



**S K R I P S I**

**RANCANG BANGUN  
PESINTESA FREKUENSI**

**O l e h**

**MOHAMAD SYUKUR**

**86210017**

**JURUSAN ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DARMA PERSADA  
J A K A R T A  
1 9 9 1**

# RANCANG BANGUN PESINTESA FREKUENSI

Skripsi

Dajukan untuk melengkapi persyaratan  
guna memperoleh gelar sarjana strata satu  
Jurusan teknik elektro  
program studi teknik telekomunikasi

oleh

Nama : Mohamad Syukur  
Nim : 86210017  
Nirm : 863123700250009

Mengetahui  
Jurusan elektro  
Fakultae teknik elektro

Menyetujui



Ir. M. Tompo MBA

Ketua Jurusan



Ir. Wiyoto Sukarno

Pembimbing



.....kupersembahkan untuk ibunda  
dan almarhum ayahanda tercinta,  
serta keluarga besar Mohammad Catu.

**SURAT PERNYATAAN**  
**KEASLIAN KARYA TULIS**

Dengan ini saya menyatakan bahwa,sejauh yang saya ketehui, karya tulis ini bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah pernah dipublikasikan, atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana lainnya di Universitas manapun, kecuali pada bagian-bagian dimana sumber informasi dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.

Jakarta, Agustus 1991

Penulis



(Mohamad Syukur)

## ABSTRAK

Pesintesa frekuensi adalah suatu alat yang dapat membangkitkan suatu deretan frekuensi keluaran pada pita frekuensi yang diinginkan. Adapun bentuk awal dari pesintesa frekuensi adalah menggunakan banyak kristal osilator.

Dewasa ini penerapan sistem pesintesa frekuensi sangat luas, khususnya dalam teknik telekomunikasi, salah satu di antaranya adalah untuk membangkitkan sinyal sebagai gelombang pembawa pada pemancar dan pada penerima.

Pada tugas akhir ini direncanakan suatu alat pesintesa frekuensi yang dapat menghasilkan 10.000 frekuensi diskrit dengan spasi kanal sebesar 100 kHz dan dalam daerah jangkauan frekuensi dari 100 Hz sampai 1 MHz.

Adapun keuntungan alat ini adalah lebih mudah untuk menghasilkan suatu deretan frekuensi keluaran dengan stabilitas yang cukup tinggi, dan hanya menggunakan sebuah kristal osilator sebagai referensinya, hal ini dimungkinkan karena dalam pembuatannya digunakan metoda ikal terkunci fasa (PLL)

Aplikasi dari alat pesintesa frekuensi ini adalah sebagai suatu generator sinyal yang diprogram secara digital dan dapat juga dipakai pada pesawat - pesawat pemancar dan penerima yang bersaluran banyak ( multichanel ). Untuk bidang frekuensi sangat rendah (VLF), frekuensi rendah (HF) dan frekuensi menengah (MF).

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah, penulis telah berhasil menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang merupakan salah satu syarat guna mencapai gelar kesarjanaan jenjang strata satu pada Fakultas Teknik jurusan Teknik Elektro program studi Telekomunikasi, Universitas Darma Persada.

Dalam Tugas Akhir ini penulis membahas dan merancang bangun suatu alat pembangkit frekuensi berkanal banyak yang dinamakan pesintesa frekuensi, yang mempunyai daerah jangkauan frekuensi keluaran antara 100 Hz hingga 1 MHz.

Penulis menyadari, bahwa selama dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik yang bersifat moril maupun materil. Maka dalam kesempatan ini, perkenankanlah penulis untuk menghaturkan banyak terima kasih, kepada:

1. Bapak Ir. Wiyoto Sukarso, selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga, serta telah memberikan petunjuk-petunjuk dan bimbingan yang berharga bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. John Suraputra, selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Darma Persada, yang telah banyak



memberikan dorongan baik yang bersifat moril maupun materil yang begitu besar kepada penulis.

3. Bapak Ir. Mangambari Tompo, MBA., selaku ketua jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Darma Persada, yang telah memberikan dorongan semangat kepada penulis demi selesainya Tugas Akhir ini dengan baik.
4. Bapak Ir. Agus Sun Sugiharto, selaku Penasehat Akademik dan Kepala Laboratorium teknik elektro Universitas Darma Persada, yang telah banyak membantu di dalam pengukuran dan bantuan yang sangat besar di dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh staf dosen dan karyawan di fakultas Teknik khususnya dan Universitas Darma Persada pada umumnya yang telah membimbing penulis selama menuntut ilmu di Universitas Darma Persada.
6. Rekan-rekan mahasiswa yang telah banyak memberikan bantuan yang bersifat moril maupun materil kepada penulis di dalam menyelesaikan Tugas akhir ini.
7. Pihak-pihak lain yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu pada lembaran ini.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih banyak sekali kekurangannya, karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Dan penulis juga berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh mahasiswa fakultas Teknik Universitas Darma Persada.

khususnya jurusan Teknik Elektro program studi telekomunikasi.



Jakarta, Agustus 1991

Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
Abstrak .....	i
Kata Pengantar .....	ii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL .....	x
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Umum .....	1
1.2. Pembatasan Masalah .....	3
1.3. Prinsip Kerja Presintesa Frekuensi dengan Phrase Lock .....	4
BAB II TEORI PESINTESA FREKUENSI .....	6
2.1. Osilator .....	8
2.2. Detektor Fasa .....	16
2.3. Tapis .....	25
2.4. Osilator Terkendali Tegangan (VCO) .....	32
2.5. Pencacah Terprogram .....	33
2.6. Beberapa Faktor Yang Menentukan Penampilan Presintesa Frekuensi .....	37
BAB III RANCANGAN PESINTESA FREKUENSI .....	42
3.1. Frekuensi Referensi .....	42
3.2. Rangkaian Ikal Terkendali Fasa .....	43
3.3. Detektor Fasa .....	44
3.4. Osilator Terkendali Tegangan (VCO) .....	48
3.5. Tapis Lolos Bawah (LPF) .....	51
3.6. Rangkaian Pembagi .....	53

3.6.a.	Rangkaian Yang Di Program ..	53
3.6.b.	Rangkaian Pembagi Yang Tetap	57
<b>BAB IV</b>	<b>PENGUKURAN DAN PENGAMATAN DATA .....</b>	<b>60</b>
4.1.	Alat-alat Ukur Yang Di Pergunakan .	60
4.2.	Pengukuran Yang Dilakukan .....	60
4.2.a.	Kestabilan Frekuensi Referensi .....	61
4.2.b.	Detektor Fasa .....	63
4.2.c.	Filiter Lolos Bawah (LPF) ...	65
4.2.d.	Karakteristik Osilator Terkendali Tegangan .....	67
4.2.e.	Pembagian Terprogram .....	69
4.2.f.	Keluaran Pesintesa Frekuensi	70
4.2.g.	Waktu Switching .....	71
4.3.	Analisis Data .....	73
4.4.	Pengembangan .....	75
4.5.	Hasil Bangun Alat Pesintesa Frekuensi .....	76
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>78</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>.....</b>	<b>80</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	<b>.....</b>	<b>81-93</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Blok Diagram Direct Frequency Dua Dekade .....	2
1.2. Blok Diagram Pesintesa Frekuensi Dengan Digital Langsung .....	2
1.3. Blok Diagram Pesintesa Frekuensi Dengan Digital .....	3
Gambar 2.1. Blok Diagram Pesintesa Frekuensi Dengan PLL .....	6
2.2. Blok Diagram Osilator Sebagai Umpan Balik Positif .....	9
2.3. Rangkaian Osilator Secara Umum .....	11
2.4. Osilator Kristal dan Ekuivalennya .....	12
2.5. Rangkaian Multivibrator Astabil dan Bentuk Gelombangnya .....	14
2.6. Rangkaian ekuivalen Kristal Dan Spasi Kanal Antar Frekuensi Resonansi .....	16
2.7. Osilator Kristal Pembangkit Pulsa ...	17
2.8. Sinyal Keluaran Detektor Fasa Sinus oida .....	19
2.9. Sinyal Masukan Dan Keluaran Detektor Fasa .....	21
2.10. Hubungan Antara Tegangan Dan Fasa Error .....	22
2.11. Diagram Blok Detektor Fasa Karateristik Detektor Linier .....	23
2.12. Sinyal Keluaran Rangkaian Flip-Flop .	24
2.13. Tapis Lolos Bawah Pasif .....	26
2.14. Tapis Lolos Bawah Aktif .....	27
2.15. Sistem Kendali Linier .....	29
2.16. Blok Diagram VCO .....	32
2.17. Blok Diagram Pencacah Seri Dengan JK Flip-flop Dan Sinyalnya .....	34

2.16.	Blok diagram rangkaian pendacah yang dapat di pre set.....	37
2.19.	Root Locus Dari LPF Pasif .....	39
2.20.	Tanggapan Peralihan Suatu Pesintesa Frekuensi .....	40
Gambar 3.1.	Rangkaian Pembangkit Frekuensi Referensi .....	42
3.2.	Blok Diagram Rangkaian Terpadu CD 4046	44
3.3.	Simbol Gerbang Logika Eksklusif OR ..	44
3.4.	Diagram Waktu Detektor Fasa Eksklusif OR .....	45
3.5.	Karakteristik Masukan / Keluaran Detektor Fasa Eksklusif OR .....	46
3.6.	Bentuk Gelombang Masukan / Keluaran Detektor Fasa II .....	48
3.7.	Kurva Frekuensi Minimum Sebagai Fungsi dari $C1$ dan $R2$ Untuk $VDD = 5V, 10V,$ dan $15V$ .....	50
3.8.	Kurva $F_{Max}/F_{Min}$ Sebagai Fungsi dari $R2/R1$ .....	50
3.9.	VCO Dan Komponen-komponen Luarnya ...	51
3.10.	LPF Pasif Yang digunakan .....	51
3.11.	Kurva Tanggapan Frekuensi LPF Pasif .	52
3.12.	Rangkaian Ikal Terkunci Fasa .....	53
3.13.	Program Dari Sebagai Pembagi Frekuensi Rangkaian Terpadu 40192 .....	55
3.14.	Dua Pembagi Rangkaian Terpadu 40192 .	57
3.15.	Pembagi Yang Tetap dengan Modulus ...	58
3.16.	Rangkaian Masukan Data Dan Rangkaian BCD-7 Segmen .....	59.a
3.17.	Rangkaian lengkap pesintesa frekuensi yang Direncanakan .....	59.b

Gambar 4.1.	Blok Diagram Pengukuran Kestabilan Frekuensi Referensi .....	61
4.2.	Pembentukan Sinyal Frekuensi	

Referensi .....	63
4.3. Pembentukan Sinyal Input Detektor	
Fasa .....	64
4.4. Sinyal Input Dan Lock Detektor Fasa ..	64
4.5. Blok Diagram Pengukuran Tanggapan	
Frekuensi LDF Pasif .....	65
4.6. Kurva tanggapan frekuensi LFF pasif ..	67
4.7. Blok diagram pengukuran karakteristik	
VCO .....	68
4.8. Karakteristik keluaran VCO .....	69
4.9. Pengukuran sinyal pembagi	
terprogram .....	70
4.10. Sinyal masukan keluaran pembagi	
terprogram untuk harga masukan	
200 Hz .....	70
4.11. Sinyal masukan keluaran pembagi	
terprogram untuk harga masukan	
800 Hz .....	71
4.12. Blok diagram pengukuran daya	
keluaran pesintesa frekuensi pada	
beban 50 ohm .....	71
4.13. Sinyal keluaran pesintesa frekuensi..	72
4.14. Bagian dalam alat pesintesa	
frekuensi .....	76
4.15. Bagian luar alat pesintesa	
frekuensi .....	76
4.16. Rangkaian lengkap pesintesa	
frekuensi yang dirancang .....	77



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Tabel kebenaran logika exclusive OR ...	45
3.2. Tabel Program pembagi .....	55
4.1. Hasil pengukuran kestabilan frekuensi referensi .....	62
4.2. Tanggapan frekuensi LPF pasif .....	66
4.3. Hasil pengukuran karakteristik VCO ....	68





## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Umum

Kemajuan Teknologi dalam bidang telekomunikasi menyebabkan kebutuhan akan pembangkit frekuensi makin meningkat, terutama pembangkit frekuensi yang menghasilkan kestabilan dan ketepatan frekuensi yang relatif tinggi. Di samping itu faktor kecepatan sistem dalam mencapai keadaan setimbang setelah ada perubahan dari satu frekuensi ke frekuensi lain juga perlu diperhatikan. Hal ini sangat diperlukan untuk peralatan pemancar-penerima sebagai pembangkit frekuensi. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut digunakan suatu alat pesintesa frekuensi.

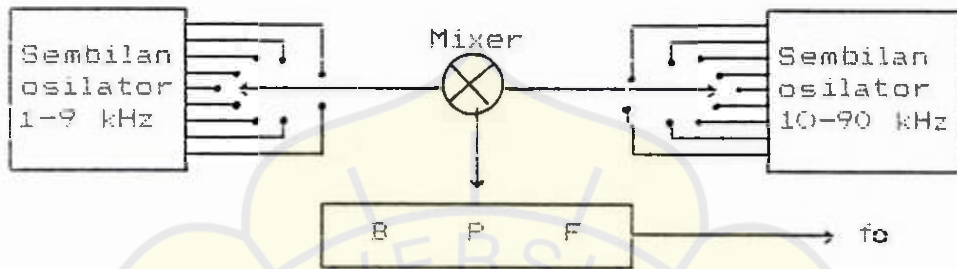
Pesintesa Frekuensi adalah alat yang dapat membangkitkan suatu susunan frekuensi yang dikehendaki dari suatu frekuensi referensi.

Hingga saat ini perkembangan alat pesintesa frekuensi ada tiga jenis, yaitu :

a. Pesintesa frekuensi langsung ( Direct Frekuensi Synthesis).

Pesintesa ini mempunyai frekuensi keluaran yang

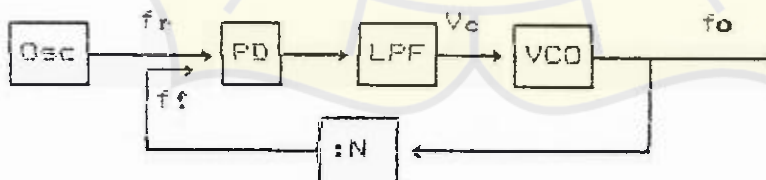
diambil dari frekuensi utama atau harmonisa-harmonisa dari frekuensi referensi dengan menggunakan mixer atau multifier dan band pass filter. Sistem ini menggunakan osilator kendali kristal (CCO) sehingga untuk membuatnya dibutuhkan banyak kristal.



Gambar 1. 1. Blok digram Direct Frekuensi dua dekade

- b. Pesintesa frekuensi dengan phase lock ( Frequency Synthesis by Phase Lock).

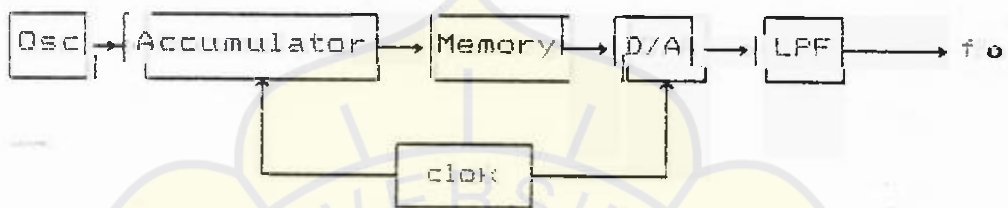
Pesintesa ini merupakan rangkaian umpan balik yang menghasilkan keluaran berupa frekuensi ( $f_0$ ) yang dikontrol oleh frekuensi umpan balik ( $f_f$ ) dan frekuensi referensinya ( $f_r$ ). Pesintesa frekuensi ini memanfaatkan teknik ikal terkunci fasa (PLL).



Gambar 1. 2. Blok Diagram Pesintesa Frekuensi dengan Phase Lock

- c. Pesintesa Frekuensi Digital Langsung (Direct Digital Synthesis).

Pesintesa frekuensi yang prosesnya menggunakan sistem digital dan sinyal keluarannya berupa analog. Pesintesa inipun menggunakan teknik ikal terkunci fasa (PLL). Hanya dari segi ekonomis cukup mahal karena memakai rangkaian terpadu digital dan sulit diperoleh di pasaran.



Gambar 1.3. Blok Diagram Pesintesa Frekuensi dengan Digital Langsung.

## 1.2. Pembatasan Masalah

Dalam pelaksanaan percobaan di laboratorium telekomunikasi digunakan generator frekuensi sebagai pembangkit sangat rendah (3-30 kHz), frekuensi rendah (30-300 kHz) dan frekuensi menengah (300-3000 kHz) diperlukan suatu alat pesintesa frekuensi yang mempunyai

- frekuensi keluaran dengan kestabilan cukup tinggi
- ketepatan frekuensi keluaran yang dikehendaki cukup baik
- kecepatan yang cukup tinggi dalam mencapai kesetimbangan setelah adanya perubahan dari satu frekuensi ke frekuensi lain
- kesederhanaan dalam rancang bangunnya

- segi ekonomis yang cukup murah

Dengan mengingat faktor-faktor di atas, jenis pesintesa frekuensi dengan sistem terkunci fasa (phase lock) merupakan pilihan yang tepat.

Sedangkan spesifikasi pesintesa frekuensi yang dirancang adalah sebagai berikut :

	Rancangan
Bidang frekuensi .....	100 Hz - 1 MHz
Spasi Kanal .....	100 Hz
Daya Keluaran .....	26,96 dBm, 50 ohm
Redaman Side Band .....	-6 dB/oktaf

### I.3. Prinsip Kerja Pesintesa Frekwensi dengan Phase Lock

Dari gambar 1. 2. pesintesa ini mempunyai cara kerja sebagai berikut :

- VCO ( Voltage Controlled Oscillator ) menghasilkan frekwensi keluaran yang sebanding dengan tegangan pengontrolnya ( $V_c$ ).
- keluaran dari VCO yang berupa frekuensi ( $f_o$ ) diumpan-balikkan ke detektor fasa setelah melalui pembagi frekwensi dan dibandingkan dengan frekwensi sinyal masukan ( $f_r$ ). Tegangan ini setelah melalui lapis lolos bawah (LPF) pasif akan menghasilkan dc yang besarnya sesuai dengan besaran yang dikehendaki.
- apabila dikehendaki frekuensi mempunyai nilai yang

dikehendaki maka kita dapat memberikan nilainya dengan  
mengatur rangkaian pencacah pembagi  $N$  ( $:N$ ).

