PERANCANGAN DAN REALISASI *DEMODULATOR DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM* (DSSS)

TUGAS AKHIR

Merupakan suatu syarat untuk mendapatkan Gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Komputer Indonesia

Disusun Oleh :

Nama : Hary Romandi
Nim : 13102861



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS KOMPUTER INDONESIA

2008

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN DAN REALISASI *DEMODULATOR DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM* (DSSS)

Telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan
Gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Komputer Indonesia

Disusun Oleh :

Nama : Hary Romandi

Nim : 13102861

Bandung, Agustus 2008

Menyetujui

Pembimbing Utama	Pembimbing Pendamping
Tri Rahajoeningroem, M.T	**Budi Herdiana, S.T**
NIP : 4127.70.04.015	

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Aria, S.T
NIP : 4127.70.04.008

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN DAN REALISASI *DEMODULATOR DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM* (DSSS)

Telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan
Gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Komputer Indonesia

Disusun Oleh :

Nama : Hary Romandi

Nim : 13102861

Bandung, Agustus 2008

Mengetahui

Penguji I	Penguji II
Levy Olivia Nur, M.T	**Muhammad Aria, S.T**
NIP : 4127.70.04.014	**NIP : 4127.70.04.008**

“

“Risalah Hati”

Kegagalan atau Keberhasilan yang kita alami,

bukanlah isyarat untuk berhenti berkarya,

karena kegagalan bukanlah tanda kehinaan

dan keberhasilan bukanlah bukti kemuliaan

hanya NIAT yang menjadi tolak ukur

berhasil atau tidaknya sebuah KARYA.

”Cinta”

Jika kau mengingat masa lalu, maka ingatlah sejarahmu

yang cemerlang agar kau bahagia.

Jika kau mengingat hari ini, maka ingatlah peristiwamu

dan kebersamaan kita agar kau senang

Jika kau mengingat esok, maka ingatlah mimpi-mimpimu

yang indah agar kau ”OPTIMIS”

ABSTRAK

PERANCANGAN DAN REALISASI *DEMODULATOR DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM* (DSSS)

Oleh :

Nama : Hary Romandi

Nim : 13102861

Sistem *spread spectrum* merupakan sistem yang dapat menjamin kerahasiaan data yang dikirim, karena data yang dikirim pada sistem *spread spectrum* adalah data acak yang dikenal sebagai noise. Pada sistem *Demodulator Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) terdapat proses *despreading*. Proses *desprading* adalah proses yang paling penting pada penerima yang menggunakan modulasi DSSS. Proses *despreading* dilakukan dengan cara mengalikan sinyal yang diterima (sinyal *spread spectrum*) dengan kode *Pseudo Noise* (PN) yang terdapat pada sistem penerima. Proses *despreading* akan mengubah spektrum sinyal pembawa yang dimodulasi data kembali ke *bandwidth* semula.

Kata kunci : *Spread Spectrum*, DSSS, *Pseudo Noise* (PN), *Despreading*

ABSTRACT

REALIZATION AND DESIGN DEMODULATOR DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM (DSSS)

By :

Name : Hary Romandi

Nim : 13102861

System of spread spectrum represent system able to guarantee sent data secret, because data sent at system of spread spectrum is random data is know as noise. At system of Demodulator Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) there are process of despreading. Process desprading is top-drawer process at receiver using modulation of DSSS. Process despreading recognized by multiplying accepted signal (spread spectrum signal) with code of Pseudo Noise (PN) found on receiver system. Process despreading will alter spectrum of signal carrier which is data modulation return to bandwidth initialy.

Keyword : Spread Spectrum, DSSS, Pseudo Noise (PN), Despreading

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur alhamdulillah penulis ucapkan atas kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia_Nya jualah akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tugas akhir yang penulis susun dengan judul **"PERANCANGAN DAN REALISASI *DEMODULATOR DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM* (DSSS)".**

Penyusunan laporan ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dari mata kuliah Tugas Akhir Program Strata-I (S-I) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Komputer Indonsia.

Penulis sangat menyadari dan mengerti atas banyaknya kekurangan dalam penyusunan laporan ini, dikarenakan ilmu, dan pengetahuan yang penulis miliki. Dalam penyusunan laporan ini penulis banyak mendapatkan masukan, bantuan saran dan juga kritikan yang tentunya sangat membantu penyusunan dan memacu semangat dalam penyusunan laporan ini.

Dengan hati ikhlas, penulis ucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya serta penghargaan yang tidak terhingga yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi rahmat dan karunia_Nya serta kekuatan untuk hidup dan nikmat rezeki yang tiada henti penulis syukuri.
2. Bapak, Mamak, Abang dan Adik tercinta yang telah memberikan moril, materil serta do'a restu, sehingga penulis dapat menyelesaikan *studi* perkuliahan dan tugas akhir ini dengan baik.

3. Om Nazar, Utih, Uni Liza, Bang Boy dan Teddy yang telah memberi semangat ke penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.
4. Nenek, Om Pen sekeluarga dan Tante Memen sekeluarga di Pekanbaru dan seluruh keluarga penulis lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberi semangat ke penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. Eddy Suryanto Soegoto, M.Sc. selaku pimpinan Rektorat Universitas Komputer Indonesia Bandung.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Ukun Sastraprawira, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Komputer Indonesia.
7. Bapak Muhammad Aria, S.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Komputer Indonesia Bandung.
8. Ibu Tri Rahajoeningroem, M.T, selaku Koordinator Tugas Akhir dan Dosen Pembimbing Utama yang telah banyak memberikan penulis saran dan solusi dalam pengerjaan laporan tugas akhir ini.
9. Bapak Budi Herdiana, S.T, dan Bapak Joko Priyatno, S.T, selaku pembimbing pendamping I dan II yang telah banyak memberikan saran dan pengarahan serta semangat dalam proses perancangan maupun pengerjaan alat serta penulisan laporan tugas akhir ini.
10. Ibu Levy Olivia Nur, M.T, (dosen wali), Bapak Istikmal, M.T, Bapak Augie Widyotriatmo, M.T, selaku dosen tetap Jurusan Teknik Elektro dan dosen-dosen lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak memberikan ilmu diberbagai bidang mata kuliah yang sangat berguna untuk masa sekarang maupun masa yang akan datang.

11. Mbak Mery Iriyanti, S.E, selaku sekretariat Jurusan Teknik Elektro yang telah banyak membantu penulis dalam segala urusan akademis.
12. Sobat-sobat penulis yaitu, Rudex_Freak (Rudy Ryanto), Zang_Eti (Jajang Nurjaman), Vay_ 019 (Fery Afriza), meskipun kita yang sedang mengerjakan tugas akhir ini sama-sama mengalami *stress* berat dan selalu bergadang hampir tiap malam ketika penulis nginap dikosan tetapi canda dan tawa tetap selalu ada, dan tidak lupa pula pada Aeboy (Bagja), Rio, Joko, Ian dan Afif, yang telah mengisi hari-hari yang *stress*, bingung maupun suntuk selama penulis mengerjakan laporan tugas akhir ini, sukses selalu untuk semuanya.
13. Eka Maulina, Cici, Liza, Donox (Fadli), Hendra, Beni Nasir, David (sobat-sobat SD dan SMP di Tembilahan Riau), Adon (Doni), Codoy' (Dodi), Oky (Sobat-sobat STM di Padang) yang selalu memberikan semangat ke penulis untuk menyelesaikan *studi* dan tugas akhir ketika penulis pulang ke Tembilahan Riau maupun ke Padang, terima kasih atas semuanya yang telah kalian berikan pada penulis selama ini.
14. Teman-teman Jurusan Teknik Elektro yang sedang mengerjakan tugas akhir maupun yang belum, terima kasih atas pertemanan dan bantuannya selama penulis kuliah dijurusan Teknik Elektro Unikom.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan-kekurangannya. Penulis sangat terbuka terhadap kritikan dan saran untuk menyempurnakan laporan ini.

Penulis berharap agar laporan ini nantinya akan berguna dan bermamfaat khususnya bagi penulis sendiri dan pembaca pada umumnya.

Akhir kata semoga semua bantuan, dukungan dan dorongannya mendapatkan balasan dari Allah SWT. Amin…

Bandung, 28 Juli 2008

Penulis

DAFTAR ISI

COVER

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK …….. v

ABSTRACT vi

KATA PENGANTAR …… vii

DAFTAR ISI …….. xi

DAFTAR GAMBAR ……. xiv

DAFTAR TABEL …….xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang ……... 1

1.2 Tujuan ……. 2

1.3 Rumusan Masalah ……. 2

1.4 Batasan Masalah ……. 3

1.5 Metodologi Penelitian …… 3

1.6 Sistematika Penulisan Laporan …….. 4

BAB II TEORI DASAR

2.1 Konsep Dasar Sistem *Spread Spectrum* ……..... 5

2.2 Kelebihan Sistem *Spread Spectrum* …… 9

2.3 Sinkronisasi Dalam Sistem *Spread Spectrum* …… 10

2.4 Sistem *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) …… 10

2.5 Penerima *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) …… 13

2.6 *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) …… 17

2.7 Bit Error Rate ……. 18

2.8 Osilator …….. 18

2.9 *Balanced Modulator – Demodulator* …… 19

2.10 *Pseude-Noise Code* …….. 19

2.11 Filter …… 22

2.12 Comparator / Pembanding Tegangan ……... 28

2.12.1 Pengindraan Gelombang Sinius pada Masulan Membalik … 29

2.12.2 Pengindraan Gelombang Sinius Masulan Tak Membalik ….. 31

BAB III PERANCANGAN ALAT DAN REALISASI

3.1 Tujuan Perancangan ……..... 32

3.2 Block Diagram ……..... 32

3.3. Perancangan Rangkaian ……..... 33

3.3.1 Rangkaian Osilator ……..... 34

3.3.2 Rangkaian Balanced Modulator - Demodulator …….. 35

3.3.3 Rangkaian Filter LPF ……..... 37

3.3.4 Rangkaian Pembentuk Sinyal 41

3.3.5 Rangkaian Clock …….. 42

3.3.6 Rangkaian *Pseudo-Noise* (PN) …… 44

3.3.7 Rangkaian *Adder* ……..... 46

BAB IV PENGUKURAN ALAT DAN ANALISA

4.1 Tujuan Pengujian Alat dan Analisa …..... 47

4.2 Pengukuran Rangkaian Osilator ….... 47

4.3 Pengukuran Rangkaian Demodulator …… 52

4.4 Pengukuran Rangkaian Filter …… 54

4.5 Pengukuran Rangkaian Pengkondisi Sinyal …….. 58

4.6 Pengukuran Rangkaian Clock …… 59

4.7 Pengukuran Rangkaian PN ……. 66

4.8 Pengukuran Rangkaian Keseluruhan ……. 67

4.9 Perhitungan BER ……..... 70

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan …… 73

5.2 Saran ……... 74

DAFTAR PUSTAKA …….xviii

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1a Spektrum Sinyal Sebelum Penebaran 8

Gambar 2.1b Spektrum Sinyal Setelah Penebaran 8

Gambar 2.2a DSSS Pada Pemancar 11

Gambar 2.2b DSSS Pada Penerima 12

Gambar 2.3 Contoh DSSS Menggunakan BPSK 13

Gambar 2.4 Diagram Blok Proses Despreading 14

Gambar 2.5 Rapat Daya Sinyal Jamming dan DSSS Sebelum Despreading ... 15

Gambar 2.6 Rapat Daya Sinyal Jamming dan DSSS Setelah Despreading 16

Gambar 2.7 Diagram BPSK 17

Gambar 2.8 Proses Modulasi Secara BPSK 18

Gambar 2.9 Proses Perkalian Dengan Kode PN 20

Gambar 2.10 Simple Shift Register Generator 21

Gambar 2.11 Rangkaian Shift Register Untuk L = 4 22

Gambar 2.12 Bentuk Respon Frekuensi Filter Chebyshev Tipe I 24

Gambar 2.13 Bentuk Respon Frekuensi Filter Chebyshev Tipe II 24

Gambar 2.14 Kurva ts (Ω) Magnitudo Berkisar Dari -1 ke +1 25

Gambar 2.15 LPF Normalisasi n Genap (a) dan n Ganjil (b) 26

Gambar 2.16 Pembanding Tegangan (a) Tabel Tegangan Masukan

(b) Diagram Skematik 29

Gambar 2.17 Pembanding Pengindraan Gelombang sinus pada masukan

Membalik (a) Diagram Skematik (b) Hubungan Tegangan Masukan/Keluaran..30

Gambar 2.18 Pembanding Pengindraan Gelombang sinus pada masukan Tak Membalik (a) Diagram Skematik (b) Hubungan Tegangan Masukan/Keluaran..31
Gambar 3.1 Blok Diagram Demodulator DSSS 32
Gambar 3.2 Rangkaian Osilator 34
Gambar 3.3 Rangkaian Balanced Modulator Demodulator 36
Gambar 3.4 Rangkaian Filter 41
Gambar 3.5 Rangkaian Komparator 42
Gambar 3.6 Rangkaian Clock 43
Gambar 3.7 Rangkaian PN Code 45
Gambar 3.8 Proses Perkalian Dengan PN Kode 45
Gambar 3.9 Rangkaian Adder 46
Gambar 4.1 Set Up pengukuran Osilator 47
Gambar 4.2 Hasil Rangkaian Osilator 48
Gambar 4.3 Set Up Pengukuran Demodulator 53
Gambar 4.4 Hasil Keluaran Demodulator 53
Gambar 4.5 Set Up Pengukuran Filter 54
Gambar 4.6 Hasil Keluaran Filter 55
Gambar 4.7 Kulva Filter LFP 57
Gambar 4.8 Set UpPengukuran Komparator 58
Gambar 4.9 Hasil Keluaran Komparator 59
Gambar 4.10 Set Up Pengukuran Clock 60
Gambar 4.11 Hasil Keluaran Clock 61
Gambar 4.12 Set Up Pengukuran PN 66
Gambar 4.13 Hasil Keluaran Rangkaian PN 67

Gambar 4.14 Set Up Pengukuran Rangkaian Keseluruhan 68

Gambar 4.15 Hasil Keluaran Rangkaian Keseluruhan 69

Gambar 4.16 (a) Spektrum Penyebaran Bit Informasi Modulator DSSS

(b) Spektrum Pengumpulan Bit Informasi Demodulator DSSS.. 70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Polinom *Chebycev* 25

Tabel 4.1 Kestabilan Frekuensi Osilator 48

Tabel 4.2 Persentase Kesalahan Pengukuran Osilator 50

Tabel 4.3 Respon Kestabilan Frekuensi Terhadap Filter 55

Tabel 4.4 Kestabilan Frekuensi Clock 61

Tabel 4.5 Persentase Ksalahan Pengukuran Clock 62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini sistem komunikasi sudah menawarkan suatu kecepatan dan kapasitas, yaitu kecepatan yang tinggi dan kapasitas data yang besar. Di sinilah sistem komunikasi digital menjadi idola baru bagi industri telekomunikasi saat ini. Sistem komunikasi digital semakin dikembangkan untuk memperoleh kecepatan yang tinggi dan kapasitas data yang semakin besar. Sistem komunikasi digital juga memiliki kualitas data yang lebih baik, karena dapat dilakukan pengecekkan kesalahan dalam transmisi datanya.

Lahirnya sistem komunikasi *spread spectrum* pada pertengahan tahun 1950 dilatarbelakangi oleh kebutuhan akan sistem komunikasi yang dapat mengatasi masalah *interferensi*, dapat menjamin kerahasiaan informasi yang dikirim dan dapat beroperasi pada tingkat *signal to noise ratio* (S/N) yang rendah atau tahan terhadap derau yang besar. Dalam sistem komunkasi sekarang ini, dimana penggunaan frekuensi sudah cukup padat sehingga *interferensi* dan *noise* dari *transceiver* lain cukup besar. Dalam komunikasi radio kita juga sering mendengar adanya penyadapan pembicaraan pada *handphone* oleh pesawat radio lain. Namun dengan sistem *spread spectrum* ketakutan yang dialami pada sistem komunikasi di atas akan dapat diatasi karena data yang dikirim pada sistem *spread spectrum* adalah data acak yang dikenal sebagai *noise*. Jadi jika penerima tidak mengetahui kode yang digunakan untuk melebarkan data maka penerima hanya akan menerima sinyal *noise* saja. Istilah *spread spectrum* digunakan karena

pada sistem ini sinyal yang ditransmisikan memiliki *bandwidth* yang jauh lebih lebar dari *bandwidth* sinyal informasi (mencapai ribuan kali). Proses penebaran *bandwidth* sinyal informasi ini disebut *spreading*.

Dari penjelasan di atas, pada tugas akhir ini penulis akan merancang dan merealisasikan *demodulator* DSSS dengan judul tugas akhir **"PERANCANGAN DAN REALISASI *DEMODULATOR DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM* (DSSS)"**.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah.

a. Memahami proses demodulasi dan *despreading* yang dilakukan oleh penerima *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS).
b. Merealisasikan perangkat penerima *Direct Sequence Spread Spectrum* dengan menggunakan proses demodulasi *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) berdasarkan spesifikasi *modulator* DSSS-nya.
c. Mendapatkan sinyal informasi yang sama dengan sinyal informasi yang dikirim oleh pemancar.
d. Mengukur *Bit Error Rate* (BER) sinyal DSSS yang diterima.

1.3 Rumusan Masalah

Pada tugas akhir ini akan dirancang dan dianalisa sebuah sistem penerima DSSS dengan menggunakan modulasi BPSK dan ditebarkan oleh kode penebar disebut proses *spreading* untuk mendapatkan data *biner* yang sama dengan data yang dikirim.

1.4 Batasan Masalah

Sesuai dengan judul tugas akhir ini adalah "Perancangan dan Realisasi Penerima *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS)", maka masalah yang akan dibahas dalam laporan ini dibatasi hanya pada aspek-aspek perancangan perangkat penerima DSSS yang menerima sinyal dari pemancar dengan kriteria sebagai berikut.

a. Menggunakan proses demodulasi BPSK
b. Bit rate informasi yang diterima sebesar 1200 bps
c. Frekuensi pembawa 500 Khz
d. *Clock* PN penerima sebesar 15 Khz
e. Pengkondisi sinyal menggunakan rangkaian filter LPF dengan frekuensi *cut off*-nya 15 Khz
f. Media pengirim menggunakan kabel dengan panjang 1 meter

1.5 Metodologi Penelitian

Metode yang dilakukan pada penulisan tugas akhir ini dilakukan.

a. Studi literatur, yang dilakukan untuk pemahaman teori dasar tentang DSSS dengan membaca buku-buku dan dari situs-situs internet yang berhubungan dengan tugas akhir ini.
b. Perencanaan dan perancangan rangkaian penerima DSSS
c. Pengujian alat
d. Analisa hasil pengujian alat
e. Kesimpulan

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi pendahuluan yang meliputi latar belakang, tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TEORI DASAR

Pada bab ini berisi teori dasar yang berkaitan langsung dengan judul tugas akhir di antaranya DSSS, sebagai gambaran proses perencanaan dan perancangan sistem penerima DSSS.

BAB III : PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT

Pada bab ini berisi perancangan dan realisasi sistem penerima DSSS.

BAB IV : PEGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini berisi pengujian dan analisa sistem penerima DSSS.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini berisi penutup yang meliputi kesimpulan-kesimpulan yang diambil setelah alat jadi dan didapatkan analisa serta saran-saran dari penulis untuk pembaca.

BAB II

TEORI DASAR

2.1 Konsep Dasar Sistem Spread Spectrum

Sistem *spread spectrum* telah dikembangkan sejak pertengahan tahun 1950. Sistem ini pertama kali digunakan pada sistem komunikasi militer, karena kebutuhan akan sistem komunikasi yang dapat mengatasi masalah *interferensi*, dapat menjamin kerahasiaan informasi yang dikirim dan dapat beroperasi pada tingkat *signal to noise ratio* (S/N) yang rendah atau tahan terhadap derau yang besar. Pengembangan selanjutnya, digunakan pada sistem penentuan lokasi dengan ketetapan tinggi (*high-resolution ranging*), sistem anti lintasan jamak (*anti multipath*) dan sistem akses jamak (*multiple access*).

Sistem komunikasi yang konvensional, umumnya dirancang untuk dapat beroperasi secara efisien dalam lingkungan derau putih gaussian (*Additive White Gaussian Noise* (AWGN)). AWGN adalah *noise* yang pasti terjadi pada jaringan *wireless* manapun yang memiliki sifat-sifat *additive*, *white* dan *gaussian*. Sifat *additive* artinya *noise* yang dijumlahkan dengan sinyal, sifat *white* artinya *noise* tidak tergantung dari frekuensi operasi sistem dan memiliki rapat daya yang konstan, dan sifat *gaussian* artinya besarnya tegangan *noise* memiliki rapat peluang terdistribusi *gaussian*. Tetapi pada kenyataannya terdapat jenis gangguan lain selain AWGN, seperti interferensi dan sinyal lintasan jamak, yang akan menurunkan kinerja sistem komunikasi.

Suatu sistem didefinisikan sebagai sistem *spread spectrum* jika memenuhi persyaratan berikut.

1. Sinyal mempunyai lebar pita yang jauh lebih besar dibandingkan dengan lebar pita yang dibutuhkan untuk mengirim sinyal informasi.
2. Pada pengirim, sinyal informasi ditebar ke seluruh lebar pita sistem dengan menggunakan sinyal penebar (*spreading signal*) atau sinyal pengkode (*code signal*), yang tidak tergantung pada sinyal informasi.
3. Pada penerima, sinyal informasi dapat diperoleh kembali dengan mengkorelasikan sinyal *spread spectrum* yang diterima dengan sinyal referensi. Sinyal referensi merupakan salinan dari sinyal penebar pada pengirim.

Ada beberapa metode dari sistem *spread spectrum* yang didasarkan pada teknik modulasi, diantaranya.

a. *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS)
b. *Frequency Hopping Spread Spectrum* (FHSS)
c. *Time Hopping Spread Spectrum* (THSS)
d. *Chirp* atau *Hybrid Spread Spectrum*

Kode yang digunakan *spread spectrum* memiliki sifat *random* (acak) tetapi berulang secara periodal sehingga dinamakan acak semu (*Pseudorandom*) atau sering juga disebut *noise* semu (*Pseudonoise*). Pembangkit sinyal kode *pseudonoise* disebut *Pseudo Random Generator* (PRG) atau *Pseudo Noise Generator* (PNG) yang dapat direalisasikan dengan susunan *shift register* dengan umpan balik tertentu dan sering disebut S*hift Register Generator* (SRG).

Teori dasar informasi yang mendasari dari sistem *spread spectrum* ini dikemukakan oleh Shanon. Menurut teorinya, kapasitas kanal transmisi suatu sistem komunikasi ditentukan oleh :

$$C = W \log_2 (1+{}^{S}/_{N}) \quad (2.1)$$

Dimana;

C = kapasitas kanal transmisi (bit/detik)

W = *bandwidth* transmisi (Hz)

S = daya sinyal (watt)

N = daya noise (watt)

Dari persamaan di atas dapat dilihat bahwa sistem komunikasi dapat bekerja dengan kapasitas kanal yang tetap pada level daya *noise* yang tinggi ($^{S}/_{N}$ rendah) dapat dilakukan dengan jalan memperbesar *bandwidth* transmisi W.

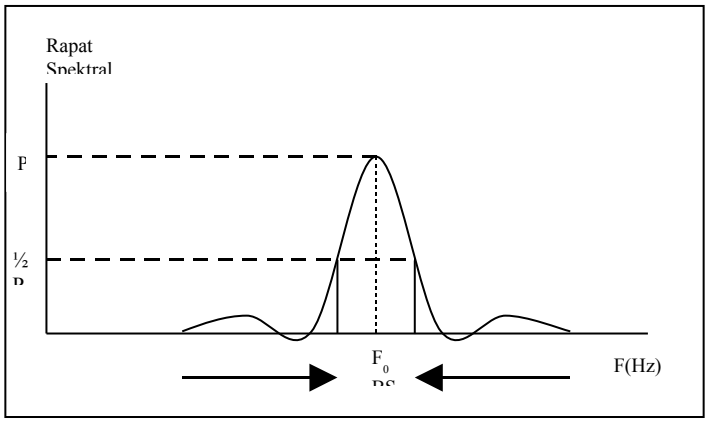
Dari rumus di atas, maka bila *bandwidth* dilebarkan dua kali maka kapasitas kanal akan naik dua kali dengan asumsi ($^{S}/_{N}$) tetap (yang berarti juga kenaikan daya sinyal sebagai kompensasi terhadap daya *noise* yang juga membesar seiring dengan membesarnya *bandwidth*). Selain itu, Shanon juga mengemukakan bahwa sebuah kanal dapat mentransmisikan informasi dengan kesalahan probabilitas yang kecil apabila pada informasi terkirim dilakukan pengkodean yang tepat dan *rate* informasi yang tidak melebihi kapasitas kanal, sekalipun kanal tersebut memuat derau acak.

Berdasarkan rumusan yang dikemukakan Shanon tersebut, sistem komunikasi *spread spectrum* dapat bekerja pada keadaan yang memiliki daya *noise* yang tinggi dan memiliki probabilitas kesalahan transmisi yang kecil.

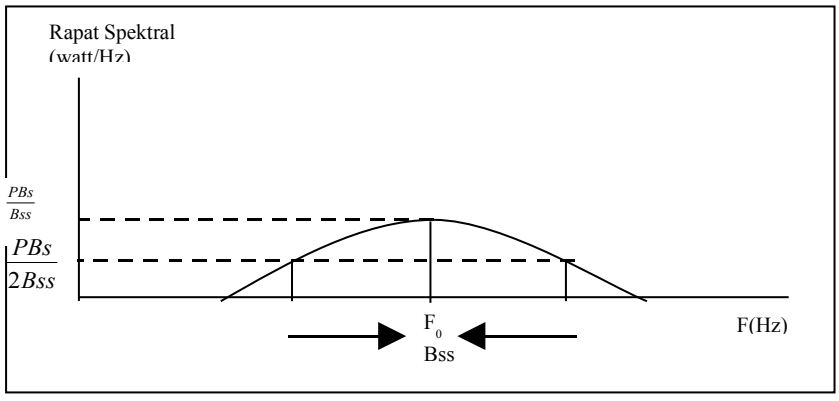
Sinyal informasi akan memodulasi sinyal pembawa dan menghasilkan sinyal pembawa yang dimodulasi data. Sinyal pembawa yang telah dimodulasi data akan ditebarkan pada *bandwidth* frekuensi yang lebih besar. Proses

penebaran diakukan dengan cara mengkorelasikan dengan kode *Pseudonoise* (PN) yang dihasilkan oleh *Pseudo Random Generator* (PRG). Hasil proses penebaran adalah berupa sinyal *spread spectrum*.

Pada penerima *spread spectrum* terjadi proses *despreading* dilakukan dengan cara mengalikan sinyal yang diterima (sinyal *spread spectrum*) dengan kode PN yang terdapat pada sistem penerima. Proses *despreading* akan mengubah spektrum sinyal pembawa yang dimodulasi data kembali ke *bandwidth* semula.



Gambar 2.1a Spektrum Sinyal Sebelum Penebaran



Gambar 2.1b Spektrum Sinyal Setelah Penebaran

Pada Gambar 2.1 ditunjukkan rapat spektral daya sinyal pembawa yang dimodulasi data. Selanjutnya sinyal pembawa yang telah dimodulasi data akan

ditebarkan pada *bandwidth* yang lebih besar. Hasil proses dari penebaran adalah daya sinyal *spread spectrum*.

Pada penerima terjadi proses *despreading*. Proses *despreading* dilakukan dengan cara mengkorelasikan sinyal *spread spectrum* dengan kode PN pada pengirim. Proses *despreading* akan mentransformasikan sinyal pembawa yang dimodulasi data kembali ke *bandwidth* semula. *Processing Gain* menggambaran seberapa besar kemampuan sistem dalam menekan pengaruh sinyal *interferensi*. *Processing Gain* didefinisikan sebagai perbandingan *bandwidth spread spectrum* atau *bandwidth* setelah penebaran dengan *bandwidth* sinyal informasi atau *banwidth* sebelum penebaran.

Pada sistem *spread spectrum*, *processing gain* dapat ditulis dengan persamaan:

$$Gp = 10 \log \frac{Bss}{Bs} \qquad (2.2)$$

Dimana;

Gp = gain processing

Bss = *bandwidth* transmisi sinyal *spread spectrum* (Hz)

Bs = *bandwidth* sinyal informasi (Hz)

2.2 Kelebihan Sistem *Spread Spectrum*

Sistem komunikasi spread spectrum sebagai salah satu sistem komunikasi digital, memiliki beberapa kelebihan dibandingkan sistem komunikasi analog yaitu.

a. Lebih kebal terhadap *jamming*

b. Mampu menekan *interferensi*

c. Dapat dioperasikan pada level daya yang rendah

d. Kemampuan *multiple access* secara CDMA (*Code Division Multiple Access*)

e. Kerahasiaan lebih terjamin

f. *Ranging*

2.3 Sinkronisasi Dalam Sistem Spread Spectrum

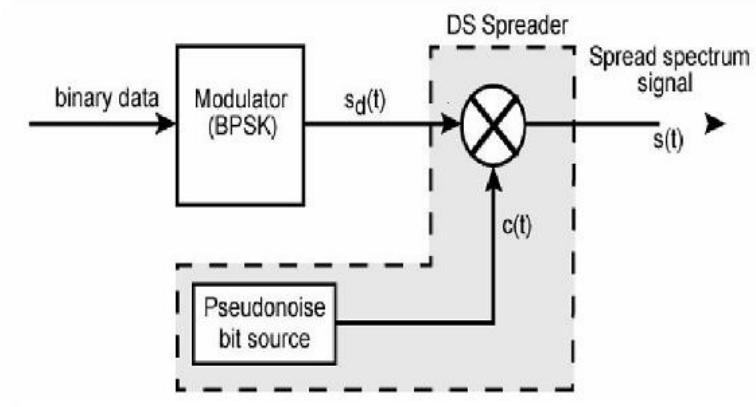
Komunikasi *Spread Spectrum* mensyaratkan bahwa gelombang *spreading* antara sinyal terima dari pemancar dan penerima sinkron. Bila kedua gelombang lepas dari kondisi sinkron meskipun hanya sebesar satu periode chip saja, energi sinyal yang mencapai *demodulator* data tidak bisa maksimal sehingga tidak cukup untuk proses deteksi data. Ketika laju data yang dipakai sangat tinggi, sinkronisasi menjadi faktor yang sangat penting dalam menjaga kualitas komunikasi.

2.4 Sistem *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS)

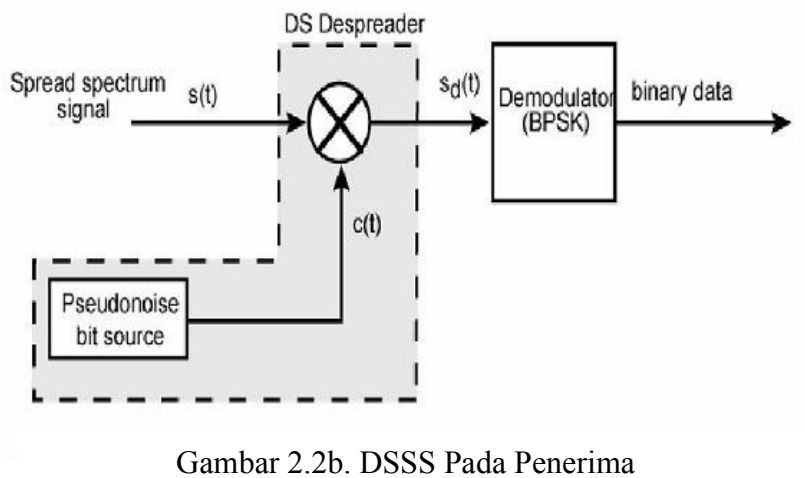
DSSS dipilih karena adanya kemudahan dalam mengacak data yang akan di *spreading*. Dalam DSSS *spreading* hanya menggunakan sebuah *generator noise* yang periodik yang disebut *Pseudo Noise Generator* (PNG). Kode yang digunakan pada sistem *spread spectrum* memiliki sifat acak tetapi periodik sehingga disebut sinyal acak semu disebut *Pseudo Random Generator* (PRG). Kode tersebut bersifat sebagai *noise* tapi *deterministik* sehingga disebut juga *noise* semu (*Pseudo Noise*). Pembangkit sinyal kode ini disebut *Pseudo Random Generator* (PRG) atau *Pseudo Noise Generator* (PNG). PRG inilah yang akan melebarkan dan sekaligus mengacak sinyal data yang akan dikirimkan. Dalam skema ini, masing masing bit pada sinyal yang asli ditampilkan oleh bit-bit

multipel pada sinyal yang ditransmisikan, yang disebut kode tipis (*chipping*). Kode tipis yang menyebarkan secara langsung sepanjang band frekuensi yang lebih luas sebanding dengan jumlah bit yang dipergunakan. Oleh karena itu, kode tipis 10-bit menyebarkan sinyal sepanjang band frekuensi yang 10 kali lebih besar dibandingkan kode tipis 1-bit.

Patut dicatat bahwa bit informasi dari satu membalikan bit-bit *pseudorandom* dalam kombinasi tersebut, sementara bit informasi 0 menyebabkan bit-bit *pseudorandom* ditransmisikan tanpa mengalami *inversi*. Kombinasi bit *stream* memiliki data *rate* yang sama dengan deretan *pseudorandom* yang asli, sehingga memiliki *bandwidth* yang lebih lebar dibandingkan dengan *stream* informasi. Pada contoh ini, bit *stream* lebih besar 4 kali lipat rate informasi.

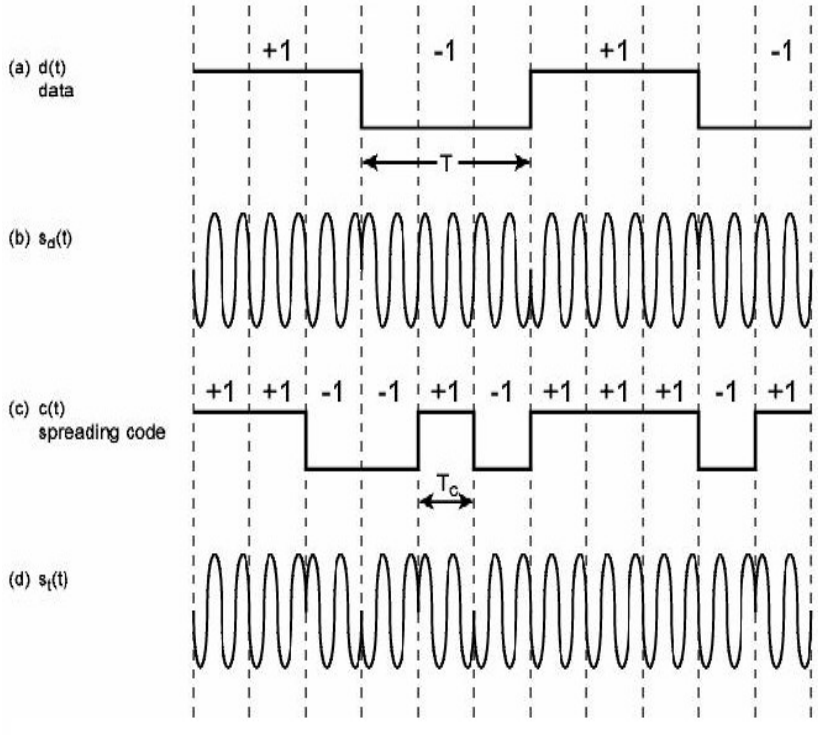


Gambar 2.2a. DSSS Pada Pemancar



Gambar 2.2b. DSSS Pada Penerima

Gambar 2.2 menunjukkan implementasi deretan langsung yang khusus. Dalam hal ini, *stream* informasi dan *stream pseudorandom* bahkan dikonversi ke sinyal-sinyal analog lalu dikombinasikan, bukannya menunjukkan *OR-eksklusif* dari dua *stream* dan kemudian memodulasikannya. Penyebaran spektrum dapat dicapai melalui teknik deretan langsung yang ditentukan dengan mudah. Sebagai contoh, anggap saja sinyal informasi memiliki lebar bit sebesar tb yang *ekuivalen* terhadap rate data = 1/tb. Dalam hal ini, *bandwidth* sinyal tergantung pada teknik pengkodean, kira-kira 2/tb. Hampir sama dengan itu, *bandwidth* sinyal *pseudorandom* adalah 2/Tc dimana Tc adalah lebar bit *pseudorandom input. Bandwidth* sinyal yang dikombinasikan kira-kira sebesar jumlah dari 2 *bandwidth* tersebut. Jumlah penyebaran yang dicapai adalah hasil langsung dari *rate* data *pseudorandom*. Semakin besar data *rate pseudorandom input*, semakin besar jumlah penyebarannya.

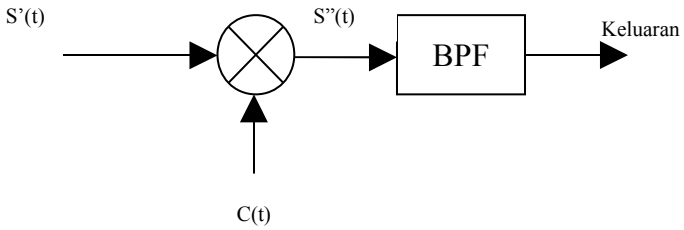


Gambar 2.3 Contoh DSSS Menggunakan BPSK

2.5 Penerima *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS)

Pada sistem penerima DSSS terdapat proses *despreading*. Proses *despreading* adalah proses yang paling penting pada penerima yang menggunakan modulasi DSSS. Pada proses *despreading*, terletak kemampuan dari sistem DSSS, dimana sinyal-sinyal *interferensi* dan *jamming* ditekan dan sinyal informasi di dapat kembali.

Proses *despreading* merupakan korelasi antara kode PN yang sampai pada penerima dengan kode lokal yang dibangkitkan oleh penerima. Diagram blok proses *despreading* ditunjukkan oleh Gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 Diagram Blok Proses *Depreading*

Misalkan sinyal yang diterima oleh penerima adalah sinyal DSSS yang ditambahkan dengan sinyal jamming atau interferensi maka sinyal masukan pada korelator adalah:

$$S'(t) = \sqrt{2P}\, d(t)c(t)\cos(\omega_0 t+\theta) + j(t) \qquad (2.3)$$

P = daya sinyal pembawa(watt)

C(t) = sinyal PRG(±1 volt)

d(t) = sinyal data(±1 volt)

θ = sudut phasa sinyal pembawa(rad)

J(t) = sinyal interferensi atau jamming yang ada pada daerah frekuensi sinyal DSSS

Sinyal *jamming* / *interferensi* J(t) memiliki daya J (watt) dan diilustrasikan dengan persamaan sebagai berikut:

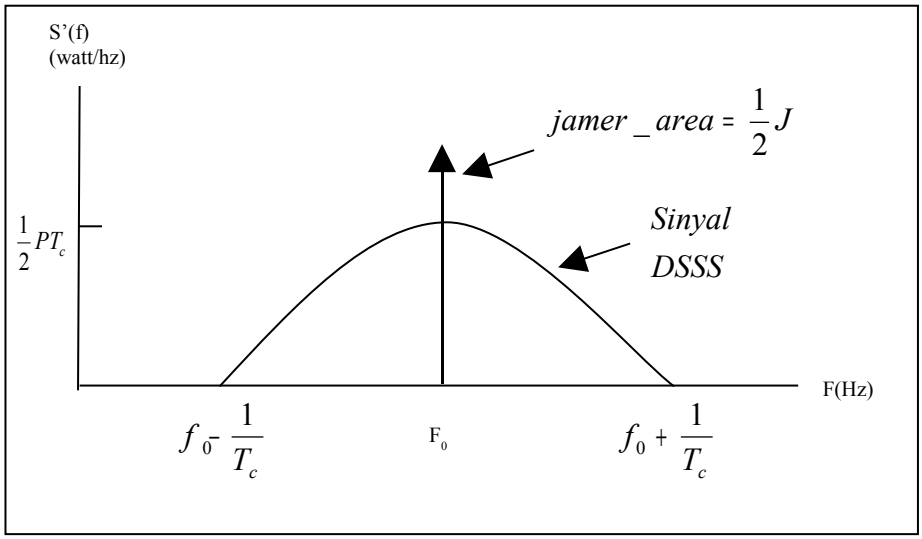
$$J(t) = \sqrt{2J}\cos(\omega_0 t + \theta') \qquad (2.4)$$

maka spektrum rapat daya sinyal yang masuk korelator adalah:

$$S'(f) = \frac{1}{2}PT_c\left\{\sin c^2[(f - f_0)T_c] + \sin c^2[(f + f_0)T_c]\right\} \qquad (2.5)$$

$$+ \frac{1}{2}J\{\delta(f - f_0) + \delta(f + f_0)\}$$

Spektral rapat daya sinyal DSSS dan *Jamming* ditunjukkan seperti pada Gambar 2.5 sbagai berikut:



Gambar 2.5 Rapat Daya Sinyal *Jamming* dan DSSS Sebelum *Despreading*

Proses *despreading* dilakukan dengan cara mengkorelasikan sinyal yang diterima dengan PRG lokal yang identik dengan sinyal PRG yang datang.

Setelah dikorelasikan oleh korelator pada penerima dan sinkronisasi ternjadi, maka sinyal yang didapatkan adalah:

$$S''(t) = \sqrt{2P}d(t)\cos(\omega_0 t + \theta) + \sqrt{2J}d(t)\cos(\omega_0 t + \theta') \qquad (2.6)$$

dan spektrum rapat dayanya adalah:

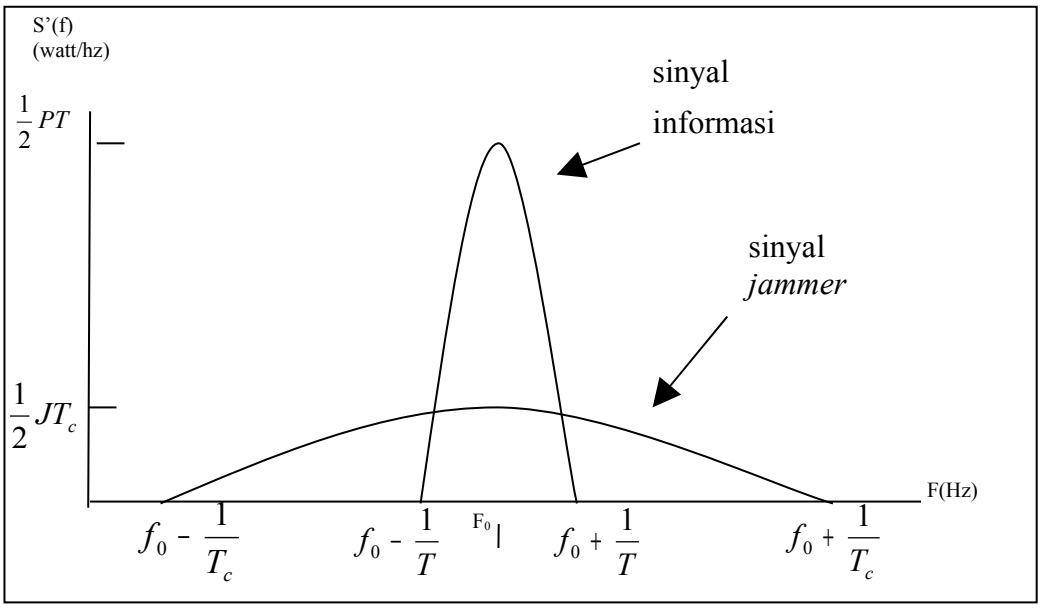
$$S''(f) = \frac{1}{2}PT\left\{\sin c^2[(f - f_0)T] + \sin c^2[(f + f_0)T]\right\} \qquad (2.7)$$

$$+ \frac{1}{2}JT_c\left\{\sin c^2(f - f_0)T_c + \sin c^2(f + f_0)T_c\right\}$$

ini berarti sinyal yang bersesuaian ditebarkan ke lebar pita semula dan sinyal yang tidak bersesuaian ditebarkan ke lebar pita penebar atau *spectrum* sinyal DSSS

dikembalikan kelebar pita semula sedangkan jamming ditebarkan kelebar pita *spread spectrum*.

Rapat daya spekral sinyal yang telah dikorelasikan digambarkan pada Gambar 2.6 sebagai berikut.



Gambar 2.6 Rapat Daya Sinyal *Jamming* dan Data Setelah *Despreading*

Proses *despreading* menghasilkan perbaikan rasio S/N dan hal ini disebut dengan penguatan proses atau *processing gain* yang persamaannya didekati oleh persamaan (2.2).

Pada proses *despreading* dilakukan sinkronisasi antara sinyal PRG dari pemancar dengan PRG lokal yang identik dengan pemancar. Sinkronisasi dilakukan melalui 2 tahap yaitu *akuisisi* dan *tracking.*

Akuisisi disebut juga sinkronisasi kasar (*Coarse Sinkronization).* Yang akan menggeser kode PN sistem penerima selanjutnya dilakukan proses tracking atau sinkronisasi halus (*Fine Sincronization*), yang menyempurnakan hasil kerja

akuisisi sehingga kode PN sistem penerima dan pengirim benar-benar sinkron, dan menjaga agar kode PN tetap sinkron.

2.6 *Binary Phase Shift Keying* (BPSK)

Sinyal yang termodulasi secara BPSK didefinisikan mempunyai bentuk:

$x_i(t) = A \sin(2\pi ft + \Phi_i) \qquad 0 \le t \le T \qquad (2.8)$

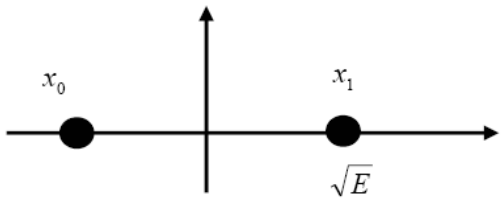
dengan

$$A = \sqrt{E}\sqrt{\frac{2}{T}}$$

Gambar 2.7 menunjukkan diagram BPSK pada bidang kompleks dengan konstelasi dari setiap bit

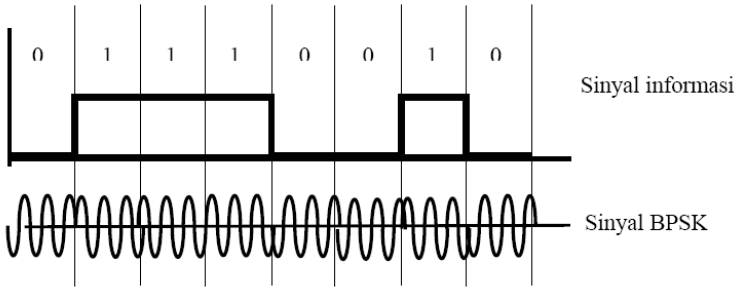
1 : $x_1 = \sqrt{E}\sqrt{\frac{2}{T}}\sin(\omega t), dan$

0 : $x_0 = \sqrt{E}\sqrt{\frac{2}{T}}\sin(\omega t + 180^o)$



Gambar 2.7 Diagram BPSK

Dengan menggunakan sinyal informasi proses modulasi secara BPSK terlihat pada Gambar 2.8. Setiap kali datang bit 1 maka fungsinya adalah sin (ωt) dan jika yang datang bit 0 maka fungsinya – sin (ωt).



Gambar 2.8 Proses Modulasi Secara BPSK

2.7 Bit Error Rate

Metoda perhitungan BER dengan membandingkan data kirim terhadap data terima, dilakukan perhitungan kesalahan bit, akumulasi total kesalahan kemudian bagi dengan total data bit yang terkirim.

2.8 Osilator

Sampai sejauh ini dipelajari pada op-amp misalnya untuk segala macam penguatan dan filter filter aktif. Pada bagian ini menjelaskan op-amp untuk osilator yang dapat diatur atur frekuensi outputnya dengan gelombang yang bervariasi pula. Pada dasarnya fungsi osilator adalah sinyal AC atau gelombang tegangan saja. Lebih spesifik lagi, osilator adalah proses pengulanganbentuk gelombang tertentu pada amplitudo dan frekuensi yang tetap tanpa eksternal input. Osilator sering digunakan pada radio, televisi, komputer, dan pesawat komunikasi. Osilator terdiri dari beberapa macam jenisnya, walaupun begitu, osilator-osilator itu mempunyai prinsip kerja yang sama.

2.9 Balanced Modulator-Demodulator

Balanced modulator-demodulator berfungsi sebagai saklar pembalik fasa (*Phase Reversing Switch*) tergantung pada kondisi pulsa masukan, maka frekuensi pembawa akan diubah sesuai dengan kondisi-kondisi tersebut dalam bentuk fasa keluaran, baik itu sefasa maupun berbeda 180^o dengan osilator *referensi*. *Balanced modulator-demodulator* mempunyai dua masukan, yaitu sebuah masukan untuk frekuensi pembawa yang dihasilkan oleh osilator *referensi* dan yang lainnya berupa masukan data biner (sinyal digital).

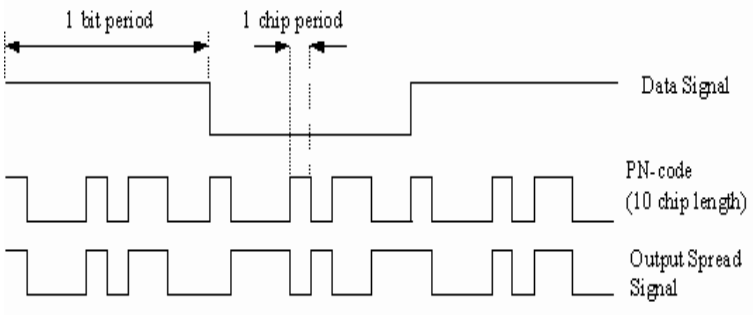
Balanced Modulator mempunyai nama lain yaitu *Product Modulator*, karena keluaran dari *modulator* ini merupakan perkalian dari dua sinyal masukan, dalam modulator BPSK masukan sinyal pembawa dikalikan dengan data biner, jika logika 1 = +1V dan logika 0 = -1V maka input dari sinyal pembawa ($\sin \omega_c t$) akan dikalikan dengan (+) atau (-) sehingga sinyal keluaran adalah $+1 \sin \omega_c t$ dan $-1 \sin \omega_c t$. Kondisi pertama menunjukkan sinyal sefasa dengan osilator *referensi*, setiap perubahan kondisi pada logika masukan akan menyebabkan perubahan fasa keluaran pada waktu yang sama. Kemudian lebar pita (*bandwidth*) yang terlebar terjadi pada saat data biner masukan bertransisi antara logika 0 dan 1.

2.10 *Pseude-Noise Code*

Kode PN adalah rangkaian bit dengan kecepatan tinggi yang bernilai polar dari 1 ke -1 atau non polar 1 ke 0. Kode PN yang mempunyai satuan *chip*, merupakan sinyal penyebar sinyal informasi dan digunakan untuk membedakan antara kanal/pengguna satu dengan yang lainnya. Pemilihan kode PN harus

dilakukan dengan hati-hati dengan memperhatikan beberapa kriteria sebagai berikut .

a. Mudah diterapkan.
b. Biner atau mempunyai 2 level (-1 & 1) atau (0 & 1).
c. Mempunyai *autocorrelation* yang tajam untuk memungkinkan sinkronisasi kode.
d. Mempunyai beda jumlah '0' dan '1' hanya satu (*one zero balance*) untuk memperoleh *spectrum density* yang bagus.
e. Harga *crosscorrelation* yang rendah. Dengan semakin rendah harga *crosscorrelation* maka jumlah kanal dalam satu pita frekuensi semakin tinggi.

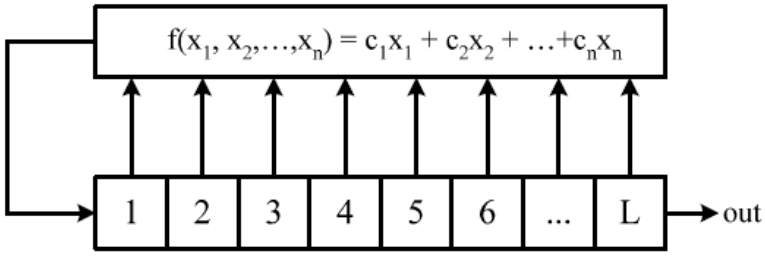


Gambar 2.9 Proses Perkalian Dengan Kode PN

Pada Gambar 2.9, sinyal paling atas adalah bit data. Bit data tersebut dikalikan dengan kode PN yaitu sinyal di tengah yang akan menghasilkan sinyal termodulasi di bagian bawah. Bila bit data bernilai 1 maka sinyal keluaran memiliki bentuk sama dengan kode PN. Bila bit data bernilai 0 maka sinyal keluaran memiliki bentuk berlawanan dengan kode PN.

2.10.1 Kode Pseudo Noise m-Sequence

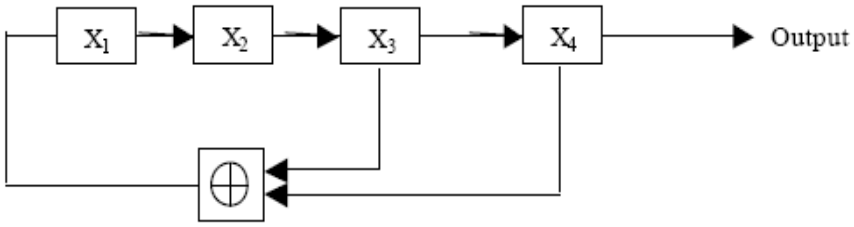
Pembangkit kode m-sequence dibuat dengan menggunakan register geser sederhana (*Simple Shift Register Generator*) seperti pada Gambar 2.10 di bawah yang memiliki *feedback* sinyal pada *input* tunggal register tersebut. Register geser tersebut adalah *linier* bila fungsi *feedback*-nya dapat diekspresikan dengan penjumlahan modulo-2 (XOR).



Gambar 2.10 *Simple Shift Register Generator*

Fungsi *feedback* $f(x_1, x_2, , x_n)$ adalah penjumlahan modulo-2 dari isi register x_i dengan c_i adalah koefisien koneksi *feedback* ($c_i = 0$ adalah open dan $c_i = 1$ adalah tersambung). Sebuah pembangkit *Shift Register* dengan L flip flop menghasilkan deretan yang tergantung pada panjang register L, koneksi sadapan *feedback* dan kondisi inisial register. Ketika periode (*length*) *sequence* yang memiliki harga $N_c = 2^L - 1$. Kode PN tersebut dinamakan *maximum length sequence* atau disingkat *msequence*.

m-sequence dengan jumlah register geser L = 4 atau periode $N_c = 15$, sehingga bentuk register gesernya adalah seperti pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Rangkaian Shift Register Untuk L = 4

2.11 Filter

Filter adalah suatu sistem yang berfungsi untuk memodifikasi spektrum frekuensi dari suatu sinyal-sinyal sehingga diperoleh tujuan yang diinginkan. Spektrum frekuensi adalah kumpulan sinyal-sinyal sinusoidal dengan amplitudo dan frekuensi yang berbeda untuk membentuk suatu sinyal. Respon frekuensi adalah tanggapan filter terhadap spektrum frekuensi.

Klasifikasi filter.

1. Berdasarkan sinyal yang difilter
    a. Filter analog (menggunakan rangkaian analog : transistor, op-amp, R, L, C, dioda dan sebagainya).
    b. Filter digital (menggunakan PC (program), DSF, FPGA dan sebagainya.
2. Berdasarkan respon frekuensinya : LPF, HPF, BSF,BRF.
3. Berdasarkan bentuk respon frekuensi
    a. *Bessel* (flat pada daerah pass dan turun monoton)
    b. *Butterworth* (maksimal flat pada daerah pass, turun monoton, transisi lebih tajamdari bessel).
    c. *Chebychev I* (*Ripple* pada daerah pass, turun monoton, transisi lebih tajam dari butterworth).

d. *Chebychev II* (*Flat* pada daerah pass, ripple pada daerah reject, transisi lebih tajam dari butterworth).

e. *Elliptyc* (*Ripple* pada daerah pass dan reject, transisi paling tajam).

4. Berdasarakan respon impulsnya

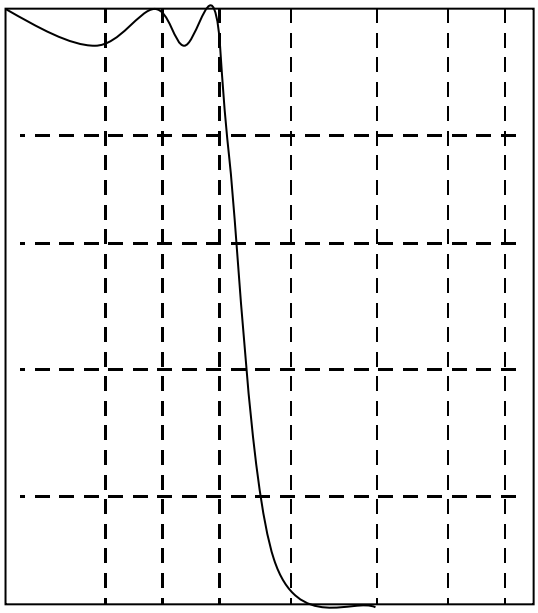
a. IIR (*infinite duration impulse response*) filter tanggapan *impuls* yang lamanya tak terbatas.

b. FIR (*finite duration impulse response*) filter tanggapan *impuls* yang lamanya terbatas.

Untuk jenis filter yang digunakan dalam rangkaian *Modulator* DSSS berdasarkan respon frekuensinya adalah jenis *Low Pass Filter* (LPF) yang berfungsi sebagai *filtering* (penyaring) suara masukan dengan batasan frekuensi tertentu dari frekuensi terendah sampai frekuensi maksimum yang diinginkan, sehingga apabila frekuensi masukan melebihi frekuensi yang diingginkan maka filter tersebut tidak akan meloloskannya sedangakan berdasarkan bentuk respon frekuensi adalah adalah jenis *chebychev* . Terdapat dua tipe filter *chebychev* :

1. *Chebychev I*

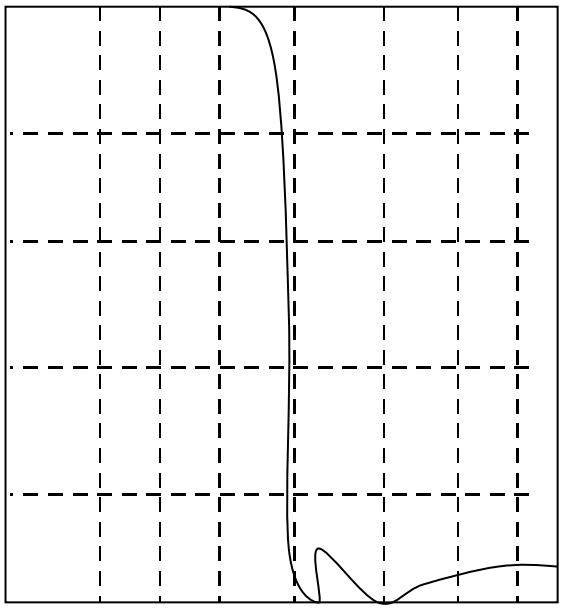
Filter *chebycev* I memperkecil perbedaan yang *absolut* antara respon frekuensi nyata dan yang ideal. Transisi dari *passband* ke *stopband* jadilah lebih cepat dibandingkan untuk filter butterworth [H9J)] = 10 – Rp/20 pada = 1.



Gambar 2. 12 Bentuk Respon Frekuensi Filter *Chebycev* Tipe I

2. *Chebychev II*

Hampir sama dengan filter *chebycev* I tetapi perbedaannya terletak pada *stopban*d yang tidak mendekati nol.



Gambar 2. 13 Bentuk Respon Frekuensi Filter *Chebycev* Tipe II

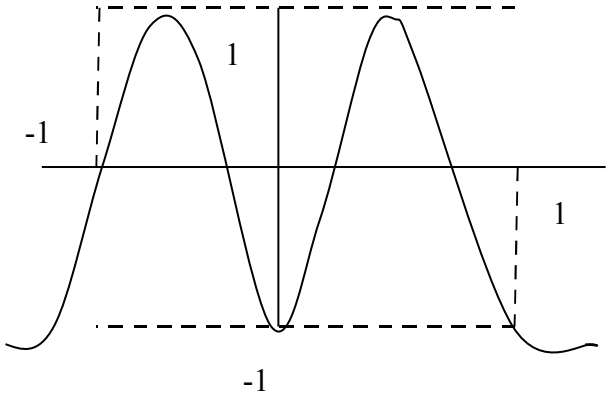
LPF normalisasi *chebycev* tipe I dikarakterisasi dengan persamaan *magnitude* respon frekuensi kuadrat sebagai berikut :

$$[H(j\Omega)]^2 = \frac{1}{1+\varepsilon^2 Tn^2(\Omega)} \qquad (2.9)$$

Dimana Tn (Ω) adalah *polinomial chebycev* orde –n Tn(Ω) didefinisikan sebagai berikut :

$$Tn(x) = 2xT_{n-1}(x)T_{n-2}(x) \quad n>2 \qquad (2.10)$$

Dengan $T_0(x) = 1$ dan $T_1(x) = x$



Gambar 2.14 Kurva ts (Ω) Magnitude Berkisar Dari -1 ke +1

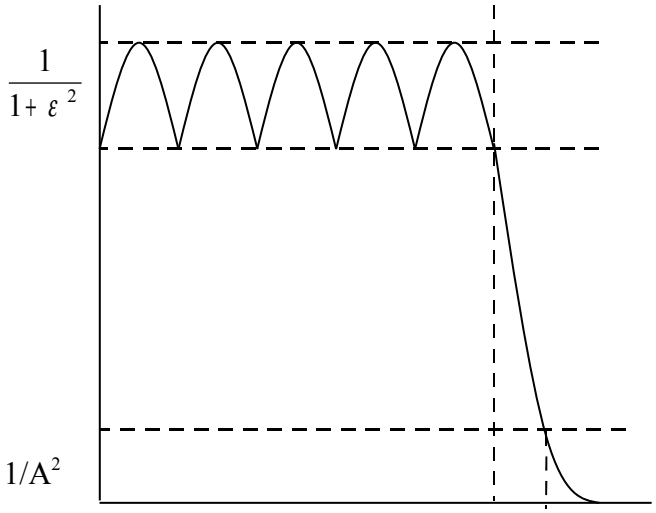
Tabel 2.1 Polinomial *Chebychev*

n	Tn (x)
0	1
1	x
2	$2x^2-1$
3	$4x^3 - 3x$
4	$8x^4 - 8x^2 + 1$
5	$16x^5 - 20x^3 + 5x$
.	
.	
.	

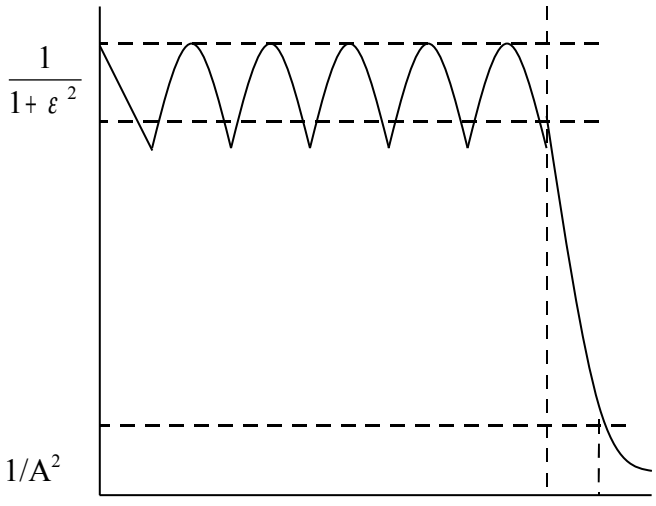
Dari Tabel Tn(x) tersebut terlihat bahwa untuk :

n genap pada Ω = 0, maka Tn(0) = maka Tn=1 ; $[H(j\Omega)]^2 = \frac{1}{1+\varepsilon^2}$

n ganjil pada Ω = 0, maka Tn (0)= makaTn = 0 ; $[H(j\Omega)]^2 = 1$



a



b

Gambar 2.15 LPF Normalisasi n Genap (a) dan n Ganjil (b)

$[H(j\Omega)]^2$ antara 1 dan $\frac{1}{1+\varepsilon^2}$ dalam passband disebut *equiripple* dan memiliki nilai $\frac{1}{1+\varepsilon^2}$

$[H(j\Omega)]^2$ *monotic* di luar passband (termasuk transisi dan *stopband*) *stopband* diawali dari Ω_r dengan $[H(j\Omega)]^2 = 1 / A^2$.

Untuk memperoleh filter yang kausal dan stabil analisa H_n (s) dengan memilih pole –pole disebelah kiri sumbu. Pole dari sumbu diperoleh dari :

$$1 + \varepsilon^2 Tn^2 (s/j) = 0 \qquad (2.11)$$

Pole – pole terletak pada posisi membentuk elips. Dapat dilihat bahwa LPF normalisasi *chebycev* memiliki 2 parameter yakni ε dan *n*.

Perancangan filter normal memerlukan sejumlah spesifikasi.

1. Ripple passband
2. Critical frekuensi
3. Stopband Attenuation

Adapun untuk menentukan nilai *n* dapat menggunakan rumus dengan tetap berpegangan pada tabel polynomial untuk filter chebycev yaitu :

$$n = \left[\frac{\log[g + (g^2 - 1)^{1/2}]}{\log[\Omega r + (\Omega r - 1)^{1/2}]} \right] \qquad (2.12)$$

$$g = [(A^2 - 1) / \varepsilon^2]^{1/2} \qquad (2.13)$$

$$A = \frac{1}{[H_n(j\Omega)]} \qquad (2.14)$$

2.12 Comparator / Pembanding Tegangan

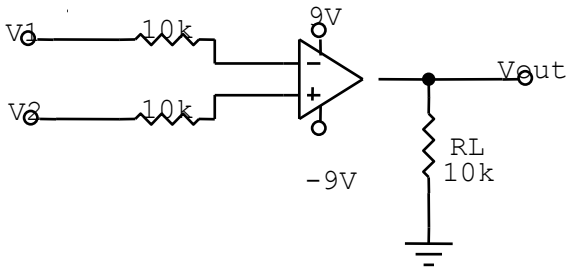
Pembanding tegangan akan membandingkan tegangan sebuah masukan dengan tegangan lainnya. Gambar 2.16 menunjukkan pembanding tegangan sederhana. Dalam konfigurasi yang paling sederhana, modus lup terbuka, adanya sedikit perbedaan tegangan di antara kedua masukan akan mengayunkan op-amp kedalam saturasi. Arah satu rasi keluaran ditentukan oleh polaritas sinyal masukan. Bila tegangan masukan membalik lebih positif dibandingkan tegangan masukan tak membalik, keluaran berayun menuju saturasi negatif ($-V_{sat}$). Sebaliknya, bila tegangan masukan membalik lebih negatif dibandingkan tegangan masukan tak membalik, keluaran akan berayun menuju saturasi positif ($+V_{sat}$). Dari tabel dalam Gambar 2.16 dapat dilihat bahwa dengan +1 V pada masukan membalik, maka masukan pertama lebih negatif dibandingkan masukan kedua. Karena itu keluaran akan menuju saturasi psitif. Bila tegangan masukan tersebut dibalik (+2 V pada masukan – dan +1 V pada masukan +), atau masukan membalik lebih positif 1 V terhadap masukan tak membalik, maka keluaran akan menuju saturasi negatif. Bila polaritas dan amplitudo kedua masukan sama, keluaran akan nol. Tegangan negatif yang diberikan pada masukan mengakibatkan hal yang sama pada keluaran op-amp seperti yang diperlihatkan dalam tabel.

$$V_{out} = V_{sat} \text{ x sign } (V_2 - V_1) \qquad (2.15)$$

Hubungan polaritas masukan membalik terhadap masukan tak membalik menyebabkan keluaran berbeda fasa 180^o.

Tegangan Masukan		Tegangan Keluaran
V_1	V_2	±Vsat
+1	+2	+8
+2	+1	- 8
+1	- 1	- 8
- 1	+1	+8
- 1	- 2	- 8
- 2	- 1	+8

(a)



(b)

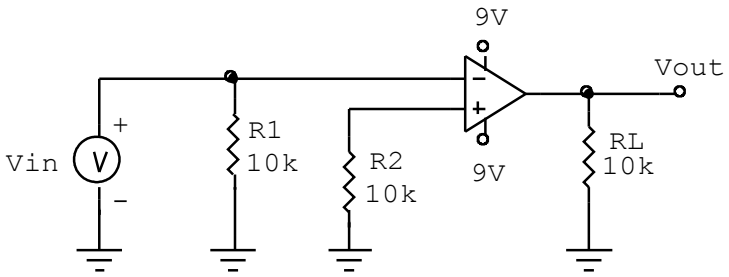
Gambar 2.16 Pembanding Tegangan: (a) Tabel Tegangan Masukan / keluaran, (b) Diagram Skematik

2.12.1 Pengindraan Gelombang Sinus pada Masukan Membalik

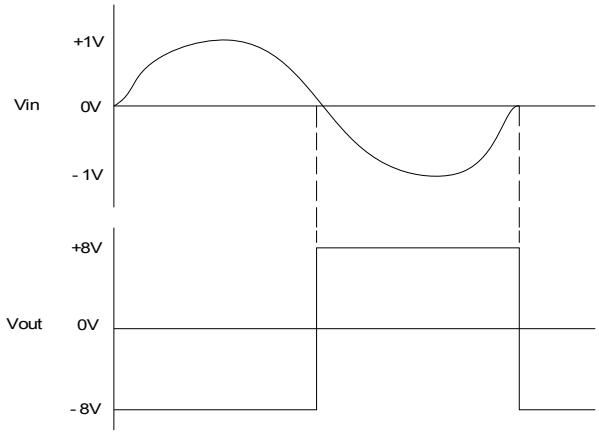
Pembanding dapat dipakai untuk mendeteksi perubahan tegangan pada sebuah masukan asalkan masukan lain ditahan sebagai acuan tetap. Dalam Gambar 2.17, masukan membalik digunakan untuk mengindra gelombang sinus. Sumber sinyal diberikan pada masukan membalik. Karena impedansi masukan op-amp dianggap tak berhingga, maka resistor R_1 berperan sebagai beban sumber sinyal, akibatnya rangkaian bekerja lebih efektif. Masukan tak membalik

dibumikan melalui resistor R_2. Resistor ini dipakai untuk menyeimbangkan masukan untuk setiap arus *offset* masukan yang mungkin timbul.

Masukan tak membalik ditahan pada tegangan acuan (0 Volt). Selama perubahan positif sinyal masukan, keluaran akan – V_{sat}. Ketika sinyal berubah dari nol menuju negatif, keluaran berbalik menuju + V_{sat}. Perhatikan bahwa keluaran berbeda fasa terhadap masukan.



(a)

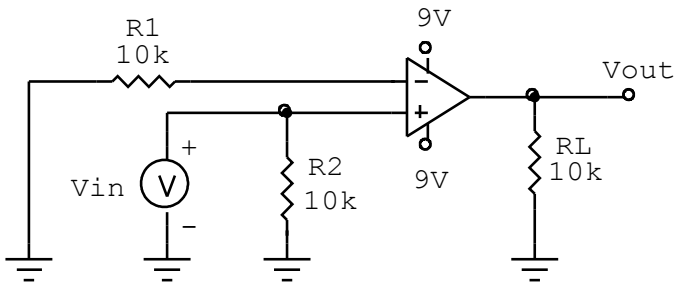


(b)

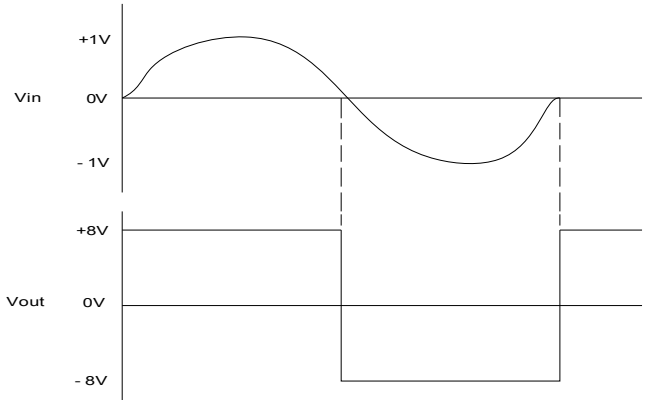
Gambar 2.17 Pembanding Pengindraan Gelombang Sinus pada Masukan Membalik: (a) Diagram Skematik, (b) Hubungan Tegangan Masukan / Keluaran

2.12.2 Pengindraan Gelombang Sinus pada Masukan Tak Membalik

Kita dapat menempatkan sumber sinyal pada masukan tak membalik seperti dalam Gambar 2.18. kini masukan membalik ditahan sebagai acuan (0 Volt). Selama perubahan positif sinyal masukan, keluaran akan +Vsat. Dan ketika terjadi perubahan sinyal dari nol menuju negatif, keluaran akan berayun ke – Vsat. Dengan konfigurasi rangkaian demikian, keluaran akan sefasa terhadap masukannya.



(a)



(b)

Gambar 2.17 Pembanding Pengindraan Gelombang Sinus pada Masukan Tak Membalik: (a) Diagram Skematik, (b) Hubungan Tegangan Masukan / Keluaran

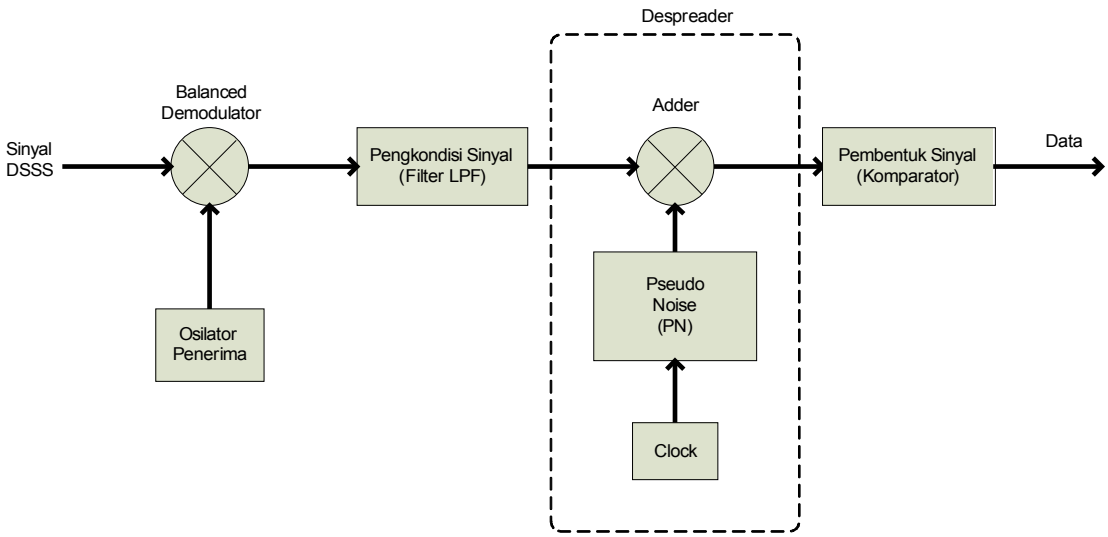
BAB III

PERANCANGAN ALAT DAN REALISASI

3.1 Tujuan Perancangan

Tujuan dari perancangan ini adalah untuk menentukan spesifikasi kerja alat yang akan direalisasikan melaluai suatu pendekatan analisa perhitungan, analisa rangkaian dasar serta pengembangannya sehingga didapat suatu kerangka kerja alat seperti yang diinginkan berdasarkan tujuan dan batasan masalah dari tugas akhir ini. Dalam tugas akhir ini direalisasikan bagian penerima sesuai dengan blok diagram pada gambar 3.1, yang merupakan bagian terpenting dalam sistem komunikasi.

3.2 Blok Diagram Perancangan



Gambar. 3.1. Blok Diagram Demodulator DSSS

3.2.1 Prinsip kerja dari blok diagram

Sinyal *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) yang datang akan didemodulasi oleh sebuah rangkaian *Balanced Demodulator* yang dibantu oleh sebuah rangkaian osilator penerima dengan frekuensi yang harus sama besarnya dengan frekuensi pada rangkaian osilator pengirim. Rangkaian *Balanced* ini akan menghasilkan format data yang masih mengandung frekuensi tinggi, sehingga untuk menghilangkan frekuensi tinggi tersebut diperlukanlah sebuah rangkaian pemisah frekuensi pembawa dengan frekuensi informasinya yang dalam hal ini berupa sebuah rangkaian Filter LPF yang besarnya disesuaikan dengan spesifikasi kerja alat bagian penerima.

Rangkaian *despreader* digunakan untuk mengekstrak sinyal yang masih mengandung nilai PN, agar sinyal PN ini dapat dihilangkan sehingga yang dihasilkan hanyalah sinyal data sesuai dengan data yang dikirimkan. Rangkaian *despreader* ini terdiri dari rangkaian adder, PN penerima dan clock penerima yang keseluruhan harga frekuensinya sama persis dengan bagian pengirimnya. Rangkaian *Adder* merupakan sistem penjumlah untuk data sinyal biner, tujuannya untuk menjumlahkan antara data masukan PN dengan Filter LPF sehingga didapatkan suatu penyebaran data informasi (*sequence*). Rangkaian Pembentuk Sinyal (Komparator) digunakan untuk mengubah kembali format sinyal data digital yang sesuai dengan karakter sinyal yang dikirim oleh rangkaian pengirim.

3.3 Perancangan Rangkaian

Dari gambar 3.1 di atas merupakan bagian dari Perancangan *Demodulator* DSSS yang akan direalisasikan dalam tugas akhir ini.

3.3.1 Rangkaian Osilator

Pada rangkaian osilator ini akan menghasilkan sinyal *carrier* dengan spesifikasinya adalah.

a. Bentuk sinyal keluaran adalah sinyal sinusoidal

b. Frekuensi yang dihasilkan sebesar 500 Khz

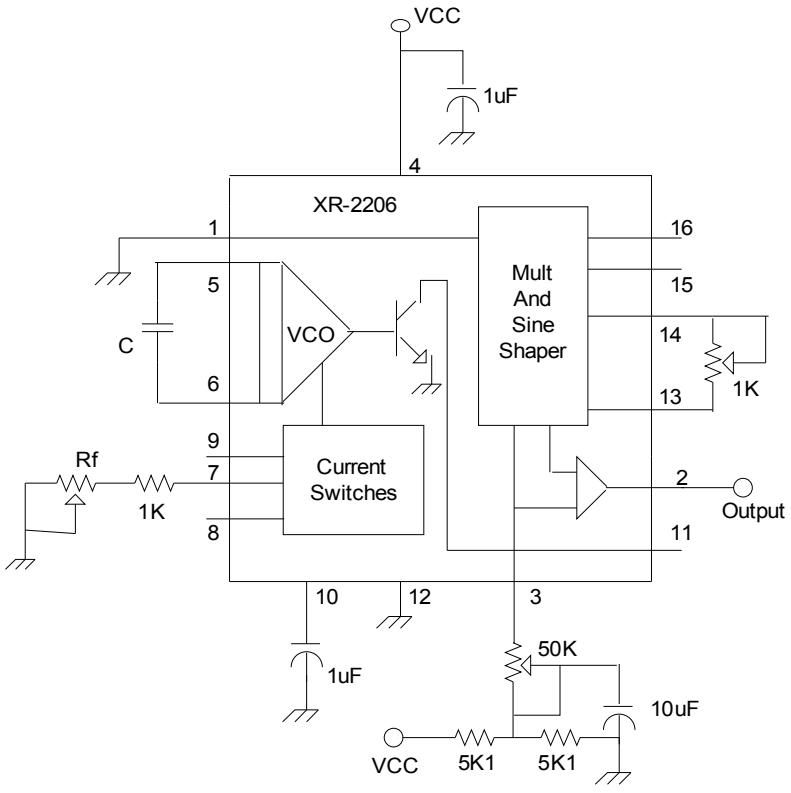
c. Tegangan Vcc adalah 12 Volt

Langkah-langkah perancangan.

a. Tentukan dahulu frekuensi pembawa yang digunakan

b. Asumsikan harga C sebesar 300 pF

c. Tentukan harga R_f menggunakan rumus : $f_0 = \frac{1}{R_f C}$



Gambar. 3.2. Rangkaian Osilator

Langkah-langkah perhitungan.

a. Frekuensi pembawa yang diinginkan adalah 500 KHz

b. Menyesuaikan frekuensi yang diinginkan menggunakan rumus :

$$f_0 = \frac{1}{R_f C}$$; Asumsikan harga C = 300pF, R_f = yang dicari

$$500.10^3 = \frac{1}{R_f .300.10^{-12}}$$

$$R_f = \frac{1}{500.10^3.300.10^{-12}}$$

$$R_f = \frac{1}{1{,}5.10^{-4}}$$

$$R_f = 6{,}7\ \text{K}\Omega$$

Untuk lebih pasti lagi dalam menentukan harga tahanan yang dihitung dapat diganti dengan menggunakan variabel dengan menempatkan sebuah potensio meter sebesar 10 KΩ yang disesuaikan dengan nilai pasaran.

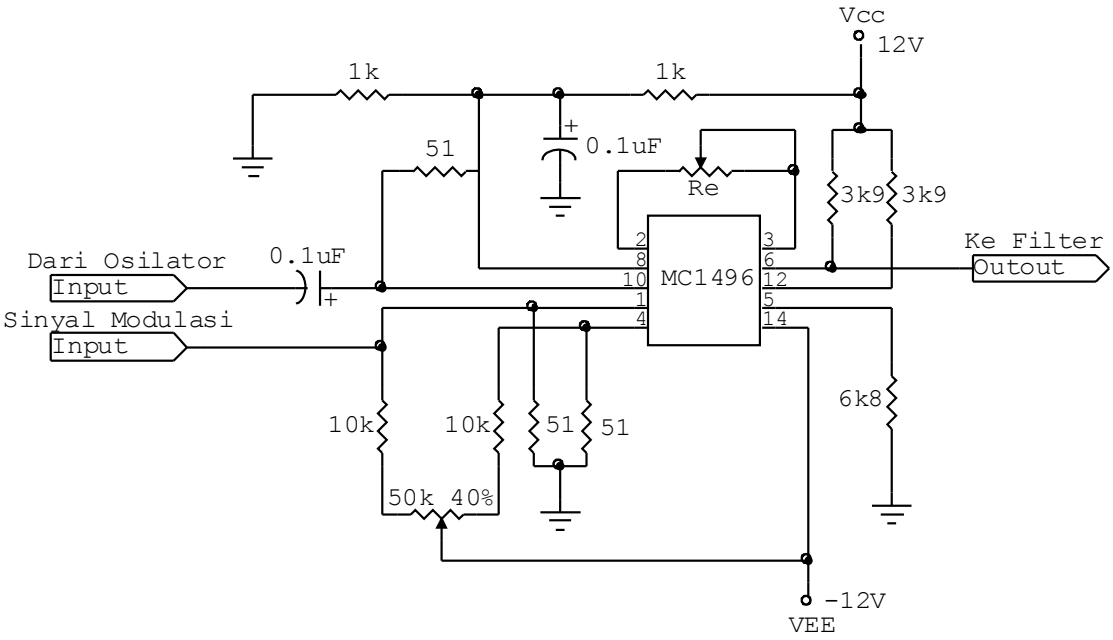
3.3.2 Rangkaian Balanced Modulator – Demodulator

Pada rangkaian *balanced* ini mempunyai dua masukan yaitu sinyal modulasi dan sinyal *carrier* dari osilator. Rangkaian *balanced* ini akan menghasilkan sinyal keluaran sinyal *suppressed carrier* dengan spesifikasinya adalah.

a. Bentuk sinyal keluaran adalah sinyal kotak

b. Tegangan Vcc adalah 12 Volt

c. Tegangan V_{EE} adalah -12 Volt



Gambar. 3.3. Rangkaian Balanced Modulator - Demodulator

Langkah-langkah perhitungan.

Menentukan harga Re dengan persamaan :

$$\text{Re} = \frac{26mV}{I5}$$

$$\text{Re} = \frac{26mV}{10mA}$$

$$\text{Re} = 2{,}6\Omega$$

Fungsi dari Re yang dirancang adalah untuk penguatan *balance* atau demodulasi. untuk lebih pasti lagi dalam menentukan harga tahanan yang dihitung dapat diganti dengan menggunakan variabel dengan menempatkan sebuah potensio meter sebesar 1 KΩ yang disesuaikan dengan nilai pasaran.

3.3.3 **Rangkaian Filter LPF**

Pada rangkaian filter ini menggunakan *Low-Pass Chebyshev Filter* dengan spesifikasinya adalah.

a. Bentuk sinyal keluarannya adalah sinyal sinusoidal
b. Pada saat -3dB frekuensi 15000 Hz
c. Peredaman pada saat 30 dB frekuensi 20000 Hz
d. Tegangan Vcc adalah 12 Volt

Langkah-langkah perancangan.

a. Tentukan Faktor *Stepness* (As)
b. Tentukan orde filter
c. Tentukan faktor skala frekuensi (FSF)
d. Asumsikan harga Z (impedansi)

Langkah-langkah perhitungan.

a. Menentukan Faktor *Stepness* (As)

$$As = \frac{f_s}{f_c}$$

$$= \frac{20000Hz}{15000Hz}$$

$$= 1{,}3$$

b. Menggunakan tipe Filter *Chebyshev* 0,5 dB diperoleh orde filter n = 6

1. Untuk kutub I

   $C_1 = 3{,}592$

   $C_2 = 1{,}921$

2. Untuk kutub II

   $C_1 = 4{,}907$

   $C_2 = 0{,}3743$

3. Untuk kutub III

   $C_1 = 13{,}40$

   $C_2 = 0{,}07902$

c. Menentukan Faktor Skala Frekuensi (FSF) dan Z (impedansi)

FSF = $2\pi fc$; Asumsikan Z =50 KΩ

= 2 x 3,14 x 15000 Hz

= 94200 Hz

d. Menentukan harga C yang terdapat pada komponen filter

1. Kutub I

$$C_1^{\,I} = \frac{C_1}{FSF \times Z}$$

$$C_1^{\,I} = \frac{3{,}592}{94200 \times 50.10^3}$$

$$C_1^{\,I} = \frac{3{,}592}{4{,}710} \times 10^{-9}$$

$$C_1^{\,I} = 0{,}762 \times 10^{-9}$$

$$C_1^{\,I} = 1nF$$

$$C_2^{\,I} = \frac{C_2}{FSF \times Z}$$

$$C_2^{\,I} = \frac{1{,}921}{94200 \times 50.10^3}$$

$$C_2^{\,I} = \frac{1{,}921}{4{,}710} \times 10^{-9}$$

$$C_2^{\,I} = 407 \times 10^{-12}$$

$$C_2^{\,I} = 400\,pF$$

2. Kutub II

$$C_1^{\,I} = \frac{C_1}{FSF \times Z}$$

$$C_1^{\,I} = \frac{4{,}907}{94200 \times 50.10^3}$$

$$C_1^{\,I} = \frac{4{,}907}{4{,}710} \times 10^{-9}$$

$$C_1^{\,I} = 1{,}042 \times 10^{-9}$$

$$C_1^{\,I} = 11nF$$

$$C_2^{\,I} = \frac{C_2}{FSF \times Z}$$

$$C_2^{\,I} = \frac{0{,}3743}{94200 \times 50.10^3}$$

$$C_2^{\,I} = \frac{0{,}3743}{4{,}710} \times 10^{-9}$$

$$C_2^{\,I} = 79{,}47 \times 10^{-12}$$

$$C_2^{\,I} = 80\,pF$$

3. Kutub III

$$C_1^{\,I} = \frac{C_1}{FSF \times Z}$$

$$C_1^{\,I} = \frac{13{,}40}{94200 \times 50.10^3}$$

$$C_1^{\,I} = \frac{13{,}40}{4{,}710} \times 10^{-9}$$

$$C_1^{\,I} = 2{,}845 \times 10^{-9}$$

$$C_1^{\,I} = 3nF$$

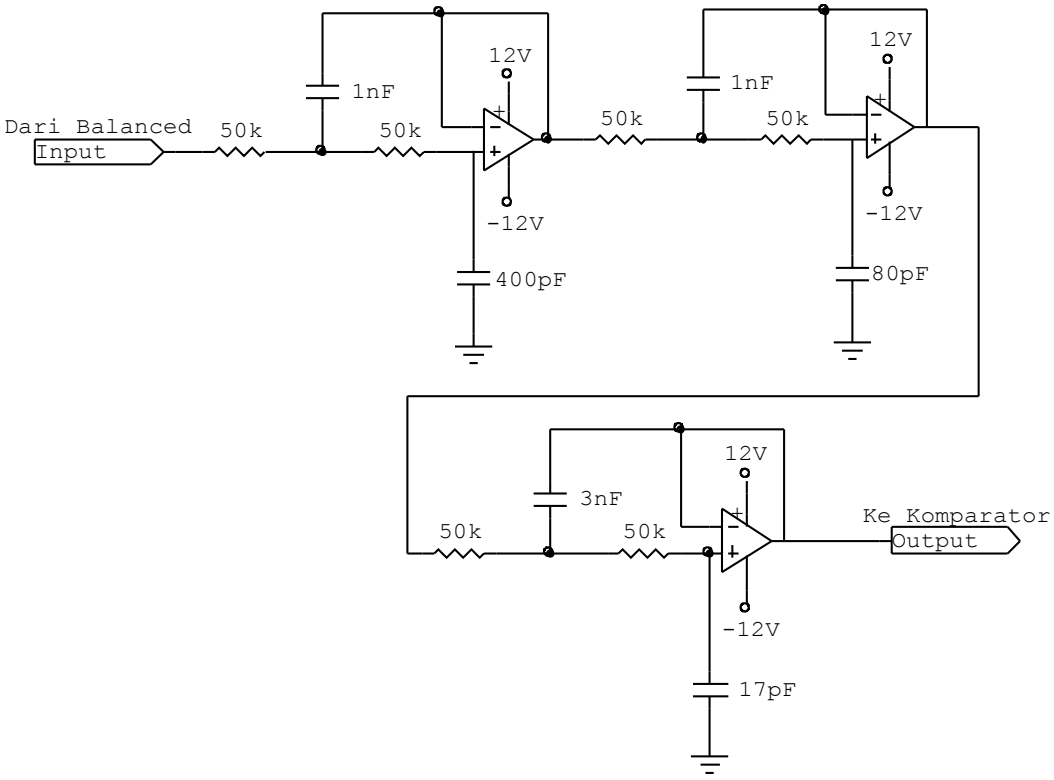
$$C_2^{\,I} = \frac{C_2}{FSF \times Z}$$

$$C_2^{\,I} = \frac{0{,}07902}{94200 \times 50.10^3}$$

$$C_2^{\,I} = \frac{0{,}07902}{4{,}710} \times 10^{-9}$$

$$C_2^{\,I} = 16{,}78 \times 10^{-12}$$

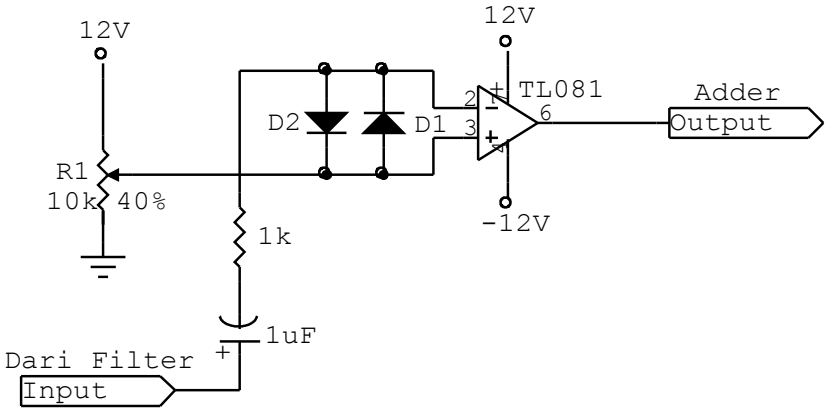
$$C_2^{\,I} = 17\,pF$$



Gambar. 3.4. Rangkaian Filter LPF

3.3.4 Rangkaian Pembentuk Sinyal (Komparator)

Rangkaian pembentuk sinyal yang dirancang disini digunakan untuk membandingkan dua level sinyal masukan dimana yang satu masukan dari sinyal keluaran filter dan lainnya dari tegangan referensi. Rangkaian ini merupakan sebuah sistem yang dirancang untuk membentuk kembali format sinyal data digital yang sesuai dengan karakter sinyal yang dikirim oleh rangkaian pengirim, berikut gambar rangkaian komparator.



Gambar. 3.5. Rangkaian Komparator

Masukan sinyal ke rangkaian pengkondisi sinyal ini melalui gerbang inverting dengan melewati terlebih dahulu komponen - komponen dioda 4148 sebagai pembatas level sinyal agar tidak terlalu besar. Kemudian pada bagian noninverting-nya dipasang komponen resistor variabel 10 KΩ yang digunakan sebagai tegangan offset untuk tegangan referensinya.

3.3.5 **Rangkaian Clock PN Penerima DSSS**

Pada rangkaian *clock* ini menngunakan IC NE555 dengan bentuk rangkaian *astable*, maka dapat dirancang sebuah generator pulsa yang memiliki keluaran sinyal kotak yang dapat berfungsi sebagai clock pada rangkaian selanjutnya dengan spesifikasinya adalah.

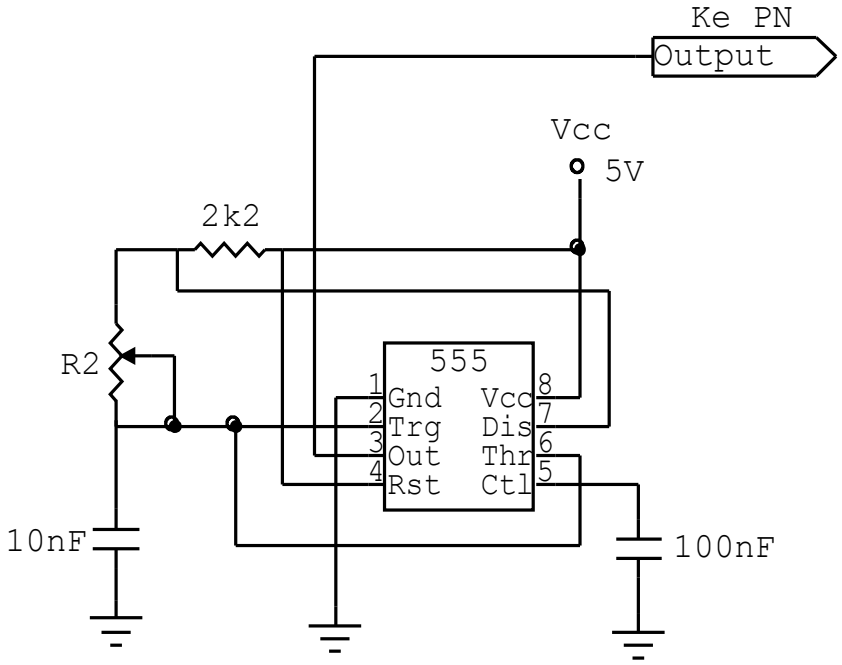
a. Bentuk sinyal keluaran adalah sinyal kotak
b. Frekuensi yang digunakan adalah 15 Khz
c. Tegangan Vcc adalah 5 Volt

Langkah-langkah perancangan.

a. Tentukan dahulu frekuensi yang digunakan

b. Asumsikan harga C_1, C_2 dan R_1

c. Tentukan harga R_2 menggunakan rumus : $f = \frac{1{,}44}{(R_1 + 2R_2)xC_1}$



Gambar. 3.5. Rangkaian Clock

Langkah-langkah perhitungan.

a. Frekuensi yang digunakan adalah 15 Khz

b. Menyesuaikan frekuensi yang digunakan menggunakan rumus :

$f = \frac{1{,}44}{(R_1 + 2R_2)xC_1}$; Asumsikan C_1 = 10 nF dan R_1 = 2k2

; R_2 = yang dicari

$15 \times 10^3 = \frac{1{,}44}{(2{,}2 \times 10^3 + 2 \times R_2) \times 10^{-8}}$

$$R_2 = \frac{1{,}44}{(2{,}2 \times 10^3 + 2 \times 15 \times 10^3) \times 10^{-8}}$$

$$R_2 = \frac{1{,}44 \times 10^8}{32200}$$

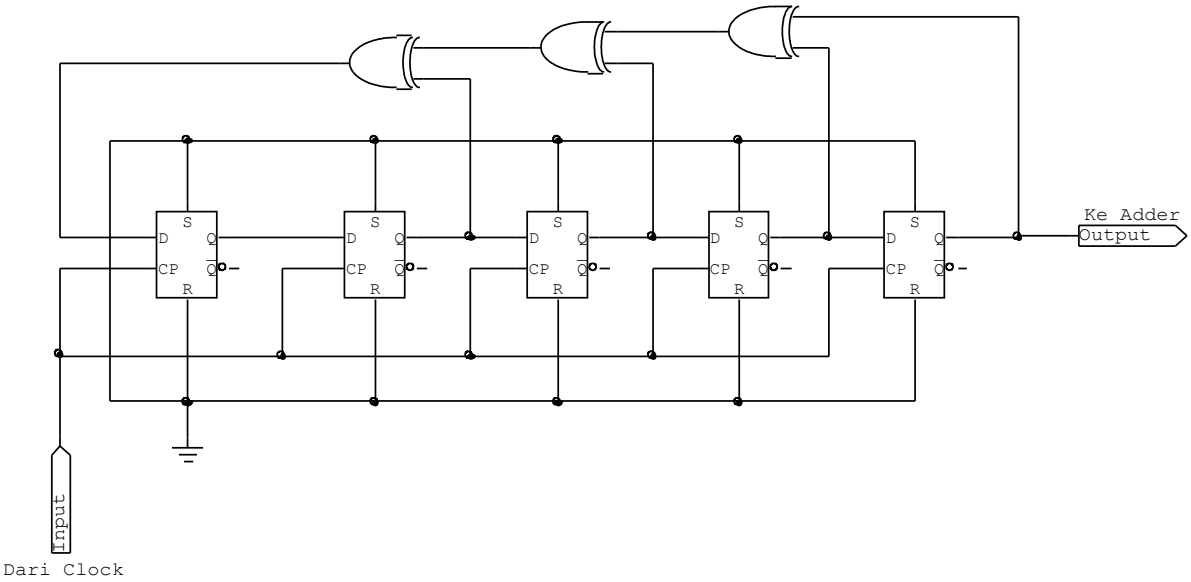
$$R_2 = 4{,}47 K\Omega$$

Untuk lebih pasti lagi dalam menentukan harga tahanan yang dihitung dapat diganti dengan menggunakan variabel dengan menempatkan sebuah potensio meter sebesar 5 KΩ supaya mendapatkan frekuensi sesuai dengan yang diinginkan.

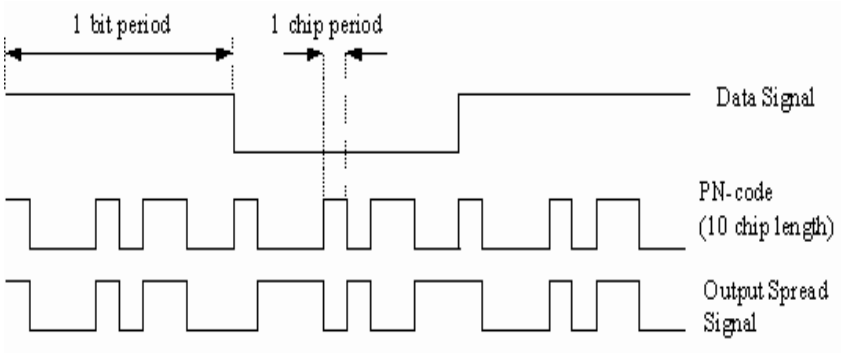
3.3.6 **Rangkaian *Pseudo Noise Generator* (PN)**

Rangkaian PN ini adalah rangkaian bit dengan kecepatan tinggi yang bernilai *polar* dari 1 ke -1 atau *non polar* dari 1 ke 0. kode PN mempunyai satuan *chip*, merupakan sinyal penyebar sinyal informasi dan digunakan untuk membedakan antara kanal/pengguna satu dengan yang lainnya.

Perancanga rangkaian PN ini menggunakan IC 4013 (DDF) sebanyak 3 buah dan IC 74LS86 (XOR) sebanyak 1 buah. Berikut gambar rangkaian PN.



Gambar. 3.6. Rangkaian PN Code

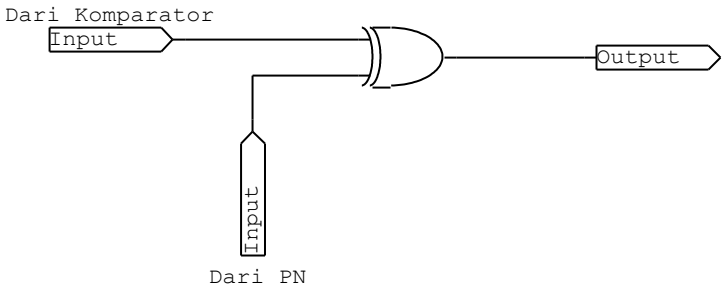


Gambar. 3.7. Proses Perkalian dengan Kode PN

Pada Gambar. 3.7. di atas, untuk menghasilkan sinyal termodulasi adalah bit data akan dikalikan dengan kode PN. Bila bit data bernilai 1 maka sinyal keluaran memiliki bentuk sama dengan kode PN. Bila bit data bernilai 0 maka sinyal keluaran memiliki bentuk berlawanan dengan kode PN.

3.3.7 **Rangkaian *Adder***

Rangkaian ini merupakan sistem penjumlahan untuk data sinyal biner yang tujuannya untuk menjumlahkan antara data masukan PN dengan Filter LPF sehingga akan didapat suatu penyebaran data informasi (*sequence*), berikut gambar rangkaian *adder*.



Gambar. 3.8. Rangkaian Adder

Rangkaian adder ini mempunyai dua masukan yaitu masukan dari filter dan masukan dari PN yang dijumlahkan kedua sinyal masukan tersebut dengan IC 74LS86 (XOR).

BAB IV

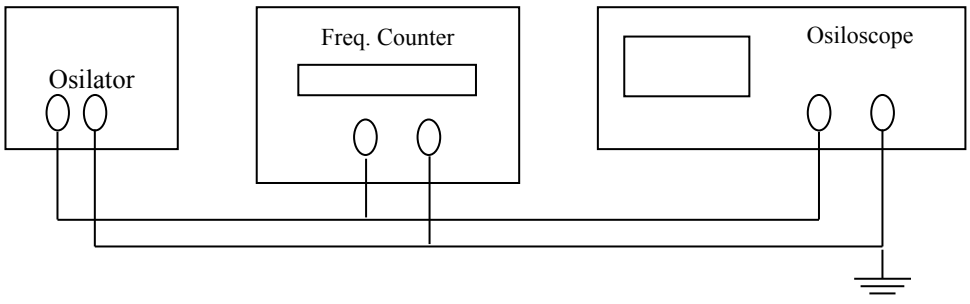
PENGUKURAN ALAT DAN ANALISA

4.1 Tujuan Pengujian Alat dan Analisa

Pengukuran alat dan analisa ini bertujuan untuk mengukur dan menganalisa hasil perancangan dari *Demodulator Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) sesuai dengan perancangan yang dilakukan pada bab sebelumnya, sehingga didapatkan nilai dari pengukuran tersebut yang sesuai berdasarkan tujuan dan batasan masalah dari tugas akhir ini.

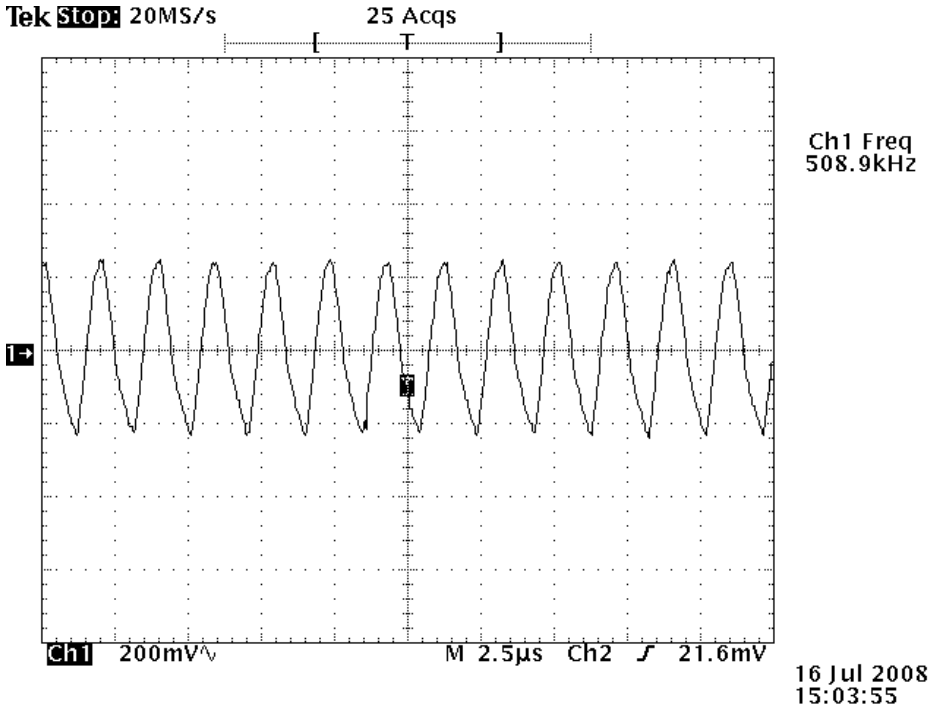
4.2 Pengukuran Rangkaian Osilator

Pengukuran osilator ini tujuannya adalah untuk menghasilkan nilai keluaran frekuensi dari rangkaian osilator sebesar 500 Khz yang digunakan sebagai frekuensi pembawa. Sebelum menganalisa sinyal hasil pengukuran, terlebih dahulu melakukan set up pengukuran yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.1 Set Up Pengukuran Osilator dengan Frekuensi 500 Khz Menggunakan *Frequency Counter* dan *Osciloscope*

Dari set up pengukuran tersebut didapatkan suatu bentuk sinyal keluaran dari rangkaian osilator yang terlihat seperti pada gambar 4.2 dan juga didapatkan suatu bentuk kestabilan frekuensi yang tersusun dalam sebuah tabel kestabilan frekuensi dimana analisa kestabilannya diambil berdasarkan pada perbandingan beberapa kali percobaan dalam selang waktu sebesar 5 menit per satu percobaan. Adapun hasil dari percobaan dilihat dalam tabel 4.1.



Gambar 4.2 Hasil Keluaran Rangkaian Osilator

Tabel 4.1 Tabel Kestabilan Frekuensi Osilator

No	T (waktu)	Frekuensi (Khz)
1	0 – 5 menit	500.075
2	5 – 10 menit	500.005
3	10 – 15 menit	499.814
4	15 – 20 menit	499.482
5	20 – 25 menit	499.403
6	25 – 30 menit	499.429
7	30 – 35 menit	499.407
8	35 – 40 menit	499.438
9	40 – 45 menit	499.875

10	45 – 50 menit	499.756
11	50 – 55 menit	499.833
12	55 – 60 menit	499.801
13	60 – 65 menit	499.991
14	65 – 70 menit	499.861
15	70 – 75 menit	499.879
16	75 – 80 menit	499.997
17	80 – 85 menit	500.013
18	85 – 90 menit	500.029
19	90 – 95 menit	500.005
20	95 – 100 menit	500.011
21	100 – 105 menit	500.038
22	105 – 110 menit	500.051
23	110 – 115 menit	500.049
24	115 – 120 menit	500.078
25	120 – 125 menit	500.103
26	125 – 130 menit	500.089
27	130 – 135 menit	500.117
28	135 – 140 menit	500.111
29	140 – 145 menit	500.145
30	145 – 150 menit	500.183
31	150 – 155 menit	500.222
32	155 – 160 menit	500.205
33	160 – 165 menit	500.210
34	165 – 170 menit	500.234
35	170 – 175 menit	500.240

Dari tabel 4.1 di atas dapat dihitung nilai probabilitas kesalahan dan deviasi data keseluruhan pangukuran melelui perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.2 Prosentase Kesalahan Pengukuran Osilator

No	Frekuensi (Khz)	$d = (f - \overline{f})$	d^2
1	500.075	0.127	0.016
2	500.005	0.057	0.003
3	499.814	-0.134	0.017
4	499.482	-0.466	0.217
5	499.403	-0.545	0.297
6	499.429	-0.519	0.269
7	499.407	-0.541	0.293
8	499.438	-0.51	0.260
9	499.875	-0.073	0.005
10	499.756	-0.192	0.037

11	499.833	-0.115	0.013
12	499.801	-0.147	0.022
13	499.991	0.043	0.002
14	499.861	-0.087	0.008
15	499.879	-0.069	0.005
16	499.997	0.049	0.002
17	500.013	0.182	0.033
18	500.029	0.081	0.007
19	500.005	0.057	0.003
20	500.011	0.063	0.004
21	500.038	0.09	0.008
22	500.051	0.103	0.011
23	500.049	0.101	0.010
24	500.078	0.13	0.017
25	500.103	0.155	0.024
26	500.089	0.141	0.020
27	500.117	0.169	0.029
28	500.111	0.163	0.027
29	500.145	0.197	0.039
30	500.183	0.235	0.055
31	500.222	0.274	0.075
32	500.205	0.257	0.066
33	500.210	0.262	0.069
34	500.234	0.286	0.082
35	500.240	0.292	0.085
	f = 17498.179	$\overline{\lvert\Sigma d\rvert}$ = 0.198	$\overline{\lvert\Sigma d^2\rvert}$ = 0.061

Harga rata-rata $(\overline{f}) = \frac{17498.179}{35} = 499.948$ Khz

Sehingga harga standar devisiasi (σ) didapat sebesar : $\Delta f = \sqrt{\frac{d^2}{n-1}}$

dimana harga n menunjukkan jumlah pengamatan yaitu sebanyak 35 kali pengamatan.

$$\Delta f = \sqrt{\frac{d^2}{n-1}}$$

$$\Delta f = \sqrt{\frac{0.061}{35-1}}$$

$$\Delta f = \sqrt{\frac{0.061}{34}}$$

$$\Delta f = 0.042 \text{ Khz}$$

Jadi harga frekuensi hasil pengukuran adalah :

$$f \pm \Delta f = 499.948 \pm 0.042 \text{ Khz}$$

Probabilitas kesalahan $= 0.6745 \text{ x } \Delta f$

$= 0.6745 \text{ x } 0.042$

$= 0.028$

Error (%) $= \frac{\Delta f}{f} x100\%$

$= \frac{0.042}{500000} x100\%$

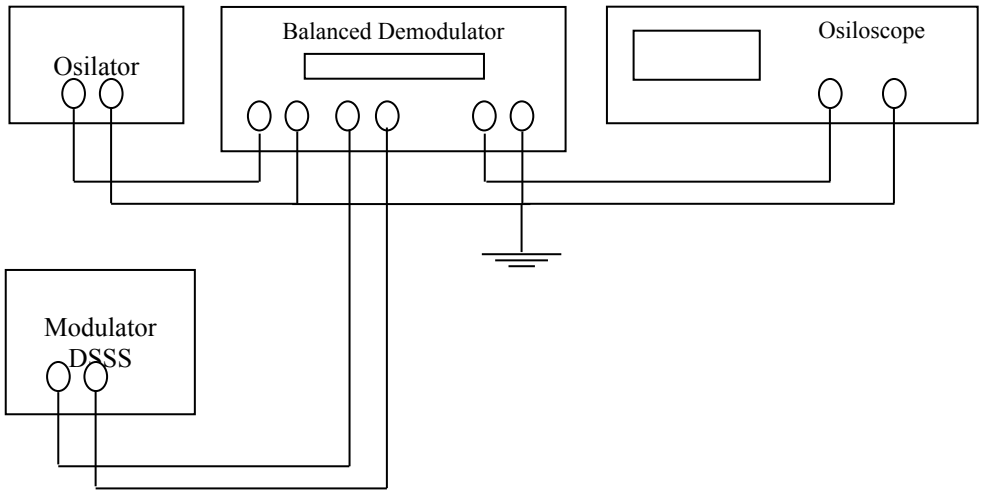
$= 0.0000084 \%$

Analisa Pengukuran :

Berdasarkan hasil perhitungan simpangan kestabilan frekuensi osilator, maka dapat dinyatakan bahwa tingkat kestabilannya mendekati nilai sebenarnya yaitu 500 Khz. Hal ini dapat dilihat dari nilai prosentase kesalahannya sangat kecil bahkan hampir mendekati tidak ada nilai kesalahannya.

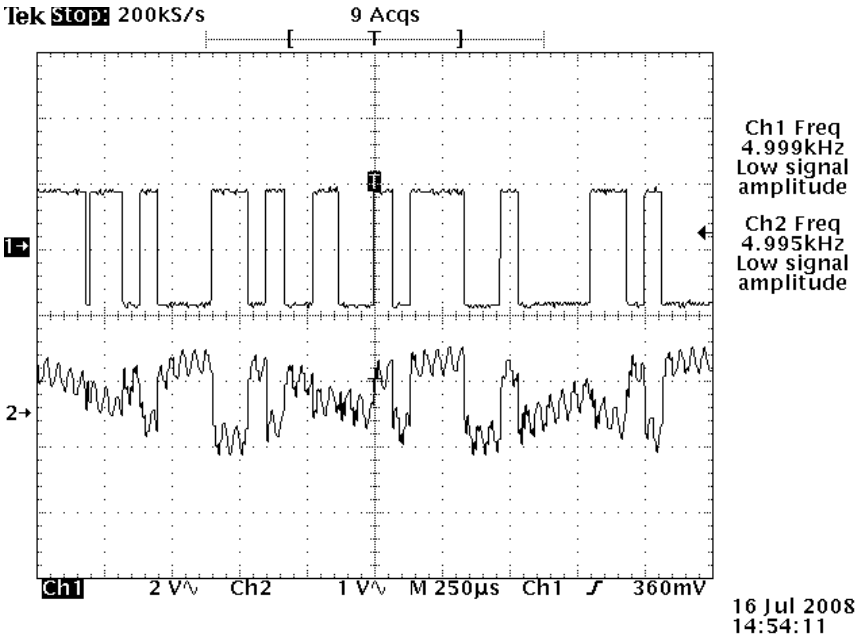
4.3 **Pengukuran Rangkaian Demodulator**

Pengukuran rangkaian *demodulator* ini tujuannya adalah untuk menghasilkan format sinyal keluaran dari rangkaian *demodulator* dengan dua masukan yaitu masukan dari osilator dengan sinyal *carrier* dan masukan dari *modulator* DSSS dengan sinyal BPSK. Sebelum menganalisa sinyal hasil pengukuran, terlebih dahulu melakukan set up pengukuran yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.3 Set Up Pengukuran Demodulator Menggunakan *Osciloscope*

Dari set up pengukuran tersebut didapatkan suatu bentuk sinyal keluaran dari rangkaian osilator yang terlihat seperti pada gambar 4.4 sebagai berikut:



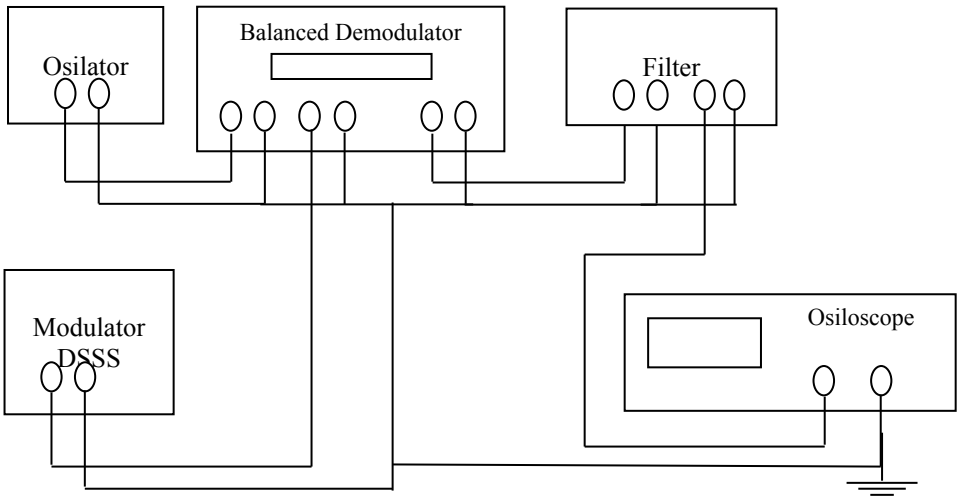
Gambar 4.4 Hasil Keluaran Rangkaian Demodulator

Analisa Pengukuran:

Dari hasil pengukuran rangkaian *demodulator* didapatkan sinyal kotak yang karenternya sama dengan sinyal data acak keluaran dari rangkaian *adder*. Hal ini dikarenakan rangkaian *demodulator* ini mempunyai dua masukan yaitu masukan dari osilator (sinyal *carrier*) dan masukan dari *modulator* DSSS (sinyal modulasi BPSK) serta digunakan pula untuk menghilangkan frekuensi pembawa dari data informasi masukannya, sehingga keluaran dari rangkaian demodulator ini merupakan data acak yang masih mengandung frekuensi tinggi tetapi frekuensi tinggai yang masih tertinggal ini dapat dihilangkan oleh sebuah rangkaian filter.

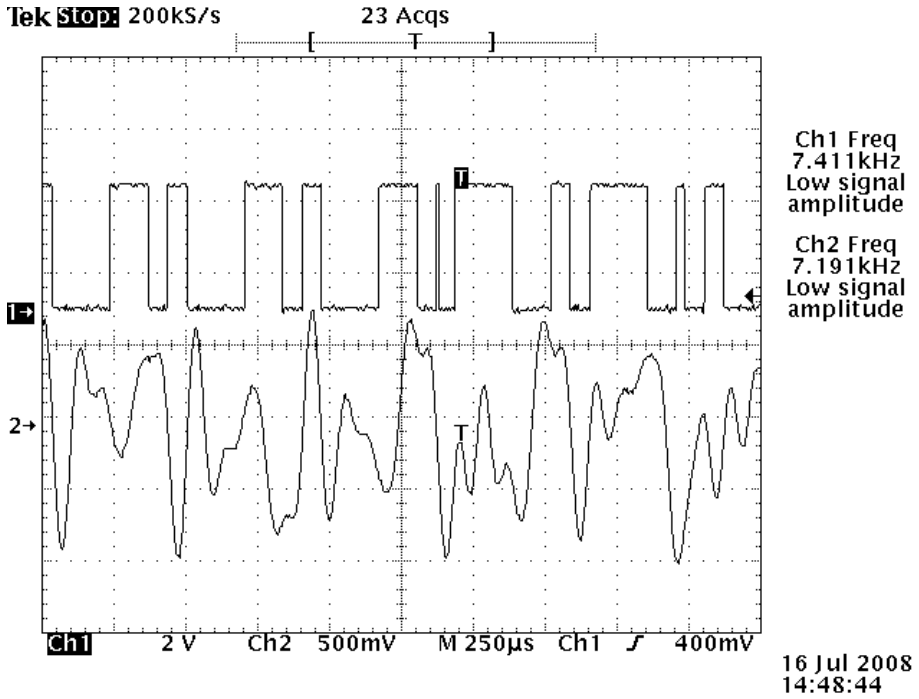
4.4 Pengukuran Rangkaian Filter

Pengukuran filter ini tujuannya adalah untuk menghilangkan frekuensi tinggi yang dihasilkan oleh rangkaian *demodulator* sebagai masukan untuk mendapatkan frekuensi yang diinginkan. Sebelum menganalisa sinyal hasil pengukuran, terlebih dahulu melakukan set up pengukuran yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.5 Set Up Pengukuran Filter Menggunakan *Osciloscope*

Dari set up pengukuran tersebut didapatkan suatu bentuk sinyal keluaran dari rangkaian filter yang terlihat seperti pada gambar 4.6. Adapun tanggapan frekuensi terhadap penguatan ditunjukkan dalam tabel 4.3.



Gambar 4.6 Hasil Keluaran Rangkaian Filter

Tabel 4.3 Tabel Respon Frekuensi Terhadap Penguatan Filter

No	Frekuensi Input (Hz)	Vin (mVpp)	Vout (Vpp)	Penguatan (dB) 20 Log (Vout/Vin)
1	100	0.5	0.5	0
2	500	0.5	0.5	0
3	1000	0.5	0.5	0
4	1500	0.5	0.5	0
5	2000	0.5	0.5	0
6	2500	0.5	0.5	0
7	3000	0.5	0.5	0
8	3500	0.5	0.525	0.212
9	4000	0.5	0.525	0.212
10	4500	0.5	0.525	0.212
11	5000	0.5	0.55	0.414
12	5500	0.5	0.55	0.414
13	6000	0.5	0.55	0.414
14	6500	0.5	0.55	0.414
15	7000	0.5	0.55	0.414
16	7500	0.5	0.525	0.212
17	8000	0.5	0.525	0.212
18	8500	0.5	0.525	0.212
19	9000	0.5	0.525	0.212
20	9500	0.5	0.525	0.212

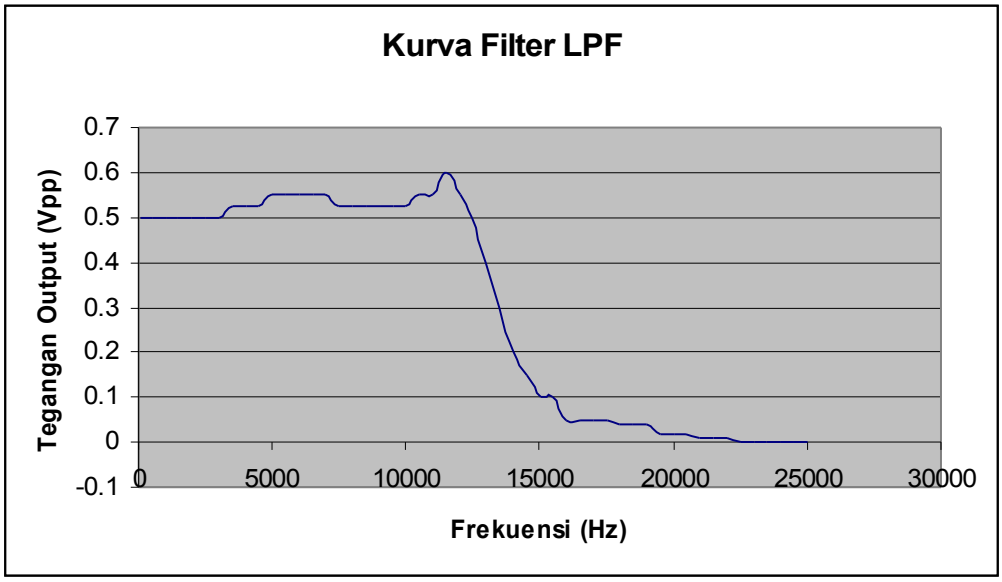
21	10000	0.5	0.525	0.212
22	10500	0.5	0.55	0.414
23	11000	0.5	0.55	0.414
24	11500	0.5	0.6	0.792
25	12000	0.5	0.55	0.414
26	12500	0.5	0.5	0
27	13000	0.5	0.4	-0.969
28	13500	0.5	0.3	-2.218
29	14000	0.5	0.2	-3.979
30	14500	0.5	0.15	-5.229
31	15000	0.5	0.1	-6.990
32	15500	0.5	0.1	-6.990
33	16000	0.5	0.05	-10
34	16500	0.5	0.05	-10
35	17000	0.5	0.05	-10
36	17500	0.5	0.05	-10
37	18000	0.5	0.04	-10.969
38	18500	0.5	0.04	-10.969
39	19000	0.5	0.04	-10.969
40	19500	0.5	0.02	-10.969
41	20000	0.5	0.02	-10.969
42	20500	0.5	0.02	-10.969
43	21000	0.5	0.01	-16.990
43	21500	0.5	0.01	-16.990
45	22000	0.5	0.01	-16.990
46	22500	0.5	0	0
47	23000	0.5	0	0
48	23500	0.5	0	0
49	24000	0.5	0	0
50	24500	0.5	0	0
51	25000	0.5	0	0

Analisa Pengukuran:

Cutoff = 0.707 x $V_{outmaks}$

= 0.707 x 0.6 Vpp

= 0.424 Vpp

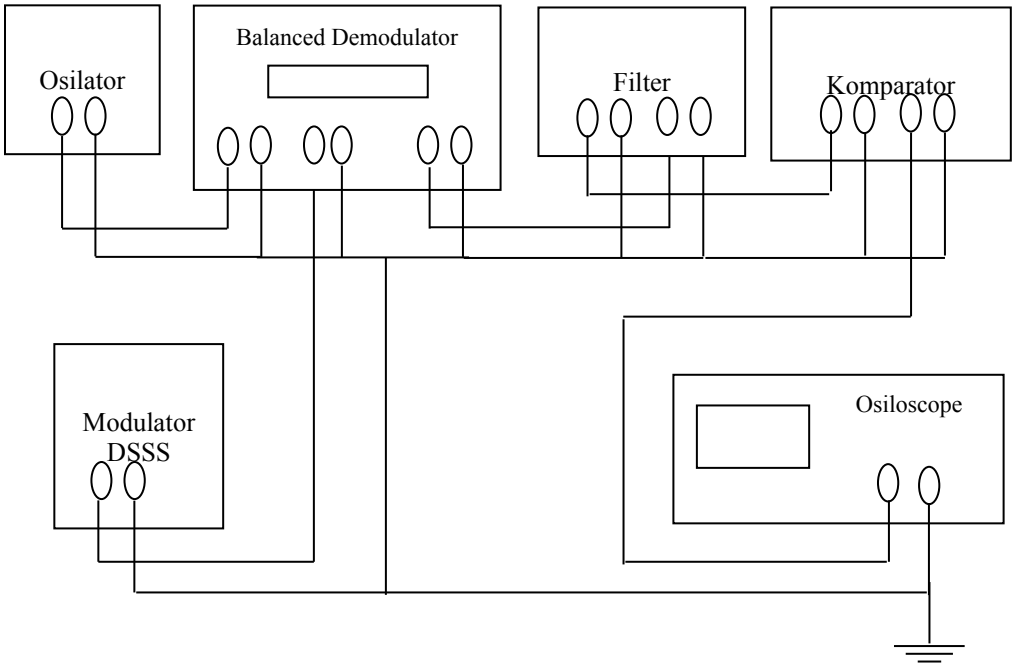


Gambar 4.7 Kurva Filter LPF

Berdasarkan perhitungan frekuensi *cutoff* dari hasil pengukuran pada tabel di atas dan dilihat dari kurva filter LPF pada gambar 4.7, maka dapat dijelaskan bahwa frekuensi *cutoff* berada pada frekuensi antara 12,5 Khz dan 13 Khz, sedangkan frekuensi *cutoff* yang diinginkan adalah 15 Khz. Hal ini terjadi adanya sebuah pergeseran frekuensi *cutoff* yang diakibatkan oleh perbedaan nilai parameter filter yang dihitung dalam perancangan dengan ketersediaan komponen di pasaran.

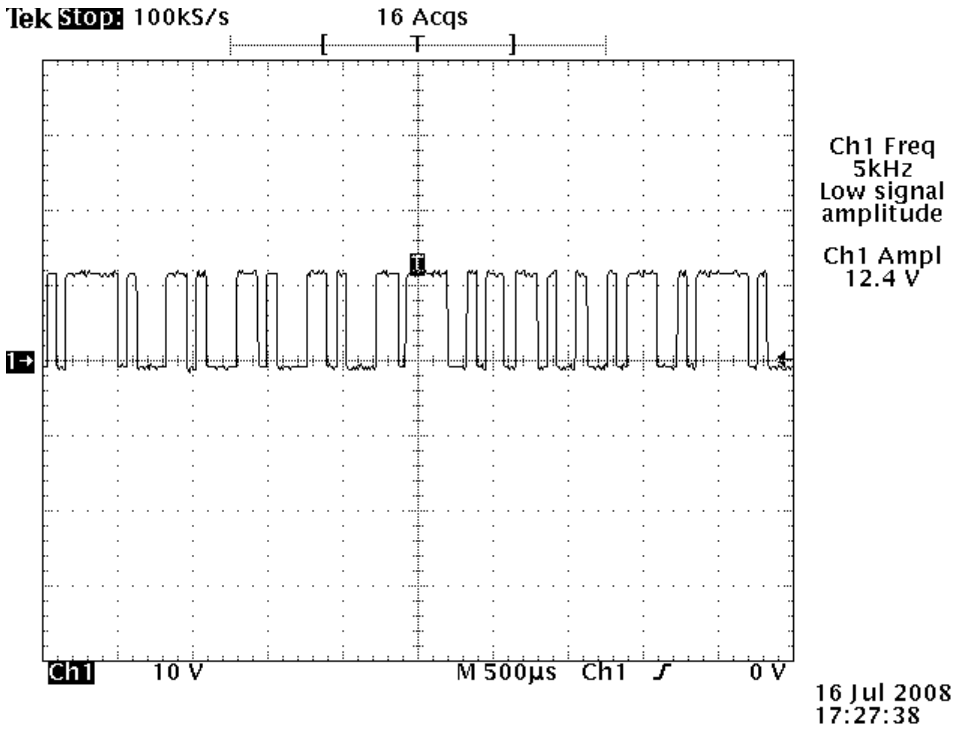
4.5 Pengukuran Rangkaian Komparator

Pengukuran komparator ini tujuannya adalah untuk mengembalikan format sinyal digital yang sesuai dengan karakter sinyal yang dikirim oleh *modulator* DSSS. Sebelum menganalisa sinyal hasil pengukuran, terlebih dahulu melakukan set up pengukuran yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.8 Set Up Pengukuran Komparator Menggunakan *Osciloscope*

Dari set up pengukuran tersebut didapatkan suatu bentuk sinyal keluaran dari rangkaian komparator yang terlihat seperti pada gambar 4.9.



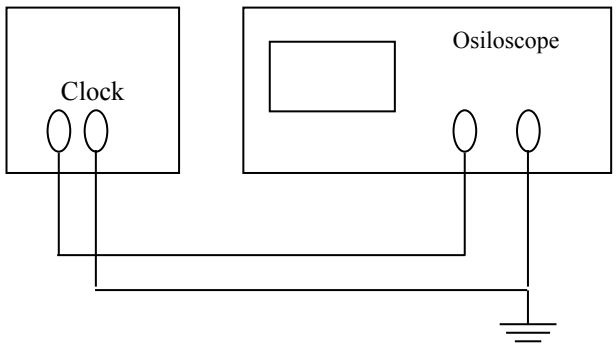
Gambar 4.9 Hasil Keluaran Rangkaian Komparator

Analisa Pengukuran:

Dari gambar 4.9 terlihat bahwa bentuk format sinyal keluaran dari komparator adalah sinyal digital acak yang merupakan perbandingan antara sinyal masukan dengan sinyal referensinya. Sinyal keluaran dari komparator sesuai dengan karakter sinyal yang dikirim oleh *modulator* DSSS.

4.6 **Pengukuran Rangkaian *Clock***

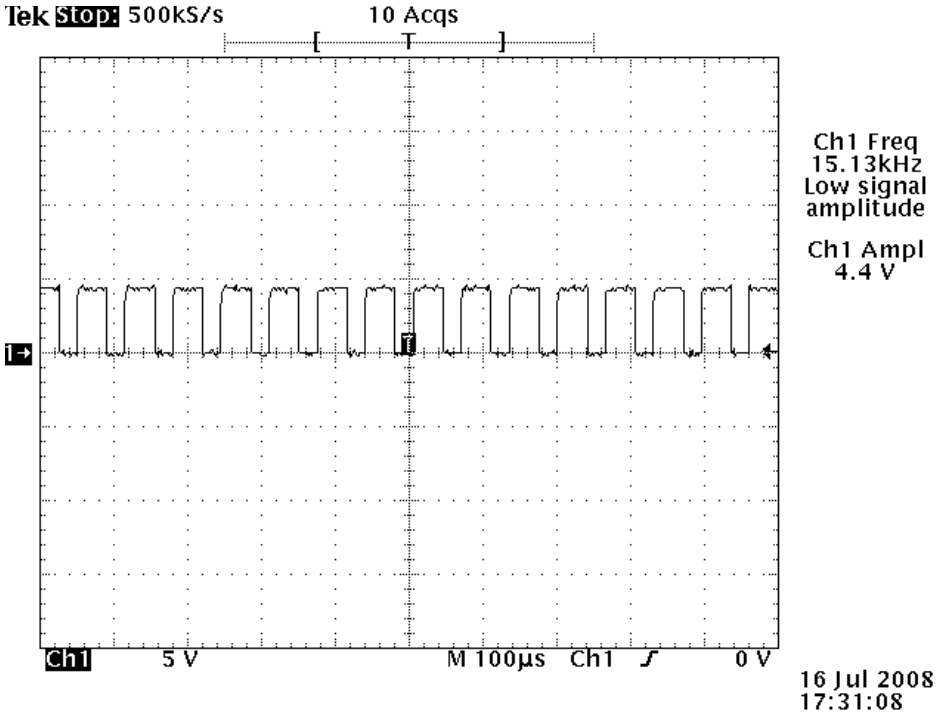
Pengukuran *clock* ini tujuannya adalah untuk menghasilkan nilai keluaran frekuensi dari rangkaian *clock* sebesar 15 Khz yang digunakan sebagai pembangkit rangkaian *psoudonoise* (PN). Sebelum menganalisa sinyal hasil pengukuran, terlebih dahulu melakukan set up pengukuran yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.10 Set Up Pengukuran *Clock* Menggunakan *Osciloscope*

Dari set up pengukuran tersebut didapatkan suatu bentuk sinyal keluaran dari rangkaian *clock* yang terlihat seperti pada gambar 4.11 dan juga didapatkan suatu bentuk kestabilan frekuensi yang tersusun dalam sebuah tabel kestabilan frekuensi dimana analisa kestabilannya diambil berdasarkan pada perbandingan

beberapa kali percobaan dalam selang waktu sebesar 5 menit per satu percobaan. Adapun hasil dari percobaan dilihat dalam tabel 4.4.



Gambar 4.11 Hasil Keluaran Rangkaian *clock*

Tabel 4.4 Tabel Kestabilan Frekuensi *Clock*

No	T (waktu)	Frekuensi (Khz)
1	0 – 5 menit	15.050
2	5 – 10 menit	15.050
3	10 – 15 menit	15.050
4	15 – 20 menit	15.050
5	20 – 25 menit	15.050
6	25 – 30 menit	15.048
7	30 – 35 menit	15.048
8	35 – 40 menit	15.048
9	40 – 45 menit	15.049
10	45 – 50 menit	15.049
11	50 – 55 menit	15.049
12	55 – 60 menit	15.049
13	60 – 65 menit	15.048
14	65 – 70 menit	15.048
15	70 – 75 menit	15.048
16	75 – 80 menit	15.048
17	80 – 85 menit	15.048

18	85 – 90 menit	15.048
19	90 – 95 menit	15.048
20	95 – 100 menit	15.047
21	100 – 105 menit	15.047
22	105 – 110 menit	15.047
23	110 – 115 menit	15.048
24	115 – 120 menit	15.048
25	120 – 125 menit	15.048
26	125 – 130 menit	15.048
27	130 – 135 menit	15.047
28	135 – 140 menit	15.047
29	140 – 145 menit	15.047
30	145 – 150 menit	15.047
31	150 – 155 menit	15.047
32	155 – 160 menit	15.047
33	160 – 165 menit	15.046
34	165 – 170 menit	15.046
35	170 – 175 menit	15.046

Dari tabel 4.4 di atas dapat dihitung nilai probabilitas kesalahan dan deviasi data keseluruhan pangukuran melelui perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.5 Prosentase Kesalahan Pengukuran *Clock*

No	Frekuensi (Khz)	$d = (f - \overline{f})$	d^2
1	15.050	0.002	0.000004
2	15.050	0.002	0.000004
3	15.050	0.002	0.000004
4	15.050	0.002	0.000004
5	15.050	0.002	0.000004
6	15.048	0	0
7	15.048	0	0
8	15.048	0	0
9	15.049	0.001	0.000001
10	15.049	0.001	0.000001
11	15.049	0.001	0.000001
12	15.049	0.001	0.000001
13	15.048	0	0
14	15.048	0	0
15	15.048	0	0
16	15.048	0	0
17	15.048	0	0
18	15.048	0	0

19	15.048	0	0
20	15.047	-0.001	0.000001
21	15.047	-0.001	0.000001
22	15.047	-0.001	0.000001
23	15.048	0	0
24	15.048	0	0
25	15.048	0	0
26	15.048	0	0
27	15.047	-0.001	0.000001
28	15.047	-0.001	0.000001
29	15.047	-0.001	0.000001
30	15.047	-0.001	0.000001
31	15.047	-0.001	0.000001
32	15.047	-0.001	0.000001
33	15.046	-0.002	0.000004
34	15.046	-0.002	0.000004
35	15.046	-0.002	0.000004
	f = 526.679	$\overline{\lvert\Sigma d\rvert}$ = 0.000829	$\overline{\lvert\Sigma d^2\rvert}$ = 0.00000129

Harga rata-rata $(\overline{f}) = \frac{526.679}{35} = 15.048$ Khz

Sehingga harga standar devisiasi (σ) didapat sebesar : $\Delta f = \sqrt{\frac{d^2}{n-1}}$

dimana harga n menunjukkan jumlah pengamatan yaitu sebanyak 35 kali pengamatan.

$$\Delta f = \sqrt{\frac{d^2}{n-1}}$$

$$\Delta f = \sqrt{\frac{0.00000129}{35-1}}$$

$$\Delta f = \sqrt{\frac{0.00000129}{34}}$$

$$\Delta f = 0.000194 \text{ Khz}$$

Jadi harga frekuensi hasil pengukuran adalah :

$$f \pm \Delta f = 15.048 \pm 0.000194 \text{ Khz}$$

Probabilitas kesalahan $= 0.6745 \text{ x } \Delta f$

$= 0.6745 \text{ x } 0.000194$

$= 0.000131$

Error (%) $= \frac{\Delta f}{f} x100\%$

$= \frac{0.000194}{15000} x100\%$

$= 0.00000129\ \%$

Frekuensi *clock* untuk membangkitkan *psoudonoise* sebesar 15 Khz, maka untuk kecepatan data dari *psoudonise* sebesar:

Clock Rate = 2 x Frekuensi

= 2 x 15000

= 30 Kbps

Jadi, Kecepatan Data = $\frac{ClockRate}{2}$

$= \frac{30000}{2}$

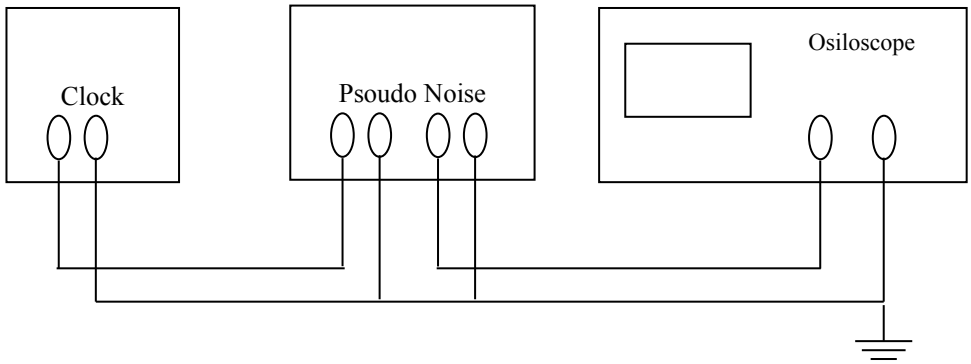
= 15 Kbps

Analisa Pengukuran:

Berdasarkan hasil perhitungan simpangan kestabilan frekuensi *clock*, maka dapat dinyatakan bahwa tingkat kestabilannya mendekati nilai sebenarnya yaitu 15 Khz. Hal ini dapat dilihat dari nilai prosentase kesalahannya sangat kecil bahkan hampir tidak ada nilai kesalahannya. Clock berfungsi untuk pembangkitan sinyal *psoudonoise* dengan *clock rate* sebesar 30 Kbps.

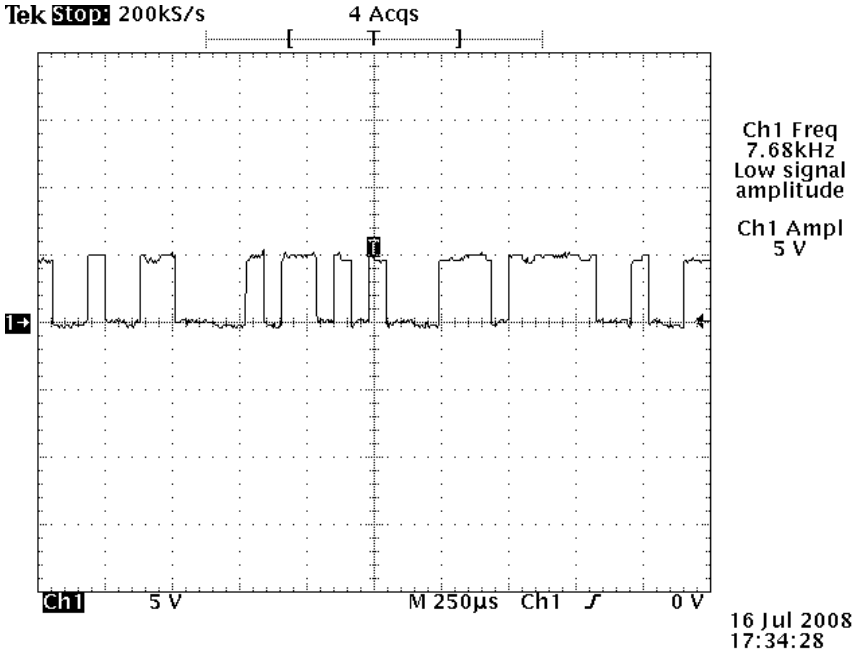
4.7 **Pengukuran Rangkaian *Psoudo Noise* (PN)**

Pengukuran *psoudonoise* (PN) ini tujuannya adalah untuk menghasilkan sinyal keluaran sinyal digital acak yang dibangkitkan oleh rangkaian *clock* dengan frekuensi sebesar 15 Khz. Rangkaian PN di bagian penerima DSSS ini digunakan untuk proses despreader atau menghilangkan komponen data acak dari PN pemancar sehingga setelah melalui adder di penerima, maka diharapkan akan didapatkan data informasi masukan yang nilainya sama seperti data yang di transmisikan pada bagian pengirim. Adapun set up pengukurannya ditunjukan seperti gambar berikut ini.



Gambar 4.12 Set Up Pengukuran *Psoudo Noise* Menggunakan *Osciloscope*

Dari set up pengukuran tersebut didapatkan suatu bentuk sinyal keluaran dari rangkaian *psoudonoise* yang terlihat seperti pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Hasil Keluaran Rangkaian *Psoudo Noise*

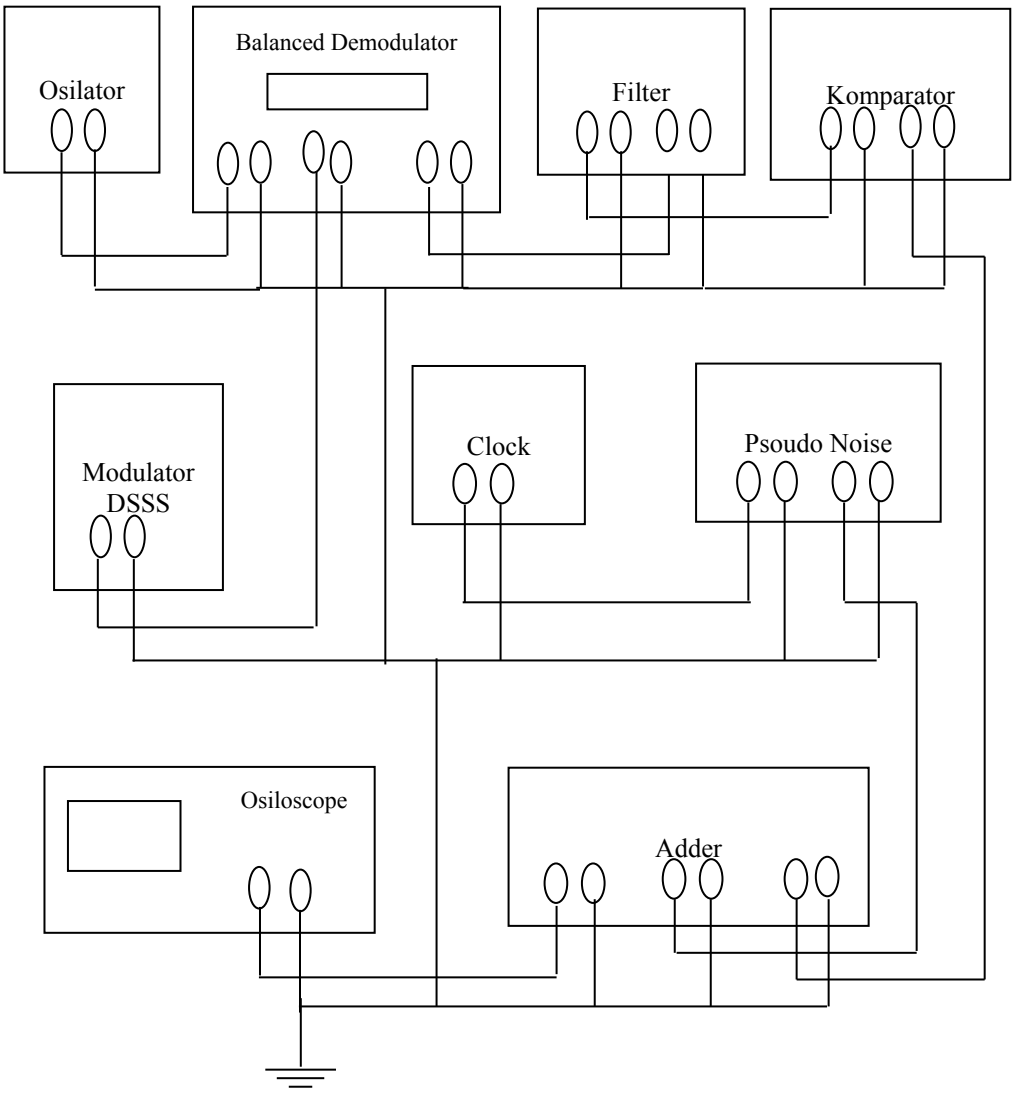
Analisa Pengukuran:

Dari gambar 4.13 terlihat bahwa bentuk format sinyal keluaran dari *pseudonoise* adalah sinyal digital acak dengan kecepatan datanya sebesar 15 Kbps yang dibangkitkan oleh sebuah rangkaian *clock* dengan frekuensi 15 Khz dan *clock rate* sebesar 30 Kbps.

4.8 Pengukuran Rangkaian Keseluruhan

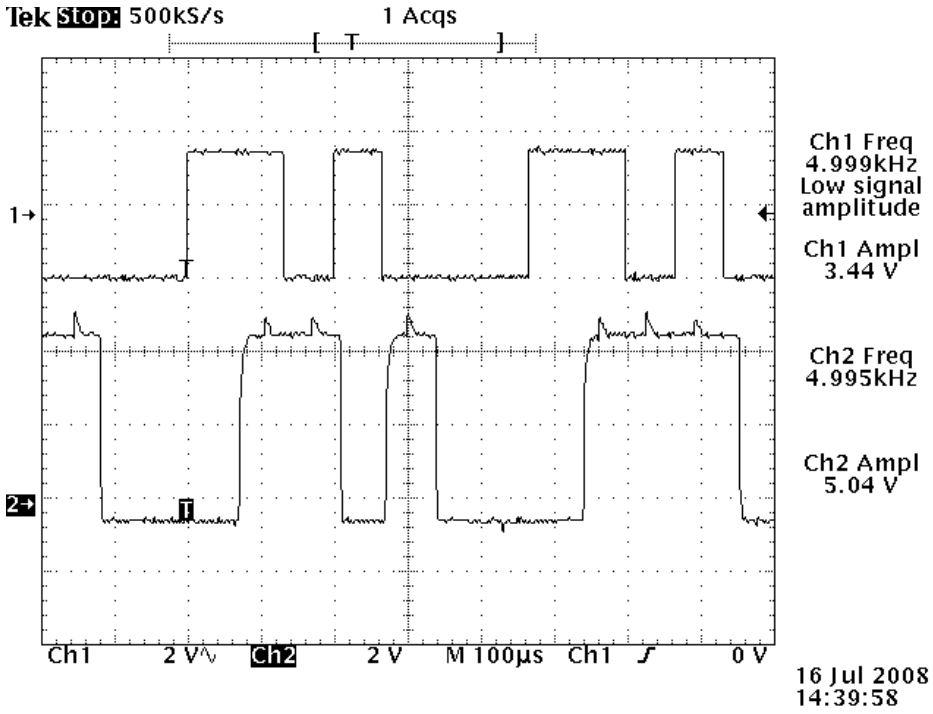
Hasil akhir dari perancangan ini merupakan keluaran dari gabungan rangkaian spreader yang telah termodulasi oleh suatu *modulator*. *Modulator* tersebut berupa data yang berasal dari PNG (*Psoudo Random Generator*). Pada

keseluruhan rangkaian ini keluaran yang diinginkan adalah sama dengan data yang dikirim oleh rangkaian *modulator*. Sebelum menganalisa sinyal hasil pengukuran, terlebih dahulu melakukan set up pengukuran yaitu sebagai berikut:

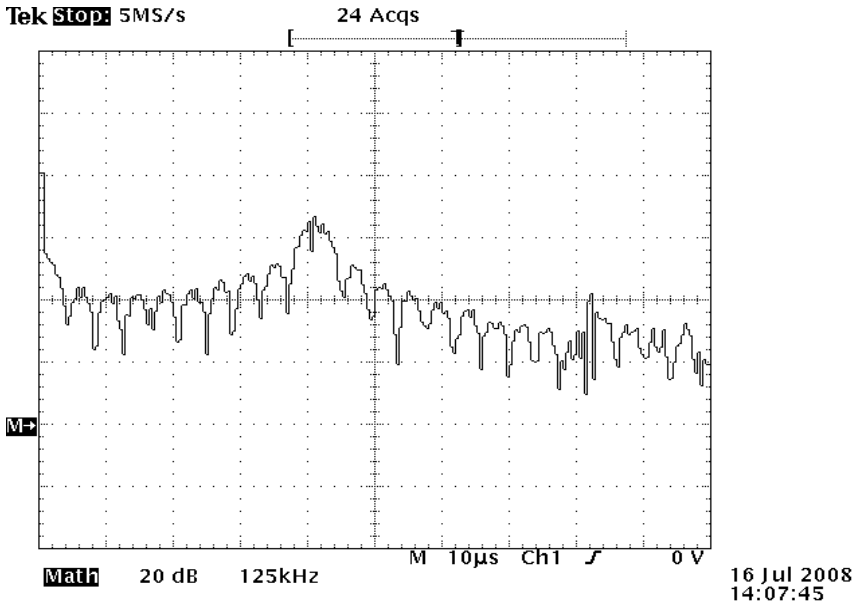


Gambar 4.14 Set Up Pengukuran Rangkaian Keseluruhan Menggunakan *Osciloscope*

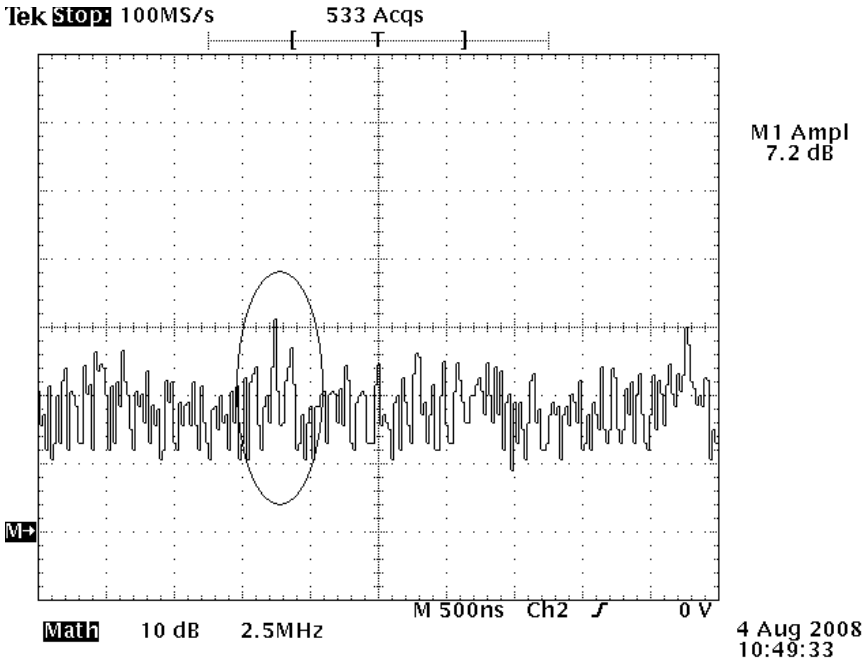
Dari set up pengukuran tersebut didapatkan suatu bentuk sinyal keluaran dari rangkaian *psoudonoise* yang terlihat seperti pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Hasil Keluaran Rangkaian Keseluruhan



(a)



(b)

Gambar 4.16 (a) Spektrum Penyebaran Bit Informasi Modulator DSSS

(b) Spektrum Pengumpulan Bit Informasi Demodulator DSSS

Analisa pengukuran:

Berdasarkan gambar 4.15, dapat ditarik suatu pernyataan bahwa keluaran dari rangkaian keseluruhan *demodulator* DSSS adalah sama dengan data yang dikirim oleh rangkaian *modulator* DSSS. Tetapi disini dapat terlihat bahwa sinyal keluaran demodulator terjadinya pergeseran waktu kirim dengan waktu data diterima. Biasanya adanya pergeseran waktu ini lebih diakibatkan adanya rugi-rugi transmisi serta rentang jarak komunikasi antara pengirim dengan penerima. Tetapi pada prinsipnya pergeseran waktu kirim dengan yang diterima tidak mengakibatkan kerusakan data secara fatal asalkan kandungan data yang terkirim tidak mengalami perubahan pada saat data tersebut diterima. Namun untuk sebagian komunikasi data yang memerluakan sebuah real time yang baik, maka

terjadinya pergeseran waktu ini dapat mengganggu. Dari Gambar 4.16 (a) terlihat bahwa spektrum akan tersebar di sepanjang frekuensi pembawa 500 kHz dengan rentang yang luas dan hal ini memperlihatkan bahwa *bandwidth* akan mengalami peningkatan seiring dengan semakin panjangnya rentetan data yang di sebarkan oleh rangkaian penyebar (*spreader*). Sedangkan dari Gambar 4.16 (b) terlihat bahwa spektrum pengumpulan bit informasi dengan bandwidth yang lebih sempit dari pada bendwidth penyebaran bit informasi dengan daya sebesar 7,2 dB.

4.9 **Perhitungan *Bit Error Rate* (BER)**

$$E_b = \frac{\frac{A_{rms}^2 \times T}{2}}{R}$$; Asumsikan R = 50 KΩ

$$= \frac{\frac{(3{,}53)^2 \times 100 \times 10^{-6}}{2}}{50.10^3} \qquad A_{rms} = \frac{A}{\sqrt{2}} = \frac{5}{\sqrt{2}} = 3{,}53$$

$$= \frac{6.25 \times 10^{-4}}{50 \times 10^3}$$

$$= 1{,}25 \times 10^{-8}\, watt$$

$$\frac{\eta}{2} = 10^{-9}\, watt / Hz$$

$$BER = P_e = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{\eta}}\right)$$

$$BER = P_e = \mathrm{Q}\left(\sqrt{\frac{E_b}{\frac{\eta}{2}}}\right)$$

$$BER = P_e = \mathrm{Q}\left(\sqrt{\frac{1{,}25 \times 10^{-8}}{10^{-9}}}\right)$$

$$BER = P_e = \mathrm{Q}(3.5)$$

$$BER = P_e = 23 \times 10^{-5}$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkan nilai laju kesalahan bit (BER) sebesar 23×10^{-5}

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan analisa pengukuran alat dalam Tugas Akhir ini, maka dapat di simpulkan beberapa hal, diantaranya.

1. Akibat adanya rugi-rugi transmisi dan teknik perancangan yang kurang maksimal akibatnya terjadinya sebuah pergeseran data yang dikirim dengan data yang diterima.
2. Tingkat kestabilan pengukuran osilator dan PN menunjukan bahwa nilai kestabilannya hampir mencapai 100 %. Artinya harga simpangan dari nilai sebenarnya hampir mencapai nol atau mendekati nilai sebenarnya (probabilitas kesalahan sama dengan 0 %).
3. *Bit Error Rate* (BER) untuk sistem penerima DSSS ini sebesar $\pm 10^{-6}$.

5.2 Saran

Beberapa saran yang penulis berikan kepada pembaca jika ingin meneruskan perancangan dan merealisasikan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengembangkan ke arah yang lebih baik, maka pada bagian penerima DSSS ini di tambahkan sebuah rangkaian sinkronisasi, agar setiap pergeseran waktu yang diakibatkan oleh rugi-rugi transmisi dapat dihilangkan sehingga data waktu terkirim akan sama dengan waktu terimanya.

2. Sebaiknya untuk menjaga agar tingkat kestabilan tegangan oleh pengaruh oleh beban-beban rangkaian, maka digunakan rangkaian tegangan switching yang memiliki tingkat kestabilan yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alaydrus, Mudrik, Ing., Dr., ”Sistem Komunikasi”, Teknik Elektro, UMB.
2. Haykin, Simon, “Communication Systems 4th Edition”, John Wiley & Sons, Inc, New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto.
3. HSU, HWEI P, Ph.D., “Theory and Problems Of Analog and Digital Communications“, McGraw-Hill International Editions.
4. Hughes, Fredrick W, “Panduan Op – Amp”, PT. Elex Media Komutindo, Kelompok Gramedia, Jakarta.
5. http://kebo.vlsm.org/mediawiki1.9/index.php/Spread_Spectrum_(Bab_9)
6. http://opensource.telkomspeedy.com/wiki/index.php/Direct_Sequence_Spread_Spectrum_(DSSS)
7. http://www.elektroindonesia.com/elektro/tel37.html
8. http://www.alldatsheets.com
9. Purbo, Onno W, ”Spread Spektrum ~ Teknologi komunikasi digital di masa datang”, fl3xu5 z0n3, posted.
10. Putra, Eko, Agfianto, ”Penapis Aktif Elektronika Teori dan Praktek”, C.V. Gava Media, Yogyakarta.
11. Santoso, Gatot, “Sistem Selular CDMA”, Graha Ilmu.
12. William, Athur B, ”Filter Design Handbook”, Printice Hall, 1980.

BIOGRAFI PENULIS



Hary Romandi, lahir di Tembilahan Riau, 14 Mei 1984. Menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan di Padang pada tahun 2002 yang dilanjutkan dengan mengambil pendidikan strata-I (S1) Jurusan Teknik Elektro. Ketetarikannya pada dunia telekomunikasi dan memantapkan langkahnya dengan menyelesaikan Program Studi Strata-I pada jurusan Teknik Elektro opsi Telekomunikasi Universitas Komputer Indonesia pada tahun 2008, dengan judul Tugas Akhir "PERANCANGAN DAN REALISASI *DEMODULATOR DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM* (DSSS)".

e-mail penulis : h4ry_maxel@yahoo.com
haryromandi@yahoo.co.id
handphone : +62-81321917184