

**METODE PERANCANGAN KAPASITOR VARIABEL
PADA VOLTAGE CONTROLLED OSCILLATOR (VCO)
DENGAN MENGGUNAKAN THERMAL AKTUATOR
LENGAN PANAS GANDA**

Wahyudi

6405030562



Program Studi Teknik Elektro
Program Pascasarjana Universitas Indonesia
Juli, 2008

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul:

**METODE PERANCANGAN KAPASITOR VARIABEL
PADA VOLTAGE CONTROLLED OSCILLATOR (VCO)
DENGAN MENGGUNAKAN THERMAL AKTUATOR
LENGAN PANAS GANDA**

yang dibuat untuk melengkapi persyaratan kurikulum pada Program Studi Teknik Elektro Program Pascasarjana Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tesis yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai di lingkungan Universitas Indonesia maupun di perguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 10 Juli 2008

(Wahyudi)
NPM. 6405030562

PERSETUJUAN

Tesis dengan judul:

**METODE PERANCANGAN KAPASITOR VARIABEL
PADA VOLTAGE CONTROLLED OSCILLATOR (VCO)
DENGAN MENGGUNAKAN THERMAL AKTUATOR
LENGAN PANAS GANDA**

dibuat untuk melengkapi persyaratan kurikulum program Magister Bidang Ilmu Teknik Universitas Indonesia pada Program Pascasarjana Program Studi Teknik Elektro.

Tesis ini dapat disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian Tesis.

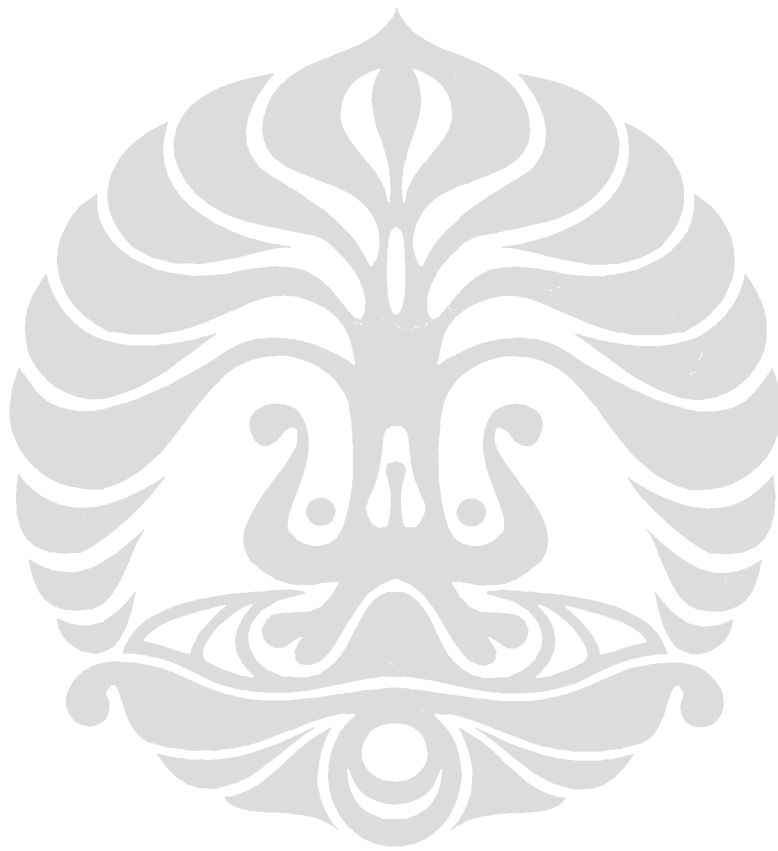
Depok, 10 Juli 2008
Dosen Pembimbing

(Prof. Dr. Ir. Djoko Hartanto, M.Sc)
NIP. 130 366 483

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan banyak terima kasih karena telah memberi bantuan dalam riset ini.

Bapak Prof. Dr. Ir. Djoko Hartanto, M.Sc sebagai dosen wali dan pembimbing kami yang telah menentukan judul riset ini sebagai bagian dari riset pada *Sensor Device Research Group*, serta bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan petunjuk dan saran pada diskusi dalam penyelesaian riset ini.



ABSTRACT

Satellite and radio frequency system are the most important component in communication. RF MEMS is on-chip component which has RF filter and voltage control oscillators on it. Integrating several components to be a device could upgrading a system with minimalizing delay time and noise. Nonetheless, there is still several components which aren't on-board component, example: and select, channel select, and tuning element.

One of the applicable techniques to integrating thus component is by using the actuator. Actuator is one of the most important devices in Microsystems to do mechanical function. It converts electrical energy into mechanical energy.

The aim of this research is designing a thermal actuator with the two-hot-arm. It is used for controlling capacitor variation on VCO.

Electro thermal from the actuator testing will be yield the temperature distribution value on each arm. The testing mechanical actuator will be yield deflection with respect to the input voltage. From these data, the range of capacitancy capacitor will be known. Posibility of the range the capacitancy made between 2.213 nF to 13.112 pF.

ABSTRAK

Satelit dan sistem radio frekuensi (RF) merupakan komponen yang penting dalam komunikasi. RF MEMS merupakan on-chip components dimana di dalamnya terdapat rangkaian RF filter dan *voltage controlled oscillators* (VCO's). Dengan terintegrasi beberapa komponen-komponen tersebut akan menyebabkan meningkatnya kemampuan, yaitu dengan berkurangnya signal *delay time* dan *noise*. Meskipun demikian masih terdapat beberapa komponen seperti *band select*, *channel select* dan *tuning element* dari VCO masih harus terletak diluar chip.

Salah satu teknik yang dapat diaplikasikan untuk mengintegrasikan komponen-komponen tersebut adalah dengan menggunakan aktuator. Aktuator merupakan salah satu divais terpenting dalam mikrosistem untuk melakukan fungsi mekanik. Aktuator berfungsi untuk mengubah energi *input* (biasanya berupa energi listrik) menjadi energi mekanik.

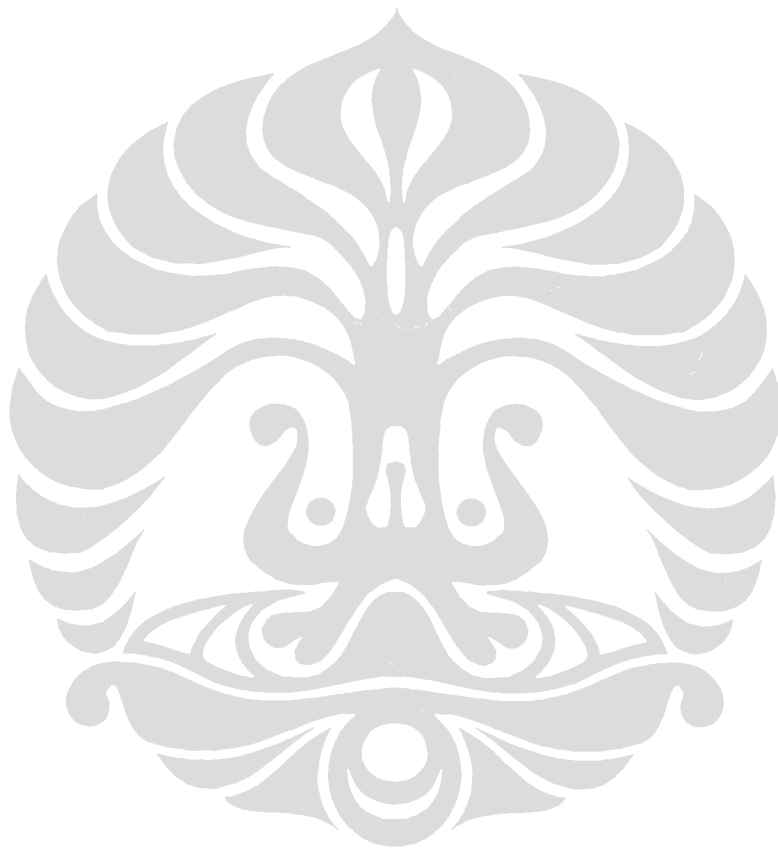
Riset ini bertujuan untuk mendisain sebuah aktuator termal dengan dua lengan panas yang dipergunakan dalam pengontrolan variasi kapasitor pada VCO.

Pengujian sifat elektrotermal dari aktuator dilakukan untuk mendapatkan distribusi temperatur pada masing-masing lengan panas, sedangkan pada pengujian sifat mekanik aktuator akan didapatkan besarnya simpangan aktuator fungsi tegangan. Dari data simpangan yang telah diperoleh selanjutnya dapat ditentukan *range* kapasitas kapasitor dimana *range* kapasitor yang memungkinkan dapat dibuat untuk disain adalah antara 2,213 nF sampai 13,112 pF.

DAFTAR ISI

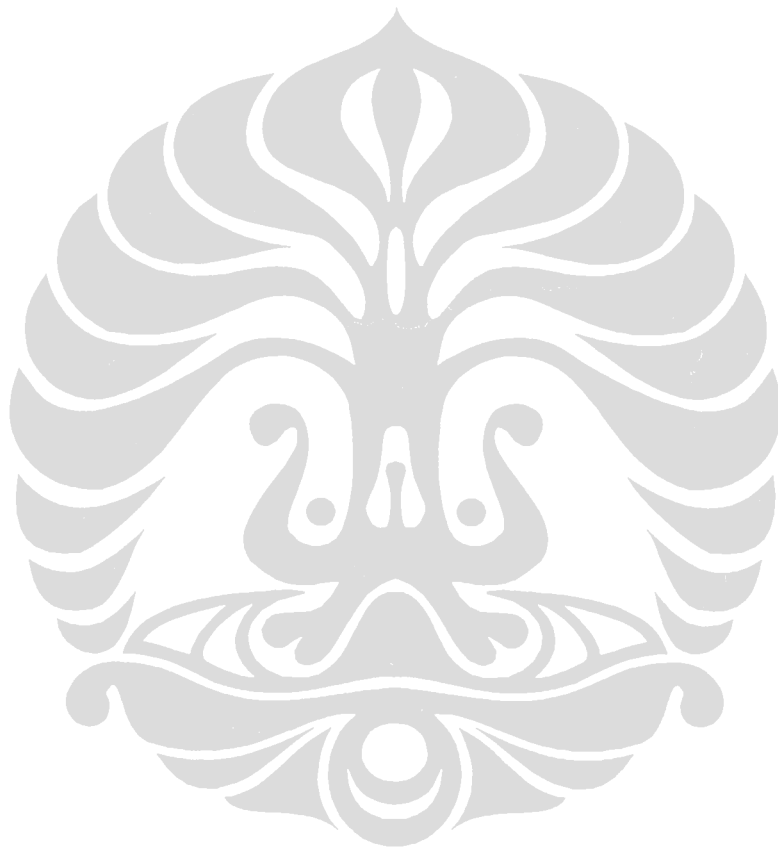
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	i
PERSETUJUAN	ii
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
ABSTRACT.....	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR SINGKATAN.....	xii
DAFTAR SIMBOL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. LATAR BELAKANG.....	1
1.2. TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.3. METODE PENELITIAN.....	2
1.4. BATASAN MASALAH.....	2
1.5. SISTEMATIKA PENULISAN.....	2
BAB 2 FISIKA TERMAL.....	3
2.1. KONDUKSI.....	3
2.2. KONVEKSI.....	6
2.3. AKTUATOR MEMS.....	10
2.3.1. Aktuator Elektrostatik.....	10
2.3.2. Aktuator Termal.....	12
2.4. VOLTAGE CONTROLLED OSCILLATOR (VCO).....	14
2.4.1. MAX 038.....	15
BAB 3 DISAIN AKTUATOR DENGAN LENGAN PANAS GANDA	18
3.1. ANALISA ELEKTROTERMAL.....	18
3.2. ANALISA MEKANIK.....	23

BAB 4	HASIL SIMULASI DAN DISKUSI.....	28
4.1.	SIMULASI ELEKTROTERMAL	28
4.2.	SIMULASI MEKANIK	32
4.3.	PERHITUNGAN KAPASITAS KAPASITOR	35
BAB 5	KESIMPULAN.....	39
DAFTAR ACUAN	40
LAMPIRAN.....	42



DAFTAR TABEL

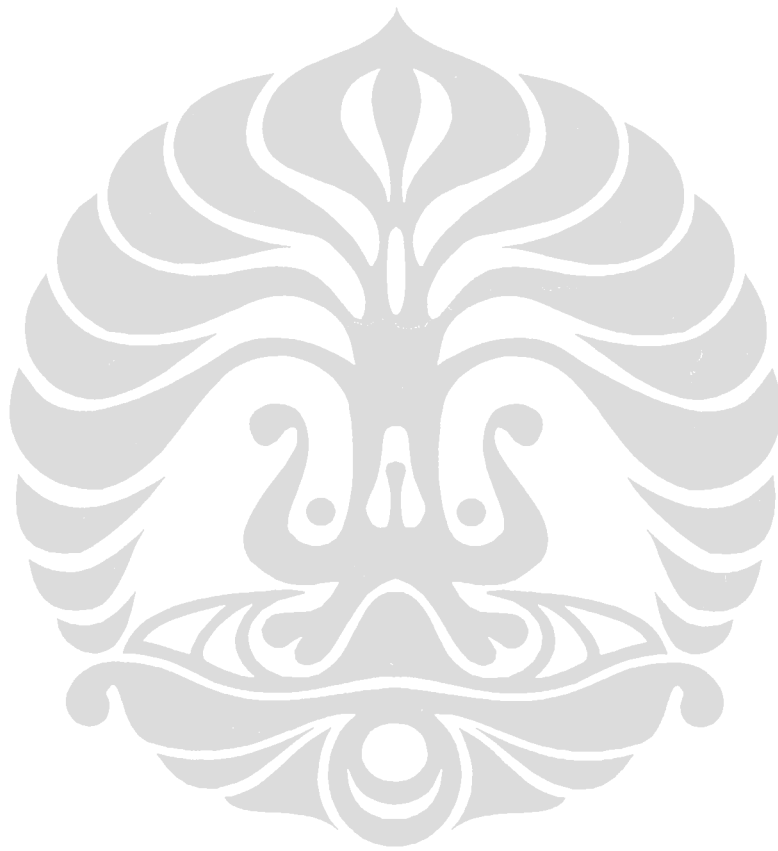
Tabel 2.1	Nilai h untuk beberapa kondisi	9
Tabel 2.2	Pemilihan bentuk gelombang.....	17
Tabel 4.1	Parameter-parameter bahan.....	29
Tabel 4.2	Data variasi tegangan dengan simpangan metode analitik.....	32
Tabel 4.3	Data variasi tegangan dengan simpangan metode numerik	33
Tabel 4.4	Variasi Kapasitas kapasitor terhadap Tegangan masukan	35



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perpindahan panas melalui proses konduksi.....	3
Gambar 2.2	Perpindahan panas secara konduksi pada permukaan benda	4
Gambar 2.3	Konveksi pada lampu bolham.....	6
Gambar 2.4	Konveksi alamiah pada permukaan vertikal	7
Gambar 2.5	Aplikasi hukum Fourier pada permukaan benda]	8
Gambar 2.6	Bentuk skematik sebuah kapasitor variabel pada aktuator elektrostatik.....	11
Gambar 2.7	Aktuator elektrostatik <i>drive actuators</i> : (a) aktuator rotasi , (b) aktuator linier	12
Gambar 2.8	Bentuk dasar thermal actuator.....	13
Gambar 2.9	Thermal actuator dengan dua lengan panas	14
Gambar 2.10	Rangkaian dasar VCO.....	15
Gambar 2.11	Diagram blok MAX038	16
Gambar 2.12	Grafik hubungan antara frekuensi keluaran dengan arus IIN	17
Gambar 3.1	(a) Thermal actuator dengan dua lengan panas. (b) bentuk penyederhanaan sistem kordinat satu dimensi	18
Gambar 3.2	Tampak samping skematik actuator untuk analisa termal	19
Gambar 3.3	Diagram skematik dari batasan kondisi	21
Gambar 3.4	(a) Struktur bidang datar untuk actuator termal dengan enam redundant. (b) momen lentur pada lengan panas luar yang disebabkan oleh gaya virtual.....	23
Gambar 3.5	(a) Diagram momen kelenturan arah pembelokan, (b) diagram momen pembelokan arah gaya.....	25
Gambar 4.1	Bentuk dan ukuran (dalam μm) disain thermal actuator dengan dua lengan panas	28
Gambar 4.2	Distribusi temperatur terhadap posisi pada lengan panas hasil perhitungan analitik.....	29
Gambar 4.3	Distribusi temperatur terhadap posisi pada lengan panas hasil perhitungan numerik	30
Gambar 4.4	Distribusi Tegangan terhadap posisi lengan dengan metode analitik ...	31
Gambar 4.5	Distribusi tegangan terhadap posisi lengan dengan metode numerik ...	31

Gambar 4.6	Grafik Hubungan Tegangan dengan Simpangan Metode analitik	32
Gambar 4.7	Grafik hubungan Tegangan masukan (1V) dengan simpangan.	33
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Tegangan dengan Simpangan Metode numerik.....	34
Gambar 4.9	Grafik Hubungan Tegangan dengan Simpangan Metode numerik.....	34
Gambar 4.10	Rancangan aktuator termal.....	35



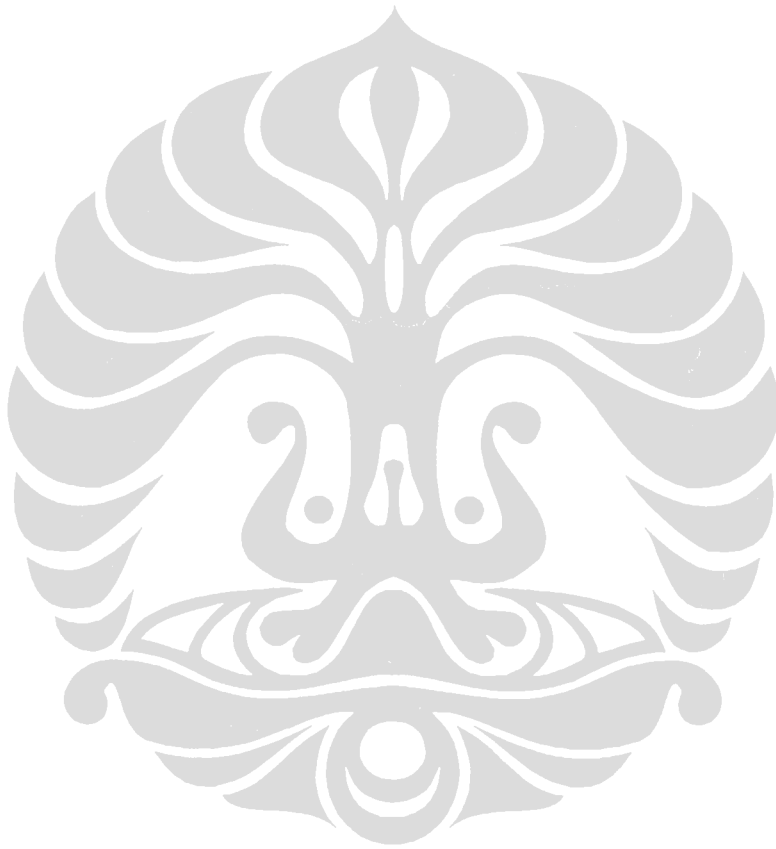
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Program Perhitungan Simpangan terhadap Tegangan	42
Lampiran 2	Program Perhitungan Distribusi Temperatur pada Masing-masing Lengan Panas	44



DAFTAR SINGKATAN

VCO	: <i>Voltage Controlled Oscillator</i>
RF	: Radio Frekuensi
MEMS	: <i>microelectromechanical systems</i>



DAFTAR SIMBOL

ξ	Koefisien temperatur linier
k	Konstanta konduktivitas termal
h	Koefisien aliran panas
ε	Permibilitas dielektrik
K_p	Konduktivitas termal polisilikon
J	Densitas arus
ρ	Resistivitas polisilikon
S	Faktor bentuk
R_T	Resistansi termal polisilikon
α	Koefisien termal ekspansi polisilikon
f_{ij}	Koefisien fleksibilitas
E	Modulus Young silikon,
I_h, I_c dan I_f	Momen inersia untuk lengan panas, lengan dingin dan <i>flexure</i> .
ν	Rasio Poisson
k_v	Konduktivitas termal udara