

**ANALISIS PREDIKSI TRAJEKTORI ROKET RX 150 LAPAN (LEMBAGA  
PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL) MENGGUNAKAN  
JARINGAN SYARAF TIRUAN**

**SKRIPSI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:  
**MEILINA YURI ANDRIANI RAHARJO**  
NIM. 02110630075

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
MALANG  
2009**

**ANALISIS PREDIKSI TRAJEKTORI ROKET RX 150 LAPAN (LEMBAGA  
PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL) MENGGUNAKAN  
JARINGAN SYARAF TIRUAN**

**SKRIPSI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:  
**MEILINA YURI ANDRIANI RAHARJO**  
NIM. 0210630075

**DOSEN PEMBIMBING:**

Arief Andy S, ST., M.Kom  
NIP. 19720425 199903 1 002

Effendi Dodi Arisandi, ST  
NIP. 19791002200604 1 015

**ANALISIS PREDIKSI TRAJEKTORI ROKET RX 150 LAPAN (LEMBAGA  
PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL) MENGGUNAKAN  
JARINGAN SYARAF TIRUAN**

Disusun Oleh:

**MEILINA YURI ANDRIANI RAHARJO  
NIM. 0210630075**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada

Tanggal 10 Agustus 2009

**DOSEN PENGUJI**

**Suprpto, ST., MT.**  
NIP. 19710727 199603 1 001

**R. Arief Setyawan, ST., MT.**  
NIP. 19750819 199903 1 001

**Himawat Aryadita, ST., MT., M.Sc**  
NIP. 19801018 200801 1 003

**Mengetahui**  
**Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Ir. Heru Nurwarsito, M.Kom.**  
NIP. 19650402 199002 1 001

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Wr. Wb.*

Puji syukur kehadirat ALLAH SWT. atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Sistem Informasi Kependudukan dan Dokumentasi Sipil Berbasis Web Dengan Pemrograman Berorientasi Objek sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik di jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini tidak akan trewujud tanpa bantuan dan dukungan dari banyak pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. kedua ibunda dan ayahanda tercinta, Siti Asiyah dan Ir. Pudji Rahardjo, M.M, kakakku Danny Anugerah Raharjo, SE., adikku Fajarie Ajie Raharjo, Fitria Nur Wijayanti Raharjo dan Ahmad Subhi Ponco Raharjo yang telah mendo'akan dan memberi dukungan untuk terus maju dan menjadi lebih baik.
2. bapak Ir. Heru Nurwasito, M.Kom dan bapak Rudy Yuwono, ST., Msc. selaku ketua jurusan dan sekertaris jurusan Teknik Elektro.
3. bapak Arief Andy S, ST., M.Kom. dan bapak Effendi Dodi Arisandi selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bantuan, bimbingan, perhatian, waktu dan nasehat-nasehatnya.
4. seluruh bapak/ibu dosen Teknik Elektro yang telah memberikan banyak ilmu kepada penyusun selama menjalani perkuliahan.
5. bapak Riyad dari LAPAN
6. seluruh teman-teman Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang, khususnya bagi rekan-rekan angkatan 2002.
7. Temen-temen alumni piskip (laura, arthi, intan, mbak kiki, rida, eries, nuri, ari astutik, nadia dhatu) dan anggota piskip yang baru (mbak nita, ita, elok, elita, veronica, nadya, andri) yang tak henti-hentinya mendoakan.

8. teman-teman TPTIFT (mas feбри, mas mono, mas hiksa, mas rizky, alit, andri pujiyanto, galih kusumo, gamma, bara, wahyu, ichank, reza dan yang lainnya saya lupa namanya)atas segala budi baiknya dan bimbingannya.
9. semua pihak yang telah memberikan kebaikan dalam kehidupanku.
10. semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu-persatu di sini sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna, oleh sebab itu, segala kritik dan saran yang bersifat membangun akan penulis terima dengan senang hati.

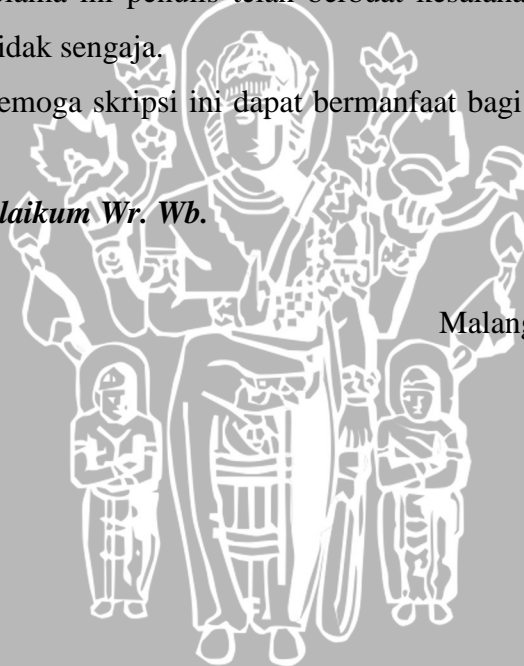
Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, apabila selama ini penulis telah berbuat kesalahan baik yang dilakukan secara sengaja maupun tidak sengaja.

Harap penuli semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua serta pihak yang membutuhkan.

***Wassalammualaikum Wr. Wb.***

Malang, 10 Agustus 2009

penulis



**DAFTAR ISI**

**KATA PENGANTAR** ..... i

**DAFTAR ISI** ..... iii

**DAFTAR GAMBAR** ..... vi

**DAFTAR TABEL** ..... vii

**ABSTRAK** ..... viii

**BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang ..... 1

1.2 Rumusan Masalah ..... 2

1.3 Batasan Masalah ..... 2

1.4 Tujuan ..... 2

1.5 Manfaat ..... 3

1.6 Sistematika Penulisan ..... 3

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Roket ..... 5

    2.1.2 Persamaan Gerak Roket ..... 7

    2.1.2 Solusi Sistem Persamaan Gerak Roket ..... 8

2.2 Jaringan Syaraf Tiruan (JST) ..... 9

    2.2.1 Karakteristik JST ..... 9

    2.2.2 Arsitektur JST ..... 9

    2.2.3 Training (Pembelajaran) JST ..... 10

    2.2.4 Fungsi Aktivasi ..... 10

    2.2.5 Algoritma Backpropagation ..... 11

2.3 Menambahkan Komponen untuk Membuat Koneksi ..... 21

**BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Studi Literatur ..... 14



3.2	Studi Lapangan .....	14
3.3	Perancangan .....	14
3.4	Implementasi.....	15
3.5	Pengujian.....	15
3.6	Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	15

**BAB IV PERANCANGAN DAN ANALISA**

4.1	Perancangan .....	16
4.1.1	Perancangan Persamaan Gerak Roket.....	16
4.2	Perancangan Runge Kutta.....	22
4.3	Perancangan Input dan Target .....	26
4.3.1	Proses Training .....	27
4.3.2	Proses Testing .....	27
4.4	Perancangan Model Jaringan .....	27

**BAB V IMPLEMENTASI**

5.1	Implementasi Sistem .....	28
5.2.1	Spesifikasi Perangkat Keras (hardware).....	28
5.2.2	Spesifikasi Perangkat Lunak (Software).....	28
5.2	Implementasi Runge Kutta.....	30
5.2.1	Spesifikasi Perangkat Keras (hardware).....	2
5.2.2	Spesifikasi Perangkat Lunak (Software).....	28
5.3	Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan .....	37
5.3.1	Proses Training .....	37
5.3.2	Proses Testing .....	40

**BAB VI PENGUJIAN DAN ANALISIS**

6.1	Metode Training Backpropagation .....	41
6.1.1	Tahap Inisialisasi Parameter .....	41
6.1.2	Tahap Training dan Testing .....	42



**BAB VII PENUTUP**

7.1 Kesimpulan ..... 43  
7.2 Saran ..... 43

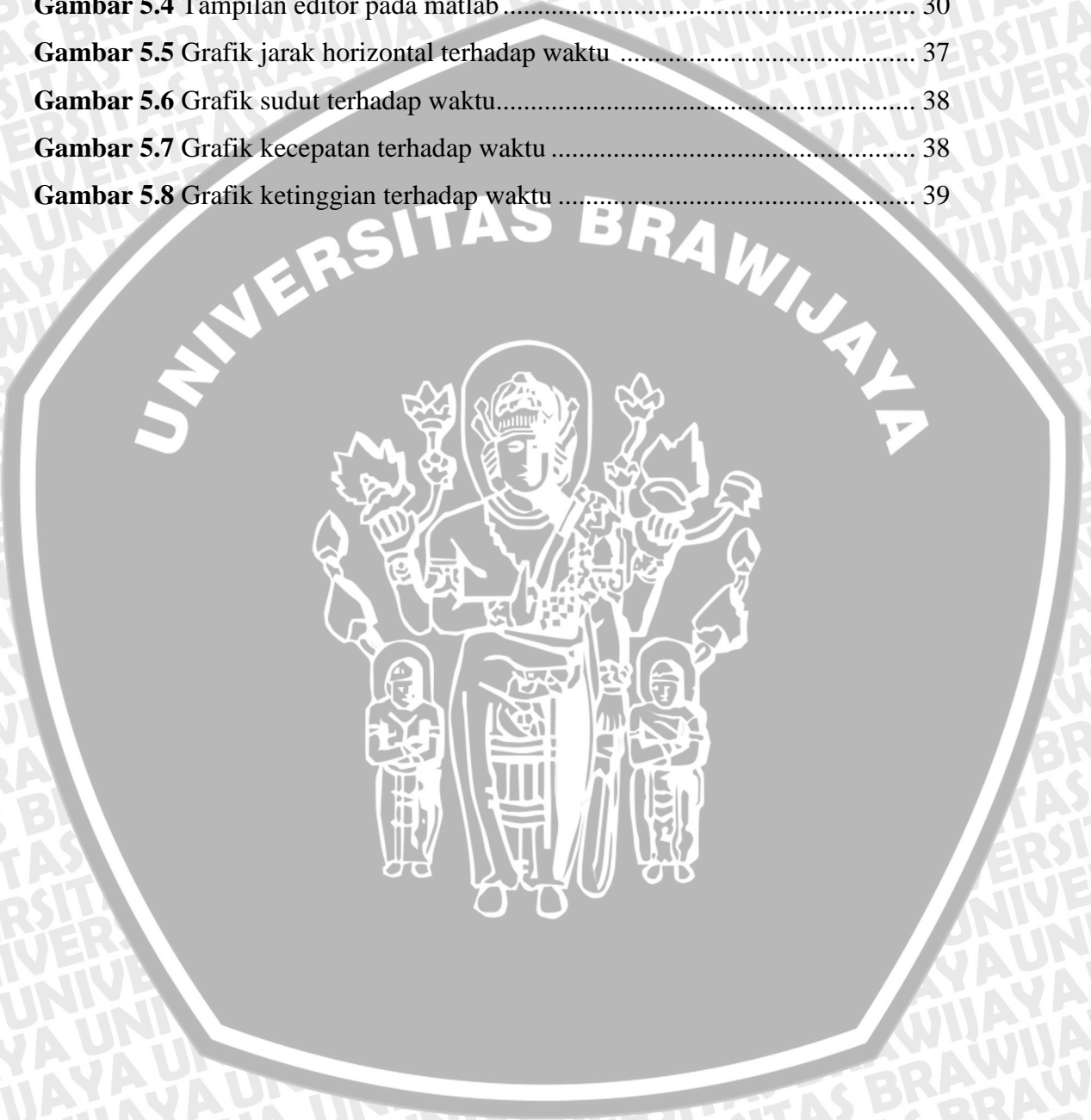
**DAFTAR PUSTAKA** ..... 44





### DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 5.3</b> Tampilan Command Window pada matlab.....	29
<b>Gambar 5.4</b> Tampilan editor pada matlab.....	30
<b>Gambar 5.5</b> Grafik jarak horizontal terhadap waktu .....	37
<b>Gambar 5.6</b> Grafik sudut terhadap waktu.....	38
<b>Gambar 5.7</b> Grafik kecepatan terhadap waktu .....	38
<b>Gambar 5.8</b> Grafik ketinggian terhadap waktu .....	39



**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 2.1</b> Data Struktur Roket.....	18
<b>Tabel 5.1</b> Spesifikasi Perangkat Keras Komputer.....	28
<b>Tabel 5.2</b> Spesifikasi Perangkat Lunak Komputer.....	29
<b>Tabel 6.1</b> Performansi Jaringan Syaraf Tiruan.....	42



## ABSTRAK

**Meilina Yuri Andriani Raharjo, Analisis Prediksi Trajektori Roket RX 150 LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional) menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang. Pembimbing: Arief Andy Soebroto, ST., M.Kom dan Effendi Dodi Arisandi, ST**

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) merupakan lembaga di Indonesia yang melakukan pengembangan teknologi roket. Salah satu jenis roket yang dikembangkan adalah roket balistik RX-150. Perkembangan teknologi ini membutuhkan adanya sebuah perhitungan terhadap prediksi lintasan yang akan dilalui oleh roket RX-150 dalam pencapaiannya menuju kepada sebuah titik tujuan sebelum roket tersebut diluncurkan. Analisis perhitungan prediksi lintasan ini dapat diimplementasikan dengan menggunakan beberapa pendekatan. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah mengimplementasikan analisis ini adalah dengan menggunakan sistem Jaringan Saraf Tiruan (Artificial Neural Network). Diharapkan dengan menggunakan JST, dapat diprediksi jarak horizontal maksimum dan ketinggian maksimum roket yang dapat dicapai oleh roket RX-150.

**Kata kunci:** roket balistik, RX-150 LAPAN, Jaringan Saraf Tiruan (JST), metode numerik Runge-Kutta, prediksi lintasan.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) merupakan lembaga di Indonesia yang melakukan pengembangan teknologi roket. Pengembangan ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dalam berbagai aspek kehidupan dalam aspek ilmu pengetahuan dan teknologi maupun aspek pertahanan dan keamanan nasional. Salah satu jenis roket yang dikembangkan disini adalah roket balistik RX-150.

Perkembangan teknologi ini membutuhkan adanya sebuah perhitungan terhadap prediksi lintasan yang akan dilalui oleh roket RX-150 dalam pencapaiannya menuju kepada sebuah titik tujuan sebelum roket tersebut diluncurkan. Analisis perhitungan prediksi lintasan ini dapat diimplementasikan dengan menggunakan beberapa pendekatan. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah mengimplementasikan analisis ini dengan menggunakan sistem Jaringan Saraf Tiruan (*Artificial Neural Network*).

Jaringan Saraf Tiruan (JST) merupakan sistem yang mengacu pada respon sistem saraf manusia melalui pendekatan matematis dalam hal proses pengambilan keputusan maupun cara kerja. Kemampuan JST dalam mengabaikan *noise* dan menganalisa kesesuaian (similaritas) dari suatu pola telah menjadikan sistem ini sebagai alternatif solusi optimal dalam pengenalan pola ataupun pengontrolan sebuah sistem.

Implementasi JST ini diharapkan menjadi sebuah solusi terhadap perhitungan variabel-variabel kompleks yang terdapat dalam analisis perhitungan prediksi lintasan roket RX-150. Variabel-variabel yang akan dihitung disini adalah gaya dorong roket, massa roket, dan sudut elevasi roket.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada permasalahan yang telah dijelaskan pada bagian latar belakang, maka rumusan masalah difokuskan pada :

1. Merancang dan membuat suatu sistem perhitungan trajektori roket RX-150 dengan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan.
2. Menentukan model yang dipakai oleh Jaringan Saraf Tiruan untuk menganalisa trajektori roket RX-150.
3. Menentukan nilai-nilai parameter Jaringan Saraf Tiruan yang sesuai dengan model yang ditentukan
4. Melakukan proses pelatihan sistem Jaringan Saraf Tiruan terhadap analisa trajektori roket RX-150 agar dapat memberikan hasil optimal.
5. Mengimplementasikan dan menguji sistem yang telah dirancang.

## 1.3. Batasan Masalah

Pembatasan masalah yang diajukan dalam penyusunan tugas akhir ini antara lain:

1. Simulasi lintasan roket RX-150 menggunakan *software* Matlab.
2. Sistem Operasi yang digunakan adalah Microsoft Windows XP.
3. Variabel-variabel yang akan dihitung disini adalah jarak horizontal, ketinggian, kecepatan dan sudut elevasi roket.
4. Algoritma Jaringan Saraf Tiruan yang dipergunakan adalah Backpropagation.
5. Faktor halangan terhadap trajektori roket menuju target diabaikan.
6. Gravitasi dianggap konstan dan gaya angkat diabaikan.
7. Roket RX-150 hanya sebagai *sample* pengujian.
8. Perhitungan trajektori roket menggunakan metode Runge Kutta.

## 1.4. Tujuan

Tujuan akhir dari penelitian ini adalah untuk membuat dan merancang sistem yang menerapkan jaringan saraf tiruan dalam analisis prediksi trajektori roket RX-150.

### 1.5. Manfaat

Manfaat yang bisa didapatkan dari tugas akhir ini adalah:

1. Sebagai upaya efektif dalam pengembangan jaringan saraf tiruan.
2. Bagi penyusun, dengan skripsi ini diharapkan penyusun dapat menerapkan ilmu yang telah diperoleh di teknik elektro konsentrasi teknik informatika dan komputer Universitas Brawijaya. dan menambah wawasan dalam bidang rekayasa perangkat lunak.

### 1.6. Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini sebagai berikut:

#### BAB I. Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi pembahasan, dan sistematika pembahasan.

#### BAB II. Tinjauan Pustaka

Menjelaskan tentang kajian pustaka dan dasar teori yang digunakan untuk menunjang penulisan skripsi ini.

#### BAB III. Metodologi

Berisi tentang metode yang digunakan dalam pembahasan skripsi. Metode yang digunakan antara lain studi literatur, studi lapangan, perancangan perangkat lunak, implementasi perangkat lunak, pengujian dan analisis perangkat lunak serta pengambilan kesimpulan dan saran.

#### BAB IV. Perancangan Perangkat Lunak

Berisi tentang pembahasan mengenai perancangan sistem, perancangan proses dan perancangan dari sistem Analisis Prediksi Trajektori Roket RX-150 Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan.

#### BAB V. Implementasi Perangkat Lunak

Berisi tentang pembahasan mengenai implementasi antarmuka Analisis Prediksi Trajektori Roket RX-150 Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan.

#### BAB VI. Pengujian Dan Analisis Perangkat Lunak

Berisi tentang pembahasan mengenai pengujian implementasi Analisis Prediksi Trajektori Roket RX-150 Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan.

### BAB VII. Kesimpulan dan Saran

Berisi tentang kesimpulan dan saran-saran yang diperlukan untuk mengembangkan aplikasi selanjutnya.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan tentang kajian pustaka dan dasar teori yang digunakan untuk menunjang penulisan skripsi ini. Kajian pustaka diperlukan untuk melakukan kajian terhadap karya ilmiah yang berkaitan dengan skripsi ini. Kajian pustaka yang dipaparkan adalah penentuan trajektori roket RX-150.

Dasar teori yang diperlukan berdasar kajian pustaka untuk penyusunan skripsi ini adalah : Roket, Runge Kutta dan jaringan saraf tiruan.

#### 2.1 Roket

adalah wahana peluncur yang konfigurasi sendiri dari beberapa komponen yaitu hidung, badan dan sirip yang diintegrasikan. Merupakan satu kesatuan yang kompak yang biasa digunakan untuk peluncur satelit dan peluru kendali [GIN-00]

Sebuah roket mendapatkan dorongan dengan membakar propelan (bahan bakar) dan membuang gas yang terbentuk lewat belakang. Roket mengerjakan gaya pada gas buang dan gas buang melakukan gaya yang sama berlawanan arah, sehingga roket terdorong kedepan.

Roket pada prinsipnya mempunyai tiga gaya yaitu gaya dorong (Thrust) yang mendorong roket keatas, gaya gravitasi (gravity) yang menarik kebawah dan gaya hambat (Drug). Gaya dorong adalah gaya yang terbentuk dari hasil pembakaran sedangkan gaya hambat adalah perlawanan udara, yaitu gaya yang menghambat ketika roket mendapatkan dorongan diudara. Gaya hambat ini selalu menarik pesawat kebelakang arah lintasannya, baik saat roket naik ataupun saat roket turun.

Persamaannya :

$$H = \frac{1}{2} \rho C_d A V^2 \quad (2.1)$$

Dimana H = Gaya Hambat

$\rho$  = Rapat massa udara

Cd = Koefisien gaya hambat roket



A = Luas penampang roket

V = Kecepatan roket

Total gaya adalah hasil penjumlahan dari semua gaya yang bekerja pada roket.

Gaya-gaya tersebut adalah gaya dorong pada arah f, gaya gravitasi dan gaya hambat roket pada arah negative, sehingga hasil gaya pada gerak roket adalah :

$$F_t = F - H - mg \quad (2.2)$$

Dimana  $F_t$  = Total gaya

m = massa roket

F = gaya dorong

g = gravitasi bumi pada roket

### Gerak Peluru

Yang disebut gerak peluru (proyektil) adalah suatu benda yang diberi kecepatan awal lalu kemudian menempuh lintasan yang arahnya sepenuhnya dipengaruhi oleh percepatan gravitasi dan hambatan udara. Lintasan yang ditempuh peluru disebut trajektori. Gerak peluru selalu dibatasi pada sebuah bidang vertikal yang ditentukan oleh arah dari kecepatan awal. Hal ini karena percepatan akibat gravitasi murni vertikal, gravitasi tidak dapat memindahkan peluru pada arah horizontal. Oleh sebab itu gerak peluru adalah gerak dua dimensi.

### Percepatan Gravitasi

Percepatan gravitasi pada penerbangan tidak dianggap konstan hal ini tergantung pada ketinggian mutlak dari pesawat. Ketinggian mutlak ( $T_a$ ) adalah jarak pesawat dari pusat bumi dan dihitung dengan menggunakan rumus

$$T_a = T + R_o \quad (2.3)$$

Dari hukum Newton tentang gravitasi, percepatan gravitasi (g) berubah dengan  $T_a$  secara terbalik sebesar kuadrat jarak dari pusat bumi sehingga gravitasi dari roket dihitung dengan formula :

$$g = g_o \frac{R_o}{(R_o + T)^2} \quad (2.4)$$

Dimana  $g_o$  = gravitasi bumi pada permukaan laut =  $9.81m/s^2$

$$R_o = \text{jari-jari bumi} = 6.37 \cdot 10^6 \text{ m}$$

T = Tinggi roket

### Rapat Massa Udara

Untuk memperoleh besar nilai rapat massa udara ( $\rho$ ) dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\rho = \rho_o \exp\left(\frac{-T}{\lambda}\right) \quad (2.5)$$

Dimana  $\rho_o$  = rapat massa udara pada permukaan laut =  $1.225 \text{ kg} / \text{m}^3$

$\lambda$  = parameter tinggi terhadap rapat massa udara =  $7256.09 \text{ m}$

(Sembiring T 2000)

### 2.1.1 Persamaan Gerak Roket

Gerakan suatu roket balistik yang diluncurkan dapat dianggap sebagai gerakan roket dengan lintasan dua dimensi sehingga persamaan gerak roket dapat ditulis dalam bentuk persamaan differensial biasa non linier orde satu, yaitu :

$$\frac{dX}{dt} = V \cos \gamma \quad (2.6)$$

$$\frac{dT}{dt} = V \sin \gamma \quad (2.7)$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{F - H}{m} - g \cos \gamma \quad (2.8)$$

$$\frac{d\gamma}{dt} = -\frac{g \cos \gamma}{V} \quad (2.9)$$

$$\frac{dm_p}{dt} = -M \quad (2.10)$$

Dimana X = Jarak horizontal

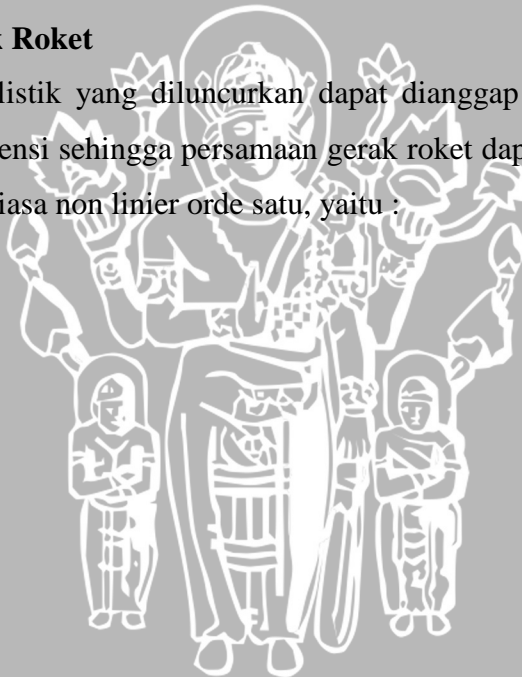
T = Tinggi roket

H = Gaya hambat roket

V = Kecepatan roket

F = Gaya dorong roket

g = Gravitasi bumi pada roket



$m$  = Massa roket

$M$  = Laju aliran massa

$m_p$  = Massa propelan roket

$T$  = Tinggi roket

$\gamma$  = Sudut lintas terbang roket

### 2.1.2 Solusi Sistem Persamaan Gerak Roket

Perhitungan yang dilakukan diasumsikan bahwa pembakaran propelan adalah merata selama waktu pembakaran, massa roket adalah tidak konstan selama masih ada propelan. Bila propelan habis maka massa roket akan konstan.

Besarnya massa roket selama masih ada propelan roket dihitung dengan persamaan berikut :

$$m_{i+1} = m_c + m_u + m_p - m_{p/w} \quad (2.11)$$

$m_{i+1}$  adalah massa roket pada waktu ke  $(i+1)$ .  $m_c$  adalah massa struktur roket.  $m_u$  adalah massa beban guna roket.  $m_p$  adalah massa propelan roket.  $w$  adalah waktu pembakaran. Hal ini berlangsung sampai dengan pembakaran bahan bakar habis. Bila pembakaran berakhir berarti propelan roket habis terbakar. Setelah pembakaran propelan berakhir massa roket adalah :

$$m_{i+1} = m_c + m_u \quad (2.12)$$

Hal ini berlangsung secara terus menerus sampai dengan roket jatuh ketanah. Pencarian jarak horizontal dan kecepatan roket dilakukan dengan metode Runge Kutta dimana dalam hal ini persamaan gerak lintasan roket seperti yang diperlihatkan dimuka ditulis dalam empat variabel yaitu  $x$ ,  $z$ ,  $\gamma$ , dan  $v$  yang secara umum ditulis dalam persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 t_{n+1} &= t_n + h \\
 x_{n+1} &= x_n + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4), n = 0, 1, \dots
 \end{aligned}
 \tag{2.13}$$

dimana  $h$  adalah ukuran langkah dan

$$\begin{aligned}
 k_1 &= hf(t_n, x_n) \\
 k_2 &= hf\left(t_n + \frac{h}{2}, x_n + \frac{1}{2}k_1\right) \\
 k_3 &= hf\left(t_n + \frac{h}{2}, x_n + \frac{1}{2}k_2\right) \\
 k_4 &= hf(t_n + h, x_n + k_3).
 \end{aligned}
 \tag{2.14}$$

## 2.1 Konsep Dasar JST

JST dikembangkan dengan menggunakan model matematis untuk menirukan cara kerja jaringan syaraf biologis dengan berdasarkan asumsi-asumsi berikut:

1. Pengolah informasi terdiri dari elemen-elemen sederhana yang disebut neuron (*node / unit*).
2. Sinyal dilewatkan dari satu unit ke unit yang lain melalui hubungan koneksi.
3. Tiap hubungan koneksi mempunyai nilai bobot sendiri.
4. Tiap unit mempunyai fungsi aktivasi terhadap input yang diterimanya untuk menentukan sinyal outputnya.

### 2.2.1 Karakteristik JST

Karakteristik JST ditentukan oleh:

1. Pola hubungan antara unit satu dengan yang lainnya (arsitektur)
2. Metode untuk menentukan nilai bobot pada setiap hubungan/koneksi (pembelajaran / *training*)
3. Fungsi aktivasi

### 2.2.2 Arsitektur JST

Menurut aliran informasinya, arsitektur JST dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu:

1. Jaringan umpan maju (*feedforward network*)

JST dengan arsitektur umpan maju ditandai dengan adanya umpan maju dari lapisan input ke lapisan output. Jadi unit output ditentukan oleh unit input.

## 2. Jaringan umpan balik (*feedback network*)

Jaringan ini ditandai dengan adanya umpan balik dari output ke input atau dari lapisan dengan hirarki yang lebih tinggi ke lapisan dengan hirarki yang lebih rendah.

### 2.2.3 Training (Pembelajaran) JST

Suatu karakteristik yang sangat menarik dari JST adalah kemampuannya untuk belajar. Cara belajar dari latihan yang diberikan pada JST menunjukkan beberapa kesamaan dengan perkembangan intelektual manusia tetapi kemampuan belajar JST bersifat sangat terbatas

Untuk memecahkan suatu permasalahan, jaringan harus dilatih untuk melakukan pembelajaran yang sama halnya seperti manusia. Pembelajaran dalam JST digolongkan atas dua macam, yaitu:

#### 1. *Supervised learning*

Pada tipe pembelajaran ini tiap pola input jaringan memiliki output target pasangannya atau dengan kata lain masing-masing input memiliki pasangan output yang bersangkutan. Pada proses belajarnya, bobot dibangun menuju kesesuaian respon pasangan input-output dari pola yang diajarkan.

#### 2. *Unsupervised learning*

Pada tipe ini jaringan akan menentukan sendiri pasangan output dari input yang diberikan dengan dasar kadar kesesuaian dengan pola yang pernah diterima sebelumnya.

### 2.2.4 Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi merupakan fungsi yang menggambarkan hubungan antara tingkat aktivasi internal. Fungsi aktivasi ini dapat merupakan suatu fungsi linear sederhana, atau fungsi – fungsi lain yang secara lebih akurat mensimulasikan karakteristik transfer unit biologis.

Beberapa fungsi aktivasi JST diantaranya adalah: hard limit, purelin dan sigmoid.

### 2.2.5 Algoritma *Backpropagation*

Salah satu model JST yang sering digunakan adalah arsitektur *multilayer feedforward* (umpan maju), sedangkan konsep belajarnya yaitu algoritma belajar *backpropagation*.

Keunggulan utama dari sistem JST adalah kemampuan untuk “belajar” dari contoh yang diberikan. Pada tahap pembelajaran ini merupakan langkah bagaimana suatu jaringan syaraf itu berlatih, yaitu dengan cara melakukan perubahan bobot sambungan, baik bobot sambungan antara input *layer* dengan *hidden layer* maupun antara *hidden layer* dengan output *layer*. Bila terdapat lebih dari satu *hidden layer*, maka juga terdapat pembobot antara *hidden layer* itu sendiri.

Metode pembelajaran *Backpropagation* merupakan perwujudan dari *supervised learning* dimana untuk tiap pola input terdapat pasangan target output. Secara umum pelatihan dengan metode *backpropagation* terdiri dari tiga langkah, yaitu :

1. Data dimasukkan ke input jaringan (*feedforward*).
2. Perhitungan dan propagasi balik error yang bersangkutan (*backpropagation of error*).
3. Pembaharuan (*adjustment*) bobot dan bias.

Adapun rincian dari algoritma *training backpropagation* adalah sebagai berikut [FAU-96]:

- a. Langkah 0 :  
Pemberian inisialisasi bobot (diberi nilai kecil secara acak).
- b. Langkah 1 :  
Mengulangi langkah 2 hingga 9 sampai kondisi akhir iterasi terpenuhi.
- c. Langkah 2 :  
Melakukan langkah 3 hingga 8 untuk masing-masing pasangan data pelatihan.

#### **Propagasi Maju (*Feedforward*)**

- d. Langkah 3 :

Masing-masing unit input ( $X_i, i = 1, \dots, n$ ) menerima sinyal masukan  $X_i$  dan sinyal tersebut disebarkan ke unit-unit bagian berikutnya (*hidden layer*).

e. Langkah 4 :

Masing-masing unit lapisan tersembunyi pada *hidden layer* ( $Z_j, j = 1, \dots, p$ ) menjumlahkan sinyal input-nya.

$$z\_in_j = v_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij}$$

kemudian menghitung sesuai dengan fungsi aktivasi yang digunakan :

$$z_j = f(z\_in_j)$$

f. Langkah 5 :

Masing-masing unit output ( $Y_k, k = 1, 2, \dots, m$ ) menjumlahkan bobot sinyal input:

$$y\_in_k = w_{0k} + \sum_{j=1}^p z_j w_{jk}$$

kemudian menghitung kembali sesuai dengan fungsi aktivasi yang digunakan:

$$y_k = f(y\_in_k)$$

**Error backpropagation:**

g. Langkah 6 :

Masing – masing unit output ( $Y_k, k = 1, 2, \dots, m$ ) menerima pola target sesuai dengan pola masukan saat pelatihan (*training*) kemudian dihitung informasi errornya

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y\_in_k)$$

menghitung koreksi bobot (yang digunakan untuk mengupdate  $w_{jk}$ ) :

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j$$

menghitung koreksi bias (yang digunakan untuk mengupdate  $w_{0k}$ ) :

$$\Delta w_{0k} = \alpha \delta_k$$

h. Langkah 7 :

Masing-masing unit *hidden* ( $Z_j, j = 1, \dots, p$ ) menjumlahkan delta input dari unit pada *layer* di atasnya:

$$\delta\_in_j = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk}$$

selanjutnya dikalikan dengan turunan dari fungsi aktivasinya untuk menghitung informasi error:

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(z_{in_j})$$

kemudian menghitung koreksi bobot (digunakan untuk mengupdate  $v_{ij}$ ):

$$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i$$

kemudian menghitung koreksi bias (untuk memperbaiki  $v_{0j}$ )

$$\Delta v_{0j} = \alpha \delta_j$$

### Update bobot dan bias :

i. Langkah 8 :

Masing-masing unit output ( $Y_k, k=1, \dots, m$ ) mengupdate bias dan bobot ( $j=0, \dots, p$ )

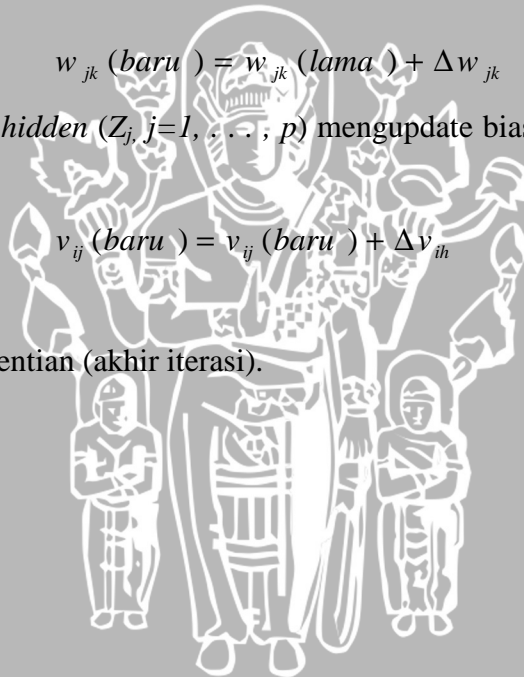
$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk}$$

Masing-masing unit *hidden* ( $Z_j, j=1, \dots, p$ ) mengupdate bias dan bobot ( $i=0, \dots, n$ )

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{baru}) + \Delta v_{ij}$$

j. Langkah 9 :

Uji kondisi pemberhentian (akhir iterasi).





## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian menjelaskan mengenai langkah-langkah yang dilakukan untuk merealisasikan aplikasi perangkat lunak yang akan dibuat. Langkah-langkah yang akan dilakukan untuk melakukan analisis prediksi trajektori roket RX-150 menggunakan jaringan saraf tiruan ini antara lain studi literatur, studi lapangan, perancangan dan pembuatan perangkat lunak, pengujian dan analisis perangkat lunak serta pengambilan kesimpulan dan saran.

#### 3.1 Studi Literatur

Studi literatur menjelaskan dasar teori yang digunakan untuk menunjang penulisan skripsi. Teori-teori tersebut meliputi:

1. Pengertian dan konsep dasar Roket
2. Pengertian dan konsep dasar jaringan saraf tiruan.

Studi literatur yang dilakukan meliputi studi mengenai *software* Matlab. Data roket RX-150 yang digunakan diambil dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).

#### 3.2 Studi Lapangan

Studi Lapangan bertujuan untuk memperoleh data yang akan digunakan dalam pembuatan aplikasi perangkat lunak. Studi lapangan ini dilakukan pada tanggal 1 – 10 Maret 2009. Data yang diperoleh meliputi informasi roket RX-150 yang diambil dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).

#### 3.3 Perancangan

Perancangan sistem yang dibuat dalam proses analisis prediksi trajektori roket rx-150 menggunakan jaringan saraf tiruan meliputi:

1. Perancangan proses analisis perhitungan trajektori roket RX-150 dengan metode Runge Kutta
2. Perancangan sistem jaringan saraf tiruan yang meliputi penentuan topologi JST yang dipakai dan penentuan parameter-parameter JST.

### **3.4 Implementasi**

Implementasi sistem dilakukan dengan melakukan proses pelatihan yang merupakan salah satu proses yang paling menentukan dalam optimalitas suatu Jaringan Saraf Tiruan.

### **3.5 Pengujian**

Pengujian aplikasi yaitu untuk mengetahui kesesuaian antara perancangan telah dibuat dengan implementasi sistem. Proses pengujian dilakukan melalui tiga tahapan yaitu pengujian topologi jaringan, pengujian dengan data pelatihan, dan pengujian dengan data baru. Proses analisis dilakukan dengan membandingkan sistem aplikasi dengan teori yang ada sehingga didapatkan suatu kesimpulan.

### **3.6 Pengambilan Kesimpulan dan Saran**

Setelah mendapatkan hasil dan analisis dari pengujian software, maka langkah berikutnya adalah penarikan kesimpulan dari data-data yang didapat berdasarkan pada kesesuaian antara teori dan praktek dan memberi saran untuk kesalahan-kesalahan yang terjadi dan untuk pengembangan analisis prediksi trajektori roket RX-150 menggunakan jaringan saraf tiruan lebih lanjut.

## BAB IV

### PERANCANGAN DAN ANALISA

Pada bab ini dibahas mengenai rancangan proses analisa trajektori roket RX-150 yang direpresentasikan dalam bentuk diagram alir. Diagram alir rancangan proses analisa trajektori roket RX-150 ditunjukkan dalam gambar 4.1

#### 4.1 Perancangan

Proses perancangan prediksi trajektori roket RX-150 menggunakan jaringan syaraf tiruan meliputi perancangan vektor input jaringan syaraf tiruan, perancangan vector output/target jaringan syaraf tiruan, perancangan arsitektur jaringan syaraf tiruan.

##### 4.1.1 Perancangan Persamaan Gerak Roket

Sistem persamaan gerak roket 2 dimensi dipengaruhi oleh besar sudut dan adanya komponen horizontal dan vertical untuk semua parameternya. Sudut terbang mengalami perubahan dari komponen kecepatan, yaitu kecepatan horizontal ( $V_x$ ) dan kecepatan vertical ( $V_y$ ), yaitu :

$$\tan \gamma = \frac{V_y}{V_x} \quad (4.1)$$

Sudut terbang

$$\gamma = \arctan \frac{V_y}{V_x} \quad (4.2)$$

Dengan menerapkan dalil pythagoras, didapatkan persamaan kecepatan roket

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (4.3)$$

Dan dengan rumus trigonometri masing-masing kecepatan horizontal dan vertical didefinisikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_x &= V \cos \gamma \\ V_y &= V \sin \gamma \end{aligned} \quad (4.4)$$

Kecepatan merupakan turunan dari fungsi jarak terhadap waktu, sehingga untuk kecepatan horizontal dan kecepatan vertical ditulis sebagai berikut :

$$\frac{dX}{dt} = V \cos \gamma \tag{4.5}$$

$$\frac{dZ}{dt} = V \sin \gamma$$

Selama terbang roket mengalami perubahan kecepatan yang biasa disebut percepatan dari hukum kedua Newton

$$F_t = ma \tag{4.6}$$

$$a = \frac{F_t}{m} \tag{4.7}$$

Dengan memasukkan persamaan  $F_t = T - D - mg$  ke persamaan (7) diperoleh :

$$a = \frac{T - D - mg}{m} \tag{4.8}$$

Dari gambar diatas diketahui bahwa roket bergerak sepanjang bidang miring sehingga percepatan menjadi :

$$a = \frac{T - D - mg \sin \gamma}{m} \tag{4.9}$$

$$= \frac{T - D}{m} - g \sin \gamma$$

Percepatan merupakan turunan pada fungsi kecepatan terhadap waktu sehingga persamaan diatas ditulis :

$$\frac{dV}{dt} = \frac{T - D}{m} - g \sin \gamma \tag{4.10}$$

Percepatan pada arah tegak lurus dirumuskan sebagai

$$\frac{dV_{\perp}}{dt} = -\frac{mg \cos \gamma}{m} \tag{4.11}$$

$$= -g \cos \gamma$$

Sehingga perubahan sudut lintas terbang per satuan waktu sebesar :

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{dV_{\perp}}{dt} \frac{d\gamma}{dV_{\perp}}$$

$$= \frac{dV_{\perp}}{dt} \frac{1}{V}$$

$$= -\frac{g \cos \gamma}{V} \tag{4.12}$$



Pada pembakaran propelan, massa mengalami perubahan yaitu massa propelan berkurang sedikit demi sedikit seiring dengan perubahan waktu. Sehingga perubahan massa dapat ditulis :

$$\frac{dm_p}{dt} = -M \tag{4.13}$$

Dimana M merupakan laju perubahan massa. Tanda negative diberikan karena massa berkurang

Dari persamaan (4.5), (4.10), (4.12) dan (4.13) dapat dibentuk suatu system persamaan differensial biasa non linier orde satu :

$$\begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= V \cos \gamma \\ \frac{dZ}{dt} &= V \sin \gamma \\ \frac{dV}{dt} &= \frac{T - D}{m} - g \sin \gamma \\ \frac{d\gamma}{dt} &= -\frac{g \cos \gamma}{V} \\ \frac{dm_p}{dt} &= -M \end{aligned} \tag{4.14}$$

**Tabel 4.1** Data Struktur Roket

Sudut terbang	$\gamma$	70 degree
Massa Propelan	$m_p$	44 kg
Massa Awal	$m_o$	100 kg
Diameter Roket	D	0.15 m
Gaya Dorong	T	10000 N
Waktu Pembakaran	T	2.2 detik

Pada perhitungan system persamaan gerak roket satu tingkat ada dua fase yang terjadi, yaitu pertama saat pembakaran propelan dan yang kedua adalah saat terjadinya pembakaran

$$M(\text{laju aliran massa}) = \frac{m_p}{t}$$

$$= \frac{44}{2.2}$$

$$= 20 \text{ kg}$$

Luas penampang roket (A) =  $\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$

$$= 3.14 \left(\frac{0.15}{2}\right)^2$$

$$= 0.0177$$

Rapat massa roket ( $\rho$ ) =  $\rho_0 e^{\left(\frac{-T}{7256.09}\right)}$

$$= 1.225(2.71828)^{\left(\frac{-T}{7256.09}\right)}$$

Gaya hambat (D) =  $\frac{1}{2} \rho A C_d V^2$

$$= \frac{1}{2} (1.225)(2.71828)^{\left(\frac{-T}{7256.09}\right)} (0.0177)(0.009)V^2$$

$$= (9.736 \times 10^{-5})(2.71828)^{\left(\frac{-T}{7256.09}\right)} V^2 \text{ kg/m}$$

Persamaan (4.14) tidak dapat dikerjakan dengan nilai awal pada persamaan karena

$\frac{d\gamma}{dt} = -\frac{g \cos \gamma}{V}$  dengan  $V=0$  akan menghasilkan nilai yang tak hingga, untuk itu harus

diubah dalam bentuk lain, yaitu dengan menggunakan deret taylor

$$V(t) = V(t_0) + (t - t_0) \frac{dV}{dt} + \frac{(t - t_0)^2}{2!} \frac{d^2V}{dt^2} + \dots + \frac{(t - t_0)^4}{4!} \frac{d^4V}{dt^4} \quad (4.15)$$

Dari persamaan (14) diambil

$$\frac{dV}{dt} = \frac{T - D}{m} - g \sin \gamma$$

Dimana  $D = \frac{1}{2} \rho A C_d V^2 = (9.736 \times 10^{-5})(2.71828)^{\left(\frac{-T}{7256.09}\right)} V^2 \text{ kg/m}$

Dengan memisalkan  $L = (9.736 \times 10^{-5})(2.71828)^{\left(\frac{-T}{7256.09}\right)}$

Diperoleh 
$$\frac{dV}{dt} = \frac{F - LV^2}{m} - g \sin \gamma$$

Kemudian dicari turunan-turunan berikutnya

$$\begin{aligned} \frac{d^2V}{dt^2} &= \frac{-2LV}{m} \\ \frac{d^3V}{dt^3} &= \frac{-2L}{m} \left( \frac{F - LV^2}{m} - g \sin \gamma \right) \\ \frac{d^4V}{dt^4} &= \frac{4LV^2}{m^2} \end{aligned} \tag{4.16}$$

Substitusikan persamaan (16) ke persamaan (15) didapatkan

$$\begin{aligned} V(t) &= V(t_0) + (t - t_0) \left( \frac{F - LV^2}{m} - g \sin \gamma \right) + \frac{(t - t_0)^2}{2} \frac{-2LV}{m} + \\ &\frac{(t - t_0)^3}{6} \left( \frac{-2L}{m} \left( \frac{F - LV^2}{m} - g \sin \gamma \right) \right) + \frac{(t - t_0)^4}{24} \frac{4LV^2}{m^2} \end{aligned}$$

Nilai  $V_0=0$  ketika  $t_0=0$  sehingga  $V(t)$  menjadi

$$\begin{aligned} V(t) &= 0 + (t - 0) \left( \frac{F - 0}{m} - g \sin \gamma \right) + \frac{(t - 0)^2}{2} \frac{0}{m} + \frac{(t - 0)^3}{6} \left( \frac{-2L}{m} \left( \frac{F - 0}{m} - g \sin \gamma \right) \right) + \frac{(t - 0)^4}{24} \frac{0}{m^2} \\ &= t \left( \frac{F}{m} - g \sin \gamma \right) - \frac{t^3 L}{3m} \left( \frac{F}{m} - g \sin \gamma \right) \end{aligned}$$

Dengan demikian  $V(t)$  menjadi :

$$V(t) = \left( \frac{F}{m} - g \sin \gamma \right) \left( t - \frac{t^3 L}{3m} \right) \tag{4.17}$$

Dengan mengubah  $V$  pada persamaan (14) menjadi  $V(t)$  didapatkan :



$$\begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= \left( \frac{F}{m} - g \sin \gamma \right) \left( t - \frac{t^3 L}{3m} \right) \cos \gamma \\ \frac{dZ}{dt} &= \left( \frac{F}{m} - g \sin \gamma \right) \left( t - \frac{t^3 L}{3m} \right) \sin \gamma \\ \frac{dV}{dt} &= \frac{F - L \left( \frac{F}{m} - g \sin \gamma \right)^2 \left( t - \frac{t^3 L}{3m} \right)^2}{m} - g \sin \gamma \\ \frac{d\gamma}{dt} &= \frac{g \cos \gamma}{\left( \frac{F}{m} - g \sin \gamma \right) \left( t - \frac{t^3 L}{3m} \right)} \end{aligned} \quad (4.18)$$

Pada fase pertama yaitu pada saat pembakaran massa propelan berkurang sesuai dengan laju aliran massa 20 kg/s sehingga massa roket tiap satuan waktu sebesar  $m=100-20*t$  dan persamaan (4.18) menjadi

$$\begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= \left( \frac{F}{100 - 20*t} - g \sin \gamma \right) \left( t - \frac{t^3 L}{3(100 - 20*t)} \right) \cos \gamma \\ \frac{dZ}{dt} &= \left( \frac{F}{100 - 20*t} - g \sin \gamma \right) \left( t - \frac{t^3 L}{3(100 - 20*t)} \right) \sin \gamma \\ \frac{dV}{dt} &= \frac{F - L \left( \frac{F}{100 - 20*t} - g \sin \gamma \right)^2 \left( t - \frac{t^3 L}{3(100 - 20*t)} \right)^2}{100 - 20*t} - g \sin \gamma \\ \frac{d\gamma}{dt} &= \frac{g \cos \gamma}{\left( \frac{F}{100 - 20*t} - g \sin \gamma \right) \left( t - \frac{t^3 L}{3(100 - 20*t)} \right)} \end{aligned} \quad (4.19)$$

System persamaan (19) hanya dipakai pada satu titik iterasi sampai didapatkan nilai V yang tidak sama dengan nol. Kemudian system persamaan yang digunakan sampai pembakaran selesai adalah



$$\begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= V \cos \gamma \\ \frac{dZ}{dt} &= V \sin \gamma \\ \frac{dV}{dt} &= \frac{T - D}{100 - 20 * t} - (9.81) \frac{(6.37 \times 10^6)}{(6.37 \times 10^6 + T)^2} \sin \gamma \\ \frac{d\gamma}{dt} &= - \frac{g \cos \gamma}{V} \end{aligned} \tag{4.20}$$

Fase kedua adalah saat setelah terjadi pembakaran, dimana pada waktu ini massa roket menjadi konstan dan gaya dorong (F) sama dengan nol. Pada fase ini perhitungan kembali menggunakan persamaan (14). Karena V pada nilai awal fase ini merupakan V pada hasil akhir perhitungan dengan menggunakan system persamaan (20). Sehingga system persamaan gerak roket pada tahap ini menjadi :



$$\begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= V \cos \gamma \\ \frac{dZ}{dt} &= V \sin \gamma \\ \frac{dV}{dt} &= - \frac{D}{m} - g \sin \gamma \\ \frac{d\gamma}{dt} &= - \frac{g \cos \gamma}{V} \end{aligned} \tag{4.21}$$

#### 4.2 Perancangan Runge Kutta

##### Solusi Numerik pada Kondisi Awal

Persamaan (4.19) mempunyai kondisi awal  $T = 10000 \text{ N}$ ,  $m_o = 100 \text{ kg}$ ,  $m_p = 20 \text{ kg}$ ,  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ,  $L = (9.736 \times 10^{-5})(2.71828)^{\frac{y}{7256.09}}$  maka sistem persamaan dapat dicari solusi numeriknya dengan menggunakan metode runge kutta orde empat. sehingga persamaan 19 dapat ditulis :

$$\frac{dX}{dt} = \text{fungsi\_fase\_1\_0}(t, x, z, v, \text{gamma}) =$$

$$\left( \frac{10000}{100-20^*t} - (9.81)\text{sin}\gamma \right) \left( t - \frac{t^3(9.73610^{-5})(271828)^{\left(\frac{T}{725609}\right)}}{3(100-20^*t)} \right) \text{cos}\gamma$$

$$\frac{dZ}{dt} = \text{fungsi\_fase\_2\_0}(t, x, z, v, \text{gamma}) =$$

$$\left( \frac{10000}{100-20^*t} - (9.81)\text{sin}\gamma \right) \left( t - \frac{t^3(9.73610^{-5})(271828)^{\left(\frac{T}{725609}\right)}}{3(100-20^*t)} \right) \text{sin}\gamma$$

$$\frac{dV}{dt} = \text{fungsi\_fase\_3\_0}(t, x, z, v, \text{gamma}) =$$

$$\frac{10000(9.73610^{-5})(271828)^{\left(\frac{T}{725609}\right)} \left( \frac{10000}{100-20^*t} - (9.81)\text{sin}\gamma \right)^2 \left( t - \frac{t^3(9.73610^{-5})(271828)^{\left(\frac{T}{725609}\right)}}{3(100-20^*t)} \right)^2}{100-20^*t} - (9.81)\text{sin}\gamma$$

$$\frac{dy}{dt} = \text{fungsi\_fase\_4\_0}(t, x, z, v, \text{gamma}) =$$

$$\frac{(9.81)\text{cos}\gamma}{\left( \frac{10000}{100-20^*t} - (9.81)\text{sin}\gamma \right) \left( t - \frac{t^3(9.73610^{-5})(271828)^{\left(\frac{T}{725609}\right)}}{3(100-20^*t)} \right)}$$

untuk t = 0.1 dan z = 0.01 dengan menggunakan metode runge kutta yang sesuai dengan persamaan 19 adalah sebagai berikut :

$$X_{n+1,i} = X_{n,i} + \frac{1}{6}(k_{1,i} + 2k_{2,i} + 2k_{3,i} + k_{4,i})$$

Dimana,

$$k_{1,i} = hf_i(t_n, x_{n,1}, x_{n,2}, \dots, x_{n,m})$$

$$k_{2,i} = hf_i\left(t_n + \frac{h}{2}, x_{n,1} + \frac{1}{2}k_{1,1}, x_{n,2} + \frac{1}{2}k_{1,2}, \dots, x_{n,m} + \frac{1}{2}k_{1,m}\right)$$

$$k_{3,i} = hf_i\left(t_n + \frac{h}{2}, x_{n,1} + \frac{1}{2}k_{2,1}, x_{n,2} + \frac{1}{2}k_{2,2}, \dots, x_{n,m} + \frac{1}{2}k_{2,m}\right)$$

$$k_{4,i} = hf_i(t_n + h, x_{n,1} + k_{3,1}, x_{n,2} + k_{3,2}, \dots, x_{n,m} + k_{3,m})$$

Untuk proses iterasi pertama :

$t = 0.1, X = 0, Z = 0, V = 0$  dan  $\gamma = \text{launcher}$

fungsi\_fase\_1\_0=

$$\left( \frac{10000}{100 - 20 * 0.1} - (9.81) \sin 70 \right) \left( 0.1 - \frac{(0.1)^3 (9.736 \times 10^{-5}) (2.71828)^{\left(\frac{0}{-7256.09}\right)}}{3(100 - 20 * 0.1)} \right) \cos 70 = 3.174$$

fungsi\_fase\_2\_0=

$$\left( \frac{10000}{100 - 20 * 0.1} - (9.81) \sin 70 \right) \left( 0.1 - \frac{(0.1)^3 (9.736 \times 10^{-5}) (2.71828)^{\left(\frac{0}{-7256.09}\right)}}{3(100 - 20 * 0.1)} \right) \sin 70 = 9.588$$

fungsi\_fase\_3\_0=

$$\frac{10000 - (9.736 \times 10^{-5}) (2.71828)^{\left(\frac{0}{-7256.09}\right)} \left( \frac{10000}{100 - 20 * 0.1} - (9.81) \sin 70 \right)^2 \left( 0.1 - \frac{(0.1)^3 (9.736 \times 10^{-5}) (2.71828)^{\left(\frac{0}{-7256.09}\right)}}{3(100 - 20 * 0.1)} \right)^2}{100 - 20 * 0.1}$$

$(9.81) \sin 70 = 9.283$

fungsi\_fase\_4\_0=

$$\frac{(9.81) \cos 70}{\left( \frac{10000}{100 - 20 * 0.1} - (9.81) \sin 70 \right) \left( 0.1 - \frac{(0.1)^3 (9.736 \times 10^{-5}) (2.71828)^{\left(\frac{0}{-7256.09}\right)}}{3(100 - 20 * 0.1)} \right)} = 0.361$$

$$k_{1,1} = h \times \text{fungsi\_fase\_1\_0}(t, x, z, v, \text{gamma}) = 0.031$$

$$k_{1,2} = h \times \text{fungsi\_fase\_2\_0}(t, x, z, v, \text{gamma}) = 0.095$$

$$k_{1,3} = h \times \text{fungsi\_fase\_3\_0}(t, x, z, v, \text{gamma}) = 0.928$$

$$k_{1,4} = h \times \text{fungsi\_fase\_4\_0}(t, x, z, v, \text{gamma}) = 3.6 \times 10^{-3}$$

$$k_{2,1} = h \times \text{fungsi\_fase\_1\_0}(t + \frac{h}{2}, X + \frac{k_{1,1}}{2}, Z + \frac{k_{1,2}}{2}, V + \frac{k_{1,3}}{2}, \text{gamma} + \frac{k_{1,4}}{2}) = 1.55 \times 10^{-3}$$

$$k_{2,2} = h \times \text{fungsi\_fase\_2\_0}(t + \frac{h}{2}, X + \frac{k_{1,1}}{2}, Z + \frac{k_{1,2}}{2}, V + \frac{k_{1,3}}{2}, \text{gamma} + \frac{k_{1,4}}{2}) = 4.26 \times 10^{-3}$$

$$k_{2,3} = h \times \text{fungsi\_fase\_3\_0}(t + \frac{h}{2}, X + \frac{k_{1,1}}{2}, Z + \frac{k_{1,2}}{2}, V + \frac{k_{1,3}}{2}, \text{gamma} + \frac{k_{1,4}}{2}) = 99.98$$

$$k_{2,4} = h \times \text{fungsi\_fase\_4\_0}(t + \frac{h}{2}, X + \frac{k_{1,1}}{2}, Z + \frac{k_{1,2}}{2}, V + \frac{k_{1,3}}{2}, \text{gamma} + \frac{k_{1,4}}{2}) = 20.78$$

$$k_{3,1} = h \times \text{fungsi\_fase\_1\_0}(t + \frac{h}{2}, X + \frac{k_{2,1}}{2}, Z + \frac{k_{2,2}}{2}, V + \frac{k_{2,3}}{2}, \text{gamma} + \frac{k_{2,4}}{2}) = 1.55 \times 10^{-3}$$

$$k_{3,2} = h \times \text{fungsi\_fase\_2\_0}(t + \frac{h}{2}, X + \frac{k_{2,1}}{2}, Z + \frac{k_{2,2}}{2}, V + \frac{k_{2,3}}{2}, \text{gamma} + \frac{k_{2,4}}{2}) = 4.54 \times 10^{-3}$$

$$k_{3,3} = h \times \text{fungsi\_fase\_3\_0}(t + \frac{h}{2}, X + \frac{k_{2,1}}{2}, Z + \frac{k_{2,2}}{2}, V + \frac{k_{2,3}}{2}, \text{gamma} + \frac{k_{2,4}}{2}) = -0.033$$

$$k_{3,4} = h \times \text{fungsi\_fase\_4\_0}(t + \frac{h}{2}, X + \frac{k_{2,1}}{2}, Z + \frac{k_{2,2}}{2}, V + \frac{k_{2,3}}{2}, \text{gamma} + \frac{k_{2,4}}{2}) = 2.078$$

$$k_{4,1} = h \times \text{fungsi\_fase\_1\_0}(t + h, X + k_{3,1}, Z + k_{3,2}, V + k_{3,3}, \text{gamma} + k_{3,4}) = 1.55 \times 10^{-3}$$

$$k_{4,2} = h \times \text{fungsi\_fase\_2\_0}(t + h, X + k_{3,1}, Z + k_{3,2}, V + k_{3,3}, \text{gamma} + k_{3,4}) = 1.65 \times 10^{-3}$$

$$k_{4,3} = h \times \text{fungsi\_fase\_3\_0}(t + h, X + k_{3,1}, Z + k_{3,2}, V + k_{3,3}, \text{gamma} + k_{3,4}) = 0.077$$

$$k_{4,4} = h \times \text{fungsi\_fase\_4\_0}(t + h, X + k_{3,1}, Z + k_{3,2}, V + k_{3,3}, \text{gamma} + k_{3,4}) = 20.78$$

Sehingga diperoleh :

$$X = X + \frac{1}{6}(k_{1,1} + 2k_{2,1} + 2k_{3,1} + k_{4,1})$$

$$= 0 + \frac{1}{6}(0.031 + 2(1.55 \times 10^{-3}) + 2(1.55 \times 10^{-3}) + (1.55 \times 10^{-3}))$$

$$= \frac{2.402 \times 10^{-4}}{6} = 4.004 \times 10^{-5}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= Z + \frac{1}{6}(k_{1,2} + 2k_{2,2} + 2k_{3,2} + k_{4,2}) \\
 &= 0 + \frac{1}{6}(0.095 + 2(4.26 \times 10^{-3}) + 2(4.54 \times 10^{-3}) + 1.65 \times 10^{-3}) \\
 &= \frac{0.114}{6} = 0.019
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= V + \frac{1}{6}(k_{1,3} + 2k_{2,3} + 2k_{3,3} + k_{4,3}) \\
 &= 0 + \frac{1}{6}(0.928 + 2(99.98) + 2(0.033) + 0.077) \\
 &= \frac{201.031}{6} = 33.50
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \gamma &= 70 + \frac{1}{6}(k_{1,3} + 2k_{2,3} + 2k_{3,3} + k_{4,3}) \\
 &= 70 + \frac{1}{6}(3.6 \times 10^{-3} + 2(20.78) + 2(2.078) + 20.78) \\
 &= 70 + \frac{66.499}{6} \\
 &= 12.30
 \end{aligned}$$

#### 4.3 Perancangan Input dan Target

Data simulasi menggunakan runge kutta menghasilkan jarak horizontal, kecepatan, sudut elevasi dan ketinggian. Yang menjadi input dari jaringan syaraf tiruan adalah kecepatan dan sudut elevasi. Dan yang menjadi target dari jaringan syaraf tiruan adalah jarak horizontal.

Data yang digunakan sebagai input dari JST dinormalisasi terlebih sebelum proses JST backpropagation berlangsung. Proses Normalisasi ini bertujuan agar *output* yang dihasilkan dapat menggambarkan pola data seperti semula, hal ini dikarenakan *output* dari sistem JST yang dibangun nilainya berada pada *range* antara 0 sampai 1.

Setelah dilakukan normalisasi, kemudian data *input* tersebut diproses oleh sistem JST. Pada sistem JST *backpropagation* terdapat dua rangkaian proses yang harus dikerjakan, yaitu proses *training* dan proses *testing*.

#### 4.3.1 Proses *Training*

Pada proses *training* yang menjadi variabel *input* adalah variabel data *training* yaitu 80% data jarak horizontal sebanyak 1656 data dan data ketinggian roket sebanyak 1656 data. Selain variabel *input*, juga terdapat parameter lain yang menjadi *input*, yaitu parameter learning rate ( $\alpha$ ), toleransi *error* ( $\theta$ ), jumlah unit pada *hidden layer* 1, sedangkan untuk target sudah ditetapkan. Pada akhir *training* data, akan didapatkan *output* berupa nilai-nilai bobot yang paling optimal dari *training* data terakhir yang kemudian disimpan untuk proses *testing*.

#### 4.3.2 Proses *Testing*

Pada proses *testing* yang menjadi variabel *input* adalah data *training* dan juga data *testing*. Pada proses *testing* akan menghasilkan *output* berupa hasil ramalan data dengan mengambil arsitektur dan bobot-bobot serta parameter lain yang diperoleh dari proses *training*. Selain menghasilkan nilai prediksi trajektori roket, pada akhir proses juga akan didapatkan nilai-nilai parameter model seperti MSE. Dimana nilai-nilai parameter tersebut nantinya akan digunakan untuk menentukan arsitektur atau model terbaik untuk memprediksi trajektori roket.

#### 4.4 Perancangan Model Jaringan

Pada penelitian ini, penulis merancang sebuah jaringan syaraf tiruan dengan satu *hidden layer* yang terdiri dari 5 neuron dan satu layer pada output. Pada algoritma *backpropagation* secara umum ada tiga tahap yang harus dikerjakan oleh setiap pasangan data, yaitu tahap *feedforward*, *backpropagation of error* dan pembaharuan bias dan bobot. Kondisi Stop yang digunakan pada rancangan ini ada dua, yaitu dengan membatasi jumlah iterasi dan membatasi error yang dihasilkan

## BAB V IMPLEMENTASI

Bab ini berisi Implementasi Prediksi Trajektori roket RX-150 menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. Bab ini membahas mengenai proses analisa

### 5.1 Implementasi Sistem

Pada perancangan yang telah diuraikan pada Bab 4 diimplementasikan menjadi sebuah sistem yang nyata agar bisa berfungsi sesuai dengan kebutuhan. Sistem yang dibuat akan diimplementasikan pada perangkat keras dan perangkat lunak dengan spesifikasi tertentu serta konfigurasi jaringan tertentu.

#### 5.1.1 Spesifikasi Perangkat Keras (Hardware)

Untuk mengembangkan prediksi trajektori roket RX-150 menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan, digunakan sebuah komputer yang berfungsi sebagai *simulator* dengan spesifikasi perangkat keras seperti terlihat pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Spesifikasi Perangkat Keras Komputer

Nama Komponen	Spesifikasi
<i>Processor</i>	Intel Pentium Mobile Dual-Core T2390 1.86 GHz
<i>Memory</i>	Ramaxel Tech. RMN1740HC38D7F-667 DDR2 SDRAM 512GB
<i>Hardisk</i>	HITACHI HTS542516K9SA00
<i>Motherboard</i>	
<i>VGA Card</i>	Mobile Intel(R) 945GM/GU Express Chipset Family (128 MB)

**Sumber :** [implementasi]

#### 5.1.2 Spesifikasi Perangkat Lunak (Software)

Untuk mengembangkan Prediksi trajektori roket RX-150 menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan, digunakan perangkat lunak dengan spesifikasi seperti terlihat pada Tabel 5.2.

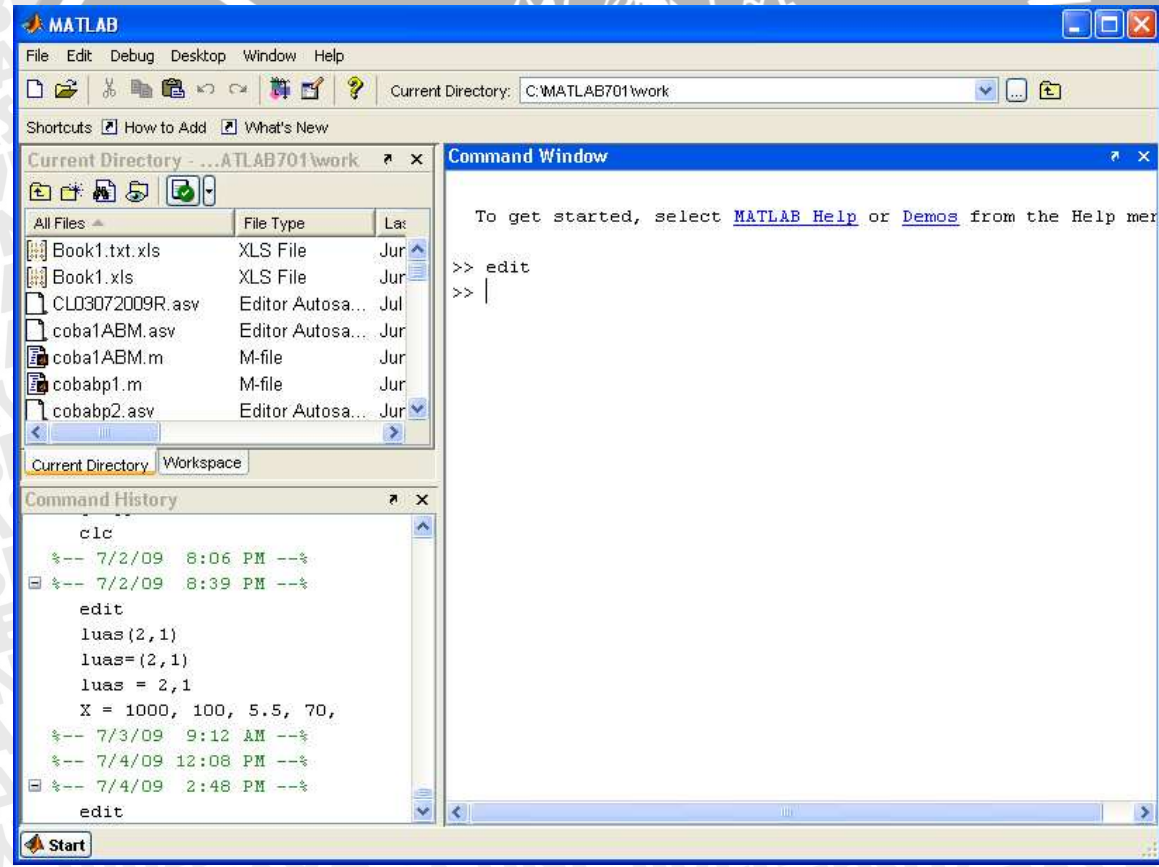
**Tabel 5.2** Spesifikasi Perangkat Lunak

Perangkat Lunak	Spesifikasi
Sistem Operasi	Microsoft Windows XP version 5.1 SP2
Bahasa Pemrograman	Matlab 7.0.1

**Sumber :** [implementasi]

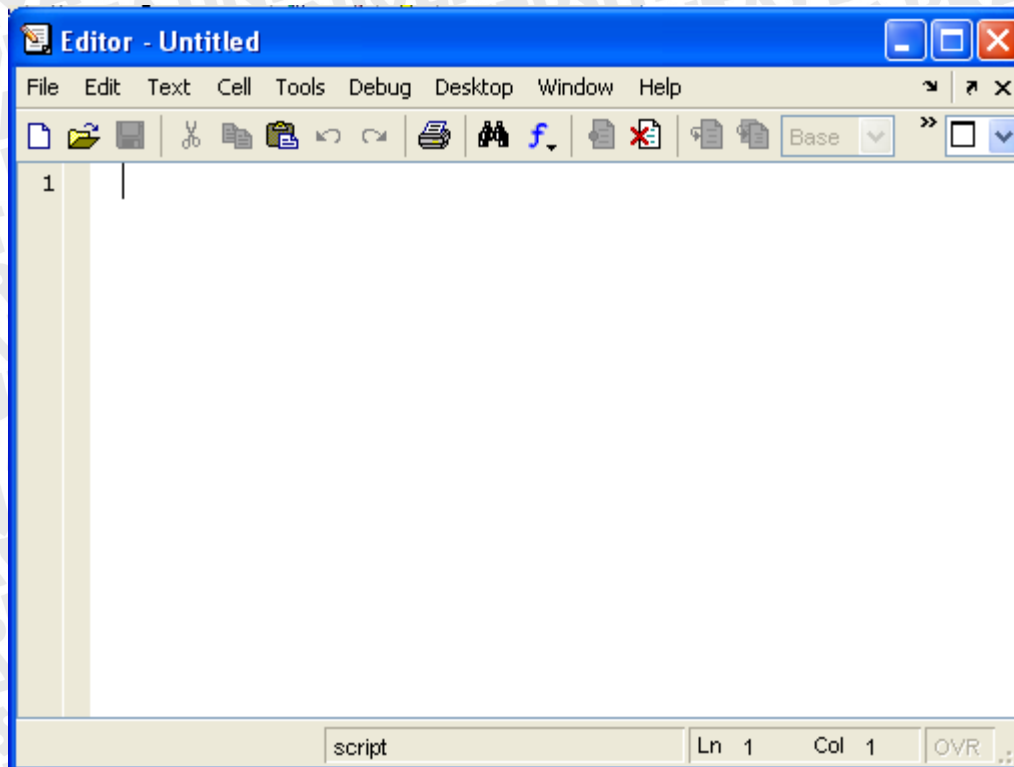
Untuk membuka editor matlab, gunakan command edit pada command window. Tampilan pada command window matlab ditunjukkan pada gambar 5.3 dan tampilan editor ditunjukkan pada gambar 5.4

**Gambar 5.3** Tampilan command window pada matlab



**Sumber :** [Implementasi]



**Gambar 5.4** Tampilan editor pada matlab

**Sumber :** [Implementasi]

## 5.2 Implementasi Runge Kutta

Setelah melakukan perancangan pada bab 4 maka untuk perhitungan metode runge kutta untuk mencari jarak horizontal, ketinggian, kecepatan dan sudut elevasi roket bisa menggunakan software matlab. Terdapat dua tahap dalam melakukan proses perhitungan, yaitu fase pertama yang terdiri dari dua tahap dan fase kedua.

### Fase pertama

Fungsi fase pertama terdiri dari dua tahap, yaitu tahap pertama untuk mencari nilai  $V$  supaya tidak nol dilakukan hanya satu iterasi dan tahap kedua adalah digunakan sampai pembakaran selesai.

Tahap pertama :

```
Fungsi_fase_1_0  
function yksir = fngs1fase1_0(t, x, h, v, gamma)  
F=10000;
```

```

L=1.225*(2.71828)^(-h/7256.09);
m0=100;
g=9.81*((6.37E6)^2)/((6.37E6+h)^2);
fungsi_t=20*t;
yksir = (F/(m0-fungsi_t)-g*sin(gamma))*(t-(t^3*L)/(3*(m0-fungsi_t)))*cos(gamma);

fungsi_fase_2_0
function yksir = fngs1fase2_0(t, x, h, v, gamma)
F=10000;
L=1.225*(2.71828)^(-h/7256.09);
m0=100;
g=9.81*((6.37E6)^2)/((6.37E6+h)^2);
fungsi_t=20*t;
yksir = (F/(m0-fungsi_t)-g*sin(gamma))*(t-(t^3*L)/(3*(m0-fungsi_t)))*sin(gamma);

fungsi_fase_3_0
function yksir = fngs1fase3_0(t, x, h, v, gamma)
F=10000;
L=1.225*(2.71828)^(-h/7256.09);
m0=100;
g=9.81*((6.37E6)^2)/((6.37E6+h)^2);
fungsi_t=20*t;
yksir = (F-L*(F/(m0-sin(t))-g*sin(gamma))^2*(t-(t^3*L)/(3*(m0-fungsi_t)))^2)/(m0-
fungsi_t)-(g*sin(gamma));

fungsi_fase_4_0
function yksir = fngs1fase3_0(t, x, h, v, gamma)
F=10000;
L=1.225*(2.71828)^(-h/7256.09);
m0=100;
g=9.81*((6.37E6)^2)/((6.37E6+h)^2);

```

```

fungsi_t=20*t;
yksir = (g*cos(gamma))/((F/(m0-fungsi_t)-g*sin(gamma))*((t-t^3*L)/(3*(m0-fungsi_t))));

```

tahap kedua :

```

fungsi_fase_1_1
function yksir = fngs1fase1_1(t, x, h, v, sdt)
yksir = v*cos(sdt);

fungsi_fase_2_1
function yksir = fngs1fase2_1(t, x, h, v, gamma)
yksir = v*sin(gamma);

fungsi_fase_3_1
function yksir = fngs1fase3_1(t, x, h, v, gamma)
F=10000;
L=1.225*(2.71828)^(-h/7256.09);
m0=100;
g=9.81*((6.37E6)^2)/((6.37E6+h)^2);
fungsi_t=20*t;
H=L*v^2;
yksir = (F-H)/(m0-fungsi_t)-g*6.37E6/((6.37E6+h)^2)*sin(gamma);

fungsi_fase_4_1
function yksir = fngs4fase4_1(t, x, h, v, sdt)
yksir = (-9.81)*((6.37*(10^6)/(6.37*(10^6)+h))^2)*cos(sdt)/v;

```

**fase kedua**

adalah pada saat setelah terjadi pembakaran, dimana massa roket menjadi konstan dan gaya dorong roket sama dengan nol

fngs1

```
function yksir = fngs1(t, x, h, v, sdt)
```

```
yksir = v*cos(sdt);
```

fngs2

```
function ydot = fngs2(t, x, h, v, sdt)
```

```
ydot = v*sin(sdt);
```

fngs3

```
function ydot = fngs3(t,x, h, v, gamma)
```

```
H=-0.000005224*((2.71828)^(-h/7256.09))*v^2;
```

```
g=9.8;
```

```
ydot = H-g*sin(gamma);
```

fngs4

```
function ydot = fngs4(t, x, h, v, sdt)
```

```
g=9.8;
```

```
ydot = -g*cos(sdt)/v;
```



program runge kutta untuk fase pertama adalah sebagai berikut :

tahap pertama

```
for i = 1:n-1,
```

```
if i==1,
```

```
    k1 = z*fngs_fase1_0(t(i), x(i), h(i),v(i), sdt(i));
```

```
    l1 = z*fngs_fase2_0(t(i), x(i), h(i),v(i), sdt(i));
```

```

p1 = z*fngs_fase3_0(t(i), x(i), h(i),v(i), sdt(i));
r1 = z*fngs_fase4_0(t(i), x(i), h(i),v(i), sdt(i));

k2 = z*fngs_fase1_0(t(i)+z/2, x(i)+k1/2, h(i)+I1/2, v(i)+p1/2, sdt(i)+r1/2);
I2 = z*fngs_fase2_0(t(i)+z/2, x(i)+k1/2, h(i)+I1/2, v(i)+p1/2, sdt(i)+r1/2);
p2 = z*fngs_fase3_0(t(i)+z/2, x(i)+k1/2, h(i)+I1/2, v(i)+p1/2, sdt(i)+r1/2);
r2 = z*fngs_fase4_0(t(i)+z/2, x(i)+k1/2, h(i)+I1/2, v(i)+p1/2, sdt(i)+r1/2);

k3 = z*fngs_fase1_0(t(i)+z/2, x(i)+k2/2, h(i)+I2/2, v(i)+p2/2, sdt(i)+r2/2);
I3 = z*fngs_fase2_0(t(i)+z/2, x(i)+k2/2, h(i)+I2/2, v(i)+p2/2, sdt(i)+r2/2);
p3 = z*fngs_fase3_0(t(i)+z/2, x(i)+k2/2, h(i)+I2/2, v(i)+p2/2, sdt(i)+r2/2);
r3 = z*fngs_fase4_0(t(i)+z/2, x(i)+k2/2, h(i)+I2/2, v(i)+p2/2, sdt(i)+r2/2);

k4 = z*fngs_fase1_0(t(i)+z, x(i)+k3, h(i)+I3, v(i)+p3, sdt(i)+r3);
I4 = z*fngs_fase2_0(t(i)+z, x(i)+k3, h(i)+I3, v(i)+p3, sdt(i)+r3);
p4 = z*fngs_fase3_0(t(i)+z, x(i)+k3, h(i)+I3, v(i)+p3, sdt(i)+r3);
r4 = z*fngs_fase4_0(t(i)+z, x(i)+k3, h(i)+I3, v(i)+p3, sdt(i)+r3);

k = (k1+2*k2+2*k3+k4)/6;
I = (I1+2*I2+2*I3+I4)/6;
p = (p1+2*p2+2*p3+p4)/6;
r = (r1+2*r2+2*r3+r4)/6;

x(i+1) = x(i)+k
h(i+1) = h(i)+I
v(i+1) = v(i)+p
sdt(i+1) = sdt(i)+r

```

end

tahap kedua

```

if t(i)<=t_prohbs & not (i==1),

%Runge Kutta
k1 = z*fngs_fase1_1(t(i), x(i), h(i),v(i), sdt(i));
I1 = z*fngs_fase2_1(t(i), x(i), h(i),v(i), sdt(i));
p1 = z*fngs_fase3_1(t(i), x(i), h(i),v(i), sdt(i));
r1 = z*fngs_fase4_1(t(i), x(i), h(i),v(i), sdt(i));

k2 = z*fngs_fase1_1(t(i)+z/2, x(i)+k1/2, h(i)+I1/2, v(i)+p1/2, sdt(i)+r1/2);
I2 = z*fngs_fase2_1(t(i)+z/2, x(i)+k1/2, h(i)+I1/2, v(i)+p1/2, sdt(i)+r1/2);
p2 = z*fngs_fase3_1(t(i)+z/2, x(i)+k1/2, h(i)+I1/2, v(i)+p1/2, sdt(i)+r1/2);
r2 = z*fngs_fase4_1(t(i)+z/2, x(i)+k1/2, h(i)+I1/2, v(i)+p1/2, sdt(i)+r1/2);

k3 = z*fngs_fase1_1(t(i)+z/2, x(i)+k2/2, h(i)+I2/2, v(i)+p2/2, sdt(i)+r2/2);
I3 = z*fngs_fase2_1(t(i)+z/2, x(i)+k2/2, h(i)+I2/2, v(i)+p2/2, sdt(i)+r2/2);
p3 = z*fngs_fase3_1(t(i)+z/2, x(i)+k2/2, h(i)+I2/2, v(i)+p2/2, sdt(i)+r2/2);
r3 = z*fngs_fase4_1(t(i)+z/2, x(i)+k2/2, h(i)+I2/2, v(i)+p2/2, sdt(i)+r2/2);

k4 = z*fngs_fase1_1(t(i)+z, x(i)+k3, h(i)+I3, v(i)+p3, sdt(i)+r3);
I4 = z*fngs_fase2_1(t(i)+z, x(i)+k3, h(i)+I3, v(i)+p3, sdt(i)+r3);
p4 = z*fngs_fase3_1(t(i)+z, x(i)+k3, h(i)+I3, v(i)+p3, sdt(i)+r3);
r4 = z*fngs_fase4_1(t(i)+z, x(i)+k3, h(i)+I3, v(i)+p3, sdt(i)+r3);

k = (k1+2*k2+2*k3+k4)/6;
I = (I1+2*I2+2*I3+I4)/6;
p = (p1+2*p2+2*p3+p4)/6;
r = (r1+2*r2+2*r3+r4)/6;

x(i+1) = x(i)+k
h(i+1) = h(i)+I

```

```
v(i+1) = v(i)+p
sdt(i+1) = sdt(i)+r
```

```
end
```

Program runge kutta fase kedua adalah sebagai berikut :

```
if t(i)>t_prohbs & not (i==1)
```

```
k1 = z*fngs1(t(i), x(i), h(i),v(i), sdt(i));
I1 = z*fngs2(t(i), x(i), h(i),v(i), sdt(i));
p1 = z*fngs3(t(i), x(i), h(i),v(i), sdt(i));
r1 = z*fngs4(t(i), x(i), h(i),v(i), sdt(i));
```

```
k2 = z*fngs1(t(i)+z/2, x(i)+k1/2, h(i)+I1/2, v(i)+p1/2, sdt(i)+r1/2);
I2 = z*fngs2(t(i)+z/2, x(i)+k1/2, h(i)+I1/2, v(i)+p1/2, sdt(i)+r1/2);
p2 = z*fngs3(t(i)+z/2, x(i)+k1/2, h(i)+I1/2, v(i)+p1/2, sdt(i)+r1/2);
r2 = z*fngs4(t(i)+z/2, x(i)+k1/2, h(i)+I1/2, v(i)+p1/2, sdt(i)+r1/2);
```

```
k3 = z*fngs1(t(i)+z/2, x(i)+k2/2, h(i)+I2/2, v(i)+p2/2, sdt(i)+r2/2);
I3 = z*fngs2(t(i)+z/2, x(i)+k2/2, h(i)+I2/2, v(i)+p2/2, sdt(i)+r2/2);
p3 = z*fngs3(t(i)+z/2, x(i)+k2/2, h(i)+I2/2, v(i)+p2/2, sdt(i)+r2/2);
r3 = z*fngs4(t(i)+z/2, x(i)+k2/2, h(i)+I2/2, v(i)+p2/2, sdt(i)+r2/2);
```

```
k4 = z*fngs1(t(i)+z, x(i)+k3, h(i)+I3, v(i)+p3, sdt(i)+r3);
I4 = z*fngs2(t(i)+z, x(i)+k3, h(i)+I3, v(i)+p3, sdt(i)+r3);
p4 = z*fngs3(t(i)+z, x(i)+k3, h(i)+I3, v(i)+p3, sdt(i)+r3);
r4 = z*fngs4(t(i)+z, x(i)+k3, h(i)+I3, v(i)+p3, sdt(i)+r3);
```

```
k = (k1+2*k2+2*k3+k4)/6;
I = (I1+2*I2+2*I3+I4)/6;
p = (p1+2*p2+2*p3+p4)/6;
```

```

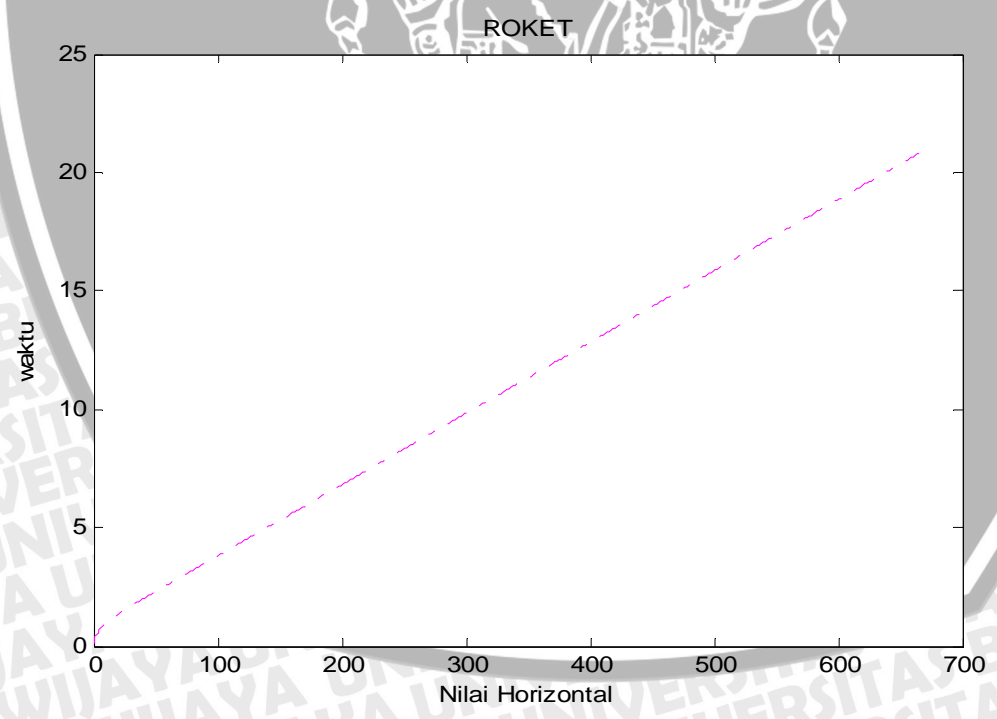
r = (r1+2*r2+2*r3+r4)/6;

x(i+1) = x(i)+k
h(i+1) = h(i)+I
v(i+1) = v(i)+p
sdt(i+1) = sdt(i)+r

end
    
```

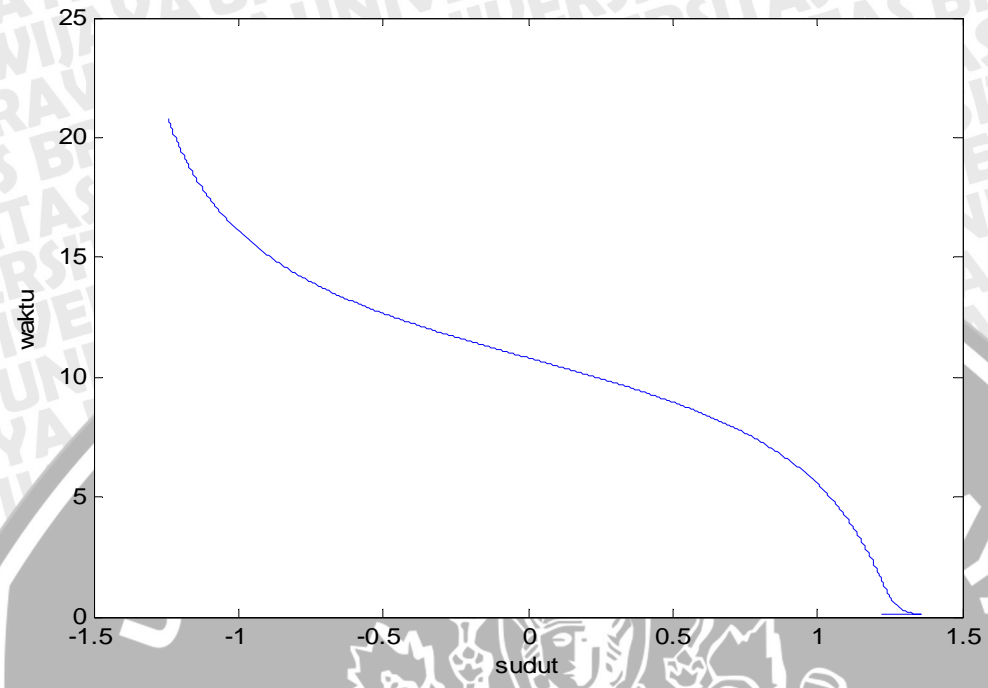
Dari hasil perhitungan numerik dengan menggunakan metode Runge Kutta yang sudah diperoleh, maka dapat diperjelas kembali dengan grafik :

**Tabel 5.5** Grafik jarak horizontal terhadap waktu

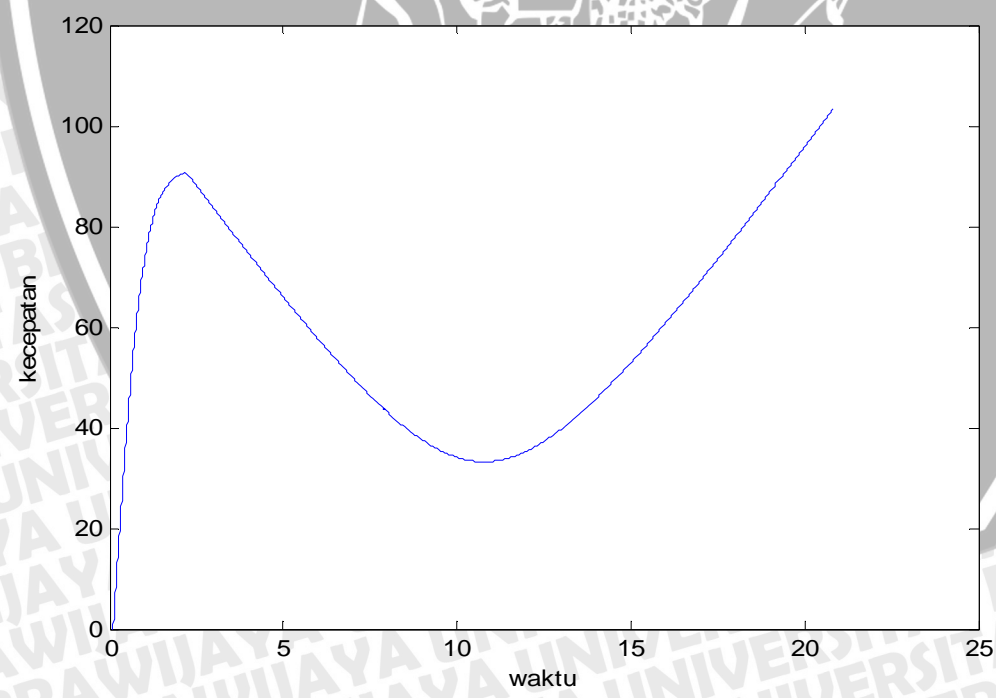


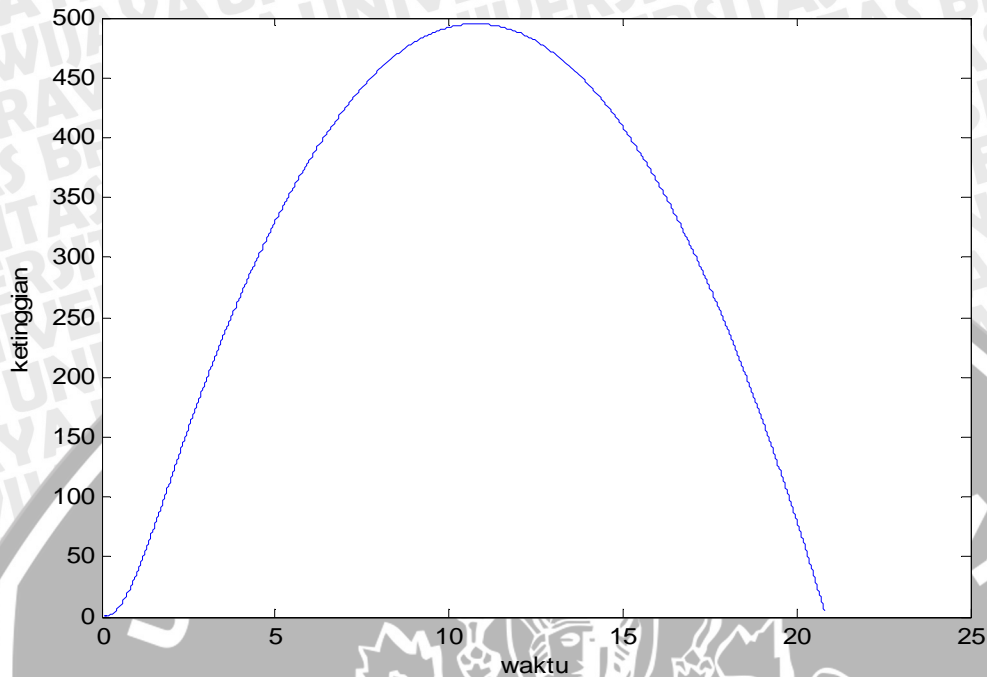


Tabel 5.6 Grafik sudut terhadap waktu



Tabel.5.7 Grafik kecepatan terhadap waktu



**Tabel 5.8** Grafik ketinggian terhadap waktu

### 5.3 Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan

Implementasi jaringan syaraf tiruan dilakukan sesuai dengan rancangan jaringan syaraf tiruan pada bab perancangan.

#### 5.3.1 proses training

Data input dan data yang dijadikan target didefinisikan sendiri.

```
y=x(1:1999,:);
p1=y(:,2);
p2=y(:,3);
t=y(:,4);
P=[p1'; p2'];
T=[t'];
```

Sebelum melakukan proses training data dinormalisasi terlebih dahulu sehingga dicari nilai maximum dan minimumnya dari jumlah data yang ingin ditraining

```
[pn, minp, maxp, tn, mint, maxt] = premmx(P,T)
```

Setelah proses normalisasi dijalankan maka jaringan syaraf tiruan dengan algoritma backpropagation dapat dibuat dengan :

```
net = newff(minmax(P),[5,1],{'tansig' 'purelin'}, 'trainlm');
```

Untuk melihat bobot awal, lapisan dan bias :

```
bobotAwal_Input = net.IW{1,1}
bobotAwal_Bias_Input = net.b{1,1}
bobotAwal_Lapisan = net.LW{2,1}
bobotAwal_Bias_Lapisan = net.b{2,1}
```

Untuk menentukan iterasi, goal, learning rate, dan show step :

```
net.trainParam.epochs = 50;
net.trainParam.goal = 0.001;
net.trainParam.lr = 0.1;
net.trainParam.show = 1;
```

### 5.3.2 Proses Testing

```
z=x(1999:2071,:);
q1=z(:,2);
q2=z(:,3);
t=z(:,4);
Q=[q1'; q2'];
TQ=[t'];
```

Normalisasi input baru

```
Qn = tramnmx(Q, minp, maxp);
bn = sim (net, Qn);
b = postmnmx(bn, mint, maxt);
```

## BAB VI

### PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian. Kondisi berhenti dari proses training pada penelitian yaitu dengan cara membatasi jumlah iterasi maksimal dan atau pembatasan toleransi *error*. Jumlah iterasi maksimal ditetapkan dengan beberapa nilai. Hal ini dimaksudkan untuk melihat kecepatan konvergensi bobot pada proses training yang digunakan. Khusus untuk melihat pengaruh parameter yang dibutuhkan pada tiap-tiap metoda training, selain menggunakan pembatasan jumlah iterasi, kondisi berhenti juga menggunakan toleransi *error*. Apabila *error* yang dihasilkan oleh jaringan lebih kecil dari toleransi *error* yang ditetapkan, maka proses training akan berhenti. Penggunaan kondisi berhenti ini dimaksudkan untuk melihat seberapa besar pengaruh parameter tersebut terhadap performansi jaringan

#### 6.1 Metoda Training Backpropagation

Proses JST terdiri dari dua proses utama, yaitu proses training dan proses testing. Proses training yang dalam hal ini menggunakan algoritma *backpropagation* bertujuan untuk mendapatkan bobot-bobot yang konvergen sehingga menghasilkan output yang mendekati nilai target dari masukan JST (input). Sedangkan proses testing bertujuan untuk validasi terhadap bobot-bobot yang dihasilkan pada proses training. Sebelum proses training dan proses testing dijalankan, maka dilakukan inisialisasi terlebih dahulu terhadap parameter-parameter yang dibutuhkan.

##### 6.1.1 Tahap inisialisasi Parameter

Inisialisasi merupakan tahap awal sebelum dilakukannya proses training JST. Inisialisasi yang dimaksudkan disini adalah pemberian nilai awal terhadap parameter-parameter yang dibutuhkan sehingga proses training dapat dijalankan. Berikut ini adalah parameter-parameter yang memerlukan inisialisasi pada metoda training *backpropagation*:

a. Inisialisasi bias dan bobot

Inisialisasi nilai bias dan bobot awal pada metoda training ini menggunakan bilangan random yang berharga kecil.

b. *Learning rate*

Penggunaan parameter  $\alpha$  yang tepat dapat membantu mendapatkan hasil yang optimal. Untuk penentuan *learning rate* ( $\alpha$ ) dilakukan dengan beberapa uji coba. Uji coba terhadap

$\alpha$  dilakukan dengan nilai berkisar antara 0.1 sampai dengan 0.9. Nilai  $\alpha$  yang diambil nantinya adalah nilai  $\alpha$  yang juga dapat menghasilkan MSE paling kecil dan nilai korelasi paling besar.

### 6.1.2 Tahap Training dan Testing

Proses training dilakukan setelah semua nilai parameter diinisialisasi. Pembahasan tahap training dan testing dijadikan satu dimaksudkan untuk melihat performa bobot-bobot yang diperoleh dari proses training. Performansi hasil simulasi yang diperoleh dari proses testing menggunakan bobot-bobot yang dihasilkan dari proses training dilihat dari nilai MSE yang dihasilkan. Semakin kecil nilai MSE yang dihasilkan, maka performansi hasil semakin baik, yang berarti data output JST mendekati data aktualnya.

**Tabel 6.1** Performansi Jaringan Syaraf Tiruan

<i>Learning rate</i>	<b>Kondisi Stop</b>		<b>Performansi</b>	
	<b>Iterasi maksimal</b>	<b>Toleransi Error</b>	<b>MSE</b>	<b>Iterasi yang dibutuhkan</b>
0.1	50	0.001	0.004	5
0.2	50	0.001	0.004	5
0.3	50	0.001	0.004	5
0.4	50	0.001	0.004	5
0.5	50	0.001	0.004	5
0.6	50	0.001	0.004	5
0.7	50	0.001	0.004	5
0.8	50	0.001	0.004	5
0.9	50	0.001	0.004	5

Dari sembilan simulasi yang dilakukan dengan mengubah nilai learning rate antara 0.1 – 0.9 dengan tidak mengubah toleransi error dapat dilihat bahwa nilai mse nya rata-rata sama yaitu 0.004 dan jaringan hanya memerlukan lima buah iterasi untuk mencapai konvergen.

## BAB VII

### Kesimpulan dan Saran

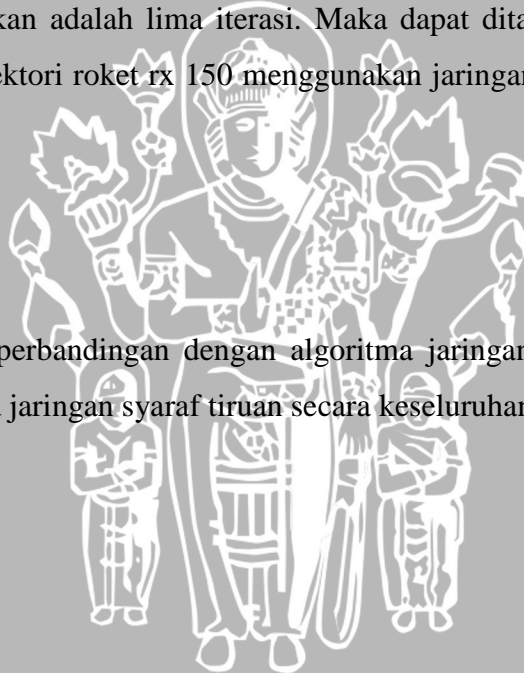
#### 7.1 Kesimpulan

Bersasarkan proses perancangan, implementasi dan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa :

1. metode runge kutta merupakan metode yang paling bagus untuk menyelesaikan persamaan differensial yang mempunyai banyak persamaan.
2. Arsitektur jaringan yang optimal adalah dengan dua vektor input, satu hidden layer dengan lima buah neuron dan satu layer output.
3. dari hasil pengujian yang dilakukan, rata-rata nilai mse hampir sama yaitu 0.004 dan iterasi yang dibutuhkan adalah lima iterasi. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa analisis prediksi trajektori roket rx 150 menggunakan jaringan syaraf tiruan berjalan dengan baik.

#### 7.2 Saran

1. Perlu dilakukannya perbandingan dengan algoritma jaringan syaraf tiruan lainnya untuk melihat kinerja jaringan syaraf tiruan secara keseluruhan



### Daftar Pustaka

- [GEO-04] George M. Siouris; *Missile Guidance and Control Systems*; Springer-Verlag New York; 2004
- [RAF-08] Rafael Yanushevsky; *Modern Missiles Guidance*; CRC Press USA; 2008
- [SRI-07] Sri Kliwati, Wahyu Widada, Satria Gunawan Zain, Adi Susanto; *Metode Tracking 3 Dimensi untuk Trayektori Roket dengan kombinasi Altimeter dan Array Crossed-Yagi Antena*; Laporan Kegiatan Bidang Kendali; 2007
- [WAH-06] Wahyu Sri Astutik; *Pengenalan Osteoporosis melalui pola iris mata*; Skripsi; 2006
- [NAD-08] Nadzor; *Thrust To Weight Ratio*; 2008  
<http://midnaitdream.blogspot.com/2008/11/trhust-to-weight-ratio.html>  
 Akses tanggal 23 Desember 2008
- [RAN-00] Randy C 2000
- [SEM-00] Turah Sembiring 2000
- [GIN-00] Ginting. S dan Endang S 2000
- [FAU-96] Fausett, Laurene.; *Fundamentals Neural Networks Architectures, Algorithms, and Applications*; Prentice Hall; 1996

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

