



**PERBANDINGAN METODE *KALMAN FILTER*
DAN METODE *ENSEMBLE KALMAN FILTER*
PADA ESTIMASI KONSENTRASI OBAT DALAM DARAH**

SKRIPSI

Oleh:

**Ana Fauziah
NIM 081810101049**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2013**



**PERBANDINGAN METODE *KALMAN FILTER*
DAN METODE *ENSEMBLE KALMAN FILTER*
PADA ESTIMASI KONSENTRASI OBAT DALAM DARAH**

SKRIPSI

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

Oleh:

**Ana Fauziah
NIM 081810101049**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2013**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. ibunda Zayami dan ayahanda Jupri tercinta, yang selalu memberikan do'a dan semangat yang tiada terkira hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
2. adik tersayang, Hafida Sofia yang selalu memberikan support, semangat, dan keceriaan;
3. almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.



MOTO

“Jika kita berfikir sesuatu itu benar karena orang lain mengatakan demikian, maka sebenarnya kita tidak berfikir sama sekali.” *)

“Tidak ada kecerdasan akal seperti mengatur; tidak ada sikap menahan diri seperti menjaga diri agar tidak meyakiti orang lain; tidak ada nilai yang bisa dibanggakan seperti akhlak yang baik dan tidak ada kecukupan seperti puas dan ridho dengan apa yang ada.” **)



*) Solihin.O.2004. *Jangan Jadi Bebek 2: Andai Kamu Tahu*. Jakarta: Gema Insani.

**) Baidaba.1991. *Hikayat Khalilah & Dimnah: Fabel-Fabel Alegoris*. Bandung : Pustaka Hidayah.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Ana Fauziah

NIM : 081810101049

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Perbandingan Metode *Kalman Filter* dan Metode *Ensemble Kalman Filter* pada Estimasi Konsentrasi Obat dalam Darah” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan 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 mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Januari 2013

Yang menyatakan,

Ana Fauziah
NIM 081810101049

SKRIPSI

**PERBANDINGAN METODE *KALMAN FILTER*
DAN METODE *ENSEMBLE KALMAN FILTER*
PADA ESTIMASI KONSENTRASI OBAT DALAM DARAH**

Oleh

Ana Fauziah
NIM 081810101049



Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama

: Kosala Dwidja Purnomo, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota

: Kiswara Agung Santoso, S.Si.,M.Kom.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Perbandingan Metode *Kalman Filter* dan Metode *Ensemble Kalman Filter* pada Estimasi Konsentrasi Obat dalam Darah” telah diuji dan disahkan

pada:
hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Kosala Dwidja Purnomo, S.Si., M.Si.
NIP. 19690828 199802 1 001

Kiswara Agung Santoso, M.Kom
NIP. 19720907 199803 1 003

Penguji I,

Penguji II,

Kusbudiono, S.Si., M.Si.
NIP. 19770430 200501 1 001

Bagus Juliyanto, S.Si.
NIP. 19800702 200312 1 001

Mengesahkan
Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19610108 198602 1 001

RINGKASAN

Perbandingan Metode *Kalman Filter* dan Metode *Ensemble Kalman Filter* pada Estimasi Konsentrasi Obat dalam Darah; Ana Fauziah, 081810101049; 2012: 34 halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Dalam farmakokinetika pemeriksaan kadar obat dalam darah merupakan salah satu cara yang tepat untuk pemantauan dan pengoptimalan pengobatan khususnya pada pengobatan melalui infus intravena. Mengacu pada penelitian Ricardo (2009), model konsentrasi obat yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah model linear dan merupakan model kompartemen satu. Adanya asumsi-asumsi yang diberikan pada saat pemodelan, maka digunakan suatu metode estimasi yang memperhatikan faktor stokastik. Metode yang sesuai diantaranya ialah metode *Kalman Filter* (KF) yakni metode estimasi yang hanya dapat diterapkan pada model yang linear dan metode *Ensemble Kalman Filter* (EnKF) yang merupakan metode estimasi hasil perluasan dari metode KF, yang tidak hanya dapat diterapkan dalam model yang linear tetapi juga pada model nonlinear.

Penelitian dilakukan dalam beberapa langkah. Langkah pertama adalah melakukan diskritisasi pada model konsentrasi obat dengan menggunakan metode beda hingga maju. Langkah kedua adalah menambahkan faktor stokastik berupa *noise* yang meliputi *noise* sistem dan *noise* pengukuran. Langkah ketiga adalah mengimplementasikan algoritma KF dan EnKF. Langkah keempat melakukan estimasi melalui simulasi menggunakan program Matlab 7.8.0 (R.2009.a). Langkah terakhir menyimpulkan serta membandingkan hasil estimasi yang diperoleh dari estimasi kedua metode dengan solusi analitik sebagai indikatornya.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa estimasi dengan menggunakan metode EnKF lebih baik dibandingkan dengan metode KF. Hal ini dapat dilihat dari nilai RMSE dan rata-rata *norm* kovarian *error* pada metode EnKF yang lebih kecil dibanding dengan nilai RMSE dan rata-rata *norm* kovarian *error* pada metode KF. Hasil estimasi terbaik pada metode EnKF diperoleh dengan membangkitkan 100 *ensemble* yang menghasilkan nilai RMSE terkecil sebesar 0,0191 dan rata-rata *norm* kovarian *error* sebesar $4,6953 \times 10^{-5}$.



PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perbandingan Metode *Kalman Filter* dan Metode *Ensemble Kalman Filter* pada Estimasi Konsentrasi Obat dalam Darah”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kosala Dwidja Purnomo, S.Si., M.Si., dan Kiswara Agung Santoso, M.Kom., selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Kusbudiono, S.Si., M.Si, dan Bagus Juliyanto, S.Si., selaku dosen penguji yang telah memberi masukan dalam skripsi ini;
3. Rusli Hidayat, S.Si..M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
4. ibu dan bapak serta adik tercinta di rumah yang telah memberikan doa dan semangat;
5. teman-teman angkatan 2008, Ba'its, Santhi, Mia, Arif, Riki, Tria, Ria, Ika dan Permata serta teman-teman lainnya, terima kasih atas kebersamaan selama waktu kuliah dan telah memberikan semangat dan motivasi;
6. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Jember, Januari 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Farmakokinetika dan Infus Intravena	3
2.2 Model Matematika Konsentrasi Obat dalam Darah melalui Infus Intravena	5
2.3 Persamaan Diferensial Linear Orde Kesatu	6
2.4 Metode Beda Hingga	9
2.5 Metode Kalman Filter	10

2.6	Metode Ensemble Kalman Filter	12
2.7	Tingkat Ketelitian Metode Estimasi	14
BAB 3.	METODE PENELITIAN.....	15
3.1	Diskritisasi Model	16
3.2	Penambahan Noise	16
3.3	Penerapan Metode KF dan EnKF dalam Permasalahan	17
3.4	Estimasi dan Analisis Hasil Simulasi	17
3.5	Penarikan Kesimpulan	19
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1	Hasil	20
4.1.1	Hasil Estimasi	20
4.1.2	Hasil Simulasi Program	21
4.2	Pembahasan.....	27
4.2.1	Diskritisasi Model	27
4.2.2	Penambahan Noise.....	28
4.2.3	Implementasi Algoritma KF dan EnKF untuk Estimasi Konsentrasi Obat dalam Darah.	28
4.2.4	Analisis Hasil Simulasi	31
BAB 5.	PENUTUP	33
5.1	Kesimpulan	33
5.2	Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	35

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Algoritma <i>Kalman Filter</i> (KF)	11
2.2 Algoritma <i>Ensemble Kalman Filter</i> (EnKF)	13
4.1 Nilai RMSE dan rata-rata <i>norm</i> kovarian <i>error</i>	21



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Grafik kadar obat dalam darah selama infus diberikan	4
2.2 Grafik kadar obat dalam darah selama dan sesudah infus diberikan ...	4
2.3 Infus intravena	5
2.4 Grafik fungsi $C(t) = 20(1 - e^{-0.2t})$, $0 \leq t \leq 30$, $0 \leq C \leq 20$	8
2.5 Perkiraan garis singgung suatu fungsi	10
3.1 Skema metode penelitian	15
3.2 Skema simulasi konsentrasi obat	18
4.1 Tampilan awal untuk memasukkan <i>password</i>	21
4.2 Tampilan program estimasi	22
4.3 Tampilan <i>input</i> dan jenis metode pada (a) metode KF dan (b) metode EnKF	22
4.4 Tampilan grafik estimasi pada (a) metode KF dan (b) metode EnKF ..	23
4.5 Tampilan grafik galat pada (a) metode KF dan (b) metode EnKF	24
4.6 Tampilan grafik <i>norm kovarian error</i> pada (a) metode KF dan (b) metode EnKF	25
4.7 Tampilan menu <i>tools</i> dan <i>close</i>	26

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Hasil estimasi metode EnKF dengan pembangkitan 200 <i>ensemble</i>	35
A.1 Grafik hasil estimasi konsentrasi obat untuk 200 <i>ensemble</i>	35
A.2 Grafik galat metode EnKF dengan solusi analitik untuk 200 <i>ensemble</i>	35
A.3 Grafik <i>norm</i> kovariansi <i>error</i> untuk 200 <i>ensemble</i>	36
B. Hasil estimasi metode EnKF dengan pembangkitan 300 <i>ensemble</i>	36
B.1 Grafik hasil estimasi konsentrasi obat untuk 300 <i>ensemble</i>	36
B.2 Grafik galat metode EnKF dengan solusi analitik untuk 300 <i>ensemble</i>	37
B.3 Grafik <i>norm</i> kovariansi <i>error</i> untuk 300 <i>ensemble</i>	37
C. Hasil estimasi metode EnKF dengan pembangkitan 400 <i>ensemble</i>	38
C.1 Grafik hasil estimasi konsentrasi obat untuk 400 <i>ensemble</i>	38
C.2 Grafik galat metode EnKF dengan solusi analitik untuk 400 <i>ensemble</i>	38
C.3 Grafik <i>norm</i> kovariansi <i>error</i> untuk 400 <i>ensemble</i>	39
D. Hasil estimasi metode EnKF dengan pembangkitan 500 <i>ensemble</i>	39
D.1 Grafik hasil estimasi konsentrasi obat untuk 500 <i>ensemble</i>	39
D.2 Grafik galat metode EnKF dengan solusi analitik untuk 500 <i>ensemble</i>	40
D.3 Grafik <i>norm</i> kovariansi <i>error</i> untuk 500 <i>ensemble</i>	40
E. <i>Flowchart</i> Program	41
F. Skrip Program	48
F.1 Skrip program infus (GUI)	48

F.2 Skrip program option (callback).....	53
F.3 Skrip program proses1 (estimasi KF).....	55
F.4 Skrip program proses2 (estimasi EnKF).....	57

