

# Reliabilitas Sistem Transfer Data Nirkabel pada ALIX3d2 untuk Stasiun Cuaca

Suyoto\* Ferdian Yunazar, Efendi Zaenudin, Ana Heryana  
Pusat Penelitian Informatika - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia  
yoto@informatika.lipi.go.id\*

## Abstract

*The data transfer between node wireless weather station running in real-time manner using frequency band 2,4GHz. Those nodes are separated within 2,18 Km and have some obstruction between both link. This data transfer using point to point wireless link is well proven to accommodate Communications traffic from one node which attached to the SBC based Alix3d2 weather sensors to another node which connected to the database server. From analysis of real test bed we obtained that the System Operating Margin (Rx Signal Level – Rx Sensitivity) 43,01dB is sufficient for the system to work well even in such extreme weather condition.*

*Keywords: SBC, Data Transfer.*

## Abstrak

*Transfer data antara node stasiun cuaca berjalan secara waktu nyata menggunakan sistem komunikasi nirkabel dengan pita frekuensi 2,4GHz. Node tersebut terpisah dalam jarak 2,18 Km dan terdapat beberapa halangan di antara kedua lintasan node tersebut. Transfer data menggunakan sistem nirkabel point to point ini terbukti dapat mengakomodir dengan baik lalu lintas komunikasi dari satu node yang terpasang dengan sensor cuaca berbasis SBC Alix3d2 ke node lainnya yang terhubung dengan server database. Dari hasil pengujian di lapangan di dapatkan bahwa System Operating Margin (Rx Signal Level – Rx Sensitivity) adalah 43,01dB cukup untuk sistem agar dapat bekerja dengan baik bahkan dalam cuaca ekstrem sekalipun.*

*Kata kunci: SBC, Transfer data.*

## 1. Pendahuluan

Wireless weather station atau stasiun cuaca nirkabel adalah suatu perangkat atau alat yang dipergunakan dalam pengambilan data-data mengenai keadaan cuaca pada suatu tempat. Biasanya stasiun cuaca ini dilengkapi dengan beberapa sensor, seperti sensor suhu, kelembaban udara, arah angin, kecepatan angin dan curah hujan. Kelebihan stasiun cuaca nirkabel dibandingkan dengan perangkat stasiun cuaca lainnya adalah kemudahan dalam pengambilan ataupun pengumpulan data cuaca. Hal ini dikarenakan sistem tranfer data pada stasiun cuaca ini tanpa menggunakan kabel (nirkabel), sehingga memudahkan pengguna apabila ingin mengambil data yang dihasilkan oleh sensor cuaca. Dengan menggunakan stasiun cuaca nirkabel ini pengguna dapat meletakkan perangkat dimanapun dia inginkan kemudian mengambil data dengan melakukan transfer pengiriman dan penerimaan data secara nirkabel. Lain halnya jika menggunakan stasiun cuaca konvensional, pengguna harus mendatangi tempat dia memasang perangkat tersebut untuk kemudian mengakses data-data dari perangkatnya dengan menggunakan kabel.

Sistem transfer data pada stasiun cuaca nirkabel ini menggunakan frekuensi dengan lisensi bebas yaitu IEEE 802.11g 2,4 GHz. Namun dikarenakan frekuensi ini adalah frekuensi bebas maka terdapat banyak interferensi yang menjadi hambatan dan gangguan dalam komunikasi data antar node stasiun cuaca. Stasiun cuaca yang terpasang pada penelitian ini terpisah dengan jarak 2,18 km antara node master station (server database) dengan node weather station (sensor cuaca). Teknologi nirkabel ini akan berjalan pada komputer papan tunggal (single board computer/SBC) dan Sistem Operasi Waktu Nyata (SOWN) [1,2] sebagai pengendali dengan basis open source  $\mu$ C Linux. Reliabilitas pengiriman data pada Alix3d2 sangat dipengaruhi oleh disain sistem operasi yang ditanam beserta driver untuk modul komunikasi. Terdapat banyak halangan di antara node tersebut karena melewati trafik komunikasi nirkabel yang cukup padat serta terdapat banyak bangunan dan hambatan lainnya. Oleh sebab itu diperlukan perencanaan dan perancangan sambungan yang baik agar komunikasi yang terbangun dapat bekerja dengan handal. Disini kita akan mengukur reliabilitas (Keandalan) dari sistem transfer data nirkabel pada Alix3d2 untuk stasiun cuaca.

Melalui hasil analisa dan pengujian langsung di lapangan di dapatkan bahwa System Operating Margin(Rx Signal Level – Rx Sensitivity) untuk sambungan komunikasi data stasiun cuaca ini adalah 43,01 dB cukup untuk sistem agar dapat bekerja dengan baik bahkan dalam cuaca ekstrem sekalipun.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Perencanaan Jalur Komunikasi (*Link Planning*)

Sebuah sistem komunikasi sederhana terdiri dari dua radio, masing-masing yang terkait dengan antena, keduanya terpisah oleh jalur (*path*) yang harus dilalui. Agar terjadi komunikasi antara keduanya, radio akan memerlukan sinyal minimal ditangkap oleh antena dan masukan kepada konektor antena di radio. Menentukan apakah sebuah sambungan layak adalah proses yang disebut perhitungan *link budget*. Apakah sebuah sinyal dapat atau tidak dilalukan antar radio tergantung pada kualitas dari peralatan yang digunakan dan pada kehilangan sinyal karena jarak, biasa disebut *path loss* (*kerugian path*) [3].

### 2.2 Perhitungan link budget

Daya yang tersedia dalam sebuah sistem 802,11 dapat dikarakterisasi oleh faktor berikut [4]:

#### a. Daya pancar (*Transmit Power*)

Dinyatakan dalam *milliwatts* atau dBm. Daya pemancar berkisar 30mW sampai 200mW atau lebih. Daya pancar maksimum yang legal di Indonesia adalah 100mW. Daya *Tx* sering kali tergantung pada kecepatan transmisi. Daya *Tx* yang diberikan perangkat biasanya di tentukan dalam manual yang diberikan oleh pabrik, namun terkadang sulit untuk menemukan. *Database online* seperti yang disediakan oleh *SeattleWireless* [1] dapat membantu.

#### b. Penguatan Antena (*Antenna Gain*)

Antena adalah perangkat pasif yang dapat membuat efek amplifikasi berdasarkan bentuk fisik mereka. Antena memiliki karakteristik yang sama ketika menerima (*receiving*) dan mengirim (*transmitting*). Jadi antena 12 dBi hanya sebuah 12 dBi antena, tanpa perlu menentukan menggunakan modus pengiriman atau penerimaan jenis apa. Antena parabola mempunyai penguatan 19-24 dBi, sedangkan *omnidirectional* antena memiliki 5-12 dBi, dan antena sektoral memiliki penguatan sekitar 12-15 dBi.

#### c. Level Sensitivitas Minimal (*Minimal Received Signal Level (RSL)*)

Minimum RSL (level sensitivitas minimal) selalu dinyatakan sebagai dBm negatif (- dBm) adalah kekuatan sinyal radio terendah yang dapat dibedakan (diterima). Minimum RSL biasanya berada dalam kisaran antara -75 ke -95 dBm. Seperti daya *Tx*, spesifikasi RSL harus disediakan oleh pabrik pembuat peralatan.

#### d. Kerugian kabel (*Cable Losses*)

Beberapa energi sinyal akan hilang di kabel, di konektor atau pada perangkat lain, pada saat sinyal merambat dari radio ke antena. Hilangnya tergantung pada jenis kabel dan panjangnya. Kerugian sinyal untuk *coaxial* kabel pendek termasuk konektornya biasanya cukup rendah, yang berkisar antara 2-3 dB. Adalah lebih baik untuk memiliki kabel sependek mungkin.

Dalam menghitung *path loss*, beberapa efek harus dipertimbangkan. Kita harus mempertimbangkan kerugian di udara / ruang (*free space loss*), redaman (*attenuation*) dan penyebaran (*scattering*). Daya sinyal akan berkurang oleh penyebaran geometris dari muka gelombang, umumnya dikenal sebagai *free space loss*. Dengan mengabaikan semua hal, semakin jauh jarak antara dua radio, maka semakin kecil penerimaan sinyal yang disebabkan oleh *free space loss*. Hal ini tidak tergantung pada kondisi lingkungan, hanya tergantung pada jarak. Kerugian ini terjadi karena energi dari sinyal yang teradiasi menjadi menyebar sebagai akibat jarak dari pemancar.

Menggunakan *decibel* untuk menyatakan nilai kerugian (*loss*) dan menggunakan 2,45 GHz sebagai frekuensi sinyal, maka persamaan untuk *free space loss* adalah:

$$L_{fs} = 92,45 + 20 * \log (d) + 20 * \log (f).....(1)$$

$L_{fs}$  dinyatakan dalam dB dan  $d$  adalah jarak antara pemancar dan penerima dalam satuan kilometer, sedangkan  $f$  adalah frekuensi yang digunakan dalam satuan GHz.

Kontribusi yang kedua pada *path loss* adalah redaman (*attenuation*). Hal ini terjadi karena sebagian kekuatan sinyal diserap ketika gelombang melalui benda padat seperti pohon, dinding, jendela dan lantai bangunan. Redaman dapat bervariasi, tergantung pada struktur objek yang dilalui sinyal, dan sangat sulit untuk mengukurnya. Cara yang paling gampang untuk menghitung kontribusinya terhadap total kerugian (*total loss*) adalah dengan menambahkan "*allowed loss*" ke *free space*. Misalnya, pengalaman menunjukkan bahwa pohon dapat menambahkan 10 hingga 20 dB *loss* untuk setiap pohon pada *path* yang langsung (*direct path*), sementara dinding berkontribusi 10 hingga 15 dB tergantung konstruksi pada dinding tersebut.

Sepanjang *link path*, energi RF meninggalkan antena pengirim dan energi akan menyebar. Beberapa energi RF mencapai penerimaan antena secara langsung, sedangkan beberapa akan dipantulkan oleh tanah. Sebagian dari energi RF yang dipantulkan oleh tanah akan mencapai antena penerima. Karena sinyal yang dipantulkan (*reflected signal*) harus menempuh jalan yang lebih jauh, maka ia tiba di antena penerima lebih lambat dari sinyal yang langsung (*direct signal*). Efek ini disebut *multipath*, atau dispersi sinyal. Dalam beberapa kasus sinyal yang dipantulkan akan berakumulasi / menambahkan nilai sinyalnya tapi tidak menimbulkan masalah. Ketika sinyal berakumulasi / bertambah pada

fasa yang berbeda, sinyal yang diterima akan tidak berguna. Dalam beberapa kasus, penerimaan sinyal di antenna dapat menjadi hilang oleh sinyal yang di pantulkan. Hal ini dikenal sebagai *fading* yang ekstrem, atau *nulling*. Ada teknik sederhana yang digunakan untuk menangani *multipath*, disebut (*antenna diversity*). Teknik ini menambahkan antenna kedua untuk radio. *Multipath* adalah fenomena yang terjadi di lokasi yang spesifik. Jika dua sinyal yang berbeda fasa saling menghilangkan di satu lokasi, mereka tidak akan saling menghilangkan di lokasi ke dua, di dekat lokasi pertama. Jika terdapat dua antenna, setidaknya satu dari antenna tersebut akan dapat menerima sinyal yang bermanfaat, bahkan jika antenna yang lain menerima sinyal yang rusak. Dalam perangkat komersial, antenna *switching diversity* digunakan: ada beberapa antenna pada beberapa masukan, dengan satu penerima. Sinyal yang diterima hanya melalui satu antenna pada suatu waktu. Saat memancar, radio akan menggunakan antenna terakhir yang digunakan untuk penerimaan. Distorsi yang diberikan oleh *multipath* menurunkan kemampuan dari sisi penerima (*receiver*) untuk mengembalikan sinyal asli, hal ini sama dengan yang terjadi pada sinyal *loss*. Cara sederhana untuk memperhitungkan efek dari penyebaran dalam perhitungan *path loss* adalah mengubah nilai eksponen dari faktor jarak dari rumus *free space loss*. Nilai eksponen cenderung meningkat pada lingkungan yang banyak penghamburan (*scattering*). Nilai eksponen 3 dapat digunakan di luar ruangan dengan pohon-pohon, sedangkan 4 dapat digunakan untuk lingkungan *indoor* [5,7].

Untuk perkiraan kasar kelayakan sambungan (*link feasibility*), kita dapat mengevaluasi dengan hanya *free space loss*. Lingkungan dapat membawa kerugian sinyal lebih lanjut, dan harus dianggap sebuah evaluasi dari sambungan yang lebih tepat. Kondisi lingkungan pada kenyataannya adalah salah satu faktor yang sangat penting, dan tidak boleh dilalaikan.

Untuk mengevaluasi apakah sebuah sambungan layak, kita harus mengetahui karakteristik dengan melakukan perhitungan ini, kita hanya perlu menambahkan daya  $T_x$  dari satu sisi *link*. Jika kita menggunakan radio yang berbeda di kedua sisi sambungan, anda harus menghitung *path loss* dua kali, sekali untuk setiap arah (menggunakan daya  $T_x$  yang sesuai untuk setiap perhitungan). Menambah semua penguatan dan mengurangi kerugian akan memberikan,

$$\begin{array}{rcl}
 TX \text{ Power Radio} & & 1 \\
 + \text{ Antenna Gain Radio} & & 1 \\
 - \text{ Cable Losses Radio} & & 1 \\
 + \text{ Antenna Gain Radio} & & 2 \\
 - \text{ Cable Losses Radio} & & 2 \\
 \hline
 \end{array}$$

= Total Gain

Mengurangi Path Loss dari Total Penguatan:

$$\begin{array}{rcl}
 Total \text{ Gain} & & \\
 - \text{ Path Loss} & & \\
 \hline
 \end{array}$$

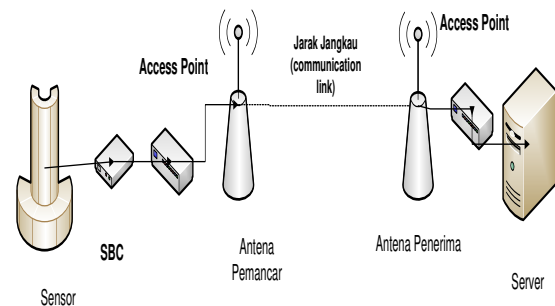
= Level sinyal (*Signal Level*) pada salah satu sisi sambungan

Jika sinyal yang dihasilkan lebih besar dari level penerima sinyal minimum, maka sambungan tersebut adalah layak! Sinyal yang diterima cukup kuat bagi radio untuk digunakan. Ingat bahwa minimum RSL selalu dinyatakan sebagai negatif dBm, sehingga -56 dBm adalah lebih besar dari -70 dBm. Pada suatu *path*, variasi di *path loss* selama periode waktu tertentu dapat sangat besar, sehingga margin (perbedaan antara level sinyal / *Signal Level* dan sinyal tingkat minimum sinyal yang diterima / *RSL*) harus dipertimbangkan. Margin ini adalah jumlah sinyal di atas kepekaan radio yang harus diterima untuk memastikan sambungan radio yang stabil dan berkualitas tinggi selama cuaca buruk dan gangguan atmosfer lainnya. Margin antara 10 hingga 15 dB biasanya cukup. Untuk memberikan ruang untuk redaman dan untuk *multipath* dalam menerima sinyal radio, margin 20dB harusnya cukup aman [6,8].

Setelah dilakukan perhitungan *link budget* di satu arah, harus diulangi dengan perhitungan arah yang lain. Substitusi daya pancar untuk radio yang kedua, dan kemudian bandingkan hasil minimum terhadap tingkat penerimaan sinyal dari radio pertama.

### 3. Metodologi

Untuk perancangan sistem yang akan diuji reliabilitasnya dapat dilihat pada Gambar 1. Sistem tranfer data nirkabel ini akan dilakukan pengujian dilapangan untuk menguji *availability* dari data yang dikirimkan. Sistem komunikasi ini terdiri dari transmitter, media transmisi, dan receiver.



Gambar 1. Desain Pengujian Sistem Transfer Data Nirkabel antara Stasiun Cuaca dengan Stasiun Pencatat.

Metoda pengembangan yang akan ditempuh agar diperoleh hasil yang diharapkan adalah :

1. Mendesain Jaringan Komunikasi. Termasuk dalam tahap ini adalah menentukan model komunikasi yang akan dibuat dan konfigurasi jaringan komunikasi. Model komunikasi yang dibuat pada pengujian keandalan ini adalah Komunikasi *Point-To-Point*.
2. Mendesain Data Logger pada stasiun pencatat. Termasuk dalam tahap ini adalah format data yang akan diterima pada stasiun pencatat dan desain data base (data logger) pada stasiun pencatat. Untuk format data berupa text file dan untuk database digunakan MySQL.
3. Pengujian Keandalan jaringan sitem nirkabel antar stasiun cuaca. Termasuk dalam tahap ini

pengujian di lapangan dari desain jaringan komunikasi antar stasiun cuaca yang telah dibuat. Dalam hal ini yang perlu diperhatikan adalah perhitungan *Link Budget*, perhitungan *link budget* ini menentukan keberhasilan dari komunikasi itu sendiri.

4. Pembuatan data logger pada stasiun pencatat. Setelah data diterima pada server data tersebut dimasukkan kedalam data base, disini digunakan database mySQL

#### 4. Analisa dan Hasil Pengujian

Kita akan merencanakan sambungan nirkabel point to point antara Gedung 20 LIPI yang terletak di Jalan Sangkuriang dengan Gedung LPSDN LIPI yang terletak di Jalan Ranggamalela. Kedua bangunan terpisah jarak sekitar 2,18 km, dan terdapat banyak bangunan serta pepohonan yang menghalang sambungan langsung antara kedua titik ini.

Alat yang kita gunakan adalah satu akses poin dan satu klien radio, yang menggunakan dua buah grid antenna dengan penguatan 24dBi untuk masing-masing antenna. Daya pancar AP dan klien adalah sama yaitu sebesar 19dBm dengan sensitivitas adalah -87dBm untuk modus operandi 802.11b @11Mbps dan -73dBm untuk modus operandi 802.11g @54Mbps. Kita menggunakan asumsi bahwa kabel yang digunakan cukup pendek, dengan kerugian 2dB di setiap sisi. Untuk lebih jelasnya spesifikasi AP dan grid antenna yang digunakan bisa dilihat pada Tabel 1 di bawah ini:

**Tabel 1. Spesifikasi AP dan Grid Antenna**

Access Point	
Gain Patch Antenna	9dBi
Frequency	2400 – 2483 MHz
Power Output	19dBm
Receiver Sensitivity	802.11b: -87dBm @11Mbps
	802.11g: - 73dBm@54Mbps
Grid Antenna	
Gain Antenna	24dBi
Frequency	2400 – 2500 MHz

Dengan menggunakan data-data di atas, maka kita dapat menghitung *Free Space Loss*:

$$\begin{aligned}
 L_p &= 92,45 + 20 \log_{10} F + 20 \log_{10} d \\
 &= 92,45 + 7,78 + 6,76 \\
 &= 106,99dB
 \end{aligned}$$

Menambahkan semua penguatan dan mengurangi *loss* untuk sambungan dari sisi pengirim ke sisi penerima akan kita dapatkan:

$$\begin{array}{rcl}
 & 19 & \text{dBm} \quad (\text{TX Power Radio 1}) \\
 + & 24 & \text{dBi} \quad (\text{Antenna Gain Radio1}) \\
 - & 2 & \text{dB} \quad (\text{Cable Losses Radio1}) \\
 + & 24 & \text{dBi} \quad (\text{Antenna Gain Radio2}) \\
 - & 2 & \text{dB} \quad (\text{Cable Losses Radio2}) \\
 \hline
 & 63 & \text{dB} = \text{Total Gain}
 \end{array}$$

Mengurangi *Free Space Loss* dari *Total Gain* maka akan kita dapatkan *Signal Level* pada sisi receiver:

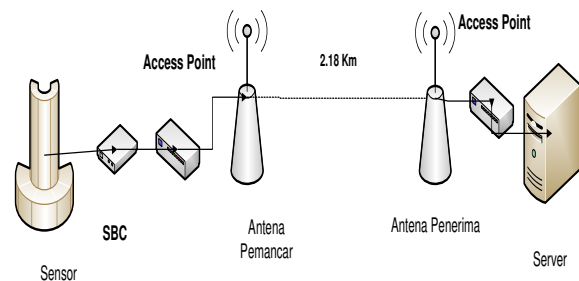
$$63 \text{ dB} - 106,99 \text{ dB} = -43,99 \text{ dB}$$

Kemudian memperhitungkan nilai *System Operating Margin* dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 \text{SoM} &= (\text{Signal Level} - \text{Receiver Sensitivity}) \\
 &= -43,99 - (-87) \\
 &= 43,01\text{dB}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas terlihat bahwa sinyal yang diterima -43,99dB masih lebih besar daripada level minimum sinyal yang dapat ditangkap yaitu -87dBm (bekerja pada kecepatan 11Mbps). Ada margin sebesar 43,01dB (*System Operating Margin*) yang cukup untuk membuat sambungan bekerja dengan baik pada cuaca normal bahkan dalam cuaca ekstrem sekalipun.

Pengujian dilakukan dengan desain pada Gambar di bawah ini (Gambar 2). Data yang akan dikirimkan diambil dari sensor berupa data *suhu, kelembaban, kecepatan angin dan arah angin*. Keempat data tersebut diambil oleh SBC kemudian dikirimkan ke server melalui sistem komunikasi Wireless (Wi-Fi) dengan frekuensi 2,4 Ghz. Pada pengujian ini jarak yang diambil adalah sekitar 2,2 kilometer, ini dilakukan untuk melibatkan faktor jarak sehingga pengujian sistem secara keseluruhan sebagai Sistem komunikasi dapat terpenuhi.



**Gambar 2. Blok diagram pengujian komunikasi dengan memperhitungkan faktor jarak (communication link)**

Pada Gambar 3 diperlihatkan bagian transmitter dan sensor cuaca sedangkan untuk Gambar 4 diperlihatkan bagian penerima (receiver) . Dari hasil pengujian diperoleh tingkat penerimaan sinyal rata-rata pada -73.0 dBm masih lebih besar daripada level minimum sinyal yang dapat ditangkap yaitu -87dBm, hal ini menunjukkan bahwa sinyal dapat diterima dengan baik.

Hasil dari pengujian ini yang dilakukan selama satu minggu (tanggal 3 sampai dengan 9 Desember 2011) dengan waktu pengambilan data setiap 10 menit didapatkan :

1. Total data yang berhasil diambil dari sensor oleh SBC : 1008
2. Total data yang berhasil diterima oleh server dipenerima : 1003

Dari hasil percobaan terlihat ada 5 paket data yang hilang. Untuk data yang diterima di bagian penerima (receiver) dapat dilihat pada gambar dibawah. Gambar 5 menunjukkan data percobaan untuk suhu, Gambar 6 menunjukkan data percobaan untuk kelembaban, Gambar 7 menunjukkan data percobaan untuk Kecepatan Angin, dan Gambar 8 menunjukkan data percobaan untuk Arah Angin.

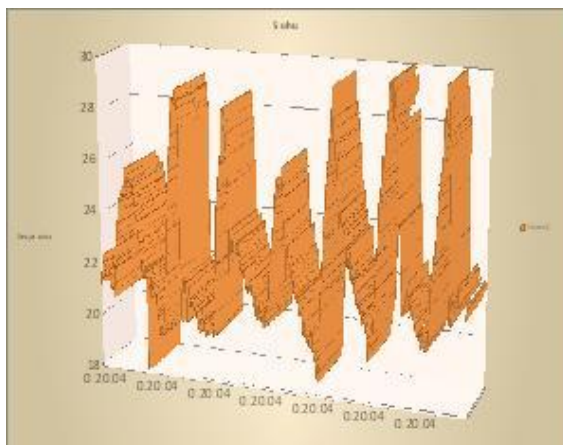
Pada pengujian ini didapatkan tingkat reliabilitas 99.50%. Hal ini kemungkinan besar disebabkan adanya interferensi dengan sinyal Wi-Fi yang lainnya, dimana menggunakan frekuensi yang sama yaitu pada frekuensi 2,4 GHz dan semua kanalnya sudah dipakai (penuh).



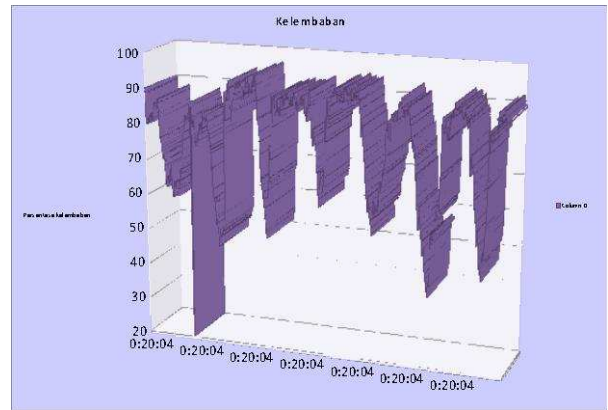
Gambar 3. Transmitter (SBC dan Access Point)



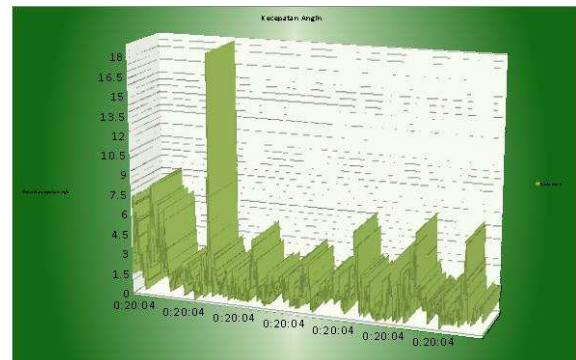
Gambar 4. Receiver (antena dan access point)



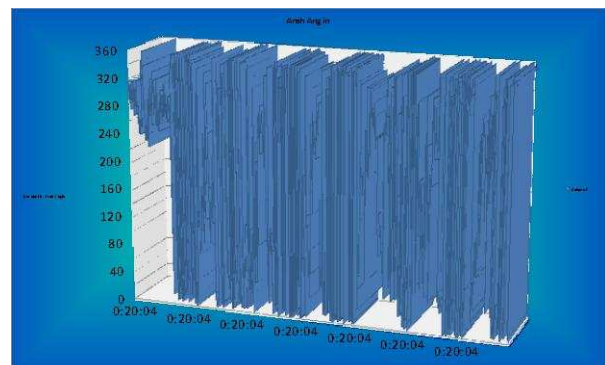
Gambar 5. Data Suhu



Gambar 6. Data Kelembaban



Gambar 7. Data Kecepatan Angin



Gambar 8. Arah Angin

## 5. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian realibilitas sistem komunikasi pada Single Board Computer (SBC). Sistem komunikasi yang diimplementasikan pada SCB Alix3d2 adalah Wi-Fi dengan frekuensi 2,4 GHz. Sistem komunikasi ini digunakan untuk mengirimkan data suhu, kelembaban, kecepatan angin dan arah angin dari stasiun cuaca ke stasiun pencatat dengan menggunakan komunikasi point-to-point. Dari hasil pengujian yang dilakukan dimana jarak antara stasiun cuaca dan stasiun pencatat adalah 2,18 km dengan pengambilan data setiap 10 menit didapatkan tingkat reliabilitas 99.5%.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] Aeolean Inc, *Introduction to Linux for Real-Time Control*, NIST: Intelligence Systems Division, 2002
- [2] Gambier A, “Real-time Control Systems: A Tutorial”, *Proceedings of the 5<sup>th</sup> Asian*.
- [3] \_\_\_\_\_, *Wireless Networking in the Developing World*, Hacker Friendly LLC, 2nd Edition, December 2007.
- [4] Matthew Gast, *802.11 Networks: The Definitive Guide*, 2nd Edition., O’Reilly Media, ISBN #0-596-10052-3, April 2005
- [5] Bruce Alexander, *802.11 Wireless Network Site Surveying and Installation.*, Cisco Press, ISBN #1-587-05164-8, November 2004.
- [6] Rob Flickenger and Roger Weeks, *Wireless Hacks*, 2nd Edition., O’Reilly Media, ISBN #0-596-10144-9, November 2005.
- [7] Jack Unger, *Deploying License-Free Wireless Wide-Area Networks.*, Cisco Press, ISBN #1-587-05069-2, July 2003
- [8] \_\_\_\_\_, *How To Accelerate Your Internet, A free book about bandwidth optimization*, ISBN #978-0-9778093-1-8, October 2006.