



ANALISIS GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK TELEPON SELULAR PADA SISTEM JARINGAN GSM DAN CDMA

SKRIPSI

Diajukan guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program sarjana
(S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan MIPA
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Asal:	Hal. 1537.1	Kass
	Pemakaian	AGU
Terima Tgl :	10 MAR 2006	
No. Induk :		
KLASIFIKASI, PENYALIN :		

Oleh :

Linda Agustina
010210102144

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER

2006

HALAMAN PERSEMBAHAN

Sketsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda Santus dan Ibunda Sulastri tercinta, Syukur Alhamdulillah telah memiliki kalian sebagai orang tua terbaik, selalu memberikan yang terbaik, selalu berada untuk setiap suka dan dukaku, mendampingi dengan segala perhatian, kasih sayang dan doanya yang tidak hentinya dalam setiap langkahku untuk kesuksesan di hari esoknya.
2. Guru dan Dosenku terhormat yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

MOTTO

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan) kerjakan dengan sungguh-sungguh (urusan yang lain) dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap".

(Terjemahan Q.S Alam Nasyrâh:6-8)

"Kesuksesan di masa depan takkan pernah kita rasakan tanpa adanya pengorbanan yang kita lakukan hari ini"

(Linda Agustina)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama: Linda Agustina

NIM : 010210102144

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul :
"Analisis Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler Pada Sistem Jaringan GSM
dan CDMA" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan
sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya
jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan
sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 5 Maret 2006

Yang menyatakan,



Linda Agustina

010210102144

HALAMAN PENGESAHAN

Telah dipertahankan didepan tim penguji dan diterima oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

Hari : Sabtu
Tanggal : 18 Februari 2006
Tempat : Gedung III FKIP Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua



Drs. I Ketut Mahardika, M.Si
NIP. 131 899 599

Sekretaris



Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si
NIP. 131 660 790

Anggota:

1. Dra. Sri Astutik, M.Si
NIP. 131 993 440
2. Drs. Sri Handono, Msi
NIP. 131 476 985



Mengetahui,

Dekan FKIP Universitas Jember




Drs. Imam Muchtar, SH, M.Hum

NIP. 130 810 936

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Gelombang Elektromagnetik Telepon Selular Pada Sistem Iaringan GSM dan CDMA".

Skripsi ini dapat diselesaikan karena bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan FKIP Universitas Jember,
2. Dosen Pembimbing I dan II yang telah memberikan bimbingan, petunjuk dan saran kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
3. Kepala Laboratorium Pendidikan Fisika dan Koordinator Laboratorium Elektronika dan Komputasi FMIPA Universitas Jember.
4. PT. TELKOM Unit Pengelola Network Area (UPNA) Jember.
5. Teman-teman Fisika angkatan 2001, dan Keluarga besar HIMAFI
6. Keluarga besar Abu Hanafiah, dan Famili tercinta terima kasih atas segala pengertiannya.
7. Kakakku tercinta Liani, Yuli, dan Adikku Arief, kasih sayangmu sangat berarti .
8. Sahabat-sahabat tercintaku. Dian A, Ambar, Widya, Risma, Silvana, Fendy, Erma, Hermin, Saidah, Anis, Uun, Said, Rosi, terima kasih telah menjadi sahabat terbaik yang memberi warna bagi hari-hariku.
9. Semua pihak yang ikut membantu kelancaran penyusunan skripsi ini.

Semoga segala amal kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan dari Allah. Penulis juga mengharapkan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca untuk menambah wawasan dibidang Telepon Selular.

Jember, Maret 2006

Penulis

RINGKASAN

Analisis Gelombang Elektromagnetik Telepon Selular Pada Sistem Jaringan GSM dan CDMA, Linda Agustina, 0102101012144, 2006, 66 hlm.

Perbedaan tingkat intensitas atau daya gelombang elektromagnetik pada sistem jaringan telepon selular bergantung pada amplitudo masing-masing sistem jaringan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji perbedaan daya pada sistem telepon selular GSM dan CDMA, serta mengetahui bentuk fungsi gelombang elektromagnetik yang dihasilkan.

Penelitian ini dilakukan di TELKOM UPNA Jember pada bulan november sampai desember 2006. Alat yang digunakan adalah Spektrum Analyzer, Telepon Selular CDMA, dan GSM. Penelitian ini dilaksanakan dengan 10 X pengulangan pada setiap sistem yang diuji. Untuk menguji perbedaan digunakan analisa data t_{test} , regresi linear-korelasi, dan analisa grafik.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah ada perbedaan daya yang signifikan antara sistem jaringan GSM dan CDMA, dengan daya pada CDMA lebih tinggi dibanding pada GSM, dan bentuk fungsi yang dihasilkan adalah fungsi kompleks.

Kesimpulan yang didapat dari hasil analisis data dan pembahasan adalah daya gelombang elektromagnetik telepon selular pada sistem CDMA mempunyai daya yang lebih tinggi dibanding pada GSM. Bentuk fungsi gelombang elektromagnetik telepon selular adalah fungsi kompleks.

Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
RINGKASAN.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.4.1 Tujuan Penelitian.....	3
1.4.2 Manfaat Penelitian.....	4
.	.
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gelombang Elektromagnetik.....	5
2.2 Spektrum Analyser.....	14
2.2.1 Fungsi Osiloscop.....	16
2.3 Telepon Selular.....	17
2.4 Perangkat Telepon Selular.....	18

2.5 Sistem Jaringan Selular	19
2.5.1 FDMA	19
2.5.2 TDMA	20
2.5.3 CDMA	21
2.5.4 GSM	25

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian	30
3.2 Desain Penelitian	30
3.3 Definisi Operasional	31
3.4 Alat Dan Bahan	31
3.4.1 Alat	31
3.4.2 Bahan	31
3.5 Desain Alat	32
3.5.1 Langkah Penelitian	32
3.6 Pengambilan Data	33
3.7 Metode Analisa Data	34
3.8 Analisa Grafik	37

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian	39
4.2 Analisa Data	40
4.3 Analisa T_{test}	44
4.4 Analisa Grafik	45
4.5 Pembahasan	45

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	50

DAFTAR PUSTAKA	51
ABSTRAK	52
LAMPIRAN	53



DAFTAR TABEL

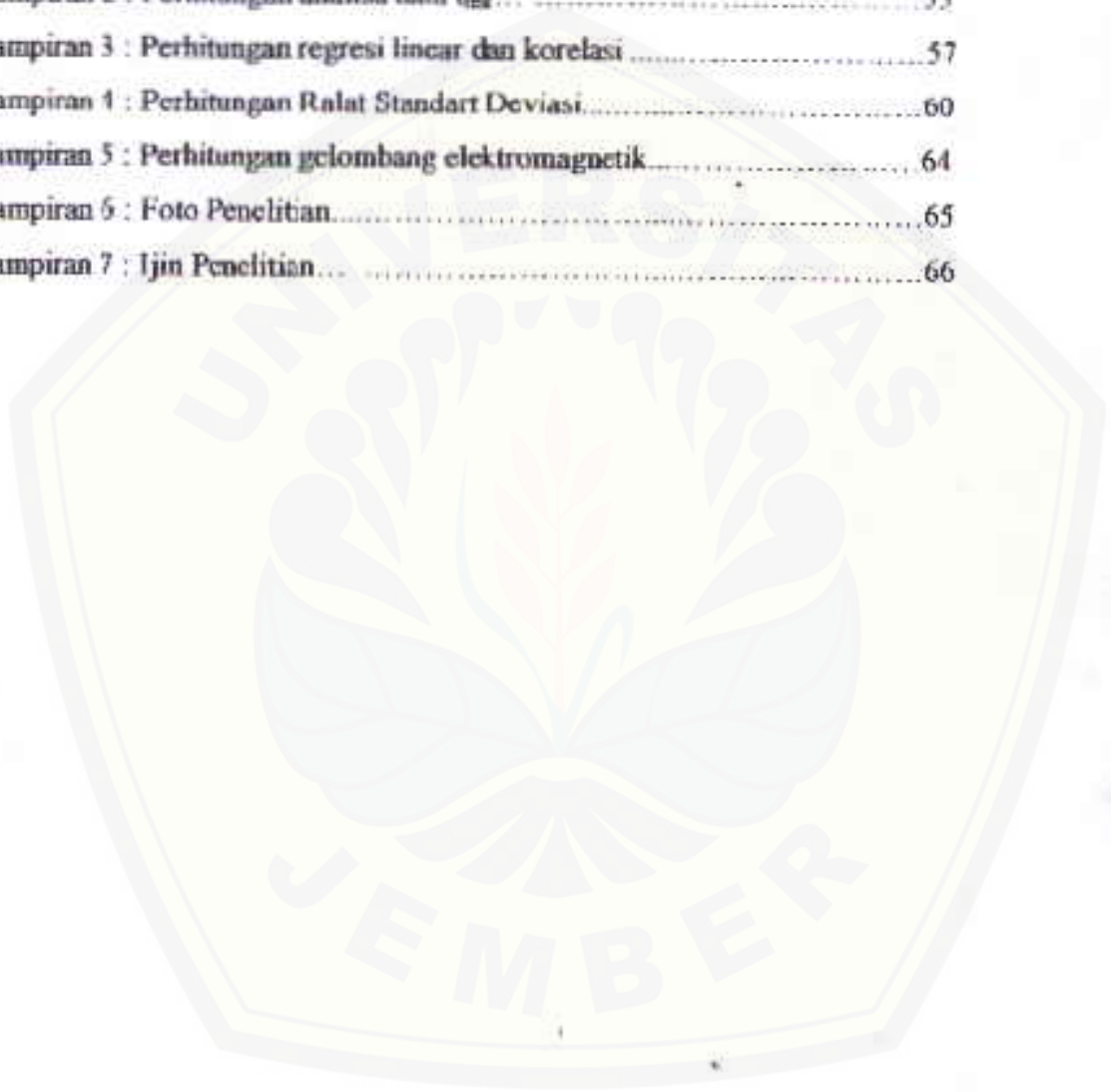
	Halaman
1. Tabel Spektrum Gelombang Elektromagnetik	13
2. Tabel data pengukuran frekuensi, amplitudo, dan daya	34
3. Format tabel pengujian koefisien Regresi	36
4.1 Hasil pengukuran frekuensi, amplitudo, dan daya pada GSM	39
4.2 Hasil pengukuran frekuensi, amplitudo, dan daya pada CDMA	40
4.3 Analisa antar data hasil pengukuran frekuensi pada GSM	40
4.4 Analisa antar data hasil pengukuran amplitudo pada GSM	41
4.5 Analisa antar data hasil pengukuran daya pada GSM	42
4.6 Analisa antar data hasil pengukuran frekuensi pada CDMA	42
4.7 Analisa antar data hasil pengukuran amplitudo pada CDMA	43
4.8 Analisa antar data hasil pengukuran daya pada CDMA	44
4.9.1 Hasil perhitungan analisis regresi GSM	45
4.9.2 Hasil perhitungan analisis regresi CDMA	46

DAFTAR PUSTAKA.....	51
ABSTRAK.....	52
LAMPIRAN.....	53



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 : Matrik Penelitian	54
Lampiran 2 : Perhitungan analisa data t_{test}	55
Lampiran 3 : Perhitungan regresi linear dan korelasi	57
Lampiran 4 : Perhitungan Ralat Standart Deviasi.....	60
Lampiran 5 : Perhitungan gelombang elektromagnetik.....	64
Lampiran 6 : Foto Penelitian.....	65
Lampiran 7 : Ijin Penelitian.....	66



BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin luas, canggihnya jaringan seluler, menunjukkan betapa komunikasi bergerak semakin dibutuhkan. *Mobile teknologi* sudah menjadi kebutuhan sehari-hari sehingga lebih dari sekedar gaya hidup. Mobilitas memang menjadi kunci di Abad Informasi seperti sekarang ini. Mobilitas merupakan keunggulan utama teknologi seluler dibandingkan telepon tetap. Setiap pelanggan dapat mengakses jaringan untuk melakukan komunikasi dari mana saja. Konsep desain teknologi seluler menjamin mobilitas setiap pelanggan untuk melakukan komunikasi kapanpun dan dimanapun. (Suryo, 2004:1)

Di Indonesia telah memasuki suatu tahapan komunikasi yang semakin berkembang, hal ini ditandai dengan berkembangnya sistem jaringan seluler GSM (*Global System For Mobile Communications*) dan CDMA (*Code Divisions Multiple Access*). Dari aspek teknologi, baik GSM atau CDMA merupakan standart teknologi seluler digital, hanya bedanya GSM dikembangkan oleh negara-negara Eropa dan CDMA dikembangkan oleh Amerika dan Jepang. Akan tetapi teknologi GSM dan CDMA berasal dari jalur yang berbeda sehingga perkembangan ke generasi 2.5G dan 3G (Generasi peningkatan kecepatan data dengan pengembangan teknologi WAP (*Wireless Application Protocol*) dan GPRS (*General Packet Radio Service*)) berikutnya akan berbeda terus. Kedua teknologi seluler ini memiliki keunggulan tersendiri sehingga sebagai konsumen kita harus hati-hati dalam memilih teknologi. (<http://www.kompas.com>)

Teknologi GSM dengan kapasitas jaringan yang tinggi dan efisiensi dispektrum frekuensi, telah menguasai pasar dengan jumlah pelanggan lebih dari jumlah pelanggan tetap. Akan tetapi tarif untuk teknologi ini masih sangat tinggi

dibanding pada telepon tetap PSTN (*Public Switch Telephone Network*) baik untuk lokal maupun SLJJ (Sambungan Langsung Jarak Jauh).

Dengan tarif yang sangat tinggi inilah menjadi awal masuknya CDMA. CDMA menjanjikan solusi teknologi yang ekonomis dan memenuhi kewajiban pemerintah dalam mempercepat penambahan PSTN. Apalagi CDMA dengan teknologi seluler 3G yang menawarkan fitur-fitur yang lebih canggih dibanding dengan teknologi GSM. Keunggulan ini sekaligus dapat memenuhi kebutuhan gaya hidup masyarakat modern.

Perbedaan yang sangat signifikan pada CDMA dan GSM adalah pada CDMA mempergunakan teknik pengkodean yang tidak digunakan oleh teknologi GSM. Akan tetapi kinerja jaringan telepon seluler (baik GSM maupun CDMA) adalah menggunakan teknik modulasi. Modulasi gelombang pada dasarnya adalah proses mengubah karakteristik tertentu dari suatu gelombang menurut osilasi gelombang lain. Dalam teknik komunikasi, gelombang atau sinyal pita dasar (*baseband*) pada umumnya dikirimkan kepada sasaran yang berjarak jauh dengan modulasi suatu gelombang pembawa (*carrier wave*) berfrekuensi dan berdaya relatif tinggi. (Tjia, 1994:85) Salah satu manfaat dari modulasi ini adalah keutuhan sinyal yang diterima, dimana keutuhan sinyal bergantung pada daya dan lebar pita transmisi (amplitudo). Hal ini sesuai dengan prinsip dari Gelombang Elektromagnetik bahwa "Intensitas berbanding lurus dengan kuadrat amplitudo". Sehingga dapat disimpulkan bahwa keutuhan sinyal bergantung dari Amplitudo yang dihasilkan. (Krane, 1992:79)

Berpegang dari uraian diatas penulis ingin menguji seberapa besar daya yang dihasilkan oleh masing-masing telepon seluler dengan menggunakan Spektrum Analyser yang bertugas dalam mendeteksi adanya gelombang yang datang, dan disajikan dalam suatu karya ilmiah dalam bentuk Skripsi dengan judul "Analisis Gelombang Elektromagnetik Telepon Selular pada Sistem Jaringan GSM dan CDMA".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Adakah perbedaan daya gelombang elektromagnetik pada telepon seluler sistem jaringan GSM dan CDMA dengan membandingkan dan menggunakan Spektrum Analyser?
2. Bagaimana bentuk Fungsi Gelombang Elektromagnetik yang dihasilkan dari pengukuran pada sistem jaringan telepon seluler GSM dan CDMA?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lingkupnya tidak terlalu luas dan pelaksanaannya dapat dikendalikan maka diperlukan batasan masalah, antara lain:

1. Digunakan ponsel dengan merek "NOKIA" (GSM) dan "SAMSUNG" (CDMA)
2. Jaringan yang digunakan adalah Simpati dengan area Jember (GSM) dan Telkom Flexi untuk area Jember (CDMA).

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

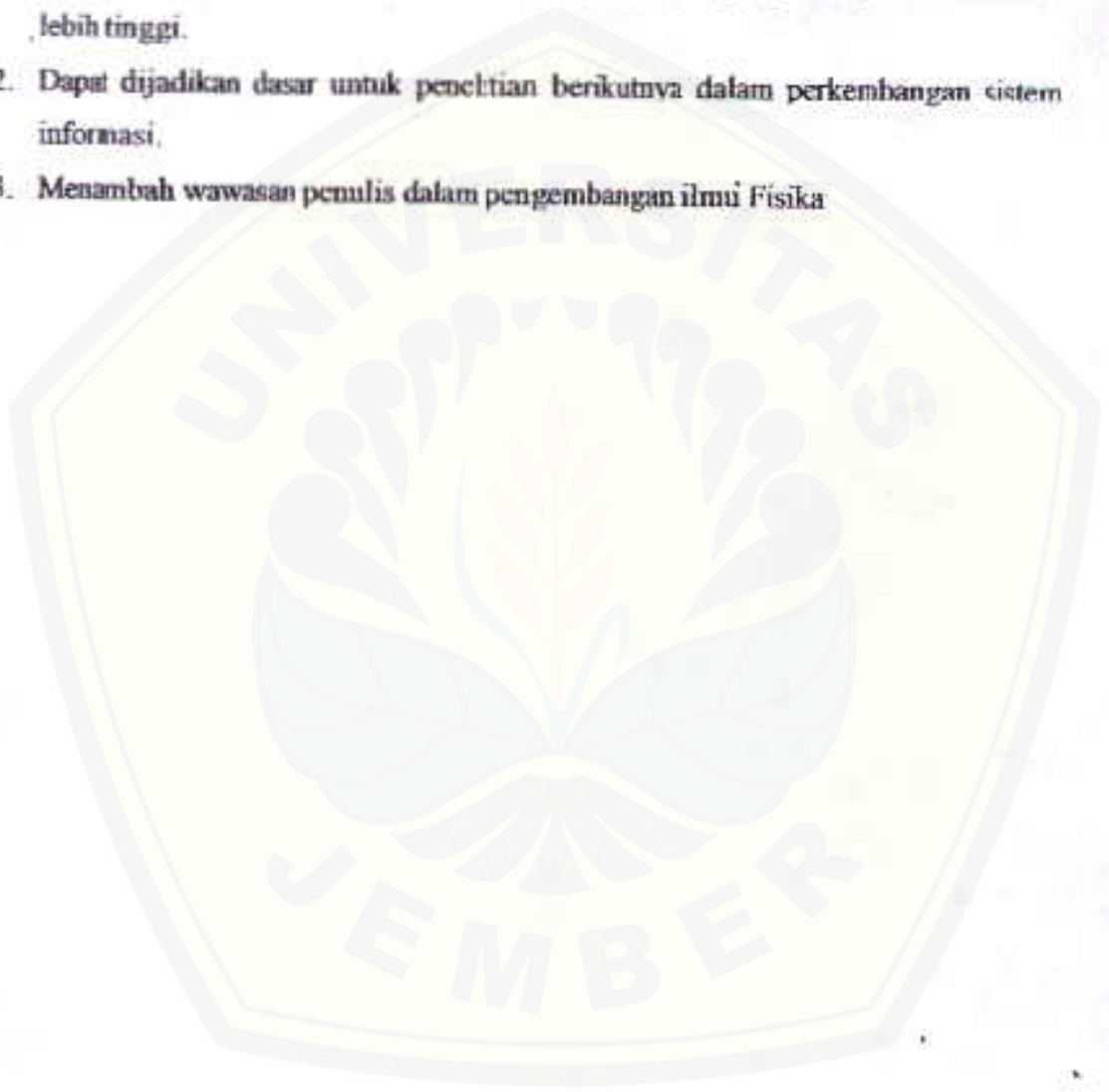
Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui besar daya signal (gelombang elektromagnetik) pada telepon seluler system jaringan GSM dan CDMA.
2. Mengetahui bentuk fungsi Gelombang Elektromagnetik pada sistem telepon selular GSM dan CDMA dari besar amplitudo dan frekuensi yang dihasilkan.

1.4.2 Manfaat

Penelitian ini diharapkan nantinya dapat :

1. Dapat mengetahui sistem telepon scholar yang mempunyai daya atau intnsitas lebih tinggi.
2. Dapat dijadikan dasar untuk penelitian berikutnya dalam perkembangan sistem informasi.
3. Menambah wawasan penulis dalam pengembangan ilmu Fisika



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Elektromagnetik

Gelombang Elektromagnetik adalah suatu gelombang yang tidak memerlukan medium mekanik, karena dapat merambat didalam vakum. Puncak dari teori gelombang elektromagnetik pada abad ke-19 adalah prediksi, dan verifikasi eksperimental, bahwa gelombang medan elektromagnetik dapat menjelajahi angkasa. Penemuan ini membuka dunia baru bagi komunikasi-diawali dengan telegraf tanpa kawat, kemudian radio dan televisi. Menghasilkan prediksi spektakuler bahwa cahaya adalah gelombang elektromagnetik.

Prediksi teoritis mengenai gelombang elektromagnetis merupakan hasil karya fisikawan Skotlandia, James Clerk Maxwell (1831-1879) yang menyatakan, dalam suatu teori yang cemerlang, seluruh fenomena kelistrikan dan kemagnetan. Menurut Maxwell medan magnet akan dihasilkan didalam ruang kosong jika terdapat perubahan medan listrik. Dari sini, Maxwell membuat kesimpulan awal yang lain. Jika perubahan medan magnet menghasilkan medan listrik, medan listrik yang dihasilkan itu juga akan berubah-ubah. Perubahan medan listrik ini dalam bentuk kebalikannya, menghasilkan medan magnet, yang akan berubah-ubah dan kembali menghasilkan medan listrik yang berubah-ubah, dan seterusnya. Ketika Maxwell memanipulasi persamaannya, ia menemukan bahwa hasil akhir dari perubahan medan-medan yang saling berinteraksi ini dapat menghasilkan gelombang medan listrik dan medan magnet yang benar-benar dapat merambat melalui ruang.

Energi Elektromagnetik adalah energi yang dapat dinyatakan dalam hukum medan listrik dan medan magnet. Pancaran medan listrik dan magnet dinyatakan dengan $\vec{E} \times \vec{H}$ akan berbentuk gelombang, bila medan \vec{E} dan \vec{H} merupakan fungsi waktu, terutama bila dalam bentuk periodik. Penyusunan persamaan Gelombang ini

dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan Maxwell untuk setiap medan listrik dan medan magnet.

1. Pers Maxwell pertama (tentang medan listrik)

Pers Gauss

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

dimana:

ρ = rapat muatan

ϵ_0 = permitivitas listrik

\vec{E} = medan listrik

ini merupakan turunan dari persamaan hukum Coulomb

$$E(x) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \rho(x') \frac{\vec{x} - \vec{x}'}{|\vec{x} - \vec{x}'|^3} d^3x' \quad \dots \dots \dots (1)$$

(Vanderlinde, 1993-10)

dalam medan elektrostatik (\vec{E}_s) ditulis (x) bersumber dari distribusi muatan $\rho(\vec{x})$ dalam ruang v' yang tidak mengandung materi dalam ruang yang mengandung materi.

Persamaan Gauss biasa ditulis dalam bentuk persamaan perpindahan \vec{D} (displacement):

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho \text{ (heterogen)}$$

medan \vec{D} mengungkapkan pengaruh polarisasi imbas (p) dalam bahan.

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{p}$$

untuk medan isotropic

$$\vec{P} = \chi_e \chi_e \vec{E}$$

$$\vec{D} = \epsilon_0 (1 + \chi_e) \vec{E}$$

$$\epsilon = \epsilon_0 (1 + \chi_e)$$

dimana :

χ_e = Suseptibilitas listrik

Medan heterogen, $\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon}$ (Persamaan Maxwell I).....(2)

$$\nabla \times \vec{E} = 0 \quad (\text{Vanderlinde, 1993:56})$$

2. Persamaan Maxwell kedua (tentang medan magnet)

$$\vec{B}(\vec{x}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \vec{J}(\vec{x}') \frac{\vec{x} - \vec{x}'}{|\vec{x} - \vec{x}'|^3} d^3x'$$

dimana :

B = Induksi magnetic

μ_0 = permissivitas = $1.257 \cdot 10^{-6} \text{ TmA}^{-1}$ (Henry/m)

sehingga; $\nabla \cdot B = 0$ (Persamaan Maxwell II)(3)

$$\nabla \times B = \mu_0 J$$

persamaan ini menunjukkan adanya hubungan perubahan induksi magnetic dengan adanya sumber arus. Dari hukum Faraday -Lenz dinyatakan ,

$$\frac{d\phi_B}{dt} = -\mathcal{E}(\text{GGL})$$

hubungan fluks medan magnet ϕ_B dan E_{ind} ditentukan oleh:

$$\phi_B = \int B ds$$

$$\begin{aligned} E_{\text{ind}} &= \oint_C \vec{E} dl \\ &= \int_V (\nabla \times \vec{E}) dV \end{aligned}$$

sehingga:

$$d \left(\int_V B ds \right) = \int_V (\nabla \times \vec{E}) dV$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (\text{hk. III Maxwell}) \quad \dots\dots\dots(4)$$

sehingga :

$$\nabla \times B = \mu_0 J + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial D}{\partial t}$$



dimana : H = Intensitas medan magnet

Jika dihubungkan dengan medan \vec{B} dan magnetisasi (medan magnet/volume):

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{m})$$

untuk bahan isotropic (homogen)

$$\vec{m} = \chi_m \vec{H}$$

$$\vec{B} = \mu_0 (1 + \chi_m) \vec{H}$$

$$\mu = \mu_0 (1 + \chi_m)$$

dimana:

χ_m = Suseptibilitas magnetic

$$\vec{H} = \vec{m} / \mu$$

untuk medan ini berarti :

$$\nabla \times \vec{B} = \mu \vec{J} + \mu \epsilon \frac{\partial \mathcal{K}}{\partial t} \text{ (persamaan IV Maxwell) } \dots \dots \dots (5)$$

Dari persamaan Maxwell diatas dapat dijadikan patokan untuk persamaan gelombang elektromagnetik.

Untuk mencari persamaan gelombang bebas didalam ruang hampa untuk persamaan gelombang elektromagnetik, yaitu

Persamaan differensial dari persamaan medan Maxwell (3) dengan operator $\nabla \times$

Dapat ditulis:

$$\nabla \times (\nabla \times \vec{E}) = -\nabla \times \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

Ruas kiri persamaan ini dapat ditulis:

$$\nabla \times (\nabla \times \vec{E}) = \nabla (\nabla \cdot \vec{E}) - \nabla^2 \vec{E}$$

dan ruas kanan

$$\nabla \times \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times \vec{B})$$

sehingga $\nabla(\nabla \cdot \vec{E}) - \nabla^2 \vec{E} = -\frac{\partial}{\partial t} \nabla \times \vec{B}$ (6)

(Dobbs, 1993: 135)

substitusi $\nabla \times \vec{B}$ dengan $\mu \vec{j} + \mu \epsilon \cdot \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ (persamaan 4 Maxwell) dan $\nabla \cdot \vec{E}$ dengan $\frac{\rho}{\epsilon_0}$

(persamaan 1 Maxwell), maka diperoleh :

$$\nabla^2 \vec{E} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0, \text{ dengan } v = \frac{1}{\mu \epsilon} \text{ (kecepatan cahaya)}$$

sehingga persamaan gelombang bebas dalam ruang hampa adalah:

$$\left(\nabla^2 - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) \begin{bmatrix} \vec{E}(\vec{x}, t) \\ \vec{B}(\vec{x}, t) \end{bmatrix} = 0$$
(7)

(Dobbs, 1993: 136)

Gelombang Elektromagnetik terjadi akibat perpaduan antara medan listrik dan medan magnet sehingga persamaan gelombangnya merujuk pada persamaan medan listrik dan medan magnet. Dibawah ini merupakan penyusunan persamaan gelombangnya, yaitu:

1. Persamaan Gelombang Medan Listrik adalah

$$\begin{aligned} \nabla \times \nabla \times \vec{E} &= \nabla \left(\frac{-\partial \phi}{\partial t} \right) \\ &= \frac{-\partial}{\partial t} (\text{Curl } \vec{B}) \\ &= \frac{-\partial}{\partial t} \left(\mu \vec{j} + \mu \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \end{aligned}$$
(8)

Gunakan Curl Curl $\vec{A} = \text{grad div } \vec{A} - \nabla^2 \vec{A}$

Dengan:

$$\vec{J} = g\vec{E}$$

$$\vec{D} = \epsilon\vec{E}$$

$$\nabla(\nabla \cdot \vec{E}) - \nabla^2 \vec{E} = \mu g \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad \dots\dots\dots(9)$$

Dalam medium yang bukan sumber, sesuai hukum Maxwell ke-1 $\text{div } \vec{E} = 0$ sehingga .

$$\nabla^2 \vec{E} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \mu g \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = 0 \quad \dots\dots\dots(10)$$

Tja, 1994:127

(persamaan umum Gelombang Medan Listrik baik untuk media konduktor maupun media non konduktor, untuk media non konduktor nilai $g=0$)

pada saat $g=0$, maka diperoleh persamaan:

$$\nabla^2 \vec{E} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0, \text{ dimana } \epsilon = \frac{1}{\mu c^2}$$

sehingga persamaan diatas dapat ditulis

$$\nabla^2 \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0 \text{ (merupakan solusi dari persamaan gelombang bebas dalam ruang hampa)}$$

2. Persamaan Gelombang Medan Magnet

Digunakan Curl sekali lagi pada persm 3 Maxwell , sehingga dapat dituliskan:

$$\vec{H} = \text{Curl } \vec{J} + \text{Curl} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$\text{Curl } \text{Curl } \vec{H} = \text{Curl } \vec{J} + \epsilon \frac{\partial}{\partial t} (\text{Curl } \vec{E}) \quad \dots\dots\dots(11)$$

Pada persamaan 3 Maxwell didapat:

$$\text{Curl } \vec{E} = -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

dan

$$\text{Curl } \vec{J} = g \text{Curl } \vec{E} = -g\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

$$\text{grad div } \vec{H} - \nabla^2 \vec{H} = -\mu g \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2}$$

Dari Persamaan Maxwell $\text{div } \vec{H} = 0$ maka:

$$\nabla^2 \vec{H} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} - \mu g \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = 0 \quad \dots\dots\dots (12)$$

(persamaan gelombang Medan Magnet)

pada saat $g=0$, maka

$$\nabla^2 \vec{H} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = 0 \quad \text{atau} \quad \nabla^2 \vec{H} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = 0$$

Dari persamaan Gelombang pada medan listrik maupun medan magnet, didapat Intensitas Gelombang dan ditentukan dari Poynting Vektor (\vec{S}) dalam bentuk :

$$I = |\vec{S}| = |\vec{E} \times \vec{H}|$$

Untuk medan gelombang yang merambat pada sumbu Z :

$$\vec{E}(z,t) = (E_{0x} \hat{i} + E_{0y} \hat{j}) e^{i(kz - \omega t)} \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$\vec{H}(z,t) = \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}} (-E_{0y} \hat{i} + E_{0x} \hat{j}) e^{i(kz - \omega t)} \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$\vec{E} \times \vec{H} = \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}} (E_{0x}^2 + E_{0y}^2) \hat{k} \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$|\vec{E} \times \vec{H}| = \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}} E^2(z,t)$$

$$|\vec{E} \times \vec{H}| = I \quad \dots\dots\dots (15)$$

Persamaan (15) merupakan vektor poynting dan memiliki dimensi energi per satuan waktu per satuan luas – misalnya, $J / s / m^2$ atau W / m^2 . Daya diberikan oleh

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left\{ \vec{E} \left[\vec{H} \right]^* \right\} \\
 I &= \frac{1}{2} \left\{ \sqrt{E_{0x}^2 + E_{0y}^2} e^{i(kz - \omega t)} \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}} \sqrt{H_{0x}^2 + H_{0y}^2} e^{-i(kz - \omega t)} \right\} \\
 &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}} (E_{0x}^2 + E_{0y}^2) \\
 &= \frac{1}{2} \epsilon \cdot \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}} E_0^2 \\
 I &= \frac{1}{2} \epsilon_0 v E_0^2 \text{ atau diruang hampa } I = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E_0^2 \quad \dots\dots\dots (16)
 \end{aligned}$$

Ada dua hal penting dari pernyataan ini yaitu :

1. Intensitas berbanding lurus dengan E_0^2 . Ini adalah sifat umum gelombang yaitu intensitas berbanding lurus dengan kuadrat amplitudo.
2. Intensitas berfluktuasi terhadap waktu, dengan frekuensi $2\nu = 2(\omega / 2\pi)$.

Sifat yang membuat gelombang sebagai gejala fisika yang unik adalah prinsip superposisi. Sifat gelombang yang penting dan istimewa ini menghasilkan gejala interferensi dan difraksi. (Kramo, 1992: 79)

Dari perhitungan Maxwell menunjukkan bahwa kecepatan gelombang EM adalah $3,00 \times 10^8$ m/det, sama dengan laju cahaya yang terukur. Gelombang EM pertama kali dibangkitkan dan dideteksi secara eksperimental oleh Heinrich Hertz (1857-1894) di tahun 1887, delapan tahun setelah Maxwell meninggal Hertz menggunakan perangkat celah-bunga-api dimana muatan digerakkan bolak-balik dalam waktu singkat, membangkitkan gelombang berfrekuensi sekitar 10^9 hz. Ia mendeteksi gelombang tersebut dari suatu kejauhan dengan menggunakan loop kawat yang bisa membangkitkan GGL jika padanya terjadi perubahan medan magnet. Gelombang ini kemudian dibuktikan merambat dengan laju cahaya, $3,00 \times 10^8$ m/det, dan menunjukkan seluruh karakteristik cahaya seperti pemantulan, pembiasan, dan

interferensi. Satu-satunya perbedaan adalah gelombang ini tidak terlihat. Eksperimen Hertz sangat memperkuat teori Maxwell.

Gelombang Elektromagnetik mempunyai daerah frekuensi yang sangat besar, yaitu dari 10^{22} hz. Dalam vakum, gelombang ini menjalar dengan laju sekitar 3×10^8 m/det. Berbagai macam gelombang yang termasuk dalam kategori gelombang EM dapat digolong-golongkan berdasar pada sumbernya.

Berbagai macam gelombang masing-masing mempunyai daerah frekuensi tertentu, dikatakan membentuk spektrum gelombang elektromagnet berdasarkan panjang gelombangnya atau frekuensinya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel. 1

No. Jenis gelombang elektromagnetik:	Panjang gelombang (m)	Frekuensi (Hertz)
1. Gelombang radio:		
a. Radio gelombang panjang	$10^9 - 10^3$	$1 - 10^{11}$
b. Radio gelombang pendek	$10^9 - 10^3$	$1 - 10^5$
c. Komunikasi bands.	$10^3 - 10$	$10^5 - 10^7$
d. Televisi	$10^5 - 10^3$	$10^3 - 10^{11}$
2. Gelombang Mikro:	$10 - 10^{-1}$	$10^7 - 10^9$
a. Radar	$10 - 10^{-5}$	$10^7 - 10^{13}$
3. Infra merah	$10 - 10^{-1}$	$10^8 - 10^{11}$
4. Cahaya tampak	$10^{-1} - 10^{-6}$	$10^{11} - 10^{14}$
5. Ultra ungu	$10^{-6} - 10^{-7}$	$10^{14} - 10^{15}$
6. Sinar - X	$10^{-3} - 10^{-10}$	$10^{15} - 10^{19}$
7. Sinar gamma	$10^{-8} - 10^{-12}$	$10^{16} - 10^{21}$
	$10^{-10} - 10^{-16}$	$10^{18} - 10^{25}$

(<http://www.fi.itb.ac.id/~ifd/index.php>)

Berdasarkan tabel tersebut di atas, tampak bahwa pancaran gelombang elektromagnetik dari ponsel dengan frekuensi antara 450 - 1800 MHz telah memasuki

daerah gelombang mikro seperti halnya radar. Bila dilihat energinya, maka pancaran gelombang elektromagnetik dari ponsel akan menghasilkan energi yang mengikuti persamaan berikut ini

$$E = h u \quad \dots\dots\dots(18)$$

$$= h c/\lambda$$

dimana:

E = energi yang dihasilkan, erg.

h = konstanta planck, $6,62 \times 10^{-27}$ erg detik

c = kecepatan cahaya, 300.000 km/detik = $3 \cdot 10^{10}$ cm / detik

λ = panjang gelombang.

Kalau panjang gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh ponsel diambil 10^{-2} meter, maka energi elektromagnetik yang akan dihasilkan dapat dihitung sebagai berikut;

$$E = 6,62 \cdot 10^{-27} \times 3 \cdot 10^{10} / (10^{-2} \cdot 10^{-2})$$

$$= 19,86 \cdot 10^{-17} \text{ erg}$$

Karena ; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ erg}$

Maka :

$$E = (19,86 \cdot 10^{-17}) / (1,6 \cdot 10^{-12}) \text{ eV.}$$

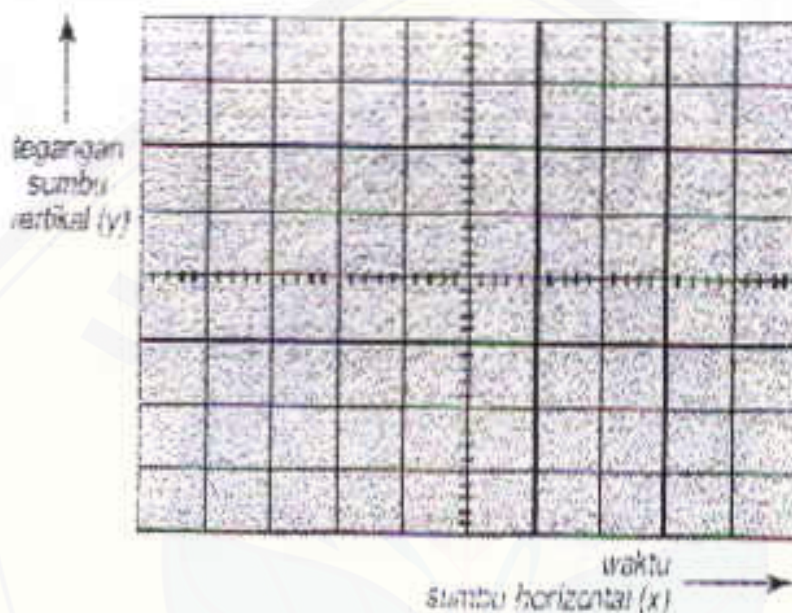
$$= 12,41 \cdot 10^{-5} \text{ eV}$$

$$= 1,241 \cdot 10^{-6} \text{ eV}$$

2.2 Spektrum Analyser (Osiloscop)

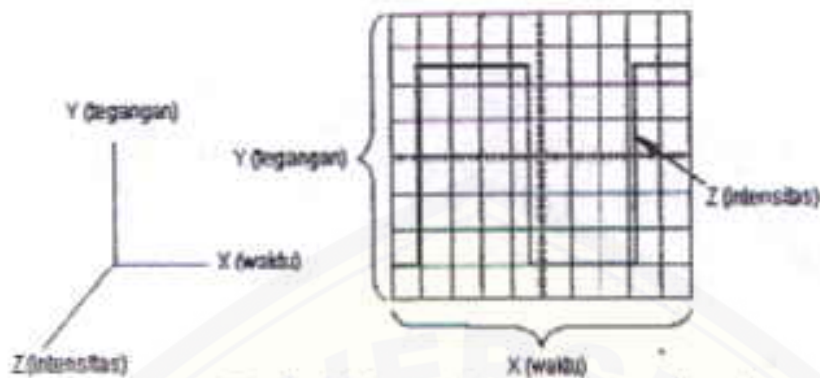
Spektrum Analyser (Osiloscop) adalah alat ukur besaran listrik yang dapat memetakan sinyal listrik. Pada kebanyakan aplikasi, grafik yang ditampilkan memperlihatkan bagaimana sinyal berubah terhadap waktu. Seperti yang bisa anda lihat pada gambar di bawah ini ditunjukkan bahwa pada sumbu vertikal(Y) merepresentasikan tegangan V , pada sumbu horisontal(X) menunjukkan besaran waktu t .

Layar osiloskop dibagi atas 8 kotak skala besar dalam arah vertikal dan 10 kotak dalam arah horizontal. Tiap kotak dibuat skala yang lebih kecil. Sejumlah tombol pada osiloskop digunakan untuk Osiloskop adalah alat ukur besaran listrik yang dapat memetakan sinyal listrik, mengubah nilai skala-skala tersebut.



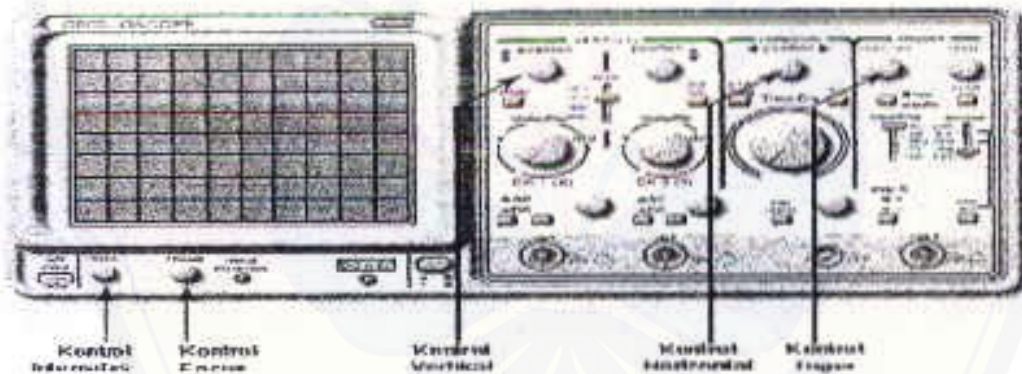
Gambar.2.1 (layar osiloskop dengan dua dimensi)

Osiloskop 'Dual Trace' dapat memperagakan dua buah sinyal sekaligus pada saat yang sama. Cara ini biasanya digunakan untuk melihat bentuk sinyal pada dua tempat yang berbeda dalam suatu rangkaian elektronik. Kadang-kadang sinyal osiloskop juga dinyatakan dengan 3 dimensi. Sumbu vertikal (Y) merepresentasikan tegangan V dan sumbu horisontal (X) menunjukkan besaran waktu t . Tambahan sumbu Z merepresentasikan intensitas tampilan osiloskop. Tetapi bagian ini biasanya diabaikan karena tidak dibutuhkan dalam pengukuran.



Gambar 2.2 (layar osiloskop dengan tiga dimensi)

Wujud dari osiloskop mirip sebuah pesawat televisi dengan beberapa tombol pengatur. Kecuali terdapat garis-garis(grid) pada layarnya.



(<http://www.elektroindonesia.com/elektro/ut32.html>)

Gambar 2.3: Osiloskop analog Goodwill seri 622 G

2.2.1 Fungsi Osiloskop dalam Pengukuran

Osiloskop sangat penting untuk analisa rangkaian elektronik. Osiloskop penting bagi para montir alat-alat listrik, para teknisi dan peneliti pada bidang elektronika dan sains karena dengan osiloskop kita dapat mengetahui besaran-besaran listrik dan gejala-gejala fisis yang dihasilkan oleh sebuah transduser. Para teknisi otomotif juga memerlukan alat ini untuk mengukur getaran/vibrasi pada sebuah mesin. Jadi dengan

osiloskop kita dapat menampilkan sinyal-sinyal listrik yang berkaitan dengan waktu. Dan banyak sekali teknologi yang berhubungan dengan sinyal-sinyal tersebut.

Contoh beberapa kegunaan osiloskop :

1. Mengukur besar tegangan listrik dan hubungannya terhadap waktu.
2. Mengukur frekuensi sinyal yang berosilasi.
3. Mengecek jalannya suatu sinyal pada sebuah rangkaian listrik.
4. Membedakan arus AC dengan arus DC.
5. Mengecek noise pada sebuah rangkaian listrik dan hubungannya terhadap waktu.

(<http://www.elektro-indonesia.com/elektro/ut32.html>)

2.3 Telepon Seluler

Telepon Seluler adalah alat yang mempunyai prinsip sebagai radio transceiver (transmitter-pengirim-receiver/penerima). Bagian utama dari peralatan telekomunikasi ini adalah osilator sebagai pembangkit sinyal radio, pencampur (*mixer*), pencacah gelombang (*detektor*), dan penguat signal audio, dan penguat signalnya dibangun oleh jaringan antena RBS (*Radio Base Station*) yang menjadi piranti peangkap dan penyebar signal. Perangkat ini mempunyai fungsi yang sangat tergantung pada model telepon seluler dan kondisi jaringan telekomunikasi, tapi sejatinya telepon seluler bisa menjalankan tugas sebagai berikut:

1. Menyimpan alamat kontak
2. Mengerjakan sederetan tugas dan agenda tertentu
3. Menjaga alur perencanaan dan mengingatkan janji-janji pertemuan
4. Menggunakannya sebagai kalkulator untuk matematika sederhana
5. Mengirim dan menerima e-mail
6. Kios informasi (berita, hiburan, pasar modal) dari internet
7. Sarana permainan (*games*)
8. Dapat dipadukan dengan perangkat lainnya seperti PDA, pemutar MP3, radio dan penerima GPS.

2.4 Perangkat Telepon Seluler

Telepon seluler digital modern bisa memproses jutaan kalkulasi perdetik untuk memodatkan dan menguraikan kembali arus suara. Jika fisik sebuah telepon seluler dibuka dan dipisah-pisahkan, maka akan ditemukan bahwa telepon seluler hanya terdiri dari beberapa bagian saja, yaitu:

1. Sebuah papan sirkuit yang berisikan otak dari telepon seluler
2. Antenna
3. Layar kristal (likuid crystal display, LCD)
4. Papan ketik (Key-Board)
5. Microfon
6. Pengeras suara (loud-speaker)
7. Batteray

(Suryo,2004:10)



GAMBAR 2.4. Papan sirkuit tampak depan



GAMBAR 2.5. Papan sirkuit tampak belakang

Gambar 2.4. Papan sirkuit tampak depan Gambar 2.5. Papan sirkuit tampak belakang

Papan Sirkuit adalah jantung sistem seluler.(lihat gambar 1 dan 2 salah satu tipe telepon seluler digital Nokia). Dalam gambar kita dapat melihat beberapa chip komputer. Fungsi dari chip dalam percakapan chip analog-ke-digital dan digital-ke-analog akan menerjemahkan sinyal audio yang keluar dari analog menjadi digital dan

sinyal yang masuk dari digital kembali menjadi analog. Processor sinyal digital (DSP) adalah processor dengan tingkat kustomisasi yang tinggi yang didesain untuk menampilkan kalkulasi-kalkulasi manipulasi sinyal pada kecepatan tinggi.

Mikroprocessor menangani seluruh pekerjaan papan ketik dan layar, sesuai dengan perintah dan sinyal pantau BTS dan juga mengkoordinasi seluruh fungsi-fungsi board. Chip ROM dan memori flash menyediakan media penyimpanan (*storage*) bagi sistem operasi telepon seluler dan fitur-fitur yang dirancang sendiri seperti direktori alamat telepon. Frekuensi radio (RF) dan seksi daya menangani manajemen daya dan pengisian daya, dan juga mengakomodasi ratusan saluran FM. Kesimpulannya, amplifire menangani seluruh sinyal yang masuk dan keluar melewati antena.

Ukuran layar telah bertumbuh sejalan dengan jumlah fitur-fitur aplikasi di telepon seluler yang semakin meningkat. Sebagian besar telepon seluler saat ini menawarkan direktori telepon, kalkulator, dan bahkan *games built-in*. dan sejumlah telepon seluler juga bisa jalan dengan beberapa tipe PDA dan *Browser Web*. Sejumlah telepon seluler menyimpan informasi tertentu seperti kode SID dan MIN dalam memori flash internal, sedangkan yang lain menggunakan kartu eksternal yang mirip dengan kartu Smart Media. Telepon seluler memiliki speaker mungil dan mikropon yang mengucapkan suara dengan baik. (Suryo,2004:43-44)

2.5 Sistem Jaringan Seluler

Jenis teknologi Transmisi dalam telepon seluler ada beberapa yaitu:

2.5.1 FDMA

FDMA (*frequency division multiple acces*) yang meskipun dapat digunakan untuk sistem digital, sejatinya secara *eksklusive* sistem ini digunakan pada seluruh sistem analog seluler. Contoh yang menggunakan sistem ini adalah *Advances Mobile Phone Service* (AMPS) yang dikembangkan oleh motorolla yang beroperasi pada frekuensi 800 850 Mhz, NMT 450 dan NMT 900. Pada intinya FDMA mencegah spektrum yang dialokasikan menjadi sejumlah saluran (*channel*). Dalam sistem

analog seluler (contohnya AMPS) dewasa ini masing-masing saluran adalah 30 KHz. Ketika sebuah telepon seluler FDMA membuat panggilan, sistem ini akan menggunakan saluran frekuensi pada seluruh durasi panggilan. Data suara diatur kedalam pita frekuensi saluran ini (menggunakan modulasi frekuensi) dan mengirimkannya melalui gelombang udara. Pada penerima (*Receiver*), informasi diolah menggunakan saringan yang melewati pita (*band-pass filter*). Telepon seluler ini menggunakan saluran pengendali (*kontrol channel*) digital yang biasa digunakan untuk memperoleh saluran.

Sistem FDMA dianggap sebagai sebuah sistem seluler yang kurang efisien karena hanya bisa digunakan oleh seorang pengguna pada satu waktu. Bukan hanya karena saluran (*channel*) ini lebih besar dari kompresi suara digital modern yang dibutuhkan, tetapi juga dianggap mubazir karena saluran tetap dipakai atau diduduki pada saat tidak ada suara yang dikirimkan. Selain itu sistem ini juga menggunakan sumber daya pancar yang lebih tinggi (antara 1 dan 3 watt) untuk mendapatkan kualitas panggilan yang bisa diterima. Lantaran kelemahan kelemahan ini perkembangan teknologi digital, sangat mudah dipahami mengapa FDMA segera digantikan oleh teknik digital-digital yang baru. (Suryo,2004:28)

2.5.2 TDMA

Time Division Multiple Access (TDMA) adalah sebuah teknologi digital yang memecah-mecah transmisi menjadi paket (*burst*) lebih kecil berdasarkan waktu dan menyusun kembali informasi pada penerimaan sehingga bisa dipahami oleh penggunaanya. Teknologi ini digunakan pada teknologi seluler (800 Mhz) dan PCS (1,9 Ghz). GSM juga menggunakan TDMA pada frekuensi 200 KHz dan 8 timeslot, TDMA (IS-136) membangun sistemnya dengan menggunakan FDMA sebagai pondasi, tetapi membagi-bagi percakapan dengan frekuensi dan waktu. Karena kompresi digital mengizinkan suara dikirim dengan baik dibawah 10 kb per detik (setara dengan 10 khz), TDMA membagi tiga-sebagai perbandingan GSM menggunakan delapan timeslot-percakapan digital kedalam sebuah saluran FDMA

(yang memiliki frekuensi 30 KHz). Dengan sampel suara seseorang misalkan 30 ms, kemudian mentransmisikannya dalam 10 ms, sistem ini mampu menawarkan tiga timeslot per saluran. Teknik ini memungkinkannya tetap cocok dengan FDMA sambil naik kelas ke layanan digital dan mendorong kapasitas sistem hingga tiga kali lipat.

Meski TDMA sudah merupakan sistem digital yang bagus, tetapi masih dirasakan kurang efisien dalam pemakaian spektrum frekuensi. Dengan kata lain, sekali panggilan di buat, saluran ataupun timeslot "dibajak" oleh sebuah percakapan seluler selama panggilan. Menyangkut sinyal digital, telepon seluler TDMA hanya membutuhkan daya 600 *mW*. (Suryo, 2004:29)

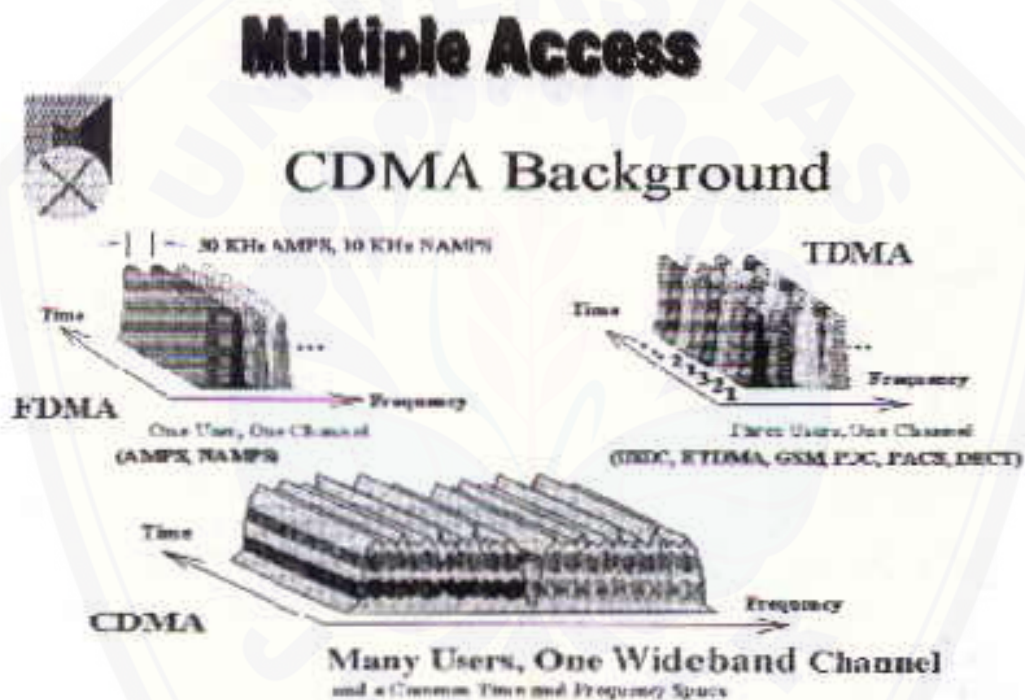
2.5.3 CDMA

CDMA (*Code Division Multiple Access*) merupakan metode yang paling menarik. Sistem ini tak punya saluran, tetapi mengubah setiap panggilan menjadi kode kode unik. Masing-masing komunikasi suara (atau data) dipisahkan menjadi bagian-bagian kecil, dan masing-masing bagian di beri kode identifikasi. Pada akhir penerimaan sinyal, informasi dari urutan kode dikirimkan dan memungkinkan sinyal dapat diekstrak dan direkonstruksi kembali.

Sistem CDMA merupakan teknologi terkini dipasar seluler. Dari sisi teknis, sistem CDMA bisa mendorong kualitasnya diatas kapasitas TDMA dan GSM. Teknologi CDMA membutuhkan tingkat daya telepon seluler yang lebih rendah (200 miliwatt) berhubung teknis modulasi yang diharapkan dapat melakukan "deal" dengan derau dan bisa dengan mudah disetel pada sinyal yang lebih lemah. Namun "deal" tersebut hanya bisa berlangsung jika masih mencapai *threshold*, sebab kalau kapasitasnya sudah lebih, kode-kode unik dalam sistem ini tak bisa lagi diterjemahkan sehingga terjadi *drop call*.

CDMA adalah sebuah sistem yang tertutup, karenanya memiliki teknologi antar muka yang tertutup pula. Dari segi bisnis dan operasinya, para operator tidak bisa berimprovisasi atau menggunakan perlengkapan dari manufaktur yang berbeda.

Siapa pun yang akan mengoperasikan sistem ini, harus membayar lisensi kepada Qualcomm, perusahaan yang menemukan dan mengembangkan sistem ini dan hanya bisa membeli perlengkapan dan komponen pada distributor atau pemasok yang sudah disetujui perusahaan tersebut. (Suryo, 2004:30)



gb 2.6 Multiple Access (<http://iee.org>)

a. Kelebihan CDMA :

1. Adalah merupakan salah satu aplikasi technology *MULTIPLE*
2. Adalah suatu cara dimana banyak pengguna menduduki alokasi frekuensi dan waktu yang sama dengan menetapkan kode yang unik untuk setiap user.
3. Ada 2 kategori dari sistem *spread-spectrum* : "*direct sequence (DS)* dan *frequency hopping*."

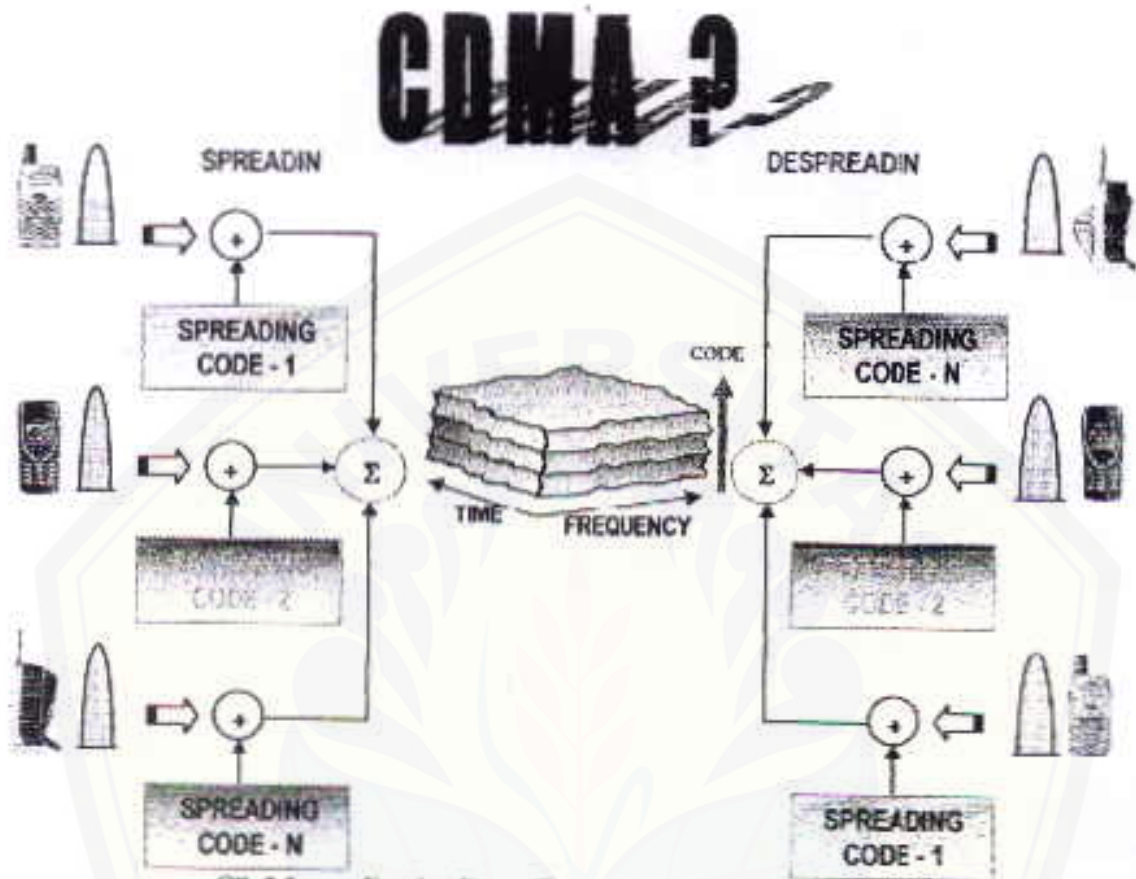
4. CDMA yang digunakan dalam sistem *ACCESS spread-spectrum cellular* menggunakan "direct sequence" *spread-spectrum technique (DS-SS)*.
5. Dalam DS-SS transmitter, setiap signal informasi pelanggan dimodulasi dengan suatu PN code yang unik yang men-*spread-spectrum* dari signal informasi aslinya.
6. Dalam DS-SS receiver, spread signal didemodulasi dengan PN code yang identik.

Konsep pada teknologi CDMA dapat digambarkan sebagai berikut:

Spread Spectrum Technology



gb. 2.7 spreading dan despreading kode pada setiap panggilan sistem CDMA
(<http://www.Telkom.com>)



GB. 2.8 spreading dan despreading dengan beberapa panggilan
(<http://www.Telkom.com>)

b. Prinsip Spreading dan Despreading :

Apabila suatu simbol di-XOR dengan code tertentu dan hasilnya kemudian di-XOR-kembali dengan code yang sama, maka akan diperoleh kembali simbol aslinya. Dengan kata lain, efek dari operasi XOR yang dilakukan 2 kali dengan code yang sama tidak berpengaruh terhadap simbol.

c. Kapasitas CDMA:

1. Prinsip CDMA adalah sejumlah user menggunakan resource band RF yang sama, namun setiap user dibedakan dengan menggunakan kode-kode orthogonal.

2. Standar IS-95, laju data pada akhir spreading adalah 1,2288Mcps dan ini membutuhkan bandwidth lebih kurang 1,25 MHz.
3. Kinerja sistem CDMA dibatasi oleh interferensi, artinya kapasitas kualitas dibatasi oleh daya interferensi yang terjadi pada band RF yang dipakai.
4. Kapasitas didefinisikan sebagai jumlah user

d. Kapasitas CDMA dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$M = \frac{W}{Eb/No(1+\pi)v} \lambda \rho \alpha$$

dimana :

W = Bandwidth freq.

M = Bit Rate informasi

E – Energi Bit

No = Rapat Daya Noise

v = activity factor

η = Faktor interferensi (0,6)

α = efek power control (85%)

λ = Gain Sector ($120^\circ = 2,5$; $60^\circ = 5$)

ρ = Loading factor = 0,6 s/d 0,8)

2.5.4 GSM

GSM (*Global System for Mobile Communications*) merupakan sistem paling dominan yang digunakan di Eropa, Australia, dan Asia- sementara di Amerika Serikat, juga sudah ada jaringan PCS-1900 berbasis GSM. Sistem ini menarik karena menggunakan modifikasi dan merupakan versi yang efisien dari TDMA. GSM tetap pada ide *timeslot* dan saluran frekuensi, dan berusaha mengatasi kelemahan-kelemahan yang ada.

Keunggulan GSM terutama terletak pada (1) teknologinya yang menggunakan frekuensi radio secara efisien dan terkait dengan perkembangan radio digital, sistem ini memiliki toleransi terhadap gangguan-gangguan yang terjadi antar sel (*intersell*

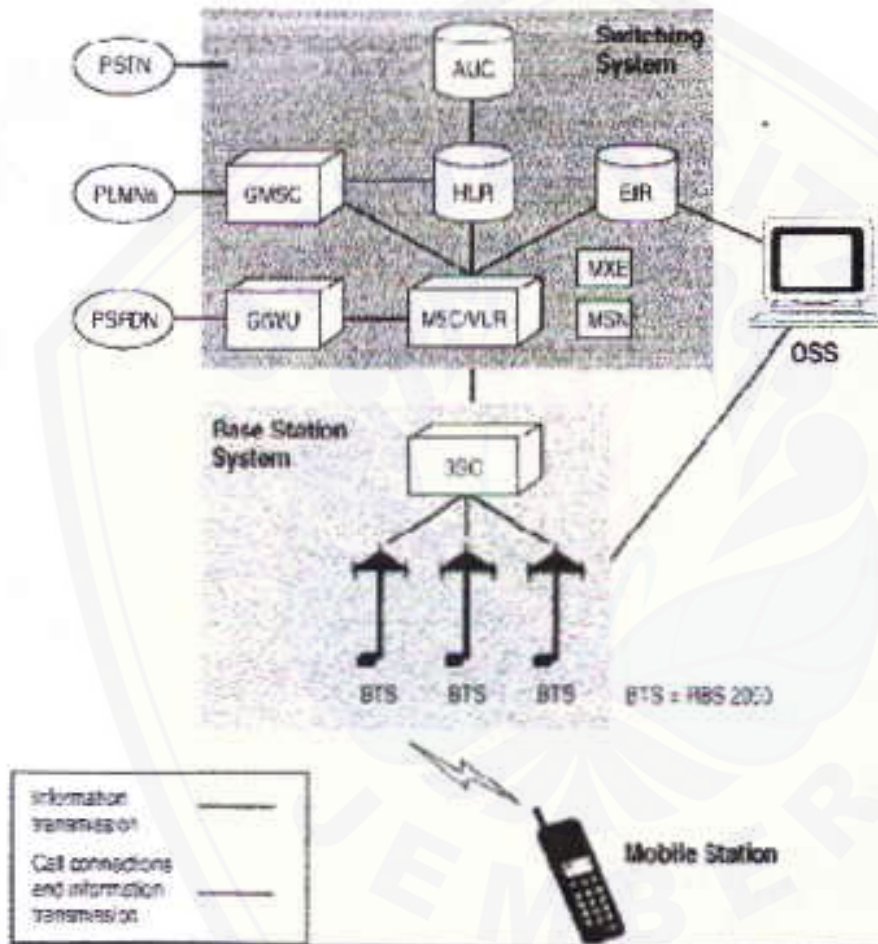
disturbance), (2) kualitas rata-rata percakapan yang dicapai lebih baik dibanding sistem seluler analog; (3) transmisi data didukung secara menyeluruh oleh sistem ini; (4) percakapan *dienkripsi* (disandikan) dan keamanan informasi pelanggan terjamin; (5) *roaming* (bisa menerima atau membuat panggilan diluar daerah asal) internasional secara teknis dimungkinkan diseluruh negara yang menggunakan sistem GSM; (6) sistem ini dibangun tanpa menyebabkan perubahan besar terhadap jaringan telepon biasa (PSTN) yang sudah lama ada; (7) kompatibel dengan ISDN (*Public Switched Telephone Networks*) dan; (8) mendukung terminal *hand-portable* bersumber daya rendah.

Lahir sebagai solusi perbedaan sistem yang sebelumnya menjadi kendala di berbagai negara GSM merupakan standar terbuka (*open standard*), yang berarti teknologi antar mukanya mudah dijalankan dan dipahami (*well define*), sehingga siapa saja bisa mempelajari dan memproduksi sendiri perlengkapan-perengkapan untuk sistem ini. Peralatan-peralatan dari manufaktur dan pemasok manapun bisa digunakan dan operator juga tidak harus mengeluarkan biaya untuk membayar lisensi seperti yang terjadi pada operator CDMA. Jelas ini akan mampu memperbaiki efisiensi biaya dari sudut pandang operator.

Jadi kalau dicarikan analoginya dalam dunia komputer, perbedaan antara GSM dan CDMA tak ubahnya seperti *Linux* dengan *Windows*: yang satu memiliki kode-kode teknis yang terbuka (*open source*) dan bisa di-tak-atik agar cocok dengan piranti keras yang ada, sedangkan satunya lagi menyimpan rapat-rapat kode teknisnya sehingga para pengguna tak bisa berimprovisasi dan piranti lunak nya harus dibeli dengan harga yang ditetapkan oleh pembuatnya. (Surya,2004:31)

GSM memberikan rekomendasi, tanpa syarat. GSM mempunyai spesifikasi pada fungsi dan syarat antar muka dalam perincian tapi tanpa alamat dan *hardware*. Alasan untuk ini adalah untuk batas desain sedikit kemungkinan tapi membuatnya masih mungkin untuk membeli peralatan dari supliyer berbeda. Jaringan GSM adalah terbagi dalam tiga sistem utawa, yaitu : *The switching System (SS)*, *the base*

station system (BSS), dan the operation and system (OSS). Basic bagian-bagian jaringan GSM ditunjukkan dalam gambar berikut:



Gb. 2.8 sistem jaringan GSM

(copyright © The international Engineering Consortium)

A. Berikut adalah fungsi-fungsi pada sistem GSM, yaitu:

1. *The switching system* adalah respon untuk menampilkan proses panggilan dan fungsi *subscriber*. *The switching system* didukung oleh fungsi-fungsi unit sebagai berikut:

- ✦ HLR (*Home Location Register*) adalah sebuah *database* yang digunakan menyimpan dan mengatur pada *subscriptions*.
- ✦ MSC (*Mobile Services Switching Center*) berfungsi mengontrol panggilan untuk dan dari telephone yang lain dan sistem data.
- ✦ VLR (*Visitor Location Register*) adalah *database* yang memberikan informasi sementara tentang identitas pelanggan yang diperlukan oleh MSC dalam order untuk pelayanan datangnya *subscribers*.
- ✦ AUC (*Authentication Center*) berfungsi melindungi jaringan operator dari perbedaan tipe terhadap penipuan di dunia selular.
- ✦ EIR (*Equipment Identity Register*) adalah *database* yang memberikan informasi tentang identitas pada peralatan *mobile* yang melindungi panggilan dari kerusakan *mobile stations*.

2. BSS (*The Base Station System*) terdiri dari *base station controllers* (BSCs) dan *Base Transceiver Stations* (BTSs).

- ✦ BSCs adalah berfungsi memberikan fungsi kontrol dan sambungan fisik antara MSC dan BTS. Dengan kapasitas tinggi memberikan fungsi seperti pengalihan, konfigurasi data sel, dan control pada frekuensi radio (RF) level tinggi di BTS.
- ✦ BTSs adalah peralatan radio (*Transceiver* dan antena) yang diperlukan untuk pelayanan sejumlah sel dalam jaringan.

3. OSS (*Operation and Support System*) adalah fungsi yang lahir dari jaringan monitor dan sistem control. Tujuan OSS adalah untuk memberikan pelayanan harga untuk operator dipusat, regional dan local dan biaya aktifitas untuk

jaringan GSM. Fungsi penting pada OSS adalah untuk memberikan sebuah jaringan luas dan dukungan aktifitas biaya pada perbedaan operator dan biaya organisasi.

B. Karakteristik GSM adalah sebagai berikut:

- ✦ Frekuensi : frekuensi untuk GSM adalah 1,850 sampai 1,990 Mhz (dari *stasion mobile ke base stasion*).
- ✦ Jarak *duplex* (jarak antara *uplink* dan *downlink* frekuensi): 80 Mhz
- ✦ *Channel separation* : 200 Khz
- ✦ *Modulation*: modulasi adalah proses pada pengiriman sebuah sinyal dengan perubahan karakteristik pada frekuensi pembawa.
- ✦ *Transmition rate*: 270 kbps
- ✦ Metode akses: GSM menggunakan konsep TDMA. TDMA adalah jaringan dengan menggunakan konsep *timeslot* pada setiap panggilan.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian untuk menguji seberapa besar daya pada telepon seluler dengan menggunakan Spektrum Analyser dilaksanakan di PT. TELKOM Jember pada bulan November-Desember 2005

3.2 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1: Desain Penelitian

3.3 Definisi Operasional

Agar tidak terjadi salah pengertian dalam penelitian maka diberikan definisi untuk variabel-variabel dalam penelitian, yaitu:

1. Gelombang Elektromagnetik Jaringan GSM (*Global System For Mobile*) adalah sistem Gelombang Elektromagnetik yang menggunakan modifikasi dan merupakan versi yang efisien dari TDMA (*Time Division Multiple Acces*), yaitu menggunakan metode *timeslot*. Metode *timeslot* adalah system gelombang yang menggunakan pembagian waktu dalam frekuensi tertentu untuk setiap panggilan.
2. Gelombang Elektromagnetik Jaringan CDMA (*Code Division Multiple Acces*) adalah sistem Gelombang Elektromagnetik yang mengubah setiap panggilan (baik suara maupun data) menjadi kode-kode unik dengan pelebaran frekuensi.

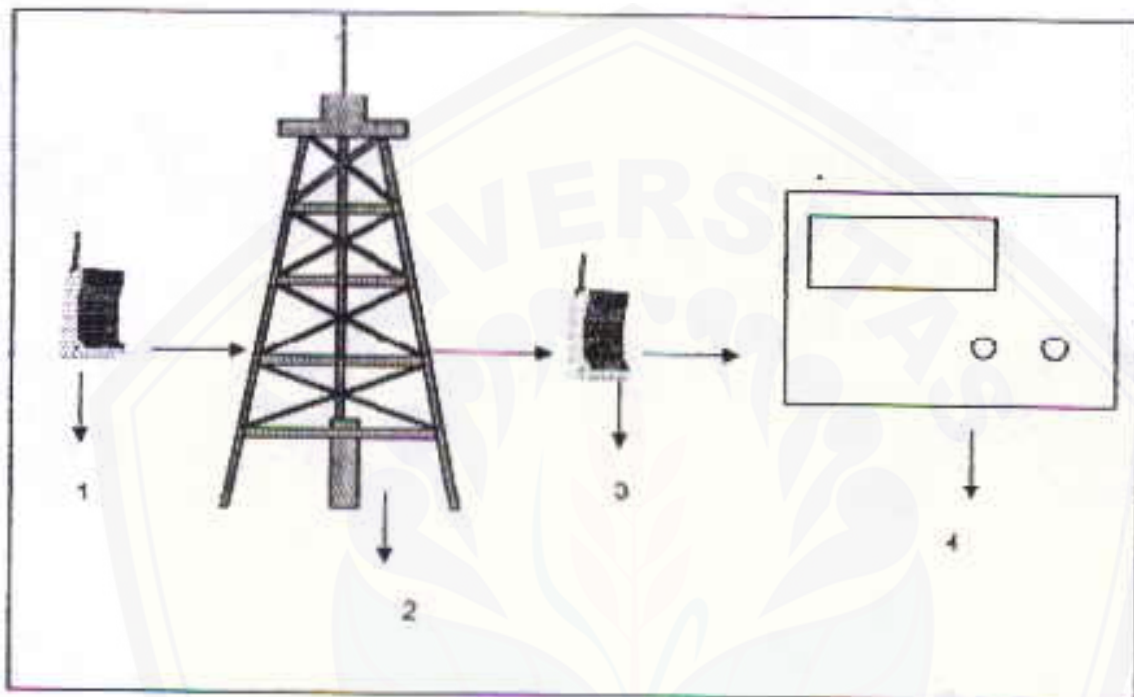
3.4 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Telepon Seluler
2. Spektrum Analyser (Oscilloskop)

3.5 Desain Alat

Dalam penelitian desain yang akan dilakukan ditunjukkan pada (gambar 3.2) berikut:



Gambar 3.2: Desain Alat

Keterangan Gambar 3.2

1. No 1= Telepon yang menghubungi
2. No 2 = Operator (BTS ke MSC)
3. No 3= Telepon yang dihubungi
4. No 4= Spectrum Analyser

3.5.1 Langkah Kerja

Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Menyusun Peralatan
2. Pengiriman signal pada jaringan GSM
3. Pengiriman signal pada jaringan CDMA

4. Pendeteksian Gelombang Elektromagnetik dengan mengukur frekuensi, amplitudo, daya pada jaringan GSM
5. Pendeteksian Gelombang Elektromagnetik dengan mengukur frekuensi, amplitudo, daya pada jaringan CDMA
6. Mengulangi langkah 2,3,4,5 sebanyak 10 kali.
7. Mencatat data.

3.6 Pengambilan Data

Dari eksperimen didapat data besar amplitudo, frekuensi, dan daya gelombang elektromagnetik sebagai berikut:

Tabel 1 Data Pengukuran Amplitudo, Frekuensi, dan Daya Gelombang Elektromagnetik (Signal) pada Jaringan GSM

Pengiriman ke	Amplitudo (m)	Frekuensi (hz)	Daya (w)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Tabel 2. Data Pengukuran Amplitudo, Frekuensi, dan Daya Gelombang Elektromagnetik (Signal) pada Jaringan CDMA

Pengiriman ke	Amplitudo (m)	Frekuensi (hz)	Daya (w)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

3.7 Metode Analisa Data

Untuk menjawab rumusan masalah no 1 digunakan analisa data t_{es} , analisa data dengan hasil pengukuran standart (regresi linear dan korelasi), dan analisa grafik, yaitu sebagai berikut:

1. Menghitung Daya GEM (Sinyal) pada jaringan yang berbeda
2. Kesalahan Pengukuran dapat dicari dengan koreksi kesalahan rata-rata, kesalahan mutlak, kesalahan relatif.

$$P_r = \frac{P}{n}$$

$$\Delta P = \sqrt{\left(\frac{\partial P}{\partial E_0}\right)^2 (\Delta E_0)^2}$$

$$K_r = \frac{\Delta P}{P_r} \times 100\%$$

$$K_s = 100\% - K_r$$

$$H_f = (\Delta P - P_r)$$

Dalam hal ini :

- n = banyaknya pengulangan
 ΔP = kesalahan mutlak
 K_r = kesalahan relatif
 K_s = keseksamaan
 H_p = hasil pengurangan

3. Mengkaji perbedaan besarnya Daya Gelombang Elektromagnetik pada jaringan GSM dan CDMA menggunakan rumus analisis sebagai berikut:

$$t_{\text{observasi}} = \frac{\bar{P}_1 - \bar{P}_2}{\frac{\sqrt{\{D^2 - (D)^2\}/n}}{n(n-1)}}$$

Keterangan :

\bar{P}_1 = rata-rata Daya pada jaringan GSM

\bar{P}_2 = rata-rata Daya pada jaringan CDMA

D = deviasi skor Daya

n = banyaknya pengulangan perhitungan Daya. (Steel D dan Torrie, 1989: 125)

Untuk menentukan t_{tabel} ditentukan terlebih dahulu derajat kebebasan yaitu $df = dB = (N_1 + N_2 - 2)$, kemudian melihat tabel dengan taraf signifikan 1% untuk memutuskan adanya perbedaan signifikan daya gelombang elektromagnetik Telepon Selular pada sistem jaringan GSM dan CDMA menggunakan Spektrum Analyser.

Kriteria $t_{\text{observasi}}$ pada taraf signifikansi 1% adalah:

- 1) jika $t_{\text{hitung}} \geq t_{\text{tabel}}$, maka ada perbedaan Mean yang signifikan diantara kedua variabel.
- 2) jika $t_{\text{hitung}} < t_{\text{tabel}}$, maka tidak ada perbedaan Mean yang signifikan diantara kedua variabel.

4. Menganalisa data dengan analisa regresi linear dari variabel terikat dan variabel bebas, diharapkan mempunyai regresi linear dengan persamaan garis:

$$y = a + bx \dots\dots\dots (17)$$

dimana y = amplitudo gelombang (m)

$$x = \text{daya} (W/m^2)$$

Dalam hasil ini nilai a dan b adalah :

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \dots\dots\dots (18)$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \dots\dots\dots (19)$$

Untuk lebih memperkuat hasil analisis yang disajikan dalam bentuk grafik maka diperlukan pengujian lebih lanjut. Adapun pengujian tersebut meliputi :

1) Pengujian Koefisien Regresi

Tabel 3. Format Analisis Regresi

Sumber	dB	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Keragaman					
Regresi	$p-1$	JKR	KTR	KTR/KTS	
Sisa	$n-p$	JKT	KTS		

Keterangan :

dB = derajat kebebasan

n = total sampel

p = jumlah variabel

JKT (jumlah kuadrat total) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$y^2 = (\sum y^2) - \frac{(\sum y)^2}{n} \dots\dots\dots (20)$$

JKR (jumlah kuadrat regresi) yang dirumuskan sebagai berikut :

$$b \left[\sum (x \cdot y) - \frac{(\sum x \sum y)}{n} \right] \dots\dots\dots (21)$$

$$JKS (\text{jumlah kuadrat sisa}) = JKT - JKR \dots\dots\dots (21)$$

$$KTR (\text{kuadrat tengah regresi}) = JKR / p - 1 \dots\dots\dots (22)$$

$$KTS (\text{kuadrat tengah sisa}) = JKS / n - p \dots\dots\dots (23)$$

Dalam pengujian koefisien regresi ditentukan jika dalam pengujian didapatkan F_{hitung} lebih besar dari pada F_{tabel} dapat disimpulkan bahwa model regresi diatas dapat diterima, namun jika sebaliknya maka tidak dapat diterima.

2) Koefisien Determinasi dan Koefisien Korelasi

Koefisien determinasi dirumuskan dengan:

$$r^2 = \frac{JKR}{JKT} \dots\dots\dots (24)$$

Koefisien korelasi dirumuskan dengan:

$$r = \sqrt{\frac{JKR}{JKT}} \dots\dots\dots (25)$$

Dalam pengujian koefisien determinasi dan koefisien korelasi ini menyatakan besarnya derajat ketrandalan metode yang dipakai.

(Santoso, 1992:18-21)

5. Analisa Grafik

Dari analisa regresi linear dapat dilihat hubungan antara amplitudo dan daya gelombang elektromagnetik yaitu:

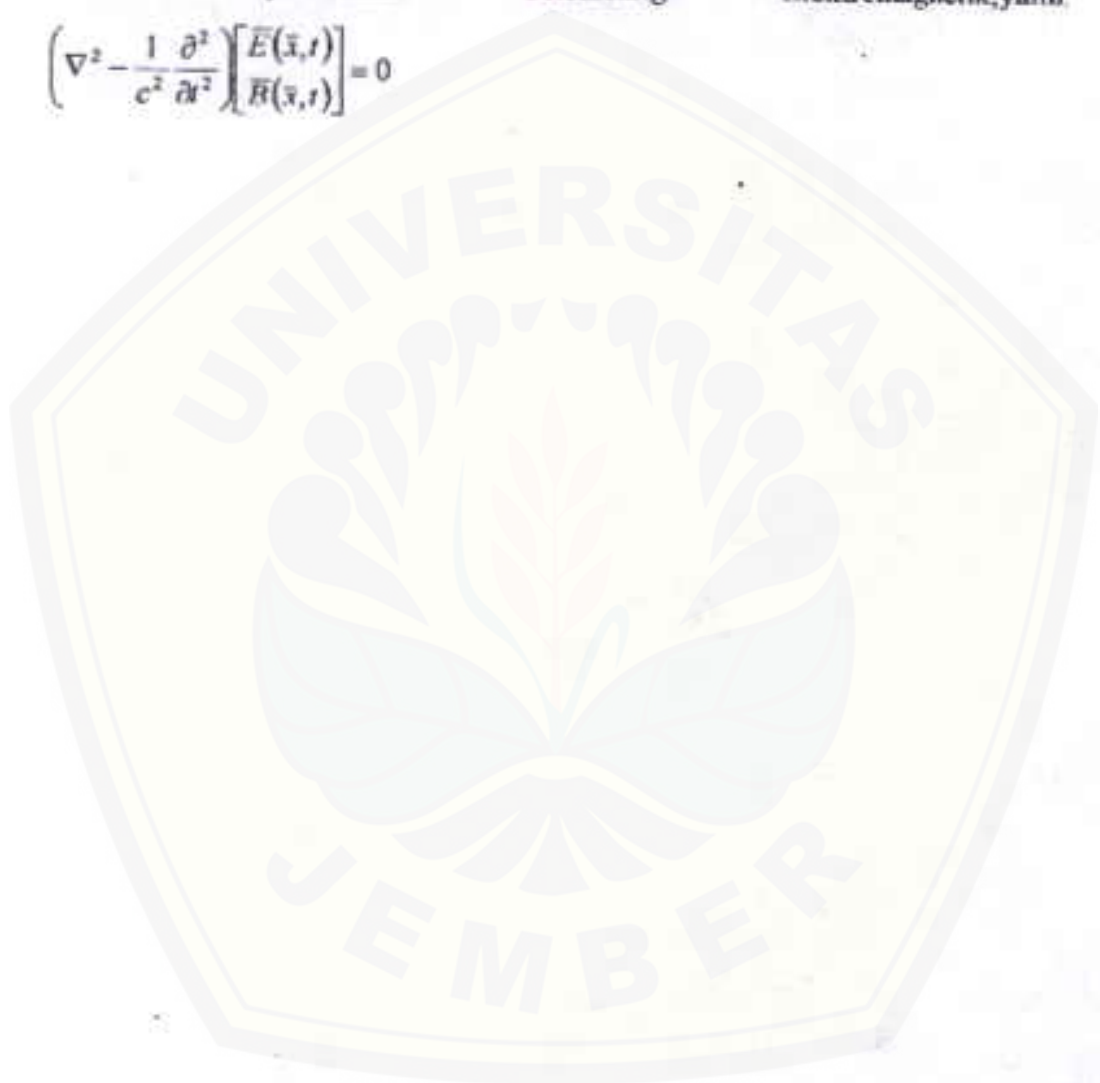
Amplitudo (π)



Untuk menjawab rumusan masalah yang no 2 digunakan analisa sebagai berikut:

Menentukan persamaan Gelombang Elektromagnetik, yaitu:

$$\left(\nabla^2 - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) \begin{bmatrix} \vec{E}(\vec{x}, t) \\ \vec{H}(\vec{x}, t) \end{bmatrix} = 0$$





BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dari pengukuran Frekuensi, Amplitudo, dan Daya Gelombang Elektromagnetik Telepon Selular pada sistem jaringan GSM dan CDMA menggunakan Spektrum Analyser dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat perbedaan yang signifikan antara daya pada Telepon Selular Jaringan GSM dan CDMA, jaringan CDMA mempunyai daya yang lebih tinggi dibanding pada system GSM.
2. Bentuk fungsi gelombang elektromagnetik pada telepon selular merupakan fungsi kompleks, yaitu:

Untuk fungsi gelombang pada system GSM:

$$\vec{E} = 46e^{(18,90x - 5,68 \cdot 10^9 t)}$$

Untuk fungsi gelombang pada system CDMA;

$$\vec{E} = 56,4e^{(18,90x - 5,68 \cdot 10^9 t)}$$

5.2 Saran

Berdasarkan pada kesimpulan dari hasil penelitian dan pembahasan, maka penulis memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Bagi pengguna Telepon Selular diharapkan dapat memilih jenis Sistem Telepon Selular secara tepat dengan menyesuaikan pada kebutuhannya.
2. Melakukan penelitian lanjutan dengan membandingkan jenis jaringan GSM dan CDMA yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Beisser, 1987. *Konsep Fisika Modern*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Dobbs, E.R. 1993. *Basic electromagnetism*. Chapman & Hall. London.
- Haliday, David dan Resnick, 1996. *Fisika Jilid 1*. Jakarta: Erlangga
- Krane, K.S., 1992. *Fisika Modern*. Universitas Indonesia. Jakarta
- Rahmat, A.R. 2003. "Sistem Komunikasi Wireless Optik Dalam Ruang dengan Tipe Difus" Penelitian, Bandung.
- Robert G dan Torre. James, 1989. *Prinsip dan Prosedur Statistika*. Jakarta: PT Gramedia
- Santoso, 1992. *Teknik Analisa*. Jakarta: Rineka Cipta
- Sudjana N., 2001. *Pengantar Statistik Pendidikan*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada
- Suryo, R., 2004. *Planet Sekolah*. Logiscom. Jakarta
- Sutrisno. 1989. *Fisika Dasar*. Bandung: Penerbit ITB
- Tjia, M.O., 1994. *Gelombang*. DABARA PUBLISHER. Solo
- Vanderline, 1993. *Classical Elektromagnetic Theory*. University of New Brunswick. Canada

Internet:

The International Engineering Consortium, "Global System for Mobile Communication (GSM)". <http://www.iec.org>

Divlat PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. "Introduksi Wireless CDMA".
<http://www.canon.com/technology/communication/canobeam/cooient.html>

Zanoro E, and Viviek. Steve. "CDMA Network Technologies: A Decade of Advances
and Challenges", <http://www.elektroindonesia.com/elektro/ut32.html>



ABSTRAK

Sistem Telepon Selular yang sedang berkembang pada generasi 2.5 G dan 3G adalah sistem GSM dan CDMA, akan tetapi keduanya mempunyai intensitas atau daya yang berbeda-beda. Rumusan masalah yang diambil adalah adakah perbedaan daya Gelombang Elektromagnetik pada Telepon Selular GSM dan CDMA dengan menggunakan Spektrum Analyser, dan Bagaimana bentuk fungsi Gelombang Elektromagnetik yang dihasilkan dari pengukuran pada sistem jaringan Telepon Selular GSM dan CDMA. Tujuan penelitian pada skripsi ini adalah mengkaji beda daya sinyal (Gelombang Elektromagnetik) pada Telepon selular dengan perbedaan sistem jaringan dan penggunaan Spektrum Analyser, dan mengetahui bentuk fungsi Gelombang Elektromagnetik pada sistem Telepon Selular GSM dan CDMA dari besar Amplitudo dan Frekuensi yang dihasilkan. Metode penelitian adalah metode eksperimen dengan menghitung besar daya menggunakan Spektrum Analyser sebagai alat digital yang dapat menampilkan sinyal-sinyal listrik. Analisa data yang digunakan adalah analisa t_{test} , analisa regresi-korelasi, dan analisa grafik. Hasil analisa data t_{test} daya Gelombang Elektromagnetik menghasilkan $t_{hitung} = 5.652$ dan $t_{tabel} = 2.878$. Hasil analisa regresi linear pada GSM menghasilkan persamaan $y = 863x + 21.40$, pada CDMA menghasilkan persamaan $y = 7.15x + 25.7$. Hasil koefisien korelasi pada GSM adalah $r = 0.99$, pada jaringan CDMA adalah $r = 0.93$. Analisa Grafik didapat grafik dengan pola linear untuk jaringan GSM dan CDMA. Kesimpulan dari skripsi ini adalah (1) terdapat perbedaan yang signifikan antara daya pada jaringan GSM dan CDMA, jaringan CDMA mempunyai daya yang lebih tinggi dibanding pada GSM. (2) Bentuk fungsi gelombang elektromagnetik pada telepon selular adalah bentuk kompleks.

Kata Kunci: Gelombang Elektromagnetik, Telepon Selular sistem jaringan GSM, CDMA.

MATRIK PENELITIAN

JUDUL	RUMUSAN MASALAH	VARIABEL	INDIKATOR	SUMBER DATA	METODE PENELITIAN	METODE ANALISA DATA
Analisis Gelombang Elektromagnetik Telepon Selular pada Sistem Jaringan GSM dan CDMA	<p>1. Adakah perbedaan Daya gelombang elektromagnetik pada telepon selular sistem jaringan GSM dan CDMA dengan penggunaan Spektrum Analyser?</p> <p>2. Bagaimana bentuk fungsi Gelombang Elektromagnetik yang dihasilkan dari pengukuran pada sistem jaringan tt seluler GSM dan CDMA?</p>	<p>Variabel bebas: Amplitudo, frekuensi jaringan GSM dan CDMA</p> <p>Variabel terikat: Daya jaringan GSM dan CDMA</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Amplitudo ❖ Daya ❖ frekuensi 	Dari hasil Eksperimen	<p>1. Tempat penelitian PT. TELKOM JEMBER.</p> <p>2. Teknik pengumpulan data dari hasil pengamatan menggunakan Spektrum Analyser</p>	<p>Analisa data</p> <p>1. Dengan t-tes.</p> $t_0 = \frac{\bar{p}_1 - \bar{p}_2}{\sqrt{\frac{D^2 - (D^2)/n}{n(n-1)}}}$ <p>2. dengan grafik dari regresi linear</p> $a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$ $b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$ <p>$y = a + bx$</p> <p>3. analisa determinasi dan korelasi</p> $r^2 = \frac{JKR}{JKT}$ $r = \sqrt{\frac{JKR}{JKT}}$

Lampiran 2

Analisa Perbedaan Daya Gelombang Elektromagnetik

1. Uji t_{tes} untuk energi listrik

table 5. Perhitungan perbedaan daya Gelombang Elektromagnetik

P(GSM)	P(CDMA)	D	D2
2.688	4.163	1.475	2.1756
2.570	5.10	2.53	6.4009
1.445	4.621	3.176	10.086
3.452	2.341	1.111	1.234
3.870	4.779	0.909	0.826
2.932	4.779	1.847	3.411
3.318	5.10	1.782	3.175
3.187	4.465	1.278	1.633
2.570	3.452	0.882	0.772
2.454	3.870	1.416	2.005
$\Sigma=28.486$	$\Sigma=42.62$	$\Sigma=16.406$	$\Sigma=31.772$
$\bar{P}_1 = 2.8486$	$\bar{P}_2 = 4.262$		

Keterangan :

D= P1-P2

$$t_0 = \frac{\bar{P}_1 - \bar{P}_2}{\frac{\sqrt{\langle D^2 - (D)^2 \rangle / n}}{n(n-1)}}$$

$$t_0 = \frac{4.262 - 2.8486}{\sqrt{\frac{(31.772 - 269.15/10)}{90}}}$$

$$t_0 = 5.652$$

2. Menentukan derajat kebebasan

$$db = N1 + N2 - 2 = 18$$

$$t_{tabel} = 3.922$$

$$t_0 = 5.652$$

Sehingga $t_0 > t_{0, \text{min}}$ berarti bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara daya gelombang elektromagnetik pada sistem GSM dan CDMA dengan menggunakan spectrum analyzer.



Lampiran 3

Perhitungan Analisa Regresi pada Sistem jaringan GSM dan CDMA

Untuk jaringan GSM dan CDMA mempunyai variabel bebas (x) adalah daya dan variabel terikat (y) adalah amplitudo, dan analisa regresi ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 6. Perhitungan Analisa Regresi GSM

No	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	2.688	45	7.225	2025	120.96
2	2.570	44	6.6049	1936	113.08
6	1.445	33	2.088	1089	47.685
4	3.452	31	11.91	2601	176.052
5	3.870	54	14.97	2916	208.98
6	2.932	47	8.596	2209	137.804
7	3.318	50	11.01	2500	165.9
8	3.187	49	10.15	2401	156.163
9	2.570	44	6.6049	1936	113.08
10	2.454	43	6.022	1849	105.522
JML	28.48	460	85.18	21462	1345.226
Rata-rata	2.848	46	8.518	2146.2	134.5226

$$1. \quad a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} = \frac{(460 \times 85.18) - ((28.48) \times (1345.226))}{10(85.18) - (28.48)^2}$$

$$= \frac{870.76}{40.68} = 21.40$$

$$2. \quad b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} = \frac{(10 \times 1345.226) - (28.48 \times (460))}{(10 \times 85.18) - (28.48)^2}$$

$$= \frac{13452.26 + 13100.8}{40.68} = 8.59$$

Sehingga persamaan regresi adalah $y = 8.59x + 21.40$

$$3. \quad JKT = y^2 = (\sum y^2) - \frac{(\sum y)^2}{n} = 21462 - 21160 = 302$$

$$4. JKR = b \left[\Sigma(x,y) - \frac{(\Sigma x \Sigma y)}{n} \right] = 8.59x \left(1345.226 - \frac{(13100.8)}{10} \right) = 301.9$$

$$5. JKS = JKT - JKR = 302 - 301.9 = 0.1$$

$$6. KTR = JKR / p - 1 = 301.9 / 1 = 301.9$$

$$7. KTS = JKS / n - p = 0.1 / 8 = 0.0125$$

$$8. F_{hitung} = KTR / KTS = 301.9 / 0.0125 = 24152$$

9. Ftabel dengan dk pembilang 1 dan dk penyebut 8 pada $\alpha = 1\%$ dicapakan harga 11.26

$$10. \text{Koefisien determinasi } r^2 = \frac{JKR}{JKT} = \frac{301.9}{302} = 0.99$$

$$11. \text{Koefisien korelasi } r = \sqrt{\frac{JKR}{JKT}} = \sqrt{\frac{301.9}{302}} = 0.99$$

Tabel 7. Perhitungan Analisa Regresi CDMA

No	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	4.163	56	17.33	3136	233.128
2	5.10	62	26.01	3844	316.2
6	4.621	59	21.35	3481	272.63
4	2.341	42	5.480	1764	98.322
5	4.779	60	22.838	3600	286.74
6	4.779	60	22.838	3600	286.74
7	5.10	62	26.01	3844	316.2
8	4.465	58	19.93	3364	258.97
9	4.452	51	19.82	2601	227.052
10	3.870	54	14.97	2916	208.98
JML	43.67	564	196.576	32150	2504.962
Rata-rata	4.367	56.4	19.6576	3215	250.4962

$$L. a = \frac{(\Sigma Y)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)(\Sigma XY)}{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} = \frac{(564)(196.576) - ((43.67)(2504.962))}{10(196.576) - (43.67)^2}$$

$$= \frac{1477.173}{58.6911} = 25.7$$

$$2. \quad b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} = \frac{(10 \times 2504.962) - (43.67 \times 564)}{(10 \times 196.576) - (43.67)^2}$$

$$= \frac{419.74}{58.6911} = 7.15$$

Sehingga persamaan regresi adalah $y = 7.15x + 25.7$

$$3. \quad JKT = y^2 = (\sum y^2) - \frac{(\sum y)^2}{n} = 32150 - 31809.6 = 340.4$$

$$4. \quad JKR = b \left[\sum(x,y) - \frac{(\sum x \sum y)}{n} \right] = 7.15 \times \left(2504.962 - \frac{(24629.88)}{10} \right) = 300.1$$

$$5. \quad JKS = JKT - JKR = 340.4 - 300.1 = 40.3$$

$$6. \quad KTR = JKR / p - 1 = 300.1 / 1 = 300.1$$

$$7. \quad KTS = JKS / n - p = 40.3 / 8 = 5.03$$

$$8. \quad F_{hitung} = KTR / KTS = 300.1 / 5.03 = 59.66$$

9. Ftabel dengan dk pembilang 1 dan dk penyebut 8 pada $\alpha = 1\%$ didapatkan harga 11.26

$$10. \quad \text{Koefisien determinasi } r^2 = \frac{JKR}{JKT} = \frac{300.1}{340.4} = 0.881$$

$$11. \quad \text{Koefisien korelasi } r = \sqrt{\frac{JKR}{JKT}} = \sqrt{\frac{300.1}{340.4}} = 0.938$$

Lampiran 4

Perhitungan Ralat Standart Deviasi dari analisa data pada tabel 4.3-4.8

1. Ralat dari hasil pengukuran frekuensi pada jaringan GSM

$$\bar{f} = 904,62$$

$$\Sigma \delta^2 = \Sigma (f - \bar{f})^2 = 5,68$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak} = \Delta(f) &= \sqrt{\frac{\Sigma \delta^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{5,68}{90}} \\ &= \sqrt{0,50} = 0,25 \end{aligned}$$

$$KR = \frac{\Delta f}{f} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan Relatif} &= \frac{0,25}{904,62} \times 100\% \\ &= 0,027\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} = K_s &= 100\% - K_r \\ &= 100\% - 0,027\% \\ &= 99,97\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Hp &= (N \pm \bar{f}) \\ &= (0,25 \pm 904,62) \end{aligned}$$

2. Ralat dari hasil pengukuran amplitudo pada jaringan GSM

$$|\bar{E}_0| = 46$$

$$\Sigma \delta^2 = \Sigma (E_n - \bar{E}_0)^2 = 302$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak} = \Delta(E_0) &= \sqrt{\frac{\Sigma \delta^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{302}{90}} \\ &= \sqrt{3,355} = 1,83 \end{aligned}$$

$$KR = \frac{\Delta E_0}{E_0} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan Relatif} &= \frac{1,83}{46} \times 100\% \\ &= 0,039\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} &= Ks = 100\% - Kr \\ &= 100\% - 0.039\% \\ &= 99.96\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Hp &= (\Delta E_0 \pm \bar{E}_0) \\ &= (1.83 \pm 46) \end{aligned}$$

3. Ralat dari hasil pengukuran daya pada jaringan GSM

$$\bar{P} = 2.848$$

$$\Sigma \delta^2 = \Sigma (P_0 - \bar{P}_0)^2 = 4.05195$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak} &= \Delta(P_0) = \sqrt{\left(\frac{\partial P}{\partial E_0}\right)^2 (\Delta E_0)^2} = \sqrt{(2.6 \times 10^{-3} \times 46)^2 (1.83)^2} \\ &= \sqrt{0.0499} = 0.22 \end{aligned}$$

$$KR = \frac{\Delta P_0}{P_0} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan Relatif} &= \frac{0.22}{2.848} \times 100\% \\ &= 7.87\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} &= Ks = 100\% - Kr \\ &= 100\% - 7.87\% \\ &= 92.5\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Hp &= (\Delta P_0 \pm \bar{P}_0) \\ &= (0.22 \pm 2.848) \end{aligned}$$

4. Ralat dari hasil pengukuran frekuensi pada jaringan CDMA

$$\bar{f} = 904.68$$

$$\Sigma \delta^2 = \Sigma (f - \bar{f})^2 = 5.78$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak} &= \Delta(f) = \sqrt{\frac{\Sigma \delta^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{5.78}{90}} \\ &= \sqrt{0.0642} = 0.25 \end{aligned}$$

$$KR = \frac{\Delta f}{f} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan Relatif} &= \frac{0.25}{904.68} \times 100\% \\ &= 0.028\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} = K_s &= 100\% - K_r \\ &= 100\% - 0.028\% \\ &= 99.97\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Hp &= (\Delta f \pm f) \\ &= (0.25 \pm 904.68) \end{aligned}$$

5. Ralat dari hasil pengukuran amplitudo pada CDMA

$$|\bar{E}_0| = 56.4$$

$$\Sigma \delta^2 = \Sigma (E_0 - \bar{E}_0)^2 = 340.4$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak} = \Delta(E_0) &= \sqrt{\frac{\Sigma \delta^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{340.4}{90}} \\ &= \sqrt{3.78} = 1.94 \end{aligned}$$

$$KR = \frac{\Delta E_0}{E_0} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan Relatif} &= \frac{1.94}{56.4} \times 100\% \\ &= 0.034\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} = K_s &= 100\% - K_r \\ &= 100\% - 0.034\% \\ &= 99.96\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Hp &= (\Delta E_0 \pm \bar{E}_0) \\ &= (1.94 \pm 56.4) \end{aligned}$$

6. Ralat dari hasil pengukuran daya pada CDMA

$$\bar{P} = 4.26$$

$$\Sigma \delta^2 = \Sigma (P_i - \bar{P}_0)^2 = 6.5948$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak} &= \Delta(P_0) = \sqrt{\left(\frac{\partial P}{\partial E_0}\right)^2 (\Delta E_0)^2} = \sqrt{0.0219 \times (1.94)^2} \\ &= \sqrt{0.0843} = 0.29 \end{aligned}$$

$$KR = \frac{\Delta P_0}{P_0} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan Relatif} &= \frac{0.29}{4.26} \times 100\% \\ &= 6.81\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} = Ks &= 100\% - Kr \\ &= 100\% - 6.81\% \\ &= 93.1\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Hp &= (\Delta P_0 \pm \bar{P}_0) \\ &= (0.29 \pm 4.26) \end{aligned}$$

Lampiran 5

Perhitungan gelombang elektromagnetik telepon selular pada jaringan GSM dan CDMA. Dari tabel 4.1-4.9 dapat diketahui besar frekuensi, amplitudo adalah sebagai berikut:

$$\bar{E}(CDMA) = 46, \bar{E}(GSM) = 56,4$$

$$f(GSM) = f(CDMA) = 904,6 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3,14 \times 904,6 \cdot 10^6 = 5,68 \cdot 10^9 \text{ rad}$$

$$k = \frac{\omega}{c} = \frac{5,68 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^8} = 18,93$$

sehingga persamaan gelombang elektromagnetiknya sebagai berikut:

$$1. \bar{E}(x,t) = 46e^{i(18,93x - 5,68 \cdot 10^9 t)}$$

$$2. \bar{E}(x,t) = 56,4e^{i(18,93x - 5,68 \cdot 10^9 t)}$$

SURAT - KETERANGAN

NO.Tel. 08 /PD620/RES-600-04/2005

Yang bertanda tangan di bawah ini kami selaku Manager Area Unit Pengelola Network Area (UPNA) Jember PT.TELEKOMUNIKASI INDONESIA Tbk., dengan ini menerangkan bahwa :

N A M A : **Linda Agustina**

NIM : **010210102144**

FAKULTAS : **KIP**

JURUSAN : **P. MIPA**

PROGRAM : **P. FISIKA**

NAMA INSTITUSI : UNEJ JEMBER

Telah melaksanakan Penelitian di PT.TELKOM Unit Pengelola Network Area (UPNA) Jember. Pada bulan November - Desember 2005.

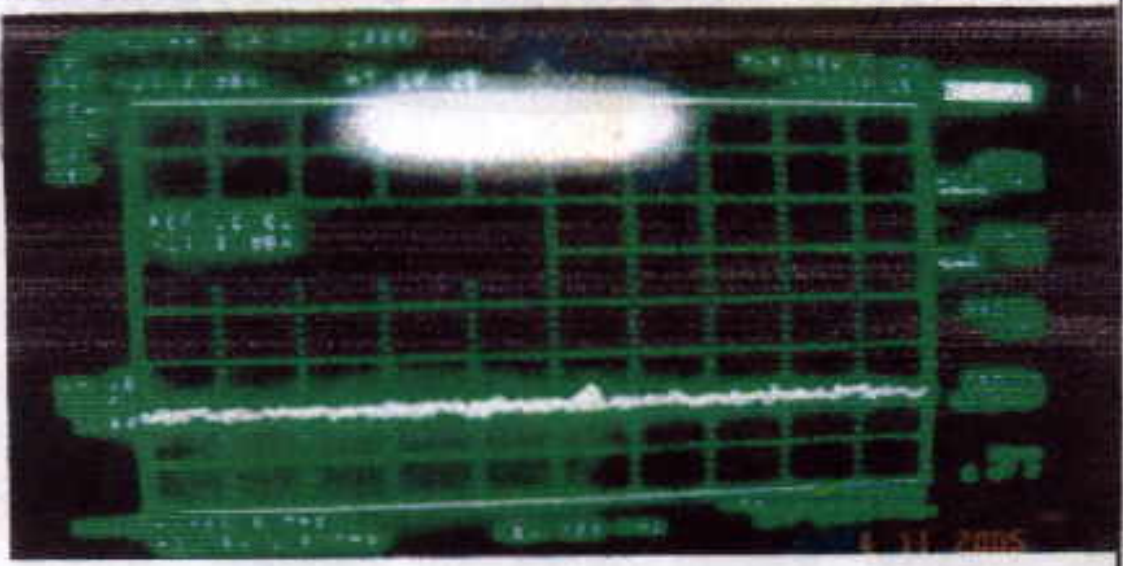
Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jember, Januari 2006

Poh. MANAGER AREA NETWORK JEMBER


SUDARMADJI

Committed 2 U









LEMBAR REVISI SKRIPSI

Nama : Linda Agustina
 Nim : 010210102144
 Judul skripsi : Analisis Gelombang Elektromagnet Telepon Selular pada Sistem Jaringan GSM dan CDMA.
 Tanggal ujian : 18 Februari 2006
 Pembimbing : 1. Dra. Sri Astutik, M.Si.
 2. Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si.

Materi pembetulan / perbaikan

No	Halaman	Hal-hal yang harus diperbaiki
1		Abstrak
2		Tata tulis
3		Lampiran Perhitungan
4		Analisa Data
5		
6		
7		
8		
9		

Persetujuan tim penguji

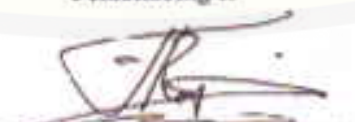
Jabatan	Nama tim penguji	Tanda tangan dan tanggal
Ketua	Drs. I.K. Mahandika, M.Si	 1/3 '06
Sekretaris	Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si	 1/3 - 2006
Anggota	1. Dra. Sri Astutik, M.Si.	 1/3 - 2006
	2. Drs. Sri Handono, M.Si.	 1/3 - 2006

Jember, 28P Februari 2006

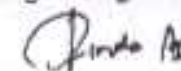
Pembimbing I


 Dra. Sri Astutik, M.Si
 NIP.131 993 440

Pembimbing II


 Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si
 NIP. 131 660 798

Mahasiswa yang bersangkutan


 Linda Agustina
 010210102144

Mengerahui,
 Ketua Jurusan P.MIPA

Drs. Singih Baktiarno, M.Pd
 NIP. 131 577 294

