

Design Band Stop Filter Untuk Jaringan WiMAX 3.5 GHz

Linna Oktaviana S, Fauzi Hidayat

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

ABSTRACT

Along with the development of technology-based Broadband Wireless Access (BWA), it is not just a connection is needed, but also the speed of the internet access and large capacity. One of the technology in BWA currently used is IEEE 802.16d WiMAX standard. IEEE 802.16d WiMAX standard using a frequency of 3.5 GHz. Indonesian satellite using the same frequency with the frequency of WiMAX. In order to avoid any interference between WiMAX and satellite it is necessary to filter on the WiMAX receiver. Therefore bandstop filter is used to reject the frequency of satellite based WiMAX standard has been set. In this thesis report discusses the design of bandstop filter circuit consisting of components - namely passive components, inductors and capacitors. Responses were used in this design is the Chebyshev response for Chebyshev response can result in a high degree of steepness of the passband to stopband. Software used in the design of band-stop filter is the Advanced Design System (ADS) 2011.

Keywords : FMModulator, Modulated Signal, Phase LockedLoop, CarrierSignal, Information Signal.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *wireless* saat ini sangat pesat terutama teknologi berbasis Broadband Wireless Access (BWA). Salah satu teknologi Broadband

Wireless Access adalah WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*). WiMAX merupakan standar internasional tentang BWA yang mengacu pada standar IEEE 802.16 dengan kemampuan untuk menyalurkan data kecepatan tinggi pada jarak yang jauh dan dapat untuk kondisi non LOS (Wibisono.2006). WiMAX menurut forum WiMAX dibagi menjadi dua yaitu mobile WiMAX dengan frekuensi kerja 2.3 GHz dan Fixed WiMAX yang bekerja pada frekuensi 3.5 GHz (Bercoci.2006). Dengan kecepatan data yang besar (sampai 70 MBps), WiMAX layak diaplikasikan untuk “last mile” broadband connections, backhaul, dan *high speed enterprise* (Helfin.2007).

Pita frekuensi 3.5 GHz memiliki *range* frekuensi 3400 – 3600 MHz. Di Indonesia, pita ini digunakan terutama untuk dinas tetap satelit (*Fixed Satellite Services/FSS*). Pita ini diidentifikasi oleh ITU sebagai salah satu kandidat pita IMT2000 *advanced* yang masih dalam tahap pembahasan dalam sidang-sidang *Study Group ITU* maupun sidang Regional negara-negara Asia Pasifik, Amerika dan Eropa. Selain itu, pita 3.5 GHz juga merupakan pita pilihan industri yang mengembangkan teknologi WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*).

Sesuai Kepdirjen No. 119/DIRJEN/2000 pita frekuensi 3.5 GHz digunakan bersama (*sharing*) antara layanan BWA dan dinas tetap satelit (FSS). Layanan yang diberikan oleh penyelenggara satelit *existing* adalah layanan VSAT dan satelit siaran berbayar teknologi DTH (*Direct To Home*). PT. Telkom memanfaatkan 3 (tiga) transponder dari total 12 transponder untuk memberikan layanan DTH, sedangkan PT. PSN memanfaatkan seluruh transpondernya untuk layanan VSAT. Perencanaan kanal BWA semula disediakan 25 kanal, namun dalam operasionalnya ditemukan banyak keluhan gangguan interferensi yang diterima oleh

receiver stasiun bumi dinas satelit. Maka melalui forum antara penyelenggara BWA 3.5 dan penyelenggara satelit sepakat bahwa untuk dinas BWA tetap berstatus sekunder dan hanya dapat menggunakan 5 kanal untuk menghindari gangguan terhadap dinas satelit. Pembagian kanal tersebut ternyata belum dapat mengatasi gangguan atau *interferensi* yang dialami oleh dinas satelit.

Pada saat ini laboratorium Telekomunikasi telah memiliki perangkat *Bridging WiMAX* difrekuensi 3,5 GHz hibah dari Lintasarta. Perangkat tersebut akan dimanfaatkan untuk pelaksanaan praktikum di Laboratorium Telekomunikasi. Uji coba pada perangkat tersebut harus dilakukan pada kondisi khusus di dalam ruangan dengan transmisi daya harus di seting pada posisi paling minimal karena berpotensi mengganggu komunikasi satelit yang bekerja pada frekuensi yang sama. Disisi lain komunikasi satelit pun dapat mengganggu sinyal yang diterima *remote station* WiMAX.

Pada saat ini Indonesia telah memiliki beberapa satelit diantaranya seperti TELKOM-2, PALAPA-C2, GARUDA-1 dan lain sebagainya. Satelit tersebut ada yang berada pada *extended-C Band* yang rentang frekuensinya antara 3400 MHz – 3600 MHz (Prihanto,2010). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 1.1 Alokasi Pembagian Frekuensi Satelit

| Servis | Band (MHz) | Bandwidth (kHz) |
|------------------------|-------------|------------------------|
| DAB Satellite – L Band | 1467 – 1492 | N / A |
| DVB Satellite – S Band | 2520 – 2670 | 5 transponder @ 24 000 |

| | | kHz |
|---------------|---------|-------|
| TVRO ext-C | 3440 – | 36000 |
| Band (DVB) | 3640 | |
| TVRO C-Band | 3700 – | 36000 |
| (DVB) | 4200 | |
| Direct | 11700 - | 27000 |
| Broadcasting | 12200 | |
| Satellite BSS | | |
| Plan App.30 | | |

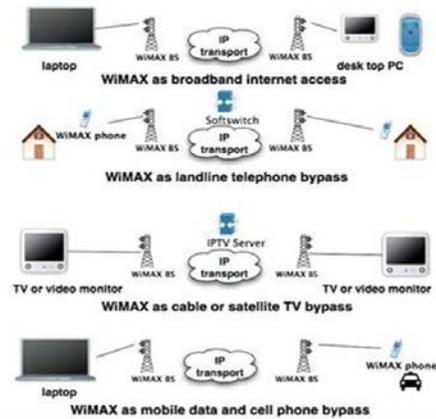
Sumber : Denny Setiawan, 2007

Untuk itu perlu digunakan filter dengan dB yang sesuai agar tidak terjadi Interferensi antara satelit dan WiMAX.

Band stop filter (BSF), band elimination filter, band reject filter dan sering juga disebut dengan *notch filter* atau *filter* tolak jalur memiliki pengertian yang sama sebagai *filter* yang memiliki karakteristik akan menahan sinyal dengan frekuensi sesuai frekuensi cutoff rangkaian dan akan melewatkan sinyal dengan frekuensi di luar frekuensi cutoff rangkaian *filter* tersebut baik dibawah atau diatas frekuensi cutoff rangkaian *filter*.

Pengertian WiMAX

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) yang menggunakan standar IEEE 802.16 merupakan sebuah teknologi pengembangan dari WiFi. Tidak seperti WiFi yang dirancang untuk lingkungan *indoor*, teknologi WiMAX dirancang untuk diaplikasikan pada lingkungan *outdoor*. Dan untuk dapat diaplikasikan pada lingkungan *outdoor* tersebut, WiMAX memiliki spesifikasi yang lebih baik, antara lain pada WiMAX generasi awal dengan standar IEEE 802.16a memiliki *bandwidth* 70 Mbps dan dapat menjangkau luas wilayah sampai 30 Miles atau setara dengan 50 km (Jindal, 2013).



Gambar 1. Aplikasi WiMAX

Standar WiMAX

Standar yang digunakan WiMAX mengacu pada standar IEEE 802.16. Tipe dari standar 802.16 ini ialah : 802.16, 802.16a, 802.16d dan 802.16e. Tipe standar 802.16 yang diadopsi WiMAX untuk penggunaan komunikasi tetap atau *Fixed Wireless Access (FWA)* adalah 802.16d atau 802.16-2004 yang telah direvisi pada tahun 2004. Selanjutnya, varian yang digunakan untuk komunikasi bergerak (*mobile*) ialah 802.16e. Pada tabel 1 berikut tampak perbandingan standar WiMAX. (Nuaymi, 2007)

Tabel 2. Perbandingan Standar IEEE WiMAX

| | 802.16 | 802.16a Rev d | 802.16e |
|----------------------------|----------------------|---|---|
| <i>Completed</i> | December 2001 | Estimate mid '04 | Estimate mid '05 |
| <i>Spectrum</i> | 10-66 Hz | 2-11 GHz | <6 GHz |
| <i>Channel Conditions</i> | Line of sight only | Non-line of sight | Non-line of sight |
| <i>Bit Rate</i> | 32-134Mbps in 28 MHz | up to 75 Mbps in 20 MHz | up to 15 Mbps in 5 MHz |
| <i>Modulation</i> | QPSK, 16QAM, 64QAM | OFDM 256 subcarrier, QPSK, 16QAM, 64QAM | OFDM 256 subcarrier, QPSK, 16QAM, 64QAM |
| <i>Mobility</i> | Fixed | Fixed, Portable | Nomadic portability |
| <i>Channel Bandwidth</i> | 20,25,28 MHz | Scalable 1.5 to 20 MHz | Same as 802.16 with uplink subchannels |
| <i>Typical Cell Radius</i> | 2-5 km | 7-10 km max range 50 km | 2-5 km |

Prinsip Kerja WiMAX

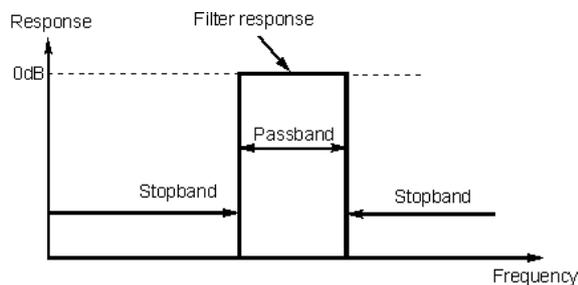
WiMAX dapat bekerja dengan memberikan 2 format layanan *wireless* : (Khmosiati:2009)

- Non Line Of Sight*, dimana sebuah antenna kecil dipasang pada komputer dihubungkan dengan menara pemancar

- b. *Line Of Sight*, dimana sebuah antenna tetap dipasang pada menara WiMAX.

Filter

Filter atau penapis adalah sebuah perangkat atau suatu proses yang melewatkan sinyal pada frekuensi tertentu dan membuang sinyal pada frekuensi yang lain dengan kata lain melewatkan sinyal frekuensi yang diinginkan dan menghambat frekuensi yang tidak diinginkan.



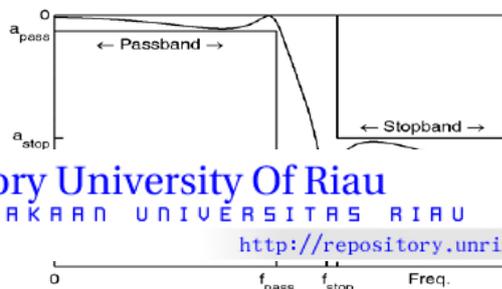
Gambar 2. Bentuk *Filter* Sempurna

Gambar 3 memperlihatkan bagaimana *filter* ideal yang diinginkan, tapi dalam kenyataannya tidak mungkin terjadi seperti itu, karena beberapa faktor seperti karakter fisik dari komponen – komponen yang menyusunnya. Tidak ada komponen yang sempurna, dan arena itulah tidak akan ada filter yang sempurna.

Teknik – teknik menyeleksi frekuensi dilakukan sesuai dengan kondisi dan tujuan dari system yang akan dibangun. Berdasarkan kondisi dan tujuan sistem filter dikelompokkan menjadi *Low Pass Filter* (LPF), *High Pass Filter* (HPF), *Band Pass filter* (BPF) dan *Band Stop Filter* (BSF). Dari tiap – tiap kelompok *filter* yang dibuat, akan diacu parameter *filter* yaitu frekuensi kerja, *impedansi input/output*, frekuensi *cut off*, kecuraman, lebar pita dan *ripple*. (YYePG. 2004)

LPF (*Low Pass Filter*)

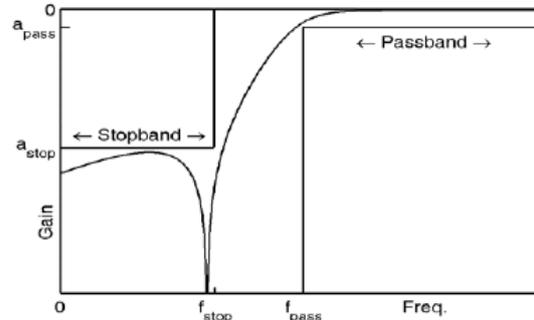
Low pass filter digunakan untuk melewatkan frekuensi rendah.



Gambar 3. *Low Pass Filter*

HPF (*High Pass Filter*)

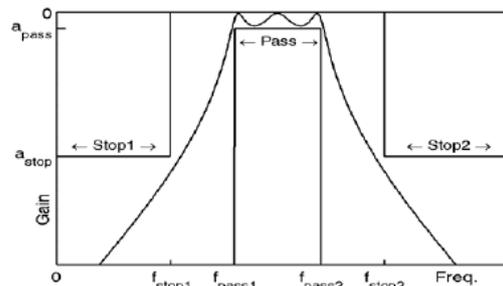
High pass filter digunakan untuk melewatkan frekuensi tinggi.



Gambar 4. *High Pass Filter*

BPF (*Band Pass Filter*)

Band pass filter digunakan untuk melewatkan frekuensi pada daerah tertentu dan meredam frekuensi di luar daerah tersebut.



Gambar 6. *Band Pass Filter*

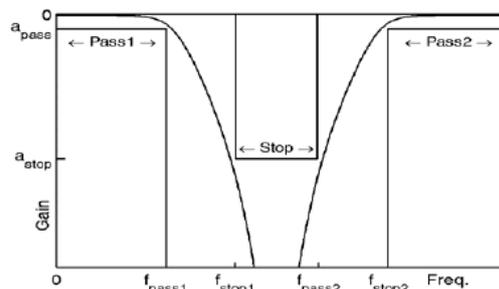
BSF (*Band Stop Filter*)

Band stop filter bekerja dengan cara meredam frekuensi tertentu dan melewatkan frekuensi diluar frekuensi yang diredam.

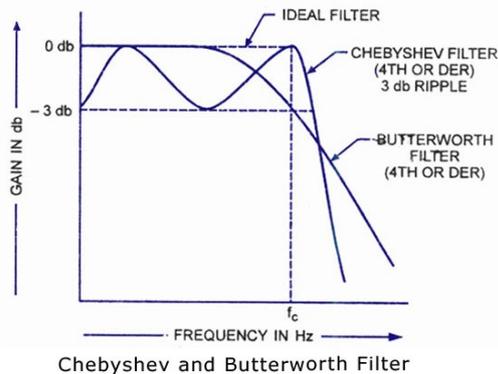
Gambar 6. *Band Stop Filter*

Respon Chebyshev

Filter chebyshev biasanya digunakan ketika filter yang akan



dirancang membutuhkan tingkat kecuraman yang tinggi dari *pass band* ke *stop band*.



Gambar 7. Respon *Chebyshev* dan *Butterworth*

Komponen Pasif Pada Frekuensi radio

| COMPONENT | LF BEHAVIOR | HF BEHAVIOR | TRUE RF RESPONSE |
|-----------|-------------|-------------|------------------|
| WIRE | | | |
| CAPACITOR | | | |
| INDUCTOR | | | |
| RESISTOR | | | |

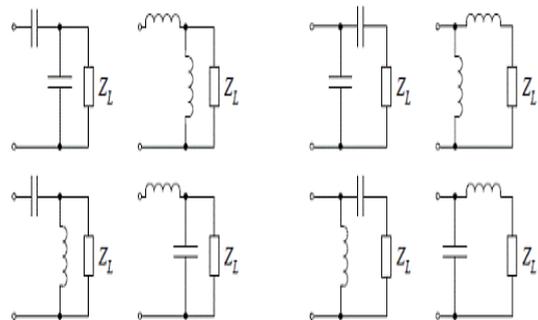
Gambar 8. Sifat komponen pada frekuensi tinggi

Komponen pasif dasar dari suatu rangkaian elektronika terdiri dari resistor, kapasitor dan induktor. Pada gambar 2.9 terlihat ketiga komponen ini pada frekuensi yang lebih tinggi mempunyai resistansi, kapasitansi dan induktansi parasitik yang tidak diinginkan dimana hal ini sudah menjadi sifat alami yang harus diperhitungkan saat melakukan desain, simulasi dan layout pada suatu rangkaian *wireless*.

Impedance matching

Walaupun perancangan rangkaian matching memiliki banyak tipe, L section seperti terlihat pada gambar tidak hanya sederhana, tetapi juga cukup baik untuk

diaplikasikan ke dalam suatu rangkaian matching. Rangkaian matching harus memiliki karakteristik lossless agar tidak menghilangkan daya sinyal.



Gambar 9. Rangkaian Matching

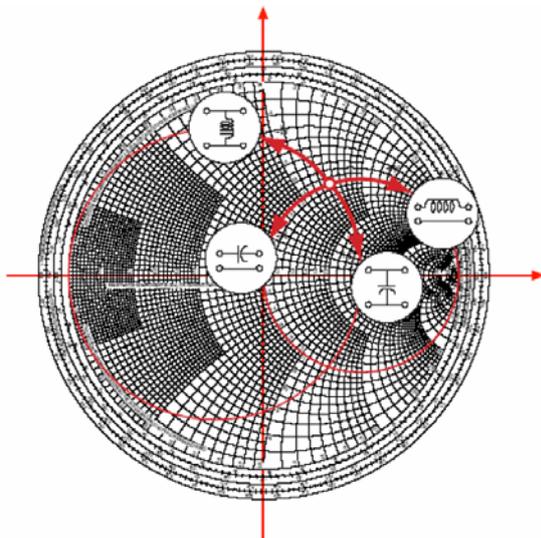
Gambar 10 merupakan gambar yang menunjukkan berbagai macam rangkaian matching. Dari gambar tersebut terlihat bahwa rangkaian matching bisa berupa induktor dan kapasitor, induktor – induktor, maupun kapasitor – kapasitor. Hal ini disesuaikan dengan kebutuhan.

Untuk melakukan suatu perancangan rangkain matching dapat dilakukan dengan menggunakan matematis ataupun pendekatan dengan menggunakan smith chart. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat beberapa aturannya sebagai berikut :

1. Penambahan induktor seri atau kapasitor seri menggerakkan titik impedansi resistansi konstan. Induktor seri menambah induktansi sedangkan penambahan kapasitor seri mengurangi kapasitansi.
2. Penambahan induktor atau kapasitor paralel menggerakkan impedansi di sepanjang lingkaran konduktansi konstan. Penambahan kapasitor paralel menaikkan kapasitansi sedangkan induktor paralel mengurangi induktansi.

Perubahan dalam impedansi akibat penambahan elemen resistor, induktor atau kapasitor pada beban adalah sebagai berikut :

1. Penambahan elemen bisa dilihat sebagai suatu pergerakan dalam smith chart
2. Induktor seri : reaktansi positif, bergerak searah jarum jam dalam lingkaran resistansi konstan
3. Kapasitor seri : reaktansi negatif, bergerak berlawanan arah jarum jam dalam lingkaran resistansi konstan
4. Induktor parallel : suseptansi negatif, bergerak berlawanan arah jarum jam dalam lingkaran konduktansi konstan
5. Kapasitor parallel : suseptansi positif, bergerak searah jarum jam dalam lingkaran konduktansi konstan
6. Secara umum, reaktansi/suseptansi positif bergerak searah jarum jam



Gambar 10. Matching menggunakan smith chart

II. Metodologi Penelitian

Desain *band stop filter* akan dilakukan dalam beberapa tahap, yakni studi pustaka, menentukan parameter, perhitungan nilai komponen secara manual dan kemudian hasil dari perhitungan tersebut disimulasikan dengan simulator *Advanced Digital System (ADS)* 2011.

Perlengkapan yang digunakan

Pada tugas akhir ini penelitiannya masih dalam tahap simulasi menggunakan *software* saja karena beberapa alasan. Perangkat lunak yang digunakan dalam desain *band stop filter* antara lain :

- d. *Advanced Digital System (ADS)* 2011
- e. *Microsoft Visio* 2007
- f. *Microsoft Excel*

Pemilihan Perangkat Lunak

Pemilihan perangkat lunak (*software*) diperlukan untuk menggambarkan hasil design simulasi dengan yang sebenarnya.

Advanced Design System (ADS)

Pada skripsi ini digunakan *Advanced Digital System (ADS)* 2011 untuk melakukan simulasi *band stop filter* dan analisa *band stop filter*. *ADS* digunakan untuk menampilkan hasil S-Parameter $S(1,1)$, $S(2,1)$, *Smith Chart* dan VSWR serta respon frekuensi yang dihasilkan dari rancangan rangkaian.

Perancangan Band Stop Filter

Dalam perancangan *band stop filter* kali ini digunakan *software Advanced Design System (ADS)* 2011. Dalam merancang *Band Stop Filter* untuk jaringan WiMAX 3.5 GHz yang perlu dilakukan adalah studi literature tentang *band stop filter* dan WiMAX. Kemudian dilanjutkan dengan menentukan spesifikasi *filter*. Dimana yang ditentukan adalah frekuensi *center*, *bandwidth*, *impedansi output* dan *input*, *return loss/ VSWR* dan *insertion loss*. Kemudian adalah penentuan nilai komponen *Lumped* yang terdiri kapasitor dan induktor.

$$C_{\text{Series}} = x = \frac{1}{2\pi[F_u - F_l]RG} \quad (1)$$

$$L_{\text{Series}} = \frac{[F_u - F_l]RG}{2\pi F_u \cdot F_l} \quad (2)$$

Persamaan di atas digunakan jika induktor dan kapasitor di rangkai seri.

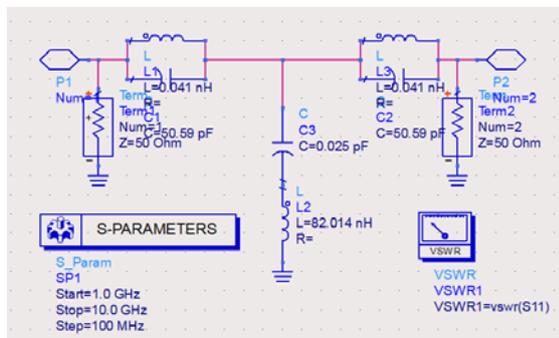
$$C_{\text{Paralel}} = \frac{[F_u - F_l]G}{2\pi F_u F_l R} \quad (3)$$

$$L_{\text{Paralel}} = \frac{R}{2\pi[Fu - Fl]G} \quad (4)$$

Persamaan di atas digunakan jika induktor dan kapasitor di rangkai paralel. Nilai dari G ditentukan dari table nilai elemen untuk *chebyshev filter*. Nilai dari induktor dan kapasitor yang didapatkan dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan diatas.

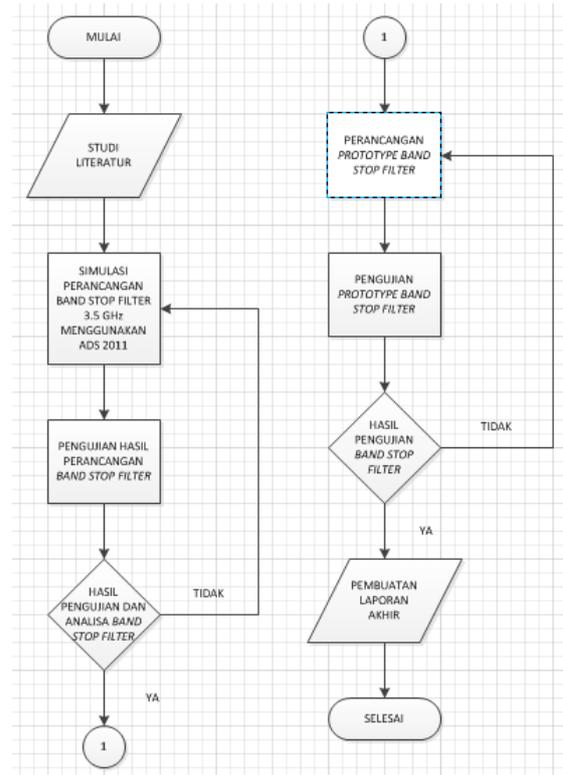
- Induktor paralel
L1 = 0.041nH
L3 = 0.041nH
- Induktor seri
L2 = 82.014nH
- Kapasitor paralel
C1 = 50.59 pF
C3 = 50.59 pF
- Kapasitor seri
C2 = 0.025 pF

Setelah mendapatkan nilai untuk komponen lumped, maka dapat di lakukan perancangan menggunakan *Advanced Design Sistem (ADS) 2011*.



Gambar 11. *Band Stop Filter* dalam ADS

Dalam perancangan *band stop filter* dapat dilihat diagram alir pada gambar berikut. Di mulai dari studi literatur mengenai *band stop filter* dan WiMAX, kemudian menentukan spesifikasi *filter*, setelah menentukan spesifikasi *filter* kemudian mencari perhitungan nilai untuk komponen. Setelah mendapatkan nilai untuk komponen, perancangan dilakukan dengan menggunakan *Advanced Design System (ADS) 2011*. Kemudian dilakukan pengujian terhadap rangkaian dengan nilai yang sudah didapatkan.

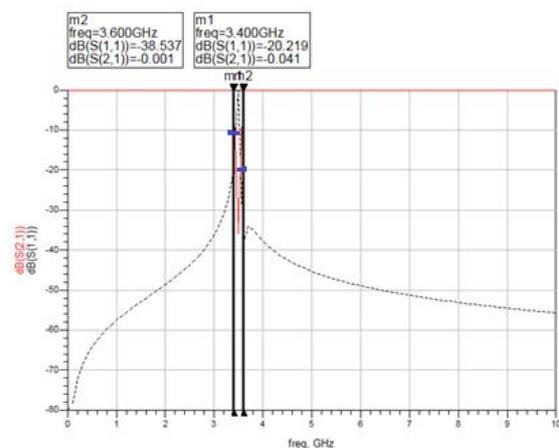


Gambar 12. Diagram Alir Desain Band Stop Filter

III. Hasil dan Pembahasan

Pada skripsi ini akan dianalisa hasil pengujian dari desain *band stop filter* untuk jaringan WiMAX 3.5 GHz menggunakan *Advanced Design System (ADS) 2011* yang secara tidak langsung dapat dilihat sifat *band stop filter*.

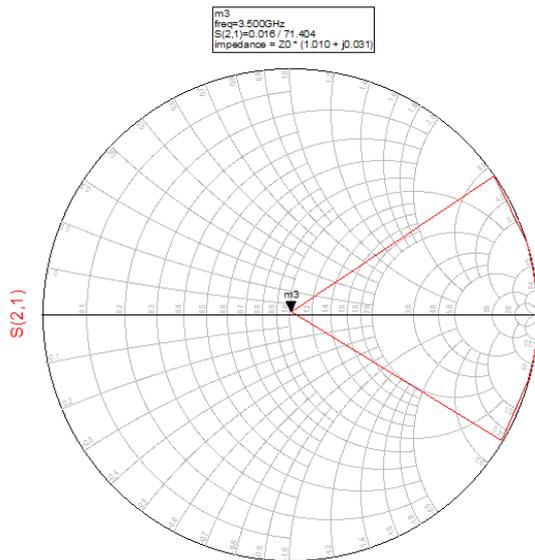
Hasil dan Analisa berdasarkan S-Parameter



Gambar 13. Hasil simulasi *Band Stop Filter* berdasarkan S-parameter

Dari gambar dapat diketahui bahwa nilai dB yang dihasilkan dari rangkaian *band stop filter chebyshev* orde yaitu dB $S(2,1) = -35.934$ dB, ini menunjukkan bahwa dB tersebut dapat menolak frekuensi satelit pada frekuensi 3.5 GHz pada rentang 30-50 dB

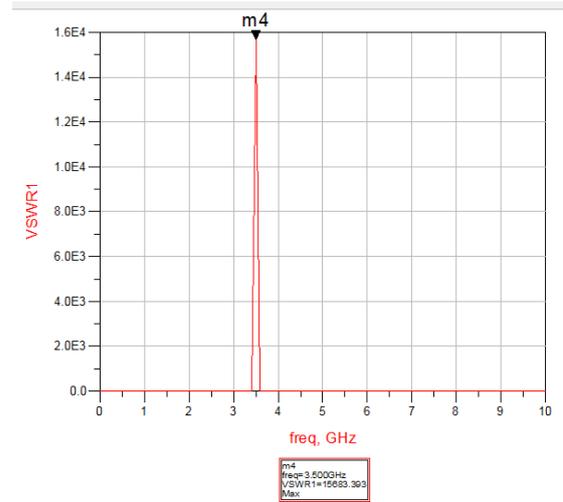
Hasil dan Analisa Rangkaian Band Stop Filter dengan Smith Chart



Gambar 14. Hasil Smith Chart dari rangkaian Band Stop Filter

Pada gambar 14 terlihat bahwa impedansi keluaran (Z_{out}) pada frekuensi *band stop* yang diinginkan 3.5 GHz mempunyai nilai sekitar 50 ohm hampir sama dengan impedansi masukan (Z_{in}) dan sesuai dengan nilai impedansi karakteristik yang digunakan dalam perancangan ini. Titik m2 menunjukkan dimana letak frekuensi bekerja untuk menolak frekuensi dari satelit dengan impedansi output bernilai 50 ohm.

Hasil dan Analisa berdasarkan Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)



Gambar 15. Hasil Simulasi VSWR

Dalam teori idealnya VSWR pada frekuensi yang dilewatkan bernilai 1-2 tetapi dalam kenyataannya pada hasil simulasi didapatkan nilai VSWR adalah 15683.393 pada frekuensi 3.5 GHz. Tetapi diluar frekuensi yang ditolak nilai VSWR yang dihasilkan berkisar antara 1-2. Hal ini menunjukkan dari karakteristik *band stop filter* yang berfungsi untuk menolak frekuensi yang diinginkan. Berbeda dengan *band pass filter* yang memiliki fungsi keterbalikan dari *band stop filter* sehingga harus didapatkan VSWR 1-2.

Return Loss dan Insertion Loss

Pada rangkaian band stop filter nilai return loss yang didapatkan sangat kecil mendekati 0, sedangkan nilai *insertion loss*nya menjauhi nilai 0. Ini berkebalikan dari rangkaian *band pass filter*. Hal ini sesuai dengan yang terlihat pada gambar 13. Nilai return loss dapat dilihat pada kurva $S(1,1)$, sedangkan nilai dari *insertion loss* dapat dilihat pada kurva $S(2,1)$ pada gambar 13. Pada frekuensi 3.5 GHz, nilai *return loss* adalah -0.001 dB. Sedangkan nilai *insertion loss* adalah -35.934 dB.

Perhitungan manual untuk *return loss* adalah sebagai berikut :

$$RL = 10 \log \left(\frac{vswr - 1}{vswr + 1} \right)^2 \quad (5)$$

$$RL = -0.001 \text{ dB}$$

IV. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Hasil simulasi dari desain *band stop filter* untuk jaringan WiMAX 3.5 GHz mampu bekerja menolak frekuensi 3.5 GHz dengan -35.934 dB yang mana frekuensi tersebut untuk satelit dengan *bandwidth* 200 MHz. Rangkaian *band stop filter* ini memiliki VSWR 15683.393.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan variasi dari *orde respon filter* yang digunakan sehingga didapatkan hasil yang lebih lebih baik lagi dan melakukan fabrikasi yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Safia. A. O. H, Omar.A. A, & Scardelleti. M. C. 2011. *Design Of Dual-Band Bandstop Coplanar Waveguide Filter Using Uniplanar Series-Connected Resonator. Journal Progress In Electromagnetics Research (JPIER)*, Vol.27, 93-99,2011.
- Borcoci, E. 2008. *WiMAX Tutorial*.
- Bowick, C. 2006. *RF Circuit Design*.Nomnes.
- Helfin. 2007. Mengenal lebih jauh tentang WiMAX.
- Jindal.G dan Grover, V. 2013. *Voice and Video Over the WiMAX. International Journal for Computer Application and Research (IJCAR)*, Vol 1, 18-25.
- Khomsiati, K. 2009 *Perancangan Band Pass Filter Untuk Mobile WiMAX Pada Frekuensi 2.3 GHz*. Jakarta
- Kim. J. -Y, Choi. J. H & Jung. C. W. 2012. *Broad Band-Stop Filter Using Frequency Selective Surfaces In Uniplanar Microwave Transmission Line. Journal Progress In Electromagnetics Research (JPIER)*, Vol, 31 45-53, 2012.
- Ning. H, Wang. J, Xiong. Q & Mao. L. 2011. *Design Of Planar Dual and Triple Narrow-Band Bandstop Filters With Independently Controlled Stopbands And Improved Spuri-Ous Response. Journal Progress In Electromagnetics Research(JPIER)*, Vol. 131, 259-274, 2012.
- Nuaymi, L. 2007. *WiMAX Technology for Broadband Wireless Access*.
- Pareek, D. 2006. *The Business of WiMAX*.John Wiley &Son
- Prihanto, GI. 2010. *Kajian Pemanfaatan Satelit Dalam Mendukung Penerapan Teknologi Informasi Dan Komunikasi Untuk TELE-EDUCATION*. Jakarta
- Sayre.CW. 2008. *Complete Wireless Design*. New York
- Setiawan, D. 2007. *Perencanaan Dan Kebijakan Spektrum Frekuensi Radio Indonesia*. Jakarta
- Simanjuntak, D. 2012. *Perancangan Concurrent Quadband Bandpass Filter dengan menggunakan komponen lumped pada frekuensi 950 MHz, 1.85 GHz, 2.35 GHz, dan 2.65 GHz*. Jakarta
- Team YYePG. 2004. *Practical Analog and Digital Filter Design*. Artech house.inc
- White Paper.2006. *Peluang Usaha di Bidang Penyelenggaraan Telekomunikasi*.Ditjen Postel, Direktorat Telekomunikasi. Desember
- White Paper. 2006. *Penataan Spektrum Frekuensi Radio Layanan Akses Pita Lebar Berbasis Nirkabel (Broadband Wireless Access/ BWA)*”, Ditjen Postel, Depkominfo Jakarta, Nopember
- Wibisono, G. 2005. *Dilema Alokasi Frekuensi BWA berbasis Wimax Indonesia*. Jakarta
- Wibisono, G. 2006. *WiMAX Teknologi Broadband Wireless Access (BWA) Kini dan Masa Depan Informatika*. Jakarta



Winder, S. 2002. *Analog and Digital Filter Design*. United States of Amerika

Yeo. K. S. K & Vijaykumar.P. 2013. *Quasi-Elliptic Microstrip*

Bandstop Filter Using Tap Coupled Open-Loop Resonators. *Journal Progress In Electromagnetics Research (JPIER)*, Vol. 35, 1-11, 2013.

Simulasi Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang Planar Array 6 Elemen dengan Pencatuan Aperture Coupled untuk Aplikasi CPE WiMAX pada Frekuensi 3,3-3,4 GHz

Yusnita Rahayu, Rezki Ananda Gusma

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

Email: yusnita.rahayu@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

WiMAX technology has high data transfer speed, large access range and mobility capability. To access the WiMAX network required Customer Premise Equipment (CPE). CPE require a little dimension antenna and integrated it easily. Therefore, microstrip antenna is a good candidate for this application. This paper, discuss design of 6 elements planar array rectangular microstrip patch antenna that can be used for CPE WiMAX application in 3.3 GHz. Microstrip antenna is designed using Aperture Coupled technique to improve the bandwidth. The design and simulation of microstrip antenna require Ansoft HFSS v.13. The simulation results show that antenna can operate in 3.3-3.4 GHz frequency. The value of the impedance bandwidth is 203.5 MHz (3.2405 to 3.444 GHz) or 6.09 % at $VSWR \leq 1.5$ and gain is 7.4358 dBi.

Keywords: CPE WiMAX, Planar Array, Aperture Coupled, VSWR, Gain.

V. PENDAHULUAN

World-wide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) merupakan teknologi *Broadband Wireless Access* (BWA) yang memiliki kecepatan transfer data maksimum hingga 70 Mbps dan jangkauan akses luas hingga 50 km [Jindal dan Grover, 2013]. Berdasarkan Keputusan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 05/KEP/M. KOMINFO/01/2009, pita frekuensi yang akan digunakan untuk teknologi WiMAX di Indonesia adalah 3,3 GHz [M.KOMINFO, 2009]. Jaringan WiMAX terdiri dari *Base station* (BS) dan *Subscriber station* (SS). Untuk mengakses jaringan WiMAX, diperlukan *Customer Premise Equipment* (CPE) di *subscriber station*. Antena merupakan komponen penting dari CPE. Antena mikrostrip adalah antena yang cocok untuk CPE karena ukuran kecil dan mudah diintegrasikan pada CPE tetapi memiliki *bandwidth* yang sempit [Rahmadyanto, 2009]. Pada penelitian sebelumnya [Rambe, 2008], telah dirancang antena mikrostrip patch segiempat yang terdiri dari 4 elemen dengan pencatuan *Aperture Coupled* untuk aplikasi CPE WiMAX di 2,3 GHz yang menghasilkan *bandwidth* sebesar 253,2 MHz pada

$VSWR \leq 1,5$. Pada penelitian ini akan dirancang sebuah antena mikrostrip untuk aplikasi CPE WiMAX yang beroperasi pada frekuensi 3,3 GHz (3,3-3,4 GHz). Simulator yang digunakan untuk merancang antena ini adalah Ansoft HFSS 13.0. Untuk mendapatkan *bandwidth* yang lebar (100 MHz), rancangan ini menggunakan teknik pencatuan *Aperture Coupled*. Antena mikrostrip terdiri dari 6 elemen yang disusun secara *planar array* untuk mendapatkan pola radiasi *directional* dengan $gain \geq 6$ dBi.

Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang

Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung dimensi *patch* berbentuk persegi panjang pada antena mikrostrip [Wijaya, 2009]:

1. Perhitungan lebar *patch* (W)

Lebar *patch* dihitung dengan persamaan:

$$W = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (1)$$

2. Perhitungan Panjang Patch (L)

Untuk menentukan panjang *patch*(L) diperlukan parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang dari L akibat adanya *fringing effect*. Pertambahan panjang dari L(ΔL) tersebut dirumuskan:

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \quad (2)$$

ϵ_{reff} adalah konstanta dielektrik efektif yang dirumuskan:

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{h}{W} \right)}} \right) \quad (3)$$

Dengan demikian panjang *patch* (L) diberikan oleh:

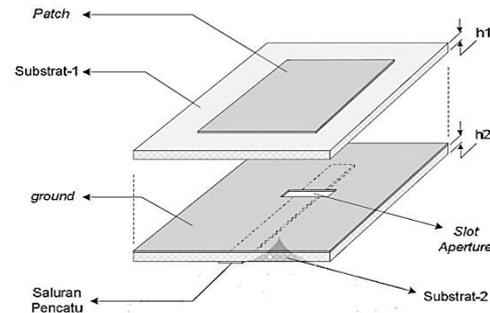
$$L = \Delta L_{eff} - 2 \quad (4)$$

Dimana L_{eff} merupakan panjang *patch* efektif yang dapat dirumuskan dengan:

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (5)$$

Teknik Pencatuan *Aperture Coupled*

Salah satu teknik yang populer, sederhana dan mudah di pabrikan adalah teknik *line feed*, tetapi teknik ini menghasilkan *bandwidth* yang tidak lebar (biasanya 2-5 %) [Rambe, 2008]. Untuk kebutuhan mendapatkan *bandwidth* yang lebar, salah satu teknik yang dapat digunakan adalah dengan teknik pencatuan *aperture coupled*. Arsitektur teknik pencatuan ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Teknik Pencatuan *Aperture Coupled*

Pada konfigurasi teknik pencatuan *aperture coupled*, pengkopelan dari saluran pencatu (*feed-line*) ke *patch* melalui sebuah *aperture* kecil berupa *slot* pada bidang pentanahan (*groundplane*). Umumnya *slot aperture* tersebut ditempatkan di tengah bawah dari *patch* [Rambe, 2008]. Dengan pengoptimalan beberapa parameter termasuk dimensi *slot aperture*, maka dapat dicapai *bandwidth* mendekati 70 % [Rambe, 2008]. Untuk menentukan dimensi *slot aperture* dari teknik pencatuan ini dapat digunakan persamaan berikut [Rambe, 2008]:

Panjang *slot aperture*(L_a):

$$L_a = 0,2 \lambda_0 \quad (6)$$

Lebar *slot aperture*(W_a):

$$W_a = 0,1 L_a \quad (7)$$

VI. METODOLOGI PENELITIAN

Menentukan Karakteristik Antena

Berdasarkan keputusan Dirjen Postel tentang spesifikasi minimum Persyaratan Teknis Alat dan Perangkat Telekomunikasi antena *Subscriber BWA WiMAX*, maka diharapkan antena hasil rancangan memenuhi beberapa parameter elektrikal yang meliputi: Frekuensi kerja 3,3 GHz (3,3-3,4 GHz), Impedansi terminal 50 Ω koaksial, Konektor SMA, *Bandwidth* 100 MHz, $VSWR \leq 1,9$ dan $Gain \leq 15$ dBi.

Menentukan Jenis Subtrat yang Digunakan

Pada penelitian ini digunakan substrat FR4 (*Epoxy*) dengan ketebalan 1,6 mm dengan spesifikasi pada Tabel 1.

Tabel 1.Spesifikasi Substrat yang digunakan

| | |
|--|----------------------|
| Jenis Subtrat | FR4 (<i>Epoxy</i>) |
| Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r) | 4,4 |
| <i>Dielectric Loss Tangent</i> ($\tan \delta$) | 0,02 |
| Ketebalan Subtrat (h) | 1,6 mm |

Perancangan Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang Planar Array 6 Elemen

Perancangan antena terdiri dari dua tahapan,yaitu desain manual dan simulasi antena.Tahapan pertama adalah desain manual, yaitu perhitungan ukuran antena meliputi *patch* antena, *slot aperture*,lebar saluran pencatu 50Ω dan *T-Junction*. Perhitungan *patch* dengan menggunakan persamaan (1) sampai (5). Dari hasil perhitungan diperoleh panjang dan lebar *patch* 21 dan 27,25mm. Jarak antar elemen antena dirancang dalam penelitian ini sekitar setengah dari panjang gelombang($d = \lambda/2$) [Rambe, 2008].

$$d = \frac{c}{2f} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 3,35 \times 10^9} = 44,78 \text{ mm} \quad (8)$$

Pada perancangan antena 6 elemen ini diharapkan diperoleh *magnitude* ≥ 6 dB. Peningkatan *magnitude* tersebut mengindikasikan adanya peningkatan *gain* dari antena.

Slot Aperture yang digunakan adalah bentuk persegi panjang yang ditempatkan tepat di bagian tengah bawah setiap *patch*. Sedangkan dimensi *slot aperture* ditentukan dengan menggunakan persamaan (6) dan (7) sehingga diperoleh lebar (W_a) dan panjang (L_a) *slot aperture* adalah 1,8 mm dan 18 mm.

Saluran pencatu yang digunakan dalam desain ini memiliki impedansi 50 Ω. Untuk mendapatkan lebar pencatu yang menghasilkan impedansi 50 ohm dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (9) dan (10) [Rahmadyanto, 2009]:

$$B = \frac{60 \times 4,4^2}{50 \times \sqrt{4,4}} = 5,64 \quad (9)$$

$$W = \frac{2 \times 1,6}{3,14} \times \left\{ \begin{array}{l} 5,64 - 1 - \ln((2 \times 5,64) - 1) + \frac{4,4 - 1}{2 \times 4,4} \times \\ \left[\ln(5,64 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,4} \right] \end{array} \right\} = 3,06 \text{ mm} \quad (10)$$

Dari hasil perhitungan diperoleh lebar pencatu 50 Ω adalah 3,06mm. Sementara panjang awal dari panjang pencatu(l_f) sebesar 19mm.

Rancangan antena ini menggunakan *T-junction* yang berfungsi sebagai *Power Divider*. *T-junction* digunakan memiliki impedansi 70,71Ω dan 86,6Ω. Untuk mendapatkan lebar pencatu dari 70,71Ω dihitung dengan menggunakan persamaan(11) dan (12) [Rahmadyanto, 2009]:

$$B = \frac{60 \times 4,4^2}{70,71 \times \sqrt{4,4}} = 3,98 \quad (11)$$

$$W = \frac{2 \times 1,6}{3,14} \times \left\{ \begin{array}{l} 3,98 - 1 - \ln((2 \times 3,98) - 1) + \frac{4,4 - 1}{2 \times 4,4} \times \\ \left[\ln(3,98 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,4} \right] \end{array} \right\} = 1,6 \text{ mm} \quad (12)$$

Untuk menghitung panjang pencatu 70,71Ω dihitung dengan persamaan(13) hingga(16) [Rahmadyanto, 2009]:

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{89,55}{\sqrt{3,17}} = 50,29 \quad (13)$$

Dimana ϵ_{eff} adalah konstanta dielektrik efektif dihitung dengan persamaan:

$$\frac{w}{h} = \frac{2}{3,14} \times \left\{ \begin{array}{l} 3,98 - 1 - \ln((2 \times 3,98) - 1) + \frac{4,4 - 1}{2 \times 4,4} \times \\ \left[\ln(3,98 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,4} \right] \end{array} \right\} = 0,997 \quad (14)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{4,4 + 1}{2} + \frac{4,4 - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{1}{0,997} \right)}} \right) = 3,17 \quad (15)$$

Jadi, panjang pencatu 70,71 Ω adalah:

$$l = \frac{\lambda_g}{4} = \frac{50,29}{4} = 12,57 \text{ mm} \quad (16)$$

Dari perhitungan di atas diperoleh lebar dan panjang saluran pencatu 70,71 Ω masing-masing sebesar 1,6 mm dan 12,57 mm. Selain impedansi 70,71 Ω , perancangan juga dilakukan untuk impedansi 86,6 Ω , yaitu impedansi untuk 3 titik pencabangan. Dengan perhitungan yang sama, diperoleh lebar dan panjang saluran pencatu 86,6 Ω masing-masing sebesar 0,98 mm dan 12,77 mm.

Simulasi Antena Mikrostrip

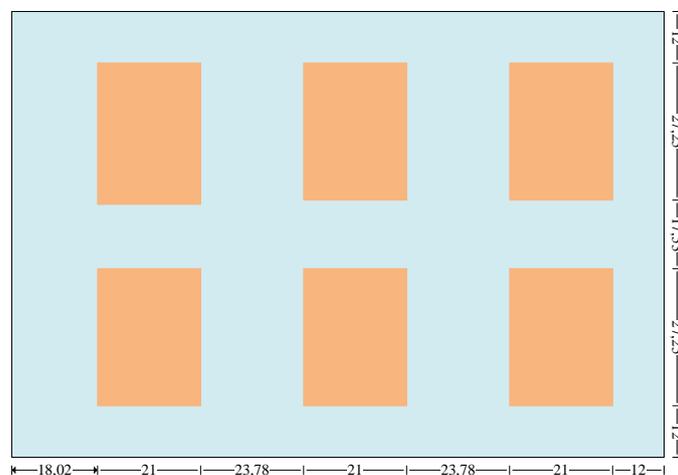
Setelah dilakukannya desain manual antena, maka tahap selanjutnya adalah simulasi antena menggunakan perangkat lunak *Ansoft HFSS 13.0*. Apabila setelah dilakukan *report* hasil yang didapat tidak memenuhi dari spesifikasi yang diinginkan, maka dilakukan pengkarakterisasian antena untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Karakterisasi Antena Mikrostrip

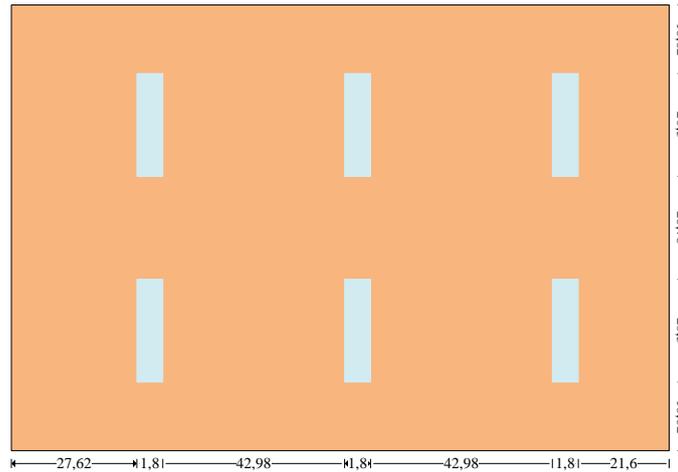
Secara teori umum, untuk menggeser frekuensi kerja dari antena yang diinginkan adalah dengan memperbesar atau memperkecil dimensi *patch* antena. Akan tetapi pada rancangan ini, digunakan teknik pencatutan *Aperture Coupled* yang memiliki berbagai parameter yang dapat dimodifikasi untuk mendapatkan karakteristik yang diinginkan, yaitu panjang saluran pencatu dan dimensi *slot aperture*. Dengan demikian untuk memudahkan rancangan antena, maka parameter yang digunakan pada pengkarakterisasian ini hanya berupa perubahan panjang saluran pencatu dan dimensi *slot aperture*.

VII. HASIL DAN PEMBAHASAN

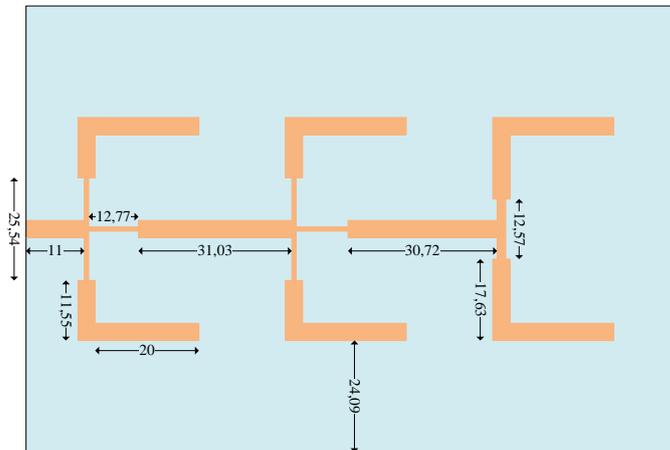
Gambar 2 adalah geometri beserta dimensi rancangan antena mikrostrip *patch* persegi panjang *planar array* 6 elemen dengan pencatutan *aperture coupled*.



(a) Tampak atas substrat 1



(b) Tampak atas substrat 2



(c) Tampak bawah substrat 2

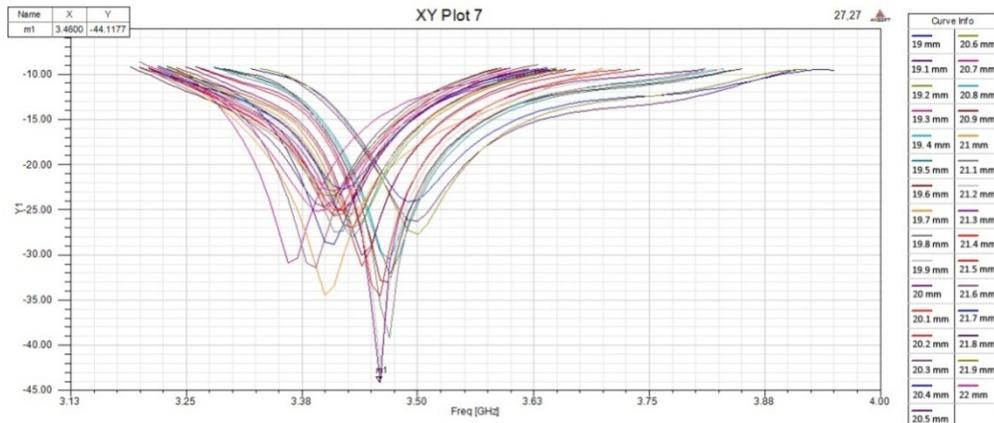
Gambar 2. Geometri Rancangan Akhir Antena Mikrostrip *Patch* Persegi Panjang *Planar Array* 6 Elemen dengan Pencatuan *Aperture Coupled*

Antena ini menggunakan 2 substrat, yaitu substrat 1 dan 2. Jarak antara substrat 1 dengan substrat 2 adalah 3mm. Bagian atas substrat1 terdiri atas 6 elemen (*patch*) yang memiliki ukuran yang sama, yaitu $27,25 \times 21$ mm. Bagian atas substrat2 merupakan *ground plane* yang terdiri dari 6 *slot aperture*, dimana setiap *slot aperture* tersebut ditempatkan tepat di tengah bawah setiap *patch*. Masing-masing *slot aperture* memiliki ukuran yang sama, yaitu $20,3 \times 1,8$ mm. Sedangkan bagian bawah substrat2 adalah konfigurasi saluran pencatu, konfigurasi saluran pencatu pada rancangan antena ini terdiri atas 1 buah *T-Junction* yang memiliki impedansi 70,71,

2 buah *T-Junction* yang berimpedansi 86,6, saluran pencatu 50Ω vertikal dan horizontal. Panjang saluran pencatu 50Ω vertikal adalah 20 mm.

Karakterisasi PanjangPencatu

Gambar 3 memperlihatkan karakterisasi dari rancangan antena dengan mengubah hanya panjang saluran pencatu sedangkan parameter lainnya tetap. Perubahan panjang saluran pencatu yang dibuat adalah mulai dari 19 mm hingga 22 mm dengan kenaikan 0,1 mm dan parameter yang tetap adalah dimensi *patch* ($21 \times 27,25$ mm) dan dimensi *slot aperture* ($18 \times 1,8$ mm).

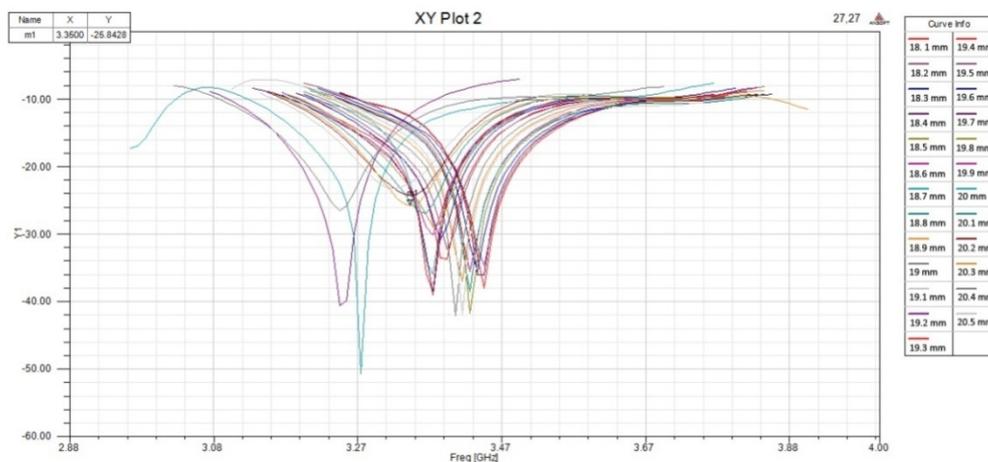


Gambar 3.Return Loss dengan Perubahan Panjang Saluran Pencatu 6 Elemen

Perubahan panjang saluran pencatu ini bertujuan untuk mendapatkan nilai VSWR dan Return loss minimum. Gambar 3 merupakan grafik frekuensi (sumbu x) versus return loss (sumbu y). Dari grafik tersebut diperoleh nilai return loss sebesar -44,1177 dB pada frekuensi 3,46 GHz. Nilai return loss minimum diperoleh pada panjang saluran pencatu sebesar 20 mm.

Karakterisasi Dimensi Slot Aperture

Gambar 4 memperlihatkan karakterisasi dengan perubahan panjang slot aperture. Perubahan panjang saluran pencatu yang dibuat adalah mulai dari 18,1 mm hingga 20,5 mm dengan kenaikan 0,1 mm. Sedangkan parameter yang tetap adalah dimensi patch (21 x 27,25 mm) dan panjang saluran pencatu (20mm).



Gambar 4.Return Loss dengan Perubahan Panjang Slot Aperture 6 Elemen

Sebelumnya, perubahan panjang pencatu diperoleh return loss minimum pada frekuensi 3,46 GHz. Frekuensi ini tidak sesuai dengan frekuensi kerja antenna yang diinginkan, yaitu 3,35 GHz. Untuk dapat menggeser frekuensi kerja menjadi 3,35 GHz adalah dengan memperbesar panjang slot aperture menjadi 20,3 mm. Gambar 4 merupakan grafik frekuensi

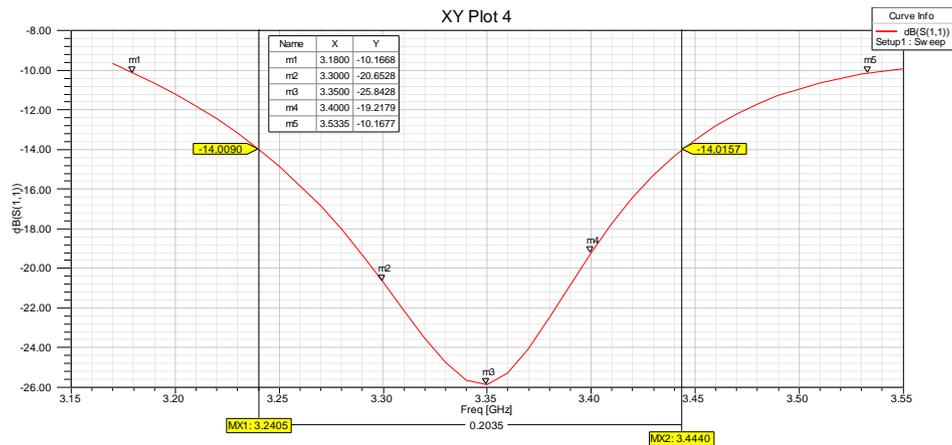
(sumbu x) versus return loss (sumbu y). Dari grafik tersebut diperoleh nilai return loss sebesar -25,8428 dB pada frekuensi 3,35 GHz.

Return loss

Gambar 5 merupakan grafik frekuensi (sumbu x) versus return loss (sumbu y). Dari grafik dapat dilihat bahwa

frekuensi 3,3 GHz memiliki *return loss* sebesar -20,6528 dB dan frekuensi kerja

3,4 GHz memiliki *return loss* sebesar -19,2179 dB.

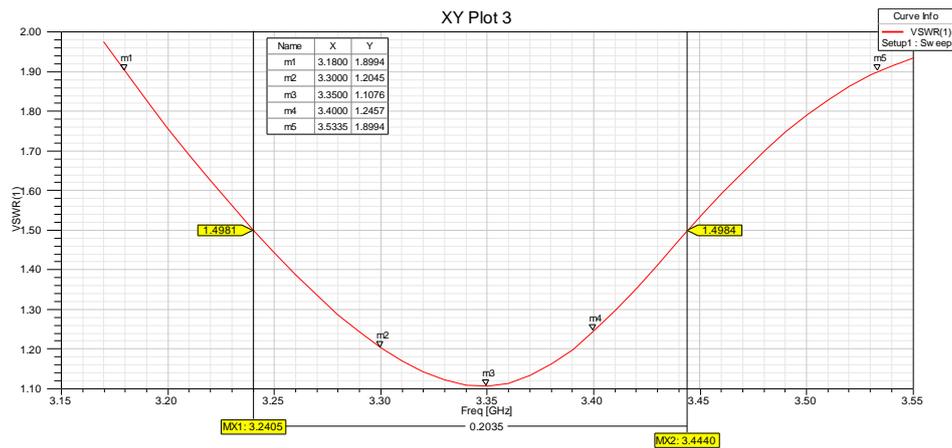


Gambar 5. Grafik *Return Loss* Mikrostrip 6 Elemen

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Gambar6 merupakan grafik frekuensi (sumbu x) versus VSWR (sumbu y). Pada grafik dapat dilihat bahwa antenna

telah memenuhi frekuensi kerja yang diinginkan, yaitu pada frekuensi 3,3-3,4 GHz mempunyai $VSWR \leq 1,9$ yang merupakan frekuensi operasi WiMAX.



Gambar 6. Grafik VSWR Mikrostrip 6 Elemen

Pada Gambar 6 dilihat bahwa nilai VSWR pada frekuensi 3,3 GHz sebesar 1,2045 dan frekuensi 3,4 GHz sebesar 1,2457.

Perancangan antenna mikrostrip 6 elemen dengan teknik pencatutan *Aperture Coupled* memiliki *bandwidth* mencapai 10,53 % pada $VSWR \leq 1,9$.

Adapun *bandwidth* yang dicapai antenna dapat dilihat pada Tabel 2.

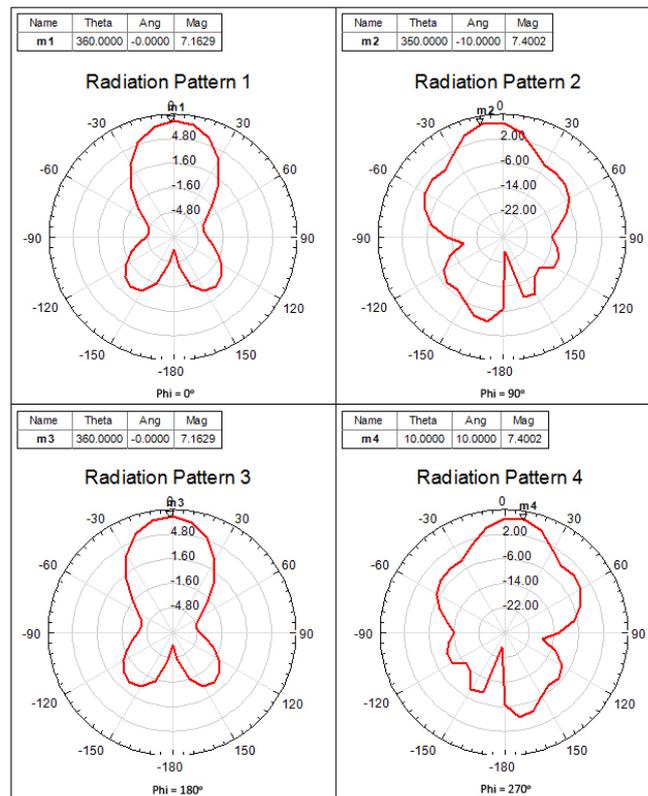
Tabel 2. *Bandwidth* Antena

| VSWR | Frekuensi Atas (GHz) | Frekuensi Bawah (GHz) | Frekuensi Tengah (GHz) | <i>Bandwidth</i> (MHz) | <i>Bandwidth</i> (%) |
|------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| $\leq 1,9$ | 3,18 | 3,5335 | 3,3568 | 353,5 | 10,53 |
| $\leq 1,5$ | 3,2405 | 3,444 | 3,342 | 203,5 | 6,09 |

Bandwidth dengan teknik pencatuan *Aperture coupled* ini lebih besar jika dibandingkan dengan teknik pencatuan *microstrip line* yang hanya mencapai 2-5 % saja.

Pola Radiasi

Pola radiasi yang didapat dari desain antenna dapat dilihat pada Gambar 7. Pola radiasi yang didapat adalah bentuk pola *directional*, yaitu fokus pada satu arah tertentu.

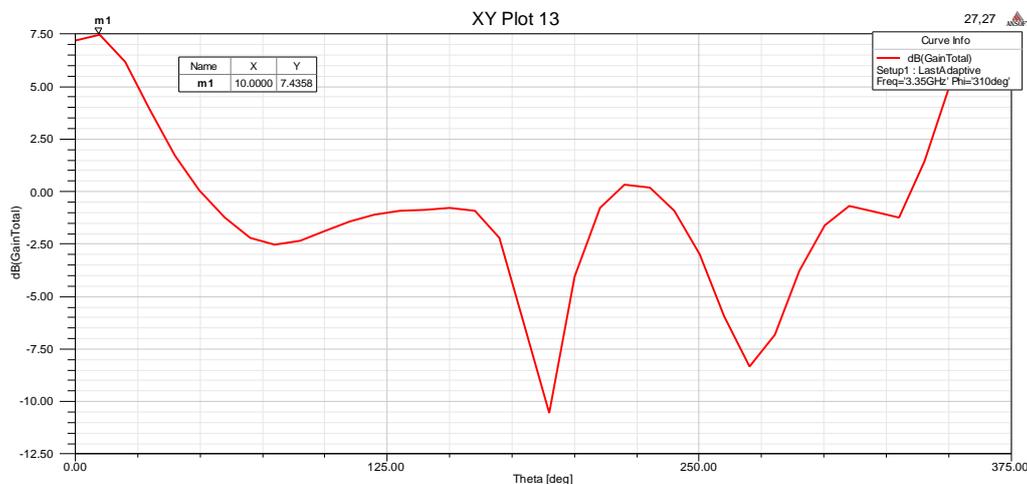


Gambar 7. Pola Radiasi Mikrostrip 6 Elemen

Gain

Gambar 8 memperlihatkan bahwa *gain* dari antenna mencapai 7,4358 dBi.

Gain ini sudah mencapai sesuai spesifikasi yang diinginkan, yaitu $gain \geq 6$ dBi.



Gambar 8. Gain Mikrostrip 6 Elemen

VIII. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil simulasi dari rancangan antenna mikrostrip *patch* persegi panjang *planar array* 6 elemen dengan teknik pencatuan *aperture coupled* mampu beroperasi pada frekuensi 3,3-3,4GHz. Antena ini memiliki *bandwidth* sebesar 353,5MHz(10,53%) pada $VSWR \leq 1,9$ dan 203.5MHz(6,09%) pada $VSWR \leq 1,5$ dan memiliki pola radiasi *directional* dengan *gain* sebesar 7,4358 dBi.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan karakterisasi antenna mikrostrip yang lebih bervariasi sehingga didapatkan hasil yang lebih baik lagi dan melakukan fabrikasi antenna yang telah disimulasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Daryanto.2011. Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO 2x2 Elemen Peradiasi Segitiga untuk Aplikasi WiMAX. Skripsi Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik. Jakarta: Universitas Indonesia (UI)
- Jindal, G. dan Grover, V.2013.*Voice and Video over the WiMAX.International Journal for Computer Application and Research (IJCAR)*.1:18-25.
- Keputusan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 05/KEP/M.KOMINFO/01/2009 Tentang Penetapan Blok Pita Frekuensi Radio dan Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*) Pada Pita Frekuensi Radio 3.3 GHz untuk Pengguna Pita Frekuensi Radio Eksisting untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*). Available at:<http://publikasi.kominfo.go.id/handle/54323613/61>. [17 Oktober 2013]
- Pramono, Sigit. 2011. Rancang Bangun *Linear Tapered Slot* Antena dengan Pencatuan *Microstrip Line* untuk Aplikasi WRAN 802.22. *Tesis Program Pasca Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik* Jakarta: Universitas Indonesia (UI)
- Rahmadyanto, Heri. 2009. Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Slot Triangular Array* 8 Elemen dengan Pencatuan *Microstrip Feed Line* Secara Tidak Langsung untuk Aplikasi CPE Wimax. Skripsi Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik. Jakarta: Universitas Indonesia (UI)
- Rambe, Ali Hanafiah.2008. Rancang Bangun Antena Mikrostrip Segiempat untuk Aplikasi CPE WiMAX.*Tesis Program Pasca Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik*.Jakarta: Universitas Indonesia (UI)
- Wijaya.2009.Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Rectangular Array* 8 Elemen dengan Pencatuan *Electromagnetically Coupled* untuk Aplikasi Wimax. *Skripsi Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI)

