



**PERBANDINGAN METODE *KALMAN FILTER* DAN
METODE *ENSEMBLE KALMAN FILTER* DALAM MENDETEKSI
GANGGUAN KONDUKSI PANAS PADA BATANG LOGAM**

SKRIPSI

Oleh
Tria Nugrahini
NIM 081810101012

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2012**



**PERBANDINGAN METODE *KALMAN FILTER* DAN
METODE *ENSEMBLE KALMAN FILTER* DALAM MENDETEKSI
GANGGUAN KONDUKSI PANAS PADA BATANG LOGAM**

SKRIPSI

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

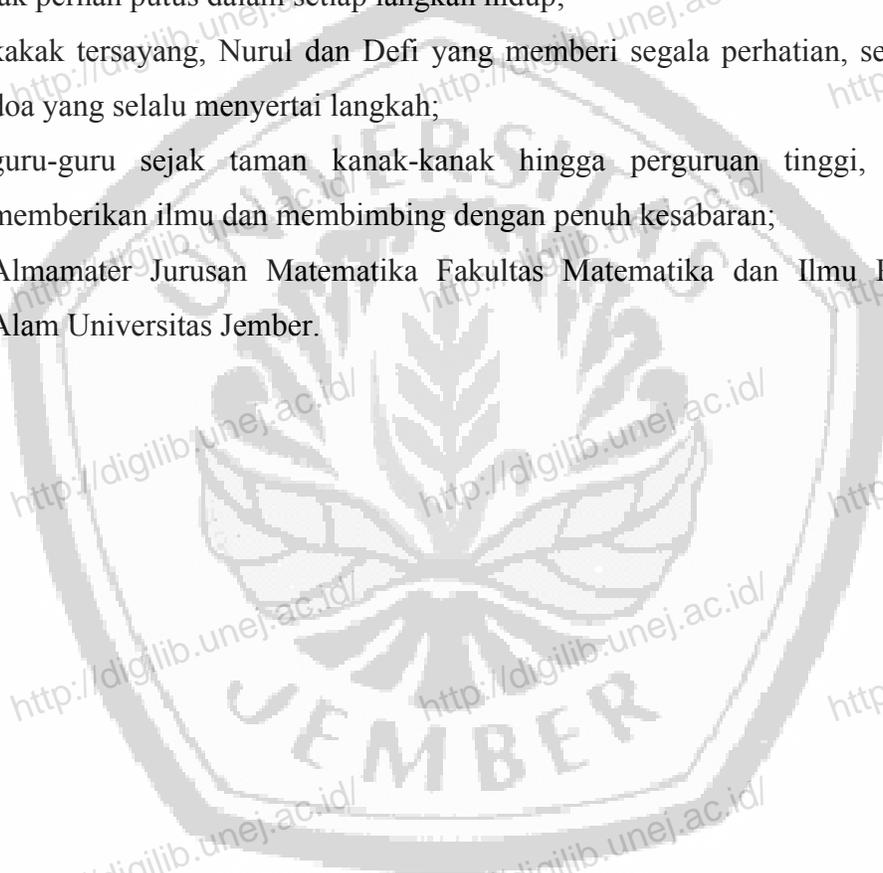
Oleh
Tria Nugrahini
NIM 081810101012

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2012**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

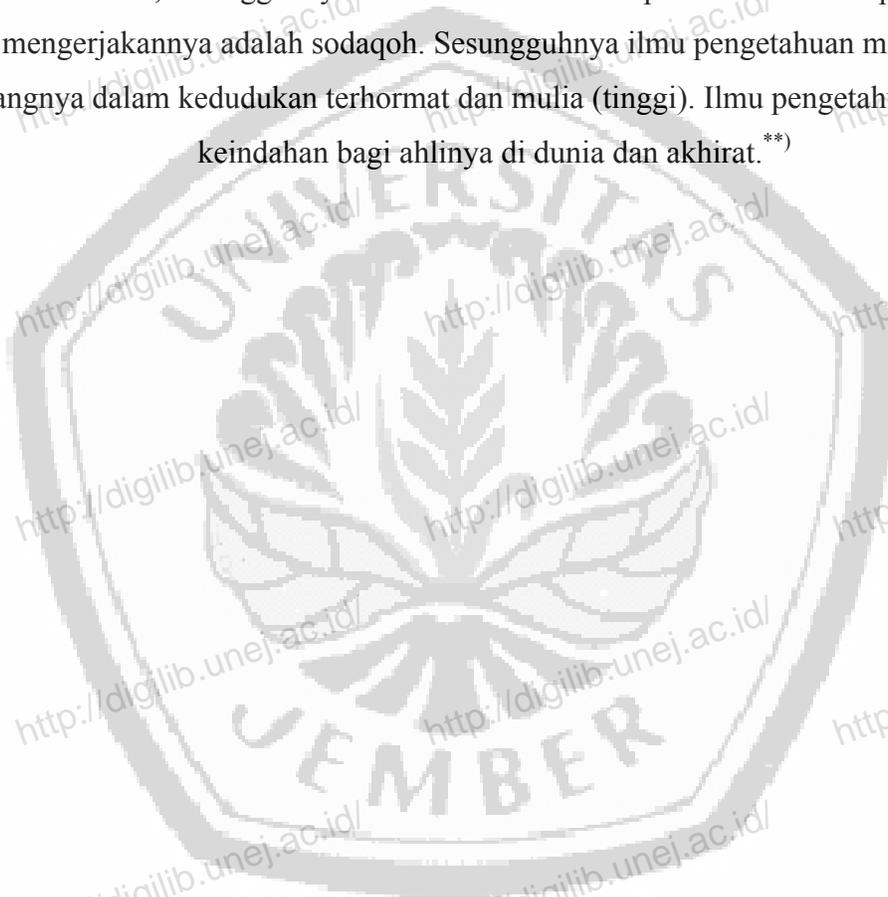
1. Ibunda Siti Mafu'ah dan Ayahanda Sugiyanto yang telah memberikan segala cinta, kasih sayang, perhatian dan pengorbanan yang tiada henti, serta doa yang tak pernah putus dalam setiap langkah hidup;
2. kakak tersayang, Nurul dan Defi yang memberi segala perhatian, semangat dan doa yang selalu menyertai langkah;
3. guru-guru sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi, yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
4. Almamater Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.



MOTO

Barang siapa merintis jalan mencari ilmu maka Allah akan memudahkan baginya jalan ke surga.*)

Tuntutlah ilmu, sesungguhnya menuntut ilmu adalah pendekatan diri kepada Allah, dan mengerjakannya adalah sodaqoh. Sesungguhnya ilmu pengetahuan menempatkan orangnya dalam kedudukan terhormat dan mulia (tinggi). Ilmu pengetahuan adalah keindahan bagi ahlinya di dunia dan akhirat.**)



*) HR. Muslim. 2011. *Berilmu Pengetahuan*. [serial online]. http://hamzahjohan.blogspot.com/2011_05_06_archive.html. [17 November 2012].

***) HR. Ar-Rabii'. 2011. *Berilmu Pengetahuan*. [serial online]. http://hamzahjohan.blogspot.com/2011_05_06_archive.html. [17 November 2012].

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Tria Nugrahini

NIM : 081810101012

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Perbandingan Metode *Kalman Filter* dan *Ensemble Kalman Filter* dalam Mendeteksi Gangguan Konduksi Panas pada Batang Logam” 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 manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 3 Desember 2012

Yang menyatakan,

Tria Nugrahini

NIM 081810101012

SKRIPSI

**PERBANDINGAN METODE *KALMAN FILTER* DAN
METODE *ENSEMBLE KALMAN FILTER* DALAM MENDETEKSI
GANGGUAN KONDUKSI PANAS PADA BATANG LOGAM**

Oleh
Tria Nugrahini
NIM 081810101012

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Perbandingan Metode *Kalman Filter* dan Metode *Ensemble Kalman Filter* dalam Mendeteksi Gangguan Konduksi Panas pada Batang Logam" telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas

Jember pada:

hari, tanggal : Senin, 3 Desember 2012

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

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

Drs. Rusli Hidayat, M.Sc
NIP 196610121993031001

Anggota I,

Anggota II,

Yuliani Setia Dewi, S.Si, M.Si
NIP 197407162000032001

Bagus Juliyanto, S.Si
NIP 198007022003121001

Mengesahkan
Dekan,

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

RINGKASAN

Perbandingan Metode *Kalman Filter* dan *Ensemble Kalman Filter* dalam Mendeteksi Gangguan Konduksi Panas pada Batang Logam; Tria Nugrahini, 081810101012; 2012; 61 halaman; Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.

Panas merupakan suatu bentuk energi yang berpindah dari suatu sistem ke sistem yang lain. Panas berpindah dengan cara konduksi, konveksi dan radiasi yang terjadi secara terpisah ataupun dalam bentuk kombinasi ketiga cara tersebut. Salah satu aplikasi dari konduksi panas adalah mendeteksi gangguan konduksi panas pada batang logam. Model konduksi panas yang digunakan adalah model berdimensi satu dan berbentuk linier, sehingga dapat diimplementasikan dalam metode *Kalman Filter* (KF) dan *Ensemble Kalman Filter* (EnKF). Dimana metode KF merupakan metode estimasi dengan menggunakan sistem keadaan dan model pengukuran yang dapat diimplementasikan pada model dinamik linier. Sedangkan metode EnKF merupakan metode modifikasi dari metode KF yang dapat diimplementasikan pada model dinamik linier maupun non linier. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui hasil perbandingan keakuratan metode KF dan metode EnKF dalam mendeteksi gangguan konduksi panas pada batang logam.

Untuk memperoleh hasil estimasi dan mengetahui metode yang lebih baik, dilakukan beberapa langkah, yaitu diskritisasi dengan metode beda hingga maju dan beda hingga pusat, kemudian menambahkan *noise* pada model dinamik konduksi panas berdimensi satu. Setelah itu mengimplementasikan algoritma KF dan EnKF. Simulasi dilakukan dengan menggunakan beberapa jenis logam yaitu aluminium, baja, dan tembaga. Selain itu, simulasi juga dilakukan dengan mencoba beberapa besar gangguan dan merubah posisi gangguan. Langkah berikutnya adalah menganalisis hasil simulasi. Hasil yang dianalisis adalah hasil estimasi penyebaran panas pada batang logam. Analisis yang dilakukan adalah membandingkan nilai rata-rata norm

kovariansi *error* dari metode KF dan EnKF, serta membandingkan nilai rata-rata *error* dimana nilai *error* yaitu selisih nilai numerik dengan nilai estimasi dari kedua metode tersebut. Pada EnKF, dilakukan juga perbandingan terhadap jumlah *ensemble* yang berbeda yaitu 100, 200, 300, 400 dan 500. Hasil terbaik dari EnKF ini akan dibandingkan dengan hasil dari KF.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode KF dan EnKF secara umum mampu mendeteksi adanya gangguan panas yang masuk. Hal ini ditunjukkan dengan kenaikan atau penurunan suhu pada posisi dimana gangguan diberikan. Grafik mengalami kenaikan suhu apabila diberikan gangguan sebesar suhu diatas suhu ruang, misalkan 36°C . Sedangkan apabila diberikan gangguan sebesar suhu yang ekstrim misal -36°C maka grafik akan mengalami penurunan suhu pada posisi dimana gangguan diberikan. Selanjutnya setelah melakukan percobaan dengan beberapa jenis logam, yaitu aluminium, baja, dan tembaga dapat disimpulkan bahwa untuk metode EnKF, hasil estimasi terbaik yaitu menggunakan 500 *ensemble*. Jumlah *ensemble* antara 100 sampai 400 memberikan nilai rata-rata *error* yang lebih besar. Untuk metode KF, hasil estimasi metode KF menghasilkan rata-rata norm kovariansi *error* dan rata-rata *error* yang lebih besar dari hasil estimasi metode EnKF. Dengan demikian metode EnKF lebih akurat dibandingkan dengan metode KF dalam mendeteksi gangguan konduksi panas pada batang logam.

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* dalam Mendeteksi Gangguan Konduksi Panas pada Batang Logam". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan 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 membimbing dan mengarahkan penulis;
2. Ibu Yuliani Setia Dewi, S.Si, M.Si. dan Bapak Bagus Juliyanto, S.Si selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan, saran dan kritik yang membangun dalam penulisan skripsi ini;
3. seseorang yang istimewa Triman Invistasi Telaumbanua yang selalu memberi kasih sayang dan selalu menemani dalam keadaan suka duka, sahabat-sahabatku (Puphus, Hartanti, Ricky, Aini, Juwariya, Arisma, Ba'its) yang tiada lelah memberi doa dan motivasi, serta teman-teman matematika 2008 yang telah memberikan semangat;
4. 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.

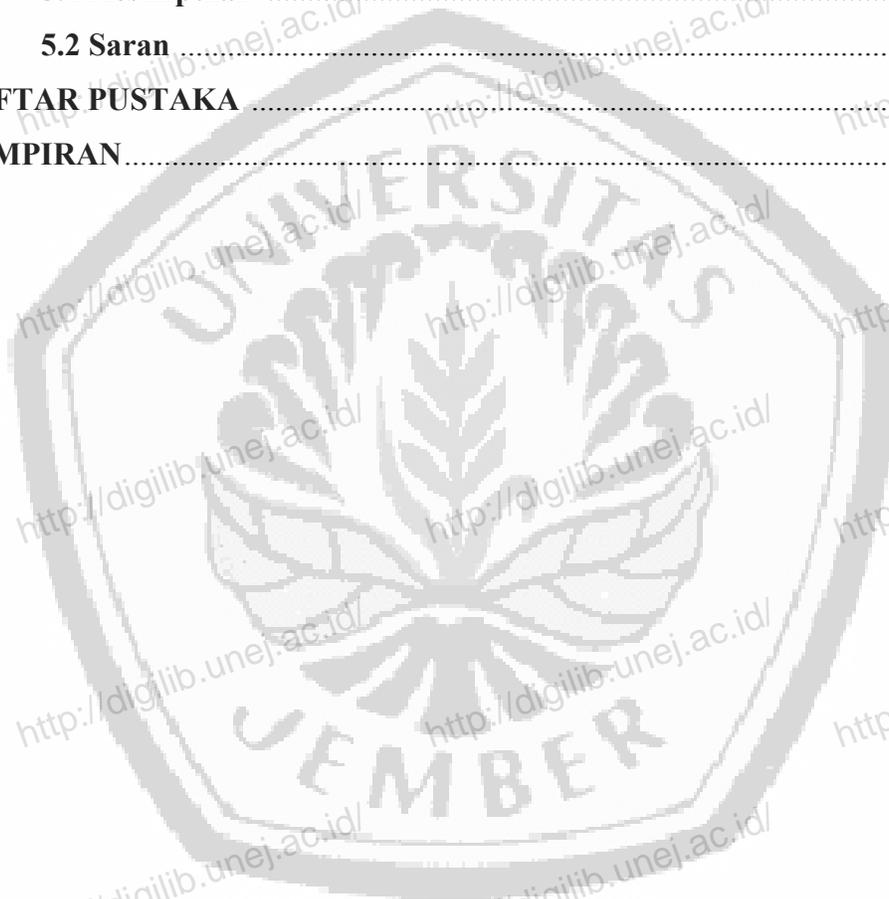
Jember, Desember 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	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 Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Konduksi Panas pada Batang Logam	3
2.2 Metode Beda Hingga	5
2.3 Metode Kalman Filter	8
2.4 Metode Ensemble Kalman Filter	10
2.5 Norm Matriks Kovariansi Error	14
BAB 3. METODE PENELITIAN	15
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	18

4.1 Diskritisasi Model Konduksi Panas pada Batang Logam	18
4.2 Penambahan <i>Noise</i> pada Model Diskrit	21
4.3 Implementasi pada Metode KF dan EnKF	22
4.4 Simulasi dan Hasil Simulasi	25
BAB 5. PENUTUP	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	36



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Algoritma <i>Kalman Filter</i>	10
2.2 Algoritma Ensemble <i>Kalman Filter</i>	13
4.1 Hasil Estimasi Metode EnKF	26
4.2 Perbandingan Hasil Estimasi Metode EnKF dengan $N_{\epsilon} = 500$ dan Hasil Estimasi Metode KF	29



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Isolasi Batang Secara Sempurna	4
2.2 Perambatan Panas pada Batang	4
3.1 Keadaan Batang Logam	17
4.1 Perpindahan Panas Antara Batang dan Udara	22
4.2 Hasil Estimasi Metode EnKF dengan 500 <i>ensemble</i>	28
4.3 Hasil Estimasi Metode KF	30
4.4 Hasil Estimasi Penyebaran Panas Menggunakan Metode KF, $T = 300$ Dengan Gangguan Selama 100 Detik	31
4.5 Hasil Estimasi Penyebaran Panas Menggunakan Metode EnKF dengan 500 <i>ensemble</i> , $T = 300$ Dengan Gangguan Selama 100 Detik	32

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. SKRIP PROGRAM METODE KF	36
B. SKRIP PROGRAM METODE EnKF	39
C. GRAFIK HASIL ESTIMASI METODE KF	43
C.1 Grafik Hasil Estimasi Metode KF untuk Logam Aluminium ($C = 0,05$ kkal/s.m °C) dengan Gangguan sebesar -36°C dan Posisi Gangguan (2,12)	43
C.2 Grafik Hasil Estimasi Metode KF untuk Logam Baja ($C = 0,011$ kkal/s.m °C)	44
C.3 Grafik Hasil Estimasi Metode KF untuk Logam Tembaga ($C = 0,092$ kkal/s.m °C)	45
D. GRAFIK HASIL ESTIMASI METODE EnKF	46
D.1 Grafik Hasil Estimasi Metode EnKF untuk Logam Aluminium ($C = 0,05$ kkal/s.m °C)	46
D.1.1 Grafik hasil estimasi metode EnKF dengan 100 <i>ensemble</i>	46
D.1.2 Grafik hasil estimasi metode EnKF dengan 200 <i>ensemble</i>	47
D.1.3 Grafik hasil estimasi metode EnKF dengan 300 <i>ensemble</i>	48
D.1.4 Grafik hasil estimasi metode EnKF dengan 400 <i>ensemble</i>	49
D.1.5 Grafik hasil estimasi metode EnKF dengan 500 <i>ensemble</i> untuk gangguan sebesar -36°C dan posisi gangguan (2,12)	50
D.2 Grafik Hasil Estimasi Metode EnKF untuk Logam Baja ($C = 0,011$ kkal/ s.m °C)	51
D.2.1 Grafik hasil estimasi metode EnKF dengan 100 <i>ensemble</i>	51
D.2.2 Grafik hasil estimasi metode EnKF dengan 200 <i>ensemble</i>	52
D.2.3 Grafik hasil estimasi metode EnKF dengan 300 <i>ensemble</i>	53
D.2.4 Grafik hasil estimasi metode EnKF dengan 400 <i>ensemble</i>	54