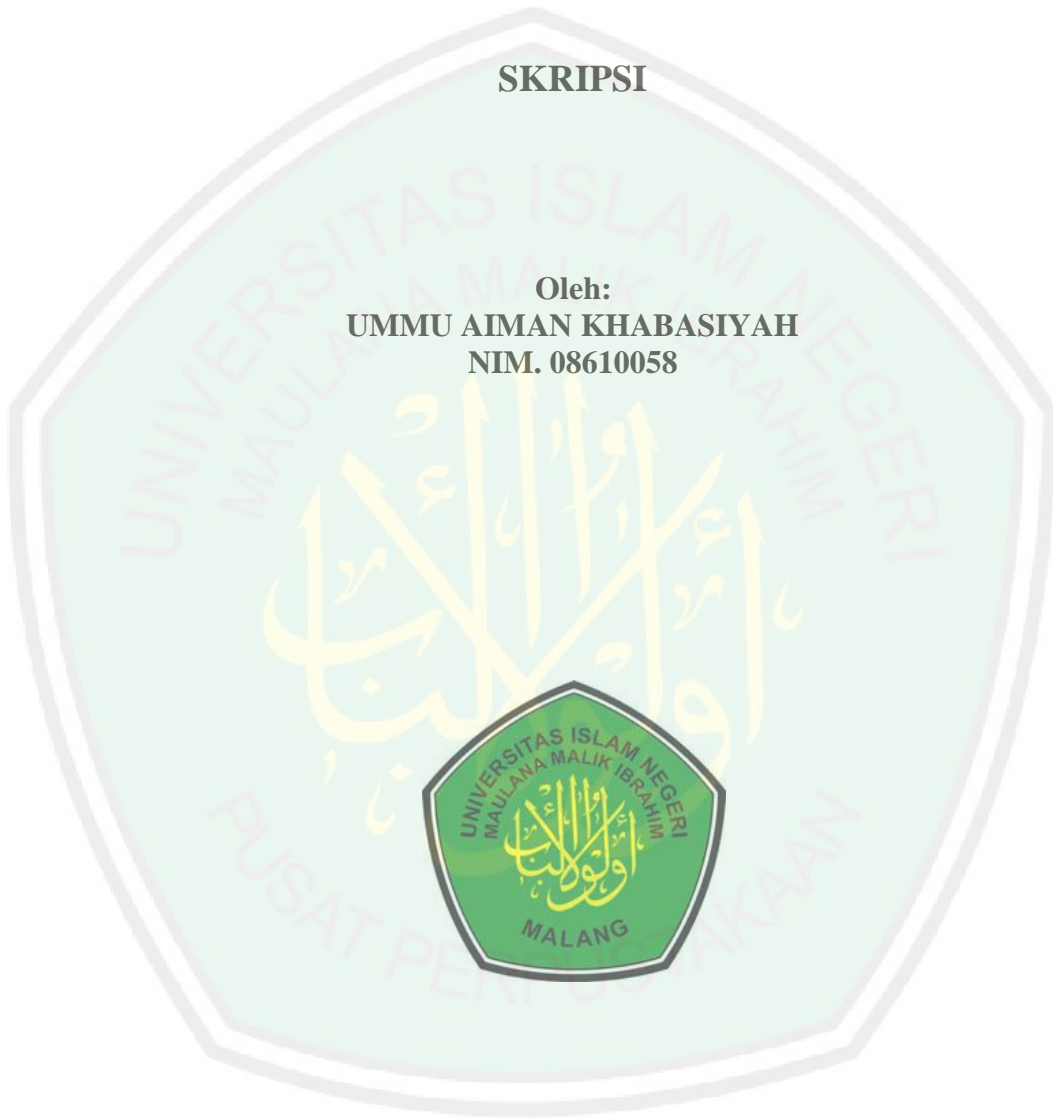


**APLIKASI MODEL MATEMATIKA RADIASI GELOMBANG  
ELEKTROMAGNETIK PONSEL PADA GINJAL**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**UMMU AIMAN KHABASIYAH**  
**NIM. 08610058**



**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2012**

**APLIKASI MODEL MATEMATIKA RADIASI GELOMBANG  
ELEKTROMAGNETIK PONSEL PADA GINJAL**

**SKRIPSI**

Diajukan kepada :  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh:  
**UMMU AIMAN KHABASIYAH**  
**NIM. 08610058**

**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2012**

**APLIKASI MODEL MATEMATIKA RADIASI GELOMBANG  
ELEKTROMAGNETIK PONSEL PADA GINJAL**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**UMMU AIMAN KHABASIYAH**  
**NIM. 08610058**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Tanggal: 14 Agustus 2012

**Dosen Pembimbing I,**

**Dosen Pembimbing II,**

**Hairur Rahman, M.Si**  
**NIP. 19800429 200604 1 003**

**Abdussakir, M.Pd**  
**NIP. 19751006 200312 1 001**

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Matematika**

**Abdussakir, M.Pd**  
**NIP. 19751006 200312 1 001**

**APLIKASI MODEL MATEMATIKA RADIASI GELOMBANG  
ELEKTROMAGNETIK PONSEL PADA GINJAL**

**SKRIPSI**

**Oleh:**  
**UMMU AIMAN KHABASIYAH**  
**NIM. 08610058**

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 3 September 2012

Penguji Utama:	<u>Prof. Dr. Toto Nusantara, M.Si</u> NIP. 19671130 199103 1 001	.....
Ketua Penguji:	<u>Drs. Usman Pagalay, M.Si</u> NIP. 19650414 200312 1 001	.....
Sekretaris Penguji:	<u>Hairur Rahman, M.Si</u> NIP. 19800429 200604 1 003	.....
Anggota Penguji:	<u>Abdussakir, M.Pd</u> NIP. 19751006 200312 1 001	.....

Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Matematika

Abdussakir, M.Pd  
NIP. 19751006 200312 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ummu Aiman Khabasiyah

NIM : 08610058

Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Matematika

Judul Penelitian : Aplikasi Model Matematika Radiasi Gelombang  
Elektromagnetik Ponsel Pada Ginjal

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 14 Agustus 2012

Yang membuat pernyataan,

Ummu Aiman Khabasiyah  
NIM. 08610058

## MOTTO

*“Mereka yang mencapai keberhasilan adalah mereka yang melakukan pekerjaan yang ada di hadapan mereka dengan segenap tenaga, semangat dan kerja keras”*



## PERSEMBAHAN

Karya ini penulis persembahkan sebagai ucapan terimakasih, bentuk rasa cinta dan semangat pada ayahanda H. Abdul Syakur, ibunda Hj. Siti Romariyah, dan nenek yang do'a, nasihat, dan dukungannya senantiasa mengiringi langkah penulis selama menempuh kuliah

Kakak Solikhati dan adik-adik Ummi Hani, Intan Akmaliah dan Afifah Saniyyah, terimakasih juga atas dukungannya dan semangatnya selama ini



## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Wr.Wb*

Syukur alhamdulillah Penulis haturkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Aplikasi Model Matematika Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel pada Ginjal” ini dengan baik.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazakumullah ahsanul jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu selesainya skripsi kali ini. Ucapan terima kasih ini disampaikan kepada:

1. Prof. DR. H. Imam Suprayogo, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Prof. Drs. Sutiman Bambang Sumitro, SU., D.Sc selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Abdussakir, M.Pd selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Hairur Rahman, M.Si dan Abdussakir, M.Pd selaku Dosen Pembimbing skripsi, yang telah banyak memberikan pengarahan dan pengalaman yang berharga.
5. Prof. DR. H. Toto Nusantara, M.Si yang telah banyak memberikan pengarahan dan pengetahuan yang berharga.

6. Segenap civitas akademika Jurusan Matematika, terutama kepada seluruh dosen , terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.
7. Ayahanda Abdul Syakur dan Ibunda Siti Qomariyah tercinta yang senantiasa memberikan do'a restu dan semangat kepada penulis dalam menuntut ilmu.
8. Kakak Sholikhati dan adik Ummi Hani, Intan Akmaliyah dan Afifah Saniyyah, serta keluarga penulis yang selalu memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi.
9. Teman-teman Azizizah N. A., Irhasah F. Afifi, Yunita Kertasari, Hawzah Sa'adati, Dean, Rofiq Nanang yang senantiasa memberi semangat dan dukungannya serta kenangan-kenangan indah selama kuliah.
10. Teman-teman kos Sri Lestari, Nawafila F., Arum Sekar B., Nur ngaini, dan El- Vera untuk semangat dan kerjasamanya selama ini.
11. Segenap pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik berupa materi maupun moril.

Penulis berharap semoga skripsi ini memberi manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi. *Amin Ya Rabbal Alamin.*

*Wassalamualaikum Wr.Wb*

Malang,14 Agustus 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGANTAR</b>	
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	
<b>HALAMAN MOTTO</b>	
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>ABSTRAK</b> .....	xv
<b>ABSTRACT</b> .....	xvi
<b>ملخص البحث</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Metode Penelitian.....	6
1.6 Batasan Masalah.....	7
1.7 Sistematika Penulisan.....	7
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	9
2.1 Model Matematika.....	9
2.1.1 Pengertian Model dan Pemodelan.....	9
2.1.2 Jenis Pemodelan.....	10
2.1.3 Karakteristik Model Matematika.....	11
2.1.4 Tahapan dalam Pemodelan.....	13
2.2 Persamaan Diferensial Parsial.....	15
2.3 Persamaan Diferensial Parsial Tak Linier Tingkat Satu.....	16
2.4 Gelombang Elektromagnetik.....	17
2.5 Spektrum Gelombang Elektromagnetik.....	21
2.6 Medan Listrik.....	28
2.7 Persamaan Dasar Microwave.....	30
2.8 Radiasi Elektromagnetik dari Ponsel.....	31
2.9 Bagian-bagian Ginjal.....	34
2.9.1 Struktur Ginjal.....	35
2.9.2 Organisasi Ginjal.....	36
<b>BAB III PEMBAHASAN</b> .....	38
3.1 Menentukan Solusi Persamaan Diferensial yang Melibatkan Parameter-parameter Model Matematika Gelombang Elektromagnetik.....	38
3.2 Menentukan Bagian-bagian dari Ginjal.....	39

3.3 Aplikasi Model Matematika Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel pada Ginjal untuk Menampilkan Grafik dengan Bantuan Program FlexPDE .....	40
3.4 Dampak Radiasi Elektromagnetik HP Menurut Pandangan Islam .....	50
<b>BAB IV PENUTUP</b> .....	55
4.1 Kesimpulan .....	55
4.2 Saran.....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	57
<b>LAMPIRAN</b> .....	59



## DAFTAR SIMBOL

$\nabla$  : Gradien

$k(\theta)$  : Fungsi difusivitas

$\theta$  : Temperatur atau suhu

$\delta$  : Intensitas medan listrik

$\mu$  : Parameter penyerapan panas

$E(x, y)$  : Sumber pemanasan yang disebabkan oleh medan listrik

$f(\theta)$  : Sumber pemanasan kimia *auto-catalytic*

$(x_0, y_0)$  : Pusat radiasi gelombang elektromagnetik



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gelombang Elektromagnetik.....	18
Gambar 2.2 Perambatan Gelombang Elektromagnetik.....	20
Gambar 2.3 Spektrum Gelombang Elektromagnetik.....	22
Gambar 2.4 Sistem Telekomunikasi yang Menggunakan Radio.....	24
Gambar 2.5 Sinar Radar.....	24
Gambar 2.6 Pemanfaatan Inframerah.....	25
Gambar 2.7 Sinar Cahaya.....	26
Gambar 2.8 Sinar-X.....	27
Gambar 2.9 Pergerakan Energi Listrik.....	30
Gambar 2.10 Letak Ginjal.....	35
Gambar 3.1 Geometri Domain dengan Beberapa Bagian Memiliki Sifat Penyerapan Panas Berbeda.....	40
Gambar 3.2 Posisi Pengukuran Temperatur pada Masing-masing Materi.....	41
Gambar 3.3 Kurva Ketinggian pada Awal-awal Pemanasan, History pada Titik-titik Awal Pemanasan.....	41
Gambar 3.4 History Titik-titik Saat $t=2000$ .....	42
Gambar 3.5 History Titik-titik Saat $t=3000$ .....	43
Gambar 3.6 History Titik-titik Saat $t=4000$ .....	44
Gambar 3.7 History Titik-titik Saat $t=5000$ .....	44
Gambar 3.8 History Titik-titik Saat Pengukuran pada Akhir-akhir Pemanasan.....	45
Gambar 3.9 Kurva Ketinggian pada Awal-awal Pemanasan, History pada Titik-titik Awal Pemanasan.....	47
Gambar 3.10 History Titik-titik Saat $t=30$ .....	48
Gambar 3.11 History Titik-titik Saat $t=45$ .....	48
Gambar 3.12 History Titik-titik Saat Pengukuran pada Akhir Pemanasan....	49

## DAFTAR TABEL

Table 3.1 Pemanasan pada Materi (Ginjal) oleh Radiasi Gelombang Elektromagnetik $k(\theta) = \mu e^{\gamma\theta}$ .....	46
Table 3.2 Pemanasan pada Materi (Ginjal) oleh Radiasi Gelombang Elektromagnetik $k(\theta) = \mu$ .....	50



## ABSTRAK

Khabasiyah, Ummu Aiman. 2012. **Aplikasi Model Matematika Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel pada Ginjal**. Skripsi. Jurusan Matematika. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pembimbing : (I) Hairur Rahman, M.Si  
(II) Abdussakir, M.Pd

**Kata Kunci** : *radiasi, gelombang elektromagnetik, ponsel, ginjal.*

Radiasi gelombang elektromagnetik pada ginjal dapat dipresentasikan ke dalam model matematika. Proses radiasi gelombang elektromagnetik melibatkan variabel waktu dan pergerakan energi listrik. Dalam skripsi ini, metode yang digunakan adalah analisis numerik. Selain itu, juga memanfaatkan software FlexPDE untuk analisis hasil proses radiasi.

Hasil yang diperoleh pada analisis dalam skripsi ini menunjukkan aplikasi model matematika tentang radiasi gelombang elektromagnetik ponsel pada ginjal adalah:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \nabla \cdot (k(\theta) \nabla \theta) + \delta E(x, y) f(\theta).$$

dengan :

$$k(\theta) = \mu e^{\gamma \theta}, \text{ dengan } k(\theta) > 0, k'(\theta) > 0$$

$$f(\theta) = e^{\frac{\alpha \theta}{\alpha + \theta}} \text{ untuk suatu } \alpha > 0, \text{ dengan } f(\theta) > 0, f'(\theta) > 0.$$

dan domain D dengan syarat awal dan syarat batas

$$\theta(x, y, t) = h(x, y) \geq 0, \frac{\partial}{\partial n} \theta(x, y, t) = 0 \text{ pada } \partial D.$$

Domain D adalah materi 2D yang berbentuk ginjal manusia, dengan beberapa bagian pada tubuh memiliki sifat difusivitas berbeda.

Hasil analisis dari radiasi gelombang elektromagnetik menyimpulkan bahwa perubahan temperatur pada materi bergantung pada waktu, intensitas energi listrik, sifat auto catalytic dan sifat difusivitas pada materi. Faktor yang lebih berpengaruh pada perubahan temperatur materi adalah sifat auto catalytic dan sifat difusivitas pada materi.

## ABSTRACT

Khabasiyah, Ummu Aiman. 2012. **Model Mathematics Application of Radiation Electromagnetic Wave of Mobile Phone to Kidney**. Thesis. Mathematics. Faculty Science and Technology, The State Islamic University Maulana Malik Ibrahim of Malang.

Promotor : (I) Hairur Rahman, M.Si  
(II) Abdussakir, M.Pd

**Keyword** : Radiation, Electromagnetic Wave, Mobile Phone, Kidney

Radiation electromagnetic wave to kidney can be presented into mathematics model. process of Radiation electromagnetic wave entangle time variable and movement of electric energy. In this thesis, is used the method of analysis numeric. Besides, also exploit Flexpde software to analysis result process of radiation.

Result which obtained at analysis in this Thesis show application mathematics model about radiation electromagnetic wave of mobile phone to kidney is:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \nabla \cdot (k(\theta) \nabla \theta) + \delta E(x, y) f(\theta).$$

with :

$$k(\theta) = \mu e^{\gamma \theta}, \text{ with } k(\theta) > 0, k'(\theta) > 0$$

D domain on condition that early and boundary condition.

$$\theta(x, y, t) = h(x, y) \geq 0, \frac{\partial}{\partial n} \theta(x, y, t) = 0 \text{ at } \partial D.$$

D domain is items 2D shaped kidney of human being, with a few part of body measure up to different diffusion.

analysis result of radiation electromagnetic wave conclude that change of temperature at items base on time, intensity of electric energy, nature of auto catalytic and nature of diffusion at items. The factor having more influence to items change of temperature is the nature of is auto catalytic and nature of diffusion at items.

## ملخص البحث

حبشيه, أم أيمن. 2012. تطبيقات للموجات الكهرومغناطيسية الإشعاع المقالات الموديل الرياضيات على الكلى الأطروحة. بحث جامعي. قسم الرياضيات, كلية العلوم و التكنولوجيا. الجامعة الاسلاميه الحكوميه مولانا مالك إبراهيم بالانج.

المشرف: (I) حيرر الرحمن الماجستير في العلوم

(II) عبدالشاکر الماجستير في التعلم

كلمات البحث: الإشعاع، والموجات الكهرومغناطيسية، والهواتف الخلوية والكلى.

ويمكن عرض إشعاع الموجات الكهرومغناطيسية للكلى في نموذج رياضي. وتنطوي العملية على إشعاع الموجات الكهرومغناطيسية والكهرباء الحركة المتغير الوقت. في هذه الأطروحة، وكان الأسلوب المستخدم التحليل العددي. وبالإضافة إلى ذلك، فإن استخدام البرمجيات لتحليل نتائج عملية الإشعاع FlexPDE.

النتائج التي تم الحصول عليها في التحليل في هذه الورقة يبين تطبيق النماذج الرياضية لموجات الهاتف الخليوي الإشعاع الكهرومغناطيسي للكلى هي:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \nabla \cdot (k(\theta) \nabla \theta) + \delta E(x, y) f(\theta).$$

dengan :

$$k(\theta) = \mu e^{\gamma \theta}, \text{ dengan } k(\theta) > 0, k'(\theta) > 0$$

$$f(\theta) = e^{\frac{\alpha \theta}{\alpha + \theta}} \text{ untuk suatu } \alpha > 0, \text{ dengan } f(\theta) > 0, f'(\theta) > 0.$$

Domain D dengan syarat awal dan syarat batas

$$\theta(x, y, t) = h(x, y) \geq 0, \frac{\partial}{\partial n} \theta(x, y, t) = 0 \text{ pada } \partial D.$$

حيث D هو مجال الكلى المواد 2D شكل الإذسان، مع بعض أجزاء الجسم لها خصائص مذبذبة انشارية.

خلاصة نتائج تحليل الإشعاع الكهرومغناطيسية موجة التغيرات في درجات التي في المواد معتمد على لطاقة وقت والحد فزيية السيارات والكهربائية خصائص درجة الحرارة المواد خصائص في انشارية السيارات خصائص الحافة في تغير انشارية.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Matematika merupakan salah satu cabang ilmu yang mendasari berbagai macam ilmu yang lain dan selalu digunakan untuk menghadapi berbagai macam fenomena yang semakin kompleks sehingga penting untuk dipelajari. Pentingnya mempelajari matematika sebagai suatu cabang ilmu juga dianjurkan oleh hadits nabi:

اطْلُبُوا الْعِلْمَ وَلَوْ بِالصِّينِ

*“Carilah ilmu sekalipun di negeri Cina”*

Hadits tersebut jelas tidak hanya berkaitan dengan ilmu agama saja, tetapi juga berkaitan dengan ilmu pengetahuan umum yang salah satunya adalah matematika.

Matematika disebut sebagai ilmu hitung karena pada hakikatnya matematika berkaitan dengan bilangan-bilangan dan masalah hitung menghitung. Mempelajari bilangan dan angka-angka mendapat dorongan kuat dari Al-Qur'an, yang membuka cakrawala baru dalam bidang matematika. Dalam masalah hitung menghitung ini, Allah adalah rajanya. Allah sangat cepat dan sangat teliti dalam menghitung. Bukti-bukti bahwa Allah maha matematis tertampang begitu jelas dalam alam semesta, dalam masalah pemberian pahala, dalam masalah sholat, bahkan Al-Qur'an menjelaskan tentang perkalian dan perhitungan bilangan dalam berbagai peristiwa dan dalam berbagai konteks (Rahman, 1983).

Disebutkan dalam surat Al-Imran ayat 199:

وَإِنَّ مِنْ أَهْلِ الْكِتَابِ لَمَنْ يُؤْمِنُ بِاللَّهِ وَمَا أُنزِلَ إِلَيْكُمْ وَمَا أُنزِلَ إِلَيْهِمْ  
خَدِيعِينَ لِلَّهِ لَا يَشْتَرُونَ بِعَايَتِ اللَّهِ ثَمَنًا قَلِيلًا ۗ أُولَٰئِكَ لَهُمْ أَجْرُهُمْ عِنْدَ  
رَبِّهِمْ ۗ إِنَّ اللَّهَ سَرِيعُ الْحِسَابِ ﴿١٩٩﴾

*“dan sesungguhnya diantara ahli kitab ada orang yang beriman kepada Allah dan kepada apa yang diturunkan kepada kamu dan yang diturunkan kepada mereka sedang mereka berendah hati kepada Allah dan mereka tidak menukarkan ayat-ayat Allah dengan harga yang sedikit. Mereka memperoleh pahala disisi Tuhannya. Sesungguhnya Allah sangat cepat perhitungan-Nya”*

Salah satu cabang matematika yang penting dan banyak manfaatnya adalah pemodelan matematika. Penggunaan model matematika telah banyak membantu menyelesaikan masalah-masalah di berbagai bidang. Karenanya, diharapkan akan didapat solusi akhir yang tepat, valid, dan diterima secara ilmiah oleh dunia ilmu pengetahuan. Banyak permasalahan yang memerlukan pemecahan dalam kehidupan sehari-hari, sering dengan bantuan matematika permasalahan tersebut lebih mudah difahami, lebih mudah dipecahkan, atau bahkan dapat ditunjukkan bahwa suatu persoalan tidak mempunyai penyelesaian. Untuk keperluan tersebut, perlu dicari pokok permasalahannya dan kemudian dibuat rumusan atau model matematikanya (Jamilia, 2008).

Kamus Besar Bahasa Indonesia telepon adalah pesawat dengan listrik dan kawat, untuk bercakap-cakap antara dua orang yang berjauhan tempatnya. Sedangkan seluler berarti berbentuk sel atau dibagi dalam sel-sel atau bilik-bilik. Pada perkembangannya ponsel merupakan suatu jenis telepon *nirkabel*, *nir* berarti tiada. Ponsel merupakan alat komunikasi dua arah dengan menggunakan gelombang radio yang juga dikenal dengan *radio frequency* (RF) (Swamardika,

2009). Di manapun kita melakukan panggilan, suara akan di tulis dalam sebuah kode tertentu ke dalam gelombang radio dan selanjutnya di teruskan melalui antenna ponsel menuju ke *base station* terdekat di mana kita melakukan panggilan. Dari pengertian tersebut dapat kita gambarkan bentuk telepon itu yang berukuran kecil diibaratkan seperti sel sehingga praktis dan mudah dibawa kemana-mana. Tidak jarang pula karena kepraktisannya banyak orang menyebutnya dengan telepon genggam karena memang penggunaannya dengan di genggam. Kebanyakan telepon beroperasi dengan menggunakan transmisi sinyal listrik dalam jaringan telepon sehingga memungkinkan pengguna telepon untuk berkomunikasi dengan pengguna lainnya. Telepon selular atau yang lebih dikenal dengan nama ponsel, saat ini hampir menjadi kebutuhan primer setelah sandang, pangan dan papan. Sebagian besar penduduk di negara ini menggunakan ponsel sebagai alat komunikasi, bahkan jumlahnya mengalahkan persebaran penggunaan telepon rumah. Hal tersebut semakin didorong dengan semakin murahnya tarif percakapan dan tarif pengiriman pesan singkat (sms) dari masing-masing penyedia layanan komunikasi mobile ini, dan juga semakin murahnya harga *handset*. Bahkan, RIM, penyedia layanan Blackberry, menyatakan bahwa Indonesia adalah Negara yang berada di ranking satu pada tingkat perkembangan penggunaan *handset Blackberry* (Mahardika, 2009).

Perkembangan kecanggihan ponsel saat ini menggelitik para ahli radiasi untuk melihat seberapa jauh kemungkinan pengaruh adanya radiasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh emiter ponsel terhadap tubuh manusia. Radiasi pada dasarnya adalah suatu cara perambatan energi dari sumber energi ke lingkungannya tanpa membutuhkan perantara. Beberapa contohnya adalah

perambatan panas, cahaya, dan gelombang radio. Salah satu sumber radiasi gelombang tersebut adalah ponsel (Swamardika, 2009).

Banyak pengguna ponsel mungkin tidak tahu bahwa ponsel yang mereka gunakan dapat mengirimkan gelombang elektromagnetik ke dalam tubuh mereka. Sebenarnya setiap ponsel memiliki spesifikasi ukuran banyaknya energi gelombang mikro yang dapat menembus ke dalam tubuh seseorang tergantung pada seberapa dekat ponsel dengan bagian tubuh manusia. Suatu penelitian yang pada saat ini sedang dilakukan di Universitas Lund (Swedia) menunjukkan bahwa radiasi yang dipancarkan oleh ponsel dapat mempengaruhi fungsi enzim dan protein (Swamardika, 2009).

Radiasi gelombang elektromagnetik pada tubuh manusia tersebut dapat di presentasikan ke dalam model matematika. Dalam proses radiasi gelombang elektromagnetik tersebut dilibatkan variabel waktu dan pergerakan energi listrik, sehingga dinamika pemanasan perubahan yang terjadi setiap waktu dapat di amati. Dalam penelitian ini digunakan persamaan *microwave* :

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \nabla \circ (k(\theta) \nabla \theta) + \delta E(x) f(\theta)$$

dengan menggunakan medan listrik yang bertipe fungsi Gauss yaitu:

$$E(x, y) = e^{-\frac{((x-x_0)^2 + (y-y_0)^2)}{\sigma^2}}$$

dimana  $(x_0, y_0)$  merupakan pusat radiasi gelombang elektromagnetik. Tubuh manusia adalah instrumen elektromagnet yang sangat sensitif, dikendalikan oleh proses komunikasi antar sel yang sangat kompleks. Tiap proses komunikasi antar sel ini bervibrasi dalam frekwensi yang berbeda dan beberapa frekwensi tersebut ada yang mirip dengan yang dipancarkan oleh HP. Telah diketahui disamping

bahaya radiasi ponsel berpengaruh terhadap otak, bahaya radiasi ponsel juga dapat berpengaruh pada organ lain seperti ginjal, karena kebanyakan orang sering menaruh hp di saku celana, tanpa mereka ketahui bahwa ponsel tersebut radiasinya akan berpengaruh pada ginjal (Hermawan, 2011). Dengan menggunakan model matematika tersebut, dapat diketahui bagaimana radiasi gelombang elektromagnetik ponsel terhadap ginjal. Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik untuk membahas dan mengkaji tentang radiasi gelombang elektromagnetik ponsel pada ginjal. Penulis mengangkat tulisan ini dengan judul **“Aplikasi Model Matematika Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel pada Ginjal”**

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka permasalahan dalam skripsi ini adalah bagaimana aplikasi model matematika dari radiasi gelombang elektromagnetik ponsel pada ginjal?

### **1.3 Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui aplikasi model matematika dari radiasi gelombang elektromagnetik ponsel pada ginjal.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari pembahasan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis, untuk memperdalam pengetahuan aplikasi model matematika dan analisis matematika dari radiasi gelombang elektromagnetik ponsel pada ginjal.

2. Bagi pembaca, sebagai tambahan khasanah keilmuan, khususnya menambah jangkauan perhatian (orientasi) aplikasi model matematika dari radiasi gelombang elektromagnetik ponsel pada ginjal.
3. Bagi lembaga, sebagai bahan informasi mengenai aplikasi model matematika dari radiasi gelombang elektromagnetik ponsel pada ginjal yang dapat dijadikan acuan dan bahan pertimbangan (orientasi) bagi peneliti lain dalam mengembangkan model ini pada bidang studi matematika atau bidang studi yang lain.

### 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada skripsi ini adalah "*kajian kepustakaan*" atau "*library research*", dan kajian numerik, yakni melakukan penelitian untuk memperoleh data-data dan informasi-informasi serta objek yang di gunakan dalam pembahasan masalah tersebut. Penelitian kepustakaan ini dilakukan dengan cara mendalami, mencermati, menelaah, dan mengidentifikasi pengetahuan yang ada dalam kepustakaan yaitu dengan mempelajari buku teks penunjang, karya ilmiah yang berbentuk jurnal, sumber bacaan, internet, dan diskusi-diskusi ilmiah.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan penulis dalam membahas skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan solusi persamaan diferensial yang melibatkan parameter-parameter model matematika gelombang elektromagnetik.
2. Menentukan bagian-bagian dari materi 2D.
3. Simulasi numerik untuk menampilkan grafik dengan bantuan program FlexPDE.

4. Interpretasi program FlexPDE.

## **1.6 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada skripsi ini adalah:

1. Aplikasi model matematika dan analisis model matematika radiasi gelombang elektromagnetik ponsel pada ginjal.
2. Model matematika yang digunakan hanya sebatas model yang memberikan visualisasi pada gambar yang ada.
3. Angka-angka yang digunakan sebatas nilai-nilai parameter saja, karena pada penelitian ini bukan pada dunia kesehatan yang sebenarnya.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah dalam memahami skripsi ini, penulis menggunakan sistematika penulisan empat bab, masing-masing bab akan dijelaskan sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini berisi: latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat penelitian, metode penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

### **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

Pada bab ini memberikan kajian-kajian yang menjadi landasan masalah yang dibahas, yaitu model matematika, pengertian model dan pemodelan, jenis pemodelan, karakteristik model matematika, tahapan dalam pemodelan, persamaan differensial parsial, persamaan differensial parsial tak linier tingkat satu, gelombang elektromagnetik, spektrum gelombang elektromagnetik, medan listrik, persamaan dasar microwave, radiasi gelombang elektromagnetik dari ponsel, dan bagian-bagian ginjal beserta organisasinya.

### BAB III PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas yaitu hasil simulasi yang tidak berkaitan dengan pengukuran fisis sesungguhnya, akan tetapi hanya menunjukkan analogi terhadap proses yang terjadi. Menyelesaikan pemodelan dengan menggunakan program FlexPDE dimana algoritma program dilampirkan, melakukan pengukuran dinamika pemanasan yang dilakukan pada titik-titik tertentu, melacak perubahan temperatur setiap waktu pengukuran.

### BAB IV PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran bagi pembaca yang akan melanjutkan penelitian dalam skripsi ini.



## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Model Matematika

##### 2.1.1 Pengertian Model dan Pemodelan

Model dan pemodelan telah membantu manusia memahami sistem alam yang kompleks, mulai dari yang mikroskopik hingga yang makroskopik. Secara implisit model tidak lain adalah representasi suatu realitas dari pemodel. Dengan kata lain, model adalah jembatan antara dunia nyata (*real world*) dengan dunia berpikir (*thinking*) untuk memecahkan suatu masalah. Proses penjabaran atau merepresentasikan ini disebut sebagai modeling atau pemodelan yang tidak lain merupakan proses berpikir melalui sekuen logis (Pagalay, 2009).

Model dibangun atas proses berpikir (melalui indra fisik) dari dunia nyata yang kemudian diinterpretasikan melalui proses berpikir, sehingga menghasilkan pengertian dan pemahaman melalui dunia nyata. Pemahaman ini tidak bisa sepenuhnya menggambarkan realitas dunia nyata, sehingga di dalam pemodelan dikenal istilah “*there is no such thing as one to one mapping*” (tidak ada pemasangan satu-satu). Selain itu model dirancang bukan untuk memecahkan masalah sekali untuk selamanya (*once and for all*) atau memecahkan semua masalah. Didalam model, tidak dikenal istilah “*there is no such thing as solution for the real life problem*” yang menjadi kunci dari semua masalah, sehingga dalam pemodelan, penting untuk merevisi dan meng-upgrade strategi. Sehingga segala sesuatu cenderung berubah, mengalir, dan tidak ada yang tetap. Jadi, pemodelan juga dapat dikatakan sebagai proses menerima, memformulasikan, dan menampilkan kembali persepsi dunia luar (Pagalay, 2009).

Proses interpretasi dunia nyata dapat ditransformasi kedalam dunia model, berbagai proses transformasi atau bentuk model dilakukan. Terdapat model yang lebih mengembangkan interpretasi verbal (seperti bahasa), ada yang diterjemahkan dalam bahasa simbolik, seperti bahasa matematika, sehingga menghasilkan model kuantitatif. Untuk menjembatani dunia nyata yang dalam persepsi manusia bersifat kualitatif menjadi model yang bersifat kuantitatif diperlukan proses transformasi berupa alat pengukuran dan proses pengambilan keputusan. Tanpa pengukuran yang jelas, tidak mungkin dibangun model kuantitatif yang kokoh. Tom Peters, seorang ahli pemodelan pernah mengatakan bahwa “ *if you can't measure it, you can't manage it*” jadi, dengan kata lain pengukuran dalam membangun model sangat penting, sebab dapat menentukan seberapa jauh model yang dibangun dapat dikendalikan dan dikelola (Pagalay, 2009).

### 2.1.2 Jenis Pemodelan

Secara umum model dapat dikategorikan berdasarkan skala waktu dan tingkat kompleksitas yang dicerminkan dari aspek ketidakpastian. Jika model tidak mempertimbangkan aspek waktu, model tersebut disebut model statis. Jika aspek waktu (*intertemporal*) dipertimbangkan, model tersebut disebut model dinamik. Jika kemudian model yang dibangun mempertimbangkan aspek ketidakpastian yang lebih menggambarkan realitas dunia nyata, model tersebut disebut model yang bersifat deterministik. Jika ketidakpastian dimasukkan ke dalam model, model tersebut disebut model yang bersifat *stochastic*. Interaksi antara skala waktu dan ketidakpastian akan menghasilkan model yang lebih kompleks lagi, seperti model yang *dynamic-stochastic* (Pagalay, 2009).

Selain kategori di atas, model juga dapat dikatakan bersifat analitis maupun empiris. Model analitis dibangun tanpa harus mengandalkan data riil. Model ini dibangun dari proses berpikir, membangun teori, maupun membangun *building block* yang dapat dijadikan sebagai model dasar dari analisis-analisis yang lain. Di sisi lain, model empiris dibangun dari pengamatan empiris data riil. Dengan demikian, model ini sering bersifat kasuistik (*case studies*) dan belum tentu bisa diterapkan pada situasi yang berbeda (Pagalay, 2009).

### 2.1.3 Karakteristik Model Matematika

Proses pemodelan mencakup pemilihan karakteristik dari perwakilan abstrak yang paling tepat bagi situasi yang sedang dikaji. Pada umumnya model matematika dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu model statik dan model dinamik. Model statik memberikan informasi tentang peubah-peubah model hanya pada titik tunggal dari waktu. Sedangkan model dinamik mampu menelusuri jalur waktu dari peubah-peubah model. Model dinamik lebih sulit dan mahal pembuatannya, namun mempunyai kekuatan yang lebih hebat untuk analisis dunia nyata (Fauziah, 2010).

Klasifikasi lain tergantung apakah model abstrak tersebut menggunakan pandangan *mikro* atau *makro*. Model mikro bertujuan untuk mempernyatakan suatu unit individu yang ada pada dunia nyata, sebagai contoh sebuah mobil pada aliran transportasi atau seorang pembeli pada antrian pasar. Pada model makro, unit individu kehilangan identitasnya karena peubah model secara khas dikaitkan dengan agregat dari unit sistem. Contoh dari pandangan makro adalah peubah pada aliran listrik, kecepatan aliran mobil pada jalan raya dan aliran bahan dan pelayanan pada struktur ekonomi (Fauziah, 2010).

Ditinjau dari cara klasifikasinya maka model abstrak dapat dikelompokkan menjadi: (i) mikro-statik, (ii) makro-statik, (iii) mikro-dinamis, dan (iv) makro-dinamis. Penggunaan model-model ini tergantung pada tujuan pengkajian sistem dan terlihat jelas pada formulasi permasalahan pada tahap evaluasi kelayakan (Fauziah, 2010).

Sifat model juga tergantung pada teknik pemodelan yang digunakan. Model yang mendasarkan pada teknik peluang dan memperhitungkan adanya ketidak pastian (*uncertainty*) disebut model *probabilistik* atau model *stokastik*. Pada ilmu sistem model ini sering digunakan karena masalah yang dikaji pada umumnya mengandung keputusan yang mengandung ketidak-menentuan. Lawan dari model ini adalah model kuantitatif yang tidak mempertimbangkan peluang kejadian, dikenal sebagai model *deterministik*. Contohnya adalah model pada "*program linear*". Model ini memusatkan penelaahannya pada faktor-faktor kritis yang diasumsikan mempunyai nilai yang eksak dan tertentu pada waktu yang spesifik. Sedangkan model probabilistik biasanya mengkaji ulang data atau informasi yang terdahulu untuk menduga peluang kejadian tersebut pada keadaan sekarang atau yang akan datang dengan asumsi terdapat relevansi pada jalur waktu (Fauziah, 2010).

Sebuah model dibuat hanya untuk semacam deskripsi matematik dari kondisi dunia nyata. Model ini disebut model *deskriptif* dan banyak dipakai untuk mempermudah penelaahan suatu permasalahan. Model ini dapat diselesaikan secara eksak serta mampu mengevaluasi hasilnya dari berbagai pilihan data input. Apabila model digunakan untuk memperbandingkan antar alternatif, maka model

disebut *model optimalisasi*. Solusi dari model ini merupakan nilai optimum yang tergantung pada kriteria input yang digunakan (Fauziah, 2010).

Apabila sistem telah diekspresikan dalam bentuk notasi matematika dan format persamaan, maka timbullah keuntungan yang berasal dari kapasitas manipulatif dari matematik. Seorang analis dapat memasukkan nilai-nilai yang berbeda-beda ke dalam model matematika dan kemudian mempelajari perilaku sistem tersebut. Pada pengkajian masalah-masalah tertentu, uji sensitifitas dari sistem dilakukan dengan perubahan peubah-peubah sistem itu sendiri (Fauziah, 2010).

Bahasa simbolik juga sangat membantu dalam komunikasi karena pernyataannya yang singkat dan jelas dibandingkan dengan deskripsi lisan. Penggunaan format matematika membuat penjelasan lebih komprehensif dan seringkali mampu mengungkapkan hubungan-hubungan yang tidak dapat tercermin pada deskripsi lisan dari suatu sistem. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pemodelan sistem (*System Modelling*) adalah pembentukan rangkaian logika untuk menggambarkan karakteristik sistem tersebut dalam format matematis. Oleh karena itu, proses ini sering disebut juga pemodelan abstrak (*abstract modelling*) karena hasilnya adalah gugus persamaan-persamaan yang saling berkaitan secara fungsional. Pada beberapa jenis sistem, proses pemodelan abstrak ini lebih mudah pengerjaannya, seperti model biofisik dan keteknikan (Fauziah, 2010).

#### **2.1.4 Tahapan dalam Pemodelan**

Membangun sebuah model diperlukan beberapa tahapan agar dihasilkan model yang reliable. Pertama adalah tahapan identifikasi, khususnya identifikasi

masalah yang dibangun dari berbagai pertanyaan, menjadi sangat penting untuk membangun suatu model. Kelemahan mengidentifikasi masalah sering menjadi penyebab tidak validnya suatu model. Setelah identifikasi masalah dilakukan, langkah berikutnya dalam membangun model adalah membangun asumsi-asumsi. Hal ini diperlukan karena sebagaimana dikemukakan sebelumnya, model adalah penyederhanaan realitas yang kompleks. Oleh karena itu, setiap penyederhanaan memerlukan asumsi, sehingga ruang lingkup model berada dalam koridor permasalahan yang akan dicari solusi atau jawabannya (Pagalay, 2009).

Setelah asumsi dibangun, langkah berikutnya adalah membuat konstruksi dari model itu sendiri. Hal ini dapat dilakukan baik melalui hubungan fungsional dengan cara membuat digram, alur, maupun persamaan-persamaan matematika. Konstruksi model ini dapat dilakukan baik dengan bantuan komputer *software* maupun secara analitis. Tahap berikutnya yang cukup krusial dalam membangun model adalah menentukan analisis yang tepat. Inti tahap ini adalah mencari solusi yang sesuai untuk menjawab pertanyaan yang dibangun pada tahap identifikasi. Di dalam pemodelan, analisis ini biasanya dilakukan dengan dua cara, pertama dengan melakukan optimisasi, kedua dengan melakukan simulasi. Optimalisasi dirancang untuk mencari solusi “*what should happen*” (apa yang seharusnya terjadi), sementara simulasi dirancang untuk mencari solusi “*what would happen*” (apa yang akan terjadi) (Pagalay, 2009).

Tahap selanjutnya dalam pengembangan model adalah melakukan interpretasi atas hasil yang dicapai dalam tahap analisis. Interpretasi ini penting dilakukan untuk mengetahui apakah hasil tersebut memang masuk akal atau tidak. Interpretasi juga diperlukan untuk mengkomunikasikan keinginan si pemodel

dengan hasil analisis yang dilakukan oleh komputer ataupun alat pemecah model lainnya (*solver*). Tahapan ini diperkuat dengan tahapan berikutnya, yaitu validasi model, yang tidak hanya menginterpretasikan model, tetapi juga melakukan verifikasi atas keabsahan model yang dirancang dengan asumsi yang dibangun sebelumnya. Model yang valid tidak saja mengikuti kaidah-kaidah teoretis yang shahih, namun juga memberikan interpretasi atau hasil yang diperoleh mendekati kesesuaian dalam hal besaran, uji-uji standar seperti statistik, dan prinsip matematik lainnya, seperti *first order condition*, *second order condition*, dan sebagainya. Jika sebagian besar standar verifikasi ini dapat dilalui, model dapat diimplementasikan. Sebaliknya, jika tidak konstruksi model harus dirancang ulang (Pagalay, 2009).

## 2.2 Persamaan Diferensial Parsial

Persamaan diferensial parsial adalah persamaan-persamaan yang mengandung satu atau lebih turunan-turunan parsial. Persamaan itu haruslah melibatkan paling sedikit adalah dua variabel bebas. Tingkat persamaan diferensial parsial adalah tingkat turunan tertinggi pada persamaan itu. Sebagai contoh, pandanglah  $z$  sebagai variabel terikat dan  $x, y$  sebagai variabel bebas,

$$1) \quad x \frac{\partial z}{\partial x} + y \frac{\partial z}{\partial y} = z \quad \text{atau} \quad 1') \quad xp + yq = z$$

Dari tingkat satu dan

$$2) \quad \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + 3 \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = 0 \quad \text{atau} \quad 2') \quad r + 3s + t = 0$$

Dari tingkat dua.

Dalam penulisan 1') dan 2'), gunakan notasi standar

$$p = \frac{\partial z}{\partial x}, \quad q = \frac{\partial z}{\partial y}, \quad r = \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}, \quad s = \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}, \quad t = \frac{\partial^2 z}{\partial y^2}$$

Persamaan diferensial parsial dapat diturunkan dengan eliminasi konstanta-konstanta dari hubungan yang diketahui di antara variabel dan dengan eliminasi fungsi variabel sebarang. Persamaan ini juga dapat timbul dalam hubungannya dengan masalah geometrid dan fisika (Ayres, 1992).

### 2.3 Persamaan Diferensial Parsial Tak-Linier Tingkat Satu

Misalkan persamaan diferensial parsial tak linier tingkat satu

$$1) f(x, y, z, p, q) = 0$$

Diperoleh dari

$$2) g(x, y, z, a, b) = 0$$

Dengan mengeliminasi konstanta sebarang  $a$  dan  $b$  maka 2) disebut penyelesaian lengkap 1).

Penyelesaian lengkap ini mewakili keluarga permukaan yang berparameter dua, yang dapat atau tidak dapat mempunyai suatu selubung (jika ada satu),  $a$  dan  $b$  dieliminasi dari

$$g = 0, \quad \frac{\partial g}{\partial a} = 0, \quad \frac{\partial g}{\partial b} = 0$$

Jika eliminasi

$$3) \lambda(x, y, z) = 0$$

memenuhi 1), ini disebut penyelesaian singular dari 1); jika

$$\lambda(x, y, z) = \xi(x, y, z) \cdot \eta(x, y, z)$$

dan jika  $\xi=0$  memenuhi 1) sedangkan  $\eta=0$  tak ada,  $\xi=0$  adalah penyelesaian singular.

Seperti pada keadaan persamaan diferensial biasa, penyelesaian singular dapat diperoleh dari persamaan diferensial parsial dengan mengeliminasi  $p$  dan  $q$  dari

$$f = 0, \quad \frac{\partial f}{\partial p} = 0, \quad \frac{\partial f}{\partial q} = 0$$

Contoh : Dapatlah dengan mudah dibuktikan bahwa  $z = ax + by - (a^2 + b^2)$  adalah penyelesaian lengkap  $z = px + qy - (p^2 + q^2)$ . Dengan mengeliminasi  $a$  dan  $b$  dari

$$g = z - ax - by + a^2 + b^2 = 0, \quad \frac{\partial g}{\partial a} = -x + 2a = 0,$$

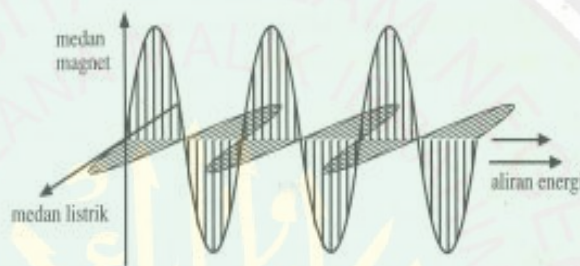
$$\frac{\partial g}{\partial b} = -y + 2b = 0$$

Diperoleh  $z = \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{2}y^2 - \frac{1}{4}(x^2 + y^2) = \frac{1}{4}(x^2 + y^2)$ . Ini memenuhi persamaan diferensial dan merupakan selesaian singular. Selesaian lengkap mewakili keluarga bidang yang berparameter dua, yang selubungnya paraboloida:  $x^2 + y^2 = 4z$  (Ayres, 1992).

#### 2.4 Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dapat merambat walau tidak ada medium. Energi elektromagnetik merambat dalam gelombang dengan beberapa karakter yang bisa diukur, yaitu: panjang gelombang atau *wavelength*, frekuensi, amplitudo, kecepatan. Amplitudo adalah tinggi gelombang, sedangkan panjang gelombang adalah jarak antara dua puncak. Frekuensi adalah jumlah gelombang yang melalui suatu titik dalam satu satuan waktu. Frekuensi tergantung dari kecepatan merambatnya gelombang. Karena kecepatan energi elektromagnetik adalah konstan (kecepatan cahaya), panjang gelombang dan frekuensi berbanding terbalik. Semakin panjang suatu gelombang, semakin rendah frekuensinya, dan semakin pendek suatu gelombang semakin tinggi frekuensinya (Khatimah, 2009).

Energi elektromagnetik dipancarkan, atau dilepaskan, oleh semua masa di alam semesta pada level yang berbeda-beda. Semakin tinggi level energi dalam suatu sumber energi, semakin rendah panjang gelombang dari energi yang dihasilkan, dan semakin tinggi frekuensinya. Perbedaan karakteristik energi gelombang digunakan untuk mengelompokkan energi elektromagnetik (Khatimah, 2009).



Gambar 1.50 Gelombang elektromagnetik

Gambar 2.1 Gelombang Elektromagnetik  
(Sumber: Khatimah, 2009)

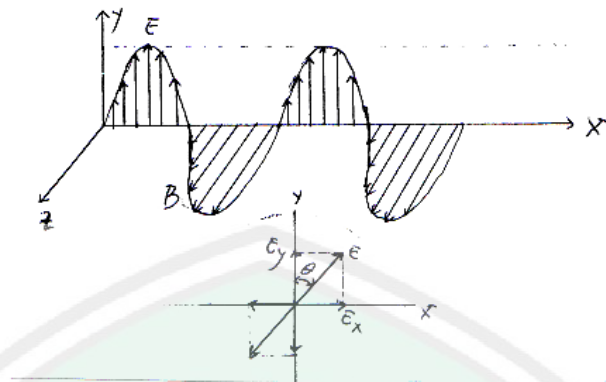
Berdasarkan uraian tersebut di atas dapat disimpulkan beberapa ciri gelombang elektromagnetik adalah sebagai berikut :

1. Perubahan medan listrik dan medan magnet terjadi pada saat yang bersamaan, sehingga kedua medan memiliki harga maksimum dan minimum pada saat yang sama dan pada tempat yang sama.
2. Arah medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus dan keduanya tegak lurus terhadap arah rambat gelombang.
3. Dari ciri no 2 diperoleh bahwa gelombang elektromagnetik merupakan gelombang transversal.

4. Seperti halnya gelombang pada umumnya, gelombang elektromagnetik mengalami peristiwa pemantulan, pembiasan, interferensi, dan difraksi. Juga mengalami peristiwa polarisasi karena termasuk gelombang transversal.
5. Cepat rambat gelombang elektromagnetik hanya bergantung pada sifat-sifat listrik dan magnetik medium yang ditempatinya.

Cahaya yang tampak oleh mata bukan semata jenis yang memungkinkan radiasi elektromagnetik. Pendapat James Clerk Maxwell menunjukkan bahwa gelombang elektromagnetik lain, berbeda dengan cahaya yang tampak oleh mata dalam dia punya panjang gelombang dan frekuensi, bisa saja ada. Kesimpulan teoritis ini secara mengagumkan diperkuat oleh Heinrich Hertz, yang sanggup menghasilkan dan menemui kedua gelombang yang tampak oleh mata yang diramalkan oleh Maxwell itu. Beberapa tahun kemudian Guglielmo Marconi memperagakan bahwa gelombang yang tak terlihat mata itu dapat digunakan buat komunikasi tanpa kawat sehingga menjelmalah apa yang namanya radio itu yang sekarang digunakan juga buat televisi, sinar X, sinar gamma, sinar infra, sinar ultraviolet adalah contoh-contoh dari radiasi elektromagnetik. Semuanya bisa dipelajari lewat hasil pemikiran Maxwell (Khatimah, 2009).

Energi rata-rata per satuan luas yang dirambatkan oleh gelombang elektromagnetik disebut dengan intensitas gelombang elektromagnetik. Intensitas tersebut sebanding dengan harga maksimum medan magnet ( $B$ ) dan sebanding pula dengan harga maksimum medan listriknya ( $E$ ).



Gambar 2.2 Perambatan Gelombang Elektromagnetik  
(Sumber: Blogspot.com)

Kedua medan listrik dan medan magnet tersebut saling tegak lurus, merambat ke arah sumbu X. Kedua gelombang tersebut dapat dituliskan menjadi:

$$E_y = E_0 \sin(kx - \omega t)$$

$$E_z = B_0 \sin(kx - \omega t)$$

Intensitas gelombang elektromagnetik dituliskan menjadi:

$$s = \frac{E_y \cdot B_z}{\mu_0}$$

$$s = \frac{E_0 \cdot B_0}{\mu_0} \sin^2(kx - \omega t)$$

Jadi hanya intensitas ( $s$ ) tergantung dari  $\sin^2(kx - \omega t)$ ,  $s$  akan berharga maksimum bila harga  $\sin^2(kx - \omega t) = 1$ , atau

$$s_{\text{maks}} = \frac{E_0 \cdot B_0}{\mu_0}, \text{ atau}$$

$$s_{\text{maks}} = \frac{E_{\text{max}} \cdot B_{\text{max}}}{\mu_0}$$

Sedangkan  $s$  akan berharga minimum bila harga  $\sin^2(kx - \omega t)$  adalah nol. Jadi intensitas rata-rata ( $s$ ) adalah :

$$\bar{s} = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2}$$

$$\bar{s} = \frac{E_{\max} + B_{\max}}{2\mu_0}$$

Selain itu  $\bar{s}$  juga dapat dituliskan menjadi :

$$\bar{s} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E_0^2 c$$

Karena : 1)  $E_0 = c B_0$  ;  $E_0 = E_{\max}$  dan  $B_0 = B_{\max}$

$$2) c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

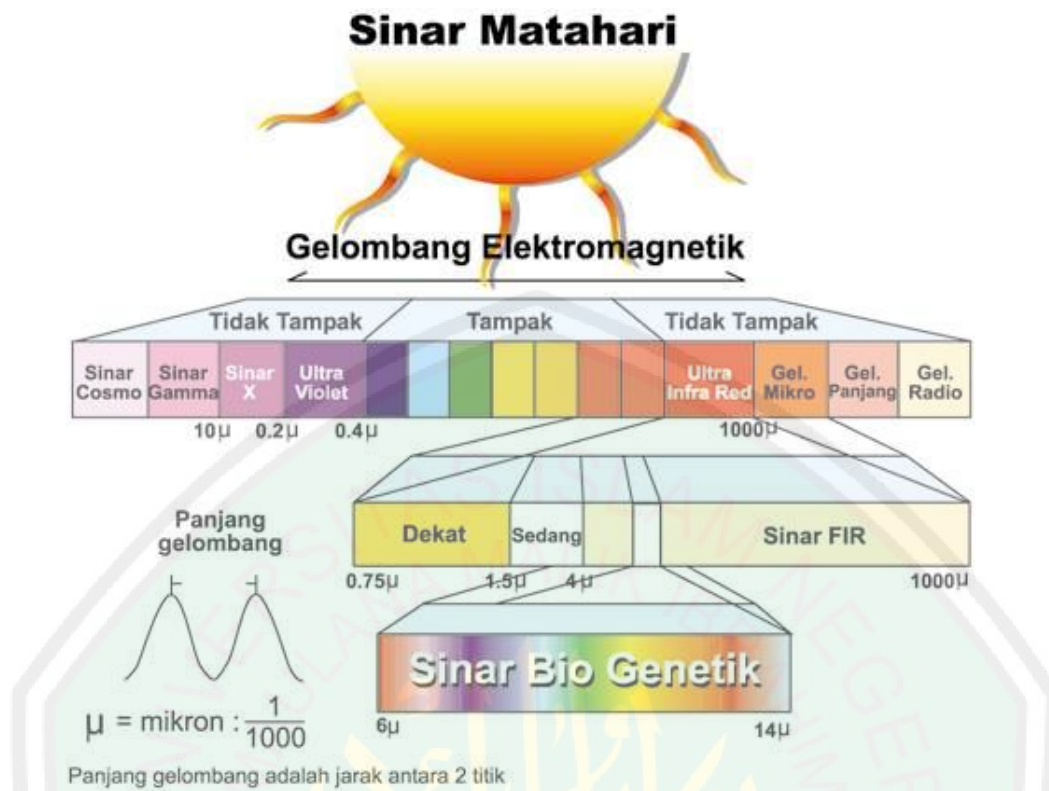
Nilai  $\bar{s}$  juga dapat dituliskan dalam bentuk :

$$\bar{s} = \frac{E_0^2}{2c\mu_0}$$

Gejala gelombang elektromagnetik baru dapat ditunjukkan beberapa tahun setelah Maxwell meninggal oleh : H.R. Hertz (Anonymous, 2012).

## 2.5 Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Menurut panjang gelombang ( $\mu$ ) dan frekuensi (f) dapat disusun spektrum gelombang elektromagnetik sebagai berikut:



Gambar 2.3 Spektrum Gelombang Elektromagnetik  
(Sumber: Arifin, 2008)

Dari spektrum tersebut dapat disimpulkan bahwa makin pendek panjang gelombang ( $\mu$ ) makin tinggi frekuensinya ( $f$ ) dan makin besar pula daya tembusnya.

Di antara gelombang-gelombang yang terdapat pada spektrum tersebut, yang dapat dilihat oleh mata hanyalah gelombang cahaya yang mempunyai panjang gelombang antara 8000 Å (merah) - 4000 Å (ungu). Gelombang yang mempunyai daya tembus yang sangat besar adalah sinar X dan sinar  $\gamma$ . Dimana sinar X dihasilkan dengan cara *EMISITHERMIONIK*, sedangkan sinar  $\gamma$  dihasilkan oleh inti-inti yang tidak stabil (bersifat radioaktif).

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang tidak memerlukan medium untuk merambat dalam ruang hampa. Disini gelombang elektromagnet ini mempunyai beberapa sifat-sifat antara lain sebagai berikut ;

- a. Gelombang elektromagnetik dapat merambat dalam ruang tanpa medium
- b. Merupakan gelombang transversal.
- c. Tidak memiliki muatan listrik sehingga bergerak lurus dalam medan magnet maupun medan listrik.
- d. Dapat mengalami pemantulan (refleksi), pembiasan (refraksi), perpaduan (interferensi), pelenturan (difraksi), pengutuban (polarisasi).
- e. Perubahan medan listrik dan medan magnet terjadi secara bersama, sehingga medan listrik dan medan magnet sefase dan berbanding lurus.

Macam-macam gelombang elektromagnet dan manfaatnya:

#### 1. Gelombang radio

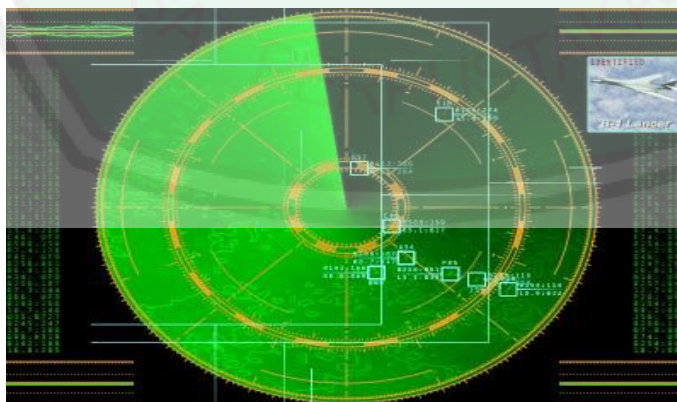
Gelombang radio merupakan gelombang yang memiliki frekwensi paling kecil atau panjang gelombangnya paling panjang. Gelombang radio berada dalam rentang frekwensi yang luas meliputi beberapa Hz sampai gigahertz. Gelombang radio ini banyak digunakan dalam sistem telekomunikasi, siaran TV, radio, dan jaringan seluler menggunakan gelombang radio ini pula. Sistem telekomunikasi menggunakan gelombang radio ini sebagai pembawa sinyal informasi yang pada dasarnya terdiri dari antena pemancar dan antena penerima.



Gambar 2.4 Sistem Telekomunikasi yang Menggunakan Radio  
(Sumber: Arifin, 2008)

## 2. Gelombang Mikro

Gelombang mikro adalah gelombang radio dengan frekwensi paling tinggi yaitu diatas 3Ghz, jika gelombang mikro diserap oleh sebuah benda, maka akan muncul efek pemanasan pada benda itu. Maka gelombang mikro ini dapat dimanfaatkan dalam microwave oven untuk memasak makanan dengan cepat dan ekonomis. Gelombang mikro juga dapat dimanfaatkan pada pesawat RADAR (radio detection and ranging), berarti RADAR mencari dan menentukan jejak sebuah benda dengan menggunakan gelombang mikro.

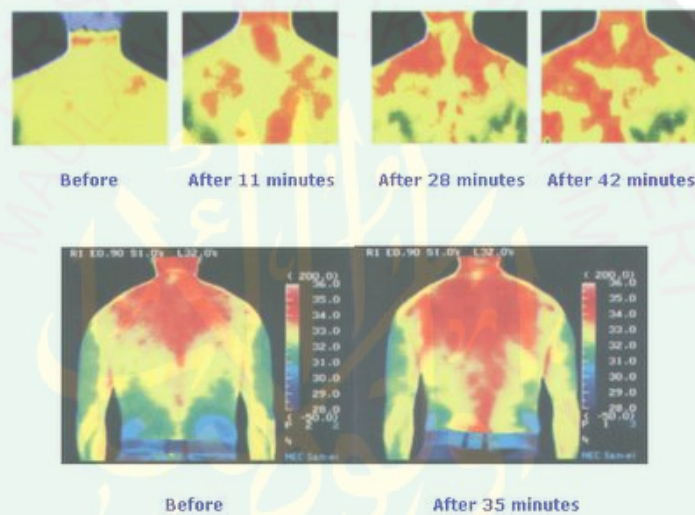


Gambar 2.5 Sinar Radar  
(Sumber: Arifin, 2008)

### 3. Sinar Inframerah.

Sinar infra merah meliputi daerah frekwensi 1011Hz sampai 1014Hz atau daerah panjang gelombang 10-4 cm sampai 10-1 cm. Sinar infra merah ini dihasilkan oleh elektron dalam molekul-molekul yang bergetar karena benda dipanaskan. Jadi setiap benda panas pasti memancarkan sinar infra merah.

Contoh pemanfaatan dari infra merah:



Gambar 2.6 Pemanfaatan Infra Merah  
(Sumber: Arifin, 2008)

### 4. Cahaya Tampak

Cahaya tampak merupakan spektrum gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat oleh mata manusia. Cahaya tampak ini dapat membantu penglihatan mata kita. Dengan adanya sinar tampak, mata dapat melihat benda-benda di sekeliling dan dapat dibedakan macam-macam warnanya.



Gambar 2.7 Sinar Cahaya  
(Sumber: Arifin, 2008)

#### 5. Sinar Ultraviolet.

Sinar ultraviolet mempunyai frekwensi dalam daerah 10<sup>15</sup>Hz sampai 10<sup>16</sup>Hz atau dalam daerah panjang gelombang 10<sup>-8</sup>m - 10<sup>-7</sup>m, gelombang ini dihasilkan oleh atom dan molekul dalam nyala listrik. Sinar ultraviolet dapat digunakan untuk membunuh mikroorganisme, membantu pertumbuhan tubuh manusia, dan juga dapat digunakan untuk mengetahui unsur-unsur dalam suatu bahandengan teknik spektroskopi, dan digunakan sterilisator untuk alat-alat kesehatan dan sterilisasi ruangan operasi.

#### 6. Sinar X

Sinar X memiliki panjang gelombang berkisar antara 10<sup>-11</sup> m sampai 10<sup>-8</sup> m, sinar ini memiliki daya tembus yang cukup kuat yang dapat menembus buku tebal, kayu tebal, bahkan plat logam. Sinar X ini memiliki beberapa sifat antara lain:

- a) Merambat lurus.
- b) Dapat menghitamkan pelat film.
- c) Dapat mengionkan gas karena memiliki energi tinggi.
- d) Dapat menembus logam tipis.

- e) Tidak dapat dibelokkan oleh medan listrik maupun medan magnet.
- f) Dipancarkan ketika sinar katoda menumbuk logam.
- g) Dapat mengeluarkan elektron-elektron foto dari permukaan logam yang ditumbukkan.



Gambar 2.8 Sinar-X  
(Sumber: Arifin, 2008)

Sinar-X disebut juga sinar rontgen. Dalam bidang kedokteran sinar ini digunakan untuk memotret bagian tulang yang patah, batu ginjal, paru-paru, dan bagian tubuh lainnya. Dalam bidang industri digunakan untuk menemukan cacat las dan bungkus logam. Dalam bidang seni digunakan untuk melihat bagian dalam patung yang tidak terlihat dari luar. Pada bidang sains fisika dapat digunakan untuk mempelajari pola-pola difraksi pada struktur atom suatu bahan sehingga dapat digunakan untuk menentukan struktur bahan tersebut.

## 7. Sinar gamma

Sinar gamma memiliki panjang gelombang 10<sup>10</sup> m sampai 10<sup>13</sup> m. Sinar gamma merupakan gelombang elektromagnetik yang mempunyai frekwensi terbesar dan bentuk radioaktif yang dikeluarkan inti-inti atom tertentu. Gelombang ini memiliki energy yang besar yang dapat menembus logam dan beton. Sinar gamma sangat berbahaya untuk manusia karena dapat membunuh

sel hidup terutama sinar gamma dengan tingkat energi yang tinggi yang dilepaskan oleh reaksi nuklir seperti ledakan bom nuklir. Ground Penetrating Radar merupakan metode geofisika dengan teknik elektromagnetik untuk mendeteksi objek yang terkubur di dalam tanah dan mengevaluasi ke dalam objek tersebut (Arifin, 2008).

## 2.6 Medan Listrik

Medan adalah suatu besaran yang mempunyai harga pada tiap titik dalam ruang. Secara matematis, medan merupakan sesuatu yang merupakan fungsi kontinu dari posisi dalam ruang. Medan ada dua macam yaitu:

- a. Medan skalar, misalnya temperatur, potensial dan ketinggian.
- b. Medan vektor, misalnya medan listrik dan medan magnet.

Untuk membahas suatu medan listrik, digunakan pengertian kuat medan, yakni : “Vektor gaya Coulomb yang bekerja pada suatu muatan yang kita lewatkan pada suatu titik dalam medan gaya ini”, dan dinyatakan sebagai  $E(\mathbf{r})$  dalam bentuk matematis (Djoker, 2010):

$$\vec{E}(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

Dengan menggunakan persamaan medan listrik harus diingat :

- a. hubungan ini hanya berlaku untuk muatan sumber berupa titik.
- b. pusat sistem koordinat ada pada muatan sumber.
- c. besaran yang digunakan dalam sistem MKS.
- d. hubungan di atas hanya berlaku dalam vakum atau udara.

Kuat Medan Listrik oleh Satu Muatan Titik Muatan sumber  $q$  berupa muatan titik terletak pada vektor posisi  $\mathbf{r}'$ , sedang titik  $p$  pada posisi  $\mathbf{r}$ . Posisi relatif  $p$  terhadap muatan sumber adalah  $(\mathbf{r}-\mathbf{r}')$ , vektor satuan arah  $SP$  adalah:

$$\frac{(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|}$$

Jadi kuat medan listrik E di titik r oleh muatan q adalah:

$$\vec{E}(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{|\vec{r} - \vec{r}'|^2} \hat{r} \frac{(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} \text{ atau}$$

$$\vec{E}(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3}$$

Kuat Medan Listrik oleh Beberapa Muatan Titik:

Jika sumber muatan berupa beberapa muatan titik yang berbeda besar dan posisinya, maka kuat medan listrik resultan E (r) adalah penjumlahan masing-masing kuat medan, dimana secara matematis dinyatakan sebagai:

$$\vec{E}(r) = \vec{E}_1(r) + \vec{E}_2(r) + \vec{E}_3(r) +$$

Bila ada N muatan titik sebagai sumber, dengan muatan sumber yang masing-masing berada pada jarak  $r_i$ , maka medan resultan pada vektor posisi r adalah :

$$\vec{E}(r) = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i(r)$$

$$\vec{E}(r) = k \frac{q_1}{r_1^2} \hat{r}_1 + k \frac{q_2}{r_2^2} \hat{r}_2 + \dots + k \frac{q_3}{r_3^2} \hat{r}_3$$

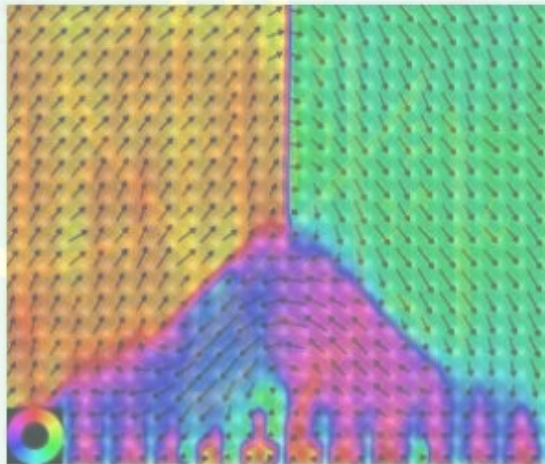
atau

$$\vec{E}(r) = \sum_{i=1}^N \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i(\vec{r} - \vec{r}_i)}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^3}$$

Penelitian ini menggunakan energi listrik dengan tipe fungsi Gauss dan tak bergerak mengelilingi materi yang dipanaskan. Bentuk fungsi Gauss yang dimaksudkan adalah:

$$E(x, y) = e^{-\frac{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2}{\sigma^2}}$$

Dimana  $(x_0, y_0)$  merupakan pusat radiasi gelombang elektromagnetik yaitu di daerah sekitar ginjal. Pergerakan energi listrik diperlihatkan pada Gambar 2.9 berikut:



Gambar 2.9 Gambar Pergerakan Energi Listrik  
(Sumber: Aliyah.com)

## 2.7 Persamaan Dasar Microwave

Menurut Nusantara (2001), model pemanasan dengan microwave dijelaskan oleh persamaan berikut:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \nabla \circ (k(\theta) \nabla \theta) + \delta E(x, y) f(\theta). \quad (1)$$

Karena gelombang elektromagnetik pada ponsel dan gelombang pada microwave sejenis yaitu gelombang mikro, maka persamaan dasar dari model tentang radiasi gelombang elektromagnetik sama dengan model pemanasan

dengan microwave. Pada persamaan tersebut  $\theta$  menyatakan temperatur;  $k(\theta)$  menyatakan fungsi difusivitas dengan sifat  $k(\theta) > 0$ ,  $k'(\theta) > 0$  dan dalam penelitian ini menggunakan bentuk fungsi difusivitas  $k(\theta) = \mu e^{\gamma\theta}$ , untuk suatu parameter positif  $\gamma$  dan  $\mu$ ;  $\delta$  adalah parameter positif yang terkait dengan intensitas medan listrik;  $E(x, y)$  adalah sumber pemanasan yang disebabkan oleh medan listrik; dan  $f(\theta)$  adalah ekspresi sumber pemanasan akibat reaksi kimia auto katalis dengan sifat  $f(\theta) > 0$ ,  $f'(\theta) > 0$ . Seperti yang diamati Smith (dalam penelitian Chandra, dkk, 1996) sangat realistis untuk mengambil bentuk  $f(\theta)$  sebagai fungsi bertipe Arrhenius, yaitu  $f(\theta) = e^{\frac{\alpha\theta}{\alpha+\theta}}$  untuk suatu  $\alpha > 0$ .

Domain D dengan syarat awal dan syarat batas

$$\theta(x, y, t) = h(x, y) \geq 0, \frac{\partial}{\partial n} \theta(x, y, t) = 0 \text{ pada } \partial D.$$

## 2.8 Radiasi Elektromagnetik dari Ponsel

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ  
الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

*“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan oleh perbuatan tangan-tangan manusia, supaya Allah menimpakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)” (QS ar-Rum [30]: 41).*

Berdasarkan ayat di atas, semua kejadian-kejadian alam yang terjadi di muka bumi ini disebabkan oleh tangan-tangan manusia itu sendiri, misalnya pengaruh ponsel pada tubuh manusia. Tubuh Anda adalah instrumen elektromagnetik yang sangat sensitif, dikendalikan oleh proses komunikasi antar sel yang sangat kompleks. Tiap proses komunikasi antar sel ini bervibrasi dalam

frekwensi yang berbeda dan beberapa frekwensi tersebut ada yang mirip dengan yang dipancarkan oleh HP (Hermawan, 2011).

Gelombang mikro dari HP dapat mempengaruhi komunikasi antar sel dalam tubuh Anda secara *non-thermal*. Karena sama seperti halnya dengan radio dapat menerima gangguan signal, proses komunikasi antar sel juga bisa terganggu ketika terpapar oleh gelombang mikro HP (Hermawan, 2011).

Proses komunikasi antar sel ini dipengaruhi oleh metabolime tubuh , artinya efek radiasi akan berbeda-beda tiap orangnya. Selain itu, faktor lain yang membedakan adalah tipe HP yang digunakan, karena tiap HP memiliki pancaran radiasi atau gelombang mikro dengan frekuensi yang berbeda-beda (Hermawan, 2011).

Tubuh manusia yang dikelilingi oleh bio-energy (atau disebut aura di jaman dulu) ternyata juga terpengaruh oleh radiasi HP dan gelombang elektromagnetik lainnya. Radiasi HP ternyata juga mampu “mengacaukan” keharmonisan pancaran bio-energy manusia sehingga mampu melemahkan tubuh fisik, karena sesungguhnya Allah menciptakan alam semesta dan seisinya untuk kebaikan manusia. Sebagai manusia berkewajiban untuk menjaga bukan merusak (Hermawan, 2011).

Ponsel mentransmisikan dan menerima sinyal dari dan ke substasiun yang ditempatkan di tengah kota. Substasiun yang menerima sinyal paling jernih dari ponsel memberikan pesan ke jaringan telepon lokal jarak jauh. Jaringan Personal Communication Services (PCS) hampir sama dengan sistem dari ponsel. PCS menyediakan komunikasi suara dan data yang didesain untuk menjangkau daerah

yang luas. Pita frekuensi yang ditentukan untuk PCS antara 800 sampai dengan 3000 MHz (Kobb, 1993)

Secara umum sistem yang digunakan ponsel terbagi menjadi dua macam yaitu GSM (*Global Sytem for Mobile Telecommunication*) dan CDMA (*Code Division Multiple Acces*). Untuk GSM umumnya menggunakan frekuensi 800 MHz, 900 MHz dan 1800 MHz, sedangkan untuk CDMA menggunakan frekuensi 450 MHz, 800 MHz dan 1900 MHz (*www.Wikipedia.com*). Jika melihat rentangan frekuensi yang digunakan oleh ponsel, maka gelombang yang digunakan oleh ponsel berada pada spektrum gelombang mikro. Bila dihitung energi yang diradiasikan oleh ponsel dengan persamaan energi menurut persamaan Planck yaitu  $E = h \nu$ , dimana  $h$  adalah konstanta Planck yang besarnya  $6,62 \times 10^{-34}$  Js, dan  $\nu$  adalah frekuensi dari gelombang elektromagnetik, maka energi yang diradiasikan akan berada pada rentangan  $2,98 \times 10^{-25}$  Joule sampai  $1,25 \times 10^{-24}$  Joule.

Hasil perhitungan tersebut di atas menunjukkan bahwa quantum energi yang ditimbulkan oleh radiasi elektromagnetik ponsel, secara kuantitas relatif masih kecil. Tetapi menurut Mahardika (2009) jika jarak sumber radiasi dengan materi, yaitu jarak antara pesawat ponsel dengan kepala (khususnya telinga) diperhitungkan, maka dampak radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh ponsel tidak boleh diabaikan begitu saja. Alasannya adalah karena intensitas radiasi elektromagnetik yang diterima oleh materi (kepala khusus bagian telinga), akan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak, artinya makin dekat dengan sumber radiasi (ponsel) akan makin besar radiasi yang diterima. Jika waktu

kontak atau waktu berbicara melalui ponsel diperhitungkan, maka akumulasi radiasi akibat pemakaian ponsel perlu dicermati lebih jauh lagi.

Penelitian mengenai pengaruh radiasi gelombang mikro terhadap tubuh manusia menyatakan bahwa untuk daya sampai dengan  $10 \text{ mW/cm}^2$  masih termasuk dalam nilai ambang batas aman (Wardhana, 2000). Pada umumnya pengukuran kadar radiasi sebuah ponsel di sebut dengan *Specific Absorption Rate* (SAR). Pengukur energi radio frekuensi atau RF yang diserap oleh jaringan tubuh pengguna ponsel dapat dinyatakan sebagai *units of watts* perkilogram (W/kg). Batas SAR yang ditetapkan oleh ICNIRP adalah  $2.0 \text{ W/kg}$  (watts per kilogram). Sementara *The Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) juga telah menetapkan sebuah standart baru yang digunakan oleh negara Amerika dan negara lain termasuk Indonesia adalah dengan menggunakan batas  $1.6 \text{ W/kg}$  (Swamardika, 2009).

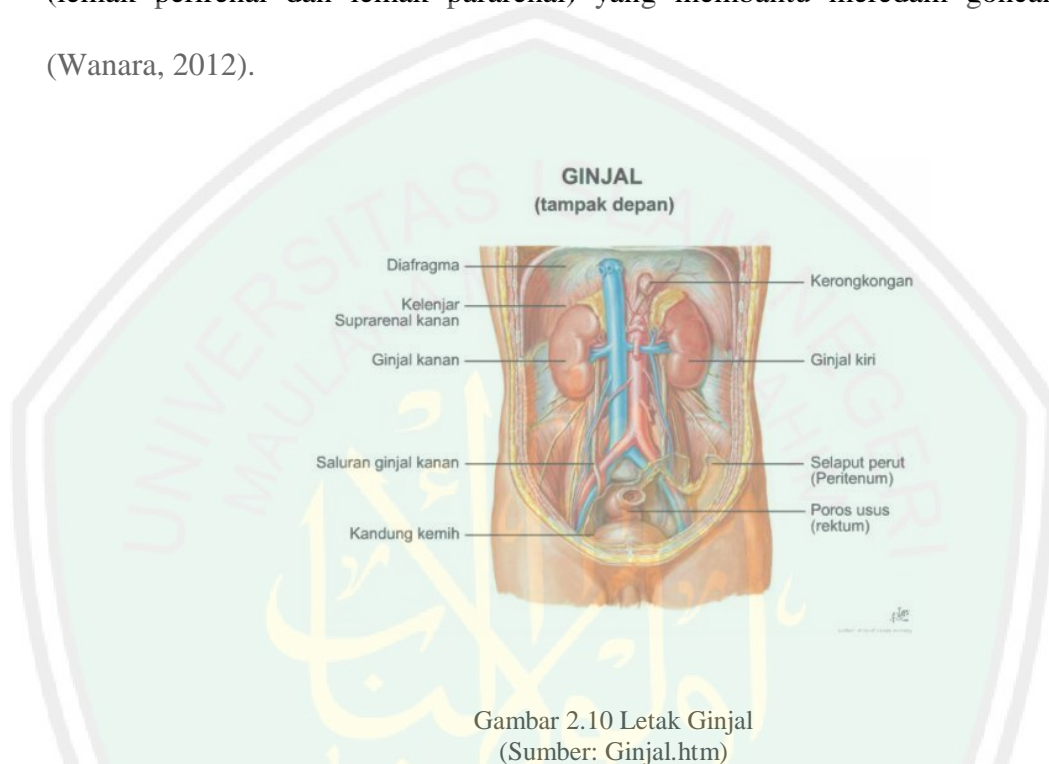
Walaupun permasalahan tentang pengaruh radiasi gelombang elektromagnetik terhadap tubuh manusia masih menjadi perdebatan para ahli radiasi, tetapi penulis ingin menunjukkan bagaimana simulasi proses radiasi dari gelombang mikro tersebut.

## 2.9 Bagian-bagian Ginjal

Manusia memiliki sepasang ginjal yang terletak di belakang perut atau abdomen. Ginjal ini terletak di kanan dan kiri tulang belakang, di bawah hati dan limpa. Di bagian atas (*superior*) ginjal terdapat kelenjar adrenal (juga disebut *kelenjar suprarenal*) (Wanara, 2012).

Ginjal bersifat retroperitoneal, yang berarti terletak di belakang peritoneum yang melapisi rongga abdomen. Kedua ginjal terletak di sekitar

vertebra T12 hingga L3. Ginjal kanan biasanya terletak sedikit di bawah ginjal kiri untuk memberi tempat untuk hati. Sebagian dari bagian atas ginjal terlindungi oleh iga ke sebelas dan duabelas. Kedua ginjal dibungkus oleh dua lapisan lemak (lemak perirenal dan lemak pararenal) yang membantu meredam guncangan (Wanara, 2012).



Gambar 2.10 Letak Ginjal  
(Sumber: Ginjal.htm)

### 2.9.1 Struktur Ginjal

Ginjal ialah sepasang organ berbentuk kacang merah, masing-masing berukuran panjang sekitar 10-12 cm, lebar 5-6 cm, dan tebal 3-4 cm, dengan berat sekitar 50 gram, terbungkus oleh fascia renalis fibroelastis dan lemak renal. Ginjal secara embriologis berasal dari lapis mesoderm, kecuali sistem persarafannya. Setiap ginjal menyalurkan urin yang diproduksinya melalui sepasang saluran, yaitu ureter, yang akan bermuara ke sebuah kandung kemih, kemudian akan dikeluarkan melalui uretra (Wanara, 2012).

### 2.9.2 Organisasi Ginjal

Bagian paling luar dari ginjal disebut korteks, bagian lebih dalam lagi disebut medulla. Bagian paling dalam disebut pelvis. Pada bagian medulla ginjal manusia dapat pula dilihat adanya *piramida* yang merupakan bukaan saluran pengumpul. Ginjal dibungkus oleh lapisan jaringan ikat longgar yang disebut kapsula. Unit fungsional dasar dari ginjal adalah nefron yang dapat berjumlah lebih dari satu juta buah dalam satu ginjal normal manusia dewasa. Nefron berfungsi sebagai regulator air dan zat terlarut (terutama elektrolit) dalam tubuh dengan cara menyaring darah, kemudian mereabsorpsi cairan dan molekul yang masih diperlukan tubuh. Molekul dan sisa cairan lainnya akan dibuang. Hasil akhir yang kemudian diekskresikan disebut urine. Sebuah nefron terdiri dari sebuah komponen penyaring yang disebut *korpuskula* (atau badan *malphigi*) yang dilanjutkan oleh saluran-saluran (*tubulus*). Setiap Reabsorpsi dan pembuangan dilakukan menggunakan mekanisme pertukaran lawan arus dan korpuskula mengandung gulungan kapiler darah yang disebut glomerulus yang berada dalam kapsula Bowman (Wanara, 2012).

Setiap glomerulus mendapat aliran darah dari arteri *aferen*. Dinding kapiler dari glomerulus memiliki pori-pori untuk filtrasi atau penyaringan. Darah dapat disaring melalui dinding epitelium tipis yang berpori dari glomerulus dan kapsula Bowman karena adanya tekanan dari darah yang mendorong plasma darah. Filtrat yang dihasilkan akan masuk ke dalam tubulus ginjal. Darah yang telah tersaring akan meninggalkan ginjal lewat arteri *eferen*. Di antara darah dalam glomerulus dan ruangan berisi cairan dalam kapsula Bowman terdapat tiga lapisan:

1. kapiler selapis sel endotelium pada glomerulus.
2. lapisan kaya protein sebagai membran dasar.
3. selapis sel epitel
4. sel melapisi dinding kapsula Bowman (*podosit*).

Cairan dalam darah didorong keluar dari glomerulus, melewati ketiga lapisan tersebut dan masuk ke dalam ruangan dalam kapsula Bowman dalam bentuk filtrat glomerular. Filtrat plasma darah tidak mengandung sel darah ataupun molekul protein yang besar. Protein dalam bentuk molekul kecil dapat ditemukan dalam filtrat ini. Darah manusia melewati ginjal sebanyak 350 kali setiap hari dengan laju 1,2 liter per menit, menghasilkan 125 cc filtrat glomerular per menitnya. Laju penyaringan glomerular ini digunakan untuk tes diagnosa fungsi ginjal (Wanara, 2012).

**BAB III**  
**PEMBAHASAN**

**3.1 Menentukan Solusi Persamaan Diferensial yang Melibatkan Parameter-parameter Model Matematika Gelombang Elektromagnetik**

Menurut Nusantara (2001), model pemanasan gelombang elektromagnetik dijelaskan oleh persamaan berikut:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \nabla \circ (k(\theta)\nabla\theta) + \delta E(x, y)f(\theta). \quad (1)$$

dan dari persamaan tersebut dapat diperoleh turunan:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \nabla \circ (k(\theta)\nabla\theta)$$

$$\nabla = \left( \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z} \right)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \left( \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \right) \cdot \left( k(\theta) \left( \frac{\partial \theta}{\partial x}, \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) \right)$$

$$= \left( \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \right) \cdot \left( k(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial x}, k(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial y} \right)$$

$$= \frac{\partial}{\partial x} \left( k(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial y} \right)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} k(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial x} + k(\theta) \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial y} k(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial y} + k(\theta) \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2}$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = k \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right) \text{ Persamaan Difusivitas}$$

Karena gelombang elektromagnetik pada ponsel dan gelombang pada microwave sejenis yaitu gelombang mikro, maka persamaan dasar dari model tentang radiasi gelombang elektromagnetik sama dengan model pemanasan dengan microwave. Pada persamaan tersebut,  $\nabla$  menyatakan gradien,  $\theta$

menyatakan temperatur;  $k(\theta)$  menyatakan fungsi difusivitas (penyerapan panas), dengan sifat  $k(\theta) > 0$ ,  $k'(\theta) > 0$  dan fungsi difusivitas dinyatakan sebagai  $k(\theta) = \mu e^{\gamma\theta}$ ,  $\gamma$  dan  $\mu$  adalah parameter positif yang terkait dengan fungsi difusivitas,  $\delta$  dan  $\alpha$  adalah parameter positif yang terkait dengan intensitas medan listrik;  $E(x, y)$  adalah sumber pemanasan yang disebabkan oleh medan listrik. sumber pemanasan oleh medan listrik digunakan fungsi Gauss:

$$E(x, y) = e^{-\frac{((x-x_0)^2+(y-y_0)^2)}{\sigma^2}}$$

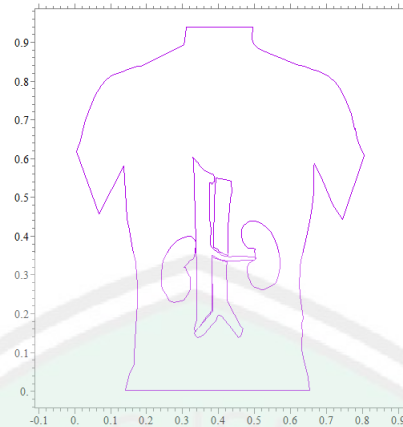
Di mana  $(x_0, y_0)$  merupakan pusat radiasi gelombang elektromagnetik yaitu di daerah sekitar ginjal. dan  $f(\theta)$  adalah ekspresi sumber pemanasan akibat reaksi kimia auto katalis dengan sifat  $f(\theta) > 0$ ,  $f'(\theta) > 0$ . Seperti yang diamati Smith (dalam penelitian Chandra, dkk, 1996) sangat realistis untuk mengambil bentuk  $f(\theta)$  sebagai fungsi bertipe Arrhenius, yaitu  $f(\theta) = e^{\frac{\alpha\theta}{\alpha+\theta}}$  untuk suatu  $\alpha > 0$ .

Domain D dengan syarat awal dan syarat batas

$$\theta(x, y, t) = h(x, y) \geq 0, \frac{\partial}{\partial n} \theta(x, y, t) = 0 \text{ pada } \partial D.$$

### 3.2 Menentukan Bagian-bagian dari Ginjal

Geometri domain yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa materi 2D berbentuk ginjal pada tubuh manusia yang digambarkan pada daerah satuan D, dengan beberapa bagian pada tubuh memiliki sifat difusivitas berbeda.

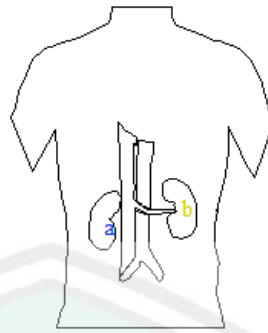


Gambar 3.1. Geometri Domain dengan Beberapa Bagian Memiliki Sifat Penyerapan Panas Berbeda

Bagian terbesar dari domain memiliki parameter difusivitas  $\mu_0$ , sedangkan bagian-bagian lain yang lebih kecil, yaitu Difusivitas berturut-turut  $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5$ , dan  $\mu_6$ . Dalam penelitian ini nilai-nilai parameter tersebut memenuhi hubungan  $\mu_0 > \mu_1 > \mu_2 > \mu_3 > \mu_4 > \mu_5 > \mu_6$ . Radiasi gelombang mikro pada daerah yang memiliki sifat difusivitas terkecil, akan memiliki efek pembentukan panas yang cukup besar. Dengan kata lain radiasi gelombang mikro akan lebih mempengaruhi daerah yang sifat difusivitasnya paling kecil.

### 3.3 Aplikasi Model Matematika Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel pada Ginjal untuk Menampilkan Grafik dengan Bantuan Program FlexPDE

Dalam menyelesaikan pemodelan ini, penulis menggunakan program FlexPDE dimana algoritma program dilampirkan. Untuk keperluan sajian dalam pembahasan ini, dilakukan pengukuran dinamika pemanasan yang dilakukan pada titik-titik tertentu. Titik-titik pengukuran dipilih dalam masing-masing materi dengan sifat difusivitas yang berbeda. Posisi titik-titik pengukuran diperlihatkan oleh Gambar 3.2 berikut.

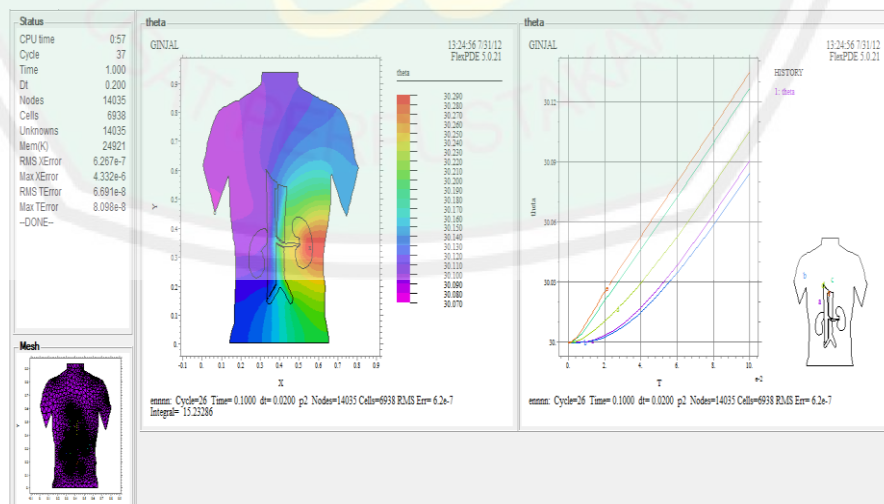


Gambar 3.2. Posisi Pengukuran Temperatur pada Masing-masing Materi

Selanjutnya pada masing-masing posisi tersebut akan dilacak perubahan temperatur setiap waktu pengukuran. Berikut adalah hasil dan analisis hasil numerik dari kasus-kasus yang dikaji:

**a. Kasus I, jika dengan  $k(\theta) = \mu e^{\gamma\theta}$   $\delta_1 = 5$ ,  $\alpha_1 = 0.01$ ,  $\mu = 3$ ,  $\gamma = 0.005$**

Pada kasus ini, besar intensitas medan listrik dan sifat auto catalytic pada materi diberikan berturut-turut  $\delta_1 = 5$  dan  $\alpha_1 = 0.01$   $\mu = 03$ ,  $\gamma = 0.005$  dengan fungsi difusivitas  $k(\theta) = \mu e^{\gamma\theta}$  Berikut ini adalah gambar-gambar hasil perhitungan numerik untuk beberapa waktu tertentu ketika proses pemanasan terjadi.

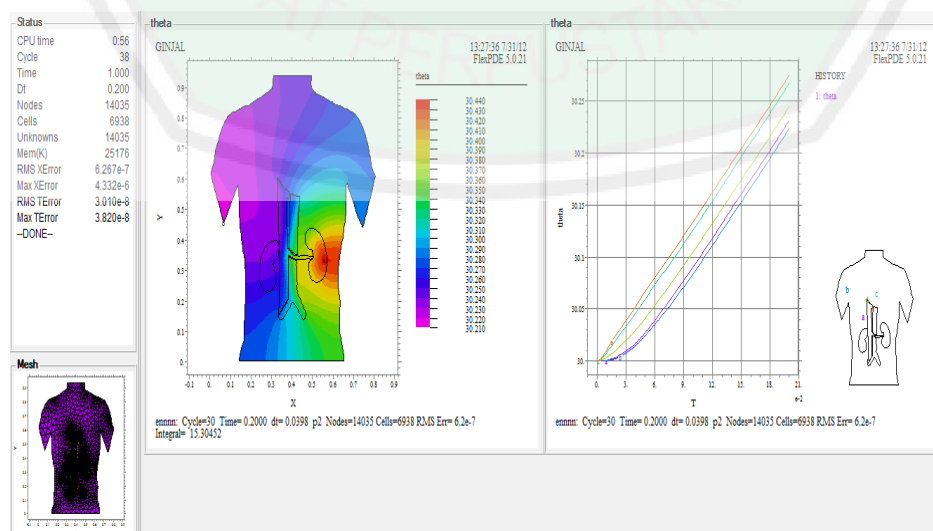


Gambar 3.3. Kurva Ketinggian pada Awal-awal Pemanasan, History pada Titik-titik Pengukuran Awal Pemanasan

Hasil pengukuran awal pemanasan pada Gambar 3.3 saat  $t=0.1$  memperlihatkan, ketika gelombang elektromagnetik mengenai materi terjadi proses pemanasan dari materi, temperatur pada masing-masing materi meningkat, dan khususnya untuk daerah yang terkena langsung gelombang elektromagnetik terjadi perubahan temperatur yang drastis. Sumber radiasi gelombang elektromagnetik terletak pada daerah pinggang karena daerah tersebut paling dekat dengan ginjal, sehingga perubahan temperatur yang drastis disekitar pinggang terjadi pada daerah kapsula dan selaput lemak, yaitu antara suhu 30.070 – 30.290. Untuk daerah yang lain seperti **a** dan **b**, serta juga terjadi perubahan temperatur. Besar suhu pada a antara 30.180 – 30.290, b antara 30.070 – 30.170. Memperhatikan proses pemanasan pada materi yang terjadi pada Gambar 3.3, pada daerah a mengalami pemanasan internal yang sangat dinamis karena daerah tersebut memiliki sifat difusivitas materi yang lebih rendah dari materi yang lain, sehingga lebih cepat dalam penyerapan panas.

Selanjutnya adalah pengukuran pada saat-saat  $t$  tertentu:

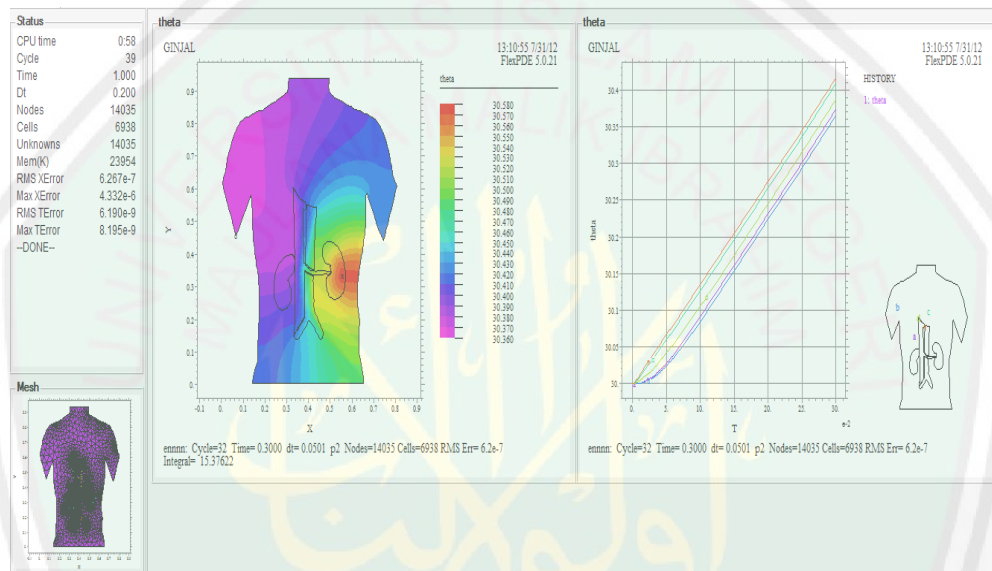
Pengukuran pada saat  $t=0.2$



Gambar 3.4. Histori Titik-titik Saat  $t=0.2$

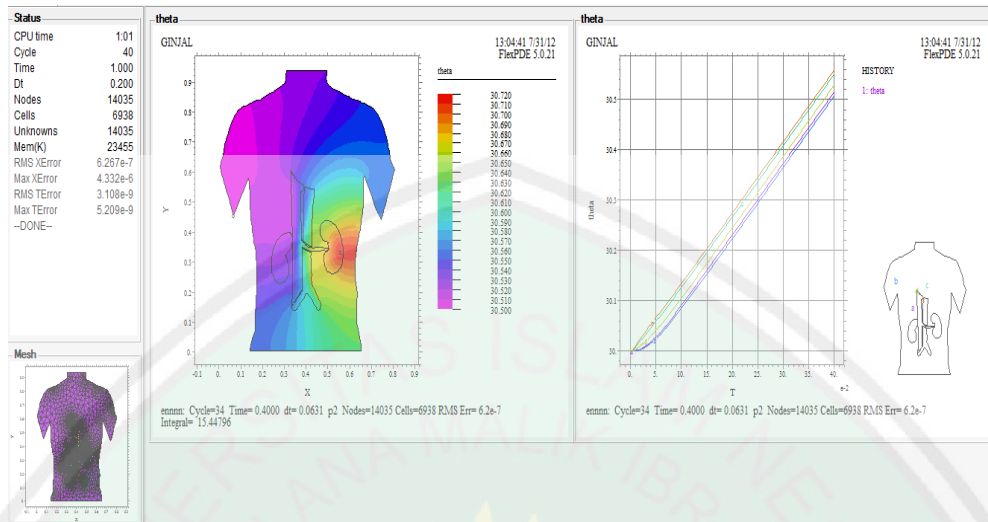
Pada Gambar 3.4 pengukuran pada saat  $t= 0.2$ , panas yang ditimbulkan oleh radiasi akan bergerak secara eksponensial, semakin menyebar dan meningkat suhunya pada daerah kapsula dan selaput lemak, dan juga pada materi yang lain. Pada daerah a suhunya 30.320-30.440 dan pada daerah b suhunya 30.210-30.330.

Pengukuran pada saat  $t=0.3$

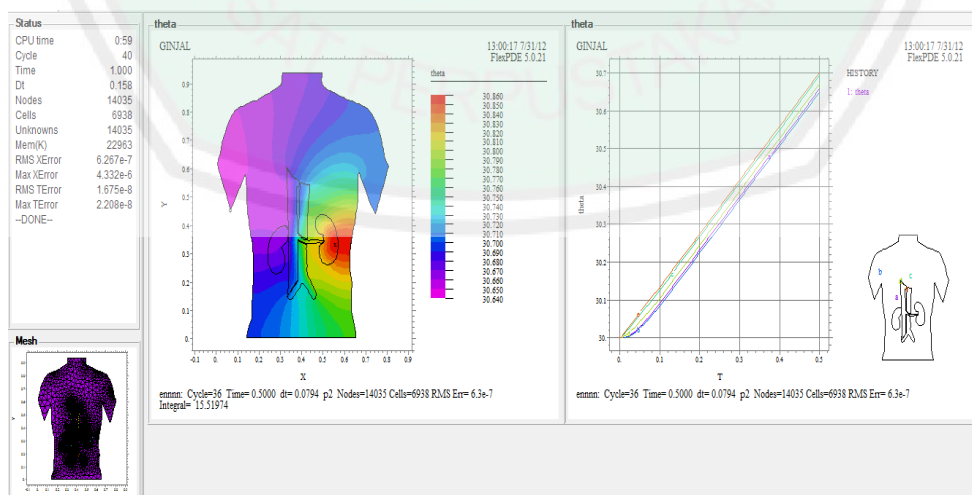


Gambar 3.5. Histori Titik-titik Saat  $t=0.3$

Pada Gambar 3.5 pengukuran pada saat  $t= 0.3$ , panas yang ditimbulkan oleh radiasi akan bergerak secara eksponensial, semakin menyebar dan meningkat suhunya pada daerah kapsula dan selaput lemak, dan juga pada materi yang lain. Pada daerah a suhunya 30.470-30.580 dan pada daerah b suhunya 30.360-30.460.

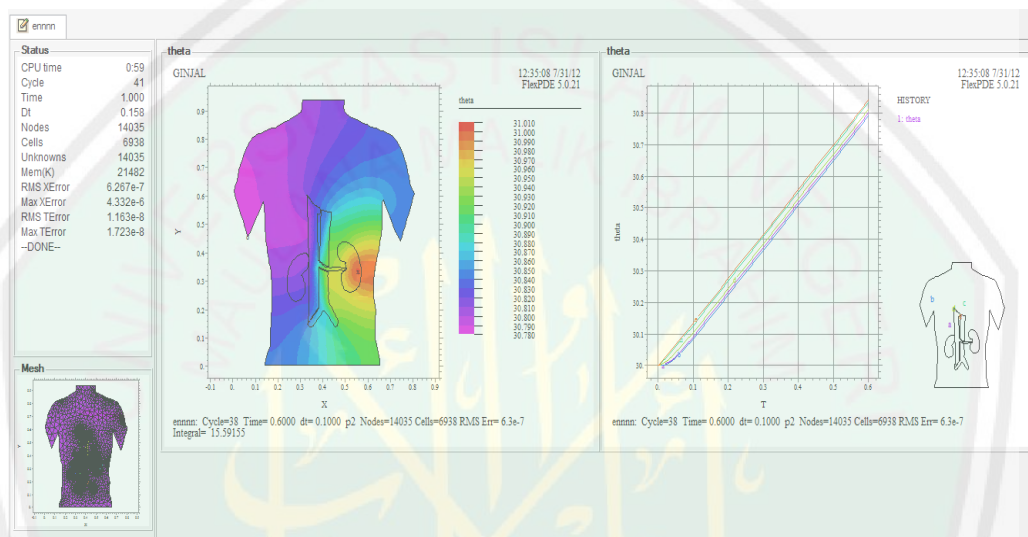
Pengukuran pada saat  $t=0.4$ Gambar 3.6. Histori Titik-titik Saat  $t=0.4$ 

Pada Gambar 3.6 pengukuran pada saat  $t=0.4$ , panas yang ditimbulkan oleh radiasi akan bergerak secara eksponensial, semakin menyebar dan meningkat suhunya pada daerah kapsula dan selaput lemak, dan juga pada materi yang lain. Pada daerah a suhunya 30.600-30.720 dan pada daerah b suhunya 30.500-30.590.

Pengukuran pada saat  $t=0.5$ Gambar 3.7. Histori Titik-titik Saat  $t=0.5$

Pada Gambar 3.7 pengukuran pada saat  $t=0.5$ , panas yang ditimbulkan oleh radiasi akan bergerak secara eksponensial, semakin menyebar dan meningkat suhunya pada daerah kapsula dan selaput lemak, dan juga pada materi yang lain. Pada daerah a suhunya 30.750-30.860 dan pada daerah b suhunya 30.640-30.740.

Pengukuran pada saat  $t=0.6$ (Akhir pemanasan)



Gambar 3.8. History Titik-titik Pengukuran pada Akhir Pemanasan

Hasil pengukuran akhir pemanasan memperlihatkan pada Gambar 3.8, dari proses pemanasan yang ditimbulkan oleh radiasi gelombang elektromagnetik, bahwa suhu panas semakin lama waktu pemanasan semakin meningkat suhu pada daerah kapsula dan selaput lemak, sehingga pada waktu pemanasan terakhir yaitu saat  $t=0.6$ , suhu tertinggi tepat mengenai daerah yang memiliki sifat difusitas terendah yaitu ginjal (x) temperatur pada masing-masing materi lainnya juga meningkat, dan khususnya untuk daerah yang terkena langsung gelombang elektromagnetik terjadi perubahan temperatur yang drastis. Pada daerah a suhunya 30.890-31.010 dan pada daerah b suhunya 30.780-30.880.

Atau untuk kasus I dapat kita interpretasikan dengan table:

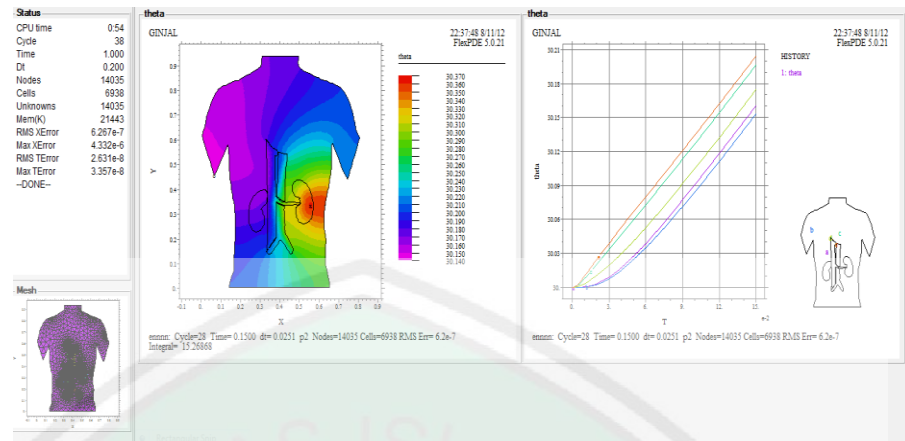
Tabel 3.1 Pemanasan pada Materi (Ginjal) oleh Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel Saat  $k(\theta) = \mu e^{\gamma\theta}$ .

Waktu Pemanasan(saat t)	Suhu
0.1	30.070 - 30.290
0.2	30.210 - 30.440
0.3	30.360 - 30.580
0.4	30.500 - 30.720
0.5	30.640 - 30.860
0.6	30.780- 31.010

Dari Tabel 3.1, menunjukkan hasil perhitungan numerik dengan bantuan program FlexPDE tentang pengaruh radiasi gelombang elektromagnetik ponsel pada ginjal dengan  $k(\theta) = \mu e^{\gamma\theta}$   $\delta_1 = 5$ ,  $\alpha_1 = 0.01$   $\mu = 3$ ,  $\gamma = 0.005$  pada saat posisi ponsel berada disaku celana yang dipengaruhi oleh pergerakan waktu dan perubahan energi listrik, sehingga dapat disimpulkan bahwa, semakin lama waktu pemanasan yang ditimbulkan oleh radiasi gelombang elektromagnetik ponsel, suhu pada masing-masing materi akan semakin meningkat.

**b. Kasus II, jika dengan  $k(\theta) = \mu$   $\delta_1 = 5$ ,  $\alpha_1 = 0.1$   $\mu = 3$ ,  $\gamma = 0.005$**

Pada kasus ini, besar intensitas medan listrik dan sifat auto catalytic pada materi diberikan berturut-turut  $\delta_1 = 5$  dan  $\alpha_1 = 0.1$   $\mu = 3$ ,  $\gamma = 0.005$  dengan fungsi difusivitas  $k(\theta) = \mu$  Berikut ini adalah gambar-gambar hasil perhitungan numerik untuk beberapa waktu tertentu ketika proses pemanasan terjadi.

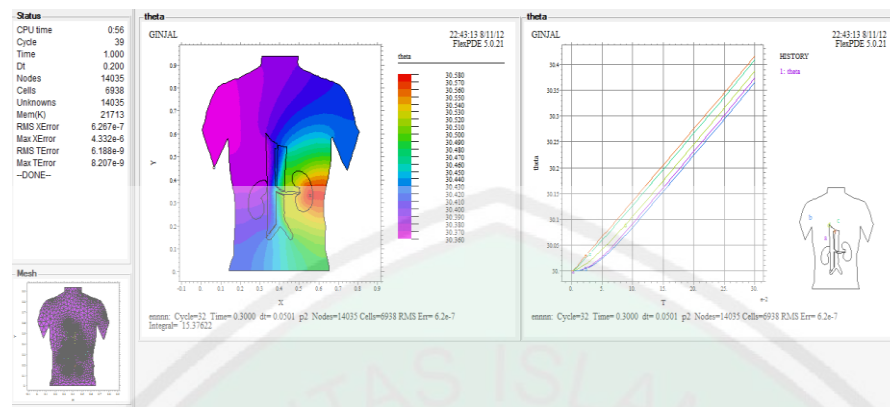


Gambar 3.9. Kurva Ketinggian pada Awal-awal Pemanasan, History pada Titik-titik Pengukuran Awal Pemanasan

Hasil pengukuran awal pemanasan pada Gambar 3.9 saat  $t = 15$  memperlihatkan, ketika gelombang elektromagnetik mengenai materi terjadi proses pemanasan dari materi, temperatur pada masing-masing materi meningkat, dan khususnya untuk daerah yang terkena langsung gelombang elektromagnetik terjadi perubahan temperatur yang drastis. Sumber radiasi gelombang elektromagnetik terletak pada daerah pinggang karena daerah tersebut paling dekat dengan ginjal, sehingga perubahan temperatur yang drastis terjadi pada daerah pinggang seperti pada daerah kapsula, selaput lemak dan ginjal yaitu antara suhu 30.140 – 30.370. Untuk daerah yang lain seperti **a** dan **b**, serta juga terjadi perubahan temperatur. Besar suhu pada **a** antara 30.260 – 30.370, **b** antara 30.140 – 30.250. Memperhatikan proses pemanasan pada materi yang terjadi pada Gambar 3.15, pada daerah **a** mengalami pemanasan internal yang sangat dinamis karena daerah tersebut memiliki sifat difusivitas materi yang lebih rendah dari materi yang lain, sehingga lebih cepat dalam penyerapan panas.

Selanjutnya untuk mengetahui apakah dengan bertambahnya waktu, suhu yang ditimbulkan radiasi akan bertambah meningkat, dengan ini dilakukan pengukuran pada saat-saat  $t$  tertentu:

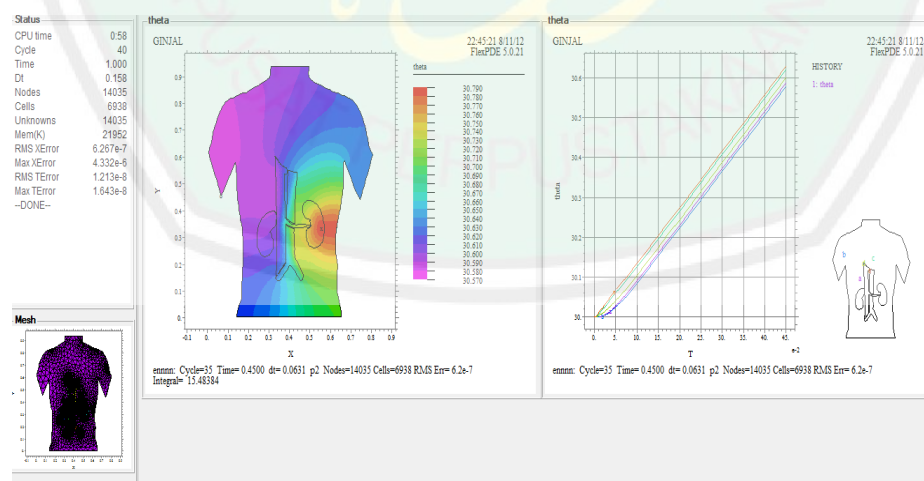
### Pengukuran panas pada saat $t=30$



Gambar 3.10. History Titik-titik Saat  $t=30$

Pada Gambar 3.10 pengukuran pada saat  $t= 0.30$ , panas yang ditimbulkan oleh radiasi akan bergerak secara eksponensial, semakin menyebar dan meningkat suhunya pada daerah kapsula dan selaput lemak, dan juga pada materi yang lain. Pada daerah a suhunya 30.470 – 30.580 dan pada daerah b suhunya 30.360 – 30.460.

### Pengukuran panas pada saat $t=45$

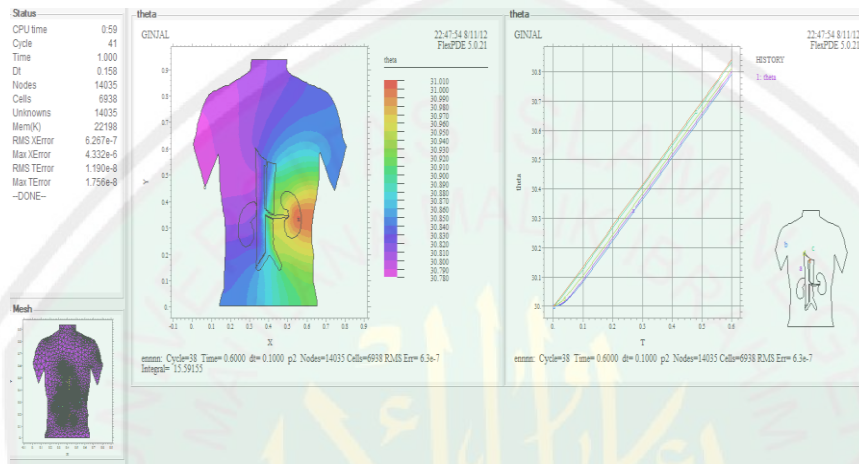


Gambar 3.11. History Titik-titik Saat  $t=45$

Pada Gambar 3.11 pengukuran pada saat  $t= 0.45$ , panas yang ditimbulkan oleh radiasi akan bergerak secara eksponensial, semakin menyebar dan meningkat

suhunya pada daerah kapsula dan selaput lemak dan juga pada materi yang lain. Untuk daerah yang lain seperti **a** dan **b**, serta juga terjadi perubahan temperatur. Besar suhu pada a antara 30.680 – 30.790, b antara 30.570 – 30.670.

Pengukuran panas pada akhir pemanasan saat  $t=60$



Gambar 3.12. History Titik-titik Pengukuran pada Akhir Pemanasan

Hasil pengukuran akhir pemanasan pada Gambar 3.12 saat  $t= 0.60$  pemanasan memperlihatkan, dari proses pemanasan yang ditimbulkan oleh radiasi gelombang elektromagnetik, bahwa semakin lama proses pemanasan, suhu panas semakin meningkat pada daerah sekitar pinggang yaitu, kapsula dan selaput lemak sehingga Suhu tertinggi tepat mengenai daerah yang memiliki sifat difusifitas terendah yaitu ginjal (x) temperatur pada masing-masing materi lainnya juga meningkat, dan khususnya untuk daerah yang terkena langsung gelombang elektromagnetik terjadi perubahan temperatur yang drastis. Pada daerah a suhunya 30.900 – 31.010 dan pada daerah b suhunya 30.780 – 30.890.

Atau untuk kasus II dapat kita interpretasikan dengan tabel:

Tabel 3.2 Pemanasan pada Materi (Ginjal) oleh Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel Saat  $k(\theta) = \mu$ .

Waktu Pemanasan(saat t)	Suhu
0.15	30.140 – 30.370
0.30	30.360 – 30.580
0.45	30.570 – 30.790
0.60	30.780 - 31010

Dari Tabel 3.2, menunjukkan hasil perhitungan numerik dengan bantuan program FlexPDE tentang pengaruh radiasi gelombang elektromagnetik ponsel pada ginjal dengan  $k(\theta) = \mu$ ,  $\delta_1 = 5$ ,  $\alpha_1 = 0.1$ ,  $\mu = 3$ ,  $\gamma = 0.005$  pada saat posisi ponsel berada disaku celana yang dipengaruhi oleh pergerakan waktu dan perubahan energi listrik, sehingga dapat disimpulkan bahwa, semakin lama waktu pemanasan yang ditimbulkan oleh radiasi gelombang elektromagnetik ponsel, suhu pada masing-masing materi akan semakin meningkat, dan khususnya daerah yang mempunyai sifat difusifitas terendah akan terkena panas yang sangat tinggi, karena daerah tersebut adalah paling dekat dengan sumber pemanasan, yaitu ketika ponsel berada disaku celana.

### 3.4 Dampak Radiasi Elektromagnetik HP Menurut Pandangan Islam

Dampak radiasi elektromagnetik HP bisa dikatakan sebagai suatu kerusakan. Kerusakan tersebut terjadi akibat ulah manusia sendiri seperti yang telah diterangkan dalam Al-Qur'an :

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ  
مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿١٠٤﴾

*“dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah Amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik”(QS Al-A’raff 7:56)*

Kerusakan yang dilakukan oleh manusia pasti akan berdampak pada diri manusia itu sendiri seperti yang telah diterangkan dalam Al-Qur’an :

ذَلِكَ بِمَا قَدَّمْت أَيْدِيكُمْ وَأَنْتَ اللَّهُ لَيْسَ بِظَلَمٍ لِلْعَبِيدِ ﴿٥١﴾

*“demikian itu disebabkan oleh perbuatan tanganmu sendiri. Sesungguhnya Allah sekali-kali tidak Menganiaya hamba-Nya”(QS Al-Anfaal 8:51)*

Ayat diatas menjelaskan tentang dampak atau akibat dari segala perbuatan yang dilakukan oleh manusia pasti akan kembali berdampak pada diri manusia itu sendiri.

Dalam hal ini penulis mendefinisikannya jika letak HP berada dekat dengan organ vital tubuh manusia khususnya ginjal.

Segala kegiatan manusia saat ini seolah-olah sangat bergantung pada HP. Wajar saja karena di zaman sekarang ini teknologi dan informasi sangat dibutuhkan manusia. Siapa, dimana dan kapan saja segala kegiatan manusia saat ini tidak lepas dari HP. Hal inilah yang menimbulkan dampak buruk bagi penggunaan HP. Dalam Al-Qur’an dijelaskan :

وَلَنُذِيقَنَّهُمْ مِنَ الْعَذَابِ الْأَدْنَىٰ دُونَ الْعَذَابِ الْأَكْبَرِ لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٢١﴾

*“dan Sesungguhnya Kami merasakan kepada mereka sebahagian azab yang dekat (di dunia) sebelum azab yang lebih besar (di akhirat), Mudah-mudahan mereka kembali (ke jalan yang benar).” (As-Sajdah 32:21)*

Maksud dari ayat diatas adalah penyakit yang diderita akibat perbuatan manusia sendiri.

Lebih jelasnya kita lihat bagaimana Al Qur'an menjawab masalah tersebut  
Penciptaan manusia adalah terdiri dari :

- a. Tubuh diciptakan dari tanah.
- b. Nyawa berpusat di otak sebagai pengendali seluruh anggota tubuh .
- a. Jiwa berpusat di hati sebagai filter darah sebelum ke otak .
- b. Roh ( listrik atau energi ) .

Masing-masing bagian tersebut memiliki daya atau energi sendiri-sendiri. Daya masing-masing harus seimbang, apabila dari salah satu berkurang, berlebihan atau berubah dayanya maka itulah yang disebut dengan penyakit (Diansyah, 2012).

Para peneliti di Inggris, mengatakan radiasi elektromagnetik dari telepon genggam dapat merusak DNA dan mengakibatkan tumor otak. Pada penderita tumor otak, terjadi pembesaran volume otak, sedangkan ukuran wadahnya yang dibatasi tulang tengkorak tidak berubah. Sebagai akibatnya, terjadi peninggian tekanan di dalam rongga kepala. Peninggian tekanan ini menyebabkan penekanan pada selaput otak sehingga penderita mengeluh sakit kepala. Selain itu, penambahan volume juga meninggikan tekanan cairan LCS. LCS (*cerbrospinal space*) merupakan cairan otak yang dihasilkan melalui proses di empat rongga yang terdapat di dalam otak (*brain ventricle*). Dua yang pertama terdapat di otak besar kiri kanan (*lateral ventricle*), dari sana LCS dialirkan ke rongga tengah (*third ventricle*), lalu setelah ditambah LCS produk rongga itu dialirkan lagi melalui saluran di batang otak (*fourth ventricle*). Rongga terakhir ini juga menghasilkan LCS yang selanjutnya dialirkan melalui dua pasang lubang keluar, dari rongga ini menuju lapisan subarachnoid. Gangguan aliran LCS pada salah

satu bagian tersebut pada orang yang terkena infeksi radiasi telepon genggam menyebabkan peninggian tekanan cairan LCS. Peninggian tekanan ini dapat diukur melalui pengukuran dengan alat yang dipasang di daerah pinggang.mata (*optic disc*). Oleh karena itu, dugaan adanya kanker otak dapat diketahui melalui pemeriksaan mata dengan oftalmoskop. Pada pemeriksaan ini akan terlihat bagian optic disc bengkak dan keruh. Permukaan otak yang berlekuk-lekuk akibat adanya tonjolan (*gyrus*) dan lekukan (*sulcus*) yang membantu memperluas permukaan otak. Makin luas permukaan otak, makin luas pula lapisan luar (*cortex*) otak sehingga makin banyak sel saraf yang dapat menempatnya. Jumlah sel saraf yang lebih banyak ini dianggap makin menguntungkan karena seseorang diharapkan lebih pandai jika sela sarafnya lebih pandai. Karena itu, seseorang yang sering menggunakan telepon genggam dalam jangka waktu yang panjang akan mengalami lemah otak, akibat semakin banyaknya sel saraf yang hilang karena radiasi gelombang elektromagnetik yang dihasilkan telepon genggam tersebut. Untuk menjalankan fungsinya meneruskan impuls atau rangsangan, terjadi aliran listrik pada sel saraf. Aliran listrik itu pada hakikatnya ditimbulkan oleh pergerakan ion negatif dan ion positif keluar masuk sel dan menyebrang dari satu serabut ke serabut yang lain. Dengan adanya gerakan listrik ini, cortex atau lapisan kelabu otak dapat diperiksa keadaannya dengan elektroensefalo grafi (EEG) (Kurniadi, 2012).

Terlalu berlebihan dalam penggunaan HP akan berdampak buruk pada kesehatan tubuh manusia. Segala sesuatu dan urusan yang berlebih-lebihan atau melampaui batas sangatlah tidak baik. Dalam Al-Qur'an dijelaskan :

﴿ يَبْنِي ۡءَادَمَ خُذُوا زِينَتَكُمْ عِنْدَ كُلِّ مَسْجِدٍ وَكُلُوا وَاشْرَبُوا وَلَا تُسْرِفُوا ۚ إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ ﴾

*“Hai anak Adam, pakailah pakaianmu yang indah di Setiap (memasuki) mesjid[534], Makan dan minumlah, dan janganlah berlebih-lebihan[535]. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berlebih-lebihan”. (QS Al-A’raf: 31)*

[534] Maksudnya: tiap-tiap akan mengerjakan sembahyang atau thawaf keliling ka’bah atau ibadat-ibadat yang lain.

[535] Maksudnya: janganlah melampaui batas yang dibutuhkan oleh tubuh dan jangan pula melampaui batas-batas makanan yang diharamkan.



## BAB IV

### PENUTUP

#### 4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari masalah aplikasi pemodelan matematika tentang bagaimana radiasi gelombang elektromagnetik ponsel pada ginjal adalah:

1. Radiasi pada dasarnya adalah suatu cara perambatan energi dari sumber energi ke lingkungannya tanpa membutuhkan perantara. Misalnya ponsel.
2. Model matematika yang digunakan untuk radiasi gelombang elektromagnetik ponsel terhadap ginjal (tubuh manusia) adalah:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \nabla \circ (k(\theta) \nabla \theta) + \delta E(x, y) f(\theta).$$

Dimana:

$$k(\theta) = \mu e^{\gamma \theta}, \text{ dengan } k(\theta) > 0, k'(\theta) > 0$$

$$f(\theta) = e^{\frac{\alpha \theta}{\alpha + \theta}} \text{ untuk suatu } \alpha > 0, \text{ dengan } f(\theta) > 0, f'(\theta) > 0.$$

Domain D dengan syarat awal dan syarat batas

$$\theta(x, y, t) = h(x, y) \geq 0, \frac{\partial}{\partial n} \theta(x, y, t) = 0 \text{ pada } \partial D.$$

Di mana domain D adalah materi 2D yang berbentuk ginjal manusia yang dikonstruksi oleh beberapa titik terhubung dengan beberapa bagian pada tubuh memiliki sifat difusivitas berbeda.

3. Untuk menampilkan gambar dan grafik digunakan perhitungan numerik dengan bantuan program FlexPDE.

4. Dari beberapa kasus yang telah dikaji pada Bab III dapat disimpulkan bahwa temperatur setiap materi akan semakin naik dari waktu ke waktu jika intensitas energi listrik dan nilai sifat auto catalytic pada materi semakin besar. Dari kedua faktor (intensitas energi listrik dan nilai sifat auto catalytic pada materi) yang mempengaruhi temperatur pada proses radiasi gelombang elektromagnetik ponsel yang lebih berpengaruh adalah sifat auto catalytic pada materi. Tetapi jika dilihat dari fungsi difusivitas yang tidak konstan yaitu  $k(\theta) = \mu e^{\gamma\theta}$  dan  $k(\theta) = \mu$  yang lebih mempengaruhi besar perubahan temperatur pada setiap materi khususnya materi yang dekat dengan sumber radiasi dan materi yang memiliki sifat difusivitas paling kecil.

#### 4.2 Saran

1. Gunakan ponsel dalam kondisi sinyal terkuat. Semakin lemah sinyal, semakin banyak frekuensi radio yang digunakan agar bisa terhubung. Artinya akan semakin besar radiasi yang ditimbulkan oleh gelombang elektromagnetik ponsel.
2. Menaruh ponsel dalam tas, yang dijinjing kemana-mana sehingga ponsel tidak berdekatan langsung dengan anggota tubuh manusia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Ariffaizal. 2008. *Keburukan Gelombang Elektromagnetik* (diunduh pada tanggal 8 Agustus 2012).
- Ayres, Frank. 1992. *Persamaan Differensial dalam Satuan SI Metric*. Erlangga: Jakarta.
- Chandra, D,dkk. 1996. *On the Formation of Hotspot in Microwave Heating*. Proc. Of ICDE'96, 245 – 255.
- Diansyah, Shopan. 2012. *AL QUR'AN menjelaskan PENYAKIT,PENYEBAB, DAN PENYEMBUHANNYA*. <http://fankinet.blogspot.com/2012/03/al-quran-menjelaskan-penyakit-penyebab.html> (diunduh pada tanggal 9 Agustus 2012).
- Djoker. 2010. *Medan Listrik*. [http://www.4shared.com/dir/\\_YZFsZ7Z/sharing.html](http://www.4shared.com/dir/_YZFsZ7Z/sharing.html) (diakses tanggal 5 Agustus 2012).
- Fauziah, Binti Isroul. 2010. *Pemodelan Matematika tentang Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel terhadap Tubuh Manusia*. Skripsi. Tidak diterbitkan. Malang : Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Hermawan, Andreas. 2011. *Cara Sederhana Membuktikan Bahaya Radiasi Elektromagnetik HP*.
- Jamilia, Yuli Hikma. 2008. *Cayley Color Graph dari Grup Simetri dan Grup Dehidral*. Skripsi. Tidak diterbitkan. Malang: UIN Press.
- Khatimah, Nurul. 2009. *Aplikasi Gelombang dibidang Kedokteran* in Uncategorized.
- Kobb. B.Z.1993. *Personal wireless, IEEE Spectrum*. Juni 1993.
- Mahardika, I Putu, dkk. 2009. *Efek Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel terhadap Kesehatan Manusia*. diakses pada tanggal 2 Januari 2010.
- Nusantara, Toto. 2001. *Pemanasan dengan microwave: pembentukan bintik panas pada materi 2-D*. Makalah tidak diterbitkan. Malang: FMIPA UM.
- Pagalay, Usman. 2009. *Mathematical Modelling*. UIN Malang Press (Anggota IKAPI): Malang.
- Rahman, Fazlur 1983. *Tema-tema Pokok al-Qur'an*. terj. Anas Mahyudin. Judul Asli: Major Themes of the Qur'an. Bandung: Pustaka.
- Swamardika, I.B. Alit. 2009. *Pengaruh Radiasi Gelombang Elektromagnetik Terhadap Kesehatan Manusia*. Bali: Fakultas Teknik Universitas Udayana.

Wanara, Ciung. 2012. *Ginjal dan Bagiannya*. <http://dimas-zone.blogspot.com>  
(diunduh pada tanggal 8 Agustus 2012).



## LAMPIRAN

## LAMPIRAN 1

TITLE 'GINJAL'

select

{vectorgrid=70}

VARIABLES

theta(100)

DEFINITIONS

mu = 3

delta = 5

gamma = 0.005

alpha = 2

k = mu

f = exp(alpha\*theta/(theta+alpha))

{E= exp(-((x-0.500)^2+(y-0.45)^2)/0.1^2)}

E= exp(-((x-0.6)^2+(y-0.35)^2)/0.1^2)

INITIAL VALUES

theta=30

EQUATIONS

div(k\*grad(theta))+delta\*E\*f=dt(theta)

BOUNDARIES

REGION 1 'Body'

start(0.142,0.003)

natural(theta)=0

line to (0.146,0.022) to (0.152,0.043) to (0.158,0.057) to (0.165,0.071) to (0.166,0.093)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.166) to (0.172,0.196) to (0.174,0.224) to (0.174,0.280) to (0.172,0.297)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.332) to (0.161,0.366) to (0.152,0.417) to (0.146,0.446) to (0.142,0.516)

natural(theta)=0

line to (0.137,0.581) to (0.067,0.457) to (0.004,0.617) to (0.017,0.647) to (0.027,0.693)

natural(theta)=0

line to (0.038,0.721) to (0.057,0.763) to (0.074,0.789) to (0.089,0.805) to (0.106,0.815)

natural(theta)=0

line to (0.139,0.826) to (0.148,0.830) to (0.161,0.835) to (0.174,0.839) to (0.184,0.839)

natural(theta)=0

line to (0.194,0.843) to (0.222,0.855) to (0.303,0.894) to (0.306,0.905)

natural(theta)=0

```

line to (0.310,0.939) to (0.495,0.939) to (0.493,0.912) to (0.496,0.900) to
(0.501,0.892)
natural(theta)=0
line to (0.508,0.885) to (0.520,0.880) to (0.606,0.847) to (0.612,0.844) to
(0.624,0.840)
natural(theta)=0
line to (0.637,0.839) to (0.650,0.834) to (0.657,0.831) to (0.675,0.825) to
(0.700,0.816)
natural(theta)=0
line to (0.710,0.810) to (0.724,0.797) to (0.736,0.783) to (0.752,0.756) to
(0.769,0.714)
natural(theta)=0
line to (0.779,0.675) to (0.780,0.678) to (0.782,0.663) to (0.787,0.647) to
(0.793,0.631)
natural(theta)=0
line to (0.806,0.608) to (0.746,0.442) to (0.718,0.481) to (0.689,0.543) to
(0.668,0.587)
natural(theta)=0
line to (0.664,0.581) to (0.664,0.515) to (0.663,0.492) to (0.660,0.475) to
(0.656,0.450)
natural(theta)=0
line to (0.648,0.409) to (0.631,0.344) to (0.632,0.347) to (0.627,0.321) to
(0.626,0.304)
natural(theta)=0
line to (0.624,0.282) to (0.626,0.245) to (0.636,0.187) to (0.632,0.176) to
(0.633,0.146)
natural(theta)=0
line to (0.632,0.132) to (0.631,0.117) to (0.631,0.107) to (0.635,0.087) to
(0.649,0.036)
natural(theta)=0
line to (0.654,0.003)
line to close

```

Region 2 'Ginjal Kiri'

```

mu=0.25
start(0.277,0.229)
natural(theta)=0
line to (0.263,0.234) to (0.256,0.246) to (0.247,0.258) to (0.243,0.266) to
(0.242,0.275)
natural(theta)=0
line to (0.242,0.304) to (0.244,0.326) to (0.247,0.342) to (0.257,0.357) to
(0.267,0.373)
natural(theta)=0
line to (0.283,0.387) to (0.302,0.395) to (0.315,0.399) to (0.323,0.400) to
(0.328,0.396)
natural(theta)=0
line to (0.335,0.389) to (0.337,0.383) to (0.335,0.356) to (0.330,0.343) to
(0.324,0.338)

```

```

natural(theta)=0
line to (0.319,0.337) to (0.314,0.330) to (0.306,0.322) to (0.303,0.320) to
(0.307,0.319)
natural(theta)=0
line to (0.311,0.313) to (0.314,0.305) to (0.316,0.298) to (0.321,0.294) to
(0.322,0.277)
natural(theta)=0
line to (0.322,0.264) to (0.316,0.253) to (0.303,0.236) to (0.298,0.233) to
(0.285,0.230)
line to close

```

#### Region 3 'Ginjal Kanan'

```

mu=0.5
start(0.486,0.439)
natural(theta)=0
line to (0.471,0.428) to (0.465,0.417) to (0.464,0.402) to (0.466,0.389) to
(0.471,0.381)
natural(theta)=0
line to (0.476,0.375) to (0.483,0.369) to (0.487,0.368) to (0.493,0.368) to
(0.496,0.368)
natural(theta)=0
line to (0.501,0.367) to (0.501,0.364) to (0.499,0.361) to (0.501,0.355) to
(0.502,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.505,0.343) to (0.499,0.338) to (0.490,0.334) to (0.485,0.330) to
(0.480,0.319)
natural(theta)=0
line to (0.480,0.311) to (0.483,0.296) to (0.488,0.283) to (0.492,0.275) to
(0.499,0.269)
natural(theta)=0
line to (0.509,0.265) to (0.517,0.262) to (0.526,0.262) to (0.535,0.265) to
(0.549,0.272)
natural(theta)=0
line to (0.560,0.281) to (0.566,0.299) to (0.570,0.319) to (0.570,0.338) to
(0.568,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.562,0.377) to (0.554,0.398) to (0.544,0.413) to (0.532,0.425) to
(0.516,0.434)
natural(theta)=0
line to (0.502,0.438) to (0.488,0.439)
line to close

```

#### Region 4 'Selang Biru'

```

mu=0.05
start(0.328,0.603)
natural(theta)=0
line to (0.330,0.599) to (0.339,0.316) to (0.339,0.188) to (0.339,0.183) to
(0.336,0.178)

```

natural(theta)=0  
 line to (0.334,0.172) to (0.333,0.162) to (0.334,0.154) to (0.342,0.161) to  
 (0.348,0.168)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.357,0.179) to (0.367,0.191) to (0.375,0.201) to (0.381,0.208) to  
 (0.381,0.212)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.381,0.221) to (0.381,0.350) to (0.390,0.346) to (0.398,0.343) to  
 (0.410,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.423,0.336) to (0.429,0.336) to (0.440,0.336) to (0.444,0.336) to  
 (0.451,0.336)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.460,0.336) to (0.464,0.338) to (0.467,0.338) to (0.472,0.339) to  
 (0.475,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.481,0.339) to (0.487,0.338) to (0.492,0.338) to (0.495,0.338) to  
 (0.499,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.502,0.340) to (0.502,0.342) to (0.502,0.345) to (0.500,0.346) to  
 (0.495,0.347)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.491,0.347) to (0.484,0.347) to (0.478,0.348) to (0.472,0.349) to  
 (0.467,0.349)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.462,0.349) to (0.459,0.348) to (0.454,0.348) to (0.447,0.348) to  
 (0.440,0.348)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.433,0.347) to (0.420,0.349) to (0.409,0.351) to (0.403,0.355) to  
 (0.396,0.360)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.389,0.365) to (0.384,0.369) to (0.380,0.374) to (0.378,0.379) to  
 (0.378,0.392)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.379,0.412) to (0.377,0.434) to (0.376,0.443) to (0.375,0.461) to  
 (0.374,0.479)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.374,0.499) to (0.374,0.513) to (0.374,0.528) to (0.374,0.535) to  
 (0.375,0.537)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.377,0.538) to (0.378,0.538) to (0.379,0.538) to (0.380,0.536) to  
 (0.381,0.534)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.383,0.535) to (0.385,0.537) to (0.388,0.539) to (0.388,0.544) to  
 (0.388,0.550)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.388,0.554) to (0.387,0.556) to (0.386,0.558) to (0.382,0.560) to  
 (0.376,0.563)

```

natural(theta)=0
line to (0.370,0.565) to (0.361,0.569) to (0.356,0.574) to (0.353,0.577) to
(0.349,0.581)
natural(theta)=0
line to (0.345,0.586) to (0.343,0.589) to (0.340,0.592) to (0.337,0.595) to
(0.334,0.598)
line to close

```

Region 5 'Selang Merah'

```

mu=0.025
start(0.392,0.550)
natural(theta)=0
line to (0.390,0.522) to (0.388,0.492) to (0.388,0.454) to (0.387,0.419) to
(0.386,0.385)
natural(theta)=0
line to (0.387,0.370) to (0.399,0.364) to (0.400,0.362) to (0.405,0.358) to
(0.412,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.419,0.353) to (0.427,0.351) to (0.427,0.362) to (0.427,0.394) to
(0.427,0.422)
natural(theta)=0
line to (0.430,0.472) to (0.432,0.496) to (0.437,0.516) to (0.436,0.540) to
(0.436,0.542)
natural(theta)=0
line to (0.420,0.545) to (0.401,0.549)
Line to close

```

Region 6 'Selang Merah 2'

```

mu=0.050
start(0.382,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.383,0.207) to (0.332,0.150) to (0.336,0.143) to (0.342,0.139) to
(0.351,0.140)
natural(theta)=0
line to (0.362,0.148) to (0.373,0.161) to (0.385,0.174) to (0.393,0.182) to
(0.397,0.193)
natural(theta)=0
line to (0.401,0.196) to (0.410,0.192) to (0.416,0.185) to (0.429,0.172) to
(0.438,0.160)
natural(theta)=0
line to (0.455,0.139) to (0.460,0.141) to (0.465,0.147) to (0.467,0.156) to
(0.468,0.161)
natural(theta)=0
line to (0.463,0.168) to (0.426,0.228) to (0.424,0.238) to (0.425,0.258) to
(0.421,0.320)
natural(theta)=0
line to (0.423,0.333) to (0.413,0.335) to (0.399,0.340) to (0.387,0.345)
line to clos

```

time 0 by 0.01 to 0.1

PLOTS

for  $t=0$  by 0.01 to 0.1

CONTOUR(theta) painted



## LAMPIRAN 2

TITLE 'GINJAL'

select

{vectorgrid=70}

VARIABLES

theta(100)

DEFINITIONS

mu = 3

delta =5

gamma = 0.005

alpha = 2

k = mu

f = exp(alpha\*theta/(theta+alpha))

{E= exp(-((x-0.500)^2+(y-0.45)^2)/0.1^2)}

E= exp(-((x-0.6)^2+(y-0.35)^2)/0.1^2)

INITIAL VALUES

theta=30

EQUATIONS

div(k\*grad(theta))+delta\*E\*f=dt(theta)

BOUNDARIES

REGION 1 'Body'

start(0.142,0.003)

natural(theta)=0

line to (0.146,0.022) to (0.152,0.043) to (0.158,0.057) to (0.165,0.071) to (0.166,0.093)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.166) to (0.172,0.196) to (0.174,0.224) to (0.174,0.280) to (0.172,0.297)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.332) to (0.161,0.366) to (0.152,0.417) to (0.146,0.446) to (0.142,0.516)

natural(theta)=0

line to (0.137,0.581) to (0.067,0.457) to (0.004,0.617) to (0.017,0.647) to (0.027,0.693)

natural(theta)=0

line to (0.038,0.721) to (0.057,0.763) to (0.074,0.789) to (0.089,0.805) to (0.106,0.815)

natural(theta)=0

line to (0.139,0.826) to (0.148,0.830) to (0.161,0.835) to (0.174,0.839) to (0.184,0.839)

natural(theta)=0

line to (0.194,0.843) to (0.222,0.855) to (0.303,0.894) to (0.306,0.905)

natural(theta)=0

line to (0.310,0.939) to (0.495,0.939) to (0.493,0.912) to (0.496,0.900) to (0.501,0.892)

natural(theta)=0

```

line to (0.508,0.885) to (0.520,0.880) to (0.606,0.847) to (0.612,0.844) to
(0.624,0.840)
natural(theta)=0
line to (0.637,0.839) to (0.650,0.834) to (0.657,0.831) to (0.675,0.825) to
(0.700,0.816)
natural(theta)=0
line to (0.710,0.810) to (0.724,0.797) to (0.736,0.783) to (0.752,0.756) to
(0.769,0.714)
natural(theta)=0
line to (0.779,0.675) to (0.780,0.678) to (0.782,0.663) to (0.787,0.647) to
(0.793,0.631)
natural(theta)=0
line to (0.806,0.608) to (0.746,0.442) to (0.718,0.481) to (0.689,0.543) to
(0.668,0.587)
natural(theta)=0
line to (0.664,0.581) to (0.664,0.515) to (0.663,0.492) to (0.660,0.475) to
(0.656,0.450)
natural(theta)=0
line to (0.648,0.409) to (0.631,0.344) to (0.632,0.347) to (0.627,0.321) to
(0.626,0.304)
natural(theta)=0
line to (0.624,0.282) to (0.626,0.245) to (0.636,0.187) to (0.632,0.176) to
(0.633,0.146)
natural(theta)=0
line to (0.632,0.132) to (0.631,0.117) to (0.631,0.107) to (0.635,0.087) to
(0.649,0.036)
natural(theta)=0
line to (0.654,0.003)
line to close

```

Region 2 'Ginjal Kiri'

```

mu=0.25
start(0.277,0.229)
natural(theta)=0
line to (0.263,0.234) to (0.256,0.246) to (0.247,0.258) to (0.243,0.266) to
(0.242,0.275)
natural(theta)=0
line to (0.242,0.304) to (0.244,0.326) to (0.247,0.342) to (0.257,0.357) to
(0.267,0.373)
natural(theta)=0
line to (0.283,0.387) to (0.302,0.395) to (0.315,0.399) to (0.323,0.400) to
(0.328,0.396)
natural(theta)=0
line to (0.335,0.389) to (0.337,0.383) to (0.335,0.356) to (0.330,0.343) to
(0.324,0.338)
natural(theta)=0
line to (0.319,0.337) to (0.314,0.330) to (0.306,0.322) to (0.303,0.320) to
(0.307,0.319)

```

```

natural(theta)=0
line to (0.311,0.313) to (0.314,0.305) to (0.316,0.298) to (0.321,0.294) to
(0.322,0.277)
natural(theta)=0
line to (0.322,0.264) to (0.316,0.253) to (0.303,0.236) to (0.298,0.233) to
(0.285,0.230)
line to close

```

Region 3 'Ginjal Kanan'

```

mu=0.5
start(0.486,0.439)
natural(theta)=0
line to (0.471,0.428) to (0.465,0.417) to (0.464,0.402) to (0.466,0.389) to
(0.471,0.381)
natural(theta)=0
line to (0.476,0.375) to (0.483,0.369) to (0.487,0.368) to (0.493,0.368) to
(0.496,0.368)
natural(theta)=0
line to (0.501,0.367) to (0.501,0.364) to (0.499,0.361) to (0.501,0.355) to
(0.502,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.505,0.343) to (0.499,0.338) to (0.490,0.334) to (0.485,0.330) to
(0.480,0.319)
natural(theta)=0
line to (0.480,0.311) to (0.483,0.296) to (0.488,0.283) to (0.492,0.275) to
(0.499,0.269)
natural(theta)=0
line to (0.509,0.265) to (0.517,0.262) to (0.526,0.262) to (0.535,0.265) to
(0.549,0.272)
natural(theta)=0
line to (0.560,0.281) to (0.566,0.299) to (0.570,0.319) to (0.570,0.338) to
(0.568,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.562,0.377) to (0.554,0.398) to (0.544,0.413) to (0.532,0.425) to
(0.516,0.434)
natural(theta)=0
line to (0.502,0.438) to (0.488,0.439)
line to close

```

Region 4 'Selang Biru'

```

mu=0.05
start(0.328,0.603)
natural(theta)=0
line to (0.330,0.599) to (0.339,0.316) to (0.339,0.188) to (0.339,0.183) to
(0.336,0.178)
natural(theta)=0
line to (0.334,0.172) to (0.333,0.162) to (0.334,0.154) to (0.342,0.161) to
(0.348,0.168)

```

natural(theta)=0  
 line to (0.357,0.179) to (0.367,0.191) to (0.375,0.201) to (0.381,0.208) to  
 (0.381,0.212)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.381,0.221) to (0.381,0.350) to (0.390,0.346) to (0.398,0.343) to  
 (0.410,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.423,0.336) to (0.429,0.336) to (0.440,0.336) to (0.444,0.336) to  
 (0.451,0.336)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.460,0.336) to (0.464,0.338) to (0.467,0.338) to (0.472,0.339) to  
 (0.475,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.481,0.339) to (0.487,0.338) to (0.492,0.338) to (0.495,0.338) to  
 (0.499,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.502,0.340) to (0.502,0.342) to (0.502,0.345) to (0.500,0.346) to  
 (0.495,0.347)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.491,0.347) to (0.484,0.347) to (0.478,0.348) to (0.472,0.349) to  
 (0.467,0.349)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.462,0.349) to (0.459,0.348) to (0.454,0.348) to (0.447,0.348) to  
 (0.440,0.348)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.433,0.347) to (0.420,0.349) to (0.409,0.351) to (0.403,0.355) to  
 (0.396,0.360)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.389,0.365) to (0.384,0.369) to (0.380,0.374) to (0.378,0.379) to  
 (0.378,0.392)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.379,0.412) to (0.377,0.434) to (0.376,0.443) to (0.375,0.461) to  
 (0.374,0.479)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.374,0.499) to (0.374,0.513) to (0.374,0.528) to (0.374,0.535) to  
 (0.375,0.537)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.377,0.538) to (0.378,0.538) to (0.379,0.538) to (0.380,0.536) to  
 (0.381,0.534)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.383,0.535) to (0.385,0.537) to (0.388,0.539) to (0.388,0.544) to  
 (0.388,0.550)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.388,0.554) to (0.387,0.556) to (0.386,0.558) to (0.382,0.560) to  
 (0.376,0.563)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.370,0.565) to (0.361,0.569) to (0.356,0.574) to (0.353,0.577) to  
 (0.349,0.581)

```

natural(theta)=0
line to (0.345,0.586) to (0.343,0.589) to (0.340,0.592) to (0.337,0.595) to
(0.334,0.598)
line to close

```

#### Region 5 'Selang Merah'

```

mu=0.025
start(0.392,0.550)
natural(theta)=0
line to (0.390,0.522) to (0.388,0.492) to (0.388,0.454) to (0.387,0.419) to
(0.386,0.385)
natural(theta)=0
line to (0.387,0.370) to (0.399,0.364) to (0.400,0.362) to (0.405,0.358) to
(0.412,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.419,0.353) to (0.427,0.351) to (0.427,0.362) to (0.427,0.394) to
(0.427,0.422)
natural(theta)=0
line to (0.430,0.472) to (0.432,0.496) to (0.437,0.516) to (0.436,0.540) to
(0.436,0.542)
natural(theta)=0
line to (0.420,0.545) to (0.401,0.549)
Line to close

```

#### Region 6 'Selang Merah 2'

```

mu=0.050
start(0.382,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.383,0.207) to (0.332,0.150) to (0.336,0.143) to (0.342,0.139) to
(0.351,0.140)
natural(theta)=0
line to (0.362,0.148) to (0.373,0.161) to (0.385,0.174) to (0.393,0.182) to
(0.397,0.193)
natural(theta)=0
line to (0.401,0.196) to (0.410,0.192) to (0.416,0.185) to (0.429,0.172) to
(0.438,0.160)
natural(theta)=0
line to (0.455,0.139) to (0.460,0.141) to (0.465,0.147) to (0.467,0.156) to
(0.468,0.161)
natural(theta)=0
line to (0.463,0.168) to (0.426,0.228) to (0.424,0.238) to (0.425,0.258) to
(0.421,0.320)
natural(theta)=0
line to (0.423,0.333) to (0.413,0.335) to (0.399,0.340) to (0.387,0.345)
line to close

```

```

time 0 by 0.01 to 2

```

PLOTS  
for  $t=0$  by 0.01 to 0.2  
CONTOUR(theta) painted



## LAMPIRAN 3

TITLE 'GINJAL'

select

{vectorgrid=70}

VARIABLES

theta(100)

DEFINITIONS

mu = 3

delta =5

gamma = 0.005

alpha = 2

k = mu

f = exp(alpha\*theta/(theta+alpha))

{E= exp(-((x-0.500)^2+(y-0.45)^2)/0.1^2)}

E= exp(-((x-0.6)^2+(y-0.35)^2)/0.1^2)

INITIAL VALUES

theta=30

EQUATIONS

div(k\*grad(theta))+delta\*E\*f=dt(theta)

BOUNDARIES

REGION 1 'Body'

start(0.142,0.003)

natural(theta)=0

line to (0.146,0.022) to (0.152,0.043) to (0.158,0.057) to (0.165,0.071) to (0.166,0.093)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.166) to (0.172,0.196) to (0.174,0.224) to (0.174,0.280) to (0.172,0.297)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.332) to (0.161,0.366) to (0.152,0.417) to (0.146,0.446) to (0.142,0.516)

natural(theta)=0

line to (0.137,0.581) to (0.067,0.457) to (0.004,0.617) to (0.017,0.647) to (0.027,0.693)

natural(theta)=0

line to (0.038,0.721) to (0.057,0.763) to (0.074,0.789) to (0.089,0.805) to (0.106,0.815)

natural(theta)=0

line to (0.139,0.826) to (0.148,0.830) to (0.161,0.835) to (0.174,0.839) to (0.184,0.839)

natural(theta)=0

line to (0.194,0.843) to (0.222,0.855) to (0.303,0.894) to (0.306,0.905)

natural(theta)=0

line to (0.310,0.939) to (0.495,0.939) to (0.493,0.912) to (0.496,0.900) to (0.501,0.892)

natural(theta)=0

```

line to (0.508,0.885) to (0.520,0.880) to (0.606,0.847) to (0.612,0.844) to
(0.624,0.840)
natural(theta)=0
line to (0.637,0.839) to (0.650,0.834) to (0.657,0.831) to (0.675,0.825) to
(0.700,0.816)
natural(theta)=0
line to (0.710,0.810) to (0.724,0.797) to (0.736,0.783) to (0.752,0.756) to
(0.769,0.714)
natural(theta)=0
line to (0.779,0.675) to (0.780,0.678) to (0.782,0.663) to (0.787,0.647) to
(0.793,0.631)
natural(theta)=0
line to (0.806,0.608) to (0.746,0.442) to (0.718,0.481) to (0.689,0.543) to
(0.668,0.587)
natural(theta)=0
line to (0.664,0.581) to (0.664,0.515) to (0.663,0.492) to (0.660,0.475) to
(0.656,0.450)
natural(theta)=0
line to (0.648,0.409) to (0.631,0.344) to (0.632,0.347) to (0.627,0.321) to
(0.626,0.304)
natural(theta)=0
line to (0.624,0.282) to (0.626,0.245) to (0.636,0.187) to (0.632,0.176) to
(0.633,0.146)
natural(theta)=0
line to (0.632,0.132) to (0.631,0.117) to (0.631,0.107) to (0.635,0.087) to
(0.649,0.036)
natural(theta)=0
line to (0.654,0.003)
line to close

```

Region 2 'Ginjal Kiri'

```

mu=0.25
start(0.277,0.229)
natural(theta)=0
line to (0.263,0.234) to (0.256,0.246) to (0.247,0.258) to (0.243,0.266) to
(0.242,0.275)
natural(theta)=0
line to (0.242,0.304) to (0.244,0.326) to (0.247,0.342) to (0.257,0.357) to
(0.267,0.373)
natural(theta)=0
line to (0.283,0.387) to (0.302,0.395) to (0.315,0.399) to (0.323,0.400) to
(0.328,0.396)
natural(theta)=0
line to (0.335,0.389) to (0.337,0.383) to (0.335,0.356) to (0.330,0.343) to
(0.324,0.338)
natural(theta)=0
line to (0.319,0.337) to (0.314,0.330) to (0.306,0.322) to (0.303,0.320) to
(0.307,0.319)

```

```

natural(theta)=0
line to (0.311,0.313) to (0.314,0.305) to (0.316,0.298) to (0.321,0.294) to
(0.322,0.277)
natural(theta)=0
line to (0.322,0.264) to (0.316,0.253) to (0.303,0.236) to (0.298,0.233) to
(0.285,0.230)
line to close

```

Region 3 'Ginjal Kanan'

```

mu=0.5
start(0.486,0.439)
natural(theta)=0
line to (0.471,0.428) to (0.465,0.417) to (0.464,0.402) to (0.466,0.389) to
(0.471,0.381)
natural(theta)=0
line to (0.476,0.375) to (0.483,0.369) to (0.487,0.368) to (0.493,0.368) to
(0.496,0.368)
natural(theta)=0
line to (0.501,0.367) to (0.501,0.364) to (0.499,0.361) to (0.501,0.355) to
(0.502,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.505,0.343) to (0.499,0.338) to (0.490,0.334) to (0.485,0.330) to
(0.480,0.319)
natural(theta)=0
line to (0.480,0.311) to (0.483,0.296) to (0.488,0.283) to (0.492,0.275) to
(0.499,0.269)
natural(theta)=0
line to (0.509,0.265) to (0.517,0.262) to (0.526,0.262) to (0.535,0.265) to
(0.549,0.272)
natural(theta)=0
line to (0.560,0.281) to (0.566,0.299) to (0.570,0.319) to (0.570,0.338) to
(0.568,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.562,0.377) to (0.554,0.398) to (0.544,0.413) to (0.532,0.425) to
(0.516,0.434)
natural(theta)=0
line to (0.502,0.438) to (0.488,0.439)
line to close

```

Region 4 'Selang Biru'

```

mu=0.05
start(0.328,0.603)
natural(theta)=0
line to (0.330,0.599) to (0.339,0.316) to (0.339,0.188) to (0.339,0.183) to
(0.336,0.178)
natural(theta)=0
line to (0.334,0.172) to (0.333,0.162) to (0.334,0.154) to (0.342,0.161) to
(0.348,0.168)

```

natural(theta)=0  
 line to (0.357,0.179) to (0.367,0.191) to (0.375,0.201) to (0.381,0.208) to  
 (0.381,0.212)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.381,0.221) to (0.381,0.350) to (0.390,0.346) to (0.398,0.343) to  
 (0.410,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.423,0.336) to (0.429,0.336) to (0.440,0.336) to (0.444,0.336) to  
 (0.451,0.336)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.460,0.336) to (0.464,0.338) to (0.467,0.338) to (0.472,0.339) to  
 (0.475,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.481,0.339) to (0.487,0.338) to (0.492,0.338) to (0.495,0.338) to  
 (0.499,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.502,0.340) to (0.502,0.342) to (0.502,0.345) to (0.500,0.346) to  
 (0.495,0.347)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.491,0.347) to (0.484,0.347) to (0.478,0.348) to (0.472,0.349) to  
 (0.467,0.349)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.462,0.349) to (0.459,0.348) to (0.454,0.348) to (0.447,0.348) to  
 (0.440,0.348)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.433,0.347) to (0.420,0.349) to (0.409,0.351) to (0.403,0.355) to  
 (0.396,0.360)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.389,0.365) to (0.384,0.369) to (0.380,0.374) to (0.378,0.379) to  
 (0.378,0.392)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.379,0.412) to (0.377,0.434) to (0.376,0.443) to (0.375,0.461) to  
 (0.374,0.479)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.374,0.499) to (0.374,0.513) to (0.374,0.528) to (0.374,0.535) to  
 (0.375,0.537)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.377,0.538) to (0.378,0.538) to (0.379,0.538) to (0.380,0.536) to  
 (0.381,0.534)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.383,0.535) to (0.385,0.537) to (0.388,0.539) to (0.388,0.544) to  
 (0.388,0.550)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.388,0.554) to (0.387,0.556) to (0.386,0.558) to (0.382,0.560) to  
 (0.376,0.563)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.370,0.565) to (0.361,0.569) to (0.356,0.574) to (0.353,0.577) to  
 (0.349,0.581)

```

natural(theta)=0
line to (0.345,0.586) to (0.343,0.589) to (0.340,0.592) to (0.337,0.595) to
(0.334,0.598)
line to close

```

#### Region 5 'Selang Merah'

```

mu=0.025
start(0.392,0.550)
natural(theta)=0
line to (0.390,0.522) to (0.388,0.492) to (0.388,0.454) to (0.387,0.419) to
(0.386,0.385)
natural(theta)=0
line to (0.387,0.370) to (0.399,0.364) to (0.400,0.362) to (0.405,0.358) to
(0.412,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.419,0.353) to (0.427,0.351) to (0.427,0.362) to (0.427,0.394) to
(0.427,0.422)
natural(theta)=0
line to (0.430,0.472) to (0.432,0.496) to (0.437,0.516) to (0.436,0.540) to
(0.436,0.542)
natural(theta)=0
line to (0.420,0.545) to (0.401,0.549)
Line to close

```

#### Region 6 'Selang Merah 2'

```

mu=0.050
start(0.382,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.383,0.207) to (0.332,0.150) to (0.336,0.143) to (0.342,0.139) to
(0.351,0.140)
natural(theta)=0
line to (0.362,0.148) to (0.373,0.161) to (0.385,0.174) to (0.393,0.182) to
(0.397,0.193)
natural(theta)=0
line to (0.401,0.196) to (0.410,0.192) to (0.416,0.185) to (0.429,0.172) to
(0.438,0.160)
natural(theta)=0
line to (0.455,0.139) to (0.460,0.141) to (0.465,0.147) to (0.467,0.156) to
(0.468,0.161)
natural(theta)=0
line to (0.463,0.168) to (0.426,0.228) to (0.424,0.238) to (0.425,0.258) to
(0.421,0.320)
natural(theta)=0
line to (0.423,0.333) to (0.413,0.335) to (0.399,0.340) to (0.387,0.345)
line to close

```

```

time 0 by 0.01 to 0.3

```

PLOTS  
for  $t=0$  by 0.01 to 0.3  
CONTOUR(theta) painted



## LAMPIRAN 4

TITLE 'GINJAL'

select

{vectorgrid=70}

VARIABLES

theta(100)

DEFINITIONS

mu = 3

delta =5

gamma = 0.005

alpha = 2

k = mu

f = exp(alpha\*theta/(theta+alpha))

{E= exp(-((x-0.500)^2+(y-0.45)^2)/0.1^2)}

E= exp(-((x-0.6)^2+(y-0.35)^2)/0.1^2)

INITIAL VALUES

theta=30

EQUATIONS

div(k\*grad(theta))+delta\*E\*f=dt(theta)

BOUNDARIES

REGION 1 'Body'

start(0.142,0.003)

natural(theta)=0

line to (0.146,0.022) to (0.152,0.043) to (0.158,0.057) to (0.165,0.071) to (0.166,0.093)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.166) to (0.172,0.196) to (0.174,0.224) to (0.174,0.280) to (0.172,0.297)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.332) to (0.161,0.366) to (0.152,0.417) to (0.146,0.446) to (0.142,0.516)

natural(theta)=0

line to (0.137,0.581) to (0.067,0.457) to (0.004,0.617) to (0.017,0.647) to (0.027,0.693)

natural(theta)=0

line to (0.038,0.721) to (0.057,0.763) to (0.074,0.789) to (0.089,0.805) to (0.106,0.815)

natural(theta)=0

line to (0.139,0.826) to (0.148,0.830) to (0.161,0.835) to (0.174,0.839) to (0.184,0.839)

natural(theta)=0

line to (0.194,0.843) to (0.222,0.855) to (0.303,0.894) to (0.306,0.905)

natural(theta)=0

line to (0.310,0.939) to (0.495,0.939) to (0.493,0.912) to (0.496,0.900) to (0.501,0.892)

natural(theta)=0

```

line to (0.508,0.885) to (0.520,0.880) to (0.606,0.847) to (0.612,0.844) to
(0.624,0.840)
natural(theta)=0
line to (0.637,0.839) to (0.650,0.834) to (0.657,0.831) to (0.675,0.825) to
(0.700,0.816)
natural(theta)=0
line to (0.710,0.810) to (0.724,0.797) to (0.736,0.783) to (0.752,0.756) to
(0.769,0.714)
natural(theta)=0
line to (0.779,0.675) to (0.780,0.678) to (0.782,0.663) to (0.787,0.647) to
(0.793,0.631)
natural(theta)=0
line to (0.806,0.608) to (0.746,0.442) to (0.718,0.481) to (0.689,0.543) to
(0.668,0.587)
natural(theta)=0
line to (0.664,0.581) to (0.664,0.515) to (0.663,0.492) to (0.660,0.475) to
(0.656,0.450)
natural(theta)=0
line to (0.648,0.409) to (0.631,0.344) to (0.632,0.347) to (0.627,0.321) to
(0.626,0.304)
natural(theta)=0
line to (0.624,0.282) to (0.626,0.245) to (0.636,0.187) to (0.632,0.176) to
(0.633,0.146)
natural(theta)=0
line to (0.632,0.132) to (0.631,0.117) to (0.631,0.107) to (0.635,0.087) to
(0.649,0.036)
natural(theta)=0
line to (0.654,0.003)
line to close

```

Region 2 'Ginjal Kiri'

```

mu=0.5
start(0.277,0.229)
natural(theta)=0
line to (0.263,0.234) to (0.256,0.246) to (0.247,0.258) to (0.243,0.266) to
(0.242,0.275)
natural(theta)=0
line to (0.242,0.304) to (0.244,0.326) to (0.247,0.342) to (0.257,0.357) to
(0.267,0.373)
natural(theta)=0
line to (0.283,0.387) to (0.302,0.395) to (0.315,0.399) to (0.323,0.400) to
(0.328,0.396)
natural(theta)=0
line to (0.335,0.389) to (0.337,0.383) to (0.335,0.356) to (0.330,0.343) to
(0.324,0.338)
natural(theta)=0
line to (0.319,0.337) to (0.314,0.330) to (0.306,0.322) to (0.303,0.320) to
(0.307,0.319)

```

```

natural(theta)=0
line to (0.311,0.313) to (0.314,0.305) to (0.316,0.298) to (0.321,0.294) to
(0.322,0.277)
natural(theta)=0
line to (0.322,0.264) to (0.316,0.253) to (0.303,0.236) to (0.298,0.233) to
(0.285,0.230)
line to close

```

Region 3 'Ginjal Kanan'

```

mu=0.6
start(0.486,0.439)
natural(theta)=0
line to (0.471,0.428) to (0.465,0.417) to (0.464,0.402) to (0.466,0.389) to
(0.471,0.381)
natural(theta)=0
line to (0.476,0.375) to (0.483,0.369) to (0.487,0.368) to (0.493,0.368) to
(0.496,0.368)
natural(theta)=0
line to (0.501,0.367) to (0.501,0.364) to (0.499,0.361) to (0.501,0.355) to
(0.502,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.505,0.343) to (0.499,0.338) to (0.490,0.334) to (0.485,0.330) to
(0.480,0.319)
natural(theta)=0
line to (0.480,0.311) to (0.483,0.296) to (0.488,0.283) to (0.492,0.275) to
(0.499,0.269)
natural(theta)=0
line to (0.509,0.265) to (0.517,0.262) to (0.526,0.262) to (0.535,0.265) to
(0.549,0.272)
natural(theta)=0
line to (0.560,0.281) to (0.566,0.299) to (0.570,0.319) to (0.570,0.338) to
(0.568,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.562,0.377) to (0.554,0.398) to (0.544,0.413) to (0.532,0.425) to
(0.516,0.434)
natural(theta)=0
line to (0.502,0.438) to (0.488,0.439)
line to close

```

Region 4 'Selang Biru'

```

mu=0.05
start(0.328,0.603)
natural(theta)=0
line to (0.330,0.599) to (0.339,0.316) to (0.339,0.188) to (0.339,0.183) to
(0.336,0.178)
natural(theta)=0
line to (0.334,0.172) to (0.333,0.162) to (0.334,0.154) to (0.342,0.161) to
(0.348,0.168)

```

natural(theta)=0  
 line to (0.357,0.179) to (0.367,0.191) to (0.375,0.201) to (0.381,0.208) to  
 (0.381,0.212)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.381,0.221) to (0.381,0.350) to (0.390,0.346) to (0.398,0.343) to  
 (0.410,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.423,0.336) to (0.429,0.336) to (0.440,0.336) to (0.444,0.336) to  
 (0.451,0.336)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.460,0.336) to (0.464,0.338) to (0.467,0.338) to (0.472,0.339) to  
 (0.475,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.481,0.339) to (0.487,0.338) to (0.492,0.338) to (0.495,0.338) to  
 (0.499,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.502,0.340) to (0.502,0.342) to (0.502,0.345) to (0.500,0.346) to  
 (0.495,0.347)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.491,0.347) to (0.484,0.347) to (0.478,0.348) to (0.472,0.349) to  
 (0.467,0.349)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.462,0.349) to (0.459,0.348) to (0.454,0.348) to (0.447,0.348) to  
 (0.440,0.348)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.433,0.347) to (0.420,0.349) to (0.409,0.351) to (0.403,0.355) to  
 (0.396,0.360)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.389,0.365) to (0.384,0.369) to (0.380,0.374) to (0.378,0.379) to  
 (0.378,0.392)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.379,0.412) to (0.377,0.434) to (0.376,0.443) to (0.375,0.461) to  
 (0.374,0.479)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.374,0.499) to (0.374,0.513) to (0.374,0.528) to (0.374,0.535) to  
 (0.375,0.537)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.377,0.538) to (0.378,0.538) to (0.379,0.538) to (0.380,0.536) to  
 (0.381,0.534)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.383,0.535) to (0.385,0.537) to (0.388,0.539) to (0.388,0.544) to  
 (0.388,0.550)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.388,0.554) to (0.387,0.556) to (0.386,0.558) to (0.382,0.560) to  
 (0.376,0.563)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.370,0.565) to (0.361,0.569) to (0.356,0.574) to (0.353,0.577) to  
 (0.349,0.581)

```
natural(theta)=0
line to (0.345,0.586) to (0.343,0.589) to (0.340,0.592) to (0.337,0.595) to
(0.334,0.598)
line to close
```

#### Region 5 'Selang Merah'

```
mu=0.025
start(0.392,0.550)
natural(theta)=0
line to (0.390,0.522) to (0.388,0.492) to (0.388,0.454) to (0.387,0.419) to
(0.386,0.385)
natural(theta)=0
line to (0.387,0.370) to (0.399,0.364) to (0.400,0.362) to (0.405,0.358) to
(0.412,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.419,0.353) to (0.427,0.351) to (0.427,0.362) to (0.427,0.394) to
(0.427,0.422)
natural(theta)=0
line to (0.430,0.472) to (0.432,0.496) to (0.437,0.516) to (0.436,0.540) to
(0.436,0.542)
natural(theta)=0
line to (0.420,0.545) to (0.401,0.549)
Line to close
```

#### Region 6 'Selang Merah 2'

```
mu=0.050
start(0.382,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.383,0.207) to (0.332,0.150) to (0.336,0.143) to (0.342,0.139) to
(0.351,0.140)
natural(theta)=0
line to (0.362,0.148) to (0.373,0.161) to (0.385,0.174) to (0.393,0.182) to
(0.397,0.193)
natural(theta)=0
line to (0.401,0.196) to (0.410,0.192) to (0.416,0.185) to (0.429,0.172) to
(0.438,0.160)
natural(theta)=0
line to (0.455,0.139) to (0.460,0.141) to (0.465,0.147) to (0.467,0.156) to
(0.468,0.161)
natural(theta)=0
line to (0.463,0.168) to (0.426,0.228) to (0.424,0.238) to (0.425,0.258) to
(0.421,0.320)
natural(theta)=0
line to (0.423,0.333) to (0.413,0.335) to (0.399,0.340) to (0.387,0.345)
line to close
```

```
time 0 by 0.01 to 0.4
```

PLOTS  
for  $t=0$  by 0.01 to 0.4  
CONTOUR(theta) painted



## LAMPIRAN 5

## TITLE 'GINJAL'

select

{vectorgrid=70}

## VARIABLES

theta(100)

## DEFINITIONS

mu = 3

delta =5

gamma = 0.005

alpha = 2

k = mu

f = exp(alpha\*theta/(theta+alpha))

{E= exp(-((x-0.500)^2+(y-0.45)^2)/0.1^2)}

E= exp(-((x-0.6)^2+(y-0.35)^2)/0.1^2)

## INITIAL VALUES

theta=30

## EQUATIONS

div(k\*grad(theta))+delta\*E\*f=dt(theta)

## BOUNDARIES

## REGION 1 'Body'

start(0.142,0.003)

natural(theta)=0

line to (0.146,0.022) to (0.152,0.043) to (0.158,0.057) to (0.165,0.071) to (0.166,0.093)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.166) to (0.172,0.196) to (0.174,0.224) to (0.174,0.280) to (0.172,0.297)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.332) to (0.161,0.366) to (0.152,0.417) to (0.146,0.446) to (0.142,0.516)

natural(theta)=0

line to (0.137,0.581) to (0.067,0.457) to (0.004,0.617) to (0.017,0.647) to (0.027,0.693)

natural(theta)=0

line to (0.038,0.721) to (0.057,0.763) to (0.074,0.789) to (0.089,0.805) to (0.106,0.815)

natural(theta)=0

line to (0.139,0.826) to (0.148,0.830) to (0.161,0.835) to (0.174,0.839) to (0.184,0.839)

natural(theta)=0

line to (0.194,0.843) to (0.222,0.855) to (0.303,0.894) to (0.306,0.905)

natural(theta)=0

line to (0.310,0.939) to (0.495,0.939) to (0.493,0.912) to (0.496,0.900) to (0.501,0.892)

natural(theta)=0

```

line to (0.508,0.885) to (0.520,0.880) to (0.606,0.847) to (0.612,0.844) to
(0.624,0.840)
natural(theta)=0
line to (0.637,0.839) to (0.650,0.834) to (0.657,0.831) to (0.675,0.825) to
(0.700,0.816)
natural(theta)=0
line to (0.710,0.810) to (0.724,0.797) to (0.736,0.783) to (0.752,0.756) to
(0.769,0.714)
natural(theta)=0
line to (0.779,0.675) to (0.780,0.678) to (0.782,0.663) to (0.787,0.647) to
(0.793,0.631)
natural(theta)=0
line to (0.806,0.608) to (0.746,0.442) to (0.718,0.481) to (0.689,0.543) to
(0.668,0.587)
natural(theta)=0
line to (0.664,0.581) to (0.664,0.515) to (0.663,0.492) to (0.660,0.475) to
(0.656,0.450)
natural(theta)=0
line to (0.648,0.409) to (0.631,0.344) to (0.632,0.347) to (0.627,0.321) to
(0.626,0.304)
natural(theta)=0
line to (0.624,0.282) to (0.626,0.245) to (0.636,0.187) to (0.632,0.176) to
(0.633,0.146)
natural(theta)=0
line to (0.632,0.132) to (0.631,0.117) to (0.631,0.107) to (0.635,0.087) to
(0.649,0.036)
natural(theta)=0
line to (0.654,0.003)
line to close

```

Region 2 'Ginjal Kiri'

```

mu=0.25
start(0.277,0.229)
natural(theta)=0
line to (0.263,0.234) to (0.256,0.246) to (0.247,0.258) to (0.243,0.266) to
(0.242,0.275)
natural(theta)=0
line to (0.242,0.304) to (0.244,0.326) to (0.247,0.342) to (0.257,0.357) to
(0.267,0.373)
natural(theta)=0
line to (0.283,0.387) to (0.302,0.395) to (0.315,0.399) to (0.323,0.400) to
(0.328,0.396)
natural(theta)=0
line to (0.335,0.389) to (0.337,0.383) to (0.335,0.356) to (0.330,0.343) to
(0.324,0.338)
natural(theta)=0
line to (0.319,0.337) to (0.314,0.330) to (0.306,0.322) to (0.303,0.320) to
(0.307,0.319)

```

```

natural(theta)=0
line to (0.311,0.313) to (0.314,0.305) to (0.316,0.298) to (0.321,0.294) to
(0.322,0.277)
natural(theta)=0
line to (0.322,0.264) to (0.316,0.253) to (0.303,0.236) to (0.298,0.233) to
(0.285,0.230)
line to close

```

Region 3 'Ginjal Kanan'

```

mu=0.5
start(0.486,0.439)
natural(theta)=0
line to (0.471,0.428) to (0.465,0.417) to (0.464,0.402) to (0.466,0.389) to
(0.471,0.381)
natural(theta)=0
line to (0.476,0.375) to (0.483,0.369) to (0.487,0.368) to (0.493,0.368) to
(0.496,0.368)
natural(theta)=0
line to (0.501,0.367) to (0.501,0.364) to (0.499,0.361) to (0.501,0.355) to
(0.502,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.505,0.343) to (0.499,0.338) to (0.490,0.334) to (0.485,0.330) to
(0.480,0.319)
natural(theta)=0
line to (0.480,0.311) to (0.483,0.296) to (0.488,0.283) to (0.492,0.275) to
(0.499,0.269)
natural(theta)=0
line to (0.509,0.265) to (0.517,0.262) to (0.526,0.262) to (0.535,0.265) to
(0.549,0.272)
natural(theta)=0
line to (0.560,0.281) to (0.566,0.299) to (0.570,0.319) to (0.570,0.338) to
(0.568,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.562,0.377) to (0.554,0.398) to (0.544,0.413) to (0.532,0.425) to
(0.516,0.434)
natural(theta)=0
line to (0.502,0.438) to (0.488,0.439)
line to close

```

Region 4 'Selang Biru'

```

mu=0.05
start(0.328,0.603)
natural(theta)=0
line to (0.330,0.599) to (0.339,0.316) to (0.339,0.188) to (0.339,0.183) to
(0.336,0.178)
natural(theta)=0
line to (0.334,0.172) to (0.333,0.162) to (0.334,0.154) to (0.342,0.161) to
(0.348,0.168)

```

natural(theta)=0  
 line to (0.357,0.179) to (0.367,0.191) to (0.375,0.201) to (0.381,0.208) to  
 (0.381,0.212)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.381,0.221) to (0.381,0.350) to (0.390,0.346) to (0.398,0.343) to  
 (0.410,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.423,0.336) to (0.429,0.336) to (0.440,0.336) to (0.444,0.336) to  
 (0.451,0.336)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.460,0.336) to (0.464,0.338) to (0.467,0.338) to (0.472,0.339) to  
 (0.475,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.481,0.339) to (0.487,0.338) to (0.492,0.338) to (0.495,0.338) to  
 (0.499,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.502,0.340) to (0.502,0.342) to (0.502,0.345) to (0.500,0.346) to  
 (0.495,0.347)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.491,0.347) to (0.484,0.347) to (0.478,0.348) to (0.472,0.349) to  
 (0.467,0.349)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.462,0.349) to (0.459,0.348) to (0.454,0.348) to (0.447,0.348) to  
 (0.440,0.348)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.433,0.347) to (0.420,0.349) to (0.409,0.351) to (0.403,0.355) to  
 (0.396,0.360)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.389,0.365) to (0.384,0.369) to (0.380,0.374) to (0.378,0.379) to  
 (0.378,0.392)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.379,0.412) to (0.377,0.434) to (0.376,0.443) to (0.375,0.461) to  
 (0.374,0.479)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.374,0.499) to (0.374,0.513) to (0.374,0.528) to (0.374,0.535) to  
 (0.375,0.537)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.377,0.538) to (0.378,0.538) to (0.379,0.538) to (0.380,0.536) to  
 (0.381,0.534)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.383,0.535) to (0.385,0.537) to (0.388,0.539) to (0.388,0.544) to  
 (0.388,0.550)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.388,0.554) to (0.387,0.556) to (0.386,0.558) to (0.382,0.560) to  
 (0.376,0.563)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.370,0.565) to (0.361,0.569) to (0.356,0.574) to (0.353,0.577) to  
 (0.349,0.581)

```
natural(theta)=0
line to (0.345,0.586) to (0.343,0.589) to (0.340,0.592) to (0.337,0.595) to
(0.334,0.598)
line to close
```

#### Region 5 'Selang Merah'

```
mu=0.025
start(0.392,0.550)
natural(theta)=0
line to (0.390,0.522) to (0.388,0.492) to (0.388,0.454) to (0.387,0.419) to
(0.386,0.385)
natural(theta)=0
line to (0.387,0.370) to (0.399,0.364) to (0.400,0.362) to (0.405,0.358) to
(0.412,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.419,0.353) to (0.427,0.351) to (0.427,0.362) to (0.427,0.394) to
(0.427,0.422)
natural(theta)=0
line to (0.430,0.472) to (0.432,0.496) to (0.437,0.516) to (0.436,0.540) to
(0.436,0.542)
natural(theta)=0
line to (0.420,0.545) to (0.401,0.549)
Line to close
```

#### Region 6 'Selang Merah 2'

```
mu=0.050
start(0.382,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.383,0.207) to (0.332,0.150) to (0.336,0.143) to (0.342,0.139) to
(0.351,0.140)
natural(theta)=0
line to (0.362,0.148) to (0.373,0.161) to (0.385,0.174) to (0.393,0.182) to
(0.397,0.193)
natural(theta)=0
line to (0.401,0.196) to (0.410,0.192) to (0.416,0.185) to (0.429,0.172) to
(0.438,0.160)
natural(theta)=0
line to (0.455,0.139) to (0.460,0.141) to (0.465,0.147) to (0.467,0.156) to
(0.468,0.161)
natural(theta)=0
line to (0.463,0.168) to (0.426,0.228) to (0.424,0.238) to (0.425,0.258) to
(0.421,0.320)
natural(theta)=0
line to (0.423,0.333) to (0.413,0.335) to (0.399,0.340) to (0.387,0.345)
line to close
```

```
time 0 by 0.01 to 0.5
```

PLOTS  
for  $t=0$  by 0.01 to 0.5  
CONTOUR(theta) painted



## LAMPIRAN 6

TITLE 'GINJAL'

select

{vectorgrid=70}

VARIABLES

theta(100)

DEFINITIONS

mu = 3

delta =5

gamma = 0.005

alpha = 2

k = mu

f = exp(alpha\*theta/(theta+alpha))

{E= exp(-((x-0.500)^2+(y-0.45)^2)/0.1^2)}

E= exp(-((x-0.6)^2+(y-0.35)^2)/0.1^2)

INITIAL VALUES

theta=30

EQUATIONS

div(k\*grad(theta))+delta\*E\*f=dt(theta)

BOUNDARIES

REGION 1 'Body'

start(0.142,0.003)

natural(theta)=0

line to (0.146,0.022) to (0.152,0.043) to (0.158,0.057) to (0.165,0.071) to (0.166,0.093)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.166) to (0.172,0.196) to (0.174,0.224) to (0.174,0.280) to (0.172,0.297)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.332) to (0.161,0.366) to (0.152,0.417) to (0.146,0.446) to (0.142,0.516)

natural(theta)=0

line to (0.137,0.581) to (0.067,0.457) to (0.004,0.617) to (0.017,0.647) to (0.027,0.693)

natural(theta)=0

line to (0.038,0.721) to (0.057,0.763) to (0.074,0.789) to (0.089,0.805) to (0.106,0.815)

natural(theta)=0

line to (0.139,0.826) to (0.148,0.830) to (0.161,0.835) to (0.174,0.839) to (0.184,0.839)

natural(theta)=0

line to (0.194,0.843) to (0.222,0.855) to (0.303,0.894) to (0.306,0.905)

natural(theta)=0

line to (0.310,0.939) to (0.495,0.939) to (0.493,0.912) to (0.496,0.900) to (0.501,0.892)

natural(theta)=0

```

line to (0.508,0.885) to (0.520,0.880) to (0.606,0.847) to (0.612,0.844) to
(0.624,0.840)
natural(theta)=0
line to (0.637,0.839) to (0.650,0.834) to (0.657,0.831) to (0.675,0.825) to
(0.700,0.816)
natural(theta)=0
line to (0.710,0.810) to (0.724,0.797) to (0.736,0.783) to (0.752,0.756) to
(0.769,0.714)
natural(theta)=0
line to (0.779,0.675) to (0.780,0.678) to (0.782,0.663) to (0.787,0.647) to
(0.793,0.631)
natural(theta)=0
line to (0.806,0.608) to (0.746,0.442) to (0.718,0.481) to (0.689,0.543) to
(0.668,0.587)
natural(theta)=0
line to (0.664,0.581) to (0.664,0.515) to (0.663,0.492) to (0.660,0.475) to
(0.656,0.450)
natural(theta)=0
line to (0.648,0.409) to (0.631,0.344) to (0.632,0.347) to (0.627,0.321) to
(0.626,0.304)
natural(theta)=0
line to (0.624,0.282) to (0.626,0.245) to (0.636,0.187) to (0.632,0.176) to
(0.633,0.146)
natural(theta)=0
line to (0.632,0.132) to (0.631,0.117) to (0.631,0.107) to (0.635,0.087) to
(0.649,0.036)
natural(theta)=0
line to (0.654,0.003)
line to close

```

Region 2 'Ginjal Kiri'

```

mu=0.25
start(0.277,0.229)
natural(theta)=0
line to (0.263,0.234) to (0.256,0.246) to (0.247,0.258) to (0.243,0.266) to
(0.242,0.275)
natural(theta)=0
line to (0.242,0.304) to (0.244,0.326) to (0.247,0.342) to (0.257,0.357) to
(0.267,0.373)
natural(theta)=0
line to (0.283,0.387) to (0.302,0.395) to (0.315,0.399) to (0.323,0.400) to
(0.328,0.396)
natural(theta)=0
line to (0.335,0.389) to (0.337,0.383) to (0.335,0.356) to (0.330,0.343) to
(0.324,0.338)
natural(theta)=0
line to (0.319,0.337) to (0.314,0.330) to (0.306,0.322) to (0.303,0.320) to
(0.307,0.319)

```

```

natural(theta)=0
line to (0.311,0.313) to (0.314,0.305) to (0.316,0.298) to (0.321,0.294) to
(0.322,0.277)
natural(theta)=0
line to (0.322,0.264) to (0.316,0.253) to (0.303,0.236) to (0.298,0.233) to
(0.285,0.230)
line to close

```

#### Region 3 'Ginjal Kanan'

```

mu=0.5
start(0.486,0.439)
natural(theta)=0
line to (0.471,0.428) to (0.465,0.417) to (0.464,0.402) to (0.466,0.389) to
(0.471,0.381)
natural(theta)=0
line to (0.476,0.375) to (0.483,0.369) to (0.487,0.368) to (0.493,0.368) to
(0.496,0.368)
natural(theta)=0
line to (0.501,0.367) to (0.501,0.364) to (0.499,0.361) to (0.501,0.355) to
(0.502,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.505,0.343) to (0.499,0.338) to (0.490,0.334) to (0.485,0.330) to
(0.480,0.319)
natural(theta)=0
line to (0.480,0.311) to (0.483,0.296) to (0.488,0.283) to (0.492,0.275) to
(0.499,0.269)
natural(theta)=0
line to (0.509,0.265) to (0.517,0.262) to (0.526,0.262) to (0.535,0.265) to
(0.549,0.272)
natural(theta)=0
line to (0.560,0.281) to (0.566,0.299) to (0.570,0.319) to (0.570,0.338) to
(0.568,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.562,0.377) to (0.554,0.398) to (0.544,0.413) to (0.532,0.425) to
(0.516,0.434)
natural(theta)=0
line to (0.502,0.438) to (0.488,0.439)
line to close

```

#### Region 4 'Selang Biru'

```

mu=0.05
start(0.328,0.603)
natural(theta)=0
line to (0.330,0.599) to (0.339,0.316) to (0.339,0.188) to (0.339,0.183) to
(0.336,0.178)
natural(theta)=0
line to (0.334,0.172) to (0.333,0.162) to (0.334,0.154) to (0.342,0.161) to
(0.348,0.168)

```

natural(theta)=0  
 line to (0.357,0.179) to (0.367,0.191) to (0.375,0.201) to (0.381,0.208) to  
 (0.381,0.212)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.381,0.221) to (0.381,0.350) to (0.390,0.346) to (0.398,0.343) to  
 (0.410,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.423,0.336) to (0.429,0.336) to (0.440,0.336) to (0.444,0.336) to  
 (0.451,0.336)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.460,0.336) to (0.464,0.338) to (0.467,0.338) to (0.472,0.339) to  
 (0.475,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.481,0.339) to (0.487,0.338) to (0.492,0.338) to (0.495,0.338) to  
 (0.499,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.502,0.340) to (0.502,0.342) to (0.502,0.345) to (0.500,0.346) to  
 (0.495,0.347)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.491,0.347) to (0.484,0.347) to (0.478,0.348) to (0.472,0.349) to  
 (0.467,0.349)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.462,0.349) to (0.459,0.348) to (0.454,0.348) to (0.447,0.348) to  
 (0.440,0.348)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.433,0.347) to (0.420,0.349) to (0.409,0.351) to (0.403,0.355) to  
 (0.396,0.360)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.389,0.365) to (0.384,0.369) to (0.380,0.374) to (0.378,0.379) to  
 (0.378,0.392)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.379,0.412) to (0.377,0.434) to (0.376,0.443) to (0.375,0.461) to  
 (0.374,0.479)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.374,0.499) to (0.374,0.513) to (0.374,0.528) to (0.374,0.535) to  
 (0.375,0.537)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.377,0.538) to (0.378,0.538) to (0.379,0.538) to (0.380,0.536) to  
 (0.381,0.534)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.383,0.535) to (0.385,0.537) to (0.388,0.539) to (0.388,0.544) to  
 (0.388,0.550)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.388,0.554) to (0.387,0.556) to (0.386,0.558) to (0.382,0.560) to  
 (0.376,0.563)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.370,0.565) to (0.361,0.569) to (0.356,0.574) to (0.353,0.577) to  
 (0.349,0.581)

```

natural(theta)=0
line to (0.345,0.586) to (0.343,0.589) to (0.340,0.592) to (0.337,0.595) to
(0.334,0.598)
line to close

```

#### Region 5 'Selang Merah'

```

mu=0.025
start(0.392,0.550)
natural(theta)=0
line to (0.390,0.522) to (0.388,0.492) to (0.388,0.454) to (0.387,0.419) to
(0.386,0.385)
natural(theta)=0
line to (0.387,0.370) to (0.399,0.364) to (0.400,0.362) to (0.405,0.358) to
(0.412,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.419,0.353) to (0.427,0.351) to (0.427,0.362) to (0.427,0.394) to
(0.427,0.422)
natural(theta)=0
line to (0.430,0.472) to (0.432,0.496) to (0.437,0.516) to (0.436,0.540) to
(0.436,0.542)
natural(theta)=0
line to (0.420,0.545) to (0.401,0.549)
Line to close

```

#### Region 6 'Selang Merah 2'

```

mu=0.050
start(0.382,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.383,0.207) to (0.332,0.150) to (0.336,0.143) to (0.342,0.139) to
(0.351,0.140)
natural(theta)=0
line to (0.362,0.148) to (0.373,0.161) to (0.385,0.174) to (0.393,0.182) to
(0.397,0.193)
natural(theta)=0
line to (0.401,0.196) to (0.410,0.192) to (0.416,0.185) to (0.429,0.172) to
(0.438,0.160)
natural(theta)=0
line to (0.455,0.139) to (0.460,0.141) to (0.465,0.147) to (0.467,0.156) to
(0.468,0.161)
natural(theta)=0
line to (0.463,0.168) to (0.426,0.228) to (0.424,0.238) to (0.425,0.258) to
(0.421,0.320)
natural(theta)=0
line to (0.423,0.333) to (0.413,0.335) to (0.399,0.340) to (0.387,0.345)
line to close

```

```

time 0 by 0.01 to 0.6

```

PLOTS  
for  $t=0$  by 0.01 to 0.6  
CONTOUR(theta) painted



## LAMPIRAN 7

TITLE 'GINJAL'

select

{vectorgrid=70}

VARIABLES

theta(100)

DEFINITIONS

mu = 3

delta =5

gamma = 0.005

alpha = 2

k = mu

f = exp(alpha\*theta/(theta+alpha))

{E= exp(-((x-0.500)^2+(y-0.45)^2)/0.1^2)}

E= exp(-((x-0.6)^2+(y-0.35)^2)/0.1^2)

INITIAL VALUES

theta=30

EQUATIONS

div(k\*grad(theta))+delta\*E\*f=dt(theta)

BOUNDARIES

REGION 1 'Body'

start(0.142,0.003)

natural(theta)=0

line to (0.146,0.022) to (0.152,0.043) to (0.158,0.057) to (0.165,0.071) to (0.166,0.093)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.166) to (0.172,0.196) to (0.174,0.224) to (0.174,0.280) to (0.172,0.297)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.332) to (0.161,0.366) to (0.152,0.417) to (0.146,0.446) to (0.142,0.516)

natural(theta)=0

line to (0.137,0.581) to (0.067,0.457) to (0.004,0.617) to (0.017,0.647) to (0.027,0.693)

natural(theta)=0

line to (0.038,0.721) to (0.057,0.763) to (0.074,0.789) to (0.089,0.805) to (0.106,0.815)

natural(theta)=0

line to (0.139,0.826) to (0.148,0.830) to (0.161,0.835) to (0.174,0.839) to (0.184,0.839)

natural(theta)=0

line to (0.194,0.843) to (0.222,0.855) to (0.303,0.894) to (0.306,0.905)

natural(theta)=0

line to (0.310,0.939) to (0.495,0.939) to (0.493,0.912) to (0.496,0.900) to (0.501,0.892)

natural(theta)=0

```

line to (0.508,0.885) to (0.520,0.880) to (0.606,0.847) to (0.612,0.844) to
(0.624,0.840)
natural(theta)=0
line to (0.637,0.839) to (0.650,0.834) to (0.657,0.831) to (0.675,0.825) to
(0.700,0.816)
natural(theta)=0
line to (0.710,0.810) to (0.724,0.797) to (0.736,0.783) to (0.752,0.756) to
(0.769,0.714)
natural(theta)=0
line to (0.779,0.675) to (0.780,0.678) to (0.782,0.663) to (0.787,0.647) to
(0.793,0.631)
natural(theta)=0
line to (0.806,0.608) to (0.746,0.442) to (0.718,0.481) to (0.689,0.543) to
(0.668,0.587)
natural(theta)=0
line to (0.664,0.581) to (0.664,0.515) to (0.663,0.492) to (0.660,0.475) to
(0.656,0.450)
natural(theta)=0
line to (0.648,0.409) to (0.631,0.344) to (0.632,0.347) to (0.627,0.321) to
(0.626,0.304)
natural(theta)=0
line to (0.624,0.282) to (0.626,0.245) to (0.636,0.187) to (0.632,0.176) to
(0.633,0.146)
natural(theta)=0
line to (0.632,0.132) to (0.631,0.117) to (0.631,0.107) to (0.635,0.087) to
(0.649,0.036)
natural(theta)=0
line to (0.654,0.003)
line to close

```

Region 2 'Ginjal Kiri'

```

mu=0.25
start(0.277,0.229)
natural(theta)=0
line to (0.263,0.234) to (0.256,0.246) to (0.247,0.258) to (0.243,0.266) to
(0.242,0.275)
natural(theta)=0
line to (0.242,0.304) to (0.244,0.326) to (0.247,0.342) to (0.257,0.357) to
(0.267,0.373)
natural(theta)=0
line to (0.283,0.387) to (0.302,0.395) to (0.315,0.399) to (0.323,0.400) to
(0.328,0.396)
natural(theta)=0
line to (0.335,0.389) to (0.337,0.383) to (0.335,0.356) to (0.330,0.343) to
(0.324,0.338)
natural(theta)=0
line to (0.319,0.337) to (0.314,0.330) to (0.306,0.322) to (0.303,0.320) to
(0.307,0.319)

```

```

natural(theta)=0
line to (0.311,0.313) to (0.314,0.305) to (0.316,0.298) to (0.321,0.294) to
(0.322,0.277)
natural(theta)=0
line to (0.322,0.264) to (0.316,0.253) to (0.303,0.236) to (0.298,0.233) to
(0.285,0.230)
line to close

```

Region 3 'Ginjal Kanan'

```

mu=0.5
start(0.486,0.439)
natural(theta)=0
line to (0.471,0.428) to (0.465,0.417) to (0.464,0.402) to (0.466,0.389) to
(0.471,0.381)
natural(theta)=0
line to (0.476,0.375) to (0.483,0.369) to (0.487,0.368) to (0.493,0.368) to
(0.496,0.368)
natural(theta)=0
line to (0.501,0.367) to (0.501,0.364) to (0.499,0.361) to (0.501,0.355) to
(0.502,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.505,0.343) to (0.499,0.338) to (0.490,0.334) to (0.485,0.330) to
(0.480,0.319)
natural(theta)=0
line to (0.480,0.311) to (0.483,0.296) to (0.488,0.283) to (0.492,0.275) to
(0.499,0.269)
natural(theta)=0
line to (0.509,0.265) to (0.517,0.262) to (0.526,0.262) to (0.535,0.265) to
(0.549,0.272)
natural(theta)=0
line to (0.560,0.281) to (0.566,0.299) to (0.570,0.319) to (0.570,0.338) to
(0.568,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.562,0.377) to (0.554,0.398) to (0.544,0.413) to (0.532,0.425) to
(0.516,0.434)
natural(theta)=0
line to (0.502,0.438) to (0.488,0.439)
line to close

```

Region 4 'Selang Biru'

```

mu=0.05
start(0.328,0.603)
natural(theta)=0
line to (0.330,0.599) to (0.339,0.316) to (0.339,0.188) to (0.339,0.183) to
(0.336,0.178)
natural(theta)=0
line to (0.334,0.172) to (0.333,0.162) to (0.334,0.154) to (0.342,0.161) to
(0.348,0.168)

```

natural(theta)=0  
 line to (0.357,0.179) to (0.367,0.191) to (0.375,0.201) to (0.381,0.208) to  
 (0.381,0.212)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.381,0.221) to (0.381,0.350) to (0.390,0.346) to (0.398,0.343) to  
 (0.410,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.423,0.336) to (0.429,0.336) to (0.440,0.336) to (0.444,0.336) to  
 (0.451,0.336)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.460,0.336) to (0.464,0.338) to (0.467,0.338) to (0.472,0.339) to  
 (0.475,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.481,0.339) to (0.487,0.338) to (0.492,0.338) to (0.495,0.338) to  
 (0.499,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.502,0.340) to (0.502,0.342) to (0.502,0.345) to (0.500,0.346) to  
 (0.495,0.347)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.491,0.347) to (0.484,0.347) to (0.478,0.348) to (0.472,0.349) to  
 (0.467,0.349)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.462,0.349) to (0.459,0.348) to (0.454,0.348) to (0.447,0.348) to  
 (0.440,0.348)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.433,0.347) to (0.420,0.349) to (0.409,0.351) to (0.403,0.355) to  
 (0.396,0.360)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.389,0.365) to (0.384,0.369) to (0.380,0.374) to (0.378,0.379) to  
 (0.378,0.392)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.379,0.412) to (0.377,0.434) to (0.376,0.443) to (0.375,0.461) to  
 (0.374,0.479)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.374,0.499) to (0.374,0.513) to (0.374,0.528) to (0.374,0.535) to  
 (0.375,0.537)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.377,0.538) to (0.378,0.538) to (0.379,0.538) to (0.380,0.536) to  
 (0.381,0.534)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.383,0.535) to (0.385,0.537) to (0.388,0.539) to (0.388,0.544) to  
 (0.388,0.550)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.388,0.554) to (0.387,0.556) to (0.386,0.558) to (0.382,0.560) to  
 (0.376,0.563)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.370,0.565) to (0.361,0.569) to (0.356,0.574) to (0.353,0.577) to  
 (0.349,0.581)

```
natural(theta)=0
line to (0.345,0.586) to (0.343,0.589) to (0.340,0.592) to (0.337,0.595) to
(0.334,0.598)
line to close
```

#### Region 5 'Selang Merah'

```
mu=0.025
start(0.392,0.550)
natural(theta)=0
line to (0.390,0.522) to (0.388,0.492) to (0.388,0.454) to (0.387,0.419) to
(0.386,0.385)
natural(theta)=0
line to (0.387,0.370) to (0.399,0.364) to (0.400,0.362) to (0.405,0.358) to
(0.412,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.419,0.353) to (0.427,0.351) to (0.427,0.362) to (0.427,0.394) to
(0.427,0.422)
natural(theta)=0
line to (0.430,0.472) to (0.432,0.496) to (0.437,0.516) to (0.436,0.540) to
(0.436,0.542)
natural(theta)=0
line to (0.420,0.545) to (0.401,0.549)
Line to close
```

#### Region 6 'Selang Merah 2'

```
mu=0.050
start(0.382,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.383,0.207) to (0.332,0.150) to (0.336,0.143) to (0.342,0.139) to
(0.351,0.140)
natural(theta)=0
line to (0.362,0.148) to (0.373,0.161) to (0.385,0.174) to (0.393,0.182) to
(0.397,0.193)
natural(theta)=0
line to (0.401,0.196) to (0.410,0.192) to (0.416,0.185) to (0.429,0.172) to
(0.438,0.160)
natural(theta)=0
line to (0.455,0.139) to (0.460,0.141) to (0.465,0.147) to (0.467,0.156) to
(0.468,0.161)
natural(theta)=0
line to (0.463,0.168) to (0.426,0.228) to (0.424,0.238) to (0.425,0.258) to
(0.421,0.320)
natural(theta)=0
line to (0.423,0.333) to (0.413,0.335) to (0.399,0.340) to (0.387,0.345)
line to close
```

```
time 0 by 0.1 to 0.15
```

PLOTS  
for  $t=0$  by 0.1 to 0.15  
CONTOUR(theta) painted



## LAMPIRAN 8

TITLE 'GINJAL'

select

{vectorgrid=70}

VARIABLES

theta(100)

DEFINITIONS

mu = 3

delta =5

gamma = 0.005

alpha = 2

k = mu

f = exp(alpha\*theta/(theta+alpha))

{E= exp(-((x-0.500)^2+(y-0.45)^2)/0.1^2)}

E= exp(-((x-0.6)^2+(y-0.35)^2)/0.1^2)

INITIAL VALUES

theta=30

EQUATIONS

div(k\*grad(theta))+delta\*E\*f=dt(theta)

BOUNDARIES

REGION 1 'Body'

start(0.142,0.003)

natural(theta)=0

line to (0.146,0.022) to (0.152,0.043) to (0.158,0.057) to (0.165,0.071) to (0.166,0.093)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.166) to (0.172,0.196) to (0.174,0.224) to (0.174,0.280) to (0.172,0.297)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.332) to (0.161,0.366) to (0.152,0.417) to (0.146,0.446) to (0.142,0.516)

natural(theta)=0

line to (0.137,0.581) to (0.067,0.457) to (0.004,0.617) to (0.017,0.647) to (0.027,0.693)

natural(theta)=0

line to (0.038,0.721) to (0.057,0.763) to (0.074,0.789) to (0.089,0.805) to (0.106,0.815)

natural(theta)=0

line to (0.139,0.826) to (0.148,0.830) to (0.161,0.835) to (0.174,0.839) to (0.184,0.839)

natural(theta)=0

line to (0.194,0.843) to (0.222,0.855) to (0.303,0.894) to (0.306,0.905)

natural(theta)=0

line to (0.310,0.939) to (0.495,0.939) to (0.493,0.912) to (0.496,0.900) to (0.501,0.892)

natural(theta)=0

```

line to (0.508,0.885) to (0.520,0.880) to (0.606,0.847) to (0.612,0.844) to
(0.624,0.840)
natural(theta)=0
line to (0.637,0.839) to (0.650,0.834) to (0.657,0.831) to (0.675,0.825) to
(0.700,0.816)
natural(theta)=0
line to (0.710,0.810) to (0.724,0.797) to (0.736,0.783) to (0.752,0.756) to
(0.769,0.714)
natural(theta)=0
line to (0.779,0.675) to (0.780,0.678) to (0.782,0.663) to (0.787,0.647) to
(0.793,0.631)
natural(theta)=0
line to (0.806,0.608) to (0.746,0.442) to (0.718,0.481) to (0.689,0.543) to
(0.668,0.587)
natural(theta)=0
line to (0.664,0.581) to (0.664,0.515) to (0.663,0.492) to (0.660,0.475) to
(0.656,0.450)
natural(theta)=0
line to (0.648,0.409) to (0.631,0.344) to (0.632,0.347) to (0.627,0.321) to
(0.626,0.304)
natural(theta)=0
line to (0.624,0.282) to (0.626,0.245) to (0.636,0.187) to (0.632,0.176) to
(0.633,0.146)
natural(theta)=0
line to (0.632,0.132) to (0.631,0.117) to (0.631,0.107) to (0.635,0.087) to
(0.649,0.036)
natural(theta)=0
line to (0.654,0.003)
line to close

```

Region 2 'Ginjal Kiri'

```

mu=0.25
start(0.277,0.229)
natural(theta)=0
line to (0.263,0.234) to (0.256,0.246) to (0.247,0.258) to (0.243,0.266) to
(0.242,0.275)
natural(theta)=0
line to (0.242,0.304) to (0.244,0.326) to (0.247,0.342) to (0.257,0.357) to
(0.267,0.373)
natural(theta)=0
line to (0.283,0.387) to (0.302,0.395) to (0.315,0.399) to (0.323,0.400) to
(0.328,0.396)
natural(theta)=0
line to (0.335,0.389) to (0.337,0.383) to (0.335,0.356) to (0.330,0.343) to
(0.324,0.338)
natural(theta)=0
line to (0.319,0.337) to (0.314,0.330) to (0.306,0.322) to (0.303,0.320) to
(0.307,0.319)

```

```

natural(theta)=0
line to (0.311,0.313) to (0.314,0.305) to (0.316,0.298) to (0.321,0.294) to
(0.322,0.277)
natural(theta)=0
line to (0.322,0.264) to (0.316,0.253) to (0.303,0.236) to (0.298,0.233) to
(0.285,0.230)
line to close

```

Region 3 'Ginjal Kanan'

```

mu=0.5
start(0.486,0.439)
natural(theta)=0
line to (0.471,0.428) to (0.465,0.417) to (0.464,0.402) to (0.466,0.389) to
(0.471,0.381)
natural(theta)=0
line to (0.476,0.375) to (0.483,0.369) to (0.487,0.368) to (0.493,0.368) to
(0.496,0.368)
natural(theta)=0
line to (0.501,0.367) to (0.501,0.364) to (0.499,0.361) to (0.501,0.355) to
(0.502,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.505,0.343) to (0.499,0.338) to (0.490,0.334) to (0.485,0.330) to
(0.480,0.319)
natural(theta)=0
line to (0.480,0.311) to (0.483,0.296) to (0.488,0.283) to (0.492,0.275) to
(0.499,0.269)
natural(theta)=0
line to (0.509,0.265) to (0.517,0.262) to (0.526,0.262) to (0.535,0.265) to
(0.549,0.272)
natural(theta)=0
line to (0.560,0.281) to (0.566,0.299) to (0.570,0.319) to (0.570,0.338) to
(0.568,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.562,0.377) to (0.554,0.398) to (0.544,0.413) to (0.532,0.425) to
(0.516,0.434)
natural(theta)=0
line to (0.502,0.438) to (0.488,0.439)
line to close

```

Region 4 'Selang Biru'

```

mu=0.05
start(0.328,0.603)
natural(theta)=0
line to (0.330,0.599) to (0.339,0.316) to (0.339,0.188) to (0.339,0.183) to
(0.336,0.178)
natural(theta)=0
line to (0.334,0.172) to (0.333,0.162) to (0.334,0.154) to (0.342,0.161) to
(0.348,0.168)

```

natural(theta)=0  
 line to (0.357,0.179) to (0.367,0.191) to (0.375,0.201) to (0.381,0.208) to  
 (0.381,0.212)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.381,0.221) to (0.381,0.350) to (0.390,0.346) to (0.398,0.343) to  
 (0.410,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.423,0.336) to (0.429,0.336) to (0.440,0.336) to (0.444,0.336) to  
 (0.451,0.336)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.460,0.336) to (0.464,0.338) to (0.467,0.338) to (0.472,0.339) to  
 (0.475,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.481,0.339) to (0.487,0.338) to (0.492,0.338) to (0.495,0.338) to  
 (0.499,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.502,0.340) to (0.502,0.342) to (0.502,0.345) to (0.500,0.346) to  
 (0.495,0.347)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.491,0.347) to (0.484,0.347) to (0.478,0.348) to (0.472,0.349) to  
 (0.467,0.349)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.462,0.349) to (0.459,0.348) to (0.454,0.348) to (0.447,0.348) to  
 (0.440,0.348)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.433,0.347) to (0.420,0.349) to (0.409,0.351) to (0.403,0.355) to  
 (0.396,0.360)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.389,0.365) to (0.384,0.369) to (0.380,0.374) to (0.378,0.379) to  
 (0.378,0.392)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.379,0.412) to (0.377,0.434) to (0.376,0.443) to (0.375,0.461) to  
 (0.374,0.479)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.374,0.499) to (0.374,0.513) to (0.374,0.528) to (0.374,0.535) to  
 (0.375,0.537)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.377,0.538) to (0.378,0.538) to (0.379,0.538) to (0.380,0.536) to  
 (0.381,0.534)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.383,0.535) to (0.385,0.537) to (0.388,0.539) to (0.388,0.544) to  
 (0.388,0.550)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.388,0.554) to (0.387,0.556) to (0.386,0.558) to (0.382,0.560) to  
 (0.376,0.563)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.370,0.565) to (0.361,0.569) to (0.356,0.574) to (0.353,0.577) to  
 (0.349,0.581)

```

natural(theta)=0
line to (0.345,0.586) to (0.343,0.589) to (0.340,0.592) to (0.337,0.595) to
(0.334,0.598)
line to close

```

#### Region 5 'Selang Merah'

```

mu=0.025
start(0.392,0.550)
natural(theta)=0
line to (0.390,0.522) to (0.388,0.492) to (0.388,0.454) to (0.387,0.419) to
(0.386,0.385)
natural(theta)=0
line to (0.387,0.370) to (0.399,0.364) to (0.400,0.362) to (0.405,0.358) to
(0.412,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.419,0.353) to (0.427,0.351) to (0.427,0.362) to (0.427,0.394) to
(0.427,0.422)
natural(theta)=0
line to (0.430,0.472) to (0.432,0.496) to (0.437,0.516) to (0.436,0.540) to
(0.436,0.542)
natural(theta)=0
line to (0.420,0.545) to (0.401,0.549)
Line to close

```

#### Region 6 'Selang Merah 2'

```

mu=0.050
start(0.382,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.383,0.207) to (0.332,0.150) to (0.336,0.143) to (0.342,0.139) to
(0.351,0.140)
natural(theta)=0
line to (0.362,0.148) to (0.373,0.161) to (0.385,0.174) to (0.393,0.182) to
(0.397,0.193)
natural(theta)=0
line to (0.401,0.196) to (0.410,0.192) to (0.416,0.185) to (0.429,0.172) to
(0.438,0.160)
natural(theta)=0
line to (0.455,0.139) to (0.460,0.141) to (0.465,0.147) to (0.467,0.156) to
(0.468,0.161)
natural(theta)=0
line to (0.463,0.168) to (0.426,0.228) to (0.424,0.238) to (0.425,0.258) to
(0.421,0.320)
natural(theta)=0
line to (0.423,0.333) to (0.413,0.335) to (0.399,0.340) to (0.387,0.345)
line to close

```

```

time 0 by 0.1 to 0.30

```

PLOTS  
for  $t=0$  by 0.1 to 0.30  
CONTOUR(theta) painted



## LAMPIRAN 9

TITLE 'GINJAL'

select

{vectorgrid=70}

VARIABLES

theta(100)

DEFINITIONS

mu = 3

delta =5

gamma = 0.005

alpha = 2

k = mu

f = exp(alpha\*theta/(theta+alpha))

{E= exp(-((x-0.500)^2+(y-0.45)^2)/0.1^2)}

E= exp(-((x-0.6)^2+(y-0.35)^2)/0.1^2)

INITIAL VALUES

theta=30

EQUATIONS

div(k\*grad(theta))+delta\*E\*f=dt(theta)

BOUNDARIES

REGION 1 'Body'

start(0.142,0.003)

natural(theta)=0

line to (0.146,0.022) to (0.152,0.043) to (0.158,0.057) to (0.165,0.071) to (0.166,0.093)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.166) to (0.172,0.196) to (0.174,0.224) to (0.174,0.280) to (0.172,0.297)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.332) to (0.161,0.366) to (0.152,0.417) to (0.146,0.446) to (0.142,0.516)

natural(theta)=0

line to (0.137,0.581) to (0.067,0.457) to (0.004,0.617) to (0.017,0.647) to (0.027,0.693)

natural(theta)=0

line to (0.038,0.721) to (0.057,0.763) to (0.074,0.789) to (0.089,0.805) to (0.106,0.815)

natural(theta)=0

line to (0.139,0.826) to (0.148,0.830) to (0.161,0.835) to (0.174,0.839) to (0.184,0.839)

natural(theta)=0

line to (0.194,0.843) to (0.222,0.855) to (0.303,0.894) to (0.306,0.905)

natural(theta)=0

line to (0.310,0.939) to (0.495,0.939) to (0.493,0.912) to (0.496,0.900) to (0.501,0.892)

natural(theta)=0

```

line to (0.508,0.885) to (0.520,0.880) to (0.606,0.847) to (0.612,0.844) to
(0.624,0.840)
natural(theta)=0
line to (0.637,0.839) to (0.650,0.834) to (0.657,0.831) to (0.675,0.825) to
(0.700,0.816)
natural(theta)=0
line to (0.710,0.810) to (0.724,0.797) to (0.736,0.783) to (0.752,0.756) to
(0.769,0.714)
natural(theta)=0
line to (0.779,0.675) to (0.780,0.678) to (0.782,0.663) to (0.787,0.647) to
(0.793,0.631)
natural(theta)=0
line to (0.806,0.608) to (0.746,0.442) to (0.718,0.481) to (0.689,0.543) to
(0.668,0.587)
natural(theta)=0
line to (0.664,0.581) to (0.664,0.515) to (0.663,0.492) to (0.660,0.475) to
(0.656,0.450)
natural(theta)=0
line to (0.648,0.409) to (0.631,0.344) to (0.632,0.347) to (0.627,0.321) to
(0.626,0.304)
natural(theta)=0
line to (0.624,0.282) to (0.626,0.245) to (0.636,0.187) to (0.632,0.176) to
(0.633,0.146)
natural(theta)=0
line to (0.632,0.132) to (0.631,0.117) to (0.631,0.107) to (0.635,0.087) to
(0.649,0.036)
natural(theta)=0
line to (0.654,0.003)
line to close

```

Region 2 'Ginjal Kiri'

```

mu=0.25
start(0.277,0.229)
natural(theta)=0
line to (0.263,0.234) to (0.256,0.246) to (0.247,0.258) to (0.243,0.266) to
(0.242,0.275)
natural(theta)=0
line to (0.242,0.304) to (0.244,0.326) to (0.247,0.342) to (0.257,0.357) to
(0.267,0.373)
natural(theta)=0
line to (0.283,0.387) to (0.302,0.395) to (0.315,0.399) to (0.323,0.400) to
(0.328,0.396)
natural(theta)=0
line to (0.335,0.389) to (0.337,0.383) to (0.335,0.356) to (0.330,0.343) to
(0.324,0.338)
natural(theta)=0
line to (0.319,0.337) to (0.314,0.330) to (0.306,0.322) to (0.303,0.320) to
(0.307,0.319)

```

```

natural(theta)=0
line to (0.311,0.313) to (0.314,0.305) to (0.316,0.298) to (0.321,0.294) to
(0.322,0.277)
natural(theta)=0
line to (0.322,0.264) to (0.316,0.253) to (0.303,0.236) to (0.298,0.233) to
(0.285,0.230)
line to close

```

#### Region 3 'Ginjal Kanan'

```

mu=0.5
start(0.486,0.439)
natural(theta)=0
line to (0.471,0.428) to (0.465,0.417) to (0.464,0.402) to (0.466,0.389) to
(0.471,0.381)
natural(theta)=0
line to (0.476,0.375) to (0.483,0.369) to (0.487,0.368) to (0.493,0.368) to
(0.496,0.368)
natural(theta)=0
line to (0.501,0.367) to (0.501,0.364) to (0.499,0.361) to (0.501,0.355) to
(0.502,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.505,0.343) to (0.499,0.338) to (0.490,0.334) to (0.485,0.330) to
(0.480,0.319)
natural(theta)=0
line to (0.480,0.311) to (0.483,0.296) to (0.488,0.283) to (0.492,0.275) to
(0.499,0.269)
natural(theta)=0
line to (0.509,0.265) to (0.517,0.262) to (0.526,0.262) to (0.535,0.265) to
(0.549,0.272)
natural(theta)=0
line to (0.560,0.281) to (0.566,0.299) to (0.570,0.319) to (0.570,0.338) to
(0.568,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.562,0.377) to (0.554,0.398) to (0.544,0.413) to (0.532,0.425) to
(0.516,0.434)
natural(theta)=0
line to (0.502,0.438) to (0.488,0.439)
line to close

```

#### Region 4 'Selang Biru'

```

mu=0.05
start(0.328,0.603)
natural(theta)=0
line to (0.330,0.599) to (0.339,0.316) to (0.339,0.188) to (0.339,0.183) to
(0.336,0.178)
natural(theta)=0
line to (0.334,0.172) to (0.333,0.162) to (0.334,0.154) to (0.342,0.161) to
(0.348,0.168)

```

natural(theta)=0  
 line to (0.357,0.179) to (0.367,0.191) to (0.375,0.201) to (0.381,0.208) to  
 (0.381,0.212)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.381,0.221) to (0.381,0.350) to (0.390,0.346) to (0.398,0.343) to  
 (0.410,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.423,0.336) to (0.429,0.336) to (0.440,0.336) to (0.444,0.336) to  
 (0.451,0.336)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.460,0.336) to (0.464,0.338) to (0.467,0.338) to (0.472,0.339) to  
 (0.475,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.481,0.339) to (0.487,0.338) to (0.492,0.338) to (0.495,0.338) to  
 (0.499,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.502,0.340) to (0.502,0.342) to (0.502,0.345) to (0.500,0.346) to  
 (0.495,0.347)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.491,0.347) to (0.484,0.347) to (0.478,0.348) to (0.472,0.349) to  
 (0.467,0.349)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.462,0.349) to (0.459,0.348) to (0.454,0.348) to (0.447,0.348) to  
 (0.440,0.348)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.433,0.347) to (0.420,0.349) to (0.409,0.351) to (0.403,0.355) to  
 (0.396,0.360)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.389,0.365) to (0.384,0.369) to (0.380,0.374) to (0.378,0.379) to  
 (0.378,0.392)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.379,0.412) to (0.377,0.434) to (0.376,0.443) to (0.375,0.461) to  
 (0.374,0.479)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.374,0.499) to (0.374,0.513) to (0.374,0.528) to (0.374,0.535) to  
 (0.375,0.537)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.377,0.538) to (0.378,0.538) to (0.379,0.538) to (0.380,0.536) to  
 (0.381,0.534)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.383,0.535) to (0.385,0.537) to (0.388,0.539) to (0.388,0.544) to  
 (0.388,0.550)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.388,0.554) to (0.387,0.556) to (0.386,0.558) to (0.382,0.560) to  
 (0.376,0.563)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.370,0.565) to (0.361,0.569) to (0.356,0.574) to (0.353,0.577) to  
 (0.349,0.581)

```

natural(theta)=0
line to (0.345,0.586) to (0.343,0.589) to (0.340,0.592) to (0.337,0.595) to
(0.334,0.598)
line to close

```

#### Region 5 'Selang Merah'

```

mu=0.025
start(0.392,0.550)
natural(theta)=0
line to (0.390,0.522) to (0.388,0.492) to (0.388,0.454) to (0.387,0.419) to
(0.386,0.385)
natural(theta)=0
line to (0.387,0.370) to (0.399,0.364) to (0.400,0.362) to (0.405,0.358) to
(0.412,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.419,0.353) to (0.427,0.351) to (0.427,0.362) to (0.427,0.394) to
(0.427,0.422)
natural(theta)=0
line to (0.430,0.472) to (0.432,0.496) to (0.437,0.516) to (0.436,0.540) to
(0.436,0.542)
natural(theta)=0
line to (0.420,0.545) to (0.401,0.549)
Line to close

```

#### Region 6 'Selang Merah 2'

```

mu=0.050
start(0.382,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.383,0.207) to (0.332,0.150) to (0.336,0.143) to (0.342,0.139) to
(0.351,0.140)
natural(theta)=0
line to (0.362,0.148) to (0.373,0.161) to (0.385,0.174) to (0.393,0.182) to
(0.397,0.193)
natural(theta)=0
line to (0.401,0.196) to (0.410,0.192) to (0.416,0.185) to (0.429,0.172) to
(0.438,0.160)
natural(theta)=0
line to (0.455,0.139) to (0.460,0.141) to (0.465,0.147) to (0.467,0.156) to
(0.468,0.161)
natural(theta)=0
line to (0.463,0.168) to (0.426,0.228) to (0.424,0.238) to (0.425,0.258) to
(0.421,0.320)
natural(theta)=0
line to (0.423,0.333) to (0.413,0.335) to (0.399,0.340) to (0.387,0.345)
line to close

```

```

time 0 by 0.1 to 0.45

```

PLOTS  
for  $t=0$  by 0.1 to 0.45  
CONTOUR(theta) painted



## LAMPIRAN 10

TITLE 'GINJAL'

select

{vectorgrid=70}

VARIABLES

theta(100)

DEFINITIONS

mu = 3

delta =5

gamma = 0.005

alpha = 2

k = mu

f = exp(alpha\*theta/(theta+alpha))

{E= exp(-((x-0.500)^2+(y-0.45)^2)/0.1^2)}

E= exp(-((x-0.6)^2+(y-0.35)^2)/0.1^2)

INITIAL VALUES

theta=30

EQUATIONS

div(k\*grad(theta))+delta\*E\*f=dt(theta)

BOUNDARIES

REGION 1 'Body'

start(0.142,0.003)

natural(theta)=0

line to (0.146,0.022) to (0.152,0.043) to (0.158,0.057) to (0.165,0.071) to (0.166,0.093)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.166) to (0.172,0.196) to (0.174,0.224) to (0.174,0.280) to (0.172,0.297)

natural(theta)=0

line to (0.169,0.332) to (0.161,0.366) to (0.152,0.417) to (0.146,0.446) to (0.142,0.516)

natural(theta)=0

line to (0.137,0.581) to (0.067,0.457) to (0.004,0.617) to (0.017,0.647) to (0.027,0.693)

natural(theta)=0

line to (0.038,0.721) to (0.057,0.763) to (0.074,0.789) to (0.089,0.805) to (0.106,0.815)

natural(theta)=0

line to (0.139,0.826) to (0.148,0.830) to (0.161,0.835) to (0.174,0.839) to (0.184,0.839)

natural(theta)=0

line to (0.194,0.843) to (0.222,0.855) to (0.303,0.894) to (0.306,0.905)

natural(theta)=0

line to (0.310,0.939) to (0.495,0.939) to (0.493,0.912) to (0.496,0.900) to (0.501,0.892)

natural(theta)=0

```

line to (0.508,0.885) to (0.520,0.880) to (0.606,0.847) to (0.612,0.844) to
(0.624,0.840)
natural(theta)=0
line to (0.637,0.839) to (0.650,0.834) to (0.657,0.831) to (0.675,0.825) to
(0.700,0.816)
natural(theta)=0
line to (0.710,0.810) to (0.724,0.797) to (0.736,0.783) to (0.752,0.756) to
(0.769,0.714)
natural(theta)=0
line to (0.779,0.675) to (0.780,0.678) to (0.782,0.663) to (0.787,0.647) to
(0.793,0.631)
natural(theta)=0
line to (0.806,0.608) to (0.746,0.442) to (0.718,0.481) to (0.689,0.543) to
(0.668,0.587)
natural(theta)=0
line to (0.664,0.581) to (0.664,0.515) to (0.663,0.492) to (0.660,0.475) to
(0.656,0.450)
natural(theta)=0
line to (0.648,0.409) to (0.631,0.344) to (0.632,0.347) to (0.627,0.321) to
(0.626,0.304)
natural(theta)=0
line to (0.624,0.282) to (0.626,0.245) to (0.636,0.187) to (0.632,0.176) to
(0.633,0.146)
natural(theta)=0
line to (0.632,0.132) to (0.631,0.117) to (0.631,0.107) to (0.635,0.087) to
(0.649,0.036)
natural(theta)=0
line to (0.654,0.003)
line to close

```

Region 2 'Ginjal Kiri'

```

mu=0.25
start(0.277,0.229)
natural(theta)=0
line to (0.263,0.234) to (0.256,0.246) to (0.247,0.258) to (0.243,0.266) to
(0.242,0.275)
natural(theta)=0
line to (0.242,0.304) to (0.244,0.326) to (0.247,0.342) to (0.257,0.357) to
(0.267,0.373)
natural(theta)=0
line to (0.283,0.387) to (0.302,0.395) to (0.315,0.399) to (0.323,0.400) to
(0.328,0.396)
natural(theta)=0
line to (0.335,0.389) to (0.337,0.383) to (0.335,0.356) to (0.330,0.343) to
(0.324,0.338)
natural(theta)=0
line to (0.319,0.337) to (0.314,0.330) to (0.306,0.322) to (0.303,0.320) to
(0.307,0.319)

```

```

natural(theta)=0
line to (0.311,0.313) to (0.314,0.305) to (0.316,0.298) to (0.321,0.294) to
(0.322,0.277)
natural(theta)=0
line to (0.322,0.264) to (0.316,0.253) to (0.303,0.236) to (0.298,0.233) to
(0.285,0.230)
line to close

```

Region 3 'Ginjal Kanan'

```

mu=0.5
start(0.486,0.439)
natural(theta)=0
line to (0.471,0.428) to (0.465,0.417) to (0.464,0.402) to (0.466,0.389) to
(0.471,0.381)
natural(theta)=0
line to (0.476,0.375) to (0.483,0.369) to (0.487,0.368) to (0.493,0.368) to
(0.496,0.368)
natural(theta)=0
line to (0.501,0.367) to (0.501,0.364) to (0.499,0.361) to (0.501,0.355) to
(0.502,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.505,0.343) to (0.499,0.338) to (0.490,0.334) to (0.485,0.330) to
(0.480,0.319)
natural(theta)=0
line to (0.480,0.311) to (0.483,0.296) to (0.488,0.283) to (0.492,0.275) to
(0.499,0.269)
natural(theta)=0
line to (0.509,0.265) to (0.517,0.262) to (0.526,0.262) to (0.535,0.265) to
(0.549,0.272)
natural(theta)=0
line to (0.560,0.281) to (0.566,0.299) to (0.570,0.319) to (0.570,0.338) to
(0.568,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.562,0.377) to (0.554,0.398) to (0.544,0.413) to (0.532,0.425) to
(0.516,0.434)
natural(theta)=0
line to (0.502,0.438) to (0.488,0.439)
line to close

```

Region 4 'Selang Biru'

```

mu=0.05
start(0.328,0.603)
natural(theta)=0
line to (0.330,0.599) to (0.339,0.316) to (0.339,0.188) to (0.339,0.183) to
(0.336,0.178)
natural(theta)=0
line to (0.334,0.172) to (0.333,0.162) to (0.334,0.154) to (0.342,0.161) to
(0.348,0.168)

```

natural(theta)=0  
 line to (0.357,0.179) to (0.367,0.191) to (0.375,0.201) to (0.381,0.208) to  
 (0.381,0.212)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.381,0.221) to (0.381,0.350) to (0.390,0.346) to (0.398,0.343) to  
 (0.410,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.423,0.336) to (0.429,0.336) to (0.440,0.336) to (0.444,0.336) to  
 (0.451,0.336)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.460,0.336) to (0.464,0.338) to (0.467,0.338) to (0.472,0.339) to  
 (0.475,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.481,0.339) to (0.487,0.338) to (0.492,0.338) to (0.495,0.338) to  
 (0.499,0.339)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.502,0.340) to (0.502,0.342) to (0.502,0.345) to (0.500,0.346) to  
 (0.495,0.347)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.491,0.347) to (0.484,0.347) to (0.478,0.348) to (0.472,0.349) to  
 (0.467,0.349)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.462,0.349) to (0.459,0.348) to (0.454,0.348) to (0.447,0.348) to  
 (0.440,0.348)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.433,0.347) to (0.420,0.349) to (0.409,0.351) to (0.403,0.355) to  
 (0.396,0.360)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.389,0.365) to (0.384,0.369) to (0.380,0.374) to (0.378,0.379) to  
 (0.378,0.392)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.379,0.412) to (0.377,0.434) to (0.376,0.443) to (0.375,0.461) to  
 (0.374,0.479)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.374,0.499) to (0.374,0.513) to (0.374,0.528) to (0.374,0.535) to  
 (0.375,0.537)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.377,0.538) to (0.378,0.538) to (0.379,0.538) to (0.380,0.536) to  
 (0.381,0.534)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.383,0.535) to (0.385,0.537) to (0.388,0.539) to (0.388,0.544) to  
 (0.388,0.550)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.388,0.554) to (0.387,0.556) to (0.386,0.558) to (0.382,0.560) to  
 (0.376,0.563)  
 natural(theta)=0  
 line to (0.370,0.565) to (0.361,0.569) to (0.356,0.574) to (0.353,0.577) to  
 (0.349,0.581)

```

natural(theta)=0
line to (0.345,0.586) to (0.343,0.589) to (0.340,0.592) to (0.337,0.595) to
(0.334,0.598)
line to close

```

#### Region 5 'Selang Merah'

```

mu=0.025
start(0.392,0.550)
natural(theta)=0
line to (0.390,0.522) to (0.388,0.492) to (0.388,0.454) to (0.387,0.419) to
(0.386,0.385)
natural(theta)=0
line to (0.387,0.370) to (0.399,0.364) to (0.400,0.362) to (0.405,0.358) to
(0.412,0.355)
natural(theta)=0
line to (0.419,0.353) to (0.427,0.351) to (0.427,0.362) to (0.427,0.394) to
(0.427,0.422)
natural(theta)=0
line to (0.430,0.472) to (0.432,0.496) to (0.437,0.516) to (0.436,0.540) to
(0.436,0.542)
natural(theta)=0
line to (0.420,0.545) to (0.401,0.549)
Line to close

```

#### Region 6 'Selang Merah 2'

```

mu=0.050
start(0.382,0.348)
natural(theta)=0
line to (0.383,0.207) to (0.332,0.150) to (0.336,0.143) to (0.342,0.139) to
(0.351,0.140)
natural(theta)=0
line to (0.362,0.148) to (0.373,0.161) to (0.385,0.174) to (0.393,0.182) to
(0.397,0.193)
natural(theta)=0
line to (0.401,0.196) to (0.410,0.192) to (0.416,0.185) to (0.429,0.172) to
(0.438,0.160)
natural(theta)=0
line to (0.455,0.139) to (0.460,0.141) to (0.465,0.147) to (0.467,0.156) to
(0.468,0.161)
natural(theta)=0
line to (0.463,0.168) to (0.426,0.228) to (0.424,0.238) to (0.425,0.258) to
(0.421,0.320)
natural(theta)=0
line to (0.423,0.333) to (0.413,0.335) to (0.399,0.340) to (0.387,0.345)
line to close

```

```

time 0 by 0.1 to 0.6

```

PLOTS  
for  $t=0$  by 0.1 to 0.6  
CONTOUR(theta) painted





**KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345  
Fax. (0341) 572533**

**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : Ummu Aiman Khabasiyah  
NIM : 08610058  
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Matematika  
Judul Skripsi : *Aplikasi Model Matematika Radiasi Gelombang  
Elektromagnetik Ponsel pada Ginjal*  
Pembimbing I : Hairur Rahman, M.Si  
Pembimbing II : Abdussakir, M.Pd

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	23 Mei 2012	Revisi BAB I dan Konsultasi BAB III	1.
2.	24 Mei 2012	ACC Kajian Agama BAB I dan BAB II	2.
3.	15 Juni 2012	Konsultasi BAB I dan BAB II	3.
4.	25 Juni 2012	Konsultasi BAB II dan BAB III	4.
5.	5 Juli 2012	Konsultasi BAB III	5.
6.	3 Agustus 2012	Konsultasi BAB III	6.
7.	4 Agustus 2012	Konsultasi BAB III	7.
8.	8 Agustus 2012	Konsultasi BAB I - BAB IV	8.
9.	11 Agustus 2012	ACC BAB I-BAB IV	9.
10.	11 Agustus 2012	Konsultasi Kajian Agama BAB III	10.
11.	11 Agustus 2012	ACC Kajian Agama BAB III	11.

Malang, 8 September 2012  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Matematika

Abdussakir, M.Pd  
NIP. 19751006 200312 1 001