

24529/H/06



# KINERJA *SYNCHRONOUS* OPTICAL CDMA DENGAN KODE PRIMA TERMODIFIKASI

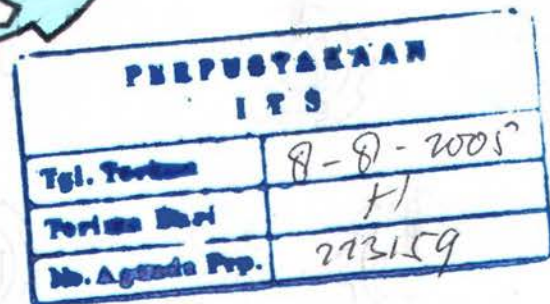
Oleh :

Hapsari Peni  
NRP : 2201 203 012

RTE  
621.384 56  
Pen  
k-1  

---

2005



**PROGRAM STUDI MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN TELEKOMUNIKASI MULTIMEDIA  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2005**

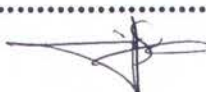

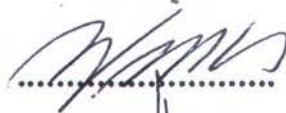
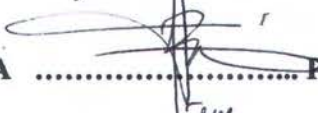
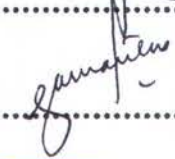



# Kinerja Synchronous Optical CDMA Dengan Kode Prima Termodifikasi

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (MT)


di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:  
Hapsari Peni  
Nrp. 2201 203 012

Tanggal Ujian: 23 Juli 2005  
Periode Wisuda : September 2005

1. Ir. Hang Suharto, MSc ..... Pembimbing I  
NIP : 130 520 753  

2. Ir. Titiek Suryani, MT ..... Pembimbing II  
NIP : 131 841 930  

3. Dr. Ir Wirawan, DEA ..... Penguji  
NIP: 131 842 501  

4. Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA ..... Penguji  
NIP : 131 879 394  

5. Dr. Ir. Gamantyo H ..... Penguji  
NIP : 132 053 513  

6. Ir. Achmad Ansori, DEA ..... Penguji  
NIP: 131 855 878  

7. Ir. Endroyono, DEA ..... Penguji  
NIP : 131 943 644  

8. Ir. Suwadi, MT ..... Penguji  
NIP : 132 053 513  


Direktur Program Pasca Sarjana

  
Prof. Ir. Happy Ratna S. MSc, Phd  
NIP 130541823



## Kinerja Synchronous Optical CDMA

dengan Kode Prima Termodifikasi

Nama mahasiswa : Hapsari Peni  
NRP : 22031 203 012  
Pembimbing : Ir. Hang Soeharto, M.Sc  
Co – Pembimbing : Ir. Titiek Suryani, M.T

### Abstrak

Keandalan sistem spread spektrum akses jamak tergantung pada karakteristik kode-kode yang digunakan. CDMA Optik (*Optical Code-division Multiple-Access*) merupakan salah satu penerapan spread spektrum pada media serat optik. Unjuk kerja dari suatu sistem CDMA Optik ditentukan oleh karakteristik dari kode penebar (*spreading code*), dengan mengevaluasi kinerja CDMA Optik yang memanfaatkan kode penebar yang terpilih. Karakteristik dari kode penebar ditentukan oleh sifat-sifat dari kode-kode yang digunakan seperti sifat korelasi sendiri, korelasi silang dan spektrum kerapatan daya. Hal itu dipenuhi oleh kode prima modifikasi sehingga diperoleh sistem dengan performansi yang bagus.

Kode - kode prima dan prima modifikasi dapat diterapkan pada O-CDMA mampu mencapai nilai BER  $10^{-4}$  pada nilai Eb/No 10 dB untuk 2 pengguna dan terus menurun sampai dengan BER  $10^{-2}$  bila jumlah pengguna bertambah menjadi 4 pengguna untuk panjang kode penebar 49.

Kata Kunci: CDMA Optik, BER, kode prima termodifikasi.

# The Performance of Synchronous Optical CDMA

## Using Modified Prime Code

**By** : Hapsari Peni  
**NRP** : 2201 203 012  
**Supervisors** : Ir. Hang Soeharto, M.Sc  
**Co – Supervisors** : Ir. Titiek Suryani, M.T

### Abstract

The BER performance of optical CDMA depends on the character of spreading code that use on systems. Optical CDMA is one of systems that use spread spectrum technologies which applied on fiber optic. The BER performance of optical CDMA system evaluated by choosing the spreading code that had good performance characterized by autocorrelation, cross correlation and power spectral densities. Modified prime code is one of the spreading code that chosen the best with good performance.

Prime code and modified prime code that use on Optical CDMA could achieve BER  $10^{-4}$  for  $B_e/N_0$  10 dB using two user and decrease with the change of user summation for the length of spreading code 49.

**Keywords:** Optical CDMA, BER performance, modified prime code.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, saya panjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya hingga selesainya kegiatan penelitian ini dengan judul “ Kinerja Synchronous Optical CDMA dengan Kode Prima Termodifikasi .”

Buku tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik Program Pasca Sarjana, program studi Teknik Elektro, bidang keahlian Telekomunikasi Multi media, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini saya sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada

1. Ir. Hang Soeharto, M.Sc dan Ir. Titiek Suryani, MT selaku dosen pembimbing yang memberikan pengarahan selama kegiatan penelitian berlangsung.
2. Bapak dan Ibu Dosen S2 yang telah banyak membantu baik langsung atau tidak langsung selama kegiatan penelitian ini berlangsung.
3. Ibu Rosdiana ST, MT yang banyak memberikan sumbangan moral dan material.
4. Rekan-rekan S2 TELKOM ITS atas dukungannya sampai penyusunan tesis ini selesai.
5. Ayah dan Ibu tercinta atas pengertian dan dukungannya sampai penyusunan tesis ini selesai.

Surabaya, Juli 2005

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan dan Relevansi .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1 Konsep CDMA Optik .....	5
2.2 Spread Spektrum .....	6
2.3 Teknik Pembangkitan Spreading Code .....	6
2.3.1 Sifat – sifat Kode Penebar .....	7
2.3.1.1 Konfigurasi Pembangkitan Kode Linear .....	8
2.3.2 Kode Ortogonal .....	9
2.3.2.2 Kode Prima Modifikasi .....	11

2.3.3 Parameter dari Spreading Kode .....	13
2.3.3.1 Fungsi Korelasi .....	13
2.3.3.2 Kerapatan Spektrum Daya .....	15
2.4 Enkoder Dekoder CDMA Optik	
2.4.1 Spektral Enkoding .....	17
2.4.2 Fiber Optik Delay Line .....	18
2.4.3 Ladder Encoder Decoder .....	18
2.5 Derau Kanal.....	18
2.5.1 Additive White Gaussian Noise (AWGN) .....	19
2.5.2 Gaussian Optik.....	19
2.5.3 Sistem Menggunakan Kode Prima Termodifikasi.....	21
2.6 Distorsi Sinyal Dalam Pandu Gelombang Optik.....	21
2.6.1 Dispersi Material .....	21
2.6.2 Dispersi Pandu Gelombang .....	21
2.7. Teknik Modulasi Pada CDMA Optik .....	23
2.7.1 Modulasi Digital.....	24
2.7.2 Amplitudo Shift Keying .....	24
2.7.3 Phase Shift Keying .....	25
2.7.4 Frequency Shift Keying.....	27

### **BAB III PEMODELAN DAN ALGORITMA SISTEM**

3.1 Pemodelan dan Algoritma Pembangkitan Kode Penebar.....	31
3.1.1 Pembangkitan Kode Prima .....	31
3.1.2 Pembangkitan Kode Prima Termodifikasi.....	35
3.2 Pengujian Kode-kode Sebagai Kode Penebar.....	39

3.2.1	Pemodelan Fungsi Korelasi Sendiri.....	40
3.2.2	Pemodelan Fungsi Korelasi Silang .....	41
3.2.3	Pemodelan Fungsi Power Spectral Density.....	40
3.3	Pemodelan dan Algoritma Sistem CDMA Optik.....	46
 <b>BAB IV DATA DAN ANALISA</b>		
4.1	Data hasil Simulasi .....	51
4.1.1	Perbandingan Fungsi Korelasi Sendiri dan Fungsi Korelasi Silang...52	
4.1.2	Evaluasi Fungsi Kerapatan Daya.....	51
4.2	Penerapan Kode Sebagai Kode Penebar pada OCDMA.....	59
4.3	Noise Gaussian.....	64
4.4	Demodulator ASK .....	65
4.5	Perbandingan BER terhadap $E_b/N_0$ pada Single User Receiver untuk Dua pengguna dan Empat Pengguna Untuk Masing-Masing Kode.....	66
4.6	Perbandingan BER terhadap $E_b/N_0$ pada Single User Receiver Masing-Masing Kode terhadap hasil perhitungan rumus teoritis.....	67
 <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan.....	71
5.2	Saran.....	71
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>72</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>74</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Komunikasi Serat Optik dengan CDMA Optik Encoder dan Decoder .....	5
Gambar 2.2	Pembangkitan Kode Linier .....	8
Gambar 2.3	Pembangkitan Kode Linier Register Geser .....	9
Gambar 2.4	Fungsi Korelasi sendiri kode PN sebagai kode penebar .....	14
Gambar 2.5	Spectral Encoding.....	17
Gambar 2.6	(a) Sinyal Pemodulasi Biner (b) Sinyal ASK .....	25
Gambar 2.7	(a) Sinyal Pemodulasi (b) Spektrum Pemodulasi ( c ) Spektrum Sinyal ASK .....	26
Gambar 2.8	(a) Sinyal Pemodulasi Biner (b) Sinyal PSK .....	27
Gambar 2.9	(a) Sinyal Pemodulasi Biner (b) Sinyal ASK .....	28
Gambar 3.1	Diagram sistem evaluasi kode prima dan kode prima modifikasi.....	30
Gambar 3.2	Pemodelan system CDMA Optik.....	30
Gambar 3.3	Diagram alir pembangkitan kode prima.....	34
Gambar 3.4	Diagram alir pembangkitan kode prima modifikasi.....	37
Gambar 3.5	Diagram alir pembangkitan kode prima modifikasi (lanjutan ).....	38
Gambar 3.6	Algoritma fungsi korelasi silang.....	40
Gambar 3.7	Diagram Alir Fungsi PSD.....	42
Gambar 3.8	Auto korelasi kode prima modifikasi C45.....	43
Gambar 3.9	Auto korelasi kode prima modifikasi C31.....	43
Gambar 3.10	Korelasi silang kode prima modifikasi C45 dan C31.....	44

Gambar 3.11	Hasil pengujian PSD kode prima termodifikasi.....	45
Gambar 3.12	Hasil pengujian PSD kode prima modifikasi.....	45
Gambar 3.13	Diagram alir pemodelan CDMA Optik .....	47
Gambar 3.14	Sinyal hasil modulasi ASK biner.....	48
Gambar 3.15	Respon impuls kanal optic .....	49
Gambar 3.16	Respon impuls filter filter raised cosine.....	49
Gambar 3.17	Respon frekuensi filter raised cosine.....	50
Gambar 3.18	Sinyal masukan dan keluaran filter raised cosine.....	50
Gambar 4.1	Fungsi korelasi sendiri kode prima N=49 untuk C4.....	53
Gambar 4.2	Fungsi korelasi sendiri kode prima N=49 untuk C6.....	53
Gambar 4.3	Fungsi korelasi silang kode prima N=49 untuk C4 dan C6 .....	55
Gambar 4.4	Fungsi otokorelasi kode prima modifikasi N=49 untuk C45 .....	56
Gambar 4.5	Fungsi otokorelasi kode prima modifikasi N=49 untuk C31.....	56
Gambar 4.6	Fungsi korelasi silang kode prima N=49 untuk C45 dan C31.....	57
Gambar 4.7	Fungsi korelasi silang kode prima N=49 untuk C61 dan C63 .....	58
Gambar 4.8	Spektrum Kerapatan Daya pengguna 1 dengan kode penebar C4....	59
Gambar 4.9	Spektrum Kerapatan Daya pengguna 1 dengan kode penebar C45....	60
Gambar 4.10	Data informasi awal.....	61
Gambar 4.11	Spektrum data informasi.....	61
Gambar 4.12	Sinyal Hasil Spreading.....	62
Gambar 4.13	Spektrum data spreading.....	63
Gambar 4.14	Bit sinyal setelah modulasi.....	64
Gambar 4.15	Sinyal Noise Gaussian .....	65
Gambar 4.16	Spektrum sinyal hasil dispreading.....	66

Gambar 4.18 Grafik perbandingan BER terhadap Eb/No pada kedua jenis kode...	67
Gambar 4.19 Grafik perbandingan BER terhadap Eb/No.....	70

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sekuen kode prima dengan $p=5$ merupakan fungsi dari $GF(p)$ .....	11
Tabel 2.2	Sekuen kode signatur menggunakan kode prima modifikasi.....	12
Tabel 2.3	Sekuen kode signatur menggunakan kode prima modifikasi (Lanjutan).....	13
Tabel 3.1	Kode Prima Modifikasi dengan $p=5$ .....	35
Tabel 3.2	Hasil pembangkitan kode prima untuk $p=5$ .....	39
Tabel 4.1	Fungsi Korelasi Sendiri Prime Code.....	52
Tabel 4.2	Fungsi Korelasi Silang Prime Code.....	54
Tabel 4.3	Fungsi Korelasi Sendiri Modified Prime Code Untuk Grup 0 dan 1.....	55
Tabel 4.4	Fungsi Korelasi Silang Modified-prime Code.....	57
Tabel 4.5	Perbandingan BER terhadap $E_b/N_0$ untuk 2 pengguna.....	67
Tabel 4.6	Perbandingan BER terhadap $E_b/N_0$ untuk 4 pengguna.....	67
Tabel 4.7	Perbandingan BER terhadap $E_b/N_0$ untuk 2 pengguna.....	69

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi telekomunikasi dan informasi telah mengalami kemajuan yang sangat pesat, hal ini ditandai dengan meningkatnya kebutuhan fasilitas dan jumlah pengguna. Meningkatnya kebutuhan pelayanan informasi dewasa ini menuntut terwujudnya sistem komunikasi yang handal terhadap terhadap interferensi, keamanan tinggi, bisa bekerja pada S/N yang rendah. Salah satu cara untuk memenuhinya adalah penggunaan teknologi spread spektrum.

Konsep *spreading* adalah dasar dari teknologi spread spektrum. *Spreading* dilakukan dengan mengalikan sebuah aliran bit informasi dengan sebuah kode *spreading*. Pada dasarnya keandalan sistem spread spektrum akses jamak tergantung pada karakteristik kode-kode yang digunakan. CDMA Optik (*Optical Code-division Multiple-Access*) merupakan salah satu penerapan spread spektrum pada media serat optik.

CDMA Optik mengadopsi system CDMA yang sangat populer beberapa tahun terakhir dalam jaringan komunikasi selular. Sama dengan CDMA, maka CDMA Optik merupakan salah satu teknik akses jamak yang megijinkan sejumlah pelanggan ditransmisikan secara simultan pada kanal transmisi tunggal dengan sekuen yang unik. Untuk melakukan evaluasi kinerja CDMA pada kanal frekuensi radio, sistem dibatasi dengan bandwidth yang sempit dan attenuasi yang sangat besar sehingga

menurunkan kinerja sistem. Dalam sistem komunikasi optik hal ini dapat diatasi dengan melakukan evaluasi kinerja CDMA menggunakan kanal optik sehingga dapat diperoleh kinerja sistem yang baik.

Saat ini kode prima ( *prime code* ) dan turunannya dianggap sebagai kode-kode yang cocok digunakan dalam aplikasi O-CDMA [Pham,2002]. Perlu mempelajari dan mengevaluasi karakteristik kode prima, dan kode prima modifikasi ( *modified prime code* ). Pada CDMA Optik sistem modulasi yang digunakan adalah sistem modulasi digital.

## 1.2 Permasalahan

Unjuk kerja dari suatu sistem CDMA Optik ditentukan oleh karakteristik dari kode penebar (*spreading code*), dengan mengevaluasi kinerja CDMA Optik yang memanfaatkan kode penebar yang terpilih. Karakteristik dari kode penebar ditentukan oleh sifat-sifat dari kode-kode yang digunakan seperti sifat korelasi sendiri , korelasi silang dan spektrum kerapatan daya sehingga diperoleh sistem dengan performansi yang bagus menggunakan bantuan simulasi MATLAB.

### **1.3 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini akan dibahas evaluasi karakteristik dari kode-kode yang digunakan sebagai kode penebar. Batasan masalah yang digunakan pada tesis ini adalah :

1. Kode yang digunakan sebagai kode penebar adalah kode prima, dan kode prima modifikasi.
2. Sistem CDMA Optik yang dipergunakan merupakan sel tunggal dengan noise gaussian pada optik.
3. Modulasi yang digunakan adalah modulasi ASK.
4. Sinkronisasi pada penerima dianggap sempurna.
5. Informasi yang dikirim diasumsikan tidak ada yang hilang dan delay tidak diperhitungkan.

### **1.4 Tujuan dan Relevansi**

Tujuan tesis ini adalah melakukan evaluasi kode prima, kode prima modifikasi dan penerapannya pada sistem CDMA Optik. Untuk mengetahui jenis dan metode pembangkitan kode yang digunakan sebagai kode penebar dan relevansinya dalam aplikasi tertentu, sehingga dapat diperoleh kode yang handal untuk merencanakan suatu sistem dengan performansi yang bagus. Serta diharapkan hasil yang telah dicapai tersebut akan digunakan untuk penelitian-penelitian berikutnya.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika pembahasan untuk tulisan tesis ini adalah seperti dibawah:

- BAB I** : Pendahuluan, yang berisi latar belakang masalah, permasalahan, batasan masalah, tujuan penulisan, sistematika pembahasan, serta relevansi.
- BAB II** : Dasar teori yang terdiri dari teori dasar sistem komunikasi optik, sistem modulasi yang digunakan dan teknik pembangkitan dari kode-kode yang digunakan sebagai kode penebar pada CDMA Optik.
- BAB III** : Pemodelan dan algoritma yang digunakan untuk simulasi pembangkitan kode yang digunakan sebagai kode penebar pada CDMA Optik.
- BAB IV** : Analisa dan evaluasi karakteristik dari kode yang digunakan sebagai kode penebar dan penerapannya pada sistem CDMA Optik.
- BAB V** : Penutup yang berisi kesimpulan dan saran.



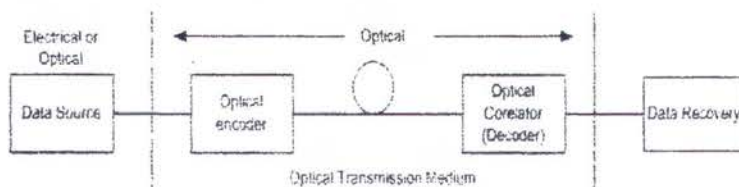
## BAB II

### DASAR TEORI

CDMA Optik merupakan pengembangan dari sistem CDMA yang sangat terkenal sebelumnya dalam jaringan komunikasi seluler. Sama dengan CDMA, CDMA Optik (*Optical Code Division Multiple Access*) merupakan salah satu teknik akses jamak yang mengijinkan sejumlah pelanggan ditransmisikan secara simultan pada kanal tunggal dengan sekuen yang unik. Dalam sistem komunikasi optik, evaluasi kinerja CDMA menggunakan kanal optik berdasarkan pada teknik spread spektrum.

#### 2.1 Konsep CDMA Optik

Sistem CDMA (*Code Division Multipple Access*) untuk optik secara umum terdiri dari *information data source*, diikuti oleh laser bila informasi masih dalam bentuk sinyal elektrik, dan sebuah encoder optik yang memetakan setiap bit informasi menjadi deretan optik berkecepatan tinggi. Selanjutnya dikopel melewati kanal optik, seperti pada gambar 2.1. Di sisi penerima, deretan pulsa optik akan dibandingkan dengan replika pulsa itu sendiri (proses korelasi) dan dengan level ambang pada *comparator* untuk *data recovery*.



Gambar 2.1 Sistem Komunikasi Serat Optik dengan CDMA Optik Encoder dan Decoder

Prinsip dari CDMA Optik berdasarkan pada teknik spread spektrum telah banyak digunakan dalam sistem komunikasi hanya saja teknik *spreading* atau *dispreading* -nya pada domain waktu. [ Salehi 1989 ]

## 2.2 Spread Spektrum

Spread spektrum dapat didefinisikan sebagai mekanisme pemrosesan sinyal yang memperlakukan sinyal transmisi dengan membuat bandwidthnya jauh lebih lebar dari sinyal informasi *baseband*. Penerima spread spektrum bekerja pada *bandwith* yang sangat lebar sehingga pengaruh jamming tidak cukup berarti untuk dipandang sebagai sumber interferensi pada sinyal transmisi yang diterimanya.

Secara praktis, penerima spread spektrum melakukan *despreading* energi sinyal terinterferensi dengan *bandwith* yang sangat lebar menjadi sinyal informasi *baseband* seperti sebelum dilakukan *spreading* pada ujung pemancar. Sebuah sistem spread spektrum, harus memenuhi kriteria, bahwa *bandwidth* harus lebih besar dari *bandwidth* sinyal informasi. [Rapaport,1995]

Hal ini penting dalam komunikasi spread spektrum, sebuah seni dalam melebarkan *bandwidth* sebuah sinyal, mentransmisikan sinyal yang diperlebar, dan mendapatkan kembali sinyal yang diinginkan dengan memetakan kembali spread spektrum yang diterima ke bandwidth informasi awal.

## 2.3 Teknik Pembangkitan Spreading Code

Teknik spread spektrum yang merupakan salah satu teknik yang dipakai untuk proses penebaran suatu data input yang di modulasi dengan sinyal informasi sehingga bandwidthnya menjadi lebih lebar.

Proses penebaran adalah suatu proses modulasi yang dilakukan dengan cara mengalikan antara data input dengan kode *Pseudo-Noise (PN)* yang biasa juga disebut sebagai *spreading code*. Hal ini dapat terwujud bila didapatkan suatu kode penebaran yang bagus pada setiap aplikasi suatu sistem CDMA Optik. Oleh karena itu banyak dikembangkan cara pembangkitan kode – kode PN.

### 2.3.1 Sifat - sifat Kode Penebar

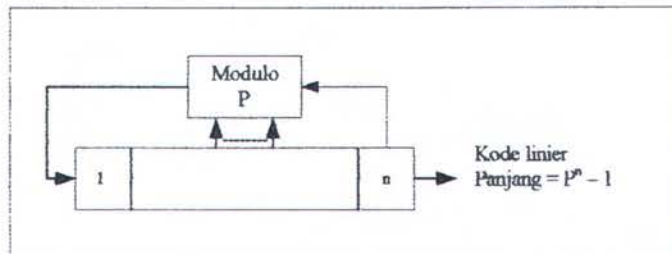
Pada sistem CDMA Optik, sinyal informasi pita sempit digandakan dengan sinyal pita lebar yang disebut sinyal penebar, dalam hal ini *pseudo-noise (PN)*. Sinyal penyebar ini adalah deretan kode linier maksimal.

Kode yang digunakan dalam sistem spread spektrum memiliki karakteristik, yaitu:

1. Melindungi dari interferensi. Pengkodean dapat memperbesar lebar pita sehingga *processing gain-nya* dapat mengatasi interferensi.
2. Meningkatkan kerahasiaan. Pengkodean melindungi informasi dari para penerima yang tidak diinginkan.
3. Panjang kode PN yang direncanakan. Setiap kode PN yang akan dibangkitkan harus memiliki panjang periode kode tertentu karena hal ini dapat menghindari ketidak-sinkronan pada bagian penerimanya.
4. Banyak kode PN yang dapat dibangkitkan. Menunjukkan jumlah kode yang dapat dibangkitkan suatu kode PN.
5. Status inisial register geser. Menunjukkan status awal dari suatu deretan yang sangat berpengaruh dari suatu pembangkitan kode PN.

Pada dasarnya setiap kode PN didapatkan dari pembangkitan kode linier. Untuk mengetahui prinsipnya maka perlu diketahui proses pembangkitannya seperti pada gambar 2.2 menunjukkan blok diagram pembangkit kode linier untuk register geser dengan tahap P. Dimana P adalah integer dan n adalah jumlah register geser.

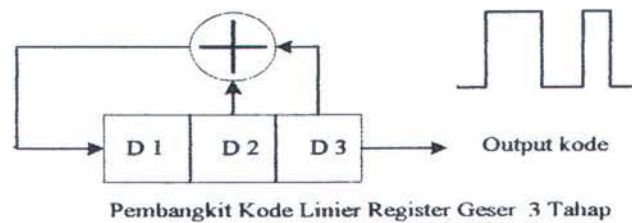
[Dixon 1995]



Gambar 2.2 Pembangkitan Kode Linier

### 2.3.1.1 Konfigurasi Pembangkitan Kode Linier

Teknik penerapan pembangkitan deretan kode PN masa kini yang paling umum menggunakan konfigurasi register geser. Gambar 2.6 menunjukkan bentuk umum dari sebuah pembangkit linier umpan balik register geser. Keluaran dari tahap tunda terakhir  $D_n$  (dalam hal ini  $n = 3$ ) dan tahap tengah  $D_2$  ditambah secara modulo-2 dan hasilnya diumpanbalikkan ke input dari elemen tunda yang pertama  $D_1$ . Kode biner apapun dapat dinyatakan dengan polinomial, yang nilai pangkatnya sama dengan jumlah tahapan dalam register yang terbangkit. Bentuk polinomial, misalnya  $x$ ,  $x^2$ ,  $x^4$ , ...,  $x^n$ , menunjukkan tahapan dalam register, sedangkan koefisien 0 atau 1 menentukan tahapan mana yang termasuk dalam jaringan umpan balik (1 termasuk dalam deretan sebagai tahap  $x^0$ , dengan koefisien 1). Sebagai contoh,  $1 + x + x^2 + x^4 + x^7$  adalah pembangkit kode 7 tahap dengan umpan balik dari tahap 1, 2, 4 dan 7.



Gambar 2.3 Pembangkitan Kode Linier Register Geser

### 2.3.2 Kode Orthogonal

Kode orthogonal memiliki korelasi silang yang kecil. Kode ini sangat cocok dikategorikan dalam kelompok kode PN yang memiliki nilai korelasi silang yang kecil mendekati nol. Kode orthogonal ini memiliki sifat korelasi sendiri dan korelasi silang yang baik dalam sistem CDMA untuk optik. Kode – kode orthogonal ini sangat bagus diterapkan untuk sistem – sistem sinkronisasi seperti pada forward link komunikasi bergerak. Selain hal itu kode orthogonal dapat juga dipergunakan untuk modulasi simbol–simbol yang orthogonal. Pada modulasi simbol yang orthogonal, laju bit informasi dapat dibagi menjadi blok – blok sehingga setiap blok dapat mewakili sebuah gabungan simbol informasi non biner dengan sebuah deretan kode khusus yang dikirimkan.

Terdapat beberapa teknik pembangkitan kode–kode orthogonal ini. Teknik yang paling baik digunakan yaitu kode prima dan kode prima modifikasi dan orthogonal Poliphase :

#### 2.3.2.1 Kode Prima (Kode prima)

Kode Gold (*gold code*), secara umum memberikan nilai korelasi silang yang tinggi. Hal ini menjadikan kode gold kurang sesuai dipakai dalam sistem komunikasi

optik. Untuk itu diperlukan jenis kode lain yang nilai korelasi silangnya rendah. Salah satu yang memenuhi adalah kode prima.

Kode prima merupakan jenis kode unipolar, yakni kode yang memuat unsur positif saja (nol dan 1). Karena sifat unipolar, seperti halnya kode optik orthogonal, kode ini dalam pendeteksiannya menggunakan metode *direct detection* atau metode deteksi langsung.

Kode prima memiliki panjang (length)  $N=p^2$  dan  $K=p$ , diturunkan dari sekuen- sekuen prima dengan panjang  $p$  yang diperoleh dari fungsi GF (*galois field*).  $GF(p) = \{0,1,2,\dots,p-1\}$ , dimana  $p$  adalah angka prima (*prime number*). Mula- mula dibangkitkan dulu sekuen-sekuen prima, dimana setiap sekuen dengan elemen  $p$  didapat dari :

$$\{S_m^P : m = 0,1,2,\dots,p-1\}$$

Dengan setiap elemen :

$$S_m^P(j) = m \cdot j \pmod{p} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan  $m, j = 0,1,2,\dots,p-1$  Dari setiap sekuen, kemudian dipetakan menjadi kode-kode

biner  $C_m^P$  dengan panjang  $p^2$  yang memenuhi persamaan sebagai berikut :

$$C_m = \{c_m(i)\}_{i=0}^N \dots\dots\dots (2.2)$$

dan

$$c_m(i) \begin{cases} 1, & i = j * p + S_m^P(j), j = 0,1,\dots,p-1 \\ 0, & \text{yang lain} \end{cases} \dots\dots\dots (2.3)$$

Teori Kode prima ini memiliki fungsi korelasi silang dan korelasi sendiri sebagai berikut :

Korelasi Sendiri:

$$\left| \sum_{n=0}^{F-1} x_n x_{n+L} \right| = \begin{cases} K, & L = 0 \\ \lambda_a, & 1 \leq L \leq N-1 \end{cases} \dots\dots\dots(2.4)$$

Korelasi Silang:

$$\left| \sum_{n=0}^{N-1} x_n y_{n+L} \right| = \lambda_c \text{ untuk } 1 \leq L \leq N-1 \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana :

$K = p$  , bilangan prima dengan

$L$  adalah nilai pergeseran antara code sequence

$N$  adalah panjang kode yang dibangkitkan

$\lambda_a$  adalah korelasi sendiri

$\lambda_c$  adalah korelasi silang

$x_n, y_n = \text{unipolar } (0,1)$

Tabel 2.1 Sekuen kode prima dengan  $p=5$  merupakan fungsi dari  $GF(p)$

x	i 1234	Sequence	Code Sequence
0	00000	$S_0$	$C_0 = 10000 \ 10000 \ 10000 \ 10000 \ 10000$
1	01234	$S_1$	$C_1 = 10000 \ 01000 \ 00100 \ 00010 \ 00001$
2	02413	$S_2$	$C_2 = 10000 \ 00100 \ 00001 \ 01000 \ 00010$
3	03142	$S_3$	$C_3 = 10000 \ 00010 \ 01000 \ 00001 \ 00100$
4	04321	$S_4$	$C_0 = 10000 \ 00001 \ 00010 \ 00100 \ 01000$

### 2.3.2.2 Kode Prima Modifikasi

Sistem OCDMA synchronous dengan kanal berupa serat optik menggunakan sekuen primer modifikasi yang dengan panjang kode  $N=p^2$  diperoleh dari sekuen primer dengan panjang  $p$  dengan  $p$  adalah bilangan prima. Dimulai dengan

menentukan Galois field  $GF(p)=\{0,1,\dots,p-1\}$ . Setiap elemen  $S_{xj}$  sekuen prima  $S_x=(S_{x,0}, S_{x,1}, \dots, S_{x,(p-1)})$  dibentuk dengan mengkalikan setiap elemen  $GF(p)$  dengan  $x$ , dan melakukan reduksi menggunakan modulo  $p$ .  $S_i$  menunjukkan posisi bit 1 dalam sekuen. Setiap prime sekuen kemudian dilakukan map pada kode sekuen biner  $C_x=(C_{x,0}, C_{x,1}, \dots, C_{x,(p-1)})$  sesuai dengan [Oksa 1997]:

$$C_{xj} = \begin{cases} 1, \text{ untuk } i = S_{xj} + jp, j = 0, 1, \dots, p-1 \\ 0, \text{ untuk yang lain} \end{cases} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan melakukan putaran kiri sekuen prima diatas diperoleh kode prima modifikasi. Bila terdapat  $p$  kode sekuen prima dengan panjang  $p^2$  dengan  $p=5$  diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 2.2 Sekuen kode signatur menggunakan kode prima modifikasi

x	i 1234	Sequence	Code Sequence				
0	00000	$S_{00}$	$C_{00} = 10000$	10000	10000	10000	10000
	44444	$S_{01}$	$C_{01} = 00001$	00001	00001	00001	00001
	33333	$S_{02}$	$C_{02} = 00010$	00010	00010	00010	00010
	22222	$S_{03}$	$C_{03} = 00100$	00100	00100	00100	00100
	11111	$S_{04}$	$C_{04} = 01000$	01000	01000	01000	01000
1	01234	$S_{10}$	$C_{10} = 10000$	01000	00100	00010	00001
	12340	$S_{11}$	$C_{11} = 01000$	00100	00010	00001	10000
	23401	$S_{12}$	$C_{12} = 00100$	00010	00001	10000	01000
	34012	$S_{13}$	$C_{13} = 00010$	00001	10000	01000	00100
	40123	$S_{14}$	$C_{14} = 00001$	10000	01000	00100	00010
2	02413	$S_{20}$	$C_{20} = 10000$	00100	00001	01000	00010
	24130	$S_{21}$	$C_{21} = 00100$	00001	10000	00010	10000
	41302	$S_{22}$	$C_{22} = 00001$	10000	00010	10000	00100
	13024	$S_{23}$	$C_{23} = 01000$	00010	10000	01000	00001
	30421	$S_{24}$	$C_{24} = 00010$	10000	00001	00100	01000
3	03142	$S_{30}$	$C_{30} = 10000$	00010	01000	00001	00100
	31420	$S_{31}$	$C_{31} = 00010$	01000	00001	00100	10000
	14203	$S_{32}$	$C_{32} = 01000$	00001	00100	10000	00010
	42031	$S_{33}$	$C_{33} = 00001$	00100	10000	00010	01000
	20341	$S_{34}$	$C_{34} = 00100$	10000	00010	00001	10000



Tabel 2.3 Sekuen kode signatur menggunakan kode prima modifikasi (Lanjutan )

x	i 1234	Sequence	Code Sequence
4	04321	S <sub>40</sub>	C <sub>40</sub> = 10000 00001 00010 00100 01000
	43210	S <sub>41</sub>	C <sub>41</sub> = 00001 00010 00100 01000 10000
	32104	S <sub>42</sub>	C <sub>42</sub> = 00010 00100 01000 10000 00001
	21043	S <sub>43</sub>	C <sub>43</sub> = 00100 01000 10000 00001 00010
	10432	S <sub>44</sub>	C <sub>44</sub> = 01000 10000 00001 00010 00100

### 2.3.3 Parameter dari Spreading Code

Dalam merencanakan suatu kode penebar ditentukan dengan parameter-parameter tertentu untuk digunakan dalam suatu aplikasi sistem spread spektrum.

Parameter-parameter tersebut antara lain :

#### 2.3.3.1 Fungsi Korelasi

Suatu deret kode akan mempunyai sifat korelasi jika diketahui jenis kode, panjang kode, laju chip kode, dan struktur chip demi chip dari kode yang digunakan. Sifat yang sangat penting dalam perencanaan sistem komunikasi bergerak adalah fungsi korelasi sendiri dan sifat korelasi silang

##### 1. Fungsi korelasi sendiri

Fungsi yang menunjukkan ukuran kesamaan antara sebuah sinyal dan tiruannya yang phasenya digeser.

$$R_c(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T c(t)c(t + \tau)dt \dots\dots\dots(2.7)$$

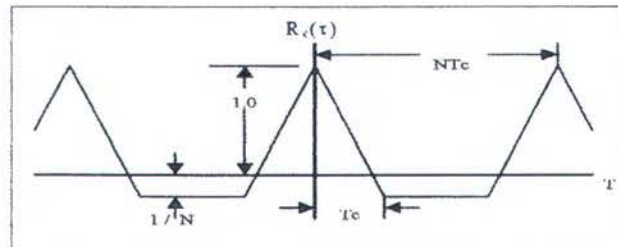
dengan :

R<sub>c</sub>( τ ) adalah nilai korelasi sendiri

T adalah panjang periode

C(t) adalah kode ke-t

Kemungkinan kesalahan sinkronisasi pada penerima dapat diperkecil dengan menggunakan parameter ini. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.4 fungsi korelasi sendiri.



Gambar 2.4 Fungsi Korelasi Sendiri Kode PN sebagai Kode Spreading

Pada gambar diatas terlihat bahwa sebuah kode PN yang bagus harus memiliki Index of Discriminant (ID) yang menunjukkan perbedaan dalam korelasi antara kode yang terkorelasi seluruhnya (tersinkronisasi secara sempurna) dan puncak dari korelasi sendiri atau korelasi silang yang minor. Kondisi ini dapat dilihat seperti pada gambar yaitu sebuah kode maksimal yang mempunyai nilai ID maksimal dan yang memiliki nilai ID tidak maksimal. Dalam daerah antara nol dan pergeseran chip  $\pm 1$ , korelasi bertambah secara linier sehingga fungsi autokorelasi untuk N deretan adalah segitiga. Bila harga ID suatu kode PN semakin tinggi berarti kode tersebut memiliki nilai autokorelasi semakin baik juga.

2. Fungsi korelasi silang adalah fungsi yang menunjukkan ukuran kesamaan antara dua deretan kode yang berbeda. Hal ini dapat dinyatakan dengan persamaan,

$$R_{cc}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T c(t)c(t+\tau)dt \dots\dots\dots(2.8)$$

Fungsi korelasi silang berguna dalam beberapa bidang seperti pada sistem CDMA Optik, yang mana tanggapan pada pihak penerima terhadap sinyal yang diterima dengan sinyal yang lainnya yang bukan pada alamat yang sesuai tidak diijinkan, demikian juga pada sistem anti jamming yang menerapkan kode dengan fungsi korelasi silang yang rendah.

Untuk mendapatkan kode PN yang bagus maka harus didapatkan kode yang memiliki nilai fungsi korelasi silang yang rendah atau mendekati nol hal ini dimaksudkan untuk menghindari interferensi antar kode-kode yang digunakan pada sistem CDMA Optik.

### 2.3.3.2 Kerapatan Spektrum Daya (Power Spektral Density/ PSD)

Kerapatan spektrum daya ini digunakan untuk mengetahui keandalan dari suatu sistem spread spektrum. Suatu spreading code dikatakan bagus jika memiliki nilai fungsi PSD yang kecil, hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya *interception* karena dengan rapat daya yang rendah maka sinyal spread spektrum tersebut sulit untuk dikenali dan dihentikan oleh pengguna lainnya yang tidak berkepentingan.

Hal ini dapat dianalisa dengan menggunakan Teori Wiener – Khintchine. Spektrum daya dari kode PN merupakan transformasi fourier dari fungsi korelasi sendiri  $R_c(\tau)$ . Spektrum power dapat ditentukan dari transformasi fourier seperti dibawah ini,

$$\Phi(f) = \int_{-\infty}^{\infty} \phi(\tau) e^{-j2\pi f\tau} dt \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan cara lain dapat dinyatakan bahwa spektrum daya dari transformasi fourier dari fungsi korelasi sendiri adalah sebagai berikut,

$$S_c(t) = F[R_c(\tau)] = \sum_{m=-x}^x P_m \delta(f - mf_0) \dots \dots \dots (2.10)$$

dimana untuk  $P_0 = 1/N^2$ ; nilai  $f_0 = \frac{1}{NT_c}$ ; N= panjang kode; Tc= time chip.

$$P_m = \left( \frac{N+1}{N_2} \right) \left( \frac{\sin\left(\frac{\pi m}{N}\right)}{\frac{\pi m}{N}} \right);$$

Sebagai contoh misalnya deretan maksimal c(t) digunakan untuk memodulasi ASK satu gelombang pembawa sinusoidal dengan daya sebesar P dan frekuensi  $f_p$ , maka hasil modulasinya ialah :

$$s(t) = \sqrt{2P}c(t) \cos 2\pi f_p t \dots \dots \dots (2.11)$$

Rapat Spektral Daya dari sinyal dari hasil perkalian konvolusi berikut :

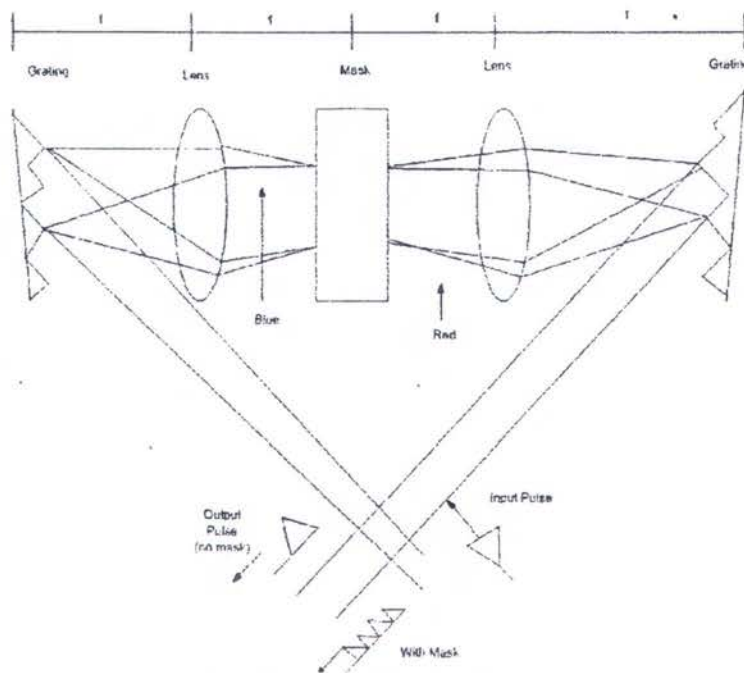
$$S_s(t) = S_c(f) \otimes \left[ \frac{P}{2} \{ \delta(f + f_p) + \delta(f - f_p) \} \right] \dots \dots \dots (2.12)$$

#### 2.4 Encoder-Decoder CDMA Optik

Pada sistem Serat Optik yang memanfaatkan CDMA sebagai teknik multipleks, bit-bit informasi sebelum dilewatkan kanal serat optik terlebih dahulu harus dikodekan dulu menjadi sekuen-sekuen optik berkecepatan tinggi. Di sisi penerima sekuen-sekuen tadi, setelah melalui proses korelasi, dikodekan lagi sehingga sama dengan informasi yang dikirim dari pemancar. Dengan begitu diperlukan pasangan encoder-decoder.

### 2.4.1 Spectral Encoding

Pengkodean dengan metode *spectral encoding* secara praktis dapat dilihat pada gambar 2.5 Pulsa ultra pendek yang mewakili 1 bit informasi diarahkan pada *encoder optic*, yang terdiri dari sepasang kisi difraksi yang ditempatkan pada pusat magnifikasi, dan sepasang lensa konfokal, kisi pertama menguraikan komponen-komponen spektrum menjadi beberapa bagian dengan revolusi tertentu.



Gambar 2.5 Spectral Encoding

Setelah melewati *phase mask*, komponen-komponen spektral akan dikumpulkan kembali oleh lensa, dan kisi optic kedua akan menjadi sinar dengan beam tunggal.

Untuk *spectral decoder*, prosesnya sama dengan apa yang terjadi pada *spectral encoder*, hanya saja kode fase spektral dari *encoder* (*encoder's spectral phase code*)

sehingga deretan pulsa akan dikodekan dengan baik bila *encoding mask* dan *decoding mask* merupakan pasangan konjugat kompleks. Dalam hal ini *spectral phase shift* akan diabaikan dan pulsa ultra pendek akan direkonstruksi kembali seperti aslinya.

#### **2.4.2 Fiber Optik Delay Line**

Merupakan salah satu jenis *encoder-decoder* serat optik yang dapat memetakan pulsa optik menjadi sekuen-sekuen optik tertentu. *Fiber optic delay line* ini sebenarnya merupakan serat optik biasa, yang dapat memberikan delay tertentu pada pulsa yang melewatinya.

Enkoder dari jenis *fiber optic delay line* ini dibuat dengan cara menggabungkan beberapa serat optik, yang memiliki delay berbeda, secara paralel.

#### **2.4.3 Ladder Encoder- Decoder**

*Ladder encoder-decoder* sama halnya dengan *delay line*, yang memanfaatkan serat sebagai media pengkodean. Sebuah serat dikopel dengan serat optik yang lain sehingga memberikan lintasan baru untuk pulsa yang dilewatkan. Lintasan baru ini dibedakan dengan fase yang berlainan, sehingga sekuen-sekuen pulsa yang terbentuk dapat memenuhi tipe kode yang dipakai. [Salehi 1989]

#### **2.5 Derau Kanal**

Pengertian derau selalu dikonotasikan sebagai sinyal yang selalu mengganggu sistem elektrik. Keberadaan derau pada sinyal listrik mempunyai kecenderungan merusak sinyal, sehingga mengganggu unjuk kerja sistem. Berdasarkan kemunculannya ada dua jenis derau yaitu muncul secara alami dan muncul karena dibangkitkan manusia.

### 2.5.1 Additive White Gaussian Noise (AWGN)

Derau ini dapat digambarkan sebagai proses acak terdistribusi Gaussian dengan rata-rata nol. Proses acak Gaussian  $n(t)$  merupakan fungsi acak dengan harga  $n$ , pada saat tertentu  $t$ , dikarakteristikan secara statistik dengan fungsi rapat probabilitas (pdf : probability density function) Gaussian sebagai berikut :

$$P_x(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x}{\sigma}\right)^2\right] \dots\dots\dots (2.13)$$

Dari nilai pdf Gaussian yang telah didapatkan pada  $x = 0$  nilai pdf yang diperoleh nilai tertinggi hal ini menunjukkan rata-rata pada proses acak ini adalah nol.

### 2.5.2 Gaussian Optik

Pada sistem CDMA Optik menggunakan kanal optik, sehingga tidak menggunakan distribusi normal tetapi tergantung dari nilai  $I_0$ ,  $I_1$ , dan  $\sigma$  [Agrawal 1992]. Fungsi rapat probabilitas dari kondisi  $\sigma$  adalah pada persamaan berikut :

$$p(0/1) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{I_1 - I_D}{\sigma_1 \sqrt{2}}\right) \dots\dots\dots (2.14)$$

$$p(1/0) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{I_0 - I_D}{\sigma_0 \sqrt{2}}\right) \dots\dots\dots (2.15)$$

$$\text{dengan } I_{th} = \frac{\sigma_0 I_1 + \sigma_1 I_0}{\sigma_0 + \sigma_1} \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana  $I_0$  dan  $I_1$  merupakan fluktuasi dari bit-bit sinyal yang dibangkitkan dan  $I_D$  merupakan treshold dari  $I_0$  dan  $I_1$ . Nilai  $I_D$  akan 1 jika  $I > I_{th}$  dan bit 0 jika  $I < I_{th}$ .  $\sigma_0$  dan  $\sigma_1$  merupakan varian atau daya dari  $I_0$  dan  $I_1$ . Untuk nilai  $\sigma_0$  dan  $\sigma_1$  sama maka,

$$I_{th} = (I_1 + I_0) / 2 \dots\dots\dots (2.17)$$

Untuk menghitung harga probabilitas kesalahan suatu sistem dapat diturunkan dari jenis modulasi yang dipergunakan, misalkan untuk modulasi ASK, sinyal dilewatkan pada kanal Gaussian untuk optik adalah :

$$P_e = Q \left[ \sqrt{\frac{E_b}{2N_o}} \right] \dots\dots\dots(2.18)$$

dimana  $E_b$  adalah energi per bit dan  $N_o$  adalah derau, atau  $P_e$  lebih dikenal dengan fungsi kesalahan (error function) atau  $erfc$ , maka

$$erfc(y) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_y^{\infty} \exp(-z^2) dz \dots\dots\dots(2.19)$$

**2.5.3 Sistem Menggunakan Kode Prima Termodifikasi**

Nilai BER untuk sistem menggunakan kode prima termodifikasi dapat dievaluasi menggunakan persamaan (2.16) sehingga menghasilkan persamaan berikut [Pham,2002 ]:

$$BER = \frac{1}{2} erfc \left[ \frac{i_1 - i_0}{\sqrt{2(\sigma_1 + \sigma_2)}} \right] \dots\dots\dots (2.20)$$

Dengan nilai  $i_1$ ,  $i_0$ ,  $\sigma_1$  dan  $\sigma_0$  adalah sebagai berikut

$$i_0 = (K - 1) \frac{RP_s}{S} \frac{p}{2(p+1)} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$i_1 = \frac{RP_s p}{S} + (K - 1) \frac{RP_s}{S} \frac{p}{2(p+1)} \dots\dots\dots(2.22)$$

Nilai  $\sigma_1 = \sigma_0 = \sigma$  sehingga

$$\sigma^2 = (K - 1) \left( \frac{RP_s p}{S} \right)^2 \frac{p(p+2)}{4(p+1)^2} + 2qB \frac{RP_s p}{S} \left[ 1 + \frac{K-1}{2(p+1)} \right] + 2qB + \frac{4kTB}{R} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dengan

R adalah responsivitas PIN



T = suhu

K = jumlah pengguna

p = panjang kode penebar

Ps = daya sinyal

B = lebar pita.



## 2.6 Distorsi sinyal dalam pandu gelombang optik

Sinyal optik selama merambat pada serat optik akan mengalami distorsi. Distorsi yang terjadi merupakan konsekuensi dari adanya dispersi intramodal dan dispersi intermodal. Efek distorsi yang terjadi disebabkan oleh moda yang merambat dalam serat optik memiliki kecepatan grup yang berbeda. Dispersi intra modal atau dispersi kromatik adalah pelebaran pulsa dalam serat optik moda tunggal. Dispersi ini terjadi karena kecepatan grup moda yang merambat merupakan fungsi panjang gelombang, fenomena ini dikenal dengan group velocity dispersion (GVD). Dua hal penyebab intramodal dispersi adalah:

### 2.6.1 Dispersi material

Dispersi material, muncul dikarenakan indeks bias inti serat tidak tunggal melainkan sebagai fungsi panjang gelombang, sehingga sinyal merambat dengan kecepatan grup yang berbeda. Hal ini berakibat pada bentuk pulsa yang melebar. Dispersi material dinyatakan sebagai:

$$D_{material} = \frac{1}{c} \frac{\partial n_{1g}}{\partial \lambda} \frac{\partial \beta_2}{\partial \beta_1} \approx \frac{1}{c} \left( -\lambda \frac{\partial^2 n_1}{\partial \lambda^2} \right) \dots \dots \dots (2.24)$$

### 2.6.2 Dispersi pandu gelombang

Dispersi pandu gelombang, terjadi dikarenakan daya optik yang terpandu pada inti serat optik moda tunggal sekitar 80% sedang sisanya terpandu dalam kulit,

masalah muncul jika kemudian sinyal yang terpandu dalam kulit tersebut merambat lebih cepat dari pada sinyal yang terpandu pada inti. Tetapi dengan semakin berkembangnya teknologi bahan pembuat serat optik, biasanya dispersi pandu gelombang diabaikan pada serat optik moda jamak. Dispersi material dinyatakan sebagai:

$$D_{\text{pandugelombang}} = \frac{n_{1g}}{c} \frac{\partial}{\partial \lambda} \left( \frac{\partial \beta_2}{\partial \beta_1} \right) \dots\dots\dots (2.25)$$

Dispersi intermodal disebut dengan dispersi modal, muncul karena tundaan propagasi yang disebabkan karena moda merambat dengan propagasi moda yang berbeda. Dispersi modal serat optik berindeks bias tangga (*step index*) dinyatakan dengan:

$$D_{\text{modal}} = \frac{n_{1g}}{c} \Delta \dots\dots\dots (2.26)$$

sedang untuk serat optik berindeks bias tajak (*graded index*), dispersi intermodal dinyatakan dengan :

$$D_{\text{modal}} = \frac{n_{1g}}{c} \frac{\Delta^2}{8} \dots\dots\dots (2.27)$$

Respon kanal serat optik didefinisikan oleh dispersi serat, panjang serat dan spektrum sumber. Pada serat optik moda tunggal dengan panjang L dan dispersi intra modal  $D_{\text{intra}}$ , tundaan propagasi pada panjang gelombang  $\lambda$  adalah  $\tau_g(\lambda) = \tau_{g0} + (\lambda - \lambda_0) D_{\text{intra}} L$  dengan  $\tau_{g0}$  adalah tundaan propagasi pada panjang gelombang referen  $\lambda_0$ , jika normalisasi spektrum sumber adalah

$$\int g_s(\lambda - \lambda_0) d\lambda = 1 \dots\dots\dots (2.28)$$

maka kanal serat optik dapat dimodelkan dengan respon impuls berikut

$$h_{fiber}(t) = g_s \frac{t - \tau_{g0}}{D_{int.ra} L_s D_{int.ra} \Delta \lambda L_s} \dots \dots \dots (2.29)$$

Untuk LED atau dioda laser moda jamak, spektrum cahaya keluaran dimodelkan gaussian dengan

$$g_s(\lambda - \lambda_0) = \sqrt{\frac{2}{\pi \Delta \lambda^2}} e^{-(\lambda - \lambda_0)^2 / \Delta \lambda^2} \dots \dots \dots (2.30)$$

sehingga respon kanal untuk serat optik moda jamak dinyatakan oleh

$$h_{fiber}(t) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{1}{D_{int.ra} \Delta \lambda L_s} e^{-2(t - \tau_{g0})^2 / (\Delta \lambda)^2} \dots \dots \dots (2.31)$$

Untuk dioda laser moda tunggal spektrum keluarannya dimodelkan dengan spektrum Lorentzian yaitu

$$g_s(\lambda - \lambda_0) = \frac{2}{\pi \Delta \lambda} \frac{1}{1 + 4(\lambda - \lambda_0)^2 / \Delta \lambda^2} \dots \dots \dots (2.32)$$

sehingga respon kanal untuk serat optik moda tunggal dinyatakan dengan [Liu 1996]

$$h_{fiber}(t) = \frac{2}{\pi D_{int.ra} L \Delta \lambda} \frac{1}{1 + 4(t - \tau_{g0})^2 / (D_{int.ra} L \Delta \lambda)^2} \dots \dots \dots (2.33)$$

## 2.7 Teknik Modulasi pada CDMA Optik

Teknik pemodulasian pada sistem komunikasi serat optik dapat dilakukan dengan dua cara :

### 1. Modulasi Internal

Modulasi internal atau modulasi secara langsung dilakukan dengan jalan mengubah arus yang diinjeksikan ke sumber optik, sehingga intensitas cahaya yang keluar dari sumber optik sudah termodulasi. Proses modulasi internal pada

sumber optik ini adalah dengan mengoperasikan optik pada daerah liniernya, sehingga power output optik sebanding dengan level sinyal pemodulasi.

## 2. Modulasi eksternal

Modulasi eksternal dilakukan dengan cara memanfaatkan peralatan modulator yang dipasang di luar sumber optik.

Proses modulasi ini dilakukan pada berkas cahaya yang telah keluar dari sumber optik. Dalam sistem komunikasi CDMA Optik modulasi yang digunakan merupakan modulasi digital.

### 2.7.1 Modulasi Digital

Dalam teknik modulasi amplitude, fase dan frekuensi gelombang pembawa divariasi sesuai dengan sinyal informasi. Modulasi digital merupakan suatu proses modulasi dimana amplitude, fase dan frekuensi gelombang pembawa diubah sesuai dengan sinyal informasi digital. Secara garis besar modulasi pada sistem komunikasi digital dibedakan menurut parameternya, yaitu :

1. *Amplitude Shift Keying* (ASK)
2. *Phase Shift Keying* (PSK)
3. *Frequency Shift Keying* (FSK)

Dari ketiga teknik modulasi diatas modulasi ASK akan dijelaskan lebih terinci.

### 2.7.2 Amplitude Shift Keying (ASK)

*Amplitude shift keying* adalah salah satu bentuk pertama dari modulasi digital yang digunakan dalam radio telegraph pada awal abad ini. Modulasi ini adalah bentuk paling sederhana dari modulasi digital yang lain. Teknik modulasi ASK sama dengan modulasi *on off keying*, hanya saja jika OOK, sinyal yang dikirim dalam dua kondisi yaitu *on* dan *off*. Akan tetapi modulasi ASK merubah amplitudo gelombang

pembawa sesuai dengan sinyal informasi dengan level tertentu. Sehingga disebut juga *m-ary transmission* untuk *m*-level sinyal. [Proakis 1989]

Sinyal *amplitude shift keying* (ASK) dapat ditunjukkan oleh :

$$S(t) = A m(t) \cos 2\pi f_c t \dots \dots \dots (2.34)$$

dimana *A* adalah konstan, *m(t)* adalah sinyal data baseband unipolar, *f<sub>c</sub>* adalah frekuensi carrier dan *T* adalah durasi bit.

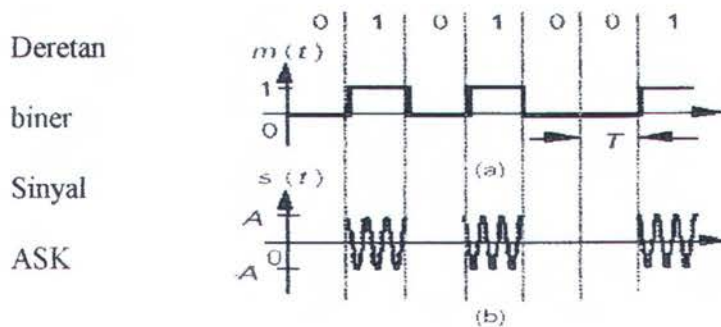
sehingga  $A = \sqrt{2P_{AV}}$ .

sinyal ASK biner dapat dituliskan sebagai berikut :

$$s(t) = \begin{cases} \sqrt{E_b} \phi_1(t) & \text{untuk simbol 1} \\ 0 & \text{untuk simbol 0} \end{cases} \dots \dots \dots (2.35)$$

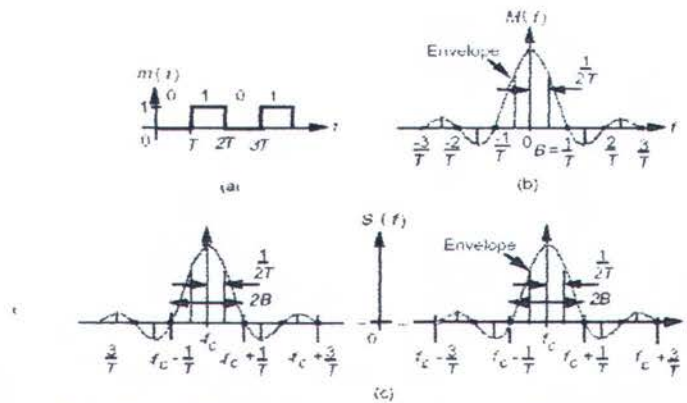
Untuk simbol 1,  $\int_0^T s_1(t) \cdot \phi_1(t) dt = \sqrt{E_b} \cdot \int_0^T \phi_1^2(t) dt = \sqrt{E_b}$

Untuk simbol 0,  $\int_0^T s_0(t) \cdot \phi_1(t) dt = 0$



Gambar 2.6(a) Sinyal Pemodulasi Biner. (b) Sinyal ASK

Gambar 2.7(a) merupakan sinyal pemodulasi atau sinyal informasi dengan deretan biner dari sinyal ASK. Sedangkan gambar 2.7(b) adalah spektrum pemodulasi merupakan hasil dari transformasi fourier dari sinyal informasi.



Gambar 2.7 (a) Sinyal Pemodulasi (b) Spektrum Pemodulasi dan (c) Spektrum Sinyal ASK

### 2.7.3 Phase Shift Keying (PSK)

Teknik modulasi ini memiliki dua simbol yang saling antipodal, sehingga data biner yang terdiri atas bit 0 setelah dimodulasi akan menjadi symbol "1" begitu juga untuk bit 1 keluaran dari modulasi menjadi symbol "-1". Apabila ditinjau dari fasenya, maka modulasi jenis PSK memiliki fase  $0^\circ$  dan  $180^\circ$ .

Sinyal *phase shift keying* (PSK) dapat ditunjukkan oleh :

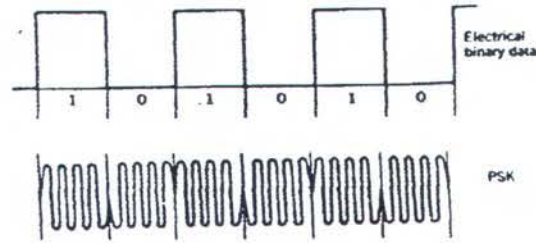
$$S(t) = A_m(t) \cos [\omega_0(t) + \Phi_i(t)] \dots \dots \dots (2.36)$$

dimana :

$$0 \leq t \leq T$$

$$i = 1, \dots, M$$

Untuk phase  $\Phi_i(t)$  akan mempunyai nilai sampai M.  $\Phi_i(t) = (2\pi i)/M$



Gambar 2.8 (a) Sinyal Pemodulasi Biner. (b) Sinyal PSK

Gambar 2.8(a) merupakan sinyal pemodulasi atau sinyal informasi dengan deretan biner dari sinyal PSK. Sedangkan gambar 2.8(b) adalah spektrum pemodulasi merupakan hasil dari transformasi fourier dari sinyal informasi.

#### 2.7.4 Frequency Shift Keying (FSK)

Teknik modulasi ini digunakan pada fiber optik yang koheren. Modulasi ini bekerja berdasarkan frekuensinya. Untuk frekuensi deviasi yang rendah biasanya digunakan untuk OFDM (Optical Frequency Division Multiplexing).

Sinyal *frequency shift keying* (FSK) dapat ditunjukkan oleh :

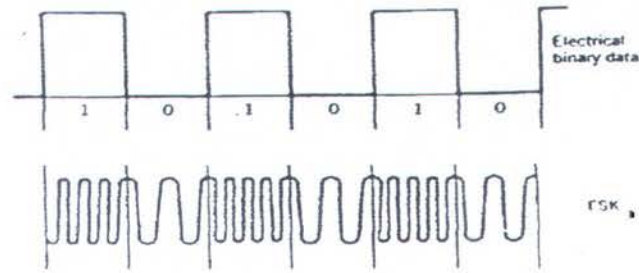
$$S(t) = A_m(t) \cos [\omega_i(t) + \Phi] \dots \dots \dots (2.37)$$

dengan :

$$0 \leq t \leq T$$

$$i = 1, \dots, M$$

Untuk  $\omega_i$  mempunyai nilai sampai M dan phase  $\Phi$  bernilai konstan. Sinyal FSK dapat dilihat pada gambar 2.10 dibawah ini :



Gambar 2.9 (a) Sinyal Pemodulasi Biner (b) Sinyal FSK

Gambar 2.10(a) merupakan sinyal pemodulasi atau sinyal informasi dengan deretan biner dari sinyal FSK. Sedangkan gambar 2.10(b) adalah spektrum pemodulasi merupakan hasil dari transformasi fourier dari sinyal informasi.



## BAB III

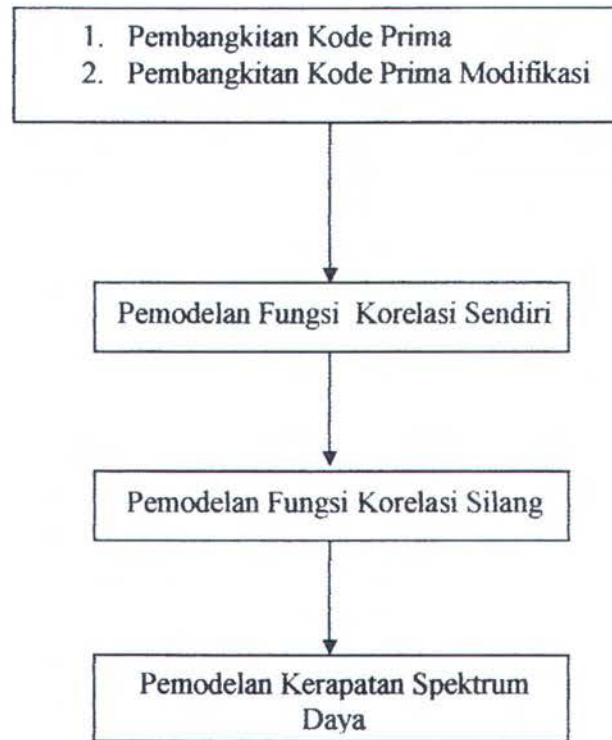
### PEMODELAN DAN ALGORITMA SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan pemodelan dan algoritma pembangkitan kode prima dan kode prima termodifikasi yang akan diterapkan pada sistem OCDMA menggunakan simulasi komputasi dan studi literature. Dalam memecahkan masalah yang telah dirumuskan, ada dua langkah besar yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

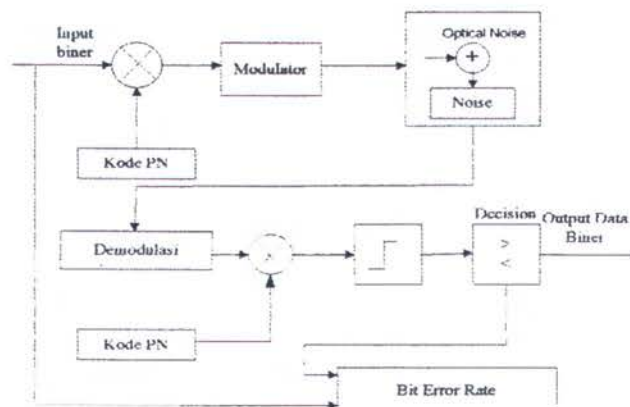
1. Pemodelan dan algoritma untuk pembangkitan kode prima dan kode prima modifikasi yang digunakan sebagai kode penebar pada OCDMA. Setelah kode-kode tersebut dibangkitkan, karakteristik kode penebar tersebut diuji untuk mengetahui kehandalan suatu kode pada sistem komunikasi. Kode kode tersebut mengalami serangkaian evaluasi berikut:
  1. Pemodelan Fungsi Korelasi Sendiri
  2. Pemodelan Fungsi Korelasi Silang
  3. Pemodelan Kerapatan Spektrum Daya
2. Pemodelan dan algoritma penggunaan kode prima dan kode prima modifikasi pada system komunikasi CDMA Optik.

Dalam Tesis ini, digunakan pemrograman untuk memodelkan system komunikasi CDMA optic dan menyelesaikan perhitungan numeric menggunakan bahasa pemrograman Matlab. File program terbagi atas dua jenis yaitu program utama dan program pendukung. Program utama berisi program yang dijalankan langsung melalui jendela perintah Matlab, sedangkan program pendukung merupakan program yang dibutuhkan (LAMPIRAN I) baik sebagai fungsi

pengoperasi maupun sebagai fungsi input. Langkah-langkah pembangkitan kode, evaluasi kode dan pemodelan sistem secara skematis ditunjukkan pada blok diagram berikut



Gambar 3.1 Diagram sistem evaluasi kode prima dan kode prima modifikasi



Gambar 3.2 Pemodelan system CDMA Optik.

### 3.1 Pemodelan dan Algoritma Pembangkitan Kode Penebar

Pemodelan dan algoritma dari simulasi bertujuan untuk membangkitkan kode-kode yang digunakan sebagai kode penebar seperti Kode Prima dan Kode Prima Modifikasi. Pada pemodelan pembangkitan kode-kode sebagai kode penebar menggunakan parameter dan asumsi sebagai berikut :

- 1.Kode yang dibangkitkan dalam bentuk sekuen prima. Dengan banyak sekuen yang digunakan sebesar  $p$ . Dalam hal ini  $p$  adalah bilangan prima.
- 2.Sekuen yang terbentuk dibangkitkan dengan fungsi *Galois field*  $GF(p)$ .
- 3.Kondisi awal dari sekuen yang akan membentuk kode-kode sebagai kode penebar ditentukan penggunaannya sesuai isi dari sekuen prima yang telah dibangkitkan.
- 4.Sekuen yang telah ditentukan akan membentuk kode penebar dengan panjang periode sesuai kode yang dibangkitkan.
- 5.Bit inputan yang digunakan untuk pembangkitan kode-kode ini ditentukan penggunaannya sesuai dengan sekuen yang digunakan ( $p$ ).
- 6.Aplikasi program yang dipakai dalam pembangkitan kode-kode utama ini adalah MATLAB versi 6. 5

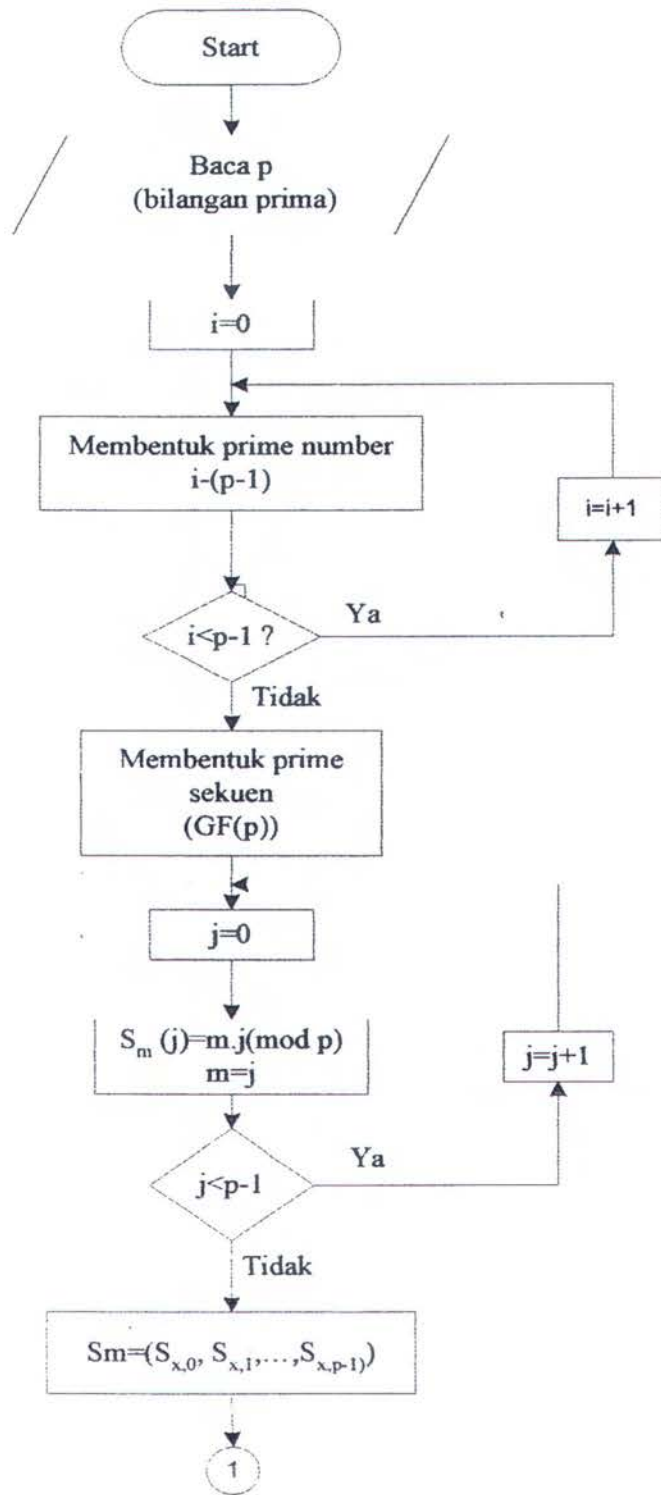
Pemodelan pembangkitan kode-kode sebagai kode penebar telah dijelaskan pada bab 2 sebelumnya. Untuk hal ini yang perlu diperhatikan dalam pembangkitan kode-kode sebagai kode penebar adalah panjang periode kode ( $N$ ), banyaknya sekuen yang digunakan ( $p$ ), kondisi awal sekuen, bit inputan yang digunakan.

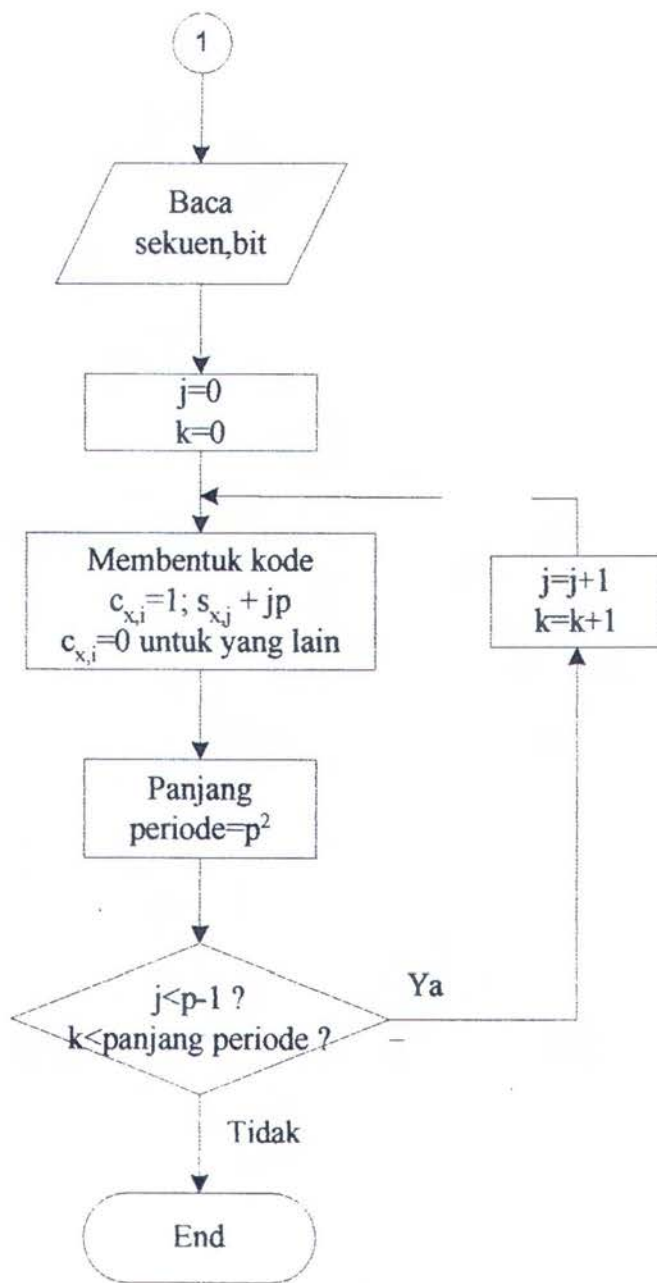
#### 3.1.1 Pembangkitan Kode prima

Pada pembangkitan Kode Prima, proses yang dilakukan sesuai dengan diagram alir yang telah dibuat. Prosesnya ada dua yaitu mencari prime sekuennya terlebih

dahulu, baru dapat membangkitkan kode-kodenya. Hal yang dilakukan untuk pembangkitan Kode Prima ini adalah :

1. Baca banyaknya sekuen yang digunakan ( $p$ ) dimana ( $p$ ) adalah bilangan prima.
2. Membentuk bilangan prima dari ( $p$ ) dimana  $p=0, \dots, p-1$ . Setelah bilangan prima terbentuk, maka akan terbentuk prime sekuen dengan fungsi  $GF(p)$ .
3. Sekuen prima terbentuk dengan mengalikan setiap elemen  $GF(p)$  dengan  $x$  dengan  $x=0, \dots, p-1$  kemudian membaginya dengan modulo  $p$ .
4. Sekuen prima tersebut kemudian dipetakan menjad sekuen kode prima  $C$  dengan panjang  $p^2$ .
5. Baca isi bit inputan setiap sekuen untuk pembangkitan kode prima sesuai dengan ketentuan.
6. Bila sudah terpenuhi panjang periode yang diharapkan maka proses pergeseran selesai.





Gambar 3.4 Diagram alir pembangkitan kode prima

Dari diagram alir diatas, diperoleh kode prima pada table berikut, untuk  $p=5$

Tabel 3.1 Kode Prima Modifikasi dengan  $p=5$

x	i	Sequence	Code Sequence
0	01234	$S_0$	$C_0 = 10000 \ 10000 \ 10000 \ 10000 \ 10000$
1	01234	$S_1$	$C_1 = 10000 \ 01000 \ 00100 \ 00010 \ 00001$
2	02413	$S_2$	$C_2 = 10000 \ 00100 \ 00001 \ 01000 \ 00010$
3	03142	$S_3$	$C_3 = 10000 \ 00010 \ 01000 \ 00001 \ 00100$
4	04321	$S_4$	$C_4 = 10000 \ 00001 \ 00010 \ 00100 \ 01000$

### 3.1.2 Pembangkitan Kode Prima Modifikasi

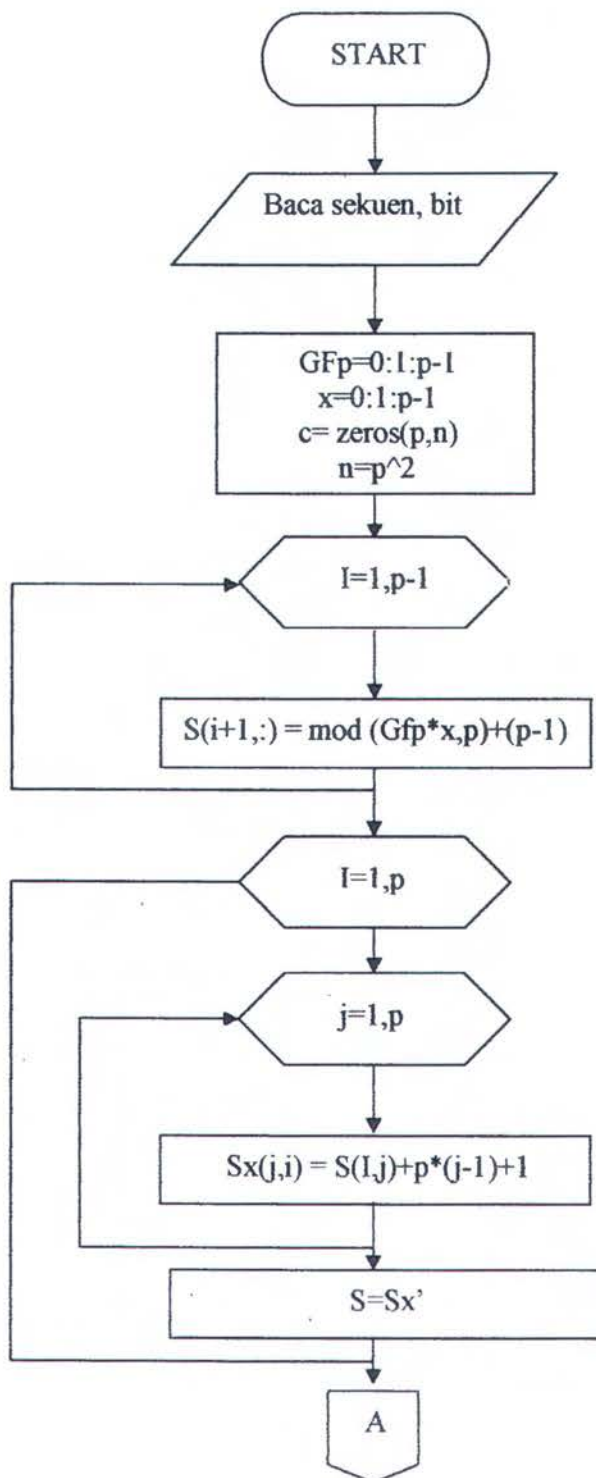
Selanjutnya akan dijelaskan tentang perencanaan pembangkitan kode prima modifikasi. Pembangkitan ini mempunyai prinsip berdasarkan kode prima yaitu dengan menggeser secara siklik kode dasarnya oleh kode prima. Pembentukan kodenya didapatkan dari sekuen prima seperti halnya kode prima. Pada gambar 3.5 menunjukkan diagram alir pada pembangkitan kode prima termodifikasi. Untuk mengetahui lebih jauh tentang pembangkitan kode prima termodifikasi, hal yang akan dilakukan dapat dijelaskan seperti dibawah ini:

1. Baca banyaknya sekuen yang digunakan ( $p$ ) dimana ( $p$ ) adalah bilangan prima.
2. Membentuk bilangan prima dari ( $p$ ) dimana  $p=0, \dots, p-1$ . Setelah bilangan prima terbentuk, maka akan terbentuk prime sekuen dengan fungsi  $GF(p)$ .
3. Sekuen prima terbentuk dengan mengalikan sctiap elemen  $GF(p)$  dengan  $x$  dengan  $x=0, \dots, p-1$  kemudian membaginya dengan modulo  $p$ .

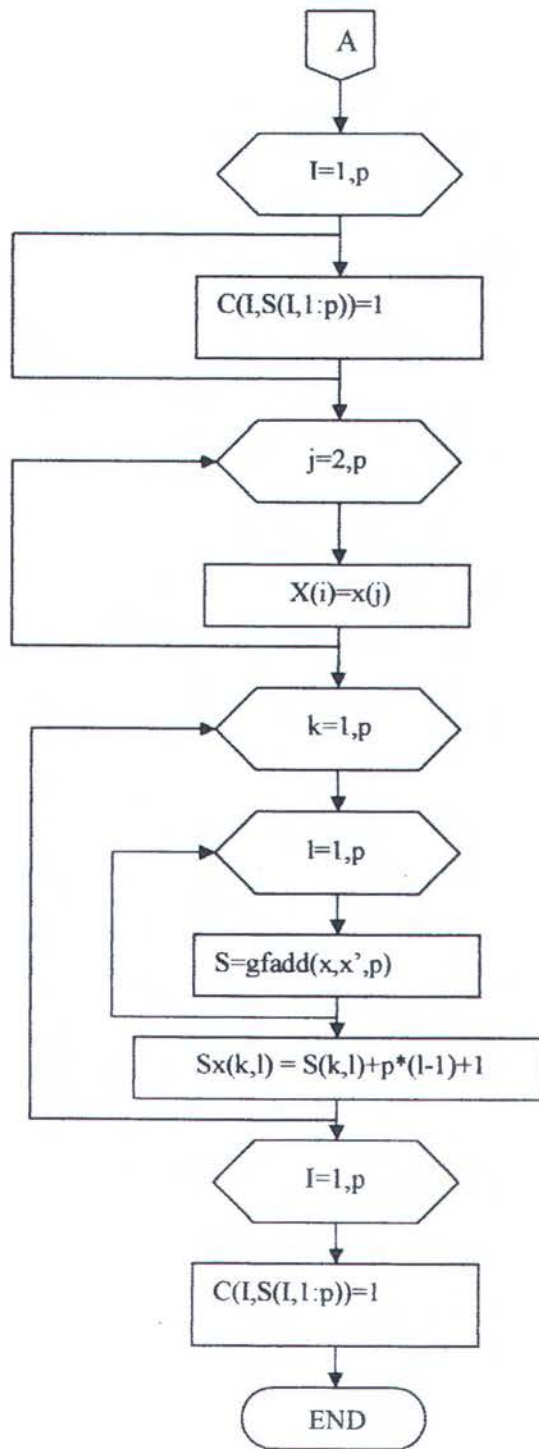
4. Sekuen prima tersebut kemudian dipetakan menjadi sekuen kode prima  $C$  dengan panjang  $p^2$ .
5. Grup sekuen kode prima modifikasi yang pertama dari kode prima ( $x=0$ ) diperoleh dari versi putar kiri sekuen kode prima  $C$  sebanyak  $p-1$  kali.
6. Untuk grup  $p-1$  ( $x = (1, \dots, p-1)$ ), elemen sekuen prima yang baru dibentuk dari versi putar kiri sekuen prima sebanyak  $p-1$  kali.
7. Setiap sekuen prima tersebut kemudian dipetakan menjadi kode sekuen biner  $C$ .
8. Bila sudah terpenuhi panjang periode yang diharapkan maka proses pergeseran selesai.

Digram alir pembangkitan kode prima modifikasi dinyatakan oleh gambar berikut:





Gambar 3.4 Diagram alir pembangkitan kode prima modifikasi



Gambar 3.5 Diagram alir pembangkitan kode prima modifikasi (lanjutan )

Dari diagram alir pembangkitan kode prima modifikasi diperoleh hasil pada tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Hasil pembangkitan kode prima untuk  $p=5$

Grup x	i	Sekuen	Sekuen kode prima modifikasi
0	00000	$S_{00}$	$C_{00} = 10000 \ 10000 \ 10000 \ 10000 \ 10000$
	44444	$S_{01}$	$C_{01} = 00001 \ 00001 \ 00001 \ 00001 \ 00001$
	33333	$S_{02}$	$C_{02} = 00010 \ 00010 \ 00010 \ 00010 \ 00010$
	22222	$S_{03}$	$C_{03} = 00100 \ 00100 \ 00100 \ 00100 \ 00100$
	11111	$S_{04}$	$C_{04} = 01000 \ 01000 \ 01000 \ 01000 \ 01000$
1	01234	$S_{10}$	$C_{10} = 10000 \ 01000 \ 00100 \ 00010 \ 00001$
	12340	$S_{11}$	$C_{11} = 01000 \ 00100 \ 00010 \ 00001 \ 10000$
	23401	$S_{12}$	$C_{12} = 00100 \ 00010 \ 00001 \ 10000 \ 01000$
	34012	$S_{13}$	$C_{13} = 00010 \ 00001 \ 10000 \ 01000 \ 00100$
	40123	$S_{14}$	$C_{14} = 00001 \ 10000 \ 01000 \ 00100 \ 00010$
2	02413	$S_{20}$	$C_{20} = 10000 \ 00100 \ 00001 \ 10000 \ 00010$
	24130	$S_{21}$	$C_{21} = 00100 \ 00001 \ 01000 \ 00010 \ 10000$
	41302	$S_{22}$	$C_{22} = 00001 \ 10000 \ 00010 \ 10000 \ 00100$
	13024	$S_{23}$	$C_{23} = 01000 \ 00010 \ 10000 \ 00100 \ 00001$
	30241	$S_{24}$	$C_{24} = 00010 \ 10000 \ 00100 \ 00001 \ 10000$
3	03142	$S_{30}$	$C_{30} = 10000 \ 00010 \ 01000 \ 00001 \ 01000$
	31420	$S_{31}$	$C_{31} = 00010 \ 01000 \ 00001 \ 00100 \ 10000$
	14203	$S_{32}$	$C_{32} = 01000 \ 00001 \ 00100 \ 10000 \ 00010$
	42301	$S_{33}$	$C_{33} = 00001 \ 00100 \ 00010 \ 10000 \ 01000$
	20314	$S_{34}$	$C_{34} = 00100 \ 10000 \ 00010 \ 01000 \ 00001$
4	04321	$S_{40}$	$C_{40} = 10000 \ 00001 \ 00010 \ 00100 \ 01000$
	43210	$S_{41}$	$C_{41} = 00001 \ 00010 \ 00100 \ 01000 \ 10000$
	32104	$S_{42}$	$C_{42} = 00010 \ 00100 \ 01000 \ 10000 \ 00001$
	21043	$S_{43}$	$C_{43} = 00100 \ 01000 \ 10000 \ 00001 \ 00010$
	10432	$S_{44}$	$C_{44} = 01000 \ 10000 \ 00001 \ 00010 \ 00100$

### 3.2 Pengujian Kode-kode sebagai Kode penebar

Dalam menentukan kualitas dari kode-kode yang dibangkitkan yaitu Kode prima dan kode prima termodifikasi maka perlu dievaluasi sifat-sifat yang mempengaruhi kode-kode tersebut.

Adapun parameter pengujian dan performansi dari kode-kode sebagai kode penebar yang direncanakan dalam penelitian ini adalah :

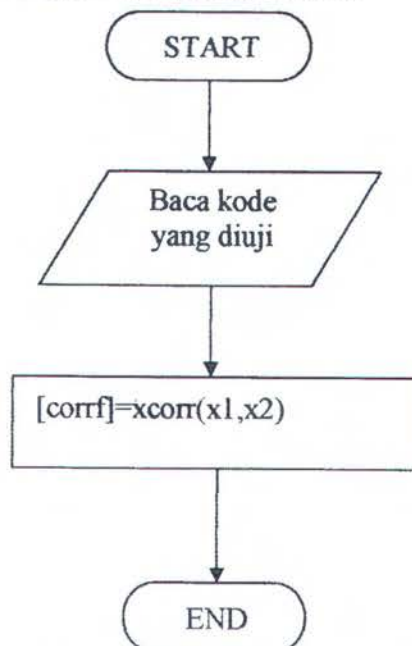
1. Fungsi korelasi sendiri
2. Fungsi korelasi silang
3. Kerapatan Spektrum Daya.

### 3.2.1 Pemodelan Fungsi Korelasi Sendiri

Parameter fungsi korelasi sendiri adalah fungsi yang menguji kesamaan antara sebuah deretan kode dan kode tiruannya yang phasenya digeser. Untuk itu maka direncanakan suatu model simulasi seperti dibawah:

1. Pertama menentukan kode ke-1 yang mau di tes.
2. Untuk kode ke-2 adalah duplikat dari kode ke-1.
3. Melakukan korelasi sendiri dengan fungsi yang ada di Matlab yaitu `xcorr`
4. `[corr]=xcorr(x1,x2,n)`, dengan  $x1=x2$  adalah kode yang akan diuji dan  $n$  adalah panjang kode.

Proses dari pengujian kerapatan spektrum daya terhadap sifat-sifat kode tersebut dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 3.5



Gambar 3.6 Algoritma fungsi korelasi silang

### 3.2.2 Pemodelan Fungsi Korelasi Silang

Untuk pengujian kualitas dari suatu kode-kode yang digunakan sebagai kode penebar dengan parameter yang lain yaitu fungsi korelasi silang. Fungsi korelasi silang adalah fungsi yang mendeteksi kesamaan dari dua buah kode yang berlainan. Untuk merencanakan pemodelan suatu fungsi korelasi silang perlu diasumsikan beberapa hal antara lain

1. Kode yang mau dites adalah kode yang mempunyai jenis kode yang sama.
2. Membaca dan menentukan kode ke-1, kode ke-2 yang berbeda dari kombinasi kode yang sudah dibangkitkan .
3. Melakukan korelasi sendiri dengan fungsi yang ada di Matlab yaitu `xcorr`
4.  $[corr]=xcorr(x1,x2,n)$ , dengan  $x1$  dan  $x2$  adalah kode yang akan diuji dan  $n$  adalah panjang kode.

Pengujian kode menggunakan fungsi korelasi silang dilakukan dengan fungsi yang ada di Matlab yaitu `xcorr` maka algoritma pembangkitan fungsi korelasi silang sama dengan gambar 3.5 hanya bit inputan kodenya saja yang tidak sama.

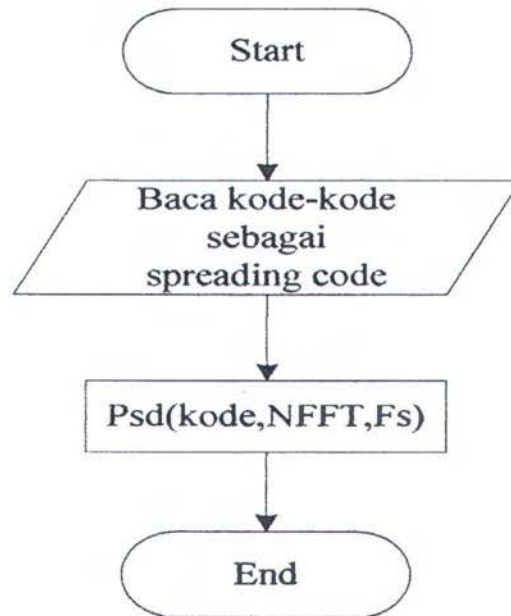
### 3.2.3 Pemodelan Fungsi Power Spectral Density (PSD)

Parameter pengujian PSD sangat penting terhadap kode-kode yang digunakan sebagai *kode penebar* yang sudah dibangkitkan agar didapatkan sebuah kode-kode yang memiliki fungsi PSD yang rendah. Pada pemodelan ini menggunakan fungsi yang terdapat pada program Matlab. Untuk lebih jelasnya maka dapat diterangkan menurut algoritma dibawah

1. Membaca kode-kode *kode penebar* yang akan dites.
2. Fungsi PSD didapatkan dari fungsi yang ada pada Matlab.

3.  $P_{xx} = \text{PSD}(X, \text{NFFT}, F_s, \text{WINDOW})$ , dimana  $x$  adalah kode, NFFT adalah transformasi fast fourier,  $F_s$  adalah frekuensi sampling.

Proses dari pengujian kerapatan spektrum daya terhadap sifat-sifat kode tersebut dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 3.7.



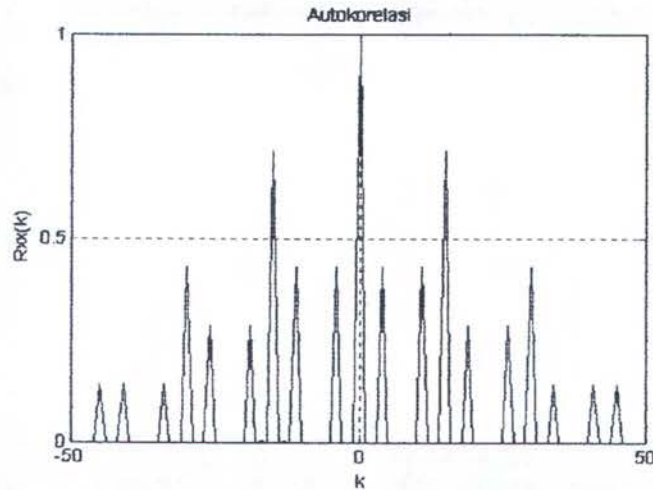
Gambar 3.7 Diagram Alir Fungsi PSD

### 3.2.4 Contoh Parameter pengujian kode prima modifikasi

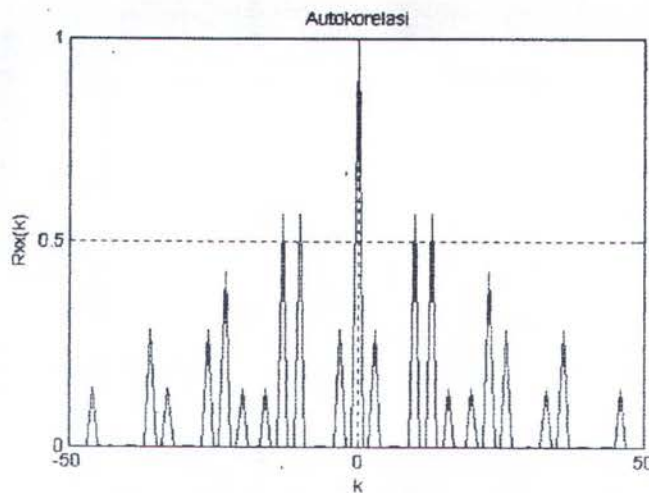
Berdasarkan diagram alir pengujian korelasi sendiri, korelasi silang, dan kerapatan spectrum daya dilakukan terhadap kode prima modifikasi yang telah diturunkan sebelumnya untuk menguji kualitas kode yang akan digunakan sebagai kode penebar.

### 1. Fungsi korelasi sendiri kode prima modifikasi

Pada bagian ini pengujian dilakukan pada kode prima modifikasi berdasarkan algoritma yang telah digambarkan pada bagian sebelumnya, Untuk mengetahui lebih jauh mengenai simulasinya maka berikut ditampilkan hasil simulasinya.



Gambar 3.8 Auto korelasi kode prima modifikasi C45



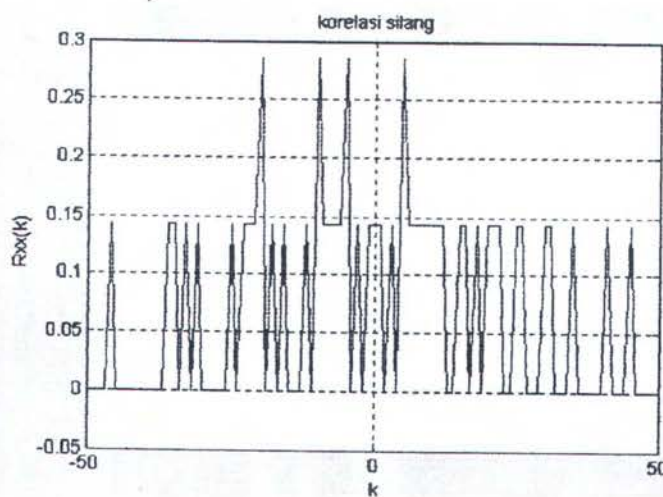
Gambar 3.9 Auto korelasi kode prima modifikasi C31

Gambar 3.8 dan gambar 3.9 diatas, merupakan hasil simulasi pengujian korelasi sendiri kode prima modifikasi. Pengujian tersebut harus dilakukan untuk mengetahui kesamaan antara kode satu dengan duplikatnya sehingga diperoleh hasil

korelasi maksimum untuk memungkinkan adanya sinkronisasi sehingga pada pendeteksian sinyal tidak banyak terjadi kesalahan.

## 2. Fungsi korelasi sendiri kode prima modifikasi.

Pada bagian ini pengujian fungsi korelasi silang dilakukan pada kode prima modifikasi berdasarkan algoritma yang telah digambarkan pada bagian sebelumnya, Untuk mengetahui lebih jauh mengenai simulasinya maka berikut ditampilkan hasil simulasinya.



Gambar 3.10 Korelasi silang kode prima modifikasi C45 dan C31

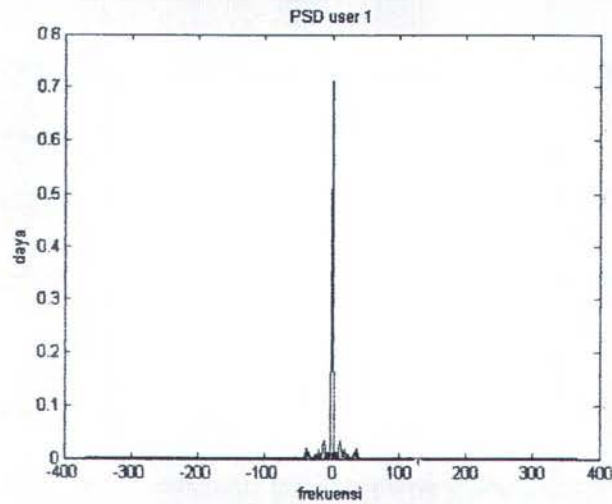
Pada gambar 3.10, dapat diketahui korelasi silang untuk dua kode prima modifikasi. Pengujian korelasi silang harus dilakukan untuk mengetahui derajat kesamaan dua kode yang berbeda. Apabila nilai korelasi silangnya kecil, maka interferensi antara kode-kode tersebut dapat diperkecil.

## 3. Spektrum kerapatan daya.

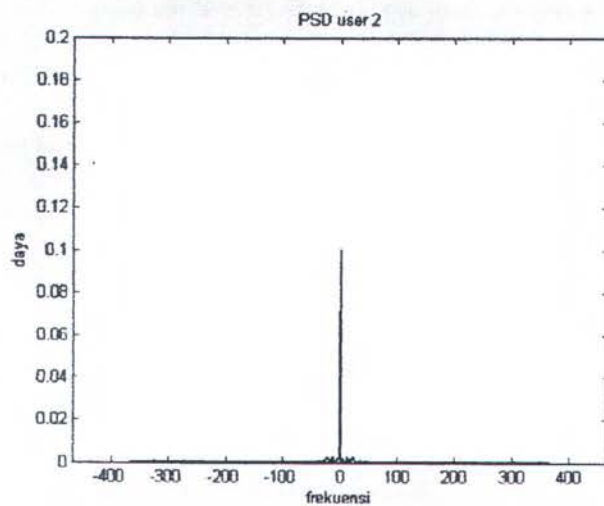
Pada bagian ini pengujian fungsi spectrum daya dilakukan pada kode prima modifikasi berdasarkan algoritma yang telah digambarkan pada bagian sebelumnya,



Untuk mengetahui lebih jauh mengenai simulasinya maka berikut ditampilkan hasil simulasinya.



Gambar 3.11 Hasil pengujian PSD kode prima modifikasi



Gambar 3.12 Hasil pengujian PSD kode prima modifikasi

Pengujian fungsi PSD harus dilakukan untuk mengetahui kehandalan suatu kode jika akan digunakan sebagai kode penyebar. Suatu kode dapat digunakan sebagai kode penyebar jika kode tersebut memiliki nilai fungsi kerapatan daya yang mendekati nol agar tidak terjadi kesalahan intersepsi.

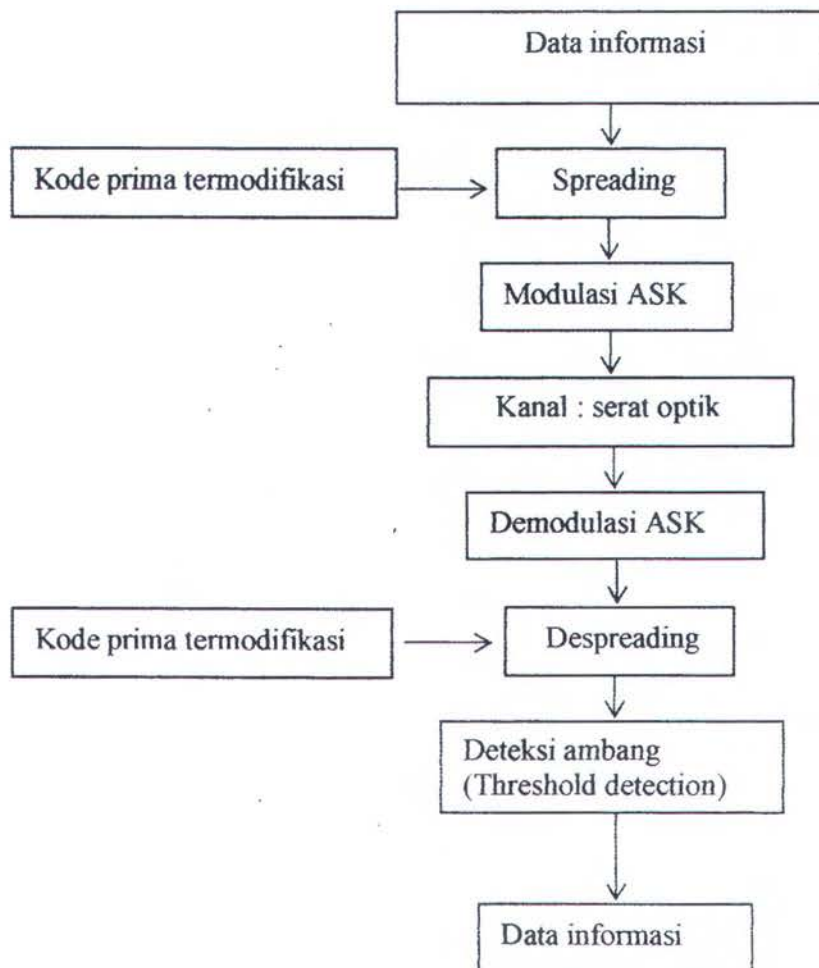
### 3.3 Pemodelan dan Algoritma Sistem CDMA Optik

Kode-kode yang telah mengalami serangkaian pengujian diatas dipilih yang memiliki korelasi sendiri yang tinggi, fungsi korelasi silang yang rendah dan kerapatan spektrum daya yang tinggi dapat diterapkan pada sisitem komunikasi CDMA optic untuk menguji kehandalan suatu system yang ditunjukkan dengan nilai kesalahan bit yang rendah. Pembangkitan system CDMA Optik menggunakan kode prima dan kode prima modifikasi yang dipilih dijelaskan berdasar langkah-langkah berikut ini:

1. Memilih kode yang akan digunakan sebagai kode penebar sesuai dengan sifat terbaik yang telah dimiliki kode tersebut.
2. Melakukan spreading yaitu proses perkalian kode penebar dengan data informasi. Dalam hal ini menggunakan file pendukung yaitu ds\_mod.m
3. Melakukan modulasi ASK menggunakan fungsi yang ada pada Matlab yaitu `dmodce(x,fd,fs,'ask',M)` dengan x adalah sekuen yang mengalami modulasi, fd dan fs adalah banyaknya sampling.
4. Memodelkan kanal optik dengan respon impuls kanal pada pers.(2.29)
5. Membangkitkan noise
6. Melakukan demodulasi ASK menggunakan fungsi yang ada pada Matlab yaitu `ddemodce(x,fd,fs,'ask',M)` dengan x adalah sekuen yang mengalami modulasi, fd dan fs adalah banyaknya sampling.
7. Melakukan spreading dengan kode penebar untuk mendapatkan data informasi kembali menggunakan file pendukung ds\_demod.m
8. Melakukan deteksi untuk mendapatkan data informasi kembali dengan kesalahan yang kecil

8. Melakukan deteksi untuk mendapatkan data informasi kembali dengan kesalahan yang kecil
9. Membandingkan data informasi yang dikirim dengan data informasi yang diterima menggunakan fungsi yang ada pada Matlab yaitu  $\text{symerr}(x,y)$  dengan  $x$  adalah data informasi yang dikirim dan  $y$  adalah data informasi yang diterima.

Pemodelan sistem CDMA optik dinyatakan dalam diagram alir berikut:

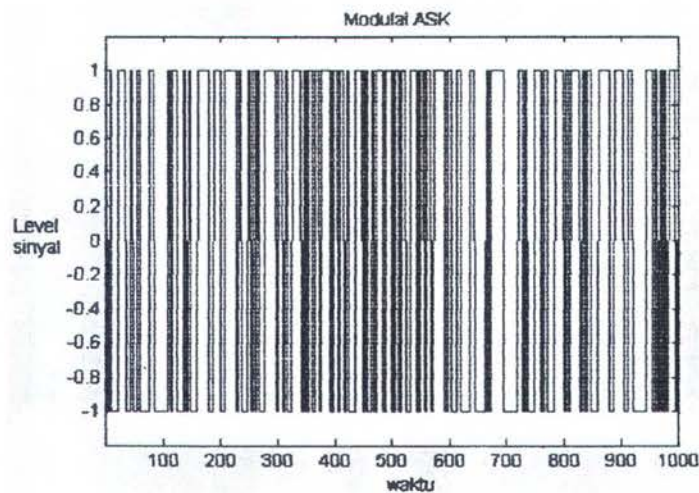


Gambar 3.13 Diagram alir pemodelan CDMA Optik

Contoh pembangkitan penerapan kode prima modifikasi pada system komunikasi CDMA Optik akan dibahas lebih lanjut pada bab berikutnya. Pada bagian ini hanya akan diberikan contoh hasil simulasi untuk pemodelan kanal serat optic, proses modulasi dan pemfilteran.

### 3.3.1 Modulasi ASK

Pada bagian ini diberikan contoh hasil simulasi untuk proses modulasi menggunakan algoritma pada bagian sebelumnya sehingga diperoleh hasil simulasi sebagai berikut

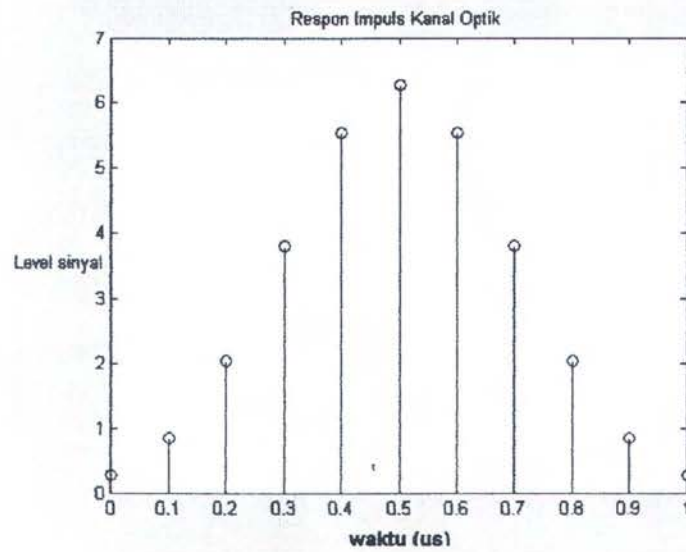


Gambar 3.14 sinyal hasil modulasi ASK biner

### 3.3.2 Contoh hasil simulasi pemodelan kanal serat optik

Setelah mengalami modulasi, sinyal memasuki kanal dalam hal ini adalah serat optik jenis moda jamak untuk aplikasi pada jaringan area local. Untuk penggunaan jenis serat optik moda jamak tersebut kanal dimodelkan sebagai kanal Gaussian sesuai pada pers. (2.28) dengan parameter-parameter dispersi intra moda, panjang serat, panjang gelombang dengan perkalian ketiganya  $D_m L \Delta \lambda$  sebesar 0,2 ns dan tundaan waktu  $\tau_g$  sebesar 0.1 ns. Setelah dilakukan pemodelan kanal, diperoleh

respon impuls kanal optik dengan bit keluaran dari modulator sehingga diperoleh gambar berikut [ Liu, 1996 ]

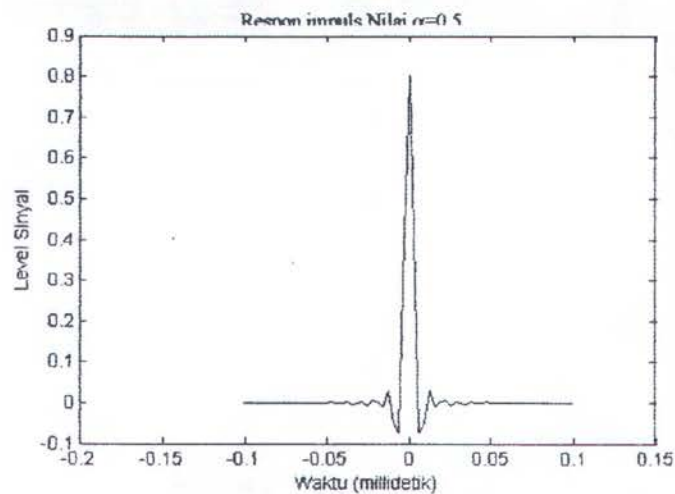


Gambar 3.15 Respon impuls kanal optic

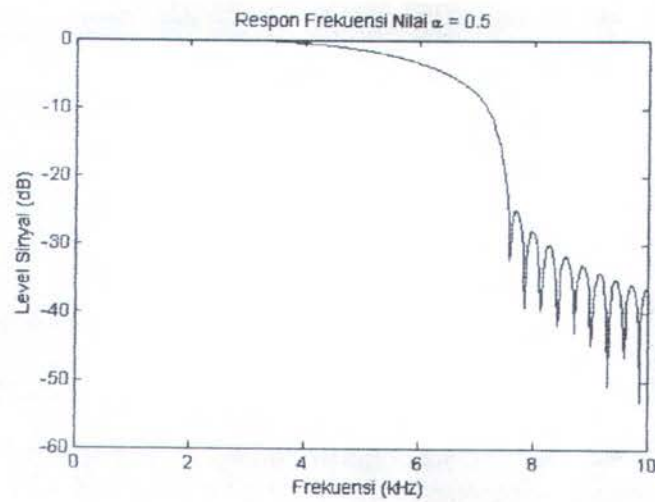
### 3.3.3 Contoh hasil simulasi proses filtering.

Proses filtering menggunakan filter raised cosine digunakan untuk memperoleh nilai kesalahan sekecil mungkin sehingga diperoleh kinerja system yang baik.

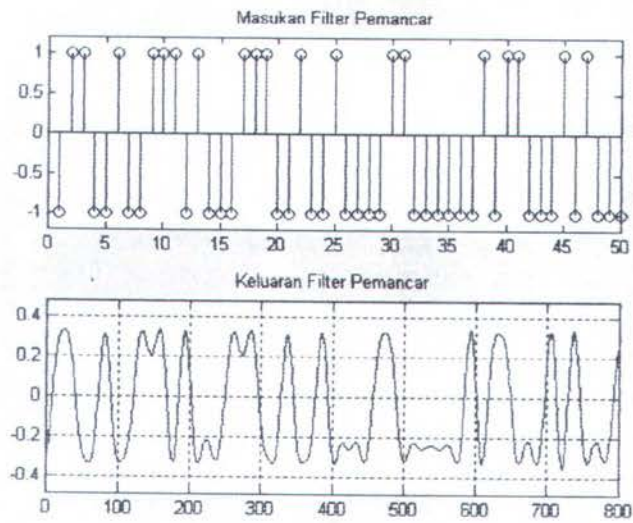
Contoh hasil simulasi untuk proses filtering dinyatakan pada gambar berikut:



Gambar 3.16 Respon impuls filter filter raised cosine



Gambar 3.17 Respon frekuensi filter raised cosine



Gambar3.18 Sinyal masukan dan keluaran filter raised cosine

## BAB IV

### DATA DAN ANALISA

Pada bab sebelumnya telah diuraikan tentang pemodelan simulasi pembangkitan kode-kode yang digunakan sebagai kode penebar pada sistem komunikasi CDMA Optik. Pada bab ini akan diuraikan tentang analisa simulasi pembangkitan kode-kode yang digunakan sebagai kode penebar dan evaluasi performansinya dalam aplikasi sistem *Optical* CDMA. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan ternyata dapat dianalisa bahwa kode-kode yang digunakan sebagai *kode penebar* seperti kode prima, dan kode prima modifikasi mempunyai karakteristik kode yang berbeda satu dengan lainnya. Berikut ini akan diuraikan satu persatu penjelasan per kode berdasarkan referensi yang ada dan dari hasil simulasi yang telah dilakukan.

#### 4. 1 Data Hasil Simulasi

Pada bagian ini akan ditunjukkan kode-kode yang memiliki karakteristik kode yang bagus untuk digunakan sebagai kode penebar seperti kode prima dan kode prima modifikasi yang mempunyai karakteristik kode yang berbeda satu dengan lainnya. Untuk itu akan dibandingkan sifat-sifat korelasi sendiri dan sifat-sifat korelasi silangnya dengan parameter yang sama dan masing-masing kode harus memiliki panjang periode yang sama.

#### 4.1.1 Perbandingan Fungsi Korelasi Sendiri dan Fungsi Korelasi Silang

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai perbandingan dari fungsi korelasi sendiri dari kode-kode yang telah dibangkitkan dan dijelaskan pada bagian sebelumnya. Fungsi korelasi sendiri ini sangat penting didalam pemilihan deretan kode karena dapat memperkecil kemungkinan kesalahan sinkronisasi pada penerima.

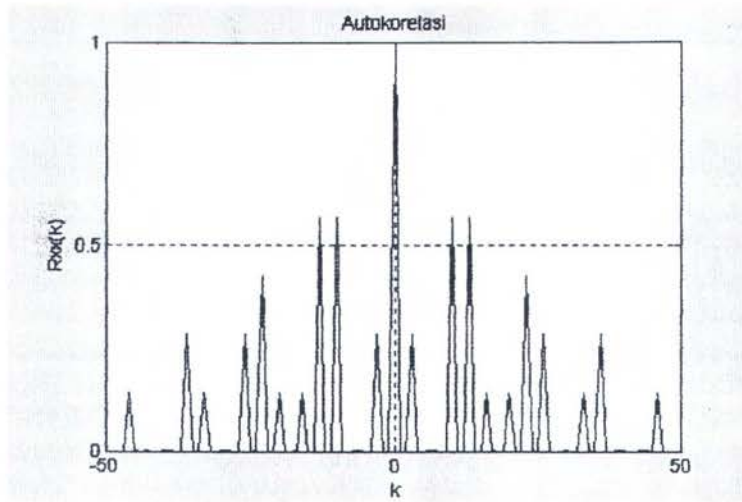
##### 4.1.1.1 Fungsi Korelasi Sendiri Kode Prima

Fungsi korelasi sendiri pada Prime Code untuk panjang kode  $P=7$  dinyatakan pada tabel tabel 4.1 di bawah

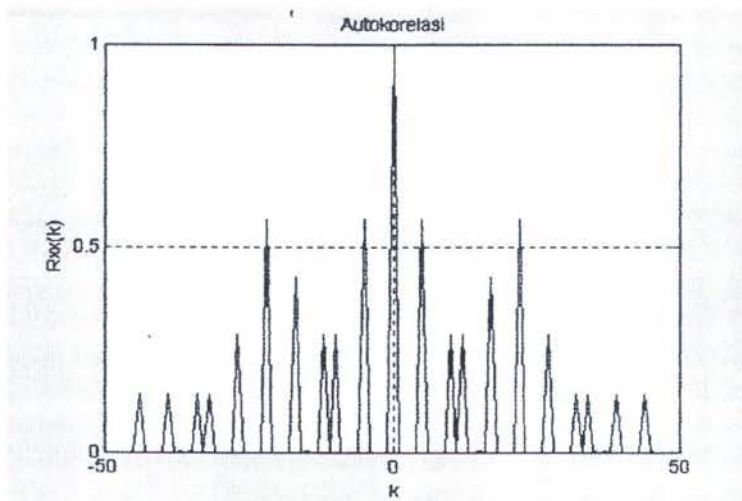
Tabel 4.1 Fungsi Korelasi Sendiri Prime Code

P	Kode	Korelasi Sendiri	
		N	Psmax
7	C1	49	1
	C2	49	1
	C3	49	1
	C4	49	1
	C5	49	1
	C6	49	1
	C7	49	1





Gambar 4.1 Fungsi korelasi sendiri kode prima  $N=49$  untuk C4



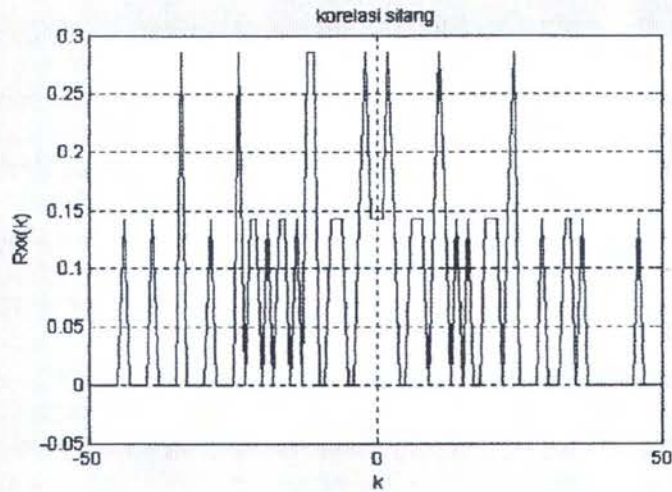
Gambar 4.2 Fungsi korelasi sendiri kode prima  $N=49$  untuk C6

#### 4.1.1.2.Fungsi Korelasi Silang Kode Prima

Untuk fungsi korelasi silang pada Prime Code dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Fungsi Korelasi Silang Prime Code

P	Kode	Korelasi Silang		P	Kode	Korelasi Silang	
		N	Psmax			N	Psmax
7	C12	49	0.1429	7	C34	49	0.2857
	C13	49	0.1429		C35	49	0.2857
	C14	49	0.1429		C36	49	0.2857
	C15	49	0.1429		C37	49	0.2857
	C16	49	0.1429		C45	49	0.2857
	C17	49	0.1429		C46	49	0.1429
	C23	49	0.1429		C47	49	0.2857
	C24	49	0.2857		C56	49	0.2857
	C25	49	0.1429		C57	49	0.2857
	C26	49	0.2857		C67	49	0.2857
	C27	49	0.2857				
	C34	49	0.2857				



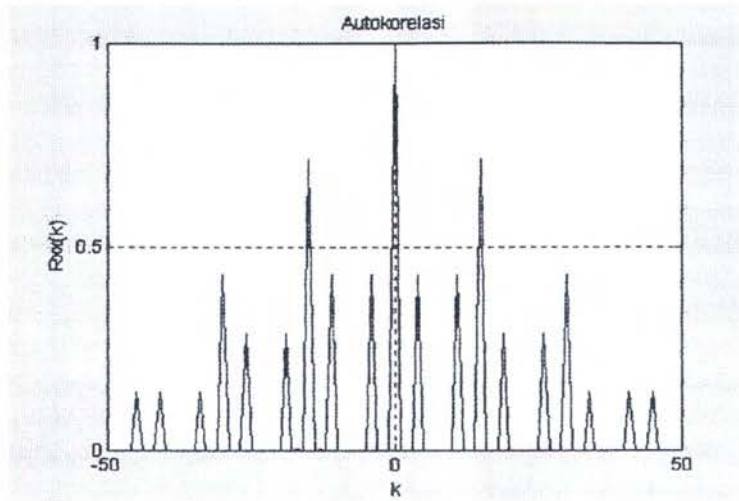
Gambar 4.3 Fungsi korelasi silang kode prima N=49 untuk C4 dan C6

#### 4.1.1.3. Fungsi Korelasi Sendiri Kode Prima Modifikasi

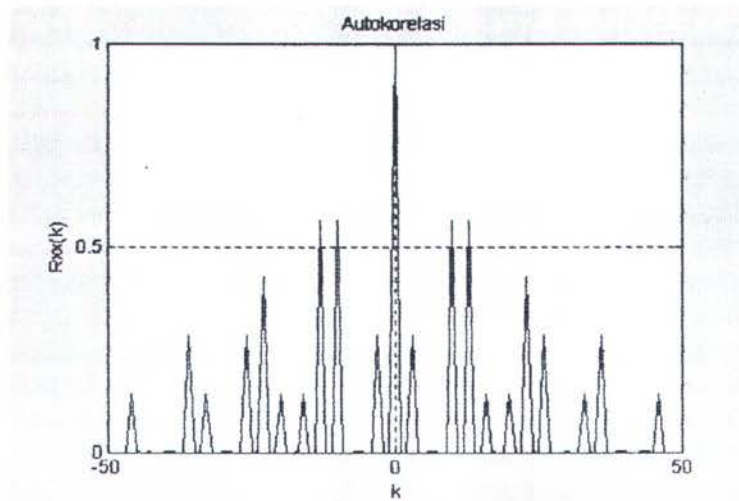
Fungsi korelasi sendiri pada Prime Code untuk panjang kode N=49 dinyatakan pada tabel 4.3 di bawah

Tabel 4.3 Fungsi Korelasi Sendiri Modified Prime Code Untuk Grup 0 dan 1

P	Kode	Korelasi Sendiri		P	Kode	Korelasi Sendiri	
		N	P <sub>smax</sub>			N	P <sub>smax</sub>
7	C01	49	1	7	C11	49	1
	C02	49	1		C12	49	1
	C03	49	1		C13	49	1
	C04	49	1		C14	49	1
	C05	49	1		C15	49	1
	C06	49	1		C16	49	1
	C07	49	1		C17	49	1



Gambar 4.4 Fungsi otokorelasi kode prima modifikasi N=49 untuk C45



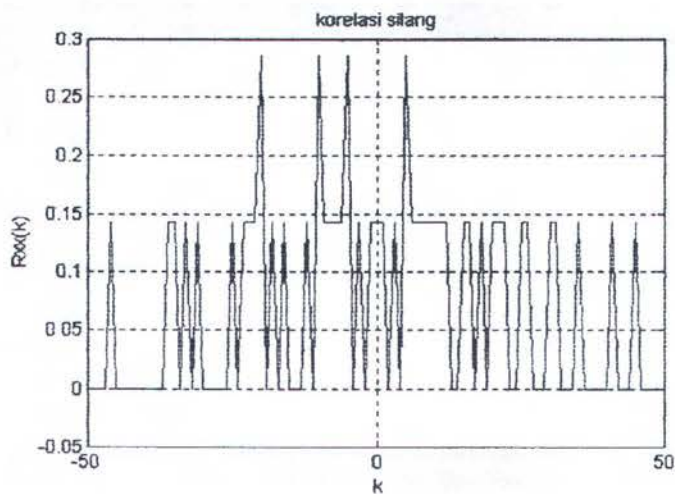
Gambar 4.5 Fungsi otokorelasi kode prima modifikasi N=49 untuk C31

#### 4.1.1.4. Fungsi Korelasi Silang Kode Prima Modifikasi

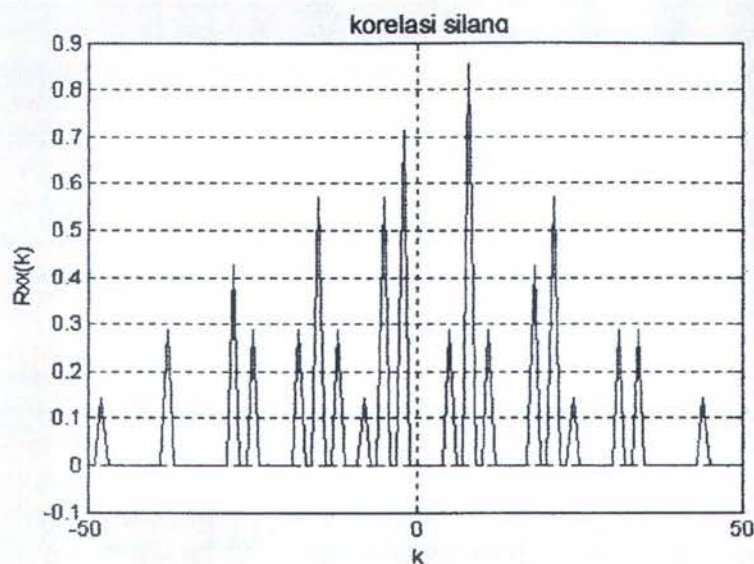
Untuk fungsi korelasi silang pada Prime Code dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Fungsi Korelasi Silang Modified-prime Code

P	Kode	Korelasi Silang		P	Kode	Korelasi Silang	
		N	Psmax			N	Psmax
7	C01C02	49	1	7	C06C31	49	0,1429
	C01C06	49	1		C06C62	49	0,1429
	C61C62	49	0,8571		C32C63	49	0,2857
	C61C64	49	0,7143		C32C71	49	0,2857
	C31C32	49	0,8571		C71C06	49	0,2857
	C31C34	49	0,8571		C71C31	49	0,2857
	C31C36	49	0,7431		C71C62	49	0,2857



Gambar 4.6 Fungsi korelasi silang kode prima N=49 untuk C45 dan C31



Gambar 4.7 Fungsi korelasi silang kode prima  $N=49$  untuk C61 dan C63

Dari pengujian kode diatas, baik untuk kode prima dan kode prima modifikasi, diperoleh bahwa untuk kode prima dipilih kode C4 dan C6 sebagai kode penebar yang baik karena keduanya memiliki nilai korelasi silang yang tinggi yaitu 1 dan memiliki nilai korelasi silang rendah yaitu 0,2857. Sedang pada kode prima modifikasi dipilih kode C45 dan C31 karena memiliki nilai korelasi yang tinggi dengan rata-rata sidelobe yang rendah. Kode C45 dan C31 juga dipilih karena memiliki korelasi silang yang rendah yaitu 0,2857. Dari tabel 4.4 tampak bahwa korelasi silang yang terjadi pada kode prima modifikasi satu grup seperti kode C61 dengan kode C62, bernilai sangat tinggi yaitu 0,8571, sedangkan korelasi silang untuk grup yang berbeda seperti kode C06 dengan memiliki nilai yang rendah yaitu 0,1429. Hal ini menyebabkan untuk kode prima modifikasi yang berada satu grup tidak dapat digunakan sebagai kode penebar karena memiliki nilai korelasi silang mendekati atau sama dengan satu.

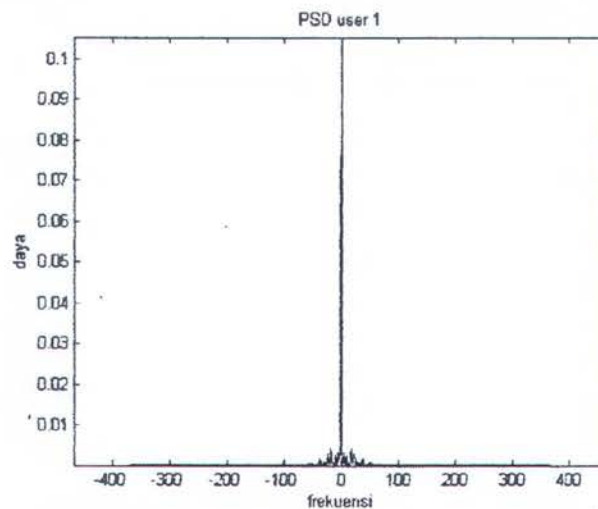
#### 4.1.2 Evaluasi Fungsi Spektrum Kerapatan Daya

Setelah dilakukan evaluasi fungsi korelasi sendiri dan korelasi silang, kode-kode yang akan digunakan sebagai kode penebar harus dievaluasi terhadap fungsi kerapatan dayanya dengan hasil sebagai berikut:

##### 4.1.2.1 Spektrum Kerapatan Daya Kode prima

Dari gambar 4.8 dapat diketahui bahwa besar fungsi spektrum kerapatan daya maksimum terletak pada frekuensi ke 0 dengan nilai 0,1054 Watt/Hz sedang untuk frekuensi lainnya mendekati 0.005 Watt/Hz untuk pengguna 1 .

Spektrum kerapatan daya kode prima dinyatakan pada gambar 4.8 berikut



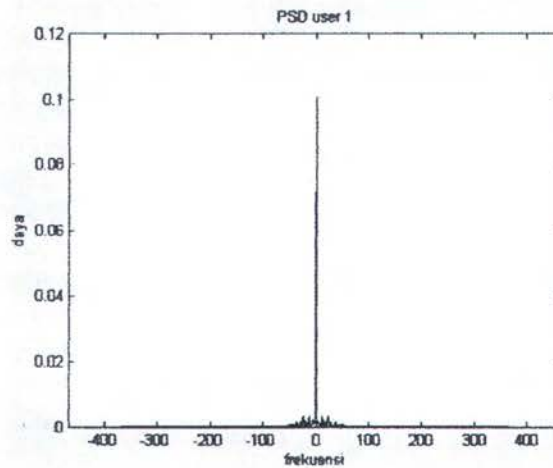
Gambar 4.8 Spektrum Kerapatan Daya pengguna 1 dengan kode penebar C4

##### 4.1.2.2 Spektrum Kerapatan Daya Kode Prima Modifikasi

Dari gambar 4.9 diperoleh nilai spektrum kerapatan daya untuk kode prima modifikasi sebesar 0,1018 Watt/Hz untuk pengguna 1. Dari gambar dan hasil fungsi spectrum kerapatan daya berikut, terlihat bahwa kode prima modifikasi memiliki nilai spectrum kerapatan daya yang lebih rendah dari pada kode prima. Sebagaimana telah dijelaskan pada BAB II bahwa keunggulan suatu kode yang akan digunakan

sebagai kode penebar adalah bila kode tersebut memiliki nilai spectrum kerapatan daya yang rendah untuk menghindari terjadinya intersepsi karena dengan rapat daya rendah maka kode sulit dikenali oleh pengguna yang lain.

Spektrum kerapatan daya kode prima termodifikasi dinyatakan pada gambar 4.9 berikut:



Gambar 4.9 Spektrum Kerapatan Daya pengguna 1 dengan kode penebar C45

#### 4.2 Penerapan Kode sebagai Kode penebar pada O-CDMA

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai penerapan kode-kode yang digunakan sebagai kode penebar seperti yang telah dijelaskan diatas. Dimana Unjuk kerja dari simulasi ini adalah untuk memilih BER (*Bit Error Rate*) yang terbaik dari beberapa multi user dengan membandingkan probabilitas tersebut dari satu pemakai sampai empat pemakai dan perbandingan BER dengan  $E_b/N_0$  (*Signal to Noise Ratio*) untuk macam-macam penerima. Dalam simulasi ini memakai asumsi sebagai berikut

1. Input data biner adalah random sebanyak 10000 data.
2. Sinkronisasi diasumsikan sempurna.
3. Kode penebar yang digunakan sesuai dengan kode penebar yang disimulasikan.



4. Noise yang digunakan adalah noise Gaussian, pada kanal optik memiliki nilai mean yang berbeda dengan varian yang sama.

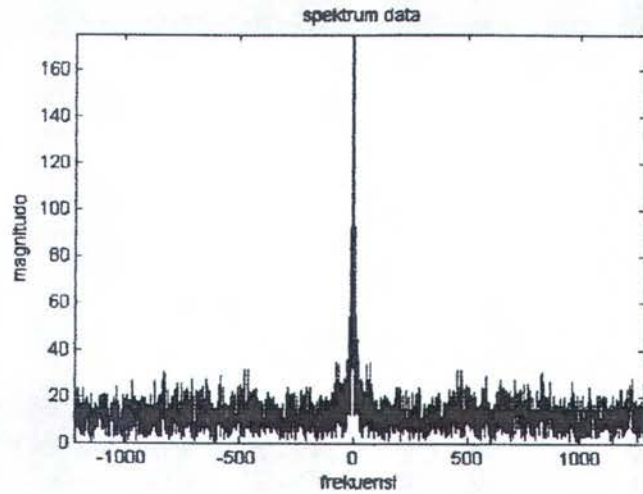
Sebagai masukan dari model simulasi ini digunakan bit-bit hasil pembangkitan secara acak dari matlab dengan fungsi `randint`. Bit yang keluar dari blok ini membentuk sinyal bipolar return to zero (RZ), dimana bit yang ditampilkan hanya 1 dan 0 .

#### 4.2.1 Kode Penebar

Setelah dibangkitkan data informasi, data informasi mengalami spreading dengan mengkalikan dengan kode prima modifikasi sehingga diperoleh bit sinyal hasil spreading. Pembangkitan informasi, dan sinyal hasil spreading dapat dilihat pada gambar dibawah ini

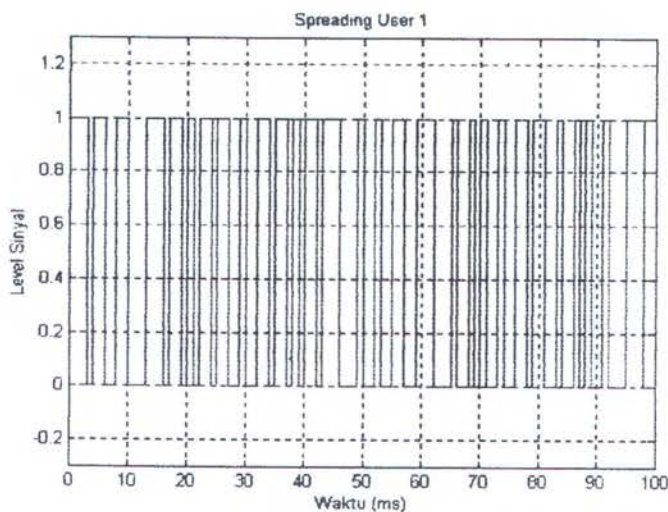


Gambar 4.10 Data informasi awal

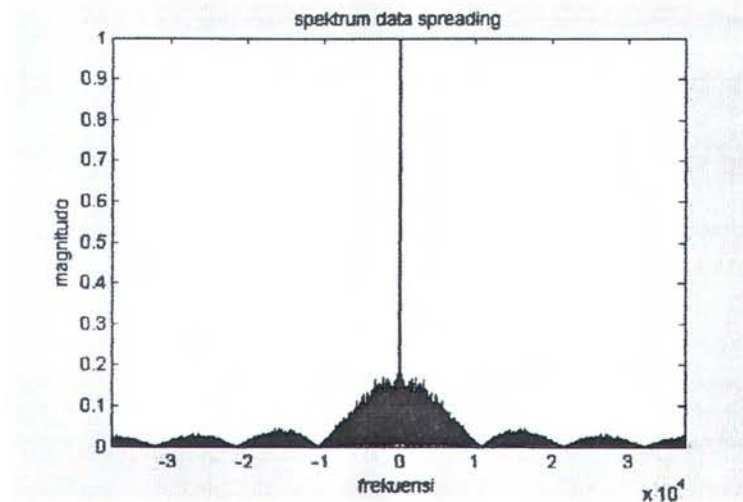


Gambar 4.11 spektrum data informasi

Kode penyebar yang dibangkitkan pada simulasi ini yang dipakai adalah kode prima modifikasi dengan  $N=49$ , untuk  $p=7$  dengan kode ke 1 dan kode ke tiga. Setelah mengalami spreading, bandwidth sinyal menjadi lebih besar dengan amplitudo sinyal yang rendah seperti yang ditunjukkan oleh gambar berikut:



Gambar 4.12 Sinyal Hasil Spreading



Gambar 4.13 Spektrum data spreading

Dari gambar 4.11 dan gambar 4.13 dapat diketahui lebar pita untuk sinyal informasi sebesar  $1.10^4$  sinyal spreading sebesar  $5.10^5$  maka dapat ditentukan jumlah pengguna yang mungkin dilewatkan pada sisten ini untuk panjang kode 49 dengan jalan menentukan nilai proprocessing gainnya sebagai berikut:[Rapaport,1996]

$$N = 1 + \frac{BW_s}{Eb/No} \dots\dots\dots(4.1)$$

dengan

N adalah jumlah user yang mungkin

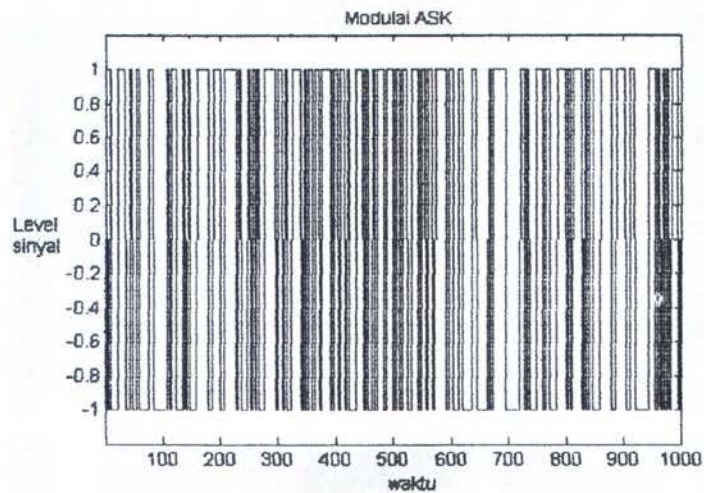
$BW_s$  adalah lebar pita frekuensi spreading

$Eb/No$  adalah SNR noise minimum yang diperbolehkan.

Menggunakan pers.(4.1) diatas , untuk kode penebar dengan panjang 49 diperoleh nilai pengguna yang mungkin ditransmisikan secara simultan sebanyak 6 user. Pada tesis ini hanya dipilih jumlah user 2 dan 4 sebagai pembanding.

#### 4.2.2 Modulator ASK

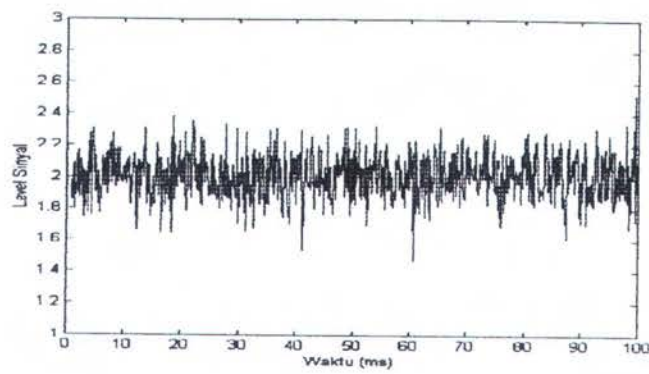
Sinyal hasil penebaran spreading selanjutnya dimodulasi ASK dengan perubahan amplitudo sebanyak 2, dimana amplitudo sinyal diset konstan sehingga  $M=2$  amplitudo sinyal yang diberikan adalah 1 dan -1.



Gambar 4.14 Bit sinyal setelah mengalami modulasi

#### 4.3 Noise Gaussian

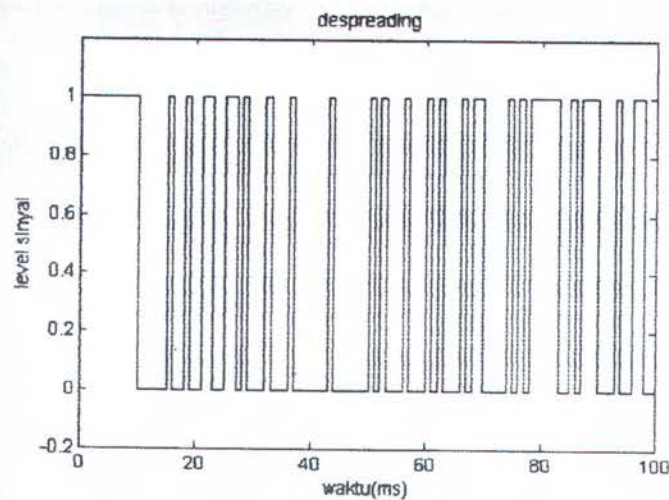
Pada system CDMA Optik menggunakan kanal optik, noise yang terjadi bergantung pada nilai  $I_0$ ,  $I_1$ ,  $\sigma_0$  dan  $\sigma_1$  dimana nilai ketiga parameter diatas dipengaruhi oleh daya sinyal masukan, hambatan, suhu, responsivitas PIN, dark current sehingga diperoleh  $I_0$  sebesar 0,1035.  $I_1$  sebesar 0,1552 dan  $\sigma_0 = \sigma_1 = 0,0163$ . Untuk kode prima modifikasi dinyatakan oleh persamaan [Pham Lam,1999] Berdasarkan pers. diatas, selanjutnya dicari harga ID seperti pada pers.(2.17). Pembangkitan noise Gaussian diperoleh seperti gambar berikut



Gambar 4.15 Sinyal Noise Gaussian

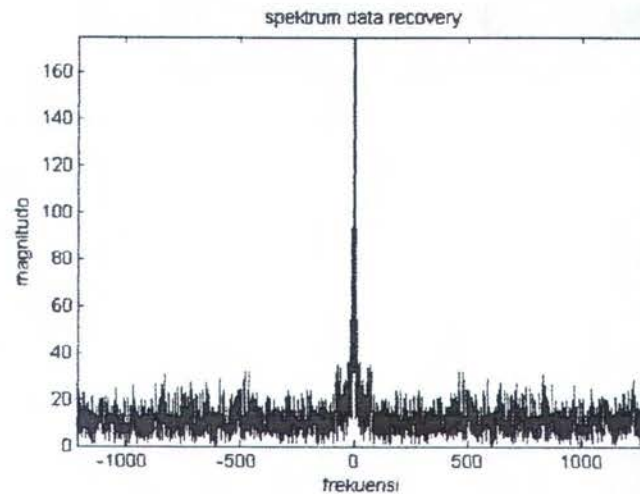
#### 4.4 Demodulator ASK

Setelah melewati kanal, bit sinyal mengalami proses filtrisasi kembali untuk memperkecil kesalahan yang terjadi karena adanya interferensi dari pengguna yang lain. Selanjutnya sinyal mengalami proses demodulasi menggunakan modulasi ASK dan mengalami despreading sehingga diperoleh sinyal keluaran seperti gambar berikut untuk 10000 pembangkitan kode informasi.



4.16 Sinyal informasi hasil despreading

Sedang spektrum sinyal hasil spreading dinyatakan oleh gambar 4.20 berikut



Gambar 4.17 Spektrum sinyal hasil desreading

Dari gambar 4.17 dapat diketahui spectrum sinyal hasil desreading. Jika dibandingkan spectrum data awal (gambar 4.11) maka setelah mengalami desreading sinyal informasi yang diterima sama dengan yang dikirim. Untuk mengetahui kesalahan data informasi yang diterima, dilakukan perhitungan BER terhadap  $E_b/N_0$ .

#### **4.5 Perbandingan BER dengan $E_b/N_0$ pada Single User Receiver untuk 2 pengguna dan 4 pengguna untuk masing-masing kode.**

Hasil simulasi Kode Prima, Kode Prima Modifikasi pada CDMA Optik untuk 2 pengguna dengan  $E_b/N_0$  dari 0 dB sampai 12 dB, dengan membangkitkan 10000 bit data informasi dan panjang kode  $N=49$  dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut.

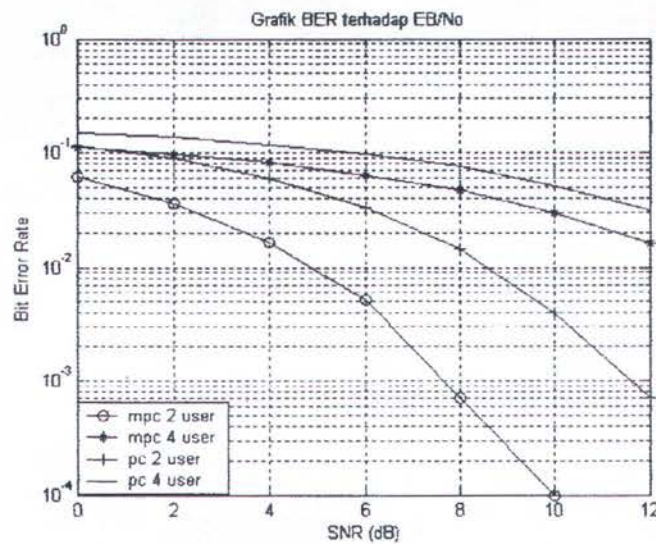
Tabel 4.5 Perbandingan BER terhadap Eb/No untuk 2 pengguna

Eb/No	Kode Prima Modifikasi	Kode Prima
0	0.0607	0.1153
2	0.0362	0.0899
4	0.0156	0.06
6	0.0051	0.0332
8	0.0007	0.0043
10	0	0.004
12	0	0.0007

Tabel 4.6 Perbandingan BER terhadap Eb/No untuk 4 pengguna

Eb/No	Kode Prima Modifikasi	Kode Prima
0	0.0917	0.1508
2	0.0792	0.1389
4	0.0667	0.1181
6	0.0539	0.097
8	0.0388	0.0774
10	0.0270	0.0514
12	0.0198	0.0318

Dari data pada tabel 4.5 dan tabel 4.6 diatas, dapat dilukiskan grafik perbandingan antara BER terhadap S/No sebagai berikut



Gambar 4.18 Grafik perbandingan BER terhadap Eb/No pada kedua jenis kode

Dari kedua jenis kode yang dipakai sebagai spreading code pada CDMA optik dapat diketahui bahwa dengan jumlah multi user yang berbeda dan kode yang digunakan berbeda dengan Eb/No yang berharga naik akan terjadi perubahan nilai BER. Dimana untuk CDMA optik dengan 2 pemakai akan mengalami penurunan nilai yang relatif besar daripada untuk 4 pemakai. Untuk CDMA optik 4 pemakai dapat dilihat nilai BER cenderung  $10^{-2}$  bahkan ada yang sampai  $10^{-1}$  pada setiap kenaikan nilai Eb/No. Sedangkan pada CDMA optik 2 pemakai nilai BER bisa sampai  $10^{-4}$ . Pada nilai Eb/No 10 dB untuk kode prima dan kode prima modifikasi pada CDMA optik 2 pemakai nilai BER=0.0007 dan 0.0001. Sedangkan untuk CDMA optik 4 pemakai nilai BER=0.0295 dan 0.0514. Pada nilai Eb/No 12 dB nilai BER untuk kode prima modifikasi sudah bernilai 0 hal ini terjadi karena data yang dibangkitkan terlalu kecil yaitu 10000 data informasi. Untuk nilai BER yang sama, maka selisih Eb/No antara kode prima dan kode prima modifikasi untuk dua pengguna sekitar 4 dB sedang untuk 4 pengguna selisihnya 6 dB.

Dari nilai BER tersebut, untuk CDMA optik 4 pemakai memiliki unjuk kerja sistem yang kurang bagus dibandingkan dengan CDMA optik untuk 2 pemakai. Hal ini bisa dikarenakan pada CDMA optik 2 pemakai hanya 1 pemakai lain yang mengganggu sinyal dirinya. Sedangkan pada CDMA optik 4 pemakai ada 3 pemakai lain yang mengganggu sinyal pemakai tersebut.

Dari Hasil grafik diatas dapat diketahui untuk Eb/No semakin besar diperoleh BER yang semakin kecil. Dari ketiga kode yang dipakai sebagai kode penebar untuk CDMA optik ini kode yang memiliki nilai BER yang terkecil adalah Kode prima modifikasi sehingga kode ini memiliki performansi yang bagus untuk dipakai dalam sistem CDMA optik.



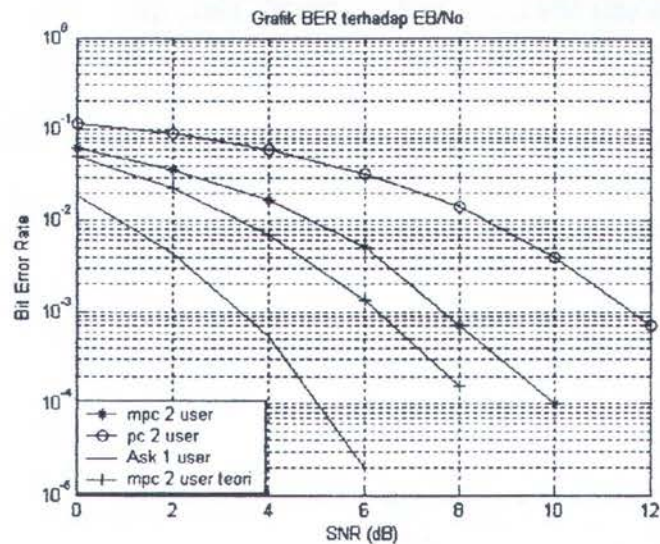
#### 4.6 Perbandingan BER dengan Eb/No pada Single User Receiver masing-masing kode terhadap hasil perhitungan rumus teoritis.

Hasil simulasi Kode Prima, Kode Prima Modifikasi pada CDMA Optik untuk 2 pengguna dengan Eb/No dari 0 dB sampai 12 dB, dengan membangkitkan 10000 bit data informasi dan panjang kode  $N=49$  selanjutnya dibandingkan dengan nilai perhitungan BER secara rumus teoritis untuk kode prima termodifikasi menggunakan persamaan (2.20) dan dibandingkan dengan nilai BER untuk modulasi ASK, hasilnya dinyatakan dalam tabel 4.7 berikut

Tabel 4.7 Perbandingan BER terhadap Eb/No untuk 2 pengguna

Eb/No	Kode Prima	Kode Prima Modifikasi	Kode Prima Modifikasi Teori	ASK
0	0.1153	0.0607	0.05	0.01876
2	0.0899	0.0362	0.02302	0.00442
4	0.06	0.0156	0.00699	0.00054
6	0.0332	0.0051	0.00133	0.00002
8	0.0043	0.0007	0.00016	0
10	0.004	0	0	0
12	0.0007	0	0	0

Dari data pada tabel 4.7 diatas, perbandingan antara BER terhadap S/No ditunjukkan pada gambar 4.19 berikut



Gambar 4.19 Grafik perbandingan BER terhadap Eb/No

Dari hasil grafik diatas, dapat dibandingkan perbandingan nilai BER terhadap Eb/No hasil pembangkitan dengan perbandingan nilai BER terhadap Eb/No secara rumus teoritis. Perbandingan nilai BER terhadap Eb/No secara rumus teoritis untuk kode prima termodifikasi lebih baik dari pada hasil simulasi, pada nilai SNR 8 dB nilai BER sebesar 0,0007 sedang dengan simulasi diperoleh nilai BER sebesar 0.00016. Untuk nilai BER yang sama selisihnya mencapai 1 dB. Perbedaan nilai yang terjadi disebabkan karena banyak data informasi yang dibangkitkan terlalu kecil.

Dari hasil grafik diatas juga dapat diketahui untuk Eb/No semakin besar diperoleh BER yang semakin kecil. Dari kedua kode yang dipakai sebagai kode penebar untuk CDMA optik ini kode yang memiliki nilai BER yang terkecil adalah kode prima termodifikasi meskipun memiliki selisih yang cukup tajam jika dibandingkan dengan hasil perhitungan teoritisnya. Kemungkinan penyebabnya adalah perbedaan parameter-parameter dan asumsi yang digunakan dalam sistem.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan evaluasi karakteristik kode-kode yang digunakan sebagai spreading code dan perbandingan dari nilai BER terhadap Eb/No serta aplikasinya pada sistem Optical CDMA dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada tugas akhir ini telah dilakukan evaluasi spreading code dan kinerja sistem O-CDMA.
2. Kode prima modifikasi dapat diterapkan pada O-CDMA mampu mencapai nilai BER  $10^{-4}$  pada nilai Eb/No 8 dB untuk dua pengguna.
3. Nilai perbandingan BER terhadap Eb/No untuk kode prima modifikasi dua pengguna memiliki nilai selisih nilai Eb/No sebesar 1 dB untuk nilai BER sebesar  $10^{-4}$  dibandingkan dengan rumus teoritis.

#### 5.2 Saran

Simulasi dan evaluasi ini untuk mengetahui performansi dari kode-kode yang dibangkitkan pada system O-CDMA dengan modulasi ASK dengan jumlah data informasi yang lebih besar dan daya yang rendah. Untuk itu perlu adanya perangkat keras yang mendukung agar perencanaan program dapat dijalankan semakin optimal, sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Agrawal, G. P, " Fiber Optic Communication Systems, 2<sup>nd</sup> ed, John Willey, New York, 1997.
- [2] Andrew Stok, Edward H. Sargent," Optical Code Division Multiple Access and Quality of Service Provisioning", IEEE Network, Nopember/Desember, 2000.
- [3] Anthony Filanowski, " Optical Code Division Multiple Access Networking", Network Application Engineer, Motorola BCS.
- [4] Gerd Keiser,"Optical Fiber Communication", third edition, McGraw Hill International Edition, 2000.
- [5] Gunnar Jacobsosen," Noise in Digital Optical Transmision Systems", Artech House, USA, 1994.
- [6] Jarmo Oksa, "Optical CDMA Systems", Licentiate Course on Signal Processing in Communication. FALL, 1997.
- [7]. J. Meel. ir, "Spread Spektrum", De Nayer Instituut, Belgium,1999.
- [8]. John G Proakis, " Digital Commication",third edition, Mc, Graw Hill Company, New York, 1989
- [9] K Kitayama, H Sotobayashi, N Wada, *Optical Code Division Multiple Access and Its Application to Photonic Network*, IEICE Trans Fundamental Vol E82-A, Desember, 1999.
- [10]. Lam, P.M., *2<sup>n</sup> Prime sequence code for incoherent asynchronous optical fiber code division multiple access network*, AU J.T 4:162-72, 2001.

- [11]. Max Ming ,Kang Liu, "Principles and Aplication of Optical Communication", a Times Mirror Higher Education Group, Inc. company, USA, 1996.
- [12]. Pham Manh Lam, *Gaussian Aproximation of the BER for Non-Coherent Optical fiber CDMA Networks Using Sparse Codes*, Assumption University, Bangkok, Thailand , April, 2002.
- [13] Theodore S. Rapaport ,” Wireless Communication Principles and Practice”, Prentice Hall PTR, New jersey,1996

## LAMPIRAN

### 1. Pembangkitan Kode Prima.

```
%Kode Prima
p=7;
%Data=[1 1 1 0 1 1 0 0]
%GFp=GF(0:p,p)
GFp=0:1:p-1;
x=0:1:p-1;

for i=1:p
    S=mod((GFp.*x(i)),p);
    s(i,:)=S;
    Sx(i,:)=mod((GFp.*x(i)),p)+(x(i).*p)+1;
    y=Sx';
end
x1=s % x1=sequence code
m1=y;
n=p^2;
cp=zeros(p,n);
for i=1:p
    cp(i,m1(i,1:p))=1;
end
```

### 2. Pembangkitan Kode Prima Modifikasi.

```
%Modifikasi kode prima
for i=1:p-1
    yy(i+1,:)=mod((GFp.*x(1)),p)+(p-i);
end
for i=1:p
    for j=1:p
        xy(j,i)=yy(i,j)+p*(j-1)+1;
        ss=xy';
    end
end
scl=yy %scl=sequence code
q=ss;
cxy=zeros(p,n);
for i=1:p
    cxy(i,q(i,1:p))=1;
end
mpc0=cxy %mpc0=modified prime code
```

```

for j=2
  for i=1:p;
    x(i,:)=x1(j,:);
  end
  x;

  for k=1:p
    for l=1:p
      x2=gfadd(x,x',p);
      xx(k,l)=x2(k,l)+p*(l-1)+1;
    end
  end
  sc2=x2 ;%sc2=sequence code
  yy=xx;
  cxx=zeros(p,n);
  for m=1:p
    cxx(m,yy(m,1:p))=1;
  end
  mpc=cxx; %mpc=modified prime code
end
for j=3
  for i=1:p;
    x(i,:)=x1(j,:);
  end
  x;

  for k=1:p
    for l=1:p
      x2=gfadd(x,x',p);
      xx(k,l)=x2(k,l)+p*(l-1)+1;
    end
  end
  sc2=x2 ;%sc2=sequence code
  yy=xx;
  cxx=zeros(p,n);
  for m=1:p
    cxx(m,yy(m,1:p))=1;
  end
  mpc3=cxx; %mpc=modified prime code
end
cxy=mpc
for j=4
  for i=1:p;
    x(i,:)=x1(j,:);
  end
  x;

```

```

for k=1:p
    for l=1:p
        x2=gfadd(x,x',p);
        xx(k,l)=x2(k,l)+p*(l-1)+1;
    end
end
sc2=x2 ;%sc2=sequence code
yy=xx;
cxx=zeros(p,n);
for m=1:p
    cxx(m,yy(m,1:p))=1;
end
mpc=cxx; %mpc=modified prime code
end
cxy=mpc
for j=5
    for i=1:p;
        x(i,:)= x1(j,:);
    end
    x;

    for k=1:p
        for l=1:p
            x2=gfadd(x,x',p);
            xx(k,l)=x2(k,l)+p*(l-1)+1;
        end
    end
    sc2=x2 ;%sc2=sequence code
    yy=xx;
    cxx=zeros(p,n);
    for m=1:p
        cxx(m,yy(m,1:p))=1;
    end
    mpc=cxx; %mpc=modified prime code
end
for j=6
    for i=1:p;
        x(i,:)= x1(j,:);
    end
    x;
    for k=1:p
        for l=1:p
            x2=gfadd(x,x',p);
            xx(k,l)=x2(k,l)+p*(l-1)+1;
        end
    end
end

```



```

sc2=x2 ;%sc2=sequence code
yy=xx;
cxx=zeros(p,n);
for m=1:p
    cxx(m,yy(m,1:p))=1;
end
mpc6=cxx; %mpc=modified prime code
end
for j=7
    for i=1:p;
        x(i,:)= x1(j,:);
    end
    x;
    for k=1:p
        for l=1:p
            x2=gfadd(x,x',p);
            xx(k,l)=x2(k,l)+p*(l-1)+1;
        end
    end
end
sc2=x2 ;%sc2=sequence code
yy=xx;
cxx=zeros(p,n);
for m=1:p
    cxx(m,yy(m,1:p))=1;
end
mpc7=cxx; %mpc=modified prime code
end

```

### 3. Pengujian Auto Korelasi , Korelasi, dan PSD Kode Prima.

```

clc;
clear all;
clear cp cpx

%Kode Prima
p=7;
GFp=0:1:p-1;
x=0:1:p-1;
mpc=[]
for i=1:p
    S=mod((GFp.*x(i)),p);
    s(i,:)=S;
    Sx(i,:)=mod((GFp.*x(i)),p)+(x(i).*p)+1;
    y=Sx';
end
x1=s % x1=sequence code

```

```

m1=y;
n=p^2;
cp=zeros(p,n);
for i=1:p
    cp(i,m1(i,1:p))=1;
end
pc1=cp % pc1 = prime code

%Modifikasi kode prima
for i=1:p-1
    yy(i+1,:)=mod((GFp.*x(1)),p)+(p-i);
end
for i=1:p
    for j=1:p
        xy(j,i)=yy(i,j)+p*(j-1)+1;
        ss=xy';
    end
end
sc1=yy %sc1=sequence code
q=ss;
cxy=zeros(p,n);
for i=1:p
    cxy(i,q(i,1:p))=1;
end
mpc0=cxy %mpc0=modified prime code

for j=2
    for i=1:p;
        x(i,:)=x1(j,:);
    end
    x;

    for k=1:p
        for l=1:p
            x2=gfadd(x,x',p);
            xx(k,l)=x2(k,l)+p*(l-1)+1;
        end
    end
    sc2=x2 ;%sc2=sequence code
    yy=xx;
    cxx=zeros(p,n);
    for m=1:p
        cxx(m,yy(m,1:p))=1;
    end
    mpcl=cxx; %mpc=modified prime code
end
for j=3

```

```

for i=1:p;
    x(i,:)= x1(j,:);
end
x;

for k=1:p
    for l=1:p
        x2=gfadd(x,x',p);
        xx(k,l)=x2(k,l)+p*(l-1)+1;
    end
end
sc2=x2 ;%sc2=sequence code
yy=xx;
cxx=zeros(p,n);
for m=1:p
    cxx(m,yy(m,1:p))=1;
end
mpc2=cxx; %mpc=modified prime code
end
cxy=mpc
for j=4
    for i=1:p;
        x(i,:)= x1(j,:);
    end
    x;

    for k=1:p
        for l=1:p
            x2=gfadd(x,x',p);
            xx(k,l)=x2(k,l)+p*(l-1)+1;
        end
    end
    sc2=x2 ;%sc2=sequence code
    yy=xx;
    cxx=zeros(p,n);
    for m=1:p
        cxx(m,yy(m,1:p))=1;
    end
    mpc3=cxx; %mpc=modified prime code
end
cxy=mpc
for j=5
    for i=1:p;
        x(i,:)= x1(j,:);
    end
    x;

```

```

for k=1:p
    for l=1:p
        x2=gfadd(x,x',p);
        xx(k,l)=x2(k,l)+p*(l-1)+1;
    end
end
sc2=x2 ;%sc2=sequence code
yy=xx;
cxx=zeros(p,n);
for m=1:p
    cxx(m,yy(m,1:p))=1;
end
mpc4=cxx; %mpc=modified prime code
end
for j=6
    for i=1:p;
        x(i,:)= x1(j,:);
    end
    x;
    for k=1:p
        for l=1:p
            x2=gfadd(x,x',p);
            xx(k,l)=x2(k,l)+p*(l-1)+1;
        end
    end
    sc2=x2 ;%sc2=sequence code
    yy=xx;
    cxx=zeros(p,n);
    for m=1:p
        cxx(m,yy(m,1:p))=1;
    end
    mpc5=cxx; %mpc=modified prime code
end
for j=7
    for i=1:p;
        x(i,:)= x1(j,:);
    end
    x;
    for k=1:p
        for l=1:p
            x2=gfadd(x,x',p);
            xx(k,l)=x2(k,l)+p*(l-1)+1;
        end
    end
    sc2=x2 ;%sc2=sequence code
    yy=xx;
    cxx=zeros(p,n);

```

```

for m=1:p
cxx(m,yy(m,1:p))=1;
end
mpc6=cxx; %mpc=modified prime code
end

```

```

pc=mpc0(6,:);
pc1=mpc1(1,:);
pc2=mpc2(3,:);
pc3=mpc3(1,:);
pc4=mpc4(5,:);
pc5=mpc5(2,:);
pc6=mpc6(1,:);
pc7=mpc6(5,:);
pc=(pc==pc1);
pc=(pc==pc2);
pc=(pc==pc3);
pc=(pc==pc4);
pc=(pc==pc5);
pc=(pc==pc6);
figure;
stairs(0:length(pc)-1,pc);grid on;
axis([0 length(pc)-1 -0.2 1.3])
title('GF7all')

```

```

c2=[mpc4(1,:);
c3=[mpc3(1,:);

```

```

% Kode yang dibangkitkan
bit1=[mpc6(1,:);
bit2=[mpc6(1,:);
a1=(c2==bit1);
out1=a1;
figure
stairs(0:length(out1)-1,out1);grid on;
axis([0 length(pc)-1 -0.2 1.3]);
title('kode pn user1')
xlabel('time');ylabel('amplitudo');
a2=(c3==bit2);
out2=a2;
figure
stairs(0:length(out2)-1,out2);grid on;
axis([0 length(pc)-1 -0.2 1.3]);
title('kode pn user2')
xlabel('time');ylabel('amplitudo');
N=p^2;xx=-N:N;
[corr]=xcorr(c2, c2, N)/p;

```



```

var11=var(corr);
mean11=mean(corr);
Pmax=max(corr)
figure
plot(xx,corr);
xlabel(' k');
ylabel(' Rxx(k)')
title('Autokorelasi')
grid on;

```

```

N=p^2;xx=-N:N;
[corr]=xcorr(c3, c3, N)/p;
var11=var(corr);
mean11=mean(corr);
Pmax=max(corr)
figure
plot(xx,corr);
xlabel(' k');
ylabel(' Rxx(k)')
title('Autokorelasi')
grid on;

```

```

N=p^2;xx=-N:N;
[corr]=xcorr(c2, c3, N)/p;
var11=var(corr);
mean11=mean(corr);
Pmax=max(corr)
figure
plot(xx,corr);
xlabel(' k');
ylabel(' Rxx(k)')
title('korelasi silang')
grid on;

```

```

N=p^2;xx=-N:N;
[corr]=xcorr(mpc3(1,:),mpc3(4,:), N)/p;
var11=var(corr);
mean11=mean(corr);
Pmax=max(corr)
figure
plot(xx,corr);
xlabel(' k');
ylabel(' Rxx(k)')
title('Autokorelasi')
grid on;

```

```

%Power Spektral Density
%PSD1
out1=reshape(repmat(out1,10,1),1,10*length(out1));
pxx1=(psd(out1*15,n*15,2,hanning(n*15),0,0.5)/50000)';
pxx1=pxx1/p;
daya1max=max(pxx1)
laen=[fliplr(pxx1) pxx1(1,2:end)];
figure
plot(length(pxx1)-length(laen):length(pxx1)-1,laen,'b');
grid on;
axis([(length(pxx1)-length(laen))-100] (length(pxx1)-1)+100 0 0.2]);
title('PSD user 1');
xlabel('frekuensi');
ylabel('daya');

%PSD mul 0
figure
plot(0:length(pxx1)-1,pxx1,'b');
title('PSD user 1');
xlabel('frekuensi');
ylabel('daya');
grid on;

figure
out2=reshape(repmat(out2,10,1),1,10*length(out2));
pxx2=(psd(out2*15,n*15,2,hanning(n*15),0,0.5)/50000)';
pxx2=pxx2/p;
daya2max=max(pxx2)
laen=[fliplr(pxx2) pxx2(1,2:end)];
plot(length(pxx2)-length(laen):length(pxx2)-1,laen,'b');
grid on;
axis([(length(pxx2)-length(laen))-100] (length(pxx2)-1)+100 0 0.2]);
title('PSD user 2');
xlabel('frekuensi');
ylabel('daya');

figure
plot(0:length(pxx2)-1,pxx2,'b');
title('PSD user 2');
xlabel('frekuensi');
ylabel('daya');
grid on;

```

#### 4. Penerapan Pada CDMA Optik

```
clear all
clc
%Kode Prima
p=5; jml_info=10000;
GFp=0:1:p-1;
x=0:1:p-1;

for i=1:p
    S=mod((GFp.*x(i)),p);
    s(i,:)=S;
    Sx(i,:)=mod((GFp.*x(i)),p)+(x(i).*p)+1;
    y=Sx';
end
x1=s; % x1=sequence code
m1=y;
n=p^2;
cp=zeros(p,n);
for i=1:p
    cp(i,m1(i,1:p))=1;
end
pc1=cp; % pc1= prime code
%Modifikasi kode prima
for i=1:p-1
    yy(i+1,:)=mod((GFp.*x(1)),p)+(p-i);
end
for i=1:p
    for j=1:p
        xy(j,i)=yy(i,j)+p*(j-1)+1;
        ss=xy';
    end
end
scl=yy; %scl=sequence code
q=ss;
cxy=zeros(p,n);
for i=1:p
    cxy(i,q(i,1:p))=1;
end
mpc0=cxy; %mpc0=modified prime code
for j=2
    for i=1:p;
        x(i,:)=x1(j,:);
    end
end
x;

for k=1:p
    for l=1:p
```



```

        x2=gfadd(x,x',p);
        xx(k,l)=x2(k,l)+p*(l-1)+1;
    end
end
sc2=x2; ;%sc2=sequence code
yy=xx;
cxx=zeros(p,n);
for m=1:p
    cxx(m,yy(m,1:p))=1;
end
mpc=cxx; %mpc=modified prime code
end
mpc1=mpc;
for j=3
    for i=1:p;
        x(i,:)=x1(j,:);
    end
    x;
    for k=1:p
        for l=1:p
            x2=gfadd(x,x',p);
            xx(k,l)=x2(k,l)+p*(l-1)+1;
        end
    end
end
sc2=x2 ;%sc2=sequence code
yy=xx;
cxx=zeros(p,n);
for m=1:p
    cxx(m,yy(m,1:p))=1;
end
mpc=cxx; %mpc=modified prime code
end
mpc2=mpc;
for j=4
    for i=1:p;
        x(i,:)=x1(j,:);
    end
    x;

    for k=1:p
        for l=1:p
            x2=gfadd(x,x',p);
            xx(k,l)=x2(k,l)+p*(l-1)+1;
        end
    end
end
sc2=x2 ;%sc2=sequence code
yy=xx;

```

```

cxx=zeros(p,n);
for m=1:p
    cxx(m,yy(m,1:p))=1;
end
mpc=cxx; %mpc=modified prime code
end
mpc3=mpc;
for j=5
    for i=1:p;
        x(i,:)=x1(j,:);
    end
    x;

    for k=1:p
        for l=1:p
            x2=gfadd(x,x',p);
            xx(k,l)=x2(k,l)+p*(l-1)+1;
        end
    end
    sc2=x2; %sc2=sequence code
    yy=xx;
    cxx=zeros(p,n);
    for m=1:p
        cxx(m,yy(m,1:p))=1;
    end
    mpc=cxx; %mpc=modified prime code
end
mpc4=mpc;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% USER 1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
rb=1;fc=25;fs=4;
%jml_info=100;
jml_chip=25;
x=randint(1,jml_info);
L_data=length(x);
datauser=modmap(x,rb,fc,'sample'); %unipolar jadi bipolar
USER=reshape(datauser,fc,jml_info);
PRIMECODE=repmat(mpc(1,:),jml_info,1);
% proses spreading
spreading=(xor(USER,PRIMECODE));
s=spreading;
ar=fc*jml_info;
sp=reshape(s,1,ar);
spr=double(sp);
spreadfft=abs(fft(s));
spread=[spreadfft spreadfft];

```

```

    m=-ar:1:ar-1;
% figure
% plot(m,spread);
out1=(dmodce(spr',rb,fs,'ask',2));
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% USER 2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    rb=1;fc=25;fs=4;
    %jml_info=100;
    jml_chip=25;
    x2=randint(1,jml_info);
    L_data2=length(x2);
    datauser2=modmap(x2,rb,fc,'sample'); %unipolar jadi bipolar
    USER2=reshape(datauser2,fc,jml_info);
    PRIMECODE2=repmat(mpc2(1,:),jml_info,1);
% proses spreading
    spreading2=(xor(USER2,PRIMECODE2));
    s2=spreading2;
    ar=fc*jml_info;
    sp2=reshape(s2,1,ar);
    spr2=double(sp2);
    spreadfft2=abs(fft(s2));
    spread=[spreadfft2 spreadfft2];
    m=-ar:1:ar-1;
% figure
% plot(m,spread);
out2=(dmodce(spr2',rb,fs,'ask',2));

%-----
%Proses Filterisasi
%-----
%Parameter filter
SNR_AWAL=0;SNR_step=2; SNR =30; nlters =5; FFTap=5; FBTap=4;
logEbNo =SNR_AWAL:SNR_step:SNR; lenSim = length(logEbNo);Din=0.2;

N_data=length(out1); % Jumlah bit stream
over = 4; % oversampling
Rs = 10e3 ; % Symbol rate
T = 1/Rs ; % Time interval
L = 8; % truncate rrc between [-8Tb 8Tb]
Fs = over*Rs; % Sampling rate
Ts = 1/Fs ; % sample interval
Ns = T/Ts;
alpha=0.5;
An=(out1'+out2');
h = rc_wave(alpha, L, Ns, 'sqrt');
[trash,pos] = max(h);% Root raised cosine delay 'pos'

```

```

%fd=1;
Xup = zeros(1,length(An)*over);
Xup(1:over:end) = An;
sig1 = filter(h,1,Xup); % Signal after pulse shaping
sig = sig1(pos : length(sig1)); % Discard transient
sig_A = sig1(pos:length(sig1)); sig_B = sig1(1:pos-1);
sig = [sig_A sig_B];
%-----
% Keluaran filter Rx ke kanal optik
%-----
xin=sig;lxin=length(xin);
Xin=fft(xin,lxin);
nn=0:1/(length(xin)-1):1;
hc=sqrt(pi/2)*(1/Din)*gaussmf(nn,[0.2 0.1])*hamming(length(xin));
Hc=fft(hc)/max(fft(hc));
Yout=Xin.*Hc';
yout=real(ifft(Yout));
for EbNoindex =1:lenSim
for iters = 1:nlters
p=5;W=p;R=0.78;id=1e-9;N=p^2;RL=50;T=300;kb=1.38e-
23;K=2;P=1;S=p^2;B=1e+9;q=1.6e-19;
i0=(K-1)*(((R*P)/(S))*(p/(p+1)));
i1=((R*P*p)/S)*(1+((K-1)/2*(p+1)));
std0=((K-1)*(((R*P)/S).^2)*((p*(p+2))/(4*(p+1)^2)))+2*q*B*(((K-
1)*((R*P)/S))*((p/(2*(p+1)))+id))+4*kb*T*B/RL);
std1=((K-
1)*(((R*P)/S).^2)*((p*(p+2))/(4*(p+1)^2)))+(2*q*B*((R*P*p)/S)*(1+(K-
1)/(2*(p+1))))+(2*q*B*id)+(4*kb*T*B/RL);
ab=(std1+std0)*p^2;
ID=(((std0*i1)+(std1*i0))/ab);
Eb_No = 10^(logEbNo(EbNoindex));
Eb = over*1;
No = 1/Eb_No;
nvar1 = sqrt(No/2)*ID;%
sigg2 = yout+nvar1*randn(1,length(sig));
% Keluaran kanal ke Rx
sig2 = filter(h,1,sigg2);
Xha_t = sig2(pos:over:length(sig2)); bbb = An(:,length(Xha_t)+1:length(An));
X_hat=[Xha_t bbb]; N_est = 2*(real(X_hat)>0)-1;

%proses despreading
%%%%%%%%%%
%User 1
%%%%%%%%%%
Demoddata1=(ddemodce(N_est',rb,fs,'ask',2));
Axi=reshape(Demoddata1,fc,jml_info);
PRIMECODE=repmat(mpc(1,:),jml_info,1);

```

```

despreding=(xor(Axr,PRIMECODE));
inte=sum(despreding,1);% integral dimana data semua data dijumlahkan tiap
kolom
dump=inte/jml_chip;
INTDMP1=dump
R_MPN1=INTDMP1(:);
jml_user=2;p1=((1/jml_user)*(sum(mpc(1,:)))/(jml_chip));
R_signal1=[R_MPN1(:,1)']; Sinyal_asli=[R_signal1];
    for i=1:L_data
        if R_signal1(i)<=0.35;
            R_signal1(i)=0;
        else R_signal1(i)>=0.35;
            R_signal1(i)=1;
        end
    end
    R_signal1out=[R_signal1];
    errout(iters)= symerr(x,R_signal1out)/jml_info;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%User 2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Demoddata2=(ddemodce(N_est',rb,fs,'ask',2));
Axr2=reshape(Demoddata2,fc,jml_info);
PRIMECODE2=repmat(mpc2(1,:),jml_info,1)';
despreding2=(xor(Axr2,PRIMECODE2));
inte2=sum(despreding2,1);% integral dimana data semua data dijumlahkan tiap
kolom
dump2=inte2/jml_chip;
INTDMP2=dump2;
R_MPN2=INTDMP2(:);
jml_user=2;p1=((1/jml_user)*(sum(mpc(1,:)))/(jml_chip));
R_signal2=[R_MPN2(:,1)']; Sinyal_asli=[R_signal2];
    for i=1:L_data
        if R_signal2(i)<=0.35;
            R_signal2(i)=0;
        else R_signal2(i)>=0.35;
            R_signal2(i)=1;
        end
    end
    R_signal2out=[R_signal2];
    errout2(iters)= symerr(x2,R_signal2out)/jml_info;
end
err_out(EbNoindex) = sum(errout)/nltrs
err_out2(EbNoindex) = sum(errout2)/nltrs

end
EbNo =SNR_AWAL:SNR_step:SNR;
figure

```