



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN RESONATOR MEMS BANDPASS FILTER
MENGUNAKAN RSG MOSFET UNTUK MOBILE WIMAX
PADA FREKUENSI 2,3 GHZ**

TESIS

PANDUNG SARUNGALLO

0806424610

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

DEPOK

JUNI 2010



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN RESONATOR MEMS BANDPASS FILTER
MENGUNAKAN RSG MOSFET UNTUK MOBILE WIMAX
PADA FREKUENSI 2,3 GHZ**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Master Teknik

PANDUNG SARUNGALLO

0806424610

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

KEKHUSUSAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI

DEPOK

JUNI 2010

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Pandung Sarungallo

NPM : 0806424610

Tanda Tangan : 

Tanggal : 15 Juni 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh

Nama : Pandung Sarungallo
 NPM : 0806424610
 Program Studi : Teknik Elektro
 Judul Tesis : **Perancangan Resonator MEMS Bandpass Filter**
Menggunakan RSG MOSFET untuk Mobile WiMAX
pada Frekuensi 2,3 GHz

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Agus Santoso Tamsir, MT (

Penguji : Prof. Dr. Ir. Eko Tjipto Rahardjo, M.Sc (

Penguji : Prof. Dr. Ir. Harry Sudibyo, DEA (

Penguji : Ir. Gunawan Wibisono, M.Sc, Ph.D (

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 8 Juli 2010

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus karena atas petunjuk dan berkat-Nya maka tesis ini dapat terselesaikan. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Magister Teknik Program Studi Teknik Elektro, Kekhususan Teknik Telekomunikasi, pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis, sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr.Ir. Agus Santoso Tamsir, M.T, selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi, bimbingan, motivasi serta persetujuan sehingga tesis ini dapat selesai dengan baik.
2. Ir. Gunawan Wibisono, M.Sc., Ph.D, selaku yang memberikan ide dan banyak masukan terhadap penulisan tesis ini.
3. Prof.Dr. Burhanuddin Yeop Majlis dari *Institute of Microengineering and Nanoelectronics*-Universitas Kebangsaan Malaysia, atas bantuannya dalam MEMS simulator untuk menyelesaikan seminar ini.
4. Seluruh keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan penulis dalam penulisan tesis ini.
5. Teman-teman S2 Teknik Elektro UI yang memberikan dukungan dalam penyelesaian tesis ini.
6. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang juga memberikan dukungan dalam penyelesaian tesis ini.

Namun demikian, sangat disadari masih terdapat kekurangan karena keterbatasan dan kendala yang dihadapi. Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu dan teknologi.

Depok, Juni 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Pandung Sarungallo

NPM : 0806424610

Program Studi : Teknik Elektro

Departemen : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Perancangan Resonator MEMS Bandpass Filter Menggunakan
RSG MOSFET untuk *Mobile WiMAX* pada Frekuensi 2,3 GHz.**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 15 Juni 2010

Yang menyatakan



(Pandung Sarungallo)

ABSTRAK

Nama : Pandung Sarungallo
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Perancangan Resonator MEMS Bandpass Filter Menggunakan RSG MOSFET untuk *Mobile WiMAX* pada Frekuensi 2,3 GHz

Penggunaan resonator MEMS (Microelectromechanical system) telah dikembangkan pada aplikasi komunikasi nirkabel seperti osilator, switch RF dan filter pada domain frekuensi sangat tinggi. Untuk mencapai frekuensi tersebut resonator yang digunakan harus kaku, akibatnya perpindahan mekaniknya menjadi sangat kecil

Dalam tesis ini dibahas tentang resonator MEMS band pass filter RF *mobile WiMAX* pada frekuensi 2,3 GHz. Resonator dianggap sebagai mobile gate yang beresonansi diatas saluran, daerah penguras (*drain*) dan daerah sumber (*source*) . Untuk mengoptimalkan faktor aktuasi dan deteksi dan juga mencocokkannya dengan skala resonator maka geometri resonator dikembangkan dengan menggabungkan bagian aktuasi dan deteksi MOSFET dalam satu perangkat yang dikenal sebagai Resonant Suspended Gate (RSG-MOSFET). Resonator MEMS bandpass filter dirancang dalam 2 model yaitu resonator MEMS bandpass filter menggunakan bahan polysilicon ($0,7\mu\text{m} \times 1,1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$) dengan frekuensi tengah resonansi 2,358 GHz dan model 2 adalah resonator MEMS bandpass filter menggunakan bahan polysilicon dan *Zinc oxide* (ZnO) yang disusun bertumpuk ukuran lebar $0,8\mu\text{m}$, panjang $3,5\mu\text{m}$ dan tebal masing-masing $0,5\mu\text{m}$ yang menghasilkan frekuensi tengah resonansi 2,352 GHz.

Kata kunci : MEMS, *bandpass filter*, *mobile WiMAX*

ABSTRACT

Name : Pandung Sarungallo
Study Program : Electrical Engineering
Title : Design of MEMS Resonator Bandpass Filter for 2,3 GHz
Mobile WiMAX using RSG MOSFET

Wireless application requires the use of MEMS resonators in the ultra high frequency domains such as oscillator, RF switch and filter. To achieve those frequencies, resonators should be very stiff. At resonance, displacement induces a maximal capacitance variation, measured as a peak of motional current.

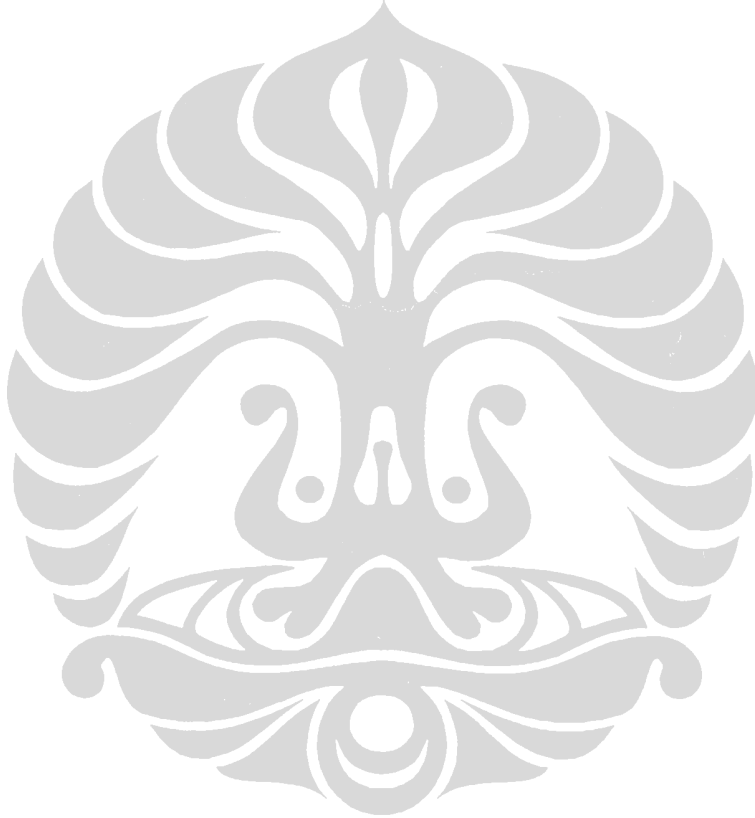
In this research, discussed about RSG- MOSFET for MEMS band pass filter RF WiMAX IEEE 802.16e at 2.3 GHz work frequency. RSG MOSFET consist of a cc-beam resonator which is considered as a mobile gate resonating over the channel, source and, the drain current. Based on the same principle, compact resonator geometry was developed to optimize the actuation and detection aspects and make it suitable for scaled resonators. The actuation and the detection parts are then combined in a single device. The bandpass or resonator filter designed using combination of polysilicon and ZnO₂, i.e. structured into polysilicon (0.7 μ m x 1.1 μ m x 1 μ m) and polysilicon/ZnO (0.8 μ m x 3.5 μ m x 1 μ m) resonator filter, which produced mechanical resonant frequency of 2.358 GHz and 2.352 GHz, respectively

Key word : Bandpass filter, MEMS, resonator

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metode Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
II. MICROELECTROMECHANICAL SYSTEM (MEMS) DALAM SISTEM KOMUNIKASI	6
2.1 MEMS	6
2.2 Aplikasi MEMS Resonator dalam Sistem Komunikasi	8
2.2.1 Osilator	8
2.2.2 RF Switch	8
2.2.3 Filter	9
2.3 <i>State of the art</i> Resonator Filter	9
III. MEMS RESONATOR	19
3.1 <i>Bandpass Filter</i> (BPF)	19
3.2 Filter Mikroelktromekanikal	22
3.2.1 Koefisien Redaman	24
3.2.2 Konstanta Pegas pada Batang Sederhana.....	28
3.2.3 <i>Clamped-Clamped MEM Resonator</i>	29
3.2.4 Rangkaian Ekvivalen Elektrik Resonator	31
3.3 Piezoelektrik.....	32
IV. PERANCANGAN BANDPASS FILTER MENGGUNAKAN MEMS RSG MOSFET.....	35
4.1 Rancangan MEMS Bandpass Filter	35

4.2 Spesifikasi Bandpass Filter	36
4.3 Penentuan Model Resonator Bandpass Filter	37
4.4 Proses Simulasi	38
4.4.1 Pembuatan Model Resonator Bandpass Filter	38
4.4.2 Simulasi Frekuensi <i>ThermoElectroMechanical</i>	39
4.4.3 Simulasi Dynamic <i>ThermoElectroMechanical</i>	40
4.5 Pembuatan Bank Filter	40
V. HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN	41
5.1 Hasil Simulasi Karakteristik Rancangan Resonator	41
5.2 Model Resonator	43
VI. KESIMPULAN	51



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Blok Frekuensi untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (<i>wireless broadband</i>) pada Pita Frekuensi Radio 2,3 GHZ	2
Tabel 3.1 Parameter-Parameter BPF.....	21
Tabel 3.2 Viscositas dynamic fuida	27
Tabel 3.3 Rumus perpindahan pada variasi batang dengan beban terpusat.....	28
Tabel 3.4 Rumus perpindahan pada variasi batang dengan beban menyebar.....	29
Tabel 3.5 Ekvivalen mekanik ke elektrik.....	31
Tabel 4.1 Spesifikasi Resonator BPF <i>mobile</i> WiMAX pada frekuensi 2,3 GHz	36
Tabel 5.1 Simulasi frekuensi tengah resonansi resonator berbahan Polysilicon	44
Tabel 5.2 Simulasi frekuensi tengah resonansi resonator berbahan ZnO-Polysilicon	46
Tabel 5.3 Karakteristik rancangan BPF RSG MOSFET.....	48
Tabel 5.4 Bank Filter	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Front end RF</i> saluran transmisi.....	7
Gambar 2.2	Filter MEMS dua resonator	9
Gambar 2.3	Skema filter yang dibentuk dari dua resonator persegi yang Identik	10
Gambar 2.4	a.Diagram micromechanical filter array dengan coupling Capacitor	11
	b.Diagram micromechanical filter susun dengan coupling Amplifier.....	11
Gambar 2.5	Rancangan filter FBAR 2,2 GHz	12
Gambar 2.6	Struktur filter FBAR 5,4 GHz.....	12
Gambar 2.7	Filter dari susunan resonator bentuk persegi	13
Gambar 2.8	Struktur BPF UWB	13
Gambar 2.9	SEM dari filter yang terdiri dari 2 <i>cc-beam resonator</i> tanpa Kopling.....	14
Gambar 2.10	Disk resonator filter dengan masukan tunggal.....	14
Gambar 2.11	SEM DETF MEMS bandpass filter.....	15
Gambar 2.12	SEM <i>ff Beam suspended resonator</i>	15
Gambar 2.13	<i>Free-Free</i> resonator	16
Gambar 2.14	RSG MOSFET AlSi.....	17
Gambar 2.15	Disk polydiamond resonator	17
Gambar 2.16	Resonator ring AIN.....	18
Gambar 2.17	Resonator AIN segiempat	18
Gambar 3.1	Blok diagram filter	19
Gambar 3.2	Respon BPF ideal.....	20
Gambar 3.3	Respons BPF pada umumnya beserta parameter-parameternya ...	20

Gambar 3.4 a. Sistem getaran massa – pegas.....	22
b. sistem getaran massa-pegas- <i>dashpot</i>	22
Gambar 3.5 Koefisien redaman pada sebuah lapisan tipis yang diberi Tekanan	25
Gambar 3.6 Grafik Nilai f sebagai fungsi dari rasio antara panjang dan lebar pelat	26
Gambar 3.7 Damping dalam kasus pergeseran massa fluida.....	26
Gambar 3.8 Variasi bentuk batang dengan beban terpusat dan meyebar	28
Gambar 3.9 <i>CC- MEMS resonator</i>	30
Gambar 3.10 Skema model mekanik dan elektrik sebuah elektrostatik resonator.....	31
Gambar 3.11 Dampak tegangan listrik pada material piezoelektrik	33
Gambar 3.12 Dua mode konversi piezoelektrik dari masukan tekanan mekanis	34
Gambar 4.1 Diagram Alir Perancangan.....	39
Gambar 4.2 (a) Rancangan filter RSG MOSFET berbahan polysilicon.....	36
(b) Rancangan filter RSG MOSFET berbahan polysilicon/ZnO..	37
Gambar 4.3 Kondisi fixed pada resonator bandpass filter	
a. Tampak atas	39
b. Tampak Samping	39
Gambar 5.1 Grafik variasi ketebalan resonator polysilicon dengan lebar dan panjang konstan.....	41
Gambar 5.2 Grafik variasi lebar resonator polysilicon dengan lebar dan tebal konstan	42
Gambar 5.3 Grafik variasi panjang resonator polysilicon dengan tebal dan lebar yang konstan.....	43
Gambar 5.4 Perbandingan Frekuensi Resonansi Resonator Polysilicon dengan Resonator Polysilicon ZnO.....	45

Gambar 5.5 a. Grafik output simulasi frekuensi dinamik Resonator bandpass filter Polysilicon.....	46
b. Grafik output simulasi frekuensi dinamik Resonator bandpass filter ZnO-Polysilicon.....	47
Gambar 5.6 Grafik Transmisi Bank filter.....	46

