

KONSTRUKSI PROTOTYPE NANOSATELLITE PADA FREKUENSI ISM BAND 2,4 GHZ UNTUK APLIKASI TELEMETRI SUHU

Bayu Topalaguna¹, Zakiy Ubaid², Ir.H.Syafruddin Syarief,MT³, Dr. Elyas Palantei,ST, M. Eng⁴

1,2 Mahasiswa S1 Teknik Telekomunikasi dan Informasi, Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

3,4 Dosen Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Abstrak

Pada tugas akhir ini telah dirancang *prototype nanosatellite* yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz yang diaplikasikan sebagai telemetri suhu. Perancangan *prototype nanosatellite* meliputi perancangan antena dari satelit yang menggunakan 2 buah *microstrip lung antenna*, pembuatan *divider/combiner* 2:1, perancangan perangkat *transmitter* serta kelistrikkannya, dan pembuatan *casing* atau *box* dari *prototype*.

Dari hasil pengukuran *divider/combiner* diperoleh nilai S_{11} sebesar -13,4391 dB, nilai S_{22} sebesar -12,5604 dB dan nilai S_{33} sebesar -11,2608 dB. Dari hasil pengukuran *microstrip lung antenna* 1 pada frekuensi 2,42 GHz diperoleh S_{11} sebesar -12,52 dB, VSWR sebesar 1,6229 dengan *bandwidth* sebesar 43 MHz sedangkan hasil pengukuran *microstrip lung antenna* 2 pada frekuensi 2,42 GHz diperoleh S_{11} sebesar -11 dB, VSWR sebesar 1,6750 dengan *bandwidth* sebesar 53 MHz.

Pengukuran kinerja *prototype nanosatellite* dilakukan dalam dua kondisi. Yang pertama dalam kondisi LOS (*Line of Sight*), dimana jarak terjauh *receiver* dapat menerima pembacaan telemetri suhu dari *prototype nanosatellite* adalah 30,2 m. Yang kedua dalam kondisi NLOS dimana terdapat penghalang berupa pohon, jarak terjauh *receiver* dapat menerima pembacaan telemetri suhu dari *prototype nanosatellite* sejauh 25,24 m.

Keyword: *Prototype, Nanosatellite, Microstrip Lung Antenna, Divider/combiner, ADS, HFSS, S_{11} , VSWR, Pola radiasi*

I. PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Satelit adalah benda yang mengorbit benda lain dengan periode revolusi dan rotasi tertentu. Ada dua jenis satelit yakni [satelit alam](#) dan satelit buatan. Ruas bumi terdiri dari beberapa stasiun bumi yang berfungsi sebagai stasiun bumi pengirim dan stasiun bumi penerima, sedangkan ruas angkasa berupa satelit yang menerima sinyal yang dipancarkan dari stasiun bumi pengirim, kemudian memperkuatnya dan mengirimkan sinyal tersebut ke stasiun bumi penerima.

I.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang dijadikan objek penelitian dan pengembangan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan dan mendesain antena yang karakteristiknya sesuai dengan kebutuhan nano satelit yang dapat bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dengan menggunakan *software High Frequency Structure Simulator v13* (HFSS v13).
2. Bagaimana mendapatkan karakteristik antena berupa parameter S (*return loss*), VSWR, dan pola radiasi.
3. Bagaimana mengimplementasikan desain antena kedalam *prototype* fisik.

4. Bagaimana mengimplementasikan *prototype* antena yang telah dibuat kedalam rangkaian pemancar penerima pada *prototype nanosatellite*.
5. Bagaimana hasil pengujian kerja *prototype nanosatellite* yang telah dibuat.

I.3. Batasan Masalah

Untuk kemudahan dan lebih terperinci pembahasan penulisan, permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini dibatasi pada :

1. Menentukan dan merancang desain antena yang digunakan yaitu *microstrip lung antenna* yang bekerja pada frekuensi 2.4 GHz, sesuai dengan karakteristik antena yang diinginkan dengan menggunakan *software High Frequency Structure Simulator v13*.
2. Karakteristik antena yang ingin diperoleh berupa parameter S (*return loss*), VSWR, dan pola radiasi.
3. Desain mengacu pada bahan yang tersedia untuk membuat *prototype* antena yaitu PCB (*Printed Circuit Board*) *double layer* dengan ketebalan 1,6 mm.
4. Membuat *divider/combiner* sesuai dengan karakteristik yang akan digunakan
5. Membuat box serta rangkaian pemancar penerima dari *nanosatellite*.
6. Membuat rangkaian transceiver dengan menggunakan modul *Xbee Wireless* 2,4 GHz

7. Membuat rangkaian mikro yang berfungsi sebagai telemetri suhu.
8. Mengintegrasikan antena, *divider/combiner*, rangkaian mikro, dan rangkaian *transmitter* menjadi *prototype nanosatellite*.
9. Melakukan pengujian langsung dan menganalisis kinerja dari *prototype nanosatellite* berdasarkan jarak jangkauan.

I.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat *prototype nanosatellite* yang bekerja pada frekuensi *ISM band 2,4 GHz* untuk aplikasi telemetri suhu.

I.5. Metodologi Penelitian

I.5.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Oktober 2011 sampai bulan Juni 2012 pada Laboratorium Telematika Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

I.5.2 Objek Penelitian

Objek penelitian ini pada tugas akhir ini secara umum adalah *prototype nanosatellite* yang bekerja pada frekuensi *ISM band 2,4 GHz*. Secara khusus, pada tugas akhir ini dikaji konsep desain dan fabrikasi *microstrip lung antenna*, *divider/combiner*, dan pembuatan rangkaian mikrokontroler sebagai telemetri suhu.

I.5.3 Metode Penelitian

Metode Penelitian dalam Tugas Akhir ini mencakup hal-hal sebagai berikut :

1. Melakukan studi pustaka mengenai teori komunikasi nano satelit, karakteristik *microstrip lung antenna*, fungsi *divider/combiner* dan teori mikrokontroler dari beberapa buku, jurnal, dan *paper* ilmiah yang diperoleh dari internet.
2. Melakukan perancangan/desain *microstrip lung antenna* dengan memperhatikan parameter-parameter penting dalam mendesain antena tersebut dengan software Ansoft *High Frequency Structural Simulator* (HFSS) v.13
3. Mensimulasikan perancangan desain *microstrip lung antenna* dengan menggunakan software Ansoft *High Frequency Structural Simulator* (HFSS) v.13 untuk mendapatkan parameter *S (return loss)*, *VSWR*, pola radiasi yang diinginkan.
4. Membuat *prototype* hasil perancangan desain *microstrip lung antenna*.
5. Membuat rangkaian pemancar penerima pada *prototype nanosatellite*.
6. Mengintegrasikan *prototype* antena dan rangkaian pemancar penerima menjadi *prototype nanosatellite*.

7. Melakukan pengujian *prototype nanosatellite* yang telah dibuat kemudian membuat laporan akhir.

I.6. Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini disusun dengan menggunakan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Merupakan bab yang membahas tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Merupakan bab yang membahas tentang teori komunikasi nano satelit, teori antena *microstrip* dan parameternya.

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA ARRAY

Merupakan bab yang membahas tentang perancangan antena *lung microstrip*, perancangan pemancar-penerima dan pembuatan konstruksi nano satelit.

BAB IV UNJUK KERJA ANTENA LUNGS MICROSTRIP ARRAY

Merupakan bab yang membahas tentang analisis dan pembahasan mengenai karakteristik *prototype* antena dan analisis tentang kinerja dari *prototype nanosatellite* pada frekuensi 2,4 GHz.

BAB V PENUTUP

Merupakan bab yang berisi tentang kesimpulan dari uraian keseluruhan isi bab dan saran-saran yang perlu dilanjutkan untuk kegiatan yang akan datang.

II. LANDASAN TEORI

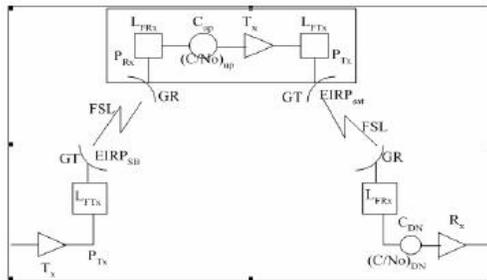
II.1 UMUM

Pada bab ini dibahas tentang teori dasar tentang satelit, antena, dan module *XBee*. Penjelasan tentang satelit mencakup tentang definisi satelit dan jenis-jenisnya, komunikasi satelit, dan parameter-parameter *link* komunikasi satelit. Adapun penjelasan parameter *link* komunikasi satelit mencakup tentang penguatan antena, *EIRP*, redaman ruang bebas, kerapatan fluks daya, daya sinyal pembawa, daya derau, kualitas sinyal total, *Bit Error Rate*, dan waktu tunda. Penjelasan tentang antena mencakup definisi umum antena dan parameter-parameter antena seperti pola radiasi, intensitas radiasi, lebar *beam (beamwidth)*, keterarahan (*directivity*), penguatan (*gain*), lebar pita (*bandwidth*), polarisasi, dan impedansi *input*. Parameter lain yang turut menentukan keberhasilan unjuk kerja antena yaitu *Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)*, dan koefisien refleksi (S_{11}). Selain itu dijelaskan juga tentang antena *Microstrip*, baik itu berupa karakteristiknya serta teknik *feeding*nya. Di bab ini

juga dibahas tentang modul *Xbee* yang merupakan komponen penting yang digunakan dalam pembuatan prototype ini

II.2 KOMUNIKASI SATELIT

Parameter *link* sistem komunikasi satelit terdiri dari penguatan antena, EIRP, redaman ruang bebas, kerapatan fluks daya, daya sinyal pembawa dan derau. Dengan parameter ini, persyaratan teknik yang harus dipenuhi oleh sistem dapat ditentukan, yang pada akhirnya dapat diperoleh rancangan sistem dengan kualitas sinyal sesuai dengan yang diharapkan. Parameter yang diperlukan dalam perhitungan *link* dapat dilihat dari gambar dibawah ini :



Gambar II.1 Parameter *link* komunikasi satelit

II.3 ANTENA

Untuk menggambarkan unjuk kerja suatu antena, sangat penting untuk memahami parameter-parameter antena. Beberapa parameter saling berhubungan dan tidak semua perlu ditentukan untuk gambaran keseluruhan dari kinerja antena. Jenis parameter-parameter antena menurut IEEE *Standard Definition of Terms for Antennas*, yaitu pola radiasi, intensitas radiasi, lebar *beam* (*beamwidth*), keterarahan (*directivity*), penguatan (*gain*), lebar pita (*bandwidth*), polarisasi, dan impedansi *input* [3]. Parameter lain yang turut menentukan keberhasilan unjuk kerja antena yaitu *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), dan koefisien refleksi (S_{11}).

II.4 XBEE PRO RF MODULE

XBEE PRO RF Module merupakan modul radio frekuensi yang beroperasi pada frekuensi 2.4 GHz. Sesuai datasheet, modul ini dapat melakukan pengiriman data dan memerlukan tegangan catu 2.8 V hingga 3.4 V. Saat mengirim data, modul ini akan membebani dengan arus 270 mA, dan pada saat penerimaan data, modul ini akan membebani dengan arus 55 mA. Pada *XBEE PRO RF* Module terdapat 20 pin, namun yang sering digunakan sebanyak 6 pin, yaitu VCC dan GND untuk tegangan catu, DOUT merupakan pin transmit (Tx), DIN merupakan pin receive (Rx), RESET merupakan pin

reset *XBee Pro* dan yang terakhir adalah PWM/RSSI merupakan indicator bahwa ada penerimaan data. [22]

Pada gambar dibawah ditunjukkan bentuk fisik dari *XBee Pro*



Gambar II.2. *XBee Pro* [22]

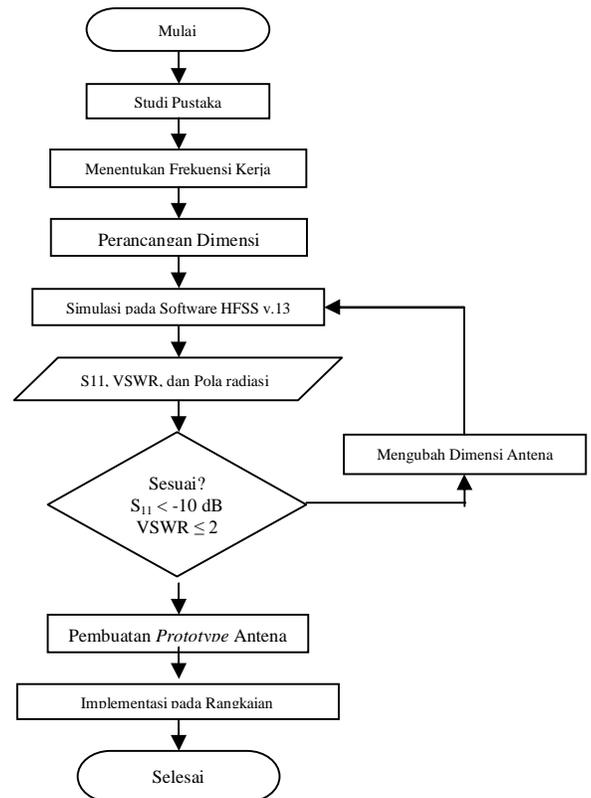
II.5 MIKROKONTROLLER AVR

Mikrokontroler AVR (Alf and Vegardm's Risc Processor) memiliki arsitektur RISC (Reduced Instruction Set Computing) 8 bit. Dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bit word) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus *clock*, berbeda dengan instruksi MCS51 yang membutuhkan 12 siklus *clock*. Tentu saja itu terjadi karena kedua jenis Mikrokontroler tersebut memiliki arsitektur yang berbeda. AVR berteknologi RISC, sedangkan seri MCS51 berteknologi CISC (Complex Instruction Set Computing).

III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN *PROTOTYPE NANOSATELLITE*

III.1 PEMBUATAN ANTENA

Secara umum, alur diagram *research framework* perancangan antena *microstrip lung antenna* diilustrasikan pada Gambar III.1



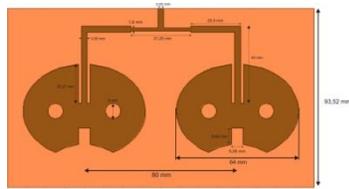
Gambar II.3. Flowchart antenna *microstrip lung antenna*

III.1.1 Penentuan Spesifikasi dan Dimensi Desain *Microstrip Lung Antenna*

Parameter penting dalam merancang *lung microstrip antenna* adalah sebagai berikut :

1. Frekuensi operasi (f_0) : Frekuensi operasi yaitu 2.4 GHz.
2. Permittivitas relatif (ϵ_r) : Bahan dielektrik yang adalah FR4-Epoxy dengan ϵ_r sebesar 4,4. Sedangkan untuk *patch* dan *groundplane* menggunakan *Perfect Electric Conductor* (PEC) dengan $\epsilon_r = 1$.
3. Tebal *substrat* dielektrik (h) : Bahan yang digunakan memiliki ketebalan 1,6 mm.
4. Impedansi : Impedansi yang digunakan dalam perancangan *lung microstrip antenna* ini sebesar 50 ohm.
5. Dimensi *patch* (W, L) : *Patch* dibentuk dari beberapa *patch* yang di-*unite* dan di-*subtract*. Kemudian dilakukan langkah modifikasi untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Hasil perancangan *lungs antenna* berdasarkan data – data yang tersedia yang dimodelkan ke dalam *software* HFSS adalah sebagai berikut.



Gambar III.1 *Microstrip Lung Antenna* 2,4 GHz

III.2 PEMBUATAN DIVIDER/COMBINER

Divider/combiner yang dirancang berbentuk *circular combiner* dengan dengan lebar jalur yang berbeda dimana jalur 1 dengan impedansi Z_0 dan jalur 2 dengan impedansi $Z_0\sqrt{2}$. Dimana pada perancangan ini di gunakan $Z_0 = 50 \Omega$ maka :

$$\text{Jalur 1} = Z_0 = 50 \Omega$$

$$\text{Jalur 2} = Z_0\sqrt{2} = 70,7 \Omega$$

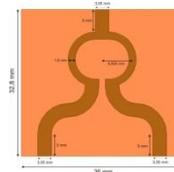
Untuk penentuan lebar dan panjang jalur digunakan *software microstrip calculator*. Dengan impedansi 50Ω dan $70,7 \Omega$ serta dengan menggunakan acuan bentuk *combiner/divider* yang dibuat pada penelitian sebelumnya [26]. Dengan menggunakan *microstrip calculator* dihasilkan spesifikasi panjang dan lebar *line* seperti terlihat pada Tabel

Tabel III.1 Dimensi *divider/combiner* 2,4 GHz

Frekuensi Kerja (GHz)	Dimensi		
	Impedansi (Ω)	Lebar (mm)	Panjang (mm)
2,4	50	3,05	5
	70,7	1,6	33,28

Untuk perancangan secara simulasi digunakan aplikasi *microstrip calculator* untuk menentukan panjang dan lebar dari saluran *microstrip* dengan impedansi tertentu. Kemudian untuk mendapatkan bentuk *layout* digunakan *software* Agilent *Advanced Design System* 2011.01 dengan memasukkan nilai panjang dan lebar yang didapatkan pada *microstrip calculator*.

Adapun gambar *layout* dari *divider/combiner* adalah sebagai berikut



Gambar III.2 Gambar *divider/combiner* 2:1

III.3 PEMBUATAN PERANGKAT TRANSMITTER

Prototype nanosatellite ini dirancang agar berfungsi sebagai telemetri suhu, dimana *prototype* ini dapat memantau perubahan temperatur lalu mengirimkannya ke *ground base*. Agar *prototype* ini dapat berfungsi sebagaimana yang diharapkan, maka perangkat *transmitter* ini dibagi ke dalam beberapa rangkaian yaitu rangkaian *power supply*, rangkaian mikrokontroler, dan rangkaian pemancar.

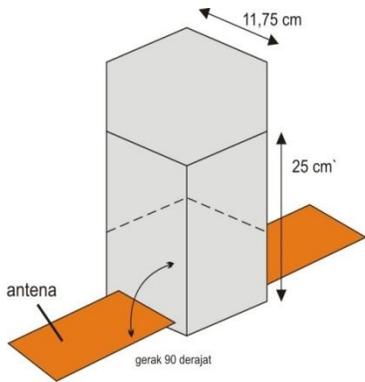
III.4 PEMBUATAN RANGKA DAN BOX SATELIT

Dalam pembuatan rangka dan box satelit kami menggunakan jenis bahan aluminium. Pemilihan bahan yang kami gunakan ini merupakan referensi dari beberapa jurnal ilmiah, serta kemudahan dalam mendapatkan bahan tersebut. Dimana ukuran dimensi *box* satelit dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel III.1 Ukuran Dimensi *Box* Satelit

Dimensi	Ukuran (cm)
Diameter	22,5
Tinggi	25
Sisi segi enam	11,75

Adapun model dari *prototype nanosatellite* yang dibuat seperti pada gambar berikut.



Gambar III.3 Rancangan *prototype nanosatellite*

Seperti pada gambar III.3, terdapat dua buah *microstrip lung antenna* yang dapat bergerak membuka dan menutup sebesar 90 derajat. Agar dapat membuka dan menutup maka dipasangkan rangkaian penggerak antenna yang terdiri dari 2 buah motor servo sebagai alat penggerak antenna tersebut.

Hasil akhir dari perancangan *prototype nanosatellite* setelah membuat rangka dan *box* serta memasang semua komponen yang terdapat didalamnya dilihat pada gambar III.4



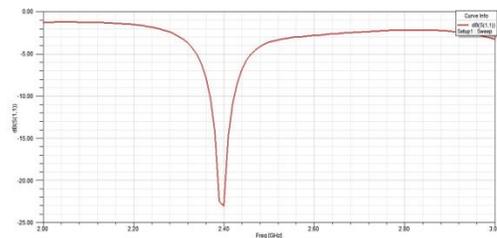
Gambar III.4 Hasil akhir perancangan *prototype nanosatellite*

Gambar III.4 menunjukkan hasil akhir perancangan dari *prototype nanosatellite*. Dimana kedua antenna telah terpasang di kedua sisinya. Antena tersebut dapat bergerak terbuka dan tertutup sebesar 90 derajat.

IV PENGUJIAN DAN EVALUASI KINERJA *PROTOTYPE*

IV.1.1 Simulasi *Microstrip Lung Antenna* 2,4 GHz

IV.1.1.1 Koefisien Refleksi (S_{11})



Gambar III.5 S_{11} perancangan *microstrip lung antenna* 2,4 GHz

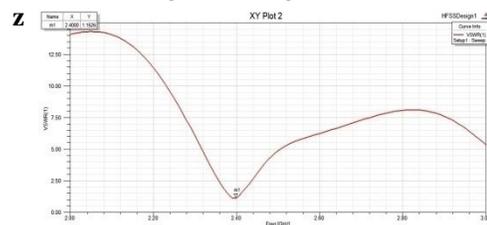
Pada gambar diatas didapatkan *return loss* sebesar -22,9905 dB dan pita frekuensi dari 2.37 hingga 2.423GHz. Dengan acuan -10 dB, dapat diperoleh lebar pita

$$BW = f_U - f_L = (2423 - 2370) \text{ MHz} = 53 \text{ MHz}$$

maka *microstrip lung antenna* dikategorikan sebagai antenna *narrowband* dengan

$$BW_{\text{narrowband}} = \left[\frac{53}{\sqrt{2423 \times 2370}} \right] \times 100\% = 2,21\%$$

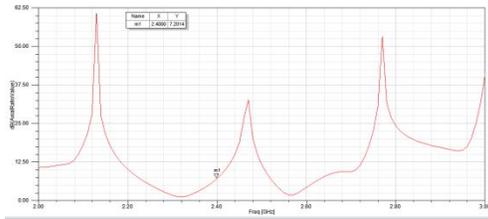
IV.1.1.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)



Gambar III.6 VSWR perancangan *microstrip lung antenna* 2,4 GHz

VSWR yang diperlihatkan pada Gambar diatas telah memberikan nilai ideal ($VSWR \leq 2 \text{ dB}$) yakni sebesar 1,15.

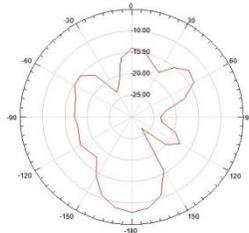
IV.1.1.3 Axial Ratio



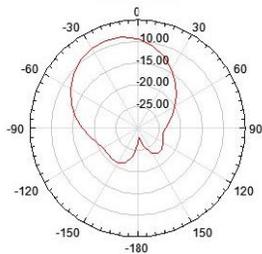
Gambar III.7 Axial Ratio microstrip lung antenna 2,4 GHz

Seperti yang terlihat pada gambar diatas, dimana pada simulasi didapatkan nilai dari *axial ratio* sebesar 7,204.

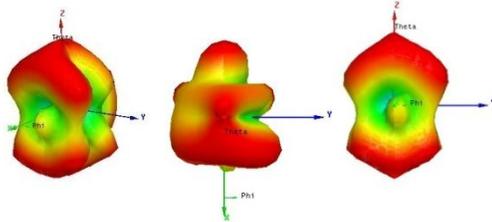
IV.1.1.4 Pola Radiasi



Gambar IV.1 Elevation pattern Microstrip lung antenna 2,4 GHz



Gambar IV.2 Azimuthal pattern Microstrip lung antenna 2,4 GHz

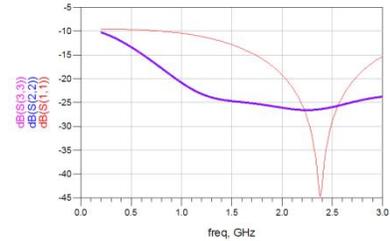


Gambar IV.3 Pola radiasi tiga dimensi untuk lungs antenna 2,4 GHz

- (a) tampak 3D
- (b) tampak atas
- (c) tampak samping

IV.1.2 Simulasi divider/ combiner 2:1

IV.1.2.1 Koefisien Refleksi



Gambar IV.4 Koefisien refleksi combiner 2 : 1

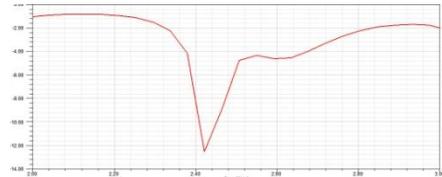
Dari gambar di atas dapat dilihat nilai koefisien refleksi untuk S_{11} , S_{22} , dan S_{33} dibawah -10 dB, dimana nilai dari S_{22} dan S_{33} sama, sehingga pada gambar terlihat saling berimpitan.

IV.2 HASIL DAN ANALISIS PENGUKURAN

IV.2.1 Pengukuran Microstrip Lung Antenna 2.4 GHz

IV.2.1.1 Koefisien Refleksi (S_{11})

Hasil pengukuran *microstrip lung antenna* pada antenna 1



Gambar IV.5 S_{11} pengukuran *microstrip lung antenna* pada antenna 1

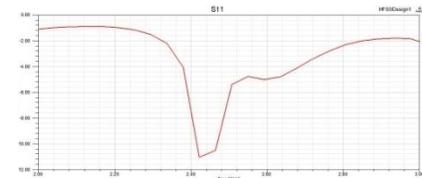
Pada gambar diatas didapatkan *return loss* sebesar -12,52 dB dan pita frekuensi dari 2.409 hingga 2.452 GHz. Dengan acuan -10 dB, dapat diperoleh lebar pita.

$$BW = f_H - f_L = (2452 - 2409) \text{ MHz} = 43 \text{ MHz}$$

maka *microstrip lung antenna* dikategorikan sebagai antenna *narrowband* dengan

$$BW_{\text{narrowband}} = \left[\frac{43}{\sqrt{2452 \times 2409}} \right] \times 100\% = 1,769\%$$

Hasil pengukuran *microstrip lung antenna* pada antenna 2



Gambar IV.6 S_{11} pengukuran *microstrip lung antenna* pada antenna 2

Pada gambar diatas didapatkan *return loss* sebesar -12,52 dB dan pita frekuensi dari 2.409 hingga 2.452

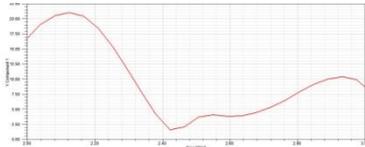
GHz. Dengan acuan -10 dB, dapat diperoleh lebar pita.

$BW = f_H - f_L = (2469 - 2416) \text{ MHz} = 53 \text{ MHz}$
 maka *microstrip lung antenna* dikategorikan sebagai antenna *narrowband* dengan

$$BW_{\text{narrowband}} = \left[\frac{53}{\sqrt{2469 \times 2416}} \right] \times 100\% = 2.17\%$$

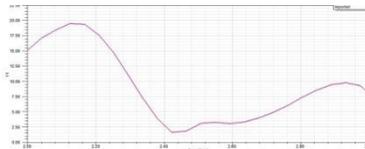
IV.2.1.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Hasil pengukuran *microstrip lung antenna* pada antenna 1



Gambar IV.7 VSWR pengukuran *microstrip lung antenna* pada antenna 1

Hasil pengukuran VSWR pada antenna 1 telah diperoleh hasil 1,6229

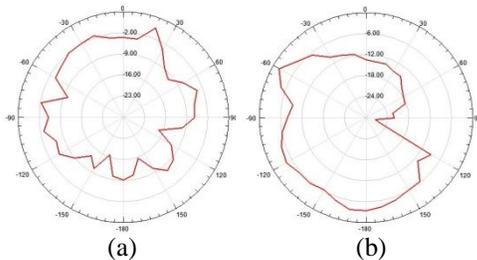


Gambar IV.8 VSWR pengukuran *microstrip lung antenna* pada antenna 2

Hasil pengukuran VSWR pada antenna 1 telah diperoleh hasil 1,6750

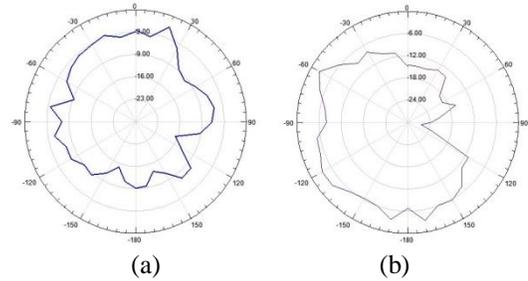
IV.2.1.3 Pola Radiasi

Adapun pola radiasi dari *microstrip lung antenna* pada antenna 1 adalah sebagai berikut



Gambar IV.9 Pola radiasi pengukuran *microstrip lung antenna* pada antenna 1
 (a) Azimuthal (b) Elevasi

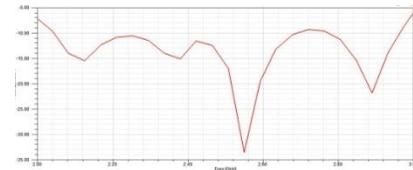
Sedangkan pola radiasi dari *microstrip lung antenna* pada antenna 2 adalah sebagai berikut



Gambar IV.10 Pola radiasi pengukuran *microstrip lung antenna* pada antenna 2
 (a) Azimuthal (b) Elevasi

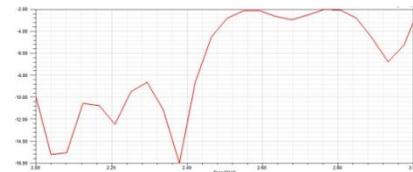
IV.2.2 Pengukuran Divider/ Combiner 2:1

IV.2.1.2 Koefisien Refleksi (S₁₁)



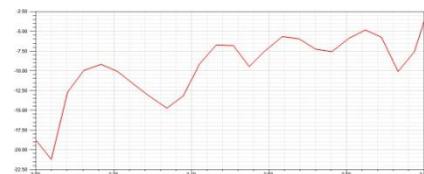
Gambar IV.11 S₁₁ pengukuran *divider/combiner* 2:1

Dari hasil pengukuran dengan menggunakan *Virtual Network Analyzer* 5017C didapatkan hasil nilai koefisien refleksi S₁₁ dari *divider/combiner* 2:1 adalah sebesar -13,4391 dB.



Gambar IV.12 S₂₂ pengukuran *divider/combiner* 2:1

Dari hasil pengukuran dengan menggunakan *Virtual Network Analyzer* 5017C didapatkan hasil nilai koefisien refleksi S₁₁ dari *divider/combiner* 2:1 adalah sebesar -12,5604 dB.

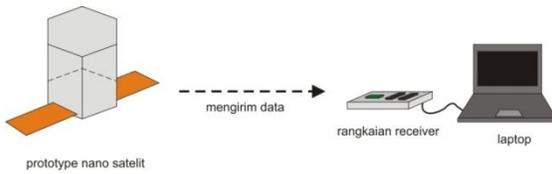


Gambar IV.13 S₃₃ pengukuran *divider/combiner* 2:1

Dari hasil pengukuran dengan menggunakan *Virtual Network Analyzer 5017C* didapatkan hasil nilai koefisien refleksi S_{11} dari *divider/combiner 2:1* adalah sebesar -11,2608 dB.

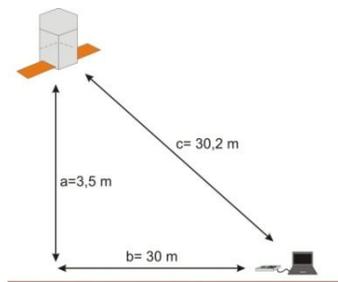
IV.3 Hasil Pengukuran Kinerja *Prototype Nanosatellite*

Pada pengukuran ini digunakan perangkat *prototype nanosatellite* sebagai *transmitter* yang melakukan penginderaan suhu dimana hasil dari pengukuran suhu tersebut dikirimkan dan diterima oleh rangkaian *receiver* yang seterusnya dihubungkan dengan komputer.



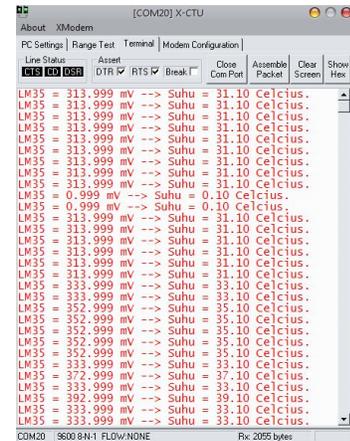
Gambar IV.14 Skema pengiriman hasil pembacaan suhu *prototype nanosatellite*

Pengukuran *prototype nanosatellite* dilakukan di Reguler Sore Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Pengukuran kinerja *prototype nanosatellite* ini dilakukan dengan dua kondisi yang berbeda. Yang pertama yaitu kondisi LOS (*Line of Sight*) dimana *prototype nanosatellite* memancarkan hasil pengukuran suhu ke *receiver*. Dengan ketinggian *transmitter* dari permukaan tanah 3,5 meter serta jarak terjauh *receiver* di permukaan tanah sekitar 30 meter. Dengan menggunakan rumus *pythagoras* $a^2 + b^2 = c^2$ maka didapatkan jarak terjauh *receiver* dapat menerima pembacaan telemetri suhu dari *prototype nanosatellite* adalah sejauh 30,2 meter seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



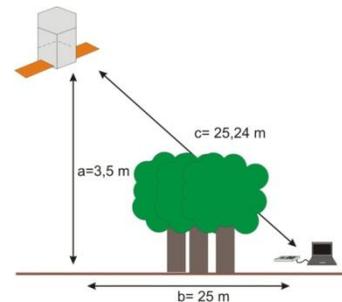
Gambar IV.15 Pengukuran kinerja *prototype nanosatellite* kondisi LOS

Dari hasil pengukuran kinerja *prototype nanosatellite* tersebut dapat dilihat hasil pengukuran suhu yang terbaca di komputer setelah diterima oleh *receiver* seperti pada gambar berikut



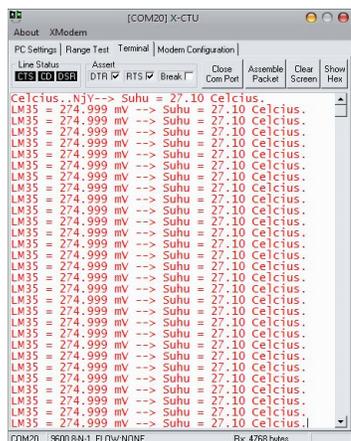
Gambar IV.16 Hasil pengukuran suhu pada kondisi LOS

Yang kedua yaitu kondisi NLOS dengan terdapatnya penghalang berupa pohon. Dengan ketinggian *transmitter* dari permukaan tanah 3,5 meter serta jarak terjauh *receiver* di permukaan tanah sekitar 25 meter. Dengan menggunakan rumus *pythagoras* $a^2 + b^2 = c^2$ maka hasil pengukuran suhu ke *receiver* dengan jarak terjauh 25,24 meter seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar IV.17 Pengukuran kinerja *prototype nanosatellite* kondisi NLOS

Adapun hasil pengukuran suhu yang terbaca di komputer pada saat kondisi NLOS dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar IV.18 Hasil pengukuran suhu pada kondisi LOS

V PENUTUP

V.1 KESIMPULAN

Setelah melakukan desain dan pembuatan *prototype nanosatellite* diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada Tugas Akhir telah dirancang dan diimplementasikan *prototype nanosatellite* yang terdiri dari 4 unit utama, yaitu antena, *body*, *transmitter*, dan mekanik.
2. Untuk mendapatkan jarak yang maksimal dalam pengiriman data dari *prototype* keperangkat *receiver* maka dibutuhkan daya pancar yang besar dari *prototype*.
3. Antena yang dibuat adalah *microstrip lung antenna* sebanyak 2 buah dimana pada antena yang pertama bekerja pada frekuensi 2,409-2,452 GHz dengan nilai VSWR $\leq 1,6229$ dan nilai S_{11} sebesar -12,52 dB dan antena yang kedua bekerja pada frekuensi 2,416-2,469 GHz. dengan nilai VSWR $\leq 1,6750$ dan nilai S_{11} sebesar -11 dB.
4. *Divider/combiner* 2:1 yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dengan nilai S_{11} sebesar -13,4391 dB dan nilai S_{22} sebesar -12,5604 dB serta nilai S_{33} sebesar -11,2608 dB.
5. Sistem *transmitter* terdiri dari rangkaian mikrokontroler yang dihubungkan ke *Xbee* yang selanjutnya mengirimkan data secara nirkabel melalui komunikasi serial.
6. Pada perancangan dan pembuatan *prototype* antena dan *divider/combiner* 2:1 diperoleh hasil simulasi desain dan hasil pengukuran *prototype* yang memiliki kemiripan meskipun terdapat sedikit perbedaan yang diakibatkan oleh beberapa hal. Antara lain tidak presisinya ukuran dimensi antara desain dengan hasil pembuatan

dan pengukuran antena yang dilakukan diruang bebas bukan pada *anechoic chamber*.

7. Pengukuran kinerja *prototype nanosatellite* dilakukan dalam dua kondisi. Yang pertama dalam kondisi LOS (*Line of Sight*), dimana jarak terjauh *receiver* dapat menerima pembacaan telemetri suhu dari *prototype nanosatellite* adalah 30,2 m. Yang kedua dalam kondisi NLOS dimana terdapat penghalang berupa pohon, jarak terjauh *receiver* dapat menerima pembacaan telemetri suhu dari *prototype nanosatellite* sejauh 25,24 m

V.2 SARAN

1. Agar pembuatan *prototype nanosatellite* lebih optimal, maka perlunya di buat beberapa kelompok dimana setiap kelompok tersebut menangani satu bagian dari pembuatan *prototype nanosatellite* tersebut.
2. Untuk pengembangan kedepannya *solar cell* dapat digunakan sebagai suplai daya.
3. Pada *nanosatellite* ini dapat pula tambahkan sensor lain selain sensor suhu.
4. Penambahan sensor ketinggian pada *prototype* yang berfungsi sebagai indikator pada antena agar dapat membuka dan menutup otomatis pada ketinggian tertentu.
5. Penggunaan frekuensi yang lebih tinggi dari 2,4 GHz sebagai frekuensi kerja dari *prototype nanosatellite*.
6. Pengembangan lebih lanjut, *nanosatellite* ini dapat pula difungsikan sebagai mini BTS yang penempatannya dapat disesuaikan dengan kondisi lingkungan sekitar.
7. Pembacaan hasil penginderaan sensor pada *prototype* kedepannya dapat dikoneksikan ke beberapa media informasi digital seperti *digital board*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pratt, Timothy, Charles W, Bostian, Jeremi E. Allnutt. 2003. *Satellite Communication*. United States of America. John Wiley and Sons.
- [2] Mahmud, Rahmat, 2000. *Sistem Komunikasi Satelit*. Telkom Training Center, Divisi Long Distance, Indonesia.
- [3] Balanis, Cosntantine A. 2005. *Antenna Theory – Analisis and Design*, Third Edition. New jersey : John Wiley and Sons.
- [4] Diyah P.A, Roose. 2007. “*Rancang Bangun Antena Yagi Uda Berbasis Algoritma Genetika dan Implementasinya Pada Wireless LAN 2.4 GHz*”. Surabaya : Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.

- [5] Paramita, Rizqi. 2008. “*Desain dan Implementasi Antena Horn Piramidal untuk Link Line Of Sight Wireless LAN 2,4 GHz*”. Surabaya : Politeknik Negeri Elektronika Surabaya Institut Teknologi Sepuluh November.
- [6] Bin Razin, Zulhani. 2007. “*Performance Study of Proximity Coupled Staked Configuration For Wideband Microstrip Antenna*”. Malaysia: Universiti Teknologi Malaysia.
- [7] Suryono, Dian R.S. dan Buwarda Sukriyah 2009. “*Perancangan Microstrip Antenna Untuk Aplikasi Base Station Dan Mobile Station Pada Sistem WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)*”. Makassar : Universitas Hasanuddin.
- [8] Andrew Corporation. “*Application/Engineering Notes*”. www.andrew.com, Balanis, C.A. “*Antenna Theory : Analysis and Design*”. New York. NY: Willey, 1982
- Schrank, H. 1993. “*IEEE Antenna and Propagation Magazine*”. 35;5, 50-1
- [9] D.R. Lide, Ed. CRC Handbook of Chemistry and Physics, 85th Ed. CRC Press. Boca Raton. 2004. halaman 8-141
- [10] J.R. Aguilar, M. Beadle, P.T. Thompson and M.W. Shelley. The Microwave And Rf Characteristics of Fr4 Substrates.
- [11] Deschamps, G. A., “*Microstrip Microwave Antenna*” Proc. 3rd USAF symposium on Antennas, 1953.
- [12] Munson, R. E., “*Single Slot Antenna Cavity Assembly*”, U.S Patent No.3713162, January 23, 1973
- [13] Munson, R. E., “*Conformal Microstrip Antennas and Antenna phased Array*” IEEE Trans. Antennas Propagation, Vol. AP-22, 1974, pp. 74-78.
- [14] Howell, J. Q., “*Microstrip Antennas*”, IEEE Trans. Antennas Propagation, Vol. AP-23, January 1975, pp. 90-93
- [15] Kumar, Girish. 2003. “*Broadband Microstrip Antennas*”. Griffith University
- [16] Online Available (July 2004) :<http://etd.lib.fsu.edu/theses/available/etd-04102004-143656/unrestricted/Chapter3.pdf>
- [17] Abdelaziz, A.A. 2006. “*Bandwidth Enhancement Of Microstrip Antenna*”. Misr University for Science and Technology. Department of Electronics and Communication Faculty of Engineering.
- [18] Andersen JB, Vaughan RG. “*Transmitting, receiving, and scattering properties of antennas*”. IEEE Antennas and Propagation
- [19] Balanis, C.A. 1989. “*Advanced Engineering Electromagnetics*”, John Wiley & Sons, New York
- [20] Bahl, I.J. and Bhartia, P., “*Microstrip Antennas*”, Artech House, Dedham, MA, 1980.
- [21] John D. Kraus. *Antenas. McGraw-Hill Book Company*. 1988.
- [22] *XBee & XBee- PRO OEM RF Module Antenna Considerations* (<http://www.rev-ed.co.uk/docs/XBE001.pdf>)
- [23] E. Palantei, J.T. Sri Sumantyo, K. Osa, and Yohandri, *Lungs Shape Antennas*, submitted to IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2011.
- [24] Cahyo, Rahmat Dwi, Christyono, Yulianto dan Santoso Imam “*Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip Array dengan frekuensi 850 MHz untuk aplikasi praktikum antena*.”
- [25] Stevens, L. Craig. “*Design, Analysis, Fabrication, and Testing of a Nanosatellite Structure*”
- [26] Candra, Ade dan Santoso Danamg 2012. “*Rancang Bangun Komponen Pasif Rf Untuk Aplikasi Teknologi Wireless*”. Makassar : Universitas Hasanuddin



Bayu Topalaguna lahir di Ujung Pandang, Sulawesi Selatan pada tanggal 10 Agustus 1989. Memulai pendidikan di SD Negeri Layang I pada tahun 1995, pendidikan lanjutan di SMPN 6 Makassar dan SMAN 1 Makassar pada tahun 2004. Kemudian pada tahun 2007-sekarang menjalankan studi S1 di Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar, subjurusan Teknik Telekomunikasi dan Informasi.



Zakiy Ubaid lahir di Ujung Pandang, Sulawesi Selatan pada tanggal 28 Agustus 1989. Memulai pendidikan di SD Neg. Inpres pada tahun 1995, pendidikan lanjutan di SMPN 6 Makassar dan SMAN 1 Makassar pada tahun 2004. Kemudian pada tahun 2007-sekarang menjalankan studi S1 di Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar, subjurusan Teknik Telekomunikasi dan Informasi.

