

TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN DAN REALISASI *BANDPASS FILTER*
PADA FREKUENSI 2.4 - 2.5 GHZ DENGAN METODE
*TRANSMISSION ZEROS***

**Diajukan guna melengkapi sebagian syarat
dalam mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1)**



Disusun oleh :

Nama : JUWANTO

NIM : 41409110055

Program Studi : Teknik Elektro

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2013**

LEMBAR PENGESAHAN

Perancangan dan Realisasi *Bandpass Filter* Pada Frekuensi 2.4 – 2.5 GHz dengan Metode *Transmission Zeros*

Disusun oleh :

Nama : Juwanto
NIM : 41409110055
Jurusan : Teknik Elektro

Disetujui

Pembimbing I,

Pembimbing II,



[Dr.-Ing. Mudrik Alaydrus]



[Dian Widi Astuti, ST MT]

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir / Ketua Program Studi



[Ir. Yudhi Gunardi, MT]

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Juwanto
N.I.M : 41409110055
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Perancangan dan Realisasi *Bandpass Filter* Pada Frekuensi 2.4 – 2.5 GHz, dengan Metode *Transmission Zeros*.

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Tugas Akhir yang saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Penulis,



[Juwanto]

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur saya ucapkan kepada ALLAH SWT atas segala limpahan berkat dan karunia-NYA yang selalu menyertai kita dalam setiap langkah, sehingga penulis berhasil menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini guna untuk melengkapi sebagai syarat dalam mencapai gelar Sarjana Strata Satu. Penyusunan laporan Penelitian dan Tugas Akhir ini tidak akan terlaksana tanpa adanya bantuan, dukungan dan kerja sama dari berbagai pihak, untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Orang Tua dan keluarga yang telah memberikan doa, dukungan dan bantuannya selama proses perkuliahan dan penelitian.
2. Bapak Dr-ing Mudrik Alaydrus dan Ibu Dian Widi Astuti ST, MT selaku dosen pembimbing selama pelaksanaan penelitian.
3. Bapak Yudhi Gunardhi, ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Dosen - dosen kami di Jurusan Teknik Elektro, ilmu dan bimbingan mereka membantu kami untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
5. Sahabat dan teman - teman seperjuangan Angkatan Elektro XVI yang telah membantu saya dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
6. Sdr Agus Mulyono ST, Sdr Yoso ST, dan Sdr M.Ardi yang telah membantu dalam proses fabrikasi alat.

Semoga penelitian dan penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat baik untuk pribadi penulis, Dosen pembimbing, serta rekan rekan Mahasiswa Universitas Mercu Buana, dan masyarakat umum.

Jakarta,23 Juli 2013

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pernyataan	ii
Halaman Pengesahan	iii
Abstrak	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Tabel	ix
Daftar Gambar	x

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian.....	3
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	6

BAB II TEORI DASAR FILTER

2.1 Fungsi Transfer	6
2.2 <i>Bandpass Filter</i>	7
2.3 Metode Pendekatan Filter	9
2.3.1 Filter Pendekatan <i>Butterworth</i>	9
2.3.2 Filter Pendekatan <i>Chebyshev</i>	10
2.3.3 Filter <i>Chebyshev</i> dengan <i>Transmission Zeros</i>	11
2.4 Saluran Transmisi Mikrostrip	15
2.4.1 Perhitungan Impedansi Gelombang	16
2.4.2 Perancangan Mikrostrip	18
2.5 <i>Square Open-loop Resonator</i>	19
2.6 Matriks Penghubung Resonator	20

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Spesifikasi rancangan <i>Bandpass filter</i>	39
Tabel 3.2	Spesifikasi Material PCB FR4	40
Tabel 3.3	Spesifikasi Material PCB <i>Rogers</i> TMM10	40
Tabel 4.1	Perbandingan spesifikasi rancangan, simulasi, dan hasil pengukuran <i>Bandpass filter</i> dengan material FR4	68
Tabel 4.2	Perbandingan spesifikasi rancangan, simulasi, dan hasil pengukuran <i>Bandpass filter</i> dengan material FR4 dengan proses <i>CNC Milling</i>	69
Tabel 4.3	Perbandingan spesifikasi rancangan, simulasi, dan hasil pengukuran <i>Bandpass filter</i> dengan material <i>Rogers</i> TMM10	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Metodologi penelitian	4
Gambar 2.1	Respon <i>Bandpass Filter</i> ideal	8
Gambar 2.2	Toleransi yang diberikan pada sebuah <i>bandpass</i> filter	8
Gambar 2.3	Respons <i>lowpass</i> filter dan posisi <i>poles</i> untuk pendekatan <i>Butterworth</i>	10
Gambar 2.4	Respons <i>lowpass</i> filter dan posisi untuk pendekatan <i>Chebyshev</i>	10
Gambar 2.5	Filter digambarkan dengan model admitansi [Y]	12
Gambar 2.6	Filter digambarkan dengan model admitansi [Y]	13
Gambar 2.7	Matriks Penggandeng dan skematik dari <i>folded configuration</i>	14
Gambar 2.8	Mikrostip dan bagian-bagian pentingnya	16
Gambar 2.9	Pendefinisian permitivitas relatif sebagai alat bantu analisa	17
Gambar 2.10	<i>Square open-loop resonator</i> dapat dibentuk dari sebuah resonator lurus tunggal	20
Gambar 2.11a	Rangkaian ekuivalen dari resonator <i>n</i> -terkopel untuk formula persamaan lintasan tertutup	21
Gambar 2.11b	Representasi jaringan dari Gambar <i>a</i>	21
Gambar 2.12a	Ragam struktur tipe kopling dari resonator terkopling elektrik	24
Gambar 2.12b	Ragam struktur tipe kopling dari resonator terkopling magnetik	24
Gambar 2.12c	Ragam struktur tipe kopling dari resonator terkopling campuran	24
Gambar 2.13	Rangkaian resonator terkopel disetel dengan kopling elektrik	25

Gambar 2.14	Sebuah alternatif dari rangkaian ekuivalen dengan sebuah pembalik <i>admitansi</i> $J = \omega C_m$ untuk mempresentasikan kopling.	25
Gambar 2.15a	Rangkaian resonator terkopel disetel serentak dengan kopling magnetik	28
Gambar 2.15b	Sebuah alternatif dari rangkaian ekuivalen dengan sebuah pembalik <i>impedansi</i> $K = \omega L_m$ untuk mempresentasikan kopling.	28
Gambar 2.16a	Representasi jaringan dari rangkaian resonator terkopel yang diset secara <i>sinkron</i> dengan kopling campuran	30
Gambar 2.16b	Sebuah rangkaian ekivalen terkait dengan sebuah <i>inverter impedansi</i> $K = \omega L'_m$ dan sebuah <i>inverter admintansi</i> $J = \omega C'_m$ untuk merepresentasikan kopling magnetik dan kopling elektrik	30
Gambar 2.17a	Model struktur kopling <i>input/output</i> (I/O) pada resonator filter dengan model <i>Tapped-line coupling</i>	32
Gambar 2.17b	Model struktur kopling <i>input/output</i> (I/O) pada resonator filter dengan model <i>Coupled-line coupling</i>	32
Gambar 2.18	Rangkaian pengganti kopling I/O resonator filter	32
Gambar 2.19	Respon fasa S_{11} dari rangkaian 2.17	33
Gambar 2.20	Perbandingan respon frekuensi antara filter <i>Chebyshev</i> dengan filter <i>transmission zeros</i>	35
Gambar 3.1	Diagram Alir perancangan dan realisasi <i>Bandpass filter square open-loop resonator</i>	37
Gambar 4.1	Ilustrasi bentuk resonator	45
Gambar 4.2	Simulasi percobaan ukuran resonator untuk material FR4	46
Gambar 4.3	Simulasi percobaan ukuran resonator untuk material <i>Rogers TMM10</i>	47
Gambar 4.4a	Frekuensi resonansi pada kopling magnetik	48
Gambar 4.4b	Grafik fasa S_{21} (derajat) dari gambar (a)	48

Gambar 4.5a	Grafik <i>koefisien</i> kopling magnetik terhadap jarak dengan material FR4	49
Gambar 4.5b	Grafik <i>koefisien</i> kopling magnetik terhadap jarak dengan material <i>Rogers</i> TMM10	49
Gambar 4.6a	Frekuensi resonansi pada kopling Elektrik	50
Gambar 4.6b	Grafik fasa S_{21} (derajat) dari gambar (a)	50
Gambar 4.7a	<i>Koefisien</i> kopling elektrik terhadap jarak dengan material FR4	50
Gambar 4.7b	<i>Koefisien</i> kopling elektrik terhadap jarak dengan material <i>Rogers</i> TMM10	50
Gambar 4.8a	Frekuensi resonansi pada kopling Campuran	51
Gambar 4.8b	Grafik fasa S_{21} (derajat) dari gambar (a)	51
Gambar 4.9a	<i>Koefisien</i> kopling campuran (<i>mix</i>) terhadap jarak dengan material FR4.....	52
Gambar 4.9b	<i>Koefisien</i> kopling campuran (<i>mix</i>) terhadap jarak dengan <i>Rogers</i> TMM10	52
Gambar 4.10a	Struktur pencatuan resonator	52
Gambar 4.10b	Respon frekuensi gambar (a)	53
Gambar 4.11a	Grafik kualitas faktor eksternal resonator material FR4 ..	53
Gambar 4.11b	Grafik kualitas faktor eksternal resonator material <i>Rogers</i>	53
Gambar 4.12	Desain <i>bandpass filter</i> 6 resonator	56
Gambar 4.13	Desain <i>bandpass filter</i> material <i>Rogers</i> TMM10	57
Gambar 4.14	Grafik simulasi percobaan <i>bandpass filter</i>	58
Gambar 4.15	Desain <i>bandpass filter</i> usulan kedua	58
Gambar 4.16	Grafik simulasi percobaan <i>bandpass filter_2</i>	59
Gambar 4.17	Desain <i>bandpass filter</i> material FR4	61
Gambar 4.18	Desain <i>bandpass filter</i> material <i>Rogers</i> TMM10	61
Gambar 4.19	Grafik simulasi filter dengan material FR4	62
Gambar 4.20	Grafik simulasi filter dengan material <i>Rogers</i> TMM10 ...	62
Gambar 4.21a	Realisasi <i>bandpass filter</i> dengan material FR4	64

Gambar 4.21b	Realisasi <i>bandpass filter</i> dengan material <i>Rogers</i> TMM10	64
Gambar 4.21c	Realisasi <i>bandpass filter</i> dengan material FR4 proses <i>CNC Milling</i>	64
Gambar 4.22	Hasil pengukuran <i>bandpass filter</i> dengan material FR4 .	65
Gambar 4.23	Hasil pengukuran <i>bandpass filter</i> dengan material FR4 (pembuatan proses <i>CNC Milling</i>)	66
Gambar 4.24	Hasil pengukuran <i>bandpass filter</i> dengan material <i>Rogers</i> TMM10	66



2.7 Kopling Antar Resonator	23
2.7.1 Kopling Elektrik	24
2.7.2 Kopling Magnetik	26
2.7.3 Kopling Campuran	28
2.8 Rumus Umum untuk Mengekstraksi <i>Koefisien</i> Kopling	31
2.9 Rumus untuk Mengekstraksi Faktor Kualitas Eksternal Q_e ...	31
2.10 Karakteristik <i>Bandpass Filter</i> Dengan <i>Transmisiion Zeros</i> ..	34

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir perancangan dan realisasi <i>Bandpass Filter</i>	36
3.2 Perlengkapan yang digunakan dalam penelitian	38
3.2.1 Perangkat Lunak	38
3.2.2 Perangkat Keras	38
3.3 Spesifikasi Rancangan <i>Bandpass Filter</i>	39
3.4 Pemilihan Bahan Dielektrika	39

BAB IV PERANCANGAN DAN REALISASI FILTER

4.1 Perancangan <i>Square Open-loop</i> Resonator	41
4.1.1 Perhitungan Lebar Saluran <i>Input</i> dan <i>Output</i>	41
4.1.2 Perhitungan Ukuran Resonator	43
4.2 Perhitungan Kopling Resonator	47
4.2.1 Kopling Magnetik	48
4.2.2 Kopling Elektrik	49
4.2.3 Kopling Campuran	51
4.2.4 Faktor Kualitas Eksternal dan Letak <i>Port</i>	52
4.3 Perhitungan Koefisien Kopling pada struktur <i>Bandpass Filter</i>	54
4.4 Perhitungan Jarak Resonator	56
4.5 Simulasi Hasil Rancangan <i>Bandpass Filter</i>	62
4.6 Fabrikasi <i>Bandpass Filter</i>	63
4.7 Pengukuran dan Analisa <i>Bandpass Filter</i>	65
4.7.1 Data hasil Pengukuran	65
4.7.2 Analisa hasil Pengukuran	67

BAB V KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72

