

**APLIKASI MODEL MATEMATIKA RADIASI GELOMBANG
ELEKTROMAGNETIK PONSEL PADA PARU-PARU**

SKRIPSI

Oleh:
AZIZIZAH NOOR AINI
NIM. 08610066



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

**APLIKASI MODEL MATEMATIKA RADIASI GELOMBANG
ELEKTROMAGNETIK PONSEL PADA PARU-PARU**

SKRIPSI

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

Oleh:
AZIZIZAH NOOR AINI
NIM. 08610066

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

**APLIKASI MODEL MATEMATIKA RADIASI GELOMBANG
ELEKTROMAGNETIK PONSEL PADA PARU-PARU**

SKRIPSI

Oleh:
AZIZIZAH NOOR AINI
NIM. 08610066

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 11 Agustus 2012

Pembimbing I,

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 PARU-PARU**

SKRIPSI

Oleh:
AZIZIZAH NOOR AINI
NIM. 08610066

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: Prof. Dr. Toto Nusantara, M.Si
NIP. 19671130 199103 1 001

Ketua Penguji: Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001

Sekretaris Penguji: Hairur Rahman, M.Si
NIP. 19800429 200604 1 003

Anggota Penguji: Abdussakir, M.Pd
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 : Azizizah Noor Aini
NIM : 08610066
Jurusan : Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Aplikasi Model Matematika Radiasi Gelombang
Elektromagnetik Ponsel pada paru-paru

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 dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 11 Agustus 2012

Yang membuat pernyataan,

Azizizah Noor Aini

NIM. 08610066

MOTTO

"Ketika Allah menguji kita, sebetulnya saat itu Allah sedang menunjukkan betapa Allah sangat menyayangi kita. Dan ada sebuah kejutan besar yang ingin Dia beri jika kita mampu melewatinya"



HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah, penulis persembahkan karya ini untuk orang-orang yang penulis sayangi :

Ayahanda T.I.Priyo Widodo dan Ibunda Marni Yang telah memberikan kasih sayang dengan sabar dan ikhlas serta do'anya selalu mengalir tulus tiada hentinya

Adik tercinta Riaunita Cahaya Lestari dan Saudara-saudar penulis Yang slalu memberikan keceriaan bagi penulis

Orang terdekat penulis yang selalu menemani dengan sabar dan dalam keadaan apapun. Terimakasih atas doa dan motivasi yang selalu diberikan kepada penulis selama ini

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Syukur alhamdulillah penulis haturkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains dalam bidang matematika di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh sebab itu, iringan do'a dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan, terutama kepada:

1. Prof. Dr. H. Imam Suprayogo, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Drs. Sutiman B. Sumitro, SU., DSc, 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 bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan selama penulisan skripsi.

5. Prof. Dr. Toto Nusantara, M.Si dan Drs. Usman Pagalay, M.Si selaku dosen penguji utama dan ketua penguji, terima kasih atas pengarahan dalam perevisian skripsi
6. Segenap dosen pengajar, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
7. Ayahanda Teguh Imam Priyo Widodo dan Ibunda Marni yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan yang terbaik bagi penulis.
8. Sahabat-sahabat senasib seperjuangan mahasiswa jurusan Matematika angkatan 2008, Azizatu Rochmah, Iesyah Rodliyah, Aulia Dewi Fahrizki, Faiqotul Munawaroh, Siti Syifatul Azizah, Ida Fitria, Dewi Kurniasih, Fuad Adi Saputra, Khusnul Afifah, Rofiq Nanang, dan lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala pengalaman berharga dan kenangan terindah saat menuntut ilmu bersama.
9. Sahabat dekat penulis Deyan Ardiansyah Ade Putra, Irhasha Fitrotul Afifi, Dewi Ratnasari, Ummu Aiman Khabasiyah, terima kasih banyak telah menyemangati penulis dan memberikan kenangan terindah tentang arti persahabatan yang sebenarnya.
10. Untuk orang terdekat penulis, terima kasih banyak atas semua perhatian, kesabaran, motivasi, dan dapat meluangkan waktunya untuk membantu selama penulisan skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan, dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat

kepada para pembaca, khususnya bagi penulis secara pribadi. *Amin Ya Rabbal
Alamin.*

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Malang, 14 Agustus 2012

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGAJUAN	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN	
MOTTO	
HALAMAN PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SIMBOL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
المخلص البختس	xix
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Batasan Masalah	6
1.5. Manfaat Penelitian	6
1.6. Metode Penelitian	7
1.7. Sistematika Penulisan	8
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Persamaan Diferensial Parsial	10
2.2. Persamaan Diferensial Parsial Linier dan Tak Linier	11
2.3. Persamaan Tak Linier	12
2.4. Gelombang Elektromagnetik	14
2.5. Model Matematika	15
2.6. Radiasi Gelombang Elektromagnetik	18
2.7. Pengertian Ponsel	19
2.8. Medan Listrik	20
2.9. Persamaan Dasar pada Temperatur	20
2.10. Paru-paru	21
2.11. Radiasi Elektromagnetik Ponsel dalam Perspektif Islam	23
 BAB III PEMBAHASAN	
3.1. Deskripsi Model Matematika Persamaan Gelombang Elektromagnetik	27
3.2. Analisis Model dengan Menggunakan Program FlexPDE	30

3.3. Analisis Perubahan Temperatur Saat t Tertentu	33
3.4. Dampak Radiasi Elektromagnetik Ponsel Menurut Pandangan Islam	41
BAB IV PENUTUP	
4.1. Kesimpulan	45
4.2. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kurva Karakteristik untuk Berbagai Ketaklinieran	13
Gambar 2.2	Gambar Arah Getar dan Arah Rambat Gelombang Elektromagnetik	14
Gambar 2.3	Tahap-tahap Membangun Model	15
Gambar 2.4	Gambar Pergerakan Energi Listrik	20
Gambar 2.5	Paru Kanan di Dalam Dada	22
Gambar 2.6	Bronkiolus dan Alveolus	22
Gambar 3.1	Geometri Domain dengan Beberapa Bagian Memiliki Sifat Penyerapan Panas Berbeda	29
Gambar 3.2	Posisi Pengukuran Temperatur pada Masing-masing Materi	31
Gambar 3.2.1	Kurva Ketinggian pada Awal-awal Pemanasan, History pada Titik-titik Pengukuran Awal Pemanasan	31
Gambar 3.2.2	Kurva Ketinggian pada Awal-awal Pemanasan dan History pada Titik-titik Pengukuran	33
Gambar 3.3.1	History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 0.25$ ketika $\mathbf{k} = \boldsymbol{\mu}$	34
Gambar 3.3.2	History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 0.75$ ketika $\mathbf{k} = \boldsymbol{\mu}$	35
Gambar 3.3.3	History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 1.0$ ketika $\mathbf{k} = \boldsymbol{\mu}$	36
Gambar 3.3.4	History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 5.0$ ketika $\mathbf{k} = \boldsymbol{\mu}$	36
Gambar 3.3.5	History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 0.25$ ketika $\mathbf{k} = \boldsymbol{\mu}e^{\gamma\theta}$	37
Gambar 3.3.6	History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 0.75$ ketika $\mathbf{k} = \boldsymbol{\mu}e^{\gamma\theta}$	38
Gambar 3.3.7	History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 1.0$ ketika $\mathbf{k} = \boldsymbol{\mu}e^{\gamma\theta}$	39
Gambar 3.3.8	History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 5.0$ ketika $\mathbf{k} = \boldsymbol{\mu}e^{\gamma\theta}$	40

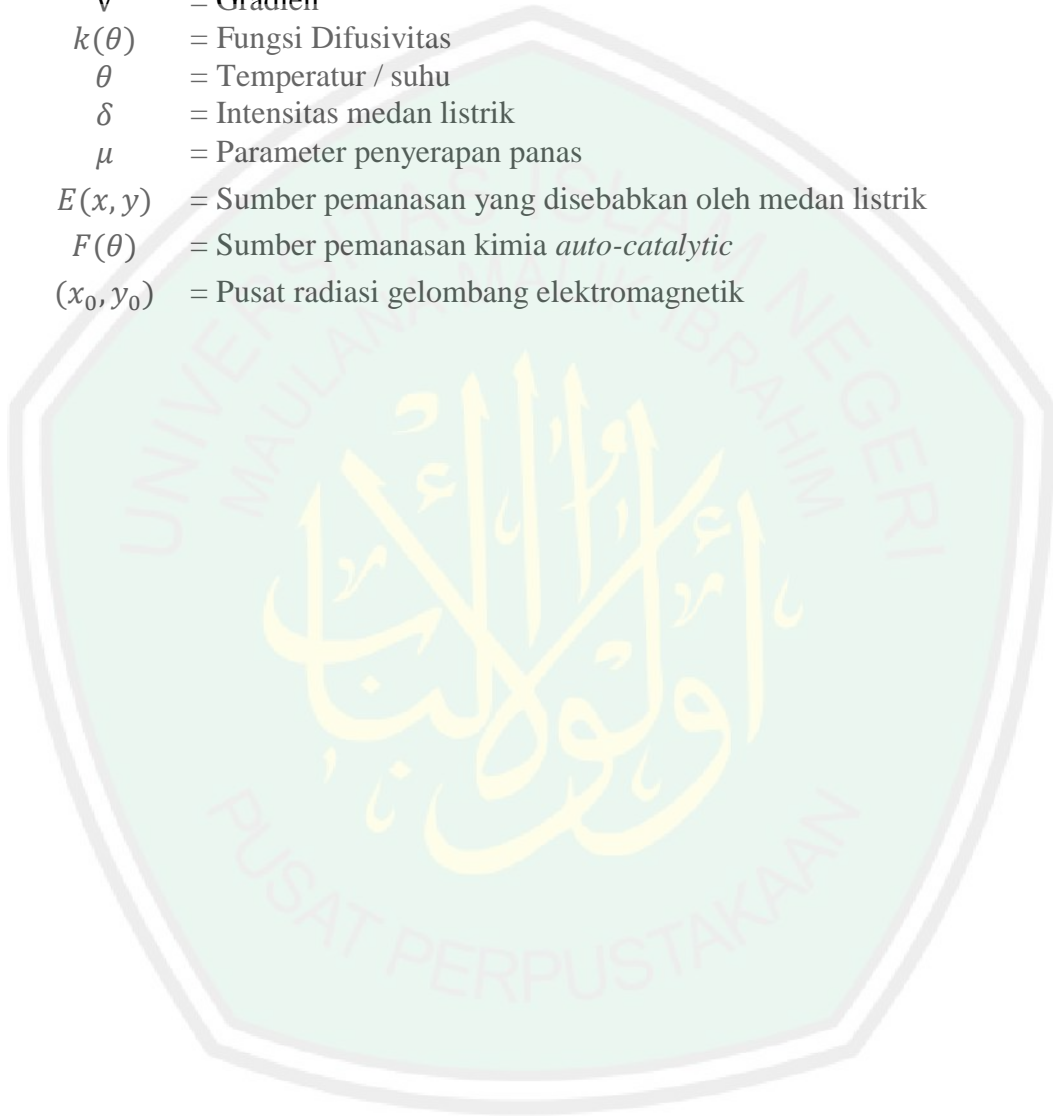
DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Hasil Perhitungan Berikutnya pada Saat t Tertentu	34
---	----



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
∇	= Gradien
$k(\theta)$	= Fungsi Difusivitas
θ	= Temperatur / suhu
δ	= Intensitas medan listrik
μ	= Parameter penyerapan panas
$E(x, y)$	= Sumber pemanasan yang disebabkan oleh medan listrik
$F(\theta)$	= Sumber pemanasan kimia <i>auto-catalytic</i>
(x_0, y_0)	= Pusat radiasi gelombang elektromagnetik



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Program FlexPDE Model Matematika Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel Pada Paru-paru Saat $t = 2$ dengan Fungsi Difusivitasnya Bernilai Konstan yaitu $\mathbf{k} = \boldsymbol{\mu}$	49
Lampiran 2	Program FlexPDE Model Matematika Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel pada Paru-paru Saat $t = 2$ dengan Fungsi difusivitasnya bernilai konstan yaitu $\mathbf{k} = \boldsymbol{\mu}e^{\gamma\theta}$	55
Lampiran 3	Program FlexPDE Model Matematika Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel pada Paru-paru Saat $t = 0.25$	61
Lampiran 4	Program FlexPDE Model Matematika Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel pada Paru-paru Saat $t = 0.75$	67
Lampiran 5	Program FlexPDE Model Matematika Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel pada Paru-paru Saat $t = 1.0$	73
Lampiran 6	Program FlexPDE Model Matematika Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel pada Paru-paru Saat $t = 5.0$	79

ABSTRAK

Aini, Azizizah Noor. 2012. **Aplikasi Model Matematika Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel pada Paru-paru**. 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, Paru-paru

Radiasi merupakan suatu cara perambatan energi dari sumber energi ke lingkungannya tanpa membutuhkan perantara. Ponsel merupakan alat komunikasi dua arah dengan menggunakan gelombang radio. Banyak pengguna ponsel mungkin tidak tahu bahwa ponsel yang digunakan dapat mengirimkan gelombang elektromagnetik ke dalam tubuh.

Radiasi gelombang elektromagnetik pada tubuh manusia dapat dipresentasikan ke dalam model matematika. Proses radiasi gelombang elektromagnetik melibatkan variabel waktu dan pergerakan energi listrik. Dalam menyelesaikan pemodelan ini, penulis menggunakan bantuan software FlexPDE

Hasil yang diperoleh pada analisis dalam skripsi ini menunjukkan model matematika tentang radiasi gelombang elektromagnetik ponsel terhadap paru-paru manusia adalah

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

dengan:

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

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

dan domain D dengan syarat awal dan syarat batas

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

dimana domain D adalah materi 2D yaitu pada Paru-paru manusia.

Dapat disimpulkan bahwa pada saat ponsel diletakkan pada saku baju pada saat itulah radiasi akan berpengaruh pada paru-paru manusia karena temperatur setiap materi akan semakin naik dari waktu ke waktu jika intensitas energi listrik dan nilai sifat auto catalytic pada materi semakin besar.

ABSTRACT

Aini, Azizah Noor. 2012. **Mathematics Model Application Radiologic Handphone Electromagnetic Wave on Lung**. Thesis. Mathematics Department Faculty of Science and Technology the State of Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang.

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

Radiation is a way of propagation of energy from the energy source to the environment without the need for intermediaries. Mobile is a two-way communication device using radio waves. Many mobile phone users might not know that the phone is used to transmit electromagnetic waves into the body. Radiation of electromagnetic waves on the human body can be presented in a mathematical model. The process involves radiation of electromagnetic waves and movement time variable electricity. In completing this modeling, the authors use statistical software FlexPDE.

The results obtained in this thesis suggests analysis the mathematical model of cell phone radiation of electromagnetic waves on human lung is

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

with:

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

$$f(\theta) = \frac{\alpha \theta}{e^{\alpha + \theta}} \text{ for } \alpha > 0, \text{ with } f(\theta) > 0, f'(\theta) > 0,$$

and domain D by condition of startup and boundary condition

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

where the domain D is the 2D material on human lungs.

It can be concluded that when the phone is placed in the pocket at that time radiation will affect on human of the lungs due to the temperature of any content will be up from time to time if the intensity of electric energy and the value of auto catalytic properties of the material the large.

Key words : radiation, electromagnetic waves, handphone, Lung

ملخص البحث

عيني، عزيزة نور. ٢٠١٢. الرياضية الكهرومغناطيسية موجات المحمول تطبيق نموذج الإشعاع على الرنتين. الأطروحة. قسم الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة الدولة الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج.

المشرف : ١. هير الرحمن، الماجستير

٢. عبد الشكير M. Pd

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

الإشعاع هو وسيلة لنشر الطاقة من مصدر الطاقة إلى البيئة دون الحاجة إلى وسطاء. المحمول هو جهاز الاتصالات ثنائية الاتجاه باستخدام موجات الراديو. قد العديد من مستخدمي الهواتف النقالة لا تعرف أن يستخدم الهاتف لنقل الموجات الكهرومغناطيسية في الجسم. ويمكن عرض إشعاع الموجات الكهرومغناطيسية على جسم الإنسان في نموذج رياضي. وتنطوي العملية على إشعاع الموجات الكهرومغناطيسية والكهرباء الحركة المتغير الوقت. في الانتهاء من هذا النموذج، والكتاب الإحصائي استخدام البرمجيات FlexPDE النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الأطروحة تقترح النموذج الرياضي للإشعاع الخليوي من الموجات الكهرومغناطيسية على الإنسان هو الرنة

$$(X) \delta E + (\nabla \theta) \cdot (K(\theta)) = \nabla \cdot T / \partial \theta + Y(\theta)$$

مع:

$$K(\theta) = \mu e^{\gamma \theta} \text{ مع } K(\theta) > 0, \text{ ك } K(\theta) > 0$$

$$Y(\theta) = \alpha \theta + \alpha \text{ لبعض } \alpha > 0, \text{ و مع } Y(\theta) > 0, \text{ و } Y(\theta) > 0$$

والمجال D مع الظروف الأولية وشروط

$$X(\theta) = Y, \text{ ح } (0) = (ص, ص) \leq 0, \text{ ح } \partial \theta / \partial n = (ص, ص) \text{ ح } D \partial \theta = 0$$

حيث D المجال هو المادة 2D على الرنتين الإنسان.

يمكن أن نخلص إلى أنه عندما يتم وضع الهاتف في جيب في ذلك الإشعاع الوقت سوف تؤثر على صحة الإنسان، وسوف يؤثر على منظومة العمل في الرنتين بسبب درجة حرارة أي محتوى سوف يصل من وقت لآخر إذا كثافة الطاقة الكهربائية وقيمة العقارات السيارات الحفاز للمواد كبيرة. من هذين العاملين (كثافة الطاقة الكهربائية وقيمة العقارات السيارات الحفاز للمواد) التي تؤثر درجة الحرارة على الهاتف الخليوي الإشعاع الكهرومغناطيسي موجة هو أكثر تأثيرا هو الحفزية السيارات للمادة. لذلك سيتم إعطاء مزيد من الوقت لهذه المادة أقوى الإشعاع المنبعث من الهاتف المحمول.

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. Disebutkan dalam surat Al-Imran ayat 199:

وَإِنَّ مِنْ أَهْلِ الْكِتَابِ لَمَنْ يُؤْمِنُ بِاللَّهِ وَمَا أُنزِلَ إِلَيْكُمْ وَمَا أُنزِلَ إِلَيْهِمْ
 خَشِعِينَ لِلَّهِ لَا يَشْتُرُونَ بِآيَاتِ اللَّهِ ثَمَنًا قَلِيلًا ۗ أُولَٰئِكَ لَهُمْ أَجْرُهُمْ عِنْدَ
 رَبِّهِمْ ۗ إِنَّ اللَّهَ سَرِيعُ الْحِسَابِ ﴿١٢٤﴾

“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 perhitungannya”

Pada bagian sebelumnya, telah dijelaskan Allah Maha Matematis. 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 (Fitria, 2009:35).

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.

Dalam kehidupan sehari-hari banyak permasalahan yang memerlukan pemecahan. Sering dengan bantuan matematika permasalahan tersebut lebih mudah dipahami, 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 (Jamalia, 2008:3).

Dahulu manusia mengenal dan memanfaatkan alat komunikasi tradisional seperti surat yang dikirimkan oleh burung merpati putih, kemudian berkembang dengan adanya jasa pos, dilanjutkan lagi dengan diciptakannya alat-alat canggih seperti telegram, faksimile, *handy talkie*, telepon, internet, dan lain sebagainya. Semua hal itu semata-mata dilakukan hanya untuk mempermudah fasilitas hidup. Dalam hal ini coba kita khususnya pembahasan pada telepon seluler atau biasa disebut ponsel. Di zaman serba teknologi seperti sekarang ini, *handphone* atau ponsel bukanlah barang asing bagi siapapun. Bahkan, anak-anak kecil pun sudah banyak yang bermain dengan ponsel.

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, 2009:1). 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 (Anonim, 2007).

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.

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. Potensi gangguan kesehatan yang timbul akibat pajanan medan elektromagnetik dapat terjadi pada berbagai sistem tubuh, antara lain: (1) sistem darah, (2) sistem reproduksi, (3) sistem saraf, (4) sistem kardiovaskular, (5) sistem endokrin, (6) psikologis, dan (7) hipersensitivitas. Sedangkan manifestasi dari hipersensitivitas dikenal pula dengan istilah *electrical sensitivity*, yang menggambarkan gangguan fisiologis berupa tanda dan gejala neurologis maupun kepekaan terhadap medan elektromagnetik, dengan gejala-gejala yang khas (Lasantha, 2008).

Radiasi gelombang elektromagnetik pada tubuh manusia tersebut dapat dipresentasikan 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 diamati. Dalam penelitian ini digunakan model matematika persamaan gelombang elektromagnetik yang merujuk pada artikel Toto Nusantara tahun 2001 yaitu :

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

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.

Untuk menentukan solusi numerik dengan pusat radiasi gelombang elektromagnetik yaitu pada daerah sekitar dada ketika posisi ponsel berada di saku baju, maka akan berpengaruh pada paru-paru.

Dengan menggunakan model matematika tersebut, dapat diketahui bagaimana radiasi gelombang elektromagnetik ponsel terhadap paru-paru. Dengan adanya kasus ini, tentunya menjadi hal yang mengkhawatirkan bagi kebanyakan orang. Bagaimana tidak, perambatan radiasi elektromagnetik yang dapat menyerang semua golongan dan jenis kelamin ini dapat menyebabkan pengaruh yang besar bagi kesehatan manusia.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik untuk membahas dan mengkaji tentang radiasi gelombang elektromagnetik ponsel pada paru-paru. Penulis mengangkat tulisan ini dengan judul **“Aplikasi Model Matematika Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel pada Paru-paru”**.

1.2 Rumusan Masalah

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

1.3 Tujuan Penelitian

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

1.4 Batasan Masalah

1. Model matematika yang digunakan dalam skripsi ini berbentuk sistem persamaan diferensial parsial non-linier, dimana persamaan yang digunakan diambil dari rujukan utama pada artikel Toto Nusantara Tahun 2001 yang berjudul "*Pemanasan dengan microwave : pembentukan bintik panas pada materi 2-D*".
2. Angka-angka yang digunakan dalam pemodelan ini hanya sebatas memberikan asumsi atau parameter saja karena model tersebut hanya memberikan visualisasi pada gambar yang ada serta hasil simulasi ini tidak berkaitan dengan pengukuran fisis sesungguhnya, akan tetapi hanya menunjukkan analogi terhadap proses yang terjadi.

1.5 Manfaat Penelitian

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

1. Bagi penulis, untuk memperdalam pengetahuan aplikasi model matematika dari radiasi gelombang elektromagnetik ponsel pada paru-paru.
2. Bagi pembaca, sebagai tambahan khasanah keilmuan, khususnya menambah jangkauan perhatian (orientasi) aplikasi model matematika dari radiasi gelombang elektromagnetik ponsel pada paru-paru, yaitu aspek kesehatan

sebagai bahan pertimbangan dalam mengaplikasikan model matematika dari radiasi gelombang elektromagnetik pada ponsel yang masuk dalam tubuh manusia.

3. Bagi lembaga, sebagai bahan informasi mengenai aplikasi model matematika dari radiasi gelombang elektromagnetik ponsel pada paru-paru yang dapat dijadikan acuan dan bahan pertimbangan (orientasi) bagi peneliti lain dalam mengaplikasikan model ini pada bidang studi matematika atau bidang studi yang lain.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah “*kajian kepustakaan*” atau “*library research*”, 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.

Penyelesaian analitik sistem persamaan diferensial taklinier sulit ditentukan sehingga penyelesaian dilakukan dengan menggunakan metode numerik. Untuk memudahkan perhitungan digunakan *software* FlexPDE.

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

1. Mencari literatur utama yang dijadikan acuan dalam pembahasan dan mengumpulkan literatur pendukung sebagai bahan atau sumber informasi

yang berkaitan dengan deskripsi model matematika radiasi gelombang elektromagnetik ponsel terhadap paru-paru.

2. Menganalisis perubahan temperatur saat t tertentu.
3. Membuat grafik radiasi gelombang elektromagnetik ponsel terhadap paru-paru dengan menggunakan software FlexPDE.
4. Membuat kesimpulan dari pembahasan yang telah ditulis.
5. Menulis laporan.

1.7 Sistematika Penulisan

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

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini, memberikan kajian-kajian yang menjadi landasan masalah yang dibahas, yaitu persamaan diferensial parsial, persamaan diferensial parsial linier dan tak linier, persamaan tak linier, gelombang elektromagnetik, model matematika, radiasi gelombang elektromagnetik, pengertian ponsel, medan listrik, persamaan dasar pada temperatur, paru-paru, radiasi elektromagnetik ponsel dalam perspektif islam.

BAB III PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas deskripsi model matematika persamaan gelombang elektromagnetik ponsel terhadap paru-paru, analisis model dengan menggunakan software FlexPDE, analisis perubahan temperatur saat waktu (t) tertentu serta dampak radiasi gelombang elektromagnetik ponsel pada paru-paru dalam perspektif islam.

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. Persamaan Diferensial Parsial

Dalam persamaan diferensial parsial muncul turunan parsial yang menyatakan hukum fisika tertentu. Misalnya persamaan diferensial parsial

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

yang menggambarkan gerak bentuk gelombang, dapat berbentuk gelombang samudera, gelombang suara, gelombang cahaya dan gelombang yang lainnya.

Definisi 1

Persamaan diferensial adalah persamaan yang menyangkut turunan dari satu atau lebih variabel tak bebas terhadap satu atau lebih variabel bebas.

Berdasarkan jumlah variabel bebasnya, persamaan diferensial dikelompokkan menjadi persamaan diferensial biasa (PDB) atau *Ordinary Differential Equation (ODE)* dan persamaan diferensial parsial (PDP) atau *Partial Differential Equation (PDE)* (Ross, 1984:3).

Definisi 2

Persamaan diferensial parsial (PDP) adalah persamaan diferensial yang menyangkut turunan parsial dari satu atau lebih variabel tak bebas terhadap satu atau lebih variabel bebas.

Contoh 1:

- 1) $\frac{\partial v}{\partial s} + \frac{\partial v}{\partial t} = v$ adalah fungsi dalam dua variabel, yaitu s dan t

$$2) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0 \text{ adalah fungsi dalam tiga variabel, yaitu } x, y \text{ dan } z.$$

Variabel bebas pada contoh 1 adalah s dan t sedangkan variabel tak bebasnya adalah v . Selanjutnya pada contoh 2 variabel x, y dan z adalah variabel bebasnya, sedangkan variabel u adalah variabel tak bebasnya (Ross, 1984:4).

Persamaan diferensial parsial dapat dikatakan sebagai persamaan yang mengandung satu atau lebih turunan-turunan parsial. Persamaan tersebut merupakan laju perubahan terhadap dua atau lebih variabel bebas, yang dikatakan dengan waktu dan jarak (ruang) (Triatmojo, 2002:199).

Ketika ada fungsi $s(x, y)$ yang bergantung pada dua variabel bebas x dan y , dan jika diturunkan terhadap x maka y bernilai konstan dan jika diturunkan terhadap y , x bernilai konstan. Adapun notasi pelambangannya secara berturut-turut adalah $\frac{\partial w}{\partial x}$ dan $\frac{\partial w}{\partial y}$, dengan simbol ∂ menunjukkan turunan parsialnya. Notasi itu dapat dipakai untuk pengerjaan turunan orde dua. Turunan terhadap x dari $\frac{\partial w}{\partial x}$ dilambangkan dengan $\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$ dan turunan terhadap y dari $\frac{\partial w}{\partial x}$ adalah $\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}$ dan seterusnya. Turunan parsial x dapat dituliskan berupa w_x (Levine, 1997:4).

2.2. Persamaan Diferensial Parsial Linier dan Tidak Linier

Definisi 3:

Persamaan diferensial linier adalah persamaan diferensial yang berpangkat satu dalam peubah bebas dan turunan-turunannya, yaitu persamaan diferensial yang berbentuk:

$$a_0(x) \frac{d^n y}{dx^n} + a_{n-1}(x) \frac{d^{n-1} y}{dx^{n-1}} + \dots + a_1(x) \frac{dy}{dx} + a_0(x)y = f(x) \quad 2.2$$

Diasumsikan bahwa a_0, a_1, \dots, a_n dan fungsi-fungsi $f(x)$ merupakan fungsi-fungsi yang kontinu pada suatu selang I dan koefisien pertama $a_n(x) \neq 0$ untuk setiap $x \in I$ (Pamuntjak, 1990:1).

Definisi 4:

Persamaan diferensial tak linier adalah persamaan diferensial yang bukan persamaan diferensial linier (Ross, 1984:5).

Contoh 4:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + 5 \frac{dy}{dx} + 6y^2 = 0 \quad (2.3)$$

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + 5y \frac{dy}{dx} + 6y = 0 \quad (2.4)$$

Persamaan (2.3) dan (2.4) adalah persamaan diferensial tak linier karena ada variabel bergantung y berderajat dua pada bentuk $6y^2$ dan bentuk $5y \frac{dy}{dx}$ merupakan perkalian antara variabel bergantung dan turunannya.

2.3. Persamaan Tak Linier

Suatu sistem dikatakan non linear jika prinsip superposisi tidak dapat diterapkan. Jadi, untuk sistem tak linear, tanggapan terhadap dua masukan tidak dapat dihitung dengan mengukur satu masukan pada suatu waktu tertentu dan menambahkan hasilnya. Contoh persamaan diferensial tak linier adalah :

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + x = A \sin \omega t$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + (x^2 - 1) \frac{dx}{dt} + x = 0$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{dx}{dt} + x + x^3 = 0$$

Walaupun beberapa hubungan sistem fisik biasanya diwakili persamaan linier, dalam kebanyakan kasus sebenarnya hubungan tersebut tidak benar benar linier, pada kenyataannya, pengamatan yang teliti dari sistem fisik, sistem linier akan benar-benar linier hanya apabila berada pada daerah operasi yang terbatas. Dalam praktik, banyak sistem elektromekanika, hidrolika, pneumatika dan sebagainya meliputi hubungan tak linear antar variabel-variabel. Sebagai contoh, keluaran dari suatu komponen mungkin bercampur untuk sinyal masukan yang besar. Hukum kuadrat ketaklinieran mungkin terjadi untuk beberapa komponen. Sebagai contoh, peredam yang digunakan pada sistem fisik mungkin linier untuk operasi kecepatan rendah tetapi menjadi tak linier pada kecepatan tinggi, dan gaya redaman mungkin menjadi sebanding dengan kuadrat dari kecepatan kerja. Beberapa contoh kurva karakteristik ketidaklinieran ditunjukkan pada Gambar 2.1



Ketaklinearan Jenuh Ketaklinearan Daerah Mati Hukum Kuadrat Ketaklinieran

Gambar 2.1. Kurva Karakteristik untuk Berbagai Ketaklinieran (Sari, 2008:3).

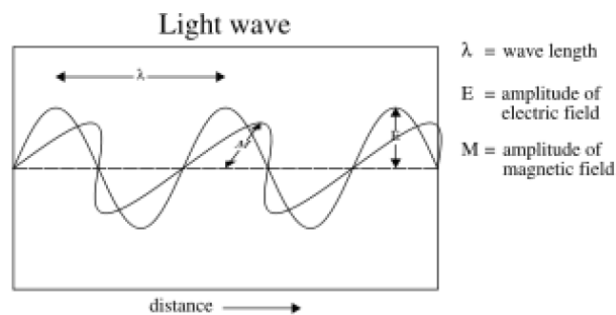
Beberapa sistem kontrol yang penting adalah nonlinier untuk setiap ukuran sinyal. Sebagai contoh, pada sistem kontrol dua posisi (*on-off*). Aksi pengontrolan

adalah “on” atau “off” dan tidak terdapat hubungan yang linier antara masukan dan keluaran kontroler.

Prosedur untuk menemukan penyelesaian masalah yang melibatkan sistem taklinier umumnya sangat rumit. Karena kesulitan matematika yang ada pada sistem tak linier, seringkali dirasakan perlu membuat sistem linier yang ekuivalen yang berlaku untuk jangka operasi yang terbatas. Sekali sistem tak linier didekati dengan model matematika linier, maka sejumlah alat bantu tak linier dapat diterapkan untuk tujuan analisis dan desain.

2.4. Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang berbentuk karena pengaruh dari medan magnetik dan medan listrik. Kedua medan ini bergetar dengan arah yang saling tegak lurus. Pembentuk gelombang elektromagnetik adalah gelombang transversal, yang arah rambatnya tegak lurus dengan arah getarnya. Sedangkan radiasi gelombang elektromagnetik adalah kombinasi medan listrik dan medan magnet yang berosilasi dan merambat lewat ruang dan membawa energi dari satu tempat ke tempat yang lain. Cahaya tampak adalah salah satu bentuk radiasi elektromagnetik. Jika digambar arah getar dan arah rambatnya adalah sebagai berikut:

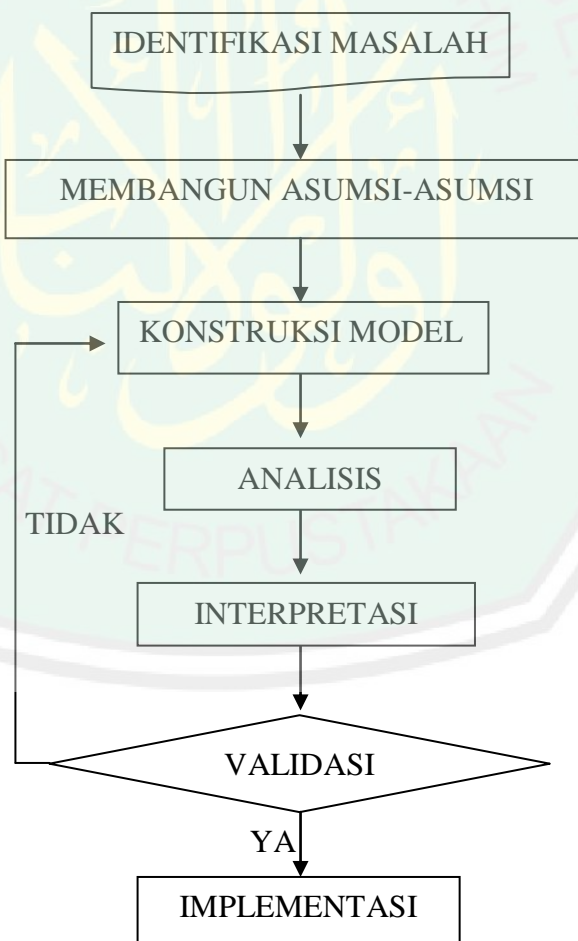


Gambar 2.2 Gambar Arah Getar dan Arah Rambat Gelombang Elektromagnetik

(Sumber: Mahardika, 2009:2)

2.5. Model Matematika

Model dan pemodelan telah membantu manusia memahami sistem alam yang kompleks, mulai dari yang mikroskopik sampai yang makroskopik. Model merupakan jembatan antara dunia nyata dengan dunia berfikir untuk memecahkan suatu masalah. Secara umum tahapan dalam membangun sebuah model adalah meliputi identifikasi masalah, membangun asumsi-asumsi, membuat konstruksi model, menganalisis, menginterpretasikan, memvalidasi dan mengimplementasikan. Berikut merupakan tahap dalam membangun model:



Gambar 2.3 Tahap-tahap Membangun Model

(Pagalay, 2009:5)

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk memahami masalah yang akan dirumuskan sehingga dapat ditranslasikan ke dalam bahasa matematika.

2. Membangun Asumsi-Asumsi

Hal ini diperlukan karena 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.

3. Membuat Konstruksi Model

Hal ini dapat dilakukan baik melalui hubungan fungsional dengan cara membuat diagram alur maupun persamaan-persamaan matematika. Konstruksi model ini dapat dilakukan dengan bantuan *software* maupun secara analitis.

4. Menganalisis Model

Analisis juga perlu dilakukan. Inti dari tahap ini adalah mencari solusi yang sesuai untuk menjawab pertanyaan yang dibangun pada tahap identifikasi. Di dalam pemodelan, analisis dapat dilakukan dengan dua cara, pertama dengan melakukan optimasi dan kedua dapat dilakukan dengan cara simulasi. Optimasi dirancang untuk mencari solusi “*what should happen*” (apa yang seharusnya terjadi), sementara simulasi dirancang untuk mencari solusi “*what would happen*” (apa yang akan terjadi).

5. Interpretasi

Interpretasi penting dilakukan untuk mengetahui apakah hasil tersebut memang masuk akal atau tidak. Interpretasi juga diperlukan untuk mengomunikasikan keinginan si pemodel dengan hasil analisis yang dilakukan oleh komputer ataupun alat pemecah model lainnya (*solver*).

6. Validasi Model

Validasi model tidak hanya menginterpretasikan model tetapi juga melakukan verifikasi atas keabsahan model yang dirancang dengan asumsi yang dibangun sebelumnya. Model yang valid tidak hanya mengikuti kaidah-kaidah teoritis yang shahih, namun juga memberikan interpretasi atas hasil yang diperoleh mendekati kesesuaian dalam hal besaran, uji-uji standar seperti statistik dan prinsip-prinsip matematika 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.

7. Implementasi

Jika hasil validasi memenuhi syarat, baru kemudian dilakukan implementasi komputasi melalui “*system*” seperti komputer maupun alat bantu lain. Keseluruhan hasil implementasi komputer, baik melalui optimasi maupun simulasi, harus diverifikasi terlebih dahulu sebelum diinterpretasikan dan diimplementasikan. Setelah itu keseluruhan proses

tersebut baru bisa digunakan untuk mengimplementasikan permasalahan awal yang telah dibangun sebelumnya.

2.6. Radiasi Gelombang Elektromagnetik

Telepon seluler (ponsel) mentransmisikan dan menerima sinyal dari dan kesubstasiun yang ditempatkan di tengah kota. Substasiun yang menerima sinyal paling jernih dari telepon seluler memberikan pesan ke jaringan telepon local jarak jauh. Jaringan Personal Communication Services (PCS) mirip dengan system telepon seluler. PCS menyediakan komunikasi suara dan data didesain untuk menjangkau daerah yang luas. Pita frekuensi 800 sampai dengan 3000 MHz telah dijatahkan untuk peralatan komunikasi ini (Kobb, 1993) Karena telepon seluler atau unit PCS harus berhubungan dengan substasiun yang diletakkan beberapa kilometer jauhnya, pancaran dari peralatan ini harus cukup kuat untuk memastikan sinyalnya bagus. Peralatan ini memancarkan daya sekitar 0,1 sampai dengan 1,0 W. Penelitian mengenai pengaruh gelombang mikro terhadap tubuh manusia menyatakan bahwa untuk daya sampai dengan 10 mW/cm² masih termasuk dalam nilai ambang batas aman (Wardhana, 2000). Pada umumnya pengukuran kadar radiasi sebuah ponsel disebut 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 2.0W/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 1.6W/kg (Swamardika, 2009).

2.7. Pengertian Ponsel

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (2008:1334) 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, 2009:107).

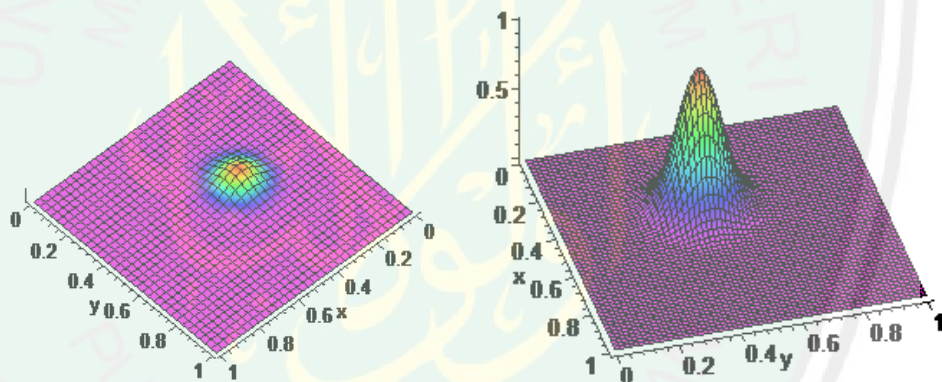
Dimanapun kita melakukan panggilan, suara akan ditulis dalam sebuah kode tertentu ke dalam gelombang radio dan selanjutnya diteruskan melalui antenna ponsel menuju ke *base station* terdekat dimana kita melakukan panggilan. Dari pengertian tersebut dapat digambarkan bentuk telepon itu yang berukuran 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 digenggam. Kebanyakan telepon beroperasi dengan menggunakan transmisi sinyal listrik dalam jaringan telepon sehingga memungkinkan pengguna telepon untuk berkomunikasi dengan pengguna lainnya.

2.8. Medan Listrik

Pada penelitian ini digunakan 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 paru-paru. Pergerakan energi listrik diperlihatkan pada Gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4 Gambar Pergerakan Energi Listrik (Fauziah, 2010:8)

2.9. Persamaan Dasar Pada Temperatur

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

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

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 θ menyatakan temperatur; $k(\theta)$

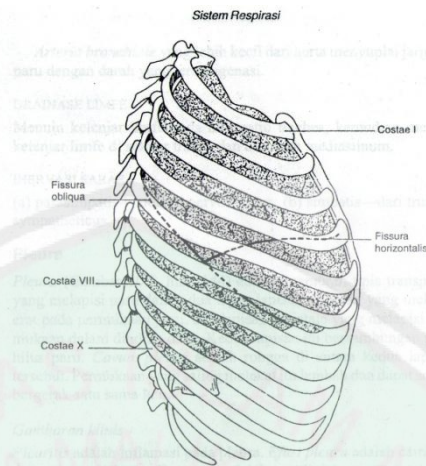
menyatakan fungsi difusivitas dengan sifat $k(\theta) > 0$, $k'(\theta) > 0$ dan dalam penelitian ini menggunakan bentuk fungsi difusivitas $k(\theta) = \mu e^{\gamma\theta}$, untuk suatu parameter positif γ dan μ ; δ adalah parameter positif yang terkait dengan intensitas medan listrik; $E(x)$ adalah 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 $\alpha > 0$.

2.10. Paru-paru

Paru-paru merupakan organ yang sangat vital bagi kehidupan manusia karena tanpa paru-paru manusia tidak dapat hidup. Dalam sistem ekskresi, paru – paru berfungsi untuk mengeluarkan karbondioksida (CO_2) dan uap air (H_2O). Di dalam paru- paru terjadi proses pertukaran antara gas oksigen dan karbondioksida. Setelah membebaskan oksigen, sel-sel darah merah menangkap karbondioksida sebagai hasil metabolisme tubuh akan dibawa ke paru-paru. Di paru-paru karbondioksida dan uap air dilepaskan dan dikeluarkan dari paru-paru melalui hidung (Kurniawan, 2012).

Setiap paru-paru berbentuk kerucut dan memiliki :

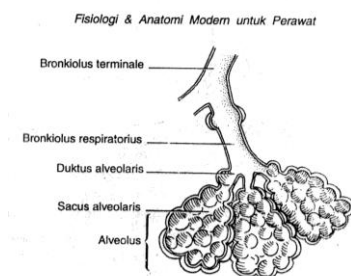
- a. Apeks, yang meluas kedalam leher sekitar 2,5 cm diatas clavicula
- b. Permukaan costo-vertebal, menempel pada perikardium dan jantung,
- c. Permukaan mediastinal, menempel pada perikardium dan jantung,
- d. Basis, yang terletak pada diafragma.



Gambar 2.5 Paru Kanan di Dalam Dada (Gibson, 2002:145)

Paru kanan terbagi menjadi dua fisura menjadi tiga lobus, yaitu superior, media, inferior. Paru kiri dibagi oleh sebuah fisura menjadi dua lobus, yaitu superior, inferior.

Bronkus pada setiap sisi bercabang menjadi cabang-cabang utama, satu untuk setiap lobus paru. Segmen paru pada daerah tersebut disuplai oleh cabang utama bronkus; setiap segmen adalah unit mandiri dengan suplai darah sendiri. Paru kanan memiliki sepuluh segmen, paru kiri memiliki sembilan segmen. Setiap segmen berbentuk baji dengan tepi baji yang tipis pada hilus paru (Gibson, 2002:145).



Gambar 2.6 Bronkiolus dan alveolus (Gibson, 2002:146)

Di dalam segmennya, cabang bronkus utama memecah menjadi cabang-cabang yang lebih kecil. Bronkiolus adalah salah satu cabang yang lebih kecil dan tidak memiliki cartilago dalam dindingnya. Setiap bronkiolus memecah menjadi cabang-cabang yang lebih kecil. Duktus alveolaris adalah cabang yang paling kecil, setiap ujung terdapat sekelompok alveolus. Alveolus adalah kantong berdinding tipis yang mengandung udara, melalui seluruh dinding inilah terjadi pertukaran gas. Setiap paru mengandung sekitar 300 juta alveoli. Lubang-lubang kecil di dalam dinding alveolar memungkinkan udara melewati satu alveolus ke alveolus yang lain. Lobulus primer atau unit paru adalah bronkiolus dengan kelompok-kelompok alveolusnya (Gibson, 2002 :146).

2.11. Radiasi Elektromagnetik Ponsel Dalam Perspektif Islam

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).

Berkaitan dengan ayat di atas, sangat jelas sekali disebutkan bahwa kerusakan di darat dan di laut disebabkan oleh tangan-tangan manusia sendiri.

Pada ayat lain dijelaskan bahwa :

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً ۗ قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا مَن يُفْسِدُ فِيهَا وَيَسْفِكُ
الْدِّمَاءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ۗ قَالَ إِنِّي أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ ﴿٢٠﴾

“Ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat: "Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi." mereka berkata: "Mengapa

Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih dengan memuji Engkau dan mensucikan Engkau?" Tuhan berfirman: "Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui." (QS Al-Baqarah 30)

Ayat di atas menjelaskan bahwa sebelum manusia diciptakan oleh Allah SWT, para malaikat telah mengetahui dampak dari ulah manusia yang akan membuat kerusakan dan pertumpahan darah di bumi. Namun sebenarnya Allah SWT lebih mengetahui segala urusan di langit dan di bumi.

Salah satu contoh dari penggalan 2 ayat di atas adalah manusia menciptakan ponsel yang digunakan sebagai sarana telekomunikasi jarak jauh. Jika penggunaannya berlebihan maka akan berdampak buruk pada diri manusia itu sendiri. Dikarenakan radiasi gelombang elektromagnetik dari ponsel dapat berpengaruh pada tubuh manusia. Sebagaimana yang dikemukakan oleh Mahendra (2008) "Ponsel memancarkan gelombang elektromagnetik agar dapat berkomunikasi dengan pemancar operator terdekat. Dalam jumlah yang berlebihan, radiasi ini berbahaya, namun dalam jumlah kecil, radiasi gelombang elektromagnetik tidak berbahaya bagi manusia".

Allah SWT menciptakan segala sesuatu menurut ukurannya. Karena ukuran-ukuran yang diciptakan oleh Allah SWT sangatlah rinci dan teliti tidak ada keraguan padanya. Kita umat manusia jarang sekali memikirkan bagaimana Allah SWT menciptakan segala sesuatu di semesta ini dengan ukuran yang amat sangat rinci tanpa ada sedikit kesalahan di dalamnya.

Seperti halnya radiasi yang dipancarkan dari ponsel pada tubuh manusia. Radiasi yang dipancarkan itu sangatlah kecil dan mungkin sedikit sekali

berpengaruh pada organ tubuh manusia. Namun jika radiasi yang kecil itu berlebihan masuk pada organ tubuh manusia, pasti akan ada efek atau dampak negatif yang akan terjadi. Karena tubuh manusia hanya terbungkus oleh kulit yang tipis.

Kulit manusia sangatlah peka terhadap perubahan yang terjadi di lingkungan sekitarnya. Kulit berfungsi sebagai alat pelindung bagian dalam, misalnya otot dan tulang; sebagai alat peraba dengan dilengkapi bermacam reseptor yang peka terhadap berbagai rangsangan; sebagai alat ekskresi; serta pengatur suhu tubuh (Frieta, 2010:1).

Susunan kulit manusia tidak mampu untuk menahan radiasi elektromagnetik yang berlebihan dari luar. Sedangkan di dalam tubuh manusia merupakan instrumen elektromagnetik yang sangat sensitif, dikendalikan oleh proses komunikasi antar sel yang sangat kompleks (Hermawan, 2011).

Tiap proses komunikasi antar sel ini bervibrasi dalam frekuensi yang berbeda dan beberapa frekuensi tersebut ada yang mirip dengan yang dipancarkan oleh ponsel. Gelombang mikro dari HP dapat mempengaruhi komunikasi antar sel dalam tubuh Anda secara *non-thermal*. Karena sama halnya dengan radio dapat menerima gangguan signal, proses komunikasi antar sel juga bisa terganggu ketika terpapar oleh gelombang mikro HP.

Proses komunikasi antar sel ini dipengaruhi oleh metabolime tubuh kita, 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. Disamping

itu, 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. Dan kita sebagai manusia berkewajiban untuk menjaga bukan merusak.



BAB III

PEMBAHASAN

“Pemanasan dengan microwave : pembentukan bintik panas pada materi 2-D” merujuk pada artikel Toto Nusantara tahun 2001. Pembahasan ini merupakan hasil simulasi yang tidak berkaitan dengan pengukuran fisis sesungguhnya, akan tetapi hanya menunjukkan analogi terhadap proses yang terjadi, dimana pengambilan nilai setiap parameter khususnya μ berdasarkan pada fungsi dari masing-masing materi yang telah ditentukan.

3.1 Deskripsi Model Matematika Persamaan Gelombang Elektromagnetik

Persamaan dasar dari model radiasi gelombang elektromagnetik adalah persamaan:

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

Model persamaan gelombang Elektromagnetik dapat dikonstruksikan dengan asumsi-asumsi bahwa θ menyatakan suhu, $k(\theta)$ adalah fungsi penyerapan panas materi atau difusifitas dengan sifat $k(\theta) > 0, K'(\theta) > 0$. Dan dalam penelitian ini fungsi penyerapan panas dinyatakan sebagai $k(\theta) = \mu e^{\gamma\theta}$ untuk suatu parameter positif γ dan μ, δ merupakan parameter positif yang menggabungkan geometri medium, sedangkan parameter $\delta > 0$ menyatakan intensitas medan listrik. $E(x, y)$ adalah sumber pemanasan akibat medan listrik. $f(\theta)$ adalah auto-catalytic kimia pemanasan sumber dengan sifat $f(\theta) > 0, f'(\theta) > 0$. Seperti yang diamati Smith (Chandra dkk, 1996)

sangat realistik untuk mengambil bentuk $f(\theta)$ sebagai fungsi bertipe Arrhenius, yaitu $f(\theta) = \frac{\alpha\theta}{e^{\alpha+\theta}}$ untuk suatu $\alpha > 0$.

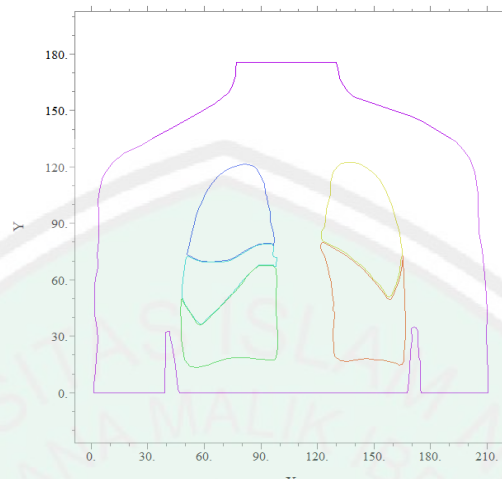
Dari Persamaan Gelombang Elektromagnetik dapat diturunkan menjadi :

$$\begin{aligned}\frac{\partial\theta}{\partial t} &= \nabla^{\circ}(k(\theta)\nabla\theta) + \delta E(x, y)f(\theta) \\ &= \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}\right) \circ \left(k(\theta)\left(\frac{\partial\theta}{\partial x}, \frac{\partial\theta}{\partial y}\right)\right) + \delta E(x, y)f(\theta) \\ &= \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}\right) \circ \left(k(\theta)\frac{\partial\theta}{\partial x}, k(\theta)\frac{\partial\theta}{\partial y}\right) + \delta E(x, y)f(\theta) \\ &= \frac{\partial}{\partial x}\left(k(\theta)\frac{\partial\theta}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(k(\theta)\frac{\partial\theta}{\partial y}\right) + \delta E(x, y)f(\theta) \\ \frac{\partial\theta}{\partial t} &= \frac{\partial k}{\partial x} \cdot \frac{\partial\theta}{\partial x} + k(\theta)\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2} + \frac{\partial k}{\partial y} \cdot \frac{\partial\theta}{\partial y} + k(\theta)\frac{\partial^2\theta}{\partial y^2} + \delta E(x, y)f(\theta)\end{aligned}$$

dengan syarat awal dan syarat batas sebagai berikut :

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

Geometri domain yang digunakan dalam penelitian ini merujuk dari artikel Toto Nusantara tahun 2001, yaitu berupa materi persegi 2D dengan beberapa bagian yang memiliki sifat penyerapan panas yang berbeda. Dalam skripsi ini penulis mengaplikasi materi di atas menjadi materi 2D berbentuk tubuh manusia yang dikhususkan pada bagian paru-paru dan beberapa bagian pada paru-paru yang memiliki sifat difusivitas berbeda. Hal ini dikarenakan daya serap panas dari setiap materi berbeda, tergantung pada fungsi dari materi-materi tersebut.



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

Bagian terbesar dari domain yaitu bagian tubuh memiliki parameter difusivitas μ_0 dengan 97 titik terhubung sedangkan bagian-bagian lain yang lebih kecil yaitu, paru-paru kanan yang terdiri dari 3 lobus yaitu lobus atas dikonstruksi 62 titik terhubung, lobus tengah dikonstruksi 68 titik terhubung, dan lobus bawah dikonstruksi 47 titik terhubung. Sedangkan paru-paru kiri terdiri dari 2 lobus yaitu lobus atas dikonstruksi 49 titik terhubung, dan lobus bawah dikonstruksi 49 titik terhubung yang memiliki parameter difusivitas berturut-turut $\mu_0 > \mu_1 > \mu_2 > \mu_3 > \mu_4 > \mu_5$. Radiasi gelombang mikro pada daerah yang memiliki sifat difusivitas terkecil, akan memiliki efek pembentukan hotspot yang cukup besar (Nusantara, 1996). Dengan kata lain radiasi gelombang mikro akan lebih mempengaruhi daerah yang sifat difusivitasnya paling kecil.

Dalam pembahasan ini akan dikaji beberapa kasus dengan nilai faktor amplitudo sifat difusivitas pada tubuh $\mu_0 = 3$ dan masing-masing daerah paru-paru. Paru-paru kanan terdiri dari 3 lobus yaitu lobus atas dengan $\mu_1 = 0.1$, lobus tengah dengan $\mu_2 = 0.05$ dan lobus bawah dengan $\mu_3 = 0.025$, sedangkan paru-

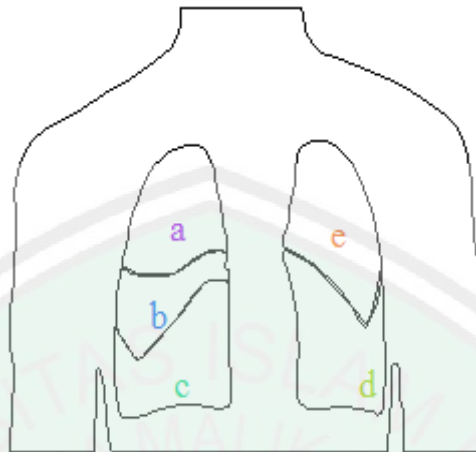
paru kiri terdiri dari 2 lobus yaitu lobus atas dengan $\mu_5 = 0.6$ dan lobus bawah dengan $\mu_4 = 0.3$, sedangkan $\gamma = 0,005$ untuk faktor eksponensial dalam sifat difusivitas material. Untuk besarnya intensitas medan listrik yaitu δ dan sifat auto catalytic pada material yaitu α .

Dalam kasus I fungsi difusivitasnya bernilai konstan yaitu $k = \mu$ sedangkan kasus II fungsi difusivitasnya tidak konstan (tak linier) yaitu $k = \mu e^{\gamma\theta}$. Sedangkan yang membedakan antara kasus diatas adalah nilai dari tiap parameter yang mempengaruhi proses radiasi gelombang elektromagnetik.

Faktor yang mempengaruhi radiasi gelombang elektromagnetik terhadap tubuh manusia khususnya paru-paru yaitu faktor luar dan faktor dalam dimana intensitas medan listrik dari gelombang elektromagnetik sebagai faktor luar dan sifat auto catalytic pada materi sebagai faktor dalam.

3.2 Analisis Model Dengan Menggunakan Program FlexPDE

Pada Subbab 3.1 telah dijelaskan beberapa kasus yang akan dikaji dalam pembahasan ini. Dalam menyelesaikan pemodelan ini, penulis menggunakan bantuan software FlexPDE. 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.

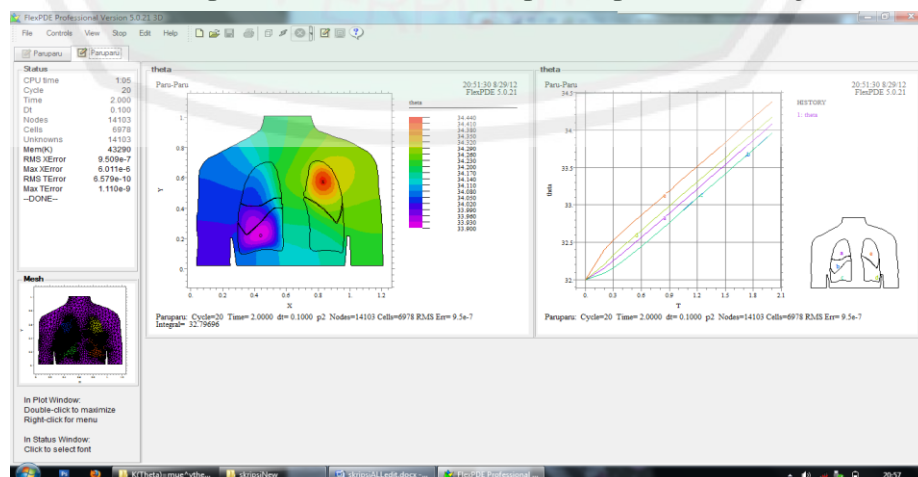


Gambar 3.2 Posisi Pengukuran Temperatur pada Masing-masing Materi

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 $k(\theta) = \mu$ dengan $\delta_1 = 5$, $\alpha_1 = 2$ $\mu = 3$, $\gamma = 0.005$

Pada kasus ini, besar intensitas medan listrik dan sifat auto catalytic pada materi diberikan berturut-turut $\delta_1 = 5$ dan $\alpha_1 = 2$ dengan fungsi difusivitas $k(\theta) = \mu$. Berikut ini adalah gambar-gambar hasil perhitungan numerik yang dipotret untuk beberapa waktu tertentu ketika proses pemanasan terjadi.

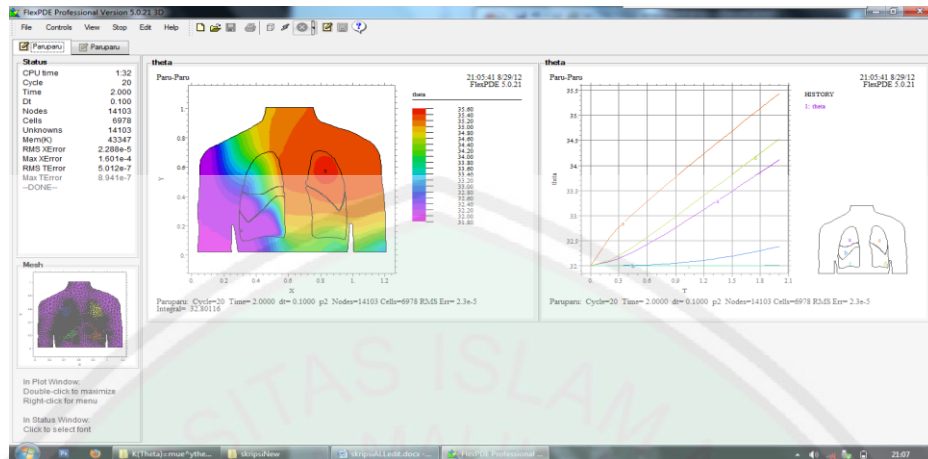


Gambar 3.2.1 Kurva Ketinggian pada Awal-awal Pemanasan, History pada Titik-titik Pengukuran Awal Pemanasan

Gambar 3.2.1 Hasil pengukuran pada awal pemanasan 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 lobus atas pada paru-paru kiri karena daerah tersebut paling dekat dengan paru-paru, sehingga perubahan temperatur yang drastis terjadi pada daerah e yaitu antara suhu 34.380 - 34.440. Untuk daerah yang lain seperti **a** dan **b**, serta **c**, **d**., juga terjadi perubahan temperatur. Besar suhu pada lobus atas kanan antara 34.050 – 34.170, lobus tengah kanan antara 33.990 – 34.050, lobus bawah kanan antara 33.900 – 34.020, sedangkan lobus bawah kiri antara 34.170 – 34.320. Memperhatikan proses pemanasan pada materi yang terjadi pada Gambar 3.2.1, pada daerah lobus atas paru-paru kanan mengalami pemanasan internal yang sangat dinamis karena daerah tersebut memiliki sifat difusivitas materi yang sangat rendah dari materi yang lain.

b. Kasus II, jika $k(\theta) = \mu e^{\gamma\theta}$ $\alpha_1 = 2 \mu = 3$, $\gamma = 0.005$

Pada kasus ini, besar intensitas medan listrik dan sifat auto catalytic pada materi diberikan berturut-turut $\alpha_1 = 2 \mu = 3$, $\gamma = 0.005$ tetapi fungsi difusivitasnya non linier yaitu $k(\theta) = \mu e^{\gamma\theta}$. Berikut ini adalah gambar-gambar hasil perhitungan numerik yang dipotret untuk beberapa waktu tertentu ketika proses pemanasan terjadi.



Gambar 3.2.2 Kurva Ketinggian pada Awal-awal Pemanasan dan History pada Titik-titik Pengukuran

Gambar 3.2.2 Hasil pengukuran pada awal pemanasan memperlihatkan, ketika gelombang elektromagnetik mengenai materi terjadi proses pemanasan dari materi, temperatur pada masing-masing materi juga meningkat, dan khususnya untuk daerah yang terkena langsung gelombang elektromagnetik terjadi perubahan temperatur yang drastis. Perubahan temperatur yang drastis terjadi pada daerah lobus atas kiri yaitu antara suhu 35.00 - 35.60. Untuk daerah yang lain seperti a, b, c, d, dan e, f juga terjadi perubahan temperatur. Besar suhu pada a antara 32.80 – 34.80, b antara 32.20 – 34.80, c antara 31.80 – 34.20, sedangkan d antara 34.40 - 35.00. Memperhatikan proses pemanasan pada materi yang terjadi pada Gambar 3.2.2, pada daerah lobus bawah kanan juga mengalami pemanasan internal yang sangat dinamis karena daerah tersebut memiliki sifat difusivitas materi yang sangat rendah dari materi yang lain.

3.3 Analisis Perubahan Temperatur Saat t Tertentu

Perubahan waktu (t) juga sangat berpengaruh pada saat terjadinya radiasi yang mengenai materi khususnya pada paru-paru karena semakin sering seseorang

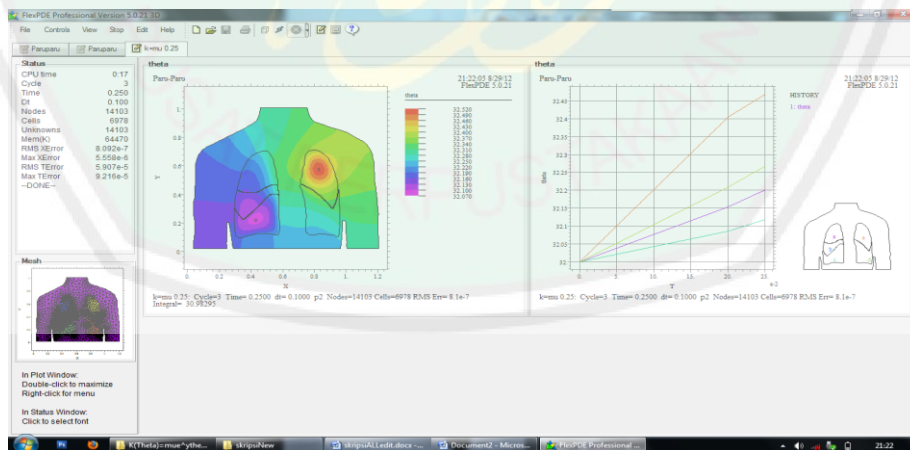
menggunakan ponsel maka dampak yang akan terjadi akan semakin membahayakan bagi kesehatan.

Tabel 3.1 Hasil Perhitungan Berikutnya pada Saat Waktu (t) Tertentu.

Waktu (t)	Perubahan Suhu $k = \mu$	Perubahan Suhu $k = \mu e^{\gamma\theta}$
0.25	32.460 – 32.52	32.60 – 32.75
0.75	33.030 – 33.090	33.44 – 33.60
1.0	33.300 – 33.360	33.70 – 34.00
5.0	37.620 – 37.710	38.5 – 40.0

Berikut ini adalah gambar-gambar hasil perhitungan numerik yang dipotret untuk beberapa waktu tertentu yang ada pada Tabel 3.1 ketika proses pemanasan terjadi.

- a. Gambar dan analisis hasil perhitungan numerik bernilai konstan yaitu $k = \mu$ Saat $t = 0.25$

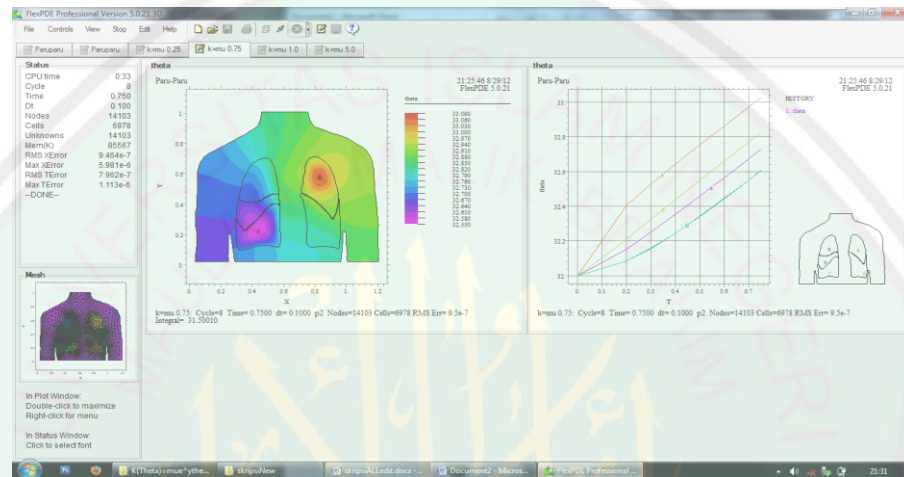


Gambar 3.3.1 History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 0.25$

Pada Gambar 3.3.1 Hasil pengukuran pada saat $t = 0.25$ memperlihatkan ketika gelombang elektromagnetik mengenai materi terjadi proses pemanasan dari materi, terutama pada parameter e yaitu lobus atas paru-paru kiri yang langsung

terkena radiasi elektromagnetik terjadi perubahan temperatur yang drastis dan pada saat $t = 0.25$ materi yang lain tidak berpengaruh. Perubahan temperatur yang drastis terjadi pada daerah lobus atas kiri yaitu antara suhu 32.460 – 32.52

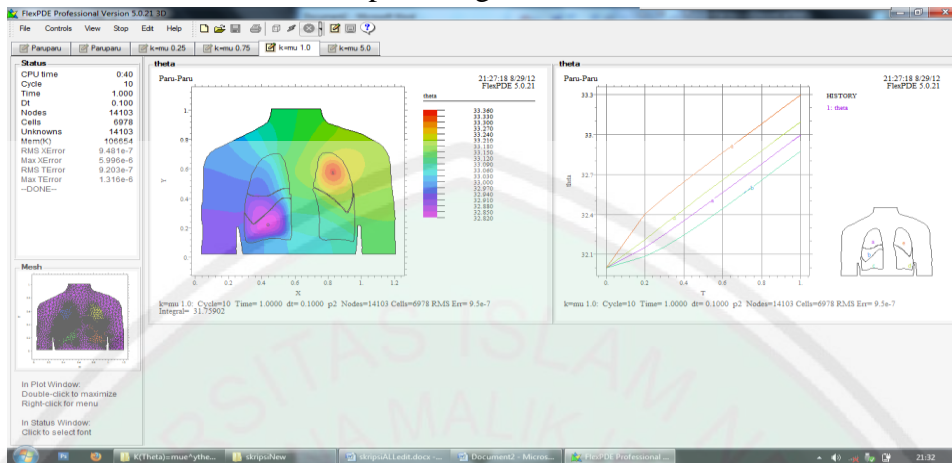
b. Gambar dan analisis hasil perhitungan numerik Saat $t = 0.75$



Gambar 3.3.2 History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 0.75$

Pada Gambar 3.3.2 Hasil pengukuran pada saat $t = 0.75$ memperlihatkan bahwa ketika gelombang elektromagnetik mengenai materi terjadi proses pemanasan dari materi, ini terlihat sama pada saat $t = 0.25$ karena waktu yang digunakan pada Gambar 3.3.2 tidak terlalu besar, sehingga pada parameter e yaitu lobus atas paru-paru kiri yang langsung terkena radiasi elektromagnetik terjadi perubahan temperatur dan pada saat $t = 0.75$ materi yang lain tidak begitu berpengaruh akan tetapi radiasinya sedikit menyebar keluar. Perubahan temperatur yang drastis terjadi pada daerah lobus atas kiri yaitu antara suhu 33.030 – 33.090.

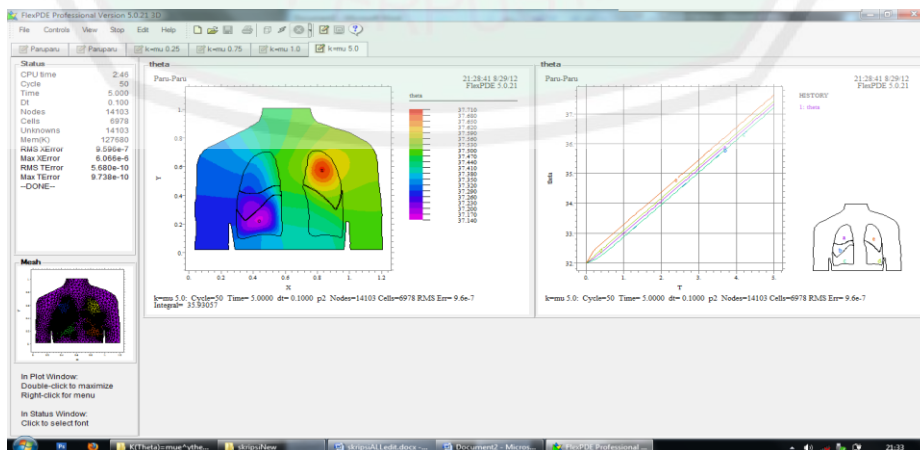
c. Gambar dan analisis hasil perhitungan numerik Saat $t = 1.0$



Gambar 3.3.3 History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 1.0$

Pada Gambar 3.3.3 Hasil pengukuran pada saat $t = 1.0$ memperlihatkan bahwa ketika gelombang elektromagnetik mengenai materi terjadi proses pemanasan dari materi, ini terlihat sama pada saat $t = 0.25$ dan $t = 0.75$ karena waktu yang digunakan pada Gambar 3.3.3 tidak terlalu besar, sehingga pada parameter ϵ yaitu lobus atas paru-paru kiri yang langsung terkena radiasi elektromagnetik terjadi perubahan temperatur. Perubahan temperatur yang drastis terjadi pada daerah lobus atas kiri yaitu antara suhu 33.300 – 33.360.

d. Gambar dan analisis hasil perhitungan numerik Saat $t = 5.0$

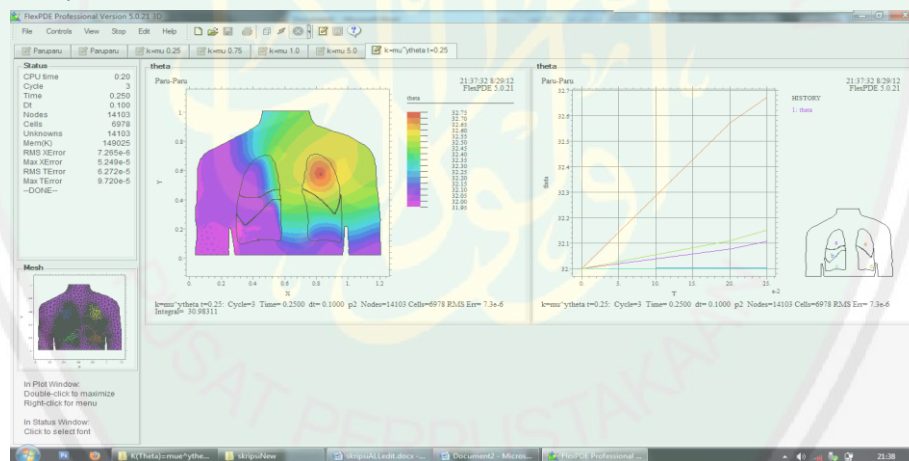


Gambar 3.3.4 History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 5.0$

Pada Gambar 3.3.4 Hasil pengukuran pada saat $t = 5.0$ memperlihatkan bahwa ketika gelombang elektromagnetik mengenai materi terjadi proses pemanasan dari materi semakin drastis karena penyebaran titik panas radiasi yg ada pada materi yang terpusat pada lobus kiri semakin menyebar keluar materi, sehingga pada parameter e yaitu lobus atas paru-paru kiri yang langsung terkena radiasi elektromagnetik terjadi perubahan temperatur dan pada saat $t = 5.0$ materi yang lain semakin berpengaruh. Perubahan temperatur yang drastis terjadi pada daerah lobus atas kiri yaitu antara suhu $37.620 - 37.710$.

e. Gambar dan analisis hasil perhitungan numerik bernilai tak konstan yaitu

$$k = \mu e^{\gamma\theta} \text{ Saat } t = 0.25$$



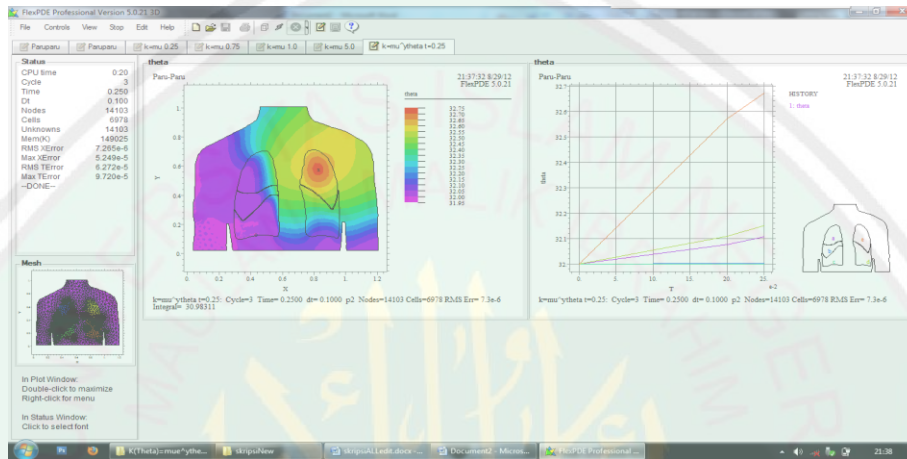
Gambar 3.3.5 History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 0.25$

Pada Gambar 3.3.5 Hasil pengukuran pada saat $t = 0.25$ dengan nilai difusivitas tak linier memperlihatkan bahwa ketika gelombang elektromagnetik mengenai materi terjadi proses pemanasan dari materi, ini terlihat sama pada saat $t = 0.25$ pada kasus, sehingga pada parameter e yaitu lobus atas paru-paru kiri yang langsung terkena radiasi elektromagnetik terjadi perubahan temperatur dan pada saat $t = 0.25$ materi yang lain tidak begitu berpengaruh akan tetapi radiasinya

sedikit menyebar keluar. Perubahan temperatur yang drastis terjadi pada daerah lobus atas kiri yaitu antara suhu 32.60 – 32.75.

f. Gambar dan analisis hasil perhitungan numerik bernilai tak konstan yaitu

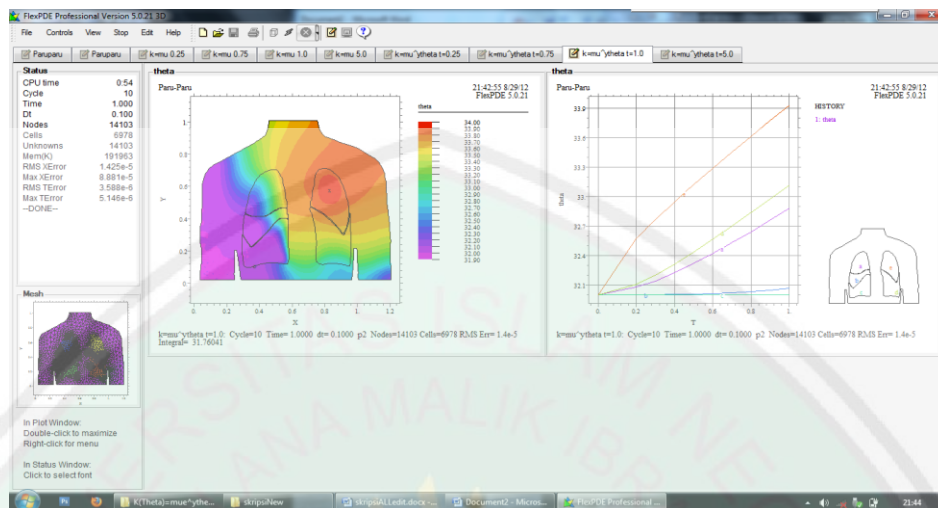
$$k = \mu e^{y^{\theta}} \text{ Saat } t = 0.75$$



Gambar 3.3.6 History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 0.75$

Pada Gambar 3.3.6 Hasil pengukuran pada saat $t = 0.75$ dengan nilai difusivitas tak linier memperlihatkan bahwa ketika gelombang elektromagnetik mengenai materi terjadi proses pemanasan dari materi, sehingga pada parameter e yaitu lobus atas paru-paru kiri yang langsung terkena radiasi elektromagnetik terjadi perubahan temperatur. Perubahan temperatur yang drastis terjadi pada daerah lobus atas kiri yaitu antara suhu 33.44 – 33.60.

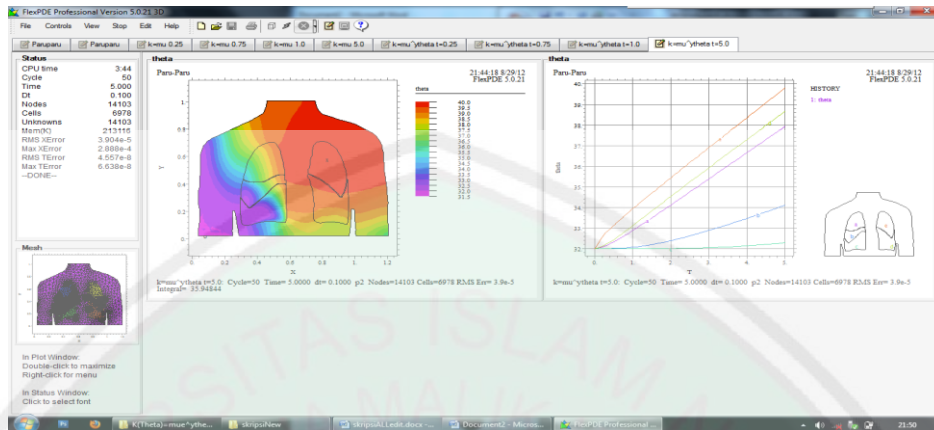
g. Gambar dan analisis hasil perhitungan numerik Saat $t = 1.0$



Gambar 3.3.7 History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 1.0$

Pada Gambar 3.3.7 Hasil pengukuran pada saat $t = 1.0$ memperlihatkan bahwa ketika gelombang elektromagnetik mengenai materi terjadi proses pemanasan dari materi semakin drastis karena penyebaran titik panas radiasi yg ada pada materi yang terpusat pada lobus kiri semakin menyebar keluar materi, sehingga pada parameter e yaitu lobus atas paru-paru kiri yang langsung terkena radiasi elektromagnetik terjadi perubahan temperatur dan pada saat $t = 1.0$ materi yang lain semakin berpengaruh. Perubahan temperatur yang drastis terjadi pada daerah lobus atas kiri yaitu antara suhu 33.70 – 34.00.

h. Gambar dan analisis hasil perhitungan numerik Saat $t = 5.0$



Gambar 3.3.8 History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 5.0$

Pada Gambar 3.3.8 Hasil pengukuran pada saat $t = 5.0$ memperlihatkan, ketika gelombang elektromagnetik mengenai materi terjadi proses pemanasan dari materi, temperatur pada masing-masing materi juga meningkat, dan khususnya untuk daerah yang terkena langsung gelombang elektromagnetik terjadi perubahan temperatur yang drastis. Karena waktu yang digunakan pada Gambar 3.3.8 sangat besar maka perubahan temperatur yang drastis terjadi pada daerah lobus atas kiri yaitu antara suhu 38.5 – 40.0. Memperhatikan proses pemanasan pada materi yang terjadi pada Gambar 3.3.8, pada daerah lobus bawah paru-paru kanan juga mengalami pemanasan internal yang sangat dinamis karena daerah tersebut memiliki sifat difusivitas materi yang sangat rendah dari materi yang lain.

Dapat disimpulkan bahwa pada saat ponsel diletakkan pada saku baju pada saat itulah radiasi akan berpengaruh terhadap paru-paru, karena 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. Jadi semakin banyak waktu yang diberikan pada materi tersebut akan semakin kuat radiasi yang dipancarkan oleh ponsel tersebut.

3.4 Dampak Radiasi Elektromagnetik Ponsel Menurut Pandangan Islam

Dampak radiasi elektromagnetik ponsel dapat 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 ﴿٥٦﴾

“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 :

ذَٰلِكَ بِمَا قَدَّمْتَ أَيْدِيكُمْ وَأَنَّ اللَّهَ لَيْسَ بِظَلَمٍ لِّلْعَبِيدِ ﴿٥١﴾

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

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

Sebagaimana diketahui, radiasi handphone baru akan memiliki efek bahaya bila terpancar dalam waktu yang lama dan sering. Atau dengan kata lain, baru membahayakan bila sering menelpon menggunakan handphone dengan waktu pembicaraan yang lama (kurniadi, 2012).

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

Segala kegiatan manusia saat ini seolah-olah sangat bergantung pada HP. Wajar saja karena di zaman sekarang ini teknologi dan informasi sangat dibutuhkan manusia. Permasalahannya adalah ketergantungan tersebut menjadikan manusia menjadi berlebihan dalam penggunaan HP. 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 :

وَلَنذِيقَنَّهُمْ مِنَ الْعَذَابِ الْأَدْنَىٰ دُونَ الْعَذَابِ الْأَكْبَرِ لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٣١﴾

“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 kita derita akibat perbuatan kita sendiri.

Lebih jelasnya kita lihat bagaimana Al Qur'an menjawab masalah tersebut :

Penciptaan manusia adalah terdiri dari :

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

Masing–masing bagian tersebut memiliki daya /energi sendiri–sendiri.

Daya masing – masing harus seimbang ,apabila dari salah satu berkurang / berlebihan /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 (cerebrospinal 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 :

المُسْرِفِينَ يُحِبُّ لَا إِنَّهُ تُسْرِفُوا وَلَا وَاشْرَبُوا وَكُلُوا مَسْجِدٍ كُلِّ عِنْدَ رَبِّتَكُمْ خُذُوا ءَادَمَ يَابَنِي ۝۳۶

“hai anak adam, pakailah pakaianmu yang indah disetiap (memasuki) masjid, makan dan minumlah, dan janganlah berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berlebih-lebihan.”(QS al-a’raaf 7:31)

BAB IV

PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari masalah aplikasi pemodelan matematika tentang radiasi gelombang elektromagnetik ponsel pada paru-paru manusia adalah sebagai berikut:

1. Model matematika tentang radiasi gelombang elektromagnetik ponsel terhadap paru-paru manusia adalah

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

dengan:

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

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

dan domain D dengan syarat awal dan syarat batas

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

Domain D adalah materi 2D yang Paru-paru manusia yang bagian terbesar dari domain yaitu bagian tubuh memiliki parameter difusivitas μ_0 dengan 97 titik terhubung sedangkan bagian-bagian lain yang lebih kecil yaitu, paru-paru kanan yang terdiri dari 3 lobus yaitu lobus atas dikonstruksi 62 titik terhubung, lobus tengah dikonstruksi 68 titik terhubung, dan lobus bawah dikonstruksi 47 titik terhubung. Sedangkan paru-paru kiri terdiri dari 2 lobus yaitu lobus atas dikonstruksi 49 titik terhubung, dan lobus bawah dikonstruksi 49 titik terhubung yang memiliki parameter difusivitas berturut

-turut $\mu_0 > \mu_1 > \mu_2 > \mu_3 > \mu_4 > \mu_5$, dikonstruksi oleh beberapa titik terhubung dengan beberapa bagian pada tubuh memiliki sifat difusivitas berbeda.

2. Dapat disimpulkan bahwa pada saat ponsel diletakkan pada saku baju pada saat itulah radiasi akan berpengaruh terhadap paru-paru karena 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. Jadi semakin banyak waktu yang diberikan pada materi tersebut akan semakin kuat radiasi yang dipancarkan oleh ponsel tersebut.

4.2. Saran

Penulis sadar jika dalam penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap penelitian ini dapat dilanjutkan dan dikembangkan pada pembahasan masalah aplikasi model matematika dari pengaruh radiasi elektromagnetik ponsel pada paru-paru.

DAFTAR PUSTAKA

- 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).
- Fauziah, Binti Isroul. 2010. *Pemodelan Matematika tentang Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel terhadap tubuh Manusia. Skripsi. Tidak diterbitkan*. Malang: Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Malang
- Fitria, Nana. 2009. *Analisis Metode Desain Eksperimen Taguchi Dalam Optimasi Karakteristik Mutu. Skripsi. Tidak diterbitkan*. Malang: UIN Press.
- Frieta. 2010. *Kulit*. <http://fri3ta.files.wordpress.com/2010/06/kulit.pdf> (diunduh pada tanggal 13 September 2012).
- Gibson, John. 2002. *Fisiologi dan Anatomi Modern untuk Perawat*. Jakarta : Buku Kedokteran EGC
- Hermawan, Andreas. 2011. *Cara Sederhana Membuktikan Bahaya Radiasi Elektromagnetik HP*. <http://healindonesia.com/2011/05/02/cara-sederhana-membuktikan-bahaya-radiasi-elektromagnetik-hp/> (diunduh pada tanggal 26 Juni 2012).
- Jamilia, Yuli Hikma. 2008. *Cayley Color Graph dari Grup Simetri dan Grup Dehidral. Skripsi. Tidak diterbitkan*. Malang: UIN Press.
- Kobb. B.Z.1993. *Personal wireless, IEEE Spectrum*. Juni 1993
- Kurniadi, Rizki. 2012. *Pengaruh Radiasi Handphone Terhadap Otak*. <http://asuhankeperawatanonline.blogspot.com/2012/03/pengaruh-radiasi-handphone-terhadap.html> (diunduh pada tanggal 9 Agustus 2012).
- Lasantha. 2008. *Gangguan Kesehatan akibat Radiasi Elektromagnetik*. <http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/11/gangguan-kesehatan-akibat-radiasi.html> (diunduh pada tanggal 13 September 2012)
- Levine, Harold. 1997. *Partial Differential Equation*. International Press. American Mathematical Society.

- Mahardika, I Putu, dkk. 2009. *Efek Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel terhadap Kesehatan Manusia*. <http://www.docstoc.com> (diakses pada tanggal 2 Januari 2010).
- Mahendra. 2008. *Apakah Radiasi handphone Berbahaya?*. <http://tutorialgratis.net/2008/05/09/radiasi-handphone/unduh> (diunduh pada tanggal 21 Juni 2012).
- Nusantara, Toto. 2001. *Pembentukan dengan microwave: pembentukan bintik panas pada materi 2-D*. Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Malang, 1 :114-18.
- Pagalay, Usman. 2009. *Mathematical Modeling (Aplikasi Pada Kedokteran, Immunologi, Biologi, Ekonomi, dan Perikanan)*. Malang: UIN Press.
- Pamuntjak. 1990. *Persamaan Deferensial Biasa*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Pusat Bahasa. 2008. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Pusat Bahasa.
- Ross. L. Shepley. 1984. *Differential Equation 3th*. New York: University of New Hampshire.
- Sari, Kartika Sekar. 2008. *Dasar-Dasar Permodelan Sistem*. http://pksm.mercubuana.ac.id/new/elearning/files_modul/14036-1-881438402723.doc (diunduh pada tanggal 13 September 2012)
- Siswono. 2005. *Gangguan Kesehatan akibat Radiasi Elektromagnetik*. www.gizi.net (diunduh pada tanggal 10 Agustus 2012).
- Swamardika, I.B. Alit. 2009. *Pengaruh radiasi gelombang elektromagnetik Terhadap kesehatan manusia*. Bali: Fakultas Teknik Universitas Udayana
- Triatmodjo, Bambang. 2002. *Metode Numerik Dilengkapi Dengan Program Komputer*. Yogyakarta: Beta Offest.
- Wardhana, W. A., 2000. *Energi Via Satelit Sebuah Gagasan untuk ABAD 21*. Majalah Energi Edisi No.7: Yogyakarta

LAMPIRAN 1

Program FlexPDE5 Kurva Ketinggian pada Awal-awal Pemanasan, History pada Titik-titik Pengukuran Awal Pemanasan Saat $t = 2$ dengan fungsi difusivitasnya bernilai konstan yaitu $k = \mu$

TITLE 'Paru-Paru'

select

{vectorgrid=70}

VARIABLES

theta(100)

DEFINITIONS

mu = 3

delta =5

gamma = 0.005

alpha = 2

$E = \exp(-((x-0.8217)^2+(y-0.592)^2)/0.1^2)$

k=mu

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

INITIAL VALUES

theta=32

EQUATIONS

$\text{div}(k*\text{grad}(\theta))+\text{delta}*E*f=\text{dt}(\theta)$

BOUNDARIES

REGION 1 'Body'

START(0.0353,0.0232)

natural(theta)=0

line to (0.2455,0.0232) to (0.2455,0.0318) to (0.2448,0.0574) to (0.2467,0.1341) to (0.2479,0.1899) to (0.2479,0.2033) to (0.254,0.2063) to (0.259,0.2055) to (0.2605,0.1998) to (0.2628,0.1822)

natural(theta)=0

line to (0.2666,0.1629) to (0.2758,0.1021) to (0.2808,0.0574) to (0.2838,0.0337) to
 (0.2882,0.0234) to (0.9657,0.0234) to (0.9671,0.033) to (0.9726,0.0932) to
 (0.976,0.1446) to (0.9795,0.1823)

natural(theta)=0

line to (0.9774,0.2145) to (0.9856,0.2179) to (0.9939,0.2159) to (0.998,0.2083) to
 (0.998,0.1871) to (0.998,0.17) to (0.9993,0.1453) to (1,0.1289) to (1.0048,0.1159) to
 (1.0048,0.0946)

natural(theta)=0

line to (1.0055,0.0652) to (1.0048,0.0357) to (1.0069,0.0234) to (1.2064,0.0227) to
 (1.2057,0.0748) to (1.203,0.1419) to (1.2016,0.1912) to (1.2043,0.2603) to
 (1.2002,0.313) to (1.196,0.3733)

natural(theta)=0

line to (1.1885,0.448) to (1.1803,0.4994) to (1.1774,0.5911) to (1.1767,0.6151) to
 (1.1671,0.6795) to (1.1514,0.7199) to (1.1335,0.7466) to (1.1102,0.7706) to
 (1.067,0.798) to (1.0142,0.8295)

natural(theta)=0

line to (0.9697,0.85) to (0.9162,0.8672) to (0.8375,0.895) to (0.806,0.906) to
 (0.7882,0.9217) to (0.7758,0.9388) to (0.7655,0.9601) to (0.7587,0.9902) to
 (0.7539,1.0073) to (0.4584,1.0073)

natural(theta)=0

line to (0.457,0.9882) to (0.455,0.9669) to (0.4467,0.9398) to (0.4364,0.9186) to
 (0.3939,0.8857) to (0.3342,0.8487) to (0.2698,0.8138) to (0.2163,0.785) to
 (0.1716,0.7593) to (0.1223,0.7353)

natural(theta)=0

line to (0.0894,0.7093) to (0.0715,0.6833) to (0.0592,0.6593) to (0.051,0.6278) to
 (0.0475,0.5949) to (0.0482,0.5586) to (0.0496,0.5175) to (0.0489,0.4819) to
 (0.0461,0.4525) to (0.0448,0.4313)

natural(theta)=0

line to (0.0454,0.4148) to (0.0454,0.397) to (0.0427,0.3758) to (0.04,0.3607) to
 (0.0359,0.3429) to (0.0359,0.3011) to (0.0359,0.2682) to (0.0358,0.2536) to
 (0.0413,0.23) to (0.0435,0.2112)

natural(theta)=0

line to (0.0463,0.1815) to (0.0424,0.1265) to (0.0391,0.0886) to (0.0369,0.0627) to
 (0.0353,0.0484) line to finish

REGION 2 'Lobus Kanan Atas'

mu = 0.1

START(0.5687,0.4614)

natural(theta)=0

line to (0.5654,0.4663) to (0.5583,0.4687) to (0.5491,0.4689) to (0.5262,0.4671) to
(0.5117,0.4603) to (0.493,0.4513) to (0.4801,0.4434) to (0.4709,0.4367) to
(0.4641,0.4321) to (0.4483,0.4229)

natural(theta)=0

line to (0.4399,0.4187) to (0.4291,0.4172) to (0.4008,0.4154) to (0.3841,0.4154) to
(0.3564,0.4154) to (0.348,0.4176) to (0.3368,0.4207) to (0.3273,0.4257) to
(0.319,0.4295) to (0.3147,0.4328)

natural(theta)=0

line to (0.3123,0.4359) to (0.3136,0.4466) to (0.3176,0.4629) to (0.3222,0.4805) to
(0.3257,0.4989) to (0.3297,0.518) to (0.3334,0.5292) to (0.3378,0.55) to (0.3455,0.57) to
(0.3517,0.5839)

natural(theta)=0

line to (0.3678,0.6201) to (0.3812,0.6429) to (0.3938,0.6585) to (0.405,0.6693) to
(0.4224,0.6826) to (0.4294,0.6868) to (0.4411,0.6927) to (0.4569,0.6988) to
(0.4703,0.7026) to (0.4822,0.7039)

natural(theta)=0

line to (0.4954,0.7035) to (0.5086,0.6991) to (0.5174,0.6905) to (0.5279,0.6762) to
(0.5354,0.6604) to (0.5405,0.6473) to (0.5421,0.64) to (0.5434,0.6275) to
(0.5447,0.6187) to (0.548,0.6058)

natural(theta)=0

line to (0.5526,0.5882) to (0.5566,0.5719) to (0.5584,0.5609) to (0.559,0.5467) to
(0.5593,0.5377) to (0.5593,0.5326) to (0.5615,0.526) to (0.5637,0.517) to
(0.5687,0.4973) to (0.5702,0.4764) line to finish

REGION 3 'Lobus Kanan Tengah'

mu=0.05

START(0.2959,0.3086)

natural(theta)=0

line to (0.3044,0.2896) to (0.3095,0.2808) to (0.3171,0.2694) to (0.3287,0.2525) to
(0.3365,0.242) to (0.3427,0.2336) to (0.347,0.2297) to (0.3495,0.2277) to
(0.3511,0.2275) to (0.3546,0.2283) to (0.3604,0.2328)

natural(theta)=0

line to (0.3766,0.2493) to (0.3935,0.2658) to (0.4036,0.2753) to (0.4307,0.3028) to
(0.4396,0.3116) to (0.4474,0.3197) to (0.4569,0.3314) to (0.4647,0.3417) to
(0.4715,0.3495) to (0.4805,0.3605)

natural(theta)=0

line to (0.4819,0.3636) to (0.4846,0.3667) to (0.4901,0.3724) to (0.499,0.3815) to
(0.5116,0.3931) to (0.5198,0.3994) to (0.5255,0.4029) to (0.5309,0.4036) to
(0.5496,0.4044) to (0.5647,0.4036)

natural(theta)=0

line to (0.5686,0.4034) to (0.5721,0.399) to (0.5756,0.399) to (0.5764,0.406) to
(0.5774,0.4205) to (0.5774,0.4258) to (0.5744,0.4269) to (0.5694,0.4281) to
(0.5671,0.4355) to (0.5689,0.4484)

natural(theta)=0

line to (0.5687,0.4588) to (0.5633,0.4656) to (0.5542,0.4671) to (0.5379,0.4664) to
(0.5207,0.4624) to (0.5052,0.4546) to (0.4818,0.4423) to (0.4675,0.4317) to
(0.4419,0.4172) to (0.4158,0.4137)

natural(theta)=0

line to (0.4018,0.4137) to (0.3768,0.4132) to (0.3706,0.4135) to (0.3571,0.4135) to
(0.3433,0.4169) to (0.3354,0.4194) to (0.3258,0.4243) to (0.3189,0.4275) to
(0.3123,0.4277) to (0.3096,0.4255)

natural(theta)=0

line to (0.3064,0.413) to (0.3039,0.396) to (0.2989,0.3615) to (0.298,0.3519) to
(0.2972,0.3398) to (0.2965,0.3278) line to finish

REGION 4 'Lobus Kanan Bawah'

mu=0.025

START(0.3206,0.1002)

natural(theta)=0

line to (0.3134,0.1013) to (0.3078,0.1052) to (0.3034,0.1202) to (0.2984,0.1519) to
(0.295,0.1824) to (0.2939,0.2291) to (0.2922,0.273) to (0.2934,0.2886) to (0.295,0.2986)
to (0.2961,0.3036)

natural(theta)=0

line to (0.3039,0.2853) to (0.3206,0.2608) to (0.3418,0.2302) to (0.349,0.2252) to
 (0.3534,0.2252) to (0.3607,0.2308) to (0.3991,0.2669) to (0.4324,0.3019) to
 (0.4531,0.3228) to (0.4792,0.3556)

natural(theta)=0

line to (0.4854,0.3656) to (0.5082,0.3873) to (0.5254,0.4006) to (0.5427,0.4023) to
 (0.5655,0.4023) to (0.5749,0.3934) to (0.5777,0.3578) to (0.5772,0.3128) to
 (0.5772,0.2972) to (0.5766,0.2767)

natural(theta)=0

line to (0.5777,0.2272) to (0.5799,0.1946) to (0.5816,0.1746) to (0.581,0.1624) to
 (0.5783,0.1385) to (0.5738,0.124) to (0.5705,0.1207) to (0.5582,0.1201) to
 (0.5237,0.1224) to (0.4909,0.1285)

natural(theta)=0

line to (0.4776,0.1285) to (0.457,0.1285) to (0.432,0.1246) to (0.3936,0.1151) to
 (0.3728,0.105) to (0.3433,0.0983) line to finish

REGION 5 'Lobus Kiri Atas'

mu=0.6

START(0.9503,0.4348)

natural(theta)=0

line to (0.9468,0.4141) to (0.9425,0.3845) to (0.9337,0.3483) to (0.926,0.3293) to
 (0.9189,0.3131) to (0.9151,0.3093) to (0.9115,0.3086) to (0.907,0.311) to
 (0.9024,0.3173) to (0.8932,0.3328)

natural(theta)=0

line to (0.8844,0.3427) to (0.8665,0.3617) to (0.852,0.3786) to (0.8299,0.4011) to
 (0.807,0.4187) to (0.7869,0.4366) to (0.7658,0.4496) to (0.7544,0.4558) to
 (0.7336,0.4653) to (0.7156,0.4744)

natural(theta)=0

line to (0.71,0.485) to (0.71,0.5033) to (0.7199,0.518) to (0.7227,0.5427) to
 (0.7245,0.5665) to (0.7273,0.5802) to (0.7329,0.5964) to (0.7372,0.6147) to
 (0.7379,0.6316) to (0.7382,0.6484)

natural(theta)=0

line to (0.7424,0.6667) to (0.7463,0.6807) to (0.7562,0.6968) to (0.7689,0.706) to
 (0.7858,0.7102) to (0.8073,0.7099) to (0.8266,0.7053) to (0.8492,0.6919) to
 (0.8647,0.6775) to (0.8844,0.6574)

natural(theta)=0

line to (0.8985,0.6321) to (0.9187,0.5847) to (0.9271,0.5605) to (0.9366,0.5249) to
 (0.944,0.4993) to (0.9472,0.4754) to (0.95,0.4466) line to finish

REGION 6 'Lobus Kiri Bawah'

mu=0.3

START(0.7207,0.431)

natural(theta)=0

line to (0.7114,0.4489) to (0.7089,0.455) to (0.7093,0.4647) to (0.7134,0.4708) to
 (0.7191,0.47) to (0.7728,0.4387) to (0.787,0.4298) to (0.835,0.3895) to (0.8786,0.344) to
 (0.9001,0.3139)

natural(theta)=0

line to (0.9076,0.3044) to (0.9141,0.3007) to (0.9174,0.3016) to (0.9243,0.3117) to
 (0.941,0.3564) to (0.9467,0.3768) to (0.9508,0.4068) to (0.9524,0.4302) to
 (0.9537,0.4314) to (0.9545,0.4306)

natural(theta)=0

line to (0.9569,0.3566) to (0.9594,0.3102) to (0.961,0.225) to (0.9606,0.1953) to
 (0.9569,0.1363) to (0.9553,0.1172) to (0.9504,0.1083) to (0.9418,0.1054) to
 (0.9317,0.1115) to (0.8894,0.1201)

natural(theta)=0

line to (0.8717,0.1217) to (0.8448,0.1245) to (0.8107,0.1204) to (0.7859,0.1164) to
 (0.768,0.1188) to (0.7501,0.1318) to (0.7464,0.1493) to (0.746,0.203) to (0.7492,0.2554)
 to (0.7496,0.2643)

natural(theta)=0

line to (0.746,0.2684) to (0.746,0.2733) to (0.7467,0.289) to (0.7423,0.3191) to
 (0.7398,0.352) to (0.7353,0.3679) to (0.7301,0.3931) to (0.7244,0.413) line to finish

time 0 by 0.1 to 2

PLOTS

for t=0 by 0.1 to 2

CONTOUR(theta)painted

histories

history (theta) at

(0.4535,0.5251)(0.4004,0.3328)(0.4618,0.1795)(0.9166,0.1795)(0.8496,0.5112)

END

LAMPIRAN 2

Program FlexPDE5 Kurva Ketinggian pada Awal-awal Pemanasan, History pada Titik-titik Pengukuran Awal Pemanasan Saat $t = 2$ dengan fungsi difusivitasnya bernilai konstan yaitu $k = \mu e^{y^\theta}$

TITLE 'Paru-Paru'

select

{vectorgrid=70}

VARIABLES

theta(100)

DEFINITIONS

mu = 3

delta =5

gamma = 0.005

alpha = 2

E= exp(-((x-0.8217)^2+(y-0.592)^2)/0.1^2)

k=mu*E^(gamma*theta)

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

INITIAL VALUES

theta=32

EQUATIONS

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

BOUNDARIES

REGION 1 'Body'

START(0.0353,0.0232)

natural(theta)=0

line to (0.2455,0.0232) to (0.2455,0.0318) to (0.2448,0.0574) to (0.2467,0.1341) to (0.2479,0.1899) to (0.2479,0.2033) to (0.254,0.2063) to (0.259,0.2055) to (0.2605,0.1998) to (0.2628,0.1822)

natural(theta)=0

line to (0.2666,0.1629) to (0.2758,0.1021) to (0.2808,0.0574) to (0.2838,0.0337) to
 (0.2882,0.0234) to (0.9657,0.0234) to (0.9671,0.033) to (0.9726,0.0932) to
 (0.976,0.1446) to (0.9795,0.1823)

natural(theta)=0

line to (0.9774,0.2145) to (0.9856,0.2179) to (0.9939,0.2159) to (0.998,0.2083) to
 (0.998,0.1871) to (0.998,0.17) to (0.9993,0.1453) to (1,0.1289) to (1.0048,0.1159) to
 (1.0048,0.0946)

natural(theta)=0

line to (1.0055,0.0652) to (1.0048,0.0357) to (1.0069,0.0234) to (1.2064,0.0227) to
 (1.2057,0.0748) to (1.203,0.1419) to (1.2016,0.1912) to (1.2043,0.2603) to
 (1.2002,0.313) to (1.196,0.3733)

natural(theta)=0

line to (1.1885,0.448) to (1.1803,0.4994) to (1.1774,0.5911) to (1.1767,0.6151) to
 (1.1671,0.6795) to (1.1514,0.7199) to (1.1335,0.7466) to (1.1102,0.7706) to
 (1.067,0.798) to (1.0142,0.8295)

natural(theta)=0

line to (0.9697,0.85) to (0.9162,0.8672) to (0.8375,0.895) to (0.806,0.906) to
 (0.7882,0.9217) to (0.7758,0.9388) to (0.7655,0.9601) to (0.7587,0.9902) to
 (0.7539,1.0073) to (0.4584,1.0073)

natural(theta)=0

line to (0.457,0.9882) to (0.455,0.9669) to (0.4467,0.9398) to (0.4364,0.9186) to
 (0.3939,0.8857) to (0.3342,0.8487) to (0.2698,0.8138) to (0.2163,0.785) to
 (0.1716,0.7593) to (0.1223,0.7353)

natural(theta)=0

line to (0.0894,0.7093) to (0.0715,0.6833) to (0.0592,0.6593) to (0.051,0.6278) to
 (0.0475,0.5949) to (0.0482,0.5586) to (0.0496,0.5175) to (0.0489,0.4819) to
 (0.0461,0.4525) to (0.0448,0.4313)

natural(theta)=0

line to (0.0454,0.4148) to (0.0454,0.397) to (0.0427,0.3758) to (0.04,0.3607) to
 (0.0359,0.3429) to (0.0359,0.3011) to (0.0359,0.2682) to (0.0358,0.2536) to
 (0.0413,0.23) to (0.0435,0.2112)

natural(theta)=0

line to (0.0463,0.1815) to (0.0424,0.1265) to (0.0391,0.0886) to (0.0369,0.0627) to
 (0.0353,0.0484) line to finish

REGION 2 'Lobus Kanan Atas'

mu = 0.1

START(0.5687,0.4614)

natural(theta)=0

line to (0.5654,0.4663) to (0.5583,0.4687) to (0.5491,0.4689) to (0.5262,0.4671) to
(0.5117,0.4603) to (0.493,0.4513) to (0.4801,0.4434) to (0.4709,0.4367) to
(0.4641,0.4321) to (0.4483,0.4229)

natural(theta)=0

line to (0.4399,0.4187) to (0.4291,0.4172) to (0.4008,0.4154) to (0.3841,0.4154) to
(0.3564,0.4154) to (0.348,0.4176) to (0.3368,0.4207) to (0.3273,0.4257) to
(0.319,0.4295) to (0.3147,0.4328)

natural(theta)=0

line to (0.3123,0.4359) to (0.3136,0.4466) to (0.3176,0.4629) to (0.3222,0.4805) to
(0.3257,0.4989) to (0.3297,0.518) to (0.3334,0.5292) to (0.3378,0.55) to (0.3455,0.57) to
(0.3517,0.5839)

natural(theta)=0

line to (0.3678,0.6201) to (0.3812,0.6429) to (0.3938,0.6585) to (0.405,0.6693) to
(0.4224,0.6826) to (0.4294,0.6868) to (0.4411,0.6927) to (0.4569,0.6988) to
(0.4703,0.7026) to (0.4822,0.7039)

natural(theta)=0

line to (0.4954,0.7035) to (0.5086,0.6991) to (0.5174,0.6905) to (0.5279,0.6762) to
(0.5354,0.6604) to (0.5405,0.6473) to (0.5421,0.64) to (0.5434,0.6275) to
(0.5447,0.6187) to (0.548,0.6058)

natural(theta)=0

line to (0.5526,0.5882) to (0.5566,0.5719) to (0.5584,0.5609) to (0.559,0.5467) to
(0.5593,0.5377) to (0.5593,0.5326) to (0.5615,0.526) to (0.5637,0.517) to
(0.5687,0.4973) to (0.5702,0.4764) line to finish

REGION 3 'Lobus Kanan Tengah'

mu=0.05

START(0.2959,0.3086)

natural(theta)=0

line to (0.3044,0.2896) to (0.3095,0.2808) to (0.3171,0.2694) to (0.3287,0.2525) to
(0.3365,0.242) to (0.3427,0.2336) to (0.347,0.2297) to (0.3495,0.2277) to
(0.3511,0.2275) to (0.3546,0.2283) to (0.3604,0.2328)

natural(theta)=0

line to (0.3766,0.2493) to (0.3935,0.2658) to (0.4036,0.2753) to (0.4307,0.3028) to
(0.4396,0.3116) to (0.4474,0.3197) to (0.4569,0.3314) to (0.4647,0.3417) to
(0.4715,0.3495) to (0.4805,0.3605)

natural(theta)=0

line to (0.4819,0.3636) to (0.4846,0.3667) to (0.4901,0.3724) to (0.499,0.3815) to
(0.5116,0.3931) to (0.5198,0.3994) to (0.5255,0.4029) to (0.5309,0.4036) to
(0.5496,0.4044) to (0.5647,0.4036)

natural(theta)=0

line to (0.5686,0.4034) to (0.5721,0.399) to (0.5756,0.399) to (0.5764,0.406) to
(0.5774,0.4205) to (0.5774,0.4258) to (0.5744,0.4269) to (0.5694,0.4281) to
(0.5671,0.4355) to (0.5689,0.4484)

natural(theta)=0

line to (0.5687,0.4588) to (0.5633,0.4656) to (0.5542,0.4671) to (0.5379,0.4664) to
(0.5207,0.4624) to (0.5052,0.4546) to (0.4818,0.4423) to (0.4675,0.4317) to
(0.4419,0.4172) to (0.4158,0.4137)

natural(theta)=0

line to (0.4018,0.4137) to (0.3768,0.4132) to (0.3706,0.4135) to (0.3571,0.4135) to
(0.3433,0.4169) to (0.3354,0.4194) to (0.3258,0.4243) to (0.3189,0.4275) to
(0.3123,0.4277) to (0.3096,0.4255)

natural(theta)=0

line to (0.3064,0.413) to (0.3039,0.396) to (0.2989,0.3615) to (0.298,0.3519) to
(0.2972,0.3398) to (0.2965,0.3278) line to finish

REGION 4 'Lobus Kanan Bawah'

mu=0.025

START(0.3206,0.1002)

natural(theta)=0

line to (0.3134,0.1013) to (0.3078,0.1052) to (0.3034,0.1202) to (0.2984,0.1519) to
(0.295,0.1824) to (0.2939,0.2291) to (0.2922,0.273) to (0.2934,0.2886) to (0.295,0.2986)
to (0.2961,0.3036)

natural(theta)=0

line to (0.3039,0.2853) to (0.3206,0.2608) to (0.3418,0.2302) to (0.349,0.2252) to
 (0.3534,0.2252) to (0.3607,0.2308) to (0.3991,0.2669) to (0.4324,0.3019) to
 (0.4531,0.3228) to (0.4792,0.3556)

natural(theta)=0

line to (0.4854,0.3656) to (0.5082,0.3873) to (0.5254,0.4006) to (0.5427,0.4023) to
 (0.5655,0.4023) to (0.5749,0.3934) to (0.5777,0.3578) to (0.5772,0.3128) to
 (0.5772,0.2972) to (0.5766,0.2767)

natural(theta)=0

line to (0.5777,0.2272) to (0.5799,0.1946) to (0.5816,0.1746) to (0.581,0.1624) to
 (0.5783,0.1385) to (0.5738,0.124) to (0.5705,0.1207) to (0.5582,0.1201) to
 (0.5237,0.1224) to (0.4909,0.1285)

natural(theta)=0

line to (0.4776,0.1285) to (0.457,0.1285) to (0.432,0.1246) to (0.3936,0.1151) to
 (0.3728,0.105) to (0.3433,0.0983) line to finish

REGION 5 'Lobus Kiri Atas'

mu=0.6

START(0.9503,0.4348)

natural(theta)=0

line to (0.9468,0.4141) to (0.9425,0.3845) to (0.9337,0.3483) to (0.926,0.3293) to
 (0.9189,0.3131) to (0.9151,0.3093) to (0.9115,0.3086) to (0.907,0.311) to
 (0.9024,0.3173) to (0.8932,0.3328)

natural(theta)=0

line to (0.8844,0.3427) to (0.8665,0.3617) to (0.852,0.3786) to (0.8299,0.4011) to
 (0.807,0.4187) to (0.7869,0.4366) to (0.7658,0.4496) to (0.7544,0.4558) to
 (0.7336,0.4653) to (0.7156,0.4744)

natural(theta)=0

line to (0.71,0.485) to (0.71,0.5033) to (0.7199,0.518) to (0.7227,0.5427) to
 (0.7245,0.5665) to (0.7273,0.5802) to (0.7329,0.5964) to (0.7372,0.6147) to
 (0.7379,0.6316) to (0.7382,0.6484)

natural(theta)=0

line to (0.7424,0.6667) to (0.7463,0.6807) to (0.7562,0.6968) to (0.7689,0.706) to
 (0.7858,0.7102) to (0.8073,0.7099) to (0.8266,0.7053) to (0.8492,0.6919) to
 (0.8647,0.6775) to (0.8844,0.6574)

natural(theta)=0

line to (0.8985,0.6321) to (0.9187,0.5847) to (0.9271,0.5605) to (0.9366,0.5249) to
(0.944,0.4993) to (0.9472,0.4754) to (0.95,0.4466) line to finish

REGION 6 'Lobus Kiri Bawah'

mu=0.3

START(0.7207,0.431)

natural(theta)=0

line to (0.7114,0.4489) to (0.7089,0.455) to (0.7093,0.4647) to (0.7134,0.4708) to
(0.7191,0.47) to (0.7728,0.4387) to (0.787,0.4298) to (0.835,0.3895) to (0.8786,0.344) to
(0.9001,0.3139)

natural(theta)=0

line to (0.9076,0.3044) to (0.9141,0.3007) to (0.9174,0.3016) to (0.9243,0.3117) to
(0.941,0.3564) to (0.9467,0.3768) to (0.9508,0.4068) to (0.9524,0.4302) to
(0.9537,0.4314) to (0.9545,0.4306)

natural(theta)=0

line to (0.9569,0.3566) to (0.9594,0.3102) to (0.961,0.225) to (0.9606,0.1953) to
(0.9569,0.1363) to (0.9553,0.1172) to (0.9504,0.1083) to (0.9418,0.1054) to
(0.9317,0.1115) to (0.8894,0.1201)

natural(theta)=0

line to (0.8717,0.1217) to (0.8448,0.1245) to (0.8107,0.1204) to (0.7859,0.1164) to
(0.768,0.1188) to (0.7501,0.1318) to (0.7464,0.1493) to (0.746,0.203) to (0.7492,0.2554)
to (0.7496,0.2643)

natural(theta)=0

line to (0.746,0.2684) to (0.746,0.2733) to (0.7467,0.289) to (0.7423,0.3191) to
(0.7398,0.352) to (0.7353,0.3679) to (0.7301,0.3931) to (0.7244,0.413) line to finish

time 0 by 0.1 to 2

PLOTS

for t=0 by 0.1 to 2

CONTOUR(theta)painted

histories

history (theta) at

(0.4535,0.5251)(0.4004,0.3328)(0.4618,0.1795)(0.9166,0.1795)(0.8496,0.5112)

End

LAMPIRAN 3

Program FlexPDE Model Matematika Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel Pada Paru-paru, History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 0.25$

TITLE 'Paru-Paru'

select

{vectorgrid=70}

VARIABLES

theta(100)

DEFINITIONS

mu = 3

delta =5

gamma = 0.005

alpha = 2

$E = \exp(-((x-0.8217)^2+(y-0.592)^2)/0.1^2)$

k=mu

$k = \mu * E^{(\text{gamma} * \text{theta})}$

$f = \exp(\text{alpha} * \text{theta} / (\text{theta} + \text{alpha}))$

INITIAL VALUES

theta=32

EQUATIONS

$\text{div}(k * \text{grad}(\text{theta})) + \text{delta} * E * f = \text{dt}(\text{theta})$

BOUNDARIES

REGION 1 'Body'

START(0.0353,0.0232)

natural(theta)=0

line to (0.2455,0.0232) to (0.2455,0.0318) to (0.2448,0.0574) to (0.2467,0.1341) to (0.2479,0.1899) to (0.2479,0.2033) to (0.254,0.2063) to (0.259,0.2055) to (0.2605,0.1998) to (0.2628,0.1822)

natural(theta)=0

line to (0.2666,0.1629) to (0.2758,0.1021) to (0.2808,0.0574) to (0.2838,0.0337) to
(0.2882,0.0234) to (0.9657,0.0234) to (0.9671,0.033) to (0.9726,0.0932) to
(0.976,0.1446) to (0.9795,0.1823)

natural(theta)=0

line to (0.9774,0.2145) to (0.9856,0.2179) to (0.9939,0.2159) to (0.998,0.2083) to
(0.998,0.1871) to (0.998,0.17) to (0.9993,0.1453) to (1,0.1289) to (1.0048,0.1159) to
(1.0048,0.0946)

natural(theta)=0

line to (1.0055,0.0652) to (1.0048,0.0357) to (1.0069,0.0234) to (1.2064,0.0227) to
(1.2057,0.0748) to (1.203,0.1419) to (1.2016,0.1912) to (1.2043,0.2603) to
(1.2002,0.313) to (1.196,0.3733)

natural(theta)=0

line to (1.1885,0.448) to (1.1803,0.4994) to (1.1774,0.5911) to (1.1767,0.6151) to
(1.1671,0.6795) to (1.1514,0.7199) to (1.1335,0.7466) to (1.1102,0.7706) to
(1.067,0.798) to (1.0142,0.8295)

natural(theta)=0

line to (0.9697,0.85) to (0.9162,0.8672) to (0.8375,0.895) to (0.806,0.906) to
(0.7882,0.9217) to (0.7758,0.9388) to (0.7655,0.9601) to (0.7587,0.9902) to
(0.7539,1.0073) to (0.4584,1.0073)

natural(theta)=0

line to (0.457,0.9882) to (0.455,0.9669) to (0.4467,0.9398) to (0.4364,0.9186) to
(0.3939,0.8857) to (0.3342,0.8487) to (0.2698,0.8138) to (0.2163,0.785) to
(0.1716,0.7593) to (0.1223,0.7353)

natural(theta)=0

line to (0.0894,0.7093) to (0.0715,0.6833) to (0.0592,0.6593) to (0.051,0.6278) to
(0.0475,0.5949) to (0.0482,0.5586) to (0.0496,0.5175) to (0.0489,0.4819) to
(0.0461,0.4525) to (0.0448,0.4313)

natural(theta)=0

line to (0.0454,0.4148) to (0.0454,0.397) to (0.0427,0.3758) to (0.04,0.3607) to
(0.0359,0.3429) to (0.0359,0.3011) to (0.0359,0.2682) to (0.0358,0.2536) to
(0.0413,0.23) to (0.0435,0.2112)

natural(theta)=0

line to (0.0463,0.1815) to (0.0424,0.1265) to (0.0391,0.0886) to (0.0369,0.0627) to
(0.0353,0.0484) line to finish

REGION 2 'Lobus Kanan Atas'

mu = 0.1

START(0.5687,0.4614)

natural(theta)=0

line to (0.5654,0.4663) to (0.5583,0.4687) to (0.5491,0.4689) to (0.5262,0.4671) to
 (0.5117,0.4603) to (0.493,0.4513) to (0.4801,0.4434) to (0.4709,0.4367) to
 (0.4641,0.4321) to (0.4483,0.4229)

natural(theta)=0

line to (0.4399,0.4187) to (0.4291,0.4172) to (0.4008,0.4154) to (0.3841,0.4154) to
 (0.3564,0.4154) to (0.348,0.4176) to (0.3368,0.4207) to (0.3273,0.4257) to
 (0.319,0.4295) to (0.3147,0.4328)

natural(theta)=0

line to (0.3123,0.4359) to (0.3136,0.4466) to (0.3176,0.4629) to (0.3222,0.4805) to
 (0.3257,0.4989) to (0.3297,0.518) to (0.3334,0.5292) to (0.3378,0.55) to (0.3455,0.57) to
 (0.3517,0.5839)

natural(theta)=0

line to (0.3678,0.6201) to (0.3812,0.6429) to (0.3938,0.6585) to (0.405,0.6693) to
 (0.4224,0.6826) to (0.4294,0.6868) to (0.4411,0.6927) to (0.4569,0.6988) to
 (0.4703,0.7026) to (0.4822,0.7039)

natural(theta)=0

line to (0.4954,0.7035) to (0.5086,0.6991) to (0.5174,0.6905) to (0.5279,0.6762) to
 (0.5354,0.6604) to (0.5405,0.6473) to (0.5421,0.64) to (0.5434,0.6275) to
 (0.5447,0.6187) to (0.548,0.6058)

natural(theta)=0

line to (0.5526,0.5882) to (0.5566,0.5719) to (0.5584,0.5609) to (0.559,0.5467) to
 (0.5593,0.5377) to (0.5593,0.5326) to (0.5615,0.526) to (0.5637,0.517) to
 (0.5687,0.4973) to (0.5702,0.4764) line to finish

REGION 3 'Lobus Kanan Tengah'

mu=0.05

START(0.2959,0.3086)

natural(theta)=0

line to (0.3044,0.2896) to (0.3095,0.2808) to (0.3171,0.2694) to (0.3287,0.2525) to
 (0.3365,0.242) to (0.3427,0.2336) to (0.347,0.2297) to (0.3495,0.2277) to
 (0.3511,0.2275) to (0.3546,0.2283) to (0.3604,0.2328)

natural(theta)=0

line to (0.3766,0.2493) to (0.3935,0.2658) to (0.4036,0.2753) to (0.4307,0.3028) to
 (0.4396,0.3116) to (0.4474,0.3197) to (0.4569,0.3314) to (0.4647,0.3417) to
 (0.4715,0.3495) to (0.4805,0.3605)

natural(theta)=0

line to (0.4819,0.3636) to (0.4846,0.3667) to (0.4901,0.3724) to (0.499,0.3815) to
 (0.5116,0.3931) to (0.5198,0.3994) to (0.5255,0.4029) to (0.5309,0.4036) to
 (0.5496,0.4044) to (0.5647,0.4036)

natural(theta)=0

line to (0.5686,0.4034) to (0.5721,0.399) to (0.5756,0.399) to (0.5764,0.406) to
 (0.5774,0.4205) to (0.5774,0.4258) to (0.5744,0.4269) to (0.5694,0.4281) to
 (0.5671,0.4355) to (0.5689,0.4484)

natural(theta)=0

line to (0.5687,0.4588) to (0.5633,0.4656) to (0.5542,0.4671) to (0.5379,0.4664) to
 (0.5207,0.4624) to (0.5052,0.4546) to (0.4818,0.4423) to (0.4675,0.4317) to
 (0.4419,0.4172) to (0.4158,0.4137)

natural(theta)=0

line to (0.4018,0.4137) to (0.3768,0.4132) to (0.3706,0.4135) to (0.3571,0.4135) to
 (0.3433,0.4169) to (0.3354,0.4194) to (0.3258,0.4243) to (0.3189,0.4275) to
 (0.3123,0.4277) to (0.3096,0.4255)

natural(theta)=0

line to (0.3064,0.413) to (0.3039,0.396) to (0.2989,0.3615) to (0.298,0.3519) to
 (0.2972,0.3398) to (0.2965,0.3278) line to finish

REGION 4 'Lobus Kanan Bawah'

mu=0.025

START(0.3206,0.1002)

natural(theta)=0

line to (0.3134,0.1013) to (0.3078,0.1052) to (0.3034,0.1202) to (0.2984,0.1519) to
 (0.295,0.1824) to (0.2939,0.2291) to (0.2922,0.273) to (0.2934,0.2886) to (0.295,0.2986)
 to (0.2961,0.3036)

natural(theta)=0

line to (0.3039,0.2853) to (0.3206,0.2608) to (0.3418,0.2302) to (0.349,0.2252) to
 (0.3534,0.2252) to (0.3607,0.2308) to (0.3991,0.2669) to (0.4324,0.3019) to
 (0.4531,0.3228) to (0.4792,0.3556)

natural(theta)=0

line to (0.4854,0.3656) to (0.5082,0.3873) to (0.5254,0.4006) to (0.5427,0.4023) to
 (0.5655,0.4023) to (0.5749,0.3934) to (0.5777,0.3578) to (0.5772,0.3128) to
 (0.5772,0.2972) to (0.5766,0.2767)

natural(theta)=0

line to (0.5777,0.2272) to (0.5799,0.1946) to (0.5816,0.1746) to (0.581,0.1624) to
 (0.5783,0.1385) to (0.5738,0.124) to (0.5705,0.1207) to (0.5582,0.1201) to
 (0.5237,0.1224) to (0.4909,0.1285)

natural(theta)=0

line to (0.4776,0.1285) to (0.457,0.1285) to (0.432,0.1246) to (0.3936,0.1151) to
 (0.3728,0.105) to (0.3433,0.0983) line to finish

REGION 5 'Lobus Kiri Atas'

mu=0.6

START(0.9503,0.4348)

natural(theta)=0

line to (0.9468,0.4141) to (0.9425,0.3845) to (0.9337,0.3483) to (0.926,0.3293) to
 (0.9189,0.3131) to (0.9151,0.3093) to (0.9115,0.3086) to (0.907,0.311) to
 (0.9024,0.3173) to (0.8932,0.3328)

natural(theta)=0

line to (0.8844,0.3427) to (0.8665,0.3617) to (0.852,0.3786) to (0.8299,0.4011) to
 (0.807,0.4187) to (0.7869,0.4366) to (0.7658,0.4496) to (0.7544,0.4558) to
 (0.7336,0.4653) to (0.7156,0.4744)

natural(theta)=0

line to (0.71,0.485) to (0.71,0.5033) to (0.7199,0.518) to (0.7227,0.5427) to
 (0.7245,0.5665) to (0.7273,0.5802) to (0.7329,0.5964) to (0.7372,0.6147) to
 (0.7379,0.6316) to (0.7382,0.6484)

natural(theta)=0

line to (0.7424,0.6667) to (0.7463,0.6807) to (0.7562,0.6968) to (0.7689,0.706) to
 (0.7858,0.7102) to (0.8073,0.7099) to (0.8266,0.7053) to (0.8492,0.6919) to
 (0.8647,0.6775) to (0.8844,0.6574)

natural(theta)=0

line to (0.8985,0.6321) to (0.9187,0.5847) to (0.9271,0.5605) to (0.9366,0.5249) to
(0.944,0.4993) to (0.9472,0.4754) to (0.95,0.4466) line to finish

REGION 6 'Lobus Kiri Bawah'

mu=0.3

START(0.7207,0.431)

natural(theta)=0

line to (0.7114,0.4489) to (0.7089,0.455) to (0.7093,0.4647) to (0.7134,0.4708) to
(0.7191,0.47) to (0.7728,0.4387) to (0.787,0.4298) to (0.835,0.3895) to (0.8786,0.344) to
(0.9001,0.3139)

natural(theta)=0

line to (0.9076,0.3044) to (0.9141,0.3007) to (0.9174,0.3016) to (0.9243,0.3117) to
(0.941,0.3564) to (0.9467,0.3768) to (0.9508,0.4068) to (0.9524,0.4302) to
(0.9537,0.4314) to (0.9545,0.4306)

natural(theta)=0

line to (0.9569,0.3566) to (0.9594,0.3102) to (0.961,0.225) to (0.9606,0.1953) to
(0.9569,0.1363) to (0.9553,0.1172) to (0.9504,0.1083) to (0.9418,0.1054) to
(0.9317,0.1115) to (0.8894,0.1201)

natural(theta)=0

line to (0.8717,0.1217) to (0.8448,0.1245) to (0.8107,0.1204) to (0.7859,0.1164) to
(0.768,0.1188) to (0.7501,0.1318) to (0.7464,0.1493) to (0.746,0.203) to (0.7492,0.2554)
to (0.7496,0.2643)

natural(theta)=0

line to (0.746,0.2684) to (0.746,0.2733) to (0.7467,0.289) to (0.7423,0.3191) to
(0.7398,0.352) to (0.7353,0.3679) to (0.7301,0.3931) to (0.7244,0.413) line to finish

time 0 by 0.1 to 0.25

PLOTS

for t=0 by 0.1 to 0.25

CONTOUR(theta) painted

histories

history (theta) at

(0.4535,0.5251)(0.4004,0.3328)(0.4618,0.1795)(0.9166,0.1795)(0.8496,0.5112)

End

LAMPIRAN 4

Program FlexPDE Model Matematika Radiasi Gelombang Elektromagnetik

Ponsel Pada Paru-paru, History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 0.75$

TITLE 'Paru-Paru'

select

{vectorgrid=70}

VARIABLES

theta(100)

DEFINITIONS

mu = 3

delta = 5

gamma = 0.005

alpha = 2

$E = \exp(-((x-0.8217)^2+(y-0.592)^2)/0.1^2)$

k=mu

$k = \mu * E^{(\text{gamma} * \text{theta})}$

$f = \exp(\text{alpha} * \text{theta} / (\text{theta} + \text{alpha}))$

INITIAL VALUES

theta=32

EQUATIONS

$\text{div}(k * \text{grad}(\text{theta})) + \text{delta} * E * f = \text{dt}(\text{theta})$

BOUNDARIES

REGION 1 'Body'

START(0.0353,0.0232)

natural(theta)=0 line to (0.2455,0.0232) to (0.2455,0.0318) to (0.2448,0.0574) to (0.2467,0.1341) to (0.2479,0.1899) to (0.2479,0.2033) to (0.254,0.2063) to (0.259,0.2055) to (0.2605,0.1998) to (0.2628,0.1822)

natural(theta)=0

line to (0.2666,0.1629) to (0.2758,0.1021) to (0.2808,0.0574) to (0.2838,0.0337) to
(0.2882,0.0234) to (0.9657,0.0234) to (0.9671,0.033) to (0.9726,0.0932) to
(0.976,0.1446) to (0.9795,0.1823)

natural(theta)=0

line to (0.9774,0.2145) to (0.9856,0.2179) to (0.9939,0.2159) to (0.998,0.2083) to
(0.998,0.1871) to (0.998,0.17) to (0.9993,0.1453) to (1,0.1289) to (1.0048,0.1159) to
(1.0048,0.0946)

natural(theta)=0

line to (1.0055,0.0652) to (1.0048,0.0357) to (1.0069,0.0234) to (1.2064,0.0227) to
(1.2057,0.0748) to (1.203,0.1419) to (1.2016,0.1912) to (1.2043,0.2603) to
(1.2002,0.313) to (1.196,0.3733)

natural(theta)=0

line to (1.1885,0.448) to (1.1803,0.4994) to (1.1774,0.5911) to (1.1767,0.6151) to
(1.1671,0.6795) to (1.1514,0.7199) to (1.1335,0.7466) to (1.1102,0.7706) to
(1.067,0.798) to (1.0142,0.8295)

natural(theta)=0

line to (0.9697,0.85) to (0.9162,0.8672) to (0.8375,0.895) to (0.806,0.906) to
(0.7882,0.9217) to (0.7758,0.9388) to (0.7655,0.9601) to (0.7587,0.9902) to
(0.7539,1.0073) to (0.4584,1.0073)

natural(theta)=0

line to (0.457,0.9882) to (0.455,0.9669) to (0.4467,0.9398) to (0.4364,0.9186) to
(0.3939,0.8857) to (0.3342,0.8487) to (0.2698,0.8138) to (0.2163,0.785) to
(0.1716,0.7593) to (0.1223,0.7353)

natural(theta)=0

line to (0.0894,0.7093) to (0.0715,0.6833) to (0.0592,0.6593) to (0.051,0.6278) to
(0.0475,0.5949) to (0.0482,0.5586) to (0.0496,0.5175) to (0.0489,0.4819) to
(0.0461,0.4525) to (0.0448,0.4313)

natural(theta)=0

line to (0.0454,0.4148) to (0.0454,0.397) to (0.0427,0.3758) to (0.04,0.3607) to
(0.0359,0.3429) to (0.0359,0.3011) to (0.0359,0.2682) to (0.0358,0.2536) to
(0.0413,0.23) to (0.0435,0.2112)

natural(theta)=0

line to (0.0463,0.1815) to (0.0424,0.1265) to (0.0391,0.0886) to (0.0369,0.0627) to
(0.0353,0.0484) line to finish

REGION 2 'Lobus Kanan Atas'

mu = 0.1

START(0.5687,0.4614)

natural(theta)=0

line to (0.5654,0.4663) to (0.5583,0.4687) to (0.5491,0.4689) to (0.5262,0.4671) to
 (0.5117,0.4603) to (0.493,0.4513) to (0.4801,0.4434) to (0.4709,0.4367) to
 (0.4641,0.4321) to (0.4483,0.4229)

natural(theta)=0

line to (0.4399,0.4187) to (0.4291,0.4172) to (0.4008,0.4154) to (0.3841,0.4154) to
 (0.3564,0.4154) to (0.348,0.4176) to (0.3368,0.4207) to (0.3273,0.4257) to
 (0.319,0.4295) to (0.3147,0.4328)

natural(theta)=0

line to (0.3123,0.4359) to (0.3136,0.4466) to (0.3176,0.4629) to (0.3222,0.4805) to
 (0.3257,0.4989) to (0.3297,0.518) to (0.3334,0.5292) to (0.3378,0.55) to (0.3455,0.57) to
 (0.3517,0.5839)

natural(theta)=0

line to (0.3678,0.6201) to (0.3812,0.6429) to (0.3938,0.6585) to (0.405,0.6693) to
 (0.4224,0.6826) to (0.4294,0.6868) to (0.4411,0.6927) to (0.4569,0.6988) to
 (0.4703,0.7026) to (0.4822,0.7039)

natural(theta)=0

line to (0.4954,0.7035) to (0.5086,0.6991) to (0.5174,0.6905) to (0.5279,0.6762) to
 (0.5354,0.6604) to (0.5405,0.6473) to (0.5421,0.64) to (0.5434,0.6275) to
 (0.5447,0.6187) to (0.548,0.6058)

natural(theta)=0

line to (0.5526,0.5882) to (0.5566,0.5719) to (0.5584,0.5609) to (0.559,0.5467) to
 (0.5593,0.5377) to (0.5593,0.5326) to (0.5615,0.526) to (0.5637,0.517) to
 (0.5687,0.4973) to (0.5702,0.4764) line to finish

REGION 3 'Lobus Kanan Tengah'

mu=0.05

START(0.2959,0.3086)

natural(theta)=0

line to (0.3044,0.2896) to (0.3095,0.2808) to (0.3171,0.2694) to (0.3287,0.2525) to
 (0.3365,0.242) to (0.3427,0.2336) to (0.347,0.2297) to (0.3495,0.2277) to
 (0.3511,0.2275) to (0.3546,0.2283) to (0.3604,0.2328)

natural(theta)=0

line to (0.3766,0.2493) to (0.3935,0.2658) to (0.4036,0.2753) to (0.4307,0.3028) to
 (0.4396,0.3116) to (0.4474,0.3197) to (0.4569,0.3314) to (0.4647,0.3417) to
 (0.4715,0.3495) to (0.4805,0.3605)

natural(theta)=0

line to (0.4819,0.3636) to (0.4846,0.3667) to (0.4901,0.3724) to (0.499,0.3815) to
 (0.5116,0.3931) to (0.5198,0.3994) to (0.5255,0.4029) to (0.5309,0.4036) to
 (0.5496,0.4044) to (0.5647,0.4036)

natural(theta)=0

line to (0.5686,0.4034) to (0.5721,0.399) to (0.5756,0.399) to (0.5764,0.406) to
 (0.5774,0.4205) to (0.5774,0.4258) to (0.5744,0.4269) to (0.5694,0.4281) to
 (0.5671,0.4355) to (0.5689,0.4484)

natural(theta)=0

line to (0.5687,0.4588) to (0.5633,0.4656) to (0.5542,0.4671) to (0.5379,0.4664) to
 (0.5207,0.4624) to (0.5052,0.4546) to (0.4818,0.4423) to (0.4675,0.4317) to
 (0.4419,0.4172) to (0.4158,0.4137)

natural(theta)=0

line to (0.4018,0.4137) to (0.3768,0.4132) to (0.3706,0.4135) to (0.3571,0.4135) to
 (0.3433,0.4169) to (0.3354,0.4194) to (0.3258,0.4243) to (0.3189,0.4275) to
 (0.3123,0.4277) to (0.3096,0.4255)

natural(theta)=0

line to (0.3064,0.413) to (0.3039,0.396) to (0.2989,0.3615) to (0.298,0.3519) to
 (0.2972,0.3398) to (0.2965,0.3278) line to finish

REGION 4 'Lobus Kanan Bawah'

mu=0.025

START(0.3206,0.1002)

natural(theta)=0

line to (0.3134,0.1013) to (0.3078,0.1052) to (0.3034,0.1202) to (0.2984,0.1519) to
 (0.295,0.1824) to (0.2939,0.2291) to (0.2922,0.273) to (0.2934,0.2886) to (0.295,0.2986)
 to (0.2961,0.3036)

natural(theta)=0

line to (0.3039,0.2853) to (0.3206,0.2608) to (0.3418,0.2302) to (0.349,0.2252) to
 (0.3534,0.2252) to (0.3607,0.2308) to (0.3991,0.2669) to (0.4324,0.3019) to
 (0.4531,0.3228) to (0.4792,0.3556)

natural(theta)=0

line to (0.4854,0.3656) to (0.5082,0.3873) to (0.5254,0.4006) to (0.5427,0.4023) to
 (0.5655,0.4023) to (0.5749,0.3934) to (0.5777,0.3578) to (0.5772,0.3128) to
 (0.5772,0.2972) to (0.5766,0.2767)

natural(theta)=0

line to (0.5777,0.2272) to (0.5799,0.1946) to (0.5816,0.1746) to (0.581,0.1624) to
 (0.5783,0.1385) to (0.5738,0.124) to (0.5705,0.1207) to (0.5582,0.1201) to
 (0.5237,0.1224) to (0.4909,0.1285)

natural(theta)=0

line to (0.4776,0.1285) to (0.457,0.1285) to (0.432,0.1246) to (0.3936,0.1151) to
 (0.3728,0.105) to (0.3433,0.0983) line to finish

REGION 5 'Lobus Kiri Atas'

mu=0.6

START(0.9503,0.4348)

natural(theta)=0

line to (0.9468,0.4141) to (0.9425,0.3845) to (0.9337,0.3483) to (0.926,0.3293) to
 (0.9189,0.3131) to (0.9151,0.3093) to (0.9115,0.3086) to (0.907,0.311) to
 (0.9024,0.3173) to (0.8932,0.3328)

natural(theta)=0

line to (0.8844,0.3427) to (0.8665,0.3617) to (0.852,0.3786) to (0.8299,0.4011) to
 (0.807,0.4187) to (0.7869,0.4366) to (0.7658,0.4496) to (0.7544,0.4558) to
 (0.7336,0.4653) to (0.7156,0.4744)

natural(theta)=0

line to (0.71,0.485) to (0.71,0.5033) to (0.7199,0.518) to (0.7227,0.5427) to
 (0.7245,0.5665) to (0.7273,0.5802) to (0.7329,0.5964) to (0.7372,0.6147) to
 (0.7379,0.6316) to (0.7382,0.6484)

natural(theta)=0

line to (0.7424,0.6667) to (0.7463,0.6807) to (0.7562,0.6968) to (0.7689,0.706) to
 (0.7858,0.7102) to (0.8073,0.7099) to (0.8266,0.7053) to (0.8492,0.6919) to
 (0.8647,0.6775) to (0.8844,0.6574)

natural(theta)=0

line to (0.8985,0.6321) to (0.9187,0.5847) to (0.9271,0.5605) to (0.9366,0.5249) to
 (0.944,0.4993) to (0.9472,0.4754) to (0.95,0.4466) line to finish

REGION 6 'Lobus Kiri Bawah'

mu=0.3

START(0.7207,0.431)

natural(theta)=0

line to (0.7114,0.4489) to (0.7089,0.455) to (0.7093,0.4647) to (0.7134,0.4708) to
 (0.7191,0.47) to (0.7728,0.4387) to (0.787,0.4298) to (0.835,0.3895) to (0.8786,0.344) to
 (0.9001,0.3139)

natural(theta)=0

line to (0.9076,0.3044) to (0.9141,0.3007) to (0.9174,0.3016) to (0.9243,0.3117) to
 (0.941,0.3564) to (0.9467,0.3768) to (0.9508,0.4068) to (0.9524,0.4302) to
 (0.9537,0.4314) to (0.9545,0.4306)

natural(theta)=0

line to (0.9569,0.3566) to (0.9594,0.3102) to (0.961,0.225) to (0.9606,0.1953) to
 (0.9569,0.1363) to (0.9553,0.1172) to (0.9504,0.1083) to (0.9418,0.1054) to
 (0.9317,0.1115) to (0.8894,0.1201)

natural(theta)=0

line to (0.8717,0.1217) to (0.8448,0.1245) to (0.8107,0.1204) to (0.7859,0.1164) to
 (0.768,0.1188) to (0.7501,0.1318) to (0.7464,0.1493) to (0.746,0.203) to (0.7492,0.2554)
 to (0.7496,0.2643)

natural(theta)=0

line to (0.746,0.2684) to (0.746,0.2733) to (0.7467,0.289) to (0.7423,0.3191) to
 (0.7398,0.352) to (0.7353,0.3679) to (0.7301,0.3931) to (0.7244,0.413) line to finish

time 0 by 0.1 to 0.75

PLOTS

for t=0 by 0.1 to 0.75

CONTOUR(theta) painted

histories

history (theta) at
 (0.4535,0.5251)(0.4004,0.3328)(0.4618,0.1795)(0.9166,0.1795)(0.8496,0.5112)

End

LAMPIRAN 5

Program FlexPDE Model Matematika Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel Pada Paru-paru, History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 1.0$

TITLE 'Paru-Paru'

select

{vectorgrid=70}

VARIABLES

theta(100)

DEFINITIONS

mu = 3

delta =5

gamma = 0.005

alpha = 2

$E = \exp(-((x-0.8217)^2+(y-0.592)^2)/0.1^2)$

k=mu

$k = \mu * E^{(\text{gamma} * \text{theta})}$

$f = \exp(\text{alpha} * \text{theta} / (\text{theta} + \text{alpha}))$

INITIAL VALUES

theta=32

EQUATIONS

$\text{div}(k * \text{grad}(\text{theta})) + \text{delta} * E * f = \text{dt}(\text{theta})$

BOUNDARIES

REGION 1 'Body'

START(0.0353,0.0232)

natural(theta)=0

line to (0.2455,0.0232) to (0.2455,0.0318) to (0.2448,0.0574) to (0.2467,0.1341) to (0.2479,0.1899) to (0.2479,0.2033) to (0.254,0.2063) to (0.259,0.2055) to (0.2605,0.1998) to (0.2628,0.1822)

natural(theta)=0

line to (0.2666,0.1629) to (0.2758,0.1021) to (0.2808,0.0574) to (0.2838,0.0337) to
(0.2882,0.0234) to (0.9657,0.0234) to (0.9671,0.033) to (0.9726,0.0932) to
(0.976,0.1446) to (0.9795,0.1823)

natural(theta)=0

line to (0.9774,0.2145) to (0.9856,0.2179) to (0.9939,0.2159) to (0.998,0.2083) to
(0.998,0.1871) to (0.998,0.17) to (0.9993,0.1453) to (1,0.1289) to (1.0048,0.1159) to
(1.0048,0.0946)

natural(theta)=0

line to (1.0055,0.0652) to (1.0048,0.0357) to (1.0069,0.0234) to (1.2064,0.0227) to
(1.2057,0.0748) to (1.203,0.1419) to (1.2016,0.1912) to (1.2043,0.2603) to
(1.2002,0.313) to (1.196,0.3733)

natural(theta)=0

line to (1.1885,0.448) to (1.1803,0.4994) to (1.1774,0.5911) to (1.1767,0.6151) to
(1.1671,0.6795) to (1.1514,0.7199) to (1.1335,0.7466) to (1.1102,0.7706) to
(1.067,0.798) to (1.0142,0.8295)

natural(theta)=0

line to (0.9697,0.85) to (0.9162,0.8672) to (0.8375,0.895) to (0.806,0.906) to
(0.7882,0.9217) to (0.7758,0.9388) to (0.7655,0.9601) to (0.7587,0.9902) to
(0.7539,1.0073) to (0.4584,1.0073)

natural(theta)=0

line to (0.457,0.9882) to (0.455,0.9669) to (0.4467,0.9398) to (0.4364,0.9186) to
(0.3939,0.8857) to (0.3342,0.8487) to (0.2698,0.8138) to (0.2163,0.785) to
(0.1716,0.7593) to (0.1223,0.7353)

natural(theta)=0

line to (0.0894,0.7093) to (0.0715,0.6833) to (0.0592,0.6593) to (0.051,0.6278) to
(0.0475,0.5949) to (0.0482,0.5586) to (0.0496,0.5175) to (0.0489,0.4819) to
(0.0461,0.4525) to (0.0448,0.4313)

natural(theta)=0

line to (0.0454,0.4148) to (0.0454,0.397) to (0.0427,0.3758) to (0.04,0.3607) to
(0.0359,0.3429) to (0.0359,0.3011) to (0.0359,0.2682) to (0.0358,0.2536) to
(0.0413,0.23) to (0.0435,0.2112)

natural(theta)=0

line to (0.0463,0.1815) to (0.0424,0.1265) to (0.0391,0.0886) to (0.0369,0.0627) to
(0.0353,0.0484) line to finish

REGION 2 'Lobus Kanan Atas'

mu = 0.1

START(0.5687,0.4614)

natural(theta)=0

line to (0.5654,0.4663) to (0.5583,0.4687) to (0.5491,0.4689) to (0.5262,0.4671) to
 (0.5117,0.4603) to (0.493,0.4513) to (0.4801,0.4434) to (0.4709,0.4367) to
 (0.4641,0.4321) to (0.4483,0.4229)

natural(theta)=0

line to (0.4399,0.4187) to (0.4291,0.4172) to (0.4008,0.4154) to (0.3841,0.4154) to
 (0.3564,0.4154) to (0.348,0.4176) to (0.3368,0.4207) to (0.3273,0.4257) to
 (0.319,0.4295) to (0.3147,0.4328)

natural(theta)=0

line to (0.3123,0.4359) to (0.3136,0.4466) to (0.3176,0.4629) to (0.3222,0.4805) to
 (0.3257,0.4989) to (0.3297,0.518) to (0.3334,0.5292) to (0.3378,0.55) to (0.3455,0.57) to
 (0.3517,0.5839)

natural(theta)=0

line to (0.3678,0.6201) to (0.3812,0.6429) to (0.3938,0.6585) to (0.405,0.6693) to
 (0.4224,0.6826) to (0.4294,0.6868) to (0.4411,0.6927) to (0.4569,0.6988) to
 (0.4703,0.7026) to (0.4822,0.7039)

natural(theta)=0

line to (0.4954,0.7035) to (0.5086,0.6991) to (0.5174,0.6905) to (0.5279,0.6762) to
 (0.5354,0.6604) to (0.5405,0.6473) to (0.5421,0.64) to (0.5434,0.6275) to
 (0.5447,0.6187) to (0.548,0.6058)

natural(theta)=0

line to (0.5526,0.5882) to (0.5566,0.5719) to (0.5584,0.5609) to (0.559,0.5467) to
 (0.5593,0.5377) to (0.5593,0.5326) to (0.5615,0.526) to (0.5637,0.517) to
 (0.5687,0.4973) to (0.5702,0.4764) line to finish

REGION 3 'Lobus Kanan Tengah'

mu=0.05

START(0.2959,0.3086)

natural(theta)=0

line to (0.3044,0.2896) to (0.3095,0.2808) to (0.3171,0.2694) to (0.3287,0.2525) to
 (0.3365,0.242) to (0.3427,0.2336) to (0.347,0.2297) to (0.3495,0.2277) to
 (0.3511,0.2275) to (0.3546,0.2283) to (0.3604,0.2328)

natural(theta)=0

line to (0.3766,0.2493) to (0.3935,0.2658) to (0.4036,0.2753) to (0.4307,0.3028) to
 (0.4396,0.3116) to (0.4474,0.3197) to (0.4569,0.3314) to (0.4647,0.3417) to
 (0.4715,0.3495) to (0.4805,0.3605)

natural(theta)=0

line to (0.4819,0.3636) to (0.4846,0.3667) to (0.4901,0.3724) to (0.499,0.3815) to
 (0.5116,0.3931) to (0.5198,0.3994) to (0.5255,0.4029) to (0.5309,0.4036) to
 (0.5496,0.4044) to (0.5647,0.4036)

natural(theta)=0

line to (0.5686,0.4034) to (0.5721,0.399) to (0.5756,0.399) to (0.5764,0.406) to
 (0.5774,0.4205) to (0.5774,0.4258) to (0.5744,0.4269) to (0.5694,0.4281) to
 (0.5671,0.4355) to (0.5689,0.4484)

natural(theta)=0

line to (0.5687,0.4588) to (0.5633,0.4656) to (0.5542,0.4671) to (0.5379,0.4664) to
 (0.5207,0.4624) to (0.5052,0.4546) to (0.4818,0.4423) to (0.4675,0.4317) to
 (0.4419,0.4172) to (0.4158,0.4137)

natural(theta)=0

line to (0.4018,0.4137) to (0.3768,0.4132) to (0.3706,0.4135) to (0.3571,0.4135) to
 (0.3433,0.4169) to (0.3354,0.4194) to (0.3258,0.4243) to (0.3189,0.4275) to
 (0.3123,0.4277) to (0.3096,0.4255)

natural(theta)=0

line to (0.3064,0.413) to (0.3039,0.396) to (0.2989,0.3615) to (0.298,0.3519) to
 (0.2972,0.3398) to (0.2965,0.3278) line to finish

REGION 4 'Lobus Kanan Bawah'

mu=0.025

START(0.3206,0.1002)

natural(theta)=0

line to (0.3134,0.1013) to (0.3078,0.1052) to (0.3034,0.1202) to (0.2984,0.1519) to
 (0.295,0.1824) to (0.2939,0.2291) to (0.2922,0.273) to (0.2934,0.2886) to (0.295,0.2986)
 to (0.2961,0.3036)

natural(theta)=0

line to (0.3039,0.2853) to (0.3206,0.2608) to (0.3418,0.2302) to (0.349,0.2252) to
 (0.3534,0.2252) to (0.3607,0.2308) to (0.3991,0.2669) to (0.4324,0.3019) to
 (0.4531,0.3228) to (0.4792,0.3556)

natural(theta)=0

line to (0.4854,0.3656) to (0.5082,0.3873) to (0.5254,0.4006) to (0.5427,0.4023) to
 (0.5655,0.4023) to (0.5749,0.3934) to (0.5777,0.3578) to (0.5772,0.3128) to
 (0.5772,0.2972) to (0.5766,0.2767)

natural(theta)=0

line to (0.5777,0.2272) to (0.5799,0.1946) to (0.5816,0.1746) to (0.581,0.1624) to
 (0.5783,0.1385) to (0.5738,0.124) to (0.5705,0.1207) to (0.5582,0.1201) to
 (0.5237,0.1224) to (0.4909,0.1285)

natural(theta)=0

line to (0.4776,0.1285) to (0.457,0.1285) to (0.432,0.1246) to (0.3936,0.1151) to
 (0.3728,0.105) to (0.3433,0.0983) line to finish

REGION 5 'Lobus Kiri Atas'

mu=0.6

START(0.9503,0.4348)

natural(theta)=0

line to (0.9468,0.4141) to (0.9425,0.3845) to (0.9337,0.3483) to (0.926,0.3293) to
 (0.9189,0.3131) to (0.9151,0.3093) to (0.9115,0.3086) to (0.907,0.311) to
 (0.9024,0.3173) to (0.8932,0.3328)

natural(theta)=0

line to (0.8844,0.3427) to (0.8665,0.3617) to (0.852,0.3786) to (0.8299,0.4011) to
 (0.807,0.4187) to (0.7869,0.4366) to (0.7658,0.4496) to (0.7544,0.4558) to
 (0.7336,0.4653) to (0.7156,0.4744)

natural(theta)=0

line to (0.71,0.485) to (0.71,0.5033) to (0.7199,0.518) to (0.7227,0.5427) to
 (0.7245,0.5665) to (0.7273,0.5802) to (0.7329,0.5964) to (0.7372,0.6147) to
 (0.7379,0.6316) to (0.7382,0.6484)

natural(theta)=0

line to (0.7424,0.6667) to (0.7463,0.6807) to (0.7562,0.6968) to (0.7689,0.706) to
 (0.7858,0.7102) to (0.8073,0.7099) to (0.8266,0.7053) to (0.8492,0.6919) to
 (0.8647,0.6775) to (0.8844,0.6574)

natural(theta)=0

line to (0.8985,0.6321) to (0.9187,0.5847) to (0.9271,0.5605) to (0.9366,0.5249) to
 (0.944,0.4993) to (0.9472,0.4754) to (0.95,0.4466) line to finish

REGION 6 'Lobus Kiri Bawah'

mu=0.3

START(0.7207,0.431)

natural(theta)=0

line to (0.7114,0.4489) to (0.7089,0.455) to (0.7093,0.4647) to (0.7134,0.4708) to
 (0.7191,0.47) to (0.7728,0.4387) to (0.787,0.4298) to (0.835,0.3895) to (0.8786,0.344) to
 (0.9001,0.3139)

natural(theta)=0

line to (0.9076,0.3044) to (0.9141,0.3007) to (0.9174,0.3016) to (0.9243,0.3117) to
 (0.941,0.3564) to (0.9467,0.3768) to (0.9508,0.4068) to (0.9524,0.4302) to
 (0.9537,0.4314) to (0.9545,0.4306)

natural(theta)=0

line to (0.9569,0.3566) to (0.9594,0.3102) to (0.961,0.225) to (0.9606,0.1953) to
 (0.9569,0.1363) to (0.9553,0.1172) to (0.9504,0.1083) to (0.9418,0.1054) to
 (0.9317,0.1115) to (0.8894,0.1201)

natural(theta)=0

line to (0.8717,0.1217) to (0.8448,0.1245) to (0.8107,0.1204) to (0.7859,0.1164) to
 (0.768,0.1188) to (0.7501,0.1318) to (0.7464,0.1493) to (0.746,0.203) to (0.7492,0.2554)
 to (0.7496,0.2643)

natural(theta)=0

line to (0.746,0.2684) to (0.746,0.2733) to (0.7467,0.289) to (0.7423,0.3191) to
 (0.7398,0.352) to (0.7353,0.3679) to (0.7301,0.3931) to (0.7244,0.413) line to finish

time 0 by 0.1 to 1.0

PLOTS

for t=0 by 0.1 to 1.0

CONTOUR(theta) painted

histories

history (theta) at

(0.4535,0.5251)(0.4004,0.3328)(0.4618,0.1795)(0.9166,0.1795)(0.8496,0.5112)

End

LAMPIRAN 6

Program FlexPDE Model Matematika Radiasi Gelombang
Elektromagnetik Ponsel Pada Paru-paru, History Titik-titik Pengukuran Saat $t = 5.0$

TITLE 'Paru-Paru'

select

{vectorgrid=70}

VARIABLES

theta(100)

DEFINITIONS

mu = 3

delta =5

gamma = 0.005

alpha = 2

$E = \exp(-((x-0.8217)^2+(y-0.592)^2)/0.1^2)$

k=mu

$k = \mu * E^{(\text{gamma} * \text{theta})}$

$f = \exp(\text{alpha} * \text{theta} / (\text{theta} + \text{alpha}))$

INITIAL VALUES

theta=32

EQUATIONS

$\text{div}(k * \text{grad}(\text{theta})) + \text{delta} * E * f = \text{dt}(\text{theta})$

BOUNDARIES

REGION 1 'Body'

START(0.0353,0.0232)

natural(theta)=0

line to (0.2455,0.0232) to (0.2455,0.0318) to (0.2448,0.0574) to (0.2467,0.1341) to
(0.2479,0.1899) to (0.2479,0.2033) to (0.254,0.2063) to (0.259,0.2055) to
(0.2605,0.1998) to (0.2628,0.1822)

natural(theta)=0

line to (0.2666,0.1629) to (0.2758,0.1021) to (0.2808,0.0574) to (0.2838,0.0337) to
(0.2882,0.0234) to (0.9657,0.0234) to (0.9671,0.033) to (0.9726,0.0932) to
(0.976,0.1446) to (0.9795,0.1823)

natural(theta)=0

line to (0.9774,0.2145) to (0.9856,0.2179) to (0.9939,0.2159) to (0.998,0.2083) to
(0.998,0.1871) to (0.998,0.17) to (0.9993,0.1453) to (1,0.1289) to (1.0048,0.1159) to
(1.0048,0.0946)

natural(theta)=0

line to (1.0055,0.0652) to (1.0048,0.0357) to (1.0069,0.0234) to (1.2064,0.0227) to
(1.2057,0.0748) to (1.203,0.1419) to (1.2016,0.1912) to (1.2043,0.2603) to
(1.2002,0.313) to (1.196,0.3733)

natural(theta)=0

line to (1.1885,0.448) to (1.1803,0.4994) to (1.1774,0.5911) to (1.1767,0.6151) to
(1.1671,0.6795) to (1.1514,0.7199) to (1.1335,0.7466) to (1.1102,0.7706) to
(1.067,0.798) to (1.0142,0.8295)

natural(theta)=0

line to (0.9697,0.85) to (0.9162,0.8672) to (0.8375,0.895) to (0.806,0.906) to
(0.7882,0.9217) to (0.7758,0.9388) to (0.7655,0.9601) to (0.7587,0.9902) to
(0.7539,1.0073) to (0.4584,1.0073)

natural(theta)=0

line to (0.457,0.9882) to (0.455,0.9669) to (0.4467,0.9398) to (0.4364,0.9186) to
(0.3939,0.8857) to (0.3342,0.8487) to (0.2698,0.8138) to (0.2163,0.785) to
(0.1716,0.7593) to (0.1223,0.7353)

natural(theta)=0

line to (0.0894,0.7093) to (0.0715,0.6833) to (0.0592,0.6593) to (0.051,0.6278) to
(0.0475,0.5949) to (0.0482,0.5586) to (0.0496,0.5175) to (0.0489,0.4819) to
(0.0461,0.4525) to (0.0448,0.4313)

natural(theta)=0

line to (0.0454,0.4148) to (0.0454,0.397) to (0.0427,0.3758) to (0.04,0.3607) to
(0.0359,0.3429) to (0.0359,0.3011) to (0.0359,0.2682) to (0.0358,0.2536) to
(0.0413,0.23) to (0.0435,0.2112)

natural(theta)=0

line to (0.0463,0.1815) to (0.0424,0.1265) to (0.0391,0.0886) to (0.0369,0.0627) to
(0.0353,0.0484) line to finish

REGION 2 'Lobus Kanan Atas'

mu = 0.1

START(0.5687,0.4614)

natural(theta)=0

line to (0.5654,0.4663) to (0.5583,0.4687) to (0.5491,0.4689) to (0.5262,0.4671) to
(0.5117,0.4603) to (0.493,0.4513) to (0.4801,0.4434) to (0.4709,0.4367) to
(0.4641,0.4321) to (0.4483,0.4229)

natural(theta)=0

line to (0.4399,0.4187) to (0.4291,0.4172) to (0.4008,0.4154) to (0.3841,0.4154) to
(0.3564,0.4154) to (0.348,0.4176) to (0.3368,0.4207) to (0.3273,0.4257) to
(0.319,0.4295) to (0.3147,0.4328)

natural(theta)=0

line to (0.3123,0.4359) to (0.3136,0.4466) to (0.3176,0.4629) to (0.3222,0.4805) to
(0.3257,0.4989) to (0.3297,0.518) to (0.3334,0.5292) to (0.3378,0.55) to (0.3455,0.57) to
(0.3517,0.5839)

natural(theta)=0

line to (0.3678,0.6201) to (0.3812,0.6429) to (0.3938,0.6585) to (0.405,0.6693) to
(0.4224,0.6826) to (0.4294,0.6868) to (0.4411,0.6927) to (0.4569,0.6988) to
(0.4703,0.7026) to (0.4822,0.7039)

natural(theta)=0

line to (0.4954,0.7035) to (0.5086,0.6991) to (0.5174,0.6905) to (0.5279,0.6762) to
(0.5354,0.6604) to (0.5405,0.6473) to (0.5421,0.64) to (0.5434,0.6275) to
(0.5447,0.6187) to (0.548,0.6058)

natural(theta)=0

line to (0.5526,0.5882) to (0.5566,0.5719) to (0.5584,0.5609) to (0.559,0.5467) to
(0.5593,0.5377) to (0.5593,0.5326) to (0.5615,0.526) to (0.5637,0.517) to
(0.5687,0.4973) to (0.5702,0.4764) line to finish

REGION 3 'Lobus Kanan Tengah'

mu=0.05

START(0.2959,0.3086)

natural(theta)=0

line to (0.3044,0.2896) to (0.3095,0.2808) to (0.3171,0.2694) to (0.3287,0.2525) to
 (0.3365,0.242) to (0.3427,0.2336) to (0.347,0.2297) to (0.3495,0.2277) to
 (0.3511,0.2275) to (0.3546,0.2283) to (0.3604,0.2328)

natural(theta)=0

line to (0.3766,0.2493) to (0.3935,0.2658) to (0.4036,0.2753) to (0.4307,0.3028) to
 (0.4396,0.3116) to (0.4474,0.3197) to (0.4569,0.3314) to (0.4647,0.3417) to
 (0.4715,0.3495) to (0.4805,0.3605)

natural(theta)=0

line to (0.4819,0.3636) to (0.4846,0.3667) to (0.4901,0.3724) to (0.499,0.3815) to
 (0.5116,0.3931) to (0.5198,0.3994) to (0.5255,0.4029) to (0.5309,0.4036) to
 (0.5496,0.4044) to (0.5647,0.4036)

natural(theta)=0

line to (0.5686,0.4034) to (0.5721,0.399) to (0.5756,0.399) to (0.5764,0.406) to
 (0.5774,0.4205) to (0.5774,0.4258) to (0.5744,0.4269) to (0.5694,0.4281) to
 (0.5671,0.4355) to (0.5689,0.4484)

natural(theta)=0

line to (0.5687,0.4588) to (0.5633,0.4656) to (0.5542,0.4671) to (0.5379,0.4664) to
 (0.5207,0.4624) to (0.5052,0.4546) to (0.4818,0.4423) to (0.4675,0.4317) to
 (0.4419,0.4172) to (0.4158,0.4137)

natural(theta)=0

line to (0.4018,0.4137) to (0.3768,0.4132) to (0.3706,0.4135) to (0.3571,0.4135) to
 (0.3433,0.4169) to (0.3354,0.4194) to (0.3258,0.4243) to (0.3189,0.4275) to
 (0.3123,0.4277) to (0.3096,0.4255)

natural(theta)=0

line to (0.3064,0.413) to (0.3039,0.396) to (0.2989,0.3615) to (0.298,0.3519) to
 (0.2972,0.3398) to (0.2965,0.3278) line to finish

REGION 4 'Lobus Kanan Bawah'

mu=0.025

START(0.3206,0.1002)

natural(theta)=0

line to (0.3134,0.1013) to (0.3078,0.1052) to (0.3034,0.1202) to (0.2984,0.1519) to
 (0.295,0.1824) to (0.2939,0.2291) to (0.2922,0.273) to (0.2934,0.2886) to (0.295,0.2986)
 to (0.2961,0.3036)

natural(theta)=0

line to (0.3039,0.2853) to (0.3206,0.2608) to (0.3418,0.2302) to (0.349,0.2252) to
 (0.3534,0.2252) to (0.3607,0.2308) to (0.3991,0.2669) to (0.4324,0.3019) to
 (0.4531,0.3228) to (0.4792,0.3556)

natural(theta)=0

line to (0.4854,0.3656) to (0.5082,0.3873) to (0.5254,0.4006) to (0.5427,0.4023) to
 (0.5655,0.4023) to (0.5749,0.3934) to (0.5777,0.3578) to (0.5772,0.3128) to
 (0.5772,0.2972) to (0.5766,0.2767)

natural(theta)=0

line to (0.5777,0.2272) to (0.5799,0.1946) to (0.5816,0.1746) to (0.581,0.1624) to
 (0.5783,0.1385) to (0.5738,0.124) to (0.5705,0.1207) to (0.5582,0.1201) to
 (0.5237,0.1224) to (0.4909,0.1285)

natural(theta)=0

line to (0.4776,0.1285) to (0.457,0.1285) to (0.432,0.1246) to (0.3936,0.1151) to
 (0.3728,0.105) to (0.3433,0.0983) line to finish

REGION 5 'Lobus Kiri Atas'

mu=0.6

START(0.9503,0.4348)

natural(theta)=0

line to (0.9468,0.4141) to (0.9425,0.3845) to (0.9337,0.3483) to (0.926,0.3293) to
 (0.9189,0.3131) to (0.9151,0.3093) to (0.9115,0.3086) to (0.907,0.311) to
 (0.9024,0.3173) to (0.8932,0.3328)

natural(theta)=0

line to (0.8844,0.3427) to (0.8665,0.3617) to (0.852,0.3786) to (0.8299,0.4011) to
 (0.807,0.4187) to (0.7869,0.4366) to (0.7658,0.4496) to (0.7544,0.4558) to
 (0.7336,0.4653) to (0.7156,0.4744)

natural(theta)=0

line to (0.71,0.485) to (0.71,0.5033) to (0.7199,0.518) to (0.7227,0.5427) to
 (0.7245,0.5665) to (0.7273,0.5802) to (0.7329,0.5964) to (0.7372,0.6147) to
 (0.7379,0.6316) to (0.7382,0.6484)

natural(theta)=0

line to (0.7424,0.6667) to (0.7463,0.6807) to (0.7562,0.6968) to (0.7689,0.706) to
 (0.7858,0.7102) to (0.8073,0.7099) to (0.8266,0.7053) to (0.8492,0.6919) to
 (0.8647,0.6775) to (0.8844,0.6574)

natural(theta)=0

line to (0.8985,0.6321) to (0.9187,0.5847) to (0.9271,0.5605) to (0.9366,0.5249) to
 (0.944,0.4993) to (0.9472,0.4754) to (0.95,0.4466) line to finish

REGION 6 'Lobus Kiri Bawah'

mu=0.3

START(0.7207,0.431)

natural(theta)=0

line to (0.7114,0.4489) to (0.7089,0.455) to (0.7093,0.4647) to (0.7134,0.4708) to
 (0.7191,0.47) to (0.7728,0.4387) to (0.787,0.4298) to (0.835,0.3895) to (0.8786,0.344) to
 (0.9001,0.3139)

natural(theta)=0

line to (0.9076,0.3044) to (0.9141,0.3007) to (0.9174,0.3016) to (0.9243,0.3117) to
 (0.941,0.3564) to (0.9467,0.3768) to (0.9508,0.4068) to (0.9524,0.4302) to
 (0.9537,0.4314) to (0.9545,0.4306)

natural(theta)=0

line to (0.9569,0.3566) to (0.9594,0.3102) to (0.961,0.225) to (0.9606,0.1953) to
 (0.9569,0.1363) to (0.9553,0.1172) to (0.9504,0.1083) to (0.9418,0.1054) to
 (0.9317,0.1115) to (0.8894,0.1201)

natural(theta)=0

line to (0.8717,0.1217) to (0.8448,0.1245) to (0.8107,0.1204) to (0.7859,0.1164) to
 (0.768,0.1188) to (0.7501,0.1318) to (0.7464,0.1493) to (0.746,0.203) to (0.7492,0.2554)
 to (0.7496,0.2643)

natural(theta)=0

line to (0.746,0.2684) to (0.746,0.2733) to (0.7467,0.289) to (0.7423,0.3191) to
 (0.7398,0.352) to (0.7353,0.3679) to (0.7301,0.3931) to (0.7244,0.413) line to finish

time 0 by 0.1 to 5.0

PLOTS

for t=0 by 0.1 to 5.0

CONTOUR(theta) painted

histories

history (theta) at

(0.4535,0.5251)(0.4004,0.3328)(0.4618,0.1795)(0.9166,0.1795)(0.8496,0.5112)

End



**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 : Azizah Noor Aini
NIM : 08610066
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Matematika
Judul Skripsi : *Aplikasi Model Matematika Radiasi Gelombang
Elektromagnetik Ponsel pada Paru-paru*
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, 14 Agustus 2012
Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Abdussakir, M.Pd
NIP. 19751006 200312 1 001