



PERBANDINGAN *EXTENDED KALMAN FILTER* DAN *UNSCENTED KALMAN FILTER* DALAM ESTIMASI PERTUMBUHAN KANKER DENGAN PENGOBATAN KEMOTERAPI

SKRIPSI

Oleh
Yesiana Novikasari
NIM 081810101024

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2014**



PERBANDINGAN *EXTENDED KALMAN FILTER* DAN *UNSCENTED KALMAN FILTER* DALAM ESTIMASI PERTUMBUHAN KANKER DENGAN PENGOBATAN KEMOTERAPI

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Matematika (S1) dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh
Yesiana Novikasari
NIM 081810101024

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2014

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Komrotun, Ayahanda Kustur, adik tercinta M. Hafid Bahrul Mau'idho, kedua nenek tercinta serta keluarga lainnya yang telah mendoakan dan memberi kasih sayang serta pengorbanan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu;
2. guru-guru sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi, yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dengan penuh kesabaran;
3. Almamater Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember.

MOTTO

Bertakwalah pada Allah maka Allah akan mengajarimu. Sesungguhnya Allah mengetahui segala sesuatu.

(Surat Al-Baqarah : 282)*

^{*)} Departemen Agama RI. 2004. Al-Qur'an dan terjemahannya Al-jumanatul Ali. Bandung. CVPenerbitan J-Art

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yesiana Novikasari

NIM : 081810101024

menyatakan dengan ini sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Perbandingan Metode *Extended Kalman Filter* (EKF) dan *Unscented Kalman Filter* (UKF) dalam Estimasi Pertumbuhan Kanker dengan Pengobatan Kemoterapi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Mei 2014

Yang menyatakan,

Yesiana Novikasari

NIM 081810101024

SKRIPSI

PERBANDINGAN *EXTENDED KALMAN FILTER* DAN *UNSCENTED KALMAN FILTER* DALAM ESTIMASI PERTUMBUHAN KANKER DENGAN PENGOBATAN KEMOTERAPI

Oleh
Yesiana Novikasari
NIM 081810101024

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Kosala Dwidja Purnomo, S.Si, M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Rusli Hidayat, M.Sc.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Perbandingan Metode *Extended Kalman Filter* (EKF) dan *Unscented Kalman Filter* (UKF) dalam Estimasi Pertumbuhan Kanker dengan Pengobatan Kemoterapi” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember.

Tim Penguji:

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Kosala Dwidja Purnomo, S.Si, M.Si.
NIP 196908281998021001

Drs. Rusli Hidayat, M.Sc.
NIP 196610121993031001

Penguji I,

Penguji II,

Kiswara Agung Santoso, S.Si, .Kom.
NIP 197209071998031003

Prof. Drs. I Made Tirta, MSc, PhD
NIP 195912201985031002

Mengesahkan

Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA, Ph.D.
NIP 196101081986021001

RINGKASAN

Perbandingan Metode *Extended Kalman Filter* (EKF) dan Metode *Unscented Kalman Filter* (UKF) Mengestimasi Pertumbuhan Kanker dengan Pengobatan Kemoterapi; Yesiana Novikasari; 081810101024; 57 halaman; Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember

Kanker merupakan penyakit berbahaya yang disebabkan oleh sel tunggal yang tumbuh tidak normal dan tidak terkendali sehingga dapat menjadi tumor ganas yang dapat menghancurkan dan merusak sel atau jaringan (Kartawiguna, 2001). Salah satu pengobatan kanker yaitu Kemoterapi. Kemoterapi itu sendiri merupakan salah satu cara pengobatan kanker secara sistemik dengan pemberian obat-obatan atau bahan kimia yang bertujuan untuk menghentikan, menghambat dan menghancurkan inti sel untuk membelah diri dalam siklus kehidupan sel (Rahmah, 2008).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil estimasi pertumbuhan kanker dengan pengobatan kemoterapi dengan menggunakan Metode *Extended Kalman Filter* dan Metode *Unscented Kalman Filter*. Selain itu, tujuan akhir dari penelitian ini yaitu menentukan metode yang lebih baik dalam mengestimasi pertumbuhan kanker dengan pengobatan kemoterapi.

Untuk memperoleh hasil estimasi dan mengetahui metode yang lebih baik, dilakukan beberapa langkah, yaitu diskritisasi dengan menggunakan metode beda hingga maju, lalu dilanjutkan dengan penambahan faktor stokastik pada model pertumbuhan kanker dengan pengobatan kemoterapi. Setelah itu mengimplementasikan algoritma EKF dan UKF. Langkah selanjutnya adalah menganalisis hasil simulasi. Hasil yang akan dianalisis yaitu populasi sel kanker, populasi sel kekebalan, populasi sel limfosit dan konsentrasi kemoterapi obat. Analisis yang dilakukan yaitu dengan membandingkan nilai *norm kovariansi error* dari kedua metode.

Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa untuk estimasi konsentrasi kemoterapi obat dengan metode EKF menghasilkan nilai *norm kovariansi error* yang

lebih kecil dibandingkan dengan metode UKF. Sementara itu untuk populasi sel kanker, populasi sel kekebalan dan populasi sel limfosit menggunakan metode UKF menghasilkan *norm kovariansi error* yang lebih kecil dibandingkan dengan metode EKF. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa metode EKF lebih baik daripada metode UKF dalam mengestimasi konsentrasi kemoterapi obat sedangkan untuk populasi sel kanker, populasi sel kekebalan dan populasi sel limfosit metode UKF lebih baik daripada metode EKF.

PRAKATA

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perbandingan Metode *Extended Kalman Filter* (EKF) dan *Unscented Kalman Filter* (UKF) dalam Estimasi Pertumbuhan Kanker dengan Pengobatan Kemoterapi”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Dalam penyelesaian skripsi ini, penulis telah banyak mendapat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Kosala Dwidja Purnomo, S.Si, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Drs. Rusli Hidayat, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penyusunan skripsi ini;
2. Bapak Kiswara Agung Santoso, S.Si, M.Kom., dan Prof. Drs. I Made Tirta, M.Sc. Ph.D selaku Dosen Penguji yang telah memberi kritik dan saran
3. Bapak Bagus Julianto, S.Si dan Ibu Ika Hesti Agustin, S.Si, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Akademik;
4. Dwi Supriyanto, Conan Family (bayu, dayvis, priyan, indah, muis), arif, mifta, laily, tyas, deka, juwaria, mia serta angkatan matematika 2008 dan 2009 yang telah memberikan dukungan positif selama penyusunan skripsi ini;
5. teman-teman kost “Pink” (Devi, Indah dan Ayuk) yang selalu berbagi keceriaan bersama;
6. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, Mei 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Model Kanker dengan Pengobatan Kemoterapi	4
2.2 Diskritisasi Model	6
2.3 Faktor Stokastik	7
2.4 Metode <i>Kalman Filter</i>	7
2.5 Metode <i>Extended Kalman Filter</i>	9
2.6 Metode <i>Unscented Kalman Filter</i>	11
2.7 <i>Norm Kovariansi Error</i>	15
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	17

3.1 Diskritisasi Model.....	18
3.2 Penambahan Faktor Stokastik.....	18
3.3 Implementasi Algoritma EKF dan UKF.....	19
3.4 Pembuatan Program.....	19
3.5 Simulasi Program	20
3.6 Analisis Hasil Simulasi.....	20
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Diskritisasi Model Dinamik Kanker dengan Pengobatan Kemoterapi	21
4.2 Penambahan Faktor Stokastik.....	23
4.3 Implementasi Algoritma EKF untuk Model Pertumbuhan Kanker dengan Pengobatan Kemoterapi.....	23
4.4 Implementasi Algoritma UKF untuk Model Pertumbuhan Kanker dengan Pengobatan Kemoterapi.....	26
4.5 Simulasi Program	31
4.5.1 Estimasi dengan metode EKF	32
4.5.2 Estimasi dengan metode UKF.....	36
4.6 Analisis Hasil Simulasi	40
4.6.1 Estimasi Menggunakan Metode EKF dan UKF dengan $R = 10^{-3}$, $Q = 10^{-3}$ dan $P = 10^{-3}$	40
4.6.2 Estimasi Menggunakan Metode EKF dan UKF dengan $R = 10^{-2}$, $Q = 10^{-2}$ dan $P = 10^{-2}$	47
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA.....	56
LAMPIRAN.....	58
A. Skrip Program EKF.....	58

B. Skrip Program UKF	60
-----------------------------------	-----------

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Nilai Parameter	5
4.1 <i>Norm</i> Kovariansi <i>Error</i> dan Waktu Komputasi Populasi Sel Kanker	41
4.2 <i>Norm</i> Kovariansi <i>Error</i> dan Waktu Komputasi Populasi Sel Kekebalan	43
4.3 <i>Norm</i> Kovariansi <i>error</i> dan Waktu Komputasi Populasi Sel Limfosit	44
4.4 <i>Norm</i> Kovariansi <i>error</i> dan Waktu Komputasi Konsentrasi Kemoterapi Obat ..	45
4.5 <i>Norm</i> Kovariansi <i>Error</i> dan Waktu Komputasi Populasi Sel Kanker	47
4.6 <i>Norm</i> Kovariansi <i>Error</i> dan Waktu Komputasi Populasi Sel Kekebalan	49
4.7 <i>Norm</i> Kovariansi <i>error</i> dan Waktu Komputasi Populasi Sel Limfosit	50
4.8 <i>Norm</i> Kovariansi <i>error</i> dan Waktu Komputasi Konsentrasi Kemoterapi Obat ..	52
4.9 Perbandingan Keseluruhan <i>Norm</i> Kovariansi <i>error</i> dan Waktu Komputasi dengan nilai awal P, Q, R sebesar 10^{-3}	52
4.10 Perbandingan Keseluruhan <i>Norm</i> Kovariansi <i>error</i> dan Waktu Komputasi dengan nilai awal P, Q, R sebesar 10^{-2}	53

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3.1 Skema Metode Penelitian	16
4.1 Tampilan Simulasi	32
4.2 Populasi Sel Kanker	32
4.3 Populasi Sel Kekebalan	33
4.4 Populasi Sel Limfosit	34
4.5 Konsentrasi Kemoterapi Obat.....	35
4.6 Populasi Sel Kanker	36
4.7 Populasi Sel Kekebalan.....	37
4.8 Populasi Sel Limfosit	38
4.9 Konsentrasi Kemoterapi Obat.....	39
4.10 Populasi Sel Kanker	40
4.11 <i>Norm kovariansi Error</i> Populasi Sel Kanker.....	41
4.12 Populasi Sel Kekebalan.....	42
4.13 <i>Norm Kovariansi Error</i> Populasi Sel Kekebalan.....	42
4.14 Populasi Sel Limfosit	43
4.15 <i>Norm Kovariansi Error</i> Populasi Sel Limfosit	43
4.16 Konsentrasi Kemoterapi Obat.....	44
4.17 <i>Norm kovariansi Error</i> Konsentrasi Kemoterapi Obat	45
4.18 Tampilan GUI dengan $R = 10^{-2}$, $Q = 10^{-2}$ dan $P = 10^{-2}$	46
4.19 Populasi Sel Kanker	46
4.20 <i>Norm kovariansi Error</i> Populasi Sel Kanker.....	47
4.21 Populasi Sel Kekebalan.....	48
4.22 <i>Norm Kovariansi Error</i> Populasi Sel Kekebalan.....	48
4.23 Populasi Sel Limfosit	49
4.24 <i>Norm Kovariansi Error</i> Populasi Sel Limfosit	50

4.25 Konsentrasi Kemoterapi Obat.....	51
4.26 <i>Norm kovariansi Error</i> Konsentrasi Kemoterapi Obat	51

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Skrip Program Metode EKF	58
B. Skrip Program Metode UKF	60