan berupa *chip* yang mengintegrasikan algoritma pengenalan target, NN, dan sistem adaptif (tapis Kalman) sebagai pengendali motor untuk pengaturan posisi, arah gerakan dan kecepatan.

Neural Network (*Jaringan Syaraf Tiruan*) adalah salah satu algoritma cerdas yang banyak digunakan pada sistem prediksi maupun sistem klasifikasi. Sebelum algoritma diterapkan pada sistem data-data yang sudah ada harus melalui proses pelatihan. Pada perancangan sistem ini data masukan pelatihan berupa data-data citra dari berbagai jenis objek pesawat. Nilai-nilai bobot pelatihan akan disimpan dan akan digunakan langsung pada rudal dan akan menjadi masukan pada sistem pengendali motor.

$$w_{k+1} = w_k - [J^*J + \mu * I]^{-1} * J^*e$$

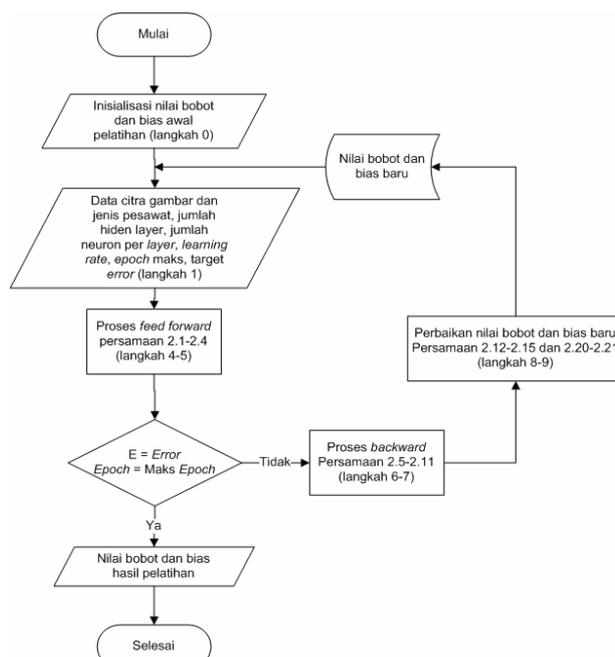
Sebuah arsitektur propagasi-balik dengan jaringan lapis banyak dan memiliki satu lapisan dalam (unit-unit Z) ditunjukkan dalam Gambar 5. Selama operasi fase pelatihan perambatan balik, sinyal-sinyal *error* dikirim dengan arah yang

sebaliknya. Unit-unit keluaran (y) dan unit-unit lapisan dalam (z) mempunyai bias. Bias pada unit keluaran dinotasikan dengan w_{0k} , bias pada unit lapisan dalam dinotasikan dengan v_{0j} , tindakan bias bekerja seperti pada bobot-bobot koneksi, yaitu unit-unit bias selalu mengeluarkan nilai 1. Unit-unit ini bersifat *optional* pada penyajian lain mungkin dihilangkan.



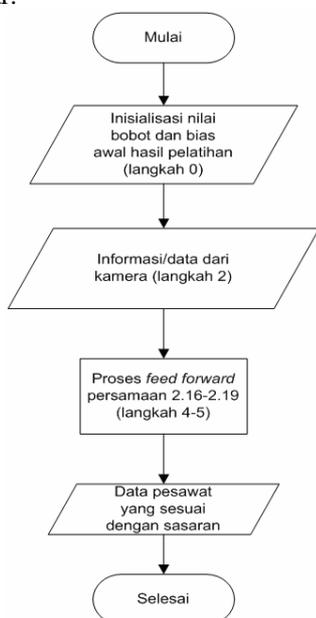
Gambar 5. Arsitektur algoritma *backpropagation*

Metode yang digunakan pada NN pada perancangan ini adalah metode *backpropagation* dengan algoritma Levenberg-Marquardt (LM) untuk perbaikan bobotnya. Arsitektur dasar algoritma *backpropagation* dapat dilihat pada Gambar 5. Metode dan algoritma tersebut cocok digunakan untuk sistem pengenalan pola dan prediksi. Algoritma LM dirancang dengan menggunakan pendekatan turunan kedua tanpa harus menghitung matriks Hessian. Apabila μ bernilai 0, maka pendekatannya sama dengan *gradient descent*. Dimana w_{k+1} adalah bobot baru, w_k adalah bobot lama dengan e adalah vektor yang berisi *error* jaringan dan J adalah matriks Jacobian yang berisi turunan pertama dari *error* jaringan terhadap bobot [Kusumadewi, 2004].



Gambar 6. Diagram alir pelatihan NN

Secara umum diagram alir pelatihan dan pengujian NN adalah seperti pada Gambar 6 dan Gambar 7. Seperti telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, bahwa masukan NN adalah citra gambar yang kemudian akan dilatih dengan target yang telah ditentukan sesuai dengan informasi (misalkan data citra a1 adalah jenis pesawat tempur F-16, a2 jenis pesawat F-18, b1 adalah *guide missile*, c1 adalah helikopter, d1 adalah burung, e1 adalah pesawat komersil, dll). Pada proses pengujian data hasil kamera yang dipasang pada kepala/bagian depan rudal akan diproses langsung dengan nilai bobot dan bias hasil pelatihan. Data hasil pelatihan tersebut harus diuji dengan tingkat kesalahan yang sangat kecil, dengan hasil pengujian setepat mungkin agar saat diimplementasikan pada rudal tidak terjadi kesalahan. Kesalahan sedikit akan berakibat fatal dan menghabiskan biaya yang sangat besar.

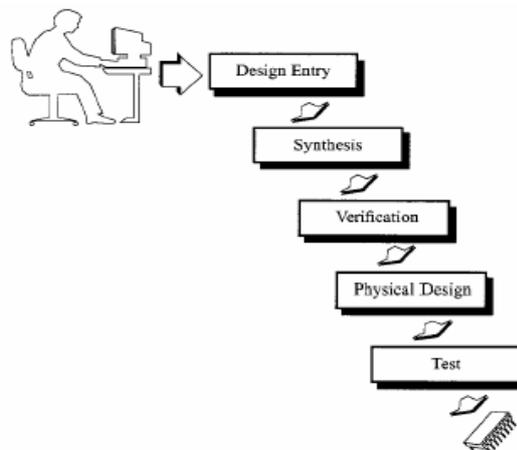


Gambar 7. Diagram alir pengujian NN

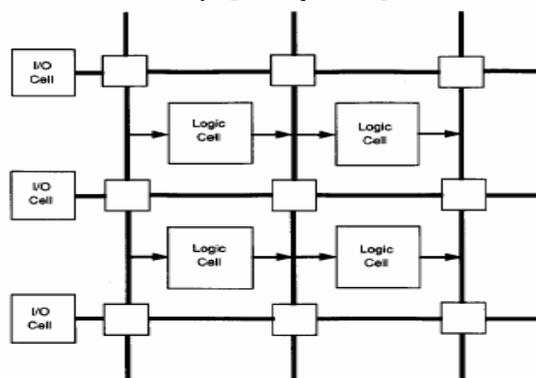
Sebelum *chip* yang terintegrasi dirancang dengan FPGA, dengan pengertian bahwa FPGA telah berhasil disimulasikan terlebih dahulu pada sebuah *prototype*. Sehingga *chip* yang dirancang khusus untuk rudal telah teruji dengan benar. Berikut adalah gambaran proses dalam pembuatan *chip* dengan FPGA. Proses perancangan *design* sampai terbentuk ke dalam sebuah *chip* atau IC dapat dilihat pada Gambar 8.

FPGA dipilih karena dapat memuat memori yang lebih besar baik untuk pengolahan data citra, algoritma pengenalan NN (hasil pelatihan NN yang telah diuji), sekaligus untuk pengaturan motor. Selain itu bahasa pemrograman yang digunakan pada FPGA adalah VHDL (*Very High-level Description Language*) yang berbasis pada gerbang-gerbang logika dan bahasa pemrograman tingkat tinggi, sehingga akan lebih mudah dalam perancangannya. Hal tersebut dapat lebih mudah

dipahami dengan melihat (Gambar 9) struktur interkoneksi FPGA.

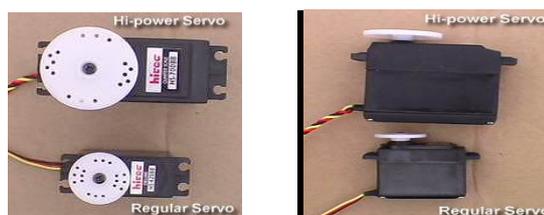


Gambar 8. Proses perancangan sampai menjadi *chip* [Dewey, 2000]



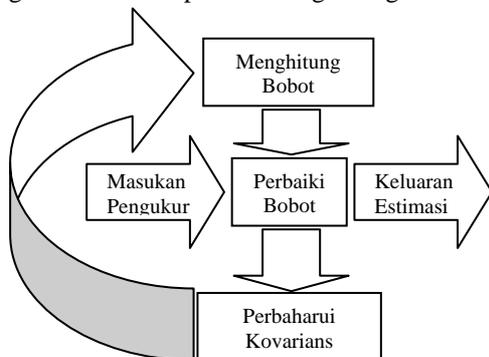
Gambar 9. Struktur interkoneksi pada sebuah FPGA [Bolton, 2000]

Algoritma pengendali pada prinsipnya hanya mengatur posisi dan gerakan-gerakan sirip bagian belakang pada roket seperti yang terlihat pada Gambar 1 di atas (bagian *control section*), atau bisa juga dengan mengatur gas buang hasil pembakaran pada roket. Motor yang digunakan pada pengendali ini dipilih motor servo karena rudal umumnya memiliki daya luncur yang tinggi sehingga membutuhkan komputasi yang sangat cepat untuk merubah posisi dan gerakan-gerakan pada rudal. Bukan hanya itu, rudal juga membutuhkan ketepatan pada setiap gerakan yang dihasilkan agar proses dapat diperhitungkan secara pasti. Gambar 10 berikut ini adalah salah satu contoh motor servo yang digunakan pada rudal penjelajah.



Gambar 10. Servo motor untuk pengendali posisi dan gerakan, tampak atas (kiri) dan tampak samping (kanan)

Dasar dari algoritma yang digunakan adalah sistem adaptif, algoritma akan memperbaiki keluaran dengan mengatur nilai-nilai bobotnya. Ketika sasaran bergerak, data masukan pada algoritma pengendali ini adalah berupa gambar atau citra dari sistem pengunci sasaran sehingga algoritma dengan sistem adaptif akan mengikuti gerakan kemanapun arah target bergerak.

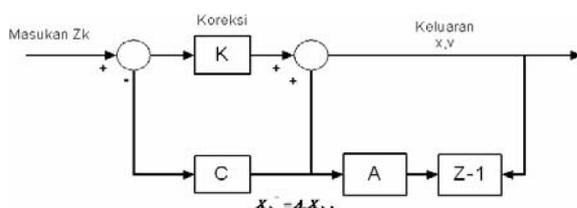


Gambar 11. Estimasi sinyal berdasarkan pengukuran, [Sorenson, 1985]

Menurut Baskhara (2003), beberapa keuntungan pemrosesan secara rekursif adalah sebagai berikut:

1. Jumlah data yang harus disimpan lebih sedikit dan beban komputasi lebih ringan sehingga waktu komputasi lebih cepat.
2. Data lama yang tidak diperlukan dapat dibuang, artinya data tersebut dapat dibebaskan dari tempat penyimpanan data, sehingga dapat dilakukan oleh komputer yang mempunyai kapasitas yang kecil dan kecepatan sedang.
3. Dapat mengikuti perubahan parameter yang berubah.

Sehingga lebih khusus algoritma yang digunakan pada rudal tipe ini adalah tapis Kalman diskrit, dimana pemrosesan sinyal yang dilakukan secara rekursif, yaitu setiap data masukan baru digunakan untuk mengoreksi atau memperbaiki estimasi parameter yang dicari, kemudian hasil estimasi diperbaiki selangkah demi selangkah dengan melibatkan atas masukan yang baru dan hasil estimasi parameter sebelumnya seperti terlihat pada (Gambar 12) diagram blok tapis Kalman berikut ini [Baskhara, 2003].



Gambar 12. Diagram blok tapis Kalman

KESIMPULAN DAN SARAN

Walaupun perancangan ini masih berupa perancangan sistem yang merupakan langkah awal penelitian dan masih berupa angan-angan sebagai

inovasi baru tetapi sudah dapat diketahui beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Kecepatan gerak pesawat sasaran dapat mudah diketahui dan diikuti oleh rudal karena melalui *lock sistem*.
2. Sampling data *image* akan sangat bergantung dari resolusi yang dihasilkan kamera, semakin tinggi resolusi yang dihasilkan maka data yang masuk kedalam NN akan lebih cepat.
3. Kecepatan pemrosesan data pada masing-masing bagian sudah diperhitungkan karena menggunakan algoritma cepat yang handal dan menggunakan sistem chip yang terintegrasi selain itu dikombinasikan dengan motor penggerak yang memiliki tingkat akurasi dan proses yang cepat.
4. Pemrosesan data akan berdampak terhadap pergerakan rudal menjadi sangat cepat dan memiliki ketelitian terhadap setiap perubahan posisi, gerak dan kecepatannya.

Dari keterbatasan yang ada pada penelitian ini, perlu dikemukakan beberapa saran yang membangun untuk dikembangkan pada penelitian berikutnya, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dikaji ulang dengan perhitungan dan analisa menggunakan persamaan-persamaan yang terkait di dalamnya.
2. Dari hasil perancangan sistem ini jelas membutuhkan simulasi terlebih dahulu sebelum diimplementasikan ke rudal sesungguhnya.
3. Perancangan sistem ini juga memerlukan perbandingan baik secara keseluruhan atau pada setiap bagian-bagian perancangannya atau bahkan dengan tipe rudal lainnya agar hasil keseluruhan dapat dibuat persentase perbandingannya.

PUSTAKA

- Adam, W.L.H., Capt. *Jurnal Armor* bulan Januari-Februari 1998, Australia.
- Baskhara, 2003, Tapis Kalman Dalam Estimasi Enam Variabel Terbang Roket berdasar data uji statis gaya-dorong roket untuk prediksi lintasan terbang roket, *Tesis*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Bolton, M, 2000, *Programmable Array, The Electrical Engineering Handbook*, Ed. Richard C. Dorf, Boca Raton: CRC Press LLC.
- Dewey, A, 2000, *Digital and Analog Electronic Design Automation, The Electrical Engineering Handbook*, Ed. Richard C. Dorf, Boca Raton: CRC Press LLC.
- Kusumadewi, S, *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab dan Excel link*, Graha Ilmu, Jogjakarta.
- Sorenson, H.W, 1985, *Kalman Filtering: Theory and Applications*, IEEE Press, New York.
- Wiryadinata, R, 2005, Simulasi Jaringan Syaraf Tiruan Berbasis Algoritma Backpropagation Sebagai Pengendali Kecepatan Motor DC, *Skripsi*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.