

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi informasi dan telekomunikasi saat ini berkembang begitu cepat yang menyebabkan seluruh penggunanya harus selalu meng-update setiap waktu. Berbagai macam terobosan baru dalam bidang telekomunikasi baik secara perangkat, produk, terutama standar telekomunikasi pun diciptakan. Tujuannya untuk membuat produk yang efisien, efektif serta murah. Standar telekomunikasi selular, mulai dari *Advanced Mobile Phone System* (AMPS), *Global System for Mobile* (GSM), *Code-Division Multiple Access* (CDMA) telah berevolusi sedemikian cepatnya sesuai grafik eksponensial terhadap waktu [1].

1.1.1 WiMAX

WiMAX (*worldwide interoperability for microwave access*, IEEE.802.16x) dikembangkan secara khusus dari teknologi OFDM (*orthogonal frequency division multiplexing*) untuk mencapai *coverage area* yang luas (beberapa mil atau sekitar 50-an km) dengan *bandwidth* tinggi (sekitar 72 Mbps *wireless*) dan tambahan *multiple access* (IEEE.802.16e: *OFDMA access method*) yang mungkin bisa diaplikasikan untuk sistem komunikasi wireless masa depan [1]. Tambahan *multiple access* ini dengan performansi yang baik memungkinkan akan menjadi kompetitor baru bagi jaringan telepon seluler yang sudah ada. Teknologi pendahulunya, yaitu WiFi (IEEE.802.11x) yang sekarang masih dipakai di laboratorium, kampus, airport, ruang konferensi sampai *coffee shop* dan supermarket, hanya mampu menjangkau 20-100 meter dengan kecepatan beberapa puluh Mbps. Karena itulah WiMAX lebih menjanjikan untuk memperluas jaringan murah di pedesaan dimana pembangunan infrastruktur seperti kabel DSL terasa sangat mahal. Mungkin inilah yang mendasari komentar para pakar, bahwa teknologi WiMAX adalah vital dan sangat cocok untuk diaplikasikan di negara-negara berkembang seperti Indonesia, dimana biaya investasi *fixed communication* masih dirasa berat.

1.1.2 Pilihan Spektrum frekuensi untuk WiMAX.

Ketersediaan spektrum frekuensi merupakan kunci untuk memberikan layanan broadband nirkabel. Beberapa gelombang frekuensi yang dapat digunakan untuk mengaplikasikan WiMAX. Setiap band memiliki karakteristik unik yang memiliki dampak yang signifikan terhadap kinerja sistem. Band frekuensi operasi sering berhubungan dengan kecepatan data (bandwidth) yang dicapai dan jangkauan cakupan. Tabel 3.1 merangkum berbagai rentang frekuensi yang bisa digunakan untuk penyebaran broadband nirkabel.

Tabel 1.1 Ringkasan potensi pilihan spektrum frekuensi *broadband wireless* [1].

Perancangan	Alokasi frekuensi	Jumlah spektrum	Catatan
<i>Fixed wireless access</i> (FWA) 3.5 Ghz	3.4GHz – 3.6GHz umumnya; 3.3GHz – 3.4GHz & 3.6GHz – 3.8GHz juga tersedia di beberapa negara	Total 200MHz umumnya beravariasi dari $2 \times 5\text{MHz}$ - $2 \times 56\text{MHz}$ pasang lintas negara	Tidak umum tersedia di USA, potongan 50 MHz dari 3.65GHz–3.70GHz sedang dialokasikan untuk operasi tidak berijin di USA.
<i>Broadband radio services</i> (BRS): 2.5GHz	2.495GHz– 2.690GHz	194MHz total; 22.5MHz berijin, dimana 16.5MHz dipasangkan dengan 6MHz	Alokasi yang ditunjukkan untuk USA setelah berubah perencanaan. Tersedia cukup sedikit di neagara lain cukup baik.
<i>Wireless Communications Services</i> (WCS) 2.3GHz	2.305GHz–2.320GHz; 2.345GHz– 2.360GHz	Dua $2 \times 5\text{MHz}$ pasang; 2 tidak berpasangan 5MHz	Alokasi yang ditunjukkan untuk USA, tersedia juga di Korea, Australia, New Zealand
Berijin kecuali: 2.4GHz	2.405GHz – 2.4835GHz	Satu blok 80MHz	Alokasi yang ditunjukkan untuk USA tetapi tersedia di seluruh dunia. Band sangat padat digunakan untuk Wi-Fi..
Berijin kecuali: 5GHz	5.250GHz–5.350GHz; 5.725GHz– 5.825GHz	200MHz tersedia di USA, tambahan 255 MHz untuk dialokasikan	disebut U-NII di USA. Umumnya tersedia di seluruh dunia; band rendah mempunyai beberapa pembatasan daya.
UHF band: 700MHz	698MHz – 746MHz (<i>lower</i>); 747MHz – 792MHz (<i>upper</i>)	30MHz band atas; 48MHz band bawah	Alokasi ditunjukkan untuk USA, hanya 18 Mhz band bawah yang dilelang sejauh ini. Negara lainnyaboleh mengikutinya.
<i>Advanced wireless services</i> (AWS)	1.710GHz– 1.755GHz 2.110GHz– 2.155GHz	$2 \times 45\text{MHz}$ pasang	Dilelang di USA. Di bagian lain dunia, digunakan untuk 3G.

Dari perspektif global, band 2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.5 GHz, dan 5.7 GHz paling mungkin untuk digunakan dalam penyebaran WiMAX. WiMAX Forum telah mengidentifikasi band-band ini untuk sertifikasi interoperabilitas awal [1]. Berdasarkan pertimbangan geografi yang sangat luas, wilayah yang harus di-cover dengan topografi yang tidak seluruhnya *flat* (datar) dan biaya investasi pembangunan infrastruktur WiMAX, maka frekuensi yang paling optimum untuk diterapkan WiMAX di Indonesia adalah di frekuensi 2,3 GHz, sesuai dengan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia di band 2.3 GHz (2,3 – 2,4 GHz) dan 3.3 GHz (3,3 – 3,4 GHz) [2]. Sedang frekuensi 3,3 GHz di Indonesia sebagian masih ada yang digunakan untuk layanan sistem komunikasi satelit di C-band (3,7 – 4,2 GHz), sehingga penggunaan spektrum band frekuensinya kurang maksimal dan *coverage area* relatif pendek, sehingga akan berpengaruh terhadap biaya investasi pembangunan WiMAX.

1.1.3 Aplikasi Wi-Max

WiMAX dapat dimanfaatkan untuk backhaul WiMAX itu sendiri, backhaul Hotspot dan backhaul teknologi lain. Dalam konteks WiMAX sebagai backhaul dari WiMAX aplikasinya mirip dengan fungsi BTS sebagai repeater untuk memperluas jangkauan dari WiMAX. Sedangkan sebagai backhaul teknologi lain, WiMAX dapat digunakan untuk backhaul seluler. Juga kalau biasanya hotspot banyak menggunakan saluran ADSL sebagai backhaulnya, namun karena keterbatasan jaringan kabel, maka WiMAX dapat dimanfaatkan sebagai backhaul hotspot [1].

WiMAX dapat digunakan sebagai "Last Mile" teknologi untuk melayani kebutuhan broadband bagi pelanggan. Dari pelanggan perumahan maupun bisnis dapat dipenuhi oleh teknologi WiMAX ini. WiMAX sebagai penyedia layanan personal broadband dapat dimanfaatkan untuk dua 2 pangsa pasar yaitu yang bersifat nomadic dan mobile. Untuk solusi nomadic, maka biasanya tingkat perpindahan dari user WiMAX tidak sering dan walaupun pindah dalam kecepatan yang rendah. Perangkatnya pun biasanya tidak sesimpel untuk aplikasi mobile. Untuk aplikasi mobile, pengguna layanan WiMAX melakukan mobilitas layaknya menggunakan terminal WiFi seperti notebook, PDA atau smartphone [1].

1.1.4 Teknologi divais

Seiring dengan lajunya perkembangan teknologi telekomunikasi, teknologi komponen dan divais-pun juga ikut mengisi kisi-kisi rancangan desain sistem telekomunikasi yang cenderung relatif kecil dalam ukuran dan konsumsi power yang relatif rendah. Salah satu teknologi yang berkembang saat ini adalah *micro-electro mechanical system* (MEMS) [3].

Teknologi MEMS telah menghasilkan sesuatu yang menakjubkan terkait fungsinya yang luas dalam bidang aplikasi yang cukup penting, ketika teknologi lain tidak bisa menunjukkan performa dan kemampuan standar. Namun, di zaman ketika segalanya harus berukuran lebih kecil, lebih cepat, dan lebih murah, MEMS menyediakan solusi yang mendesak. MEMS telah memiliki dampak yang cukup mendalam pada aplikasi tertentu seperti sensor otomotif dan actuator pada *wireless communication* dan bidang kedokteran. Di Indonesia, komunikasi sistem *mobile WiMAX* beroperasi pada frekuensi pembawa 2.3-2.4 GHz dan frekuensi lokal osilatornya sebesar 2.3 GHz [2].

Keuntungan menggunakan teknologi MEMS dalam susunan komponennya adalah sebagai berikut [4]:

1. Insertion loss yang rendah
2. Kemampuan mengisolasi gelombang RF (frekuensi) yang tidak diinginkan relative tinggi, sehingga kemungkinan terjadinya interferensi dan jamming sangat kecil.
3. Nilai Quality Factor (Q) yang tinggi.
4. Ukuran relatif kecil, yang memungkinkan pembuatan produk divais yang lebih kecil lagi dari yang sebelumnya.
5. Komsumsi daya yang rendah,

Osilator merupakan salah satu bagian dari blok modul suatu *transmitter* dan *receiver* pada sistem komunikasi *WiMAX*. Fungsi osilator pada modul perangkat *WiMAX* adalah memproduksi sebuah sinyal AC periodik (sinusoidal) pada frekuensi yang diinginkan, yakni 2,3 Ghz.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk melakukan perancangan resonator untuk osilator *WiMAX* standar 802.16e pada frekuensi 2.3 GHz. Perancangan dititikberatkan pada komponen MEMS yang menggunakan bahan piezoelektrik yang diapit oleh kedua elektroda untuk menghasilkan mode kontur dengan mode vibrasi masuk dalam klasifikasi *bulk* (bukan *flexure mode*), yang dapat menghasilkan getaran hingga orde GHz. Perancangan ini dibuat dengan target langsung menghasilkan frekuensi sekitar 2,3 GHz, yang biasanya dengan menggunakan komponen *lumped element* hanya mampu dibawah 1 GHz, dengan maksud selain menyederhanakan blok modul suatu rangkaian/modul elektronik juga meminimalkan rugi-rugi yang terjadi karena proses konversi (rugi di multiplier misalnya), sehingga diharapkan jumlah modul bisa terpangkas sesederhana mungkin.

1.3 Batasan Masalah

Untuk mempermudah dan menyederhanakan dalam perancangan resonator untuk osilator tanpa mengesampingkan faktor-faktor pendukung lain dalam komunikasi *WiMAX*, diberi beberapa batasan, yaitu :

- a. Penelitian dan perancangan resonator untuk osilator modul *WiMAX*.
- b. Frekuensi yang digunakan adalah 2.3 GHz yang mengacu pada standar 802.16e untuk penggunaan frekuensi *WiMAX* di Indonesia.
- c. Perancangan dibatasi pada MEMS resonator yang tidak diintegrasikan dengan komponen elektronika lainnya.
- d. Dari berbagai macam bentuk geometri MEMS dan struktur penyusun bahan MEMS dibatasi menggunakan struktur bahan piezoelektrik yang diapit oleh kedua elektroda dengan bentuk geometri cincin (*ring*) persegi yang masih mempunyai peluang besar untuk dieksplorasi dan relatif mudah dalam proses *micromachining* (fabrikasi).

1.4 Metodologi Penelitian

Penelitian dalam tesis ini adalah menggunakan beberapa tahapan, dengan tahapan yang dilalui pertama kali adalah membaca jurnal ilmiah, buku dan artikel

untuk memperoleh pengetahuan dasar tentang topik penelitian yang diambil. Dengan melakukan pemetaan beberapa referensi paper dan buku penunjang, selanjutnya dicari peluang kemungkinan untuk dapat dieksplorasi menjadi sebuah penelitian dengan tetap mengacu pada teori-teori yang ada dan di-sinkronkan dengan *state of the art* tentang MEMS osilator [5], yang masih relevan dalam rentang frekuensi yang diinginkan (100 MHz - 5 GHz), sehingga perancangan ini sudah sesuai dengan spesifikasi frekuensi kerja WiMAX di Indonesia (2,3 GHz).

Langkah selanjutnya yaitu menentukan spesifikasi dari perancangan resonator untuk osilator berdasarkan standar WiMAX 802.16e dan aturan yang berlaku di Indonesia. Kemudian melakukan validasi terhadap rancangan yang telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya, dengan cara membuat bentuk geometrinya dengan menggunakan software intellesuite dengan dimensi, bentuk dan struktur material yang sama, selanjutnya dijalankan simulasi untuk mendapatkan frekuensi keluaran, faktor kualitas Q, dengan maksud untuk lebih meyakinkan apa yang akan dirancang dalam penelitian ini tidak menyimpang jauh dari penelitian sebelumnya. Hasil validasi ini menjadi acuan untuk melakukan modifikasi terhadap rancangan tersebut sehingga dapat menghasilkan sesuatu yang berbeda dan merupakan bagian penelitian lanjutan.

Optimasi terhadap dimensi resonator piezoelektrik berbentuk cincin persegi dilakukan dengan membuat variasi ukuran panjang, lebar dan tinggi, membuat variasi struktur material dan membuat lubang pada lapisan atas cincin persegi dengan mengatur jarak antar lubang dibuat berbeda-beda. Dari optimasi tersebut didapatkan hasil simulasi, yang nantinya dapat dianalisis untuk mendapatkan dimensi yang paling optimum. Analisis terhadap perilaku beberapa variasi yang dilakukan merupakan tahapan terakhir dalam melakukan penelitian ini sebelum penulisan hasil penelitian.

1.5 Penulisan

Pembahasan yang dilakukan akan diuraikan dalam lima bab, membahas dari studi literatur, latar belakang teori, mendukung pra-simulasi awal, simulasi desain, hasil simulasi dan akhirnya penutup.

Bab dua akan membahas tentang tinjauan literatur. Tinjauan literatur akan mulai dengan sekilas tentang semua jenis MEMS resonator untuk osilator, yang

pernah dilakukan oleh beberapa orang peneliti sebelumnya, mulai dari frekuensi VHF (30 – 300 MHz) sampai dengan UHF (300 – 3000 MHz), sebagai acuan dalam perancangan ini.

Bab tiga, MEMS osilator, menguraikan tentang dasar teori osilator, konsep MEMS dan karakteristik material piezoelectric yang akan digunakan untuk membangkitkan frekuensi osilator WiMAX yang bekerja pada frekuensi 2,3 GHz serta parameter-parameter lainnya yang mempengaruhi performansinya.

Bab empat tentang Perancangan MEMS resonator untuk Osilator WiMAX dengan melakukan sedikit modifikasi bentuk geometri MEMS yang pernah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya, dinalisis dan dirumuskan langkah-langkah pendekatan secara teori dan praktis (hasil simulasi) sesuai spesifikasi yang dipersyaratkan.

Bab lima menguraikan tentang pembahasan hasil perancangan yang berisi analisis keluaran dengan menggunakan tabel dan grafik untuk lebih memperkuat hasil desain yang telah dilakukan.

Bab enam menguraikan tentang kesimpulan dari penelitian dan perancangan MEMS resonator yang menggunakan material piezoelektrik, sebagai salah satu bagian modul sistem komunikasi WiMAX yang bekerja pada frekuensi 2.3 GHz.