

# **Dasar Dasar Pemrosesan Sinyal Digital**

Diktat Kuliah  
EL 302 Pemrosesan Sinyal Digital

Oleh  
Armein Z. R. Langi

Laboratorium Sinyal dan Sistem  
Departemen Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Bandung  
2001

## Kata Pengantar

Diktat kuliah ini dimaksudkan untuk menolong mahasiswa mengikuti perkuliahan Pemrosesan Sinyal Digital (EL302). Kuliah ini menggunakan buku teks karangan Proakis dan Manolakis. Meskipun ada kekurangan di sana-sini, buku teks tersebut telah menjadi standar dunia dalam matakuliah ini, sehingga mahasiswa perlu menguasainya. Bahan yang dicakup buku tersebut cukup banyak, sehingga dapat menyulitkan mahasiswa apabila tidak dibantu oleh diktat ini. Diktat ini bukan pengganti buku teks tersebut, melainkan merupakan sari nya. Dengan adanya diktat ini, mahasiswa tidak perlu melakukan banyak pencatatan selama kuliah.

Inovasi utama dari diktat ini adalah dicantumkan tujuan belajar (*learning objective*) pada materi. Dalam belajar, mahasiswa hendaknya memastikan bahwa setiap tujuan belajar dapat tercapai. Dengan demikian, apabila materi dalam diktat ini masih belum cukup untuk membantu, maka mahasiswa dapat mencari bahan ajar yang lebih lengkap, dengan mengacu pada tujuan belajar tersebut.

Selain itu, buku ini dilengkapi pula dengan contoh soal serta skrip Matlab bagi mahasiswa untuk mencoba sendiri. Semua contoh soal hendaknya di coba sendiri. Demikian pula latihan menggunakan Matlab. Pada bagian akhir terdapat soal-soal yang pernah digunakan dalam berbagai ujian kuliah ini. Mahasiswa harus memastikan diri mencobanya.

Penulis berterimakasih kepada tim mahasiswa di kelompok penelitian dan teknologi digital signal processing (DSP-RTG) Laboratorium Sinyal dan Sistem serta PPAU Mikroelektronika ITB yang telah berjerihpayah ikut membantu penyusunan diktat ini, termasuk mengetikkan berbagai persamaan dan membuat gambar-gambar. Beberapa nama dapat disebut, yaitu Hendryk Budi Nugraha, Herry Sitepu, Y Bandung, Yosi Yonata, dan lain-lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Edisi pertama diktat ini disusun pada tahun 1998, dan mulai dipakai pada tahun 1999. Kami terus berusaha memperbaikinya dengan berbagai masukan. Edisi ke dua mulai memasukkan skrip Matlab yang dilakukan pada tahun 2000. Tahun 2001 ini, kami memperbaiki lagi dengan edisi ke tiga, dimana kami mengikutkan semakin banyak penjelasan dan narasi. Demikian pula kami dapat mengikutkan semakin banyak soal.

Akhirnya kami berharap kritik dan saran untuk perbaikan pada edisi berikutnya. Harapan kami diktat ini dapat mencapai sasarannya.

Bandung, 30 Agustus 2001

Armein Z R Langi, Kampus ITB Bandung

Edisi I, 1998

Edisi II, 2000

Edisi III, 2001

# Daftar Isi

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>II</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>III</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>V</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>IX</b>
<b>1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
1.1 SINYAL, SISTEM, DAN PEMROSESAN SINYAL .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
1.2 ELEMEN-ELEMEN DASAR SISTEM DSP .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
1.3 KLASIFIKASI SINYAL .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
1.4 KONSEP FREKUENSI UNTUK SINYAL WAKTU DISKRIT (D-T) DAN SINYAL WAKTU KONTINU (C-T) .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
1.5 KONSEP HARMONICALLY-RELATED COMPLEX EXPONENTIALS .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
1.6 KONVERSI ANALOG TO DIGITAL DAN DIGITAL TO ANALOG.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
1.7 CATATAN PENUTUP.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>2 SINYAL DAN SISTEM DI DOMAIN WAKTU .....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
2.1 SINYAL DI DOMAIN WAKTU .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
2.2 SISTEM PEMROSESAN TERHADAP SINYAL .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
2.3 ANALISA SISTEM .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
2.4 SISTEM GENERIK .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
2.5 PENUTUP .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>3 SINYAL DAN SISTEM DI DOMAIN Z .....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
3.1 TRANSFORMASI Z PADA SINYAL .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
3.2 BENTUK RASIONAL DARI TRANSFORMASI Z .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
3.3 TRANSFORMASI Z UNTUK SISTEM .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
3.4 INVERSI DENGAN CARA PARTIAL FRACTION .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
3.5 TRANSFORMASI Z SATU SISI.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
3.6 RESPONS SISTEM .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
3.7 ANALISA STABILITAS SISTEM.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
3.8 PENUTUP .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>4 SINYAL DAN SISTEM DI DOMAIN FREKUENSI....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
4.1 KONSEP SPEKTRUM FREKUENSI .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
4.2 EKSTENSI TRANSFORMASI FOURIER .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
4.3 SIFAT-SIFAT TRANSFORMASI FOURIER.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
4.4 TRANSFORMASI FOURIER UNTUK SISTEM.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
4.5 SISTEM LTI SEBAGAI FILTER .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
4.6 PENUTUP .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>5 DISCRETE FOURIER TRANSFORM DAN FFT .....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
5.1 DISCRETE FOURIER TRANSFORM (DFT).....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
5.2 SIFAT DFT.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
5.3 FILTER MENGGUNAKAN DFT.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
5.4 FAST FOURIER TRANSFORM (FFT).....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>6 ANALISA SPEKTRUM .....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>

6.1	ANALISA SPEKTRUM DENGAN DFT .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
6.2	MENGHITUNG DFT DENGAN BANTUAN FILTER .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>7</b>	<b>DESAIN FILTER DIGITAL.....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
7.1	STRUKTUR FILTER DIGITAL.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
7.2	MASALAH DESAIN FILTER.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
7.3	DESAIN FIR.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
7.4	DESAIN IIR.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>8</b>	<b>BEBERAPA TOPIK LANJUT .....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
8.1	REPRESENTASI LOW PASS DARI SINYAL BANDPASS .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
8.2	PEMROSESAN SINYAL ANALOG SECARA DIGITAL .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
8.3	MULTIRATE SIGNAL PROCESSING.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>9</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
9.1	DSP DENGAN MATLAB.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
9.2	KONVERSI ANALOG KE DIGITAL DAN SIGMA-DELTA .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
9.3	KONSEP REPRESENTASI BILANGAN .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
	<b>REFERENSI .....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
	<b>RAGAM SOAL SOAL .....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>

## Daftar Gambar

- Gambar 1.1. Melalui pemodelan sinyal, besaran fisis dapat direpresentasikan menjadi fungsi matematis. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.2. Pemrosesan sinyal analog secara analog. ...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.3. Pemrosesan sinyal secara digital dapat dilakukan terhadap sinyal analog maupun sinyal digital. Blok ADC mengubah sinyal analog menjadi digital, sedangkan blok DAC mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.4. Melalui kuantisasi, sinyal bernilai kontinu dapat diubah menjadi sinyal bernilai diskrit. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.5. Contoh gelombang  $x_a(t) = A \cos(2\pi t + \theta)$ . **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.6. Representasi fasor dari sinyal sinusoid. Semakin tinggi frekuensi, semakin besar sudut. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.7. Gelombang dari sinyal  $x(n) = A \cos(2\pi f n + \theta)$  .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.8. Konversi sinyal analog menjadi sinyal digital. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.9. Konversi sinyal digital menjadi sinyal analog. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.10. Proses konversi sinyal analog menjadi sinyal digital. ... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.11. Pensampling. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.12. Gelombang di sebelah kanan adalah hasil sampling dari gelombang di sebelah kiri. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.13. Hubungan antara frekuensi waktu kontinu dengan frekuensi waktu diskrit dari sinyal yang terhubung oleh proses sampling. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.14. Contoh sinyal sinusoidal. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.15. Fungsi *sinc* sebagai penginterpolasi. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.16. Proses kuantisasi.  $\Delta =$  step kuantisasi (atau resolusi).. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.1. Contoh sinyal dalam bentuk grafik atau waveform. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.2. Hubungan input output dari sistem waktu diskrit (SWD). ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.3. Diagram blok dari sistem dengan koefisien tertentu. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.4. Kaskade dua sistem LTI. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.5. Sistem paralel sama dengan menjumlah dua sistem **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.6. Ilustrasi penguraian menjadi impulse. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.7. Respons impuls dari sebuah sistem linier. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.8. Sistem LTU adalah sistem yang sekaligus time invariant dan linier. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.9. Ilustrasi dari proses konvolusi .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.10. Sistem paralel dapat dianggap sebagai sistem penjumlahan. ....**Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 2.11. LCCDE adalah subkelas dari LTI IIR. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.12. Implementasi struktur direct form tipe satu. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.13. Direct Form tipe dua. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.14. Implementasi FIR secara nonrekursif. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.1. Bentuk polar dari bilangan kompleks  $z$ . ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.2. ROC untuk term nonkausal. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.3. ROC untuk bagian kausal. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.4. ROC untuk sinyal dengan bagian kausal dan nonkausal.**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.5. ROC untuk sinyal yang finite maupun infinite. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.6. Pole dan zero diletakkan pada  $z$ -plane masing-masing dengan lambang  $x$  dan  $o$ . ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.7. Konfigurasi pole dan zero pada sebuah kasus. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.8. Konfigurasi pole dan zero. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.9. Konfigurasi pole-zero dalam konjugasi. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.10. Pengaruh posisi pole terhadap dinamika sinyal. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.11. Pengaruh posisi pole ganda terhadap dinamika sinyal. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.12. Pengaruh posisi pole ganda konjugate terhadap sifat dinamika sinyal. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.13. Daerah segitiga kestabilan Schur-Cohn...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.1.  $|c_k|^2$  adalah daya dari komponen pada frekuensi  $kF_0$ . **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.2. Pulsa *rectangular train*. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.3. Fungsi sinc. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.4. Hasil mengubah  $\tau = 0.05$ . ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.5. Hasil mengubah  $\tau = 0.1$ . ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.6. Hasil mengubah  $\tau = 0.2$ . ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7. Sinyal aperiodik dengan durasi terbatas dapat digunakan untuk membuat sinyal periodik. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.8. Beberapa gambar pulsa rektangular dalam berbagai variasi lebar beserta Transformasi Fourier-nya. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.9. Spektrum rektangular. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.10. Sinyal yang memiliki spektrum rektangular. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.11. Fenomena Gibbs. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.12. Energy density spectrum. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.13. Spektrum pulsa rektangular. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.14. Aliasing di domain frekuensi. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.15. Gambar dibawah ini menunjukkan relasi untuk sinyal sampel pada domain waktu dan domain frekuensi. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.16. Peta spektrum dari sinyal kontinue dan diskrit hasil samplingnya. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.17. Hasil rekonstruksi spektrum. ....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.18. Filter lowpass, highpass, dan bandpass. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.19. Hubungan simetris. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.20. Hasil modulasi. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.21. Sistem LTI dimasuki sinyal eigen. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.22. Ilustrasi geometris dari pengaruh pole dan zero terhadap spektrum. .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.23. Spektrum dari beberapa jenis filter. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.24. Contoh peletakan poles. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.25. Perubahan spektrum dari LP ke HP melalui pergeseran frekuensi. ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 4.26. Penempatan pole untuk resonator digital. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.27. Spektrum resonator. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.28. Spektrum filter notch. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.29. Spektrum notch filter. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.30. Menaikkan kinerja dengan menambah pole. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>defined.</b>	
Gambar 4.31. Spektrum comb filter. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.32. Comb filter melalui subsampling respons impuls. ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>defined.</b>	
Gambar 4.33. Konfigurasi pole dan zero untuk all-pass filter. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>defined.</b>	
Gambar 4.34. Pembangkit sinusoid. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.35. Pembangkit sinus dan cosinus. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 5.1. Ilustrasi geometri dari $W_N$ . ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 5.2. Hubungan antara spektrum dengan DFT. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 6.1. Karakteristik magnituda dan fasa hasil transformasi Fourier. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 6.2. Magnituda dan fasa N-point DFT untuk N=50 dan N=100. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 6.3. Skema pengambilan sampel. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 6.4. Spektrum hasil zero-padding. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 6.5. Gambar spektrum hasil pengukuran untuk beberapa panjang sampel. .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 6.6. Kemampuan diskriminasi frekuensi menggunakan window Hamming. .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>defined.</b>	
Gambar 6.7. Mendeteksi spektrum dengan algoritma Goertzel. ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>defined.</b>	
Gambar 7.1. Filter IIR. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.2. IIR direct form tipe 2. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.3. Flow graph dari filter IIR orde 2. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.4. Filter dengan struktur berbeda namun berfungsi sama diperoleh melalui teorema flow graph. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.5. Filter hasil transposisi. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.6. Struktur FIR hasil transposisi. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.7. Kaskade orde 2. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.8. Contoh hasil kaskade. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.9. Struktur paralel. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

Gambar 7.10. Implementasi subsistem kompleks konjugate dalam bentuk direct form. .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.11. Realisasi sistem paralel.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.12. Sistem all pole.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.13. Sistem lattice.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.14. Sistem lattice orde 2.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.15. Respons impuls filter LP ideal.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.16. Karakteristik magnituda dari filter digital.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>defined.</b>	
Gambar 7.17. Simetri dari pole-zero FIR fasa linier.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.18. Perbedaan respons frekuensi dari window Hanning dan Hamming.	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 7.19. Respons frekuensi filter dengan beberapa $M$ .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>defined.</b>	
Gambar 7.20. Respons filter.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.21. Respons yang diinginkan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.22. Kesalahan respons.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.23. Alternatif proses desain IIR.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.24. Pemetaan dari z-plane ke s-plane.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.25. Pemetaan dari $\Omega$ ke $z$ .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.26. Contoh untuk $N = 4$ dan $N = 5$ .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.27. Respons filter Butterworth.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.28. Karakteristik filter Chebyshev tipe I.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.29. Lokasi pole filter Chebyshev.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.30. Respons frekuensi filter tipe II.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 7.31. Respons filter eliptik.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 8.1. A/D memerlukan sinyal yang sudah di filter secara bandpass.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 8.2. Spektrum sinyal bandpass.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 8.3. Sistem untuk menghasilkan $\hat{x}(t)$ .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 8.4. Spektrum sinyal bandpass.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 8.5. Sistem penghasil sampel yang efisien untuk sinyal bandpass.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 8.6. Ekstensi bandwidth.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 8.7. Konfigurasi umum pemroses digital untuk pemrosesan sinyal analog. .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>defined.</b>	
Gambar 8.8. Sampling multirate.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 8.9. Skema proses downsampling.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 8.10. Perubahan spektrum akibat desimasi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 8.11. Spektrum hasil interpolasi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>



## Daftar Tabel

- Tabel 1.1. Diagram konversi yang menghubungkan antara sinyal waktu kontinu dengan sinyal waktu diskrit hasil sampling. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 1.2. Nilai-nilai yang terjadi dalam proses kuantisasi pada contoh di atas. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2.1. Pilihan kandidat solusi untuk LCCDE. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.1. Pasangan transformasi Fourier yang sering digunakan. .... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 7.1. Karakteristik domain-frekuensi untuk beberapa fungsi window : .....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 7.2. Tabel impuls respons untuk beberapa nilai  $\alpha$ . ....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 7.3. Pemilihan respons amplituda.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 7.4. Polinom penyusun respons amplituda. ....**Error! Bookmark not defined.**

<I:\Documents and Settings\Armein Z. R. Langi\My Documents\My eBooks\EL302 Diktat\Bab 1 Pendahuluan.doc>

<I:\Documents and Settings\Armein Z. R. Langi\My Documents\My eBooks\EL302 Diktat\Bab 2 Sinyal dan Sistem Di Domain Waktu.doc>

<I:\Documents and Settings\Armein Z. R. Langi\My Documents\My eBooks\EL302 Diktat\Bab 3 Sinyal dan Sistem Di Domain z.doc>

<I:\Documents and Settings\Armein Z. R. Langi\My Documents\My eBooks\EL302 Diktat\Bab 4 Sinyal dan Sistem Di Domain Frekuensi.doc>

<I:\Documents and Settings\Armein Z. R. Langi\My Documents\My eBooks\EL302 Diktat\Bab 5 DFT dan FFT.doc>

<I:\Documents and Settings\Armein Z. R. Langi\My Documents\My eBooks\EL302 Diktat\Bab 6 Analisa Spektrum.doc>

<I:\Documents and Settings\Armein Z. R. Langi\My Documents\My eBooks\EL302 Diktat\Bab 7 Filter Digital.doc>

<I:\Documents and Settings\Armein Z. R. Langi\My Documents\My eBooks\EL302 Diktat\Bab 8 Topik Lanjut.doc>

<I:\Documents and Settings\Armein Z. R. Langi\My Documents\My eBooks\EL302 Diktat\Bab 9 Penutup.doc>

<I:\Documents and Settings\Armein Z. R. Langi\My Documents\My eBooks\EL302 Diktat\Ending.doc>