

## RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI MONITORING CUACA

**Ari Wijayanti, Hanuah Mahmudah, Nur Adi S, Okkie P, Hanif Alfian**

Prodi Teknik Telekomunikasi

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Kampus PENS Keputih Sukolilo Surabaya 60111

Telp (+62)31-5947280, 5946114, Fax. (+62)31-5946114

Email: ariw@pens.ac.id ,haniah@pens.ac.id

### Abstrak

Saat ini informasi cuaca secara cepat dan akurat sangat dibutuhkan oleh berbagai sektor kehidupan masyarakat. Monitoring cuaca yang meliputi penakar hujan, kecepatan angin, temperature dan humidity yang ada saat ini belum terintegrasi dan sifatnya masih manual. Pada penelitian ini dibuat sistem monitoring cuaca terintegrasi dari beberapa sensor cuaca dengan sistem transmisi wireless pada frekuensi 2,4 GHz. Data-data hasil pengukuran akan disimpan pada database server dan akan diolah menjadi informasi cuaca dan ditampilkan pada media informasi website dan telepon seluler. Hasil penelitian pada sistem transmisi menunjukkan jarak jangkauan dari Tx-Rx maksimal 700 meter pada kondisi LOS (Line Of Sight) dan 100 meter pada kondisi indoor. Sedangkan waktu akses untuk mobile application paling cepat adalah saat pagi hari sekitar 16 detik pada pagi hari, 40 detik pada siang dan 60 detik, malam hari. Hal ini disebabkan kapasitas dari provider dan banyaknya pengguna. Sistem monitoring ini memberikan kemudahan akses yang lebih cepat dan akurat.

**Kata kunci :** Cuaca, Hujan, Angin

### Abstract

*Nowadays, quick and accurate weather information is needed by various sectors in public life. The weather monitoring, such as raingauge, wind speed, temperature and humidity which recently available are not integrated and are still manual. In this research, an integrated weather monitoring system is made of several weather sensors with a wireless transmission system at a frequency of 2.4 GHz. The result data of the measurement will be stored in the database server and then processed to become weather information and displayed on the website and cell phones. The results of the study on the transmission system shows that the range from the Tx-Rx is maximum 700 meters on the condition of LOS (Line Of Sight) and 100 meters at the indoor conditions. While the fastest access time for mobile application is in the morning side which is approximately 16 seconds, then 40 seconds in the afternoon and 60 seconds in the evening. This is due to the capacity of providers and the number of users. This monitoring system provides an easy access which is more quickly and accurately.*

**Keywords :** *Weather, rain, wind speed*

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan wilayah kepulauan yang beriklim tropis yang memiliki dua musim yaitu musim kemarau yang terjadi pada Mei hingga Oktober dan musim hujan yang terjadi pada bulan Nopember hingga April. Pada musim hujan khususnya bulan Desember dan Januari terjadi curah hujan yang cukup tinggi hingga mencapai 200 mm/jam (Mahmudah, 2008); (Haniah dan Ari, 2011); (Wijayanti, dkk, 2007). Dengan adanya curah hujan yang cukup tinggi akan mengakibatkan debit air pada *drainase*, saluran air

dan sungai akan meningkat dan apabila sudah melebihi kapasitasnya akan mengakibatkan terjadinya banjir. Bisa dibayangkan berapa kerugian yang diderita oleh masyarakat dan pemerintah akibat terjadinya musibah banjir. Informasi curah hujan juga memberikan manfaat bagi berbagai sektor antara lain, pertanian, transportasi, kesehatan dan lain-lain. Untuk menghindari dan mengurangi kerugian yang besar diperlukan suatu prediksi awal '*early warning*' tentang informasi curah hujan, kecepatan angin, suhu dan kelembaban yang akurat dan cepat pada

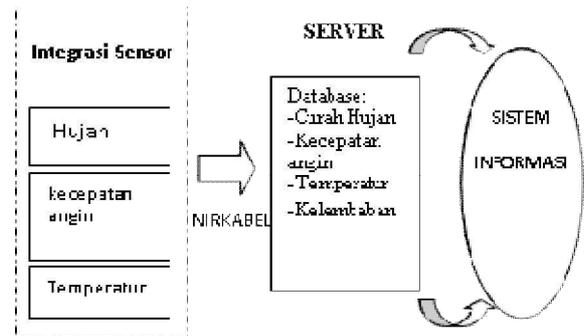
masing - masing wilayah kota secara *real time*.

Telah banyak penelitian yang membahas tentang monitoring cuaca. Handoyo (2008) membahas tentang rancang bangun dari alat *tranceiver* klimatologi cuaca berbasis PC. Hanif (2008) telah melakukan penelitian tentang Rancang Bangun Peralatan Pengukur Curah Hujan Berbasis RF Menggunakan *Xbee*pro dan mikrokontroler. Beberapa penelitian belum melakukan integrasi beberapa sensor Oleh karena itu perlu dilakukan proses pengolahan data dari sensor tersebut agar menjadi suatu sistem informasi curah hujan, kecepatan angin, suhu yang dapat dipantau setiap waktu dengan biaya murah dan dapat diakses dari tempat manapun. Pada penelitian ini akan dibuat suatu sistem informasi cuaca yang menampilkan data informasi curah hujan, kecepatan angin, suhu menggunakan media wireless modul SSRT yang ditampilkan pada media web dan *mobile application*, dan diharapkan dengan adanya sistem ini, masyarakat dapat menerima informasi cuaca dengan mudah dan cepat.

### PERANCANGAN SISTEM

Untuk menyelesaikan pembuatan sistem informasi cuaca ini, maka dilakukan perancangan sistem seperti ditunjukkan oleh Gambar 1. Perancangan sistem didasarkan pada penggabungan antara sensor angin, sensor suhu, sensor kelembaban dan sensor hujan dengan mikrokontroler. Pada sistem ini sensor hujan yang digunakan berupa *typing bucket* model 260-2501 merek Novalynx (Rain Gauge Tipping Bucket Novalynk MODEL 260 - 2501, *Datasheet*), sensor kecepatan angin dan temperaur menggunakan Model AM420 seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Mikrokontroler akan mengintegrasikan data-data yang terbaca oleh ke empat sensor. Untuk sistem transmisi data digunakan *module* SSRT-09-RS422 dengan frekuensi 2,4 GHz untuk mengirimkan data dari mikrokontroler ke server pada media udara. Data yang telah terkirim pada server, nan-

tinya akan disimpan pada *database* Mysql, dan selanjutnya akan diolah menjadi informasi cuaca dengan menggunakan pemrograman PHP dan Java. *User* dapat menggunakan *handphone* dan internet untuk mengakses layanan informasi cuaca.



Gambar 1. Blok diagram sistem



Gambar 2 Peralatan sensor

(a) Sensor hujan model Typing Bucket Novalink, 2008), (b). Sensor kecepatan angin dan temperatur

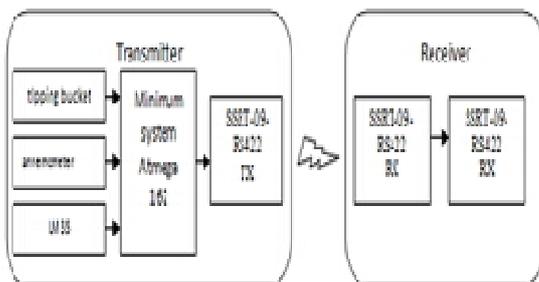
Diagram alur sistem monitoring cuaca ditunjukkan pada Gambar 1. Gambar 1 menunjukkan urutan kerja dari sistem yaitu masing-masing sensor akan melakukan pengukuran dan akan diolah oleh mikrokontroler untuk dikirimkan ke transmitter pada sisi pemancar. Pada sisi penerima terdapat transmitter yang akan menerima data secara real time dan akan disimpan dan diolah dalam database server. Data-data pada database ini yang akan ditampilkan pada web maupun mobile application sesuai kebutuhan dari user. Bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengolah data tersebut adalah dengan menggunakan PHP dengan

software desain Macromedia Dreamweaver 8.

## PEMBUATAN SISTEM

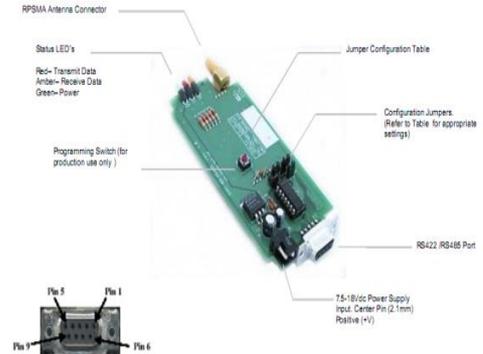
### Pembuatan Rangkaian Pemancar dan Penerima

Proses pengiriman data pada sistem ini menggunakan module Xbee-PRO dengan frekuensi 2,4 GHz yang menghubungkan antara pemancar pada mikrokontroler dan sisi penerima pada server. Data akan dikirim secara berkala dari pemancar ke penerima pada sisi server. Rangkaian pemancar dan penerima ditunjukkan pada Gambar 3.

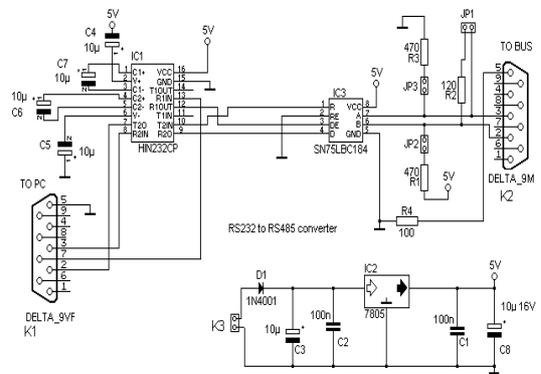


Gambar 3. Blok pemancar dan penerima

Komunikasi pada pemancar dan penerima menggunakan modul SSRT-09-RS422 seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Modul ini bisa dilakukan secara *half duplex* maupun *full duplex* sehingga akan lebih memudahkan penggunaannya saat melakukan pengiriman data. Pada rangkaian RF Module SSRT-09-RS422 menggunakan serial RS-485, sehingga perlu dilakukan konversi antara rangkaian mikokontroler dengan RF Module. Sehingga saat dilakukan pengiriman data, RF Module akan mengenali data yang telah dikirim oleh hasil pengukuran sensor pada mikrokontroler seperti pada Gambar 5. Adapun sistem mikrokontroler dan rangkaian pemancar dan penerima ditunjukkan pada Gambar 6. Modul mikrokontroler ini berfungsi untuk *interfacing* antara sensor dengan pemancar dan penerima. Sehingga data tersebut akan masuk pada database sistem.



Gambar 4. Konfigurasi SSRT-09-RS422



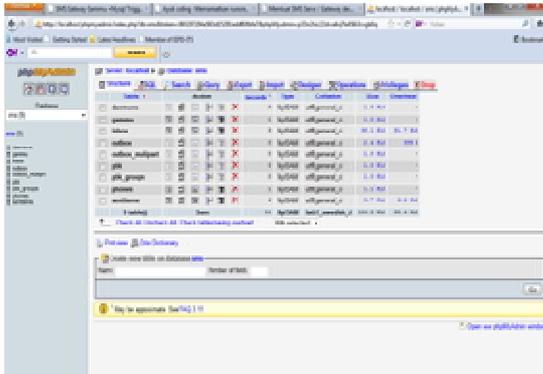
Gambar 5. Konfigurasi RS232 to RS 485



Gambar 6. Modul mikrokontroler sistem dan rangkain pemancar dan penerima

### Pembuatan Database

Database yang digunakan pada sistem ini adalah dengan mennggunakan MySQL. Tampilan struktur pada *database* tampak pada Gambar 7. *Database* akan menampung data-data hasil pengukuran yaitu data curah hujan, data suhu, data kelembaman dan data kecepatan angin perhari.



Gambar 7. Tampilan Database

Dalam hasil database akan disimpan dalam 5 variabel, yaitu waktu, ID, sensor\_hujan, sensor\_suhu, dan sensor\_angin. Data hasil pengukuran bisa dilihat pada Gambar 8.

	waktu	ID	sensor_hujan	sensor_suhu	sensor_angin
	2011-07-21 05:05:12	1	Tidak	28.2	000
	2011-07-21 05:05:13	2	Tidak	28.2	000
	2011-07-21 05:05:14	3	Tidak	28.1	000
	2011-07-21 05:05:15	4	Tidak	28.1	000
	2011-07-21 05:05:16	5	Tidak	28.1	000
	2011-07-21 05:05:17	6	Tidak	28.1	000
	2011-07-21 05:05:18	7	Tidak	28.1	000
	2011-07-21 05:05:19	8	Tidak	28.1	000
	2011-07-21 05:05:20	9	Hujan	28.1	000
	2011-07-21 05:05:22	10	Tidak	28.1	000
	2011-07-21 05:05:23	11	Tidak	28.1	000
	2011-07-21 05:05:24	12	Tidak	28.1	000
	2011-07-21 05:05:25	13	Tidak	28.1	000
	2011-07-21 05:05:26	14	Tidak	28.1	000
	2011-07-21 05:05:27	15	Tidak	28.1	000
	2011-07-21 05:05:28	16	Tidak	28	000
	2011-07-21 05:05:29	17	Tidak	28.1	000
	2011-07-21 05:05:30	18	Tidak	28.1	000
	2011-07-21 05:05:32	19	Tidak	28.1	000
	2011-07-21 05:05:33	20	Tidak	28.1	000
	2011-07-21 05:05:34	21	Tidak	28	000
	2011-07-21 05:05:35	22	Tidak	28	000
	2011-07-21 05:05:36	23	Tidak	28	000
	2011-07-21 05:05:37	24	Tidak	28	000

Gambar 8. Struktur Data base

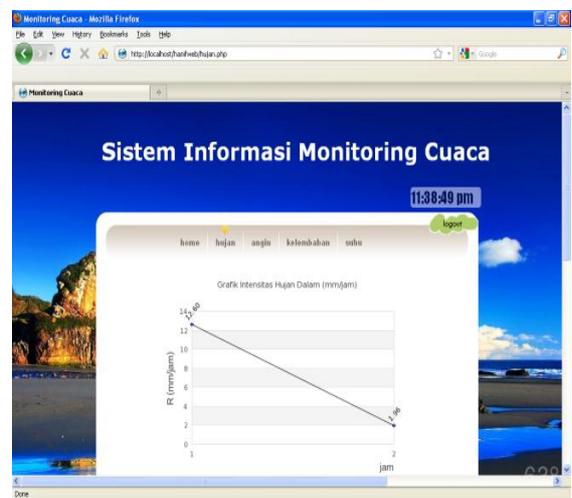
id_perhitungan_r	detail_waktu_awal	detail_waktu_akhir	nilai_r
1	16:33:38	16:34:29	6.57412
2	16:33:38	16:34:29	8.66588
3	16:34:29	16:35:24	8.58982
4	16:34:29	16:35:24	6.65018
5	16:35:24	16:36:07	12.7591
6	16:35:24	16:36:07	2.48093

Gambar 9. Tabel intensitas hujan (mm/jam)

Pada database nilai intensitas hujan yang ditampilkan merupakan perhitungan dari berdasarkan konversi waktu selang hujan awal dan akhir dalam satuan mm/jam seperti ditunjukkan pada Gambar 9.

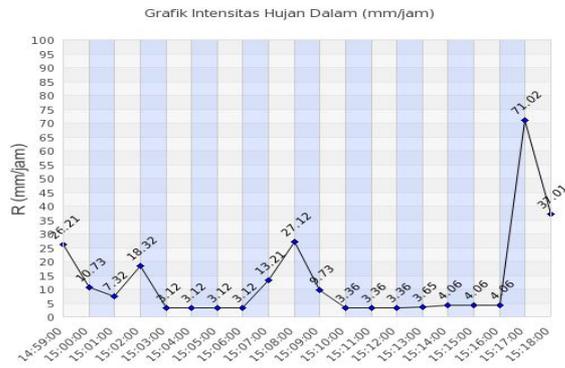
## Monitoring Cuaca

Untuk monitoring curah hujan disini dibuat dalam tampilan web dan *mobile application*. Didalam website yang dibuat akan ditampilkan beberapa menu yaitu *index.php*, *hujan.php*, *angin.php*, *suhu.php* dan *kelembaban.php* sehingga dengan mudah untuk diamati dan diakses kapan saja. Adapun tampilan pada web dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan web monitoring Cuaca

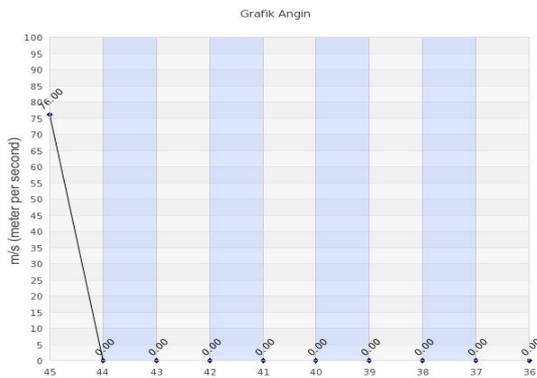
Setiap even data hasil pengukuran akan ditampilkan dalam jam, sehingga setiap terjadi pengukuran data akan dapat diamati nilainya. Gambar 12 menunjukkan data hasil pengukuran curah hujan dalam mm/jam. Tampilan data curah hujan bisa dimati dalam grafik dan tabel sehingga lebih mudah dalam monitoring dan apabila dibutuhkan data untuk pengolahan dapat didownload dengan mudah. Begitupula untuk tampilan data kecepatan, angin, suhu seperti ditunjukkan pada Gambar 11-14. Seperti halnya *monitoring* curah hujan maka data yang ditampilkan pada *monitoring* kecepatan, angin, suhu ditampilkan perwaktu perhari dari nilai yang terukur oleh sensor. Data-data juga disajikan dalam tabel pada database sehingga apabila diperlukan pengolahan lebih lanjut dapat dengan mudah di *download*.



Gambar 11. Data curah hujan hasil pengukuran pada web

tanggal	event	hasil event
2012-01-19 14:59:00	1	26.2128
2012-01-19 15:00:00	1	10.72896
2012-01-19 15:01:00	1	7.3152
2012-01-19 15:02:00	1	18.3154632082
2012-01-19 15:03:00	1	3.12081911263
2012-01-19 15:04:00	1	3.12081911263
2012-01-19 15:05:00	1	3.12081911263
2012-01-19 15:06:00	1	3.12081911263
2012-01-19 15:07:00	1	13.2093003413
2012-01-19 15:08:00	1	27.1235714286
2012-01-19 15:09:00	1	9.72610504202

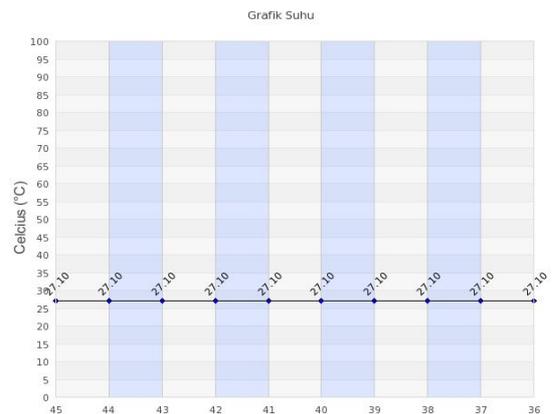
Gambar 12. Tabel intensitas hujam (mm/jam) pada data base



Gambar 13. Tampilan kecepatan angin

Sitem monitoring juga dapat dilakukan dengan akses informasi cuaca pada *mobile application/handphone*. Dimana aplikasi ini akan dapat digunakan pada *handphone* dengan OS java dengan tipe-tipe tertentu disesuaikan dengan resolusi layar handphone masing-masing. Pada aplikasi ini akan ditampilkan beberapa menu yaitu awal, pilih data dan proses data seperti tampak pada

Gambar 15-18. Melalui akses ada *Handphone* diharapkan member kemudahan pada user untuk memonitoring setiap saat. Sistem akses pada *mobile application* ini dilengkapi dengan *user* dan *password* sehingga hanya user yang telah memiliki akun yang dapat mengakses aplikasi ini.



Gambar 14. Tampilan Suhu



Gambar 15. Awal aplikasi



Gambar 16. Pemilihan Data



Gambar 17. Akses data hujan pada HP

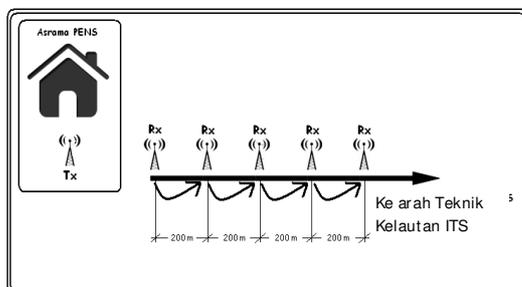


Gambar 18 Akses data suhu pada HP

**PENGUJIAN SISTEM**

**1. Pengujian sistem pengiriman data**  
**a. Kondisi LOS (Line Of Sight)**

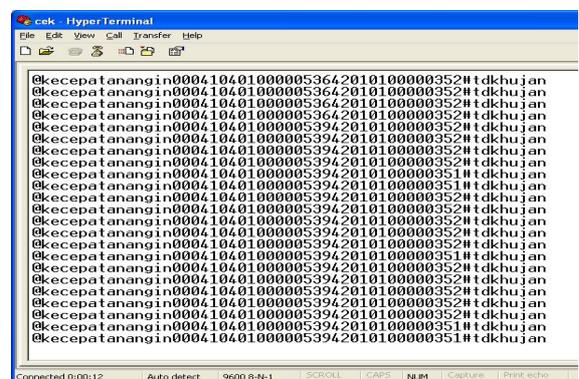
Propagasi *line of sight*, disebut dengan propagasi dengan gelombang langsung (*direct wave*), karena gelombang yang terpancar dari antena pemancar langsung berpropagasi menuju antena penerima dan tidak merambat di atas permukaan tanah. Pada propagasi LOS terdapat daerah yang harus dan wajib terhindar dari halangan, daerah itu disebut dengan daerah fresnel (*fresnel zone*).



Gambar 19. Pengukuran kondisi LOS

Pengamatan dilakukan dengan jarak 200 m dari pemancar seperti ditunjukkan Gambar

16. Gambar 20-21 menunjukkan data hasil pengiriman oleh *transmitter* ke *receiver*. Hasil pengamatan menunjukkan hasil pengiriman data pada jarak 200 m, 400 m, 600m masih dapat terkirim dengan baik, akan tetapi lain pada jarak 800m data sudah banyak yang hilang dan terjadi kesalahan seperti ditunjukkan pada Gambar 20. Hal tersebut diakibatkan oleh jarak pancar dari pemancar yang sudah tidak menjangkau lagi untuk mengirimkan data pada penerima.



Gambar 20. Data pada pengiriman dengan jarak 200 m

Tabel 1. Jarak pengiriman 200 m

Tanggal dan waktu	ID DATA	Hujan	suhu	angin
2011-07-24 16:18:00	10133	Tidak	28,2	0,8
2011-07-24 16:18:01	10134	Tidak	28,2	0,8
2011-07-24 16:18:02	10135	Hujan	28,2	0,9
2011-07-24 16:18:03	10136	Tidak	28,2	0,9

Sumber : data penelitian (2014)

Tabel 2. Jarak pengirim 400 m

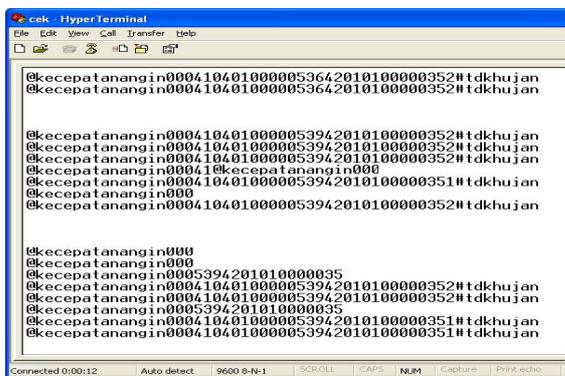
Tanggal dan waktu	ID DATA	Hujan	suhu	angin
2011-07-24 17:00:07	10237	Tidak	28,2	0,5
2011-07-24 17:00:08	10238	Hujan	28,1	0,4
2011-07-24 17:00:09	10239	Tidak	28,1	0,4
2011-07-24 17:00:10	10240	Tidak	28,1	0,4

Sumber : data penelitian (2014)

Tabel 3. Jarak pengirim 600 m

Tanggal dan waktu	ID DATA	Hujan	suhu	angin
2011-07-24 17:05:47	10273	Tidak	28,1	1,4
2011-07-24 17:05:48	10274	Tidak	28,1	1,3
2011-07-24 17:05:49	10275	Hujan	28,1	1,4
2011-07-24 17:05:50	10276	Tidak	28,1	1,4

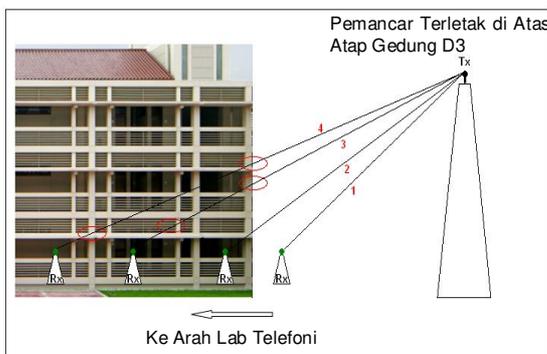
Sumber : data penelitian (2014)



Gambar 21. Data pada jarak 800 m

**b. Kondisi NLOS (Not Line Of Sight)**

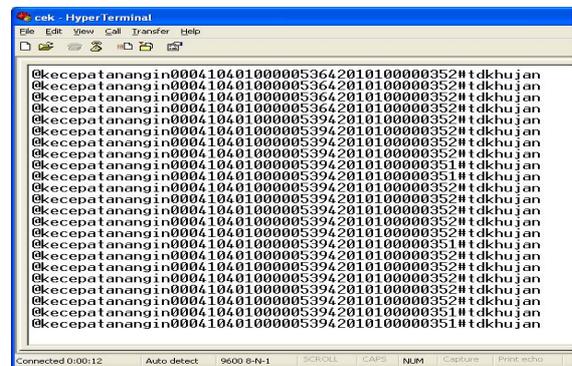
Pada kondisi ini sinyal yang dikirim dari pemancar akan mengalami redaman karena terhalang oleh tembok gedung. Sehingga level daya pemancar yang diterima oleh penerima menjadi berkurang. Pengukuran dilakukan di area kampus PENS-ITS dengan pemancar terletak diatas atap gedung D3 dan penerima berada dilorong depan Lab Telefoni Gedung D4 seperti ditunjukkan Gambar 22.



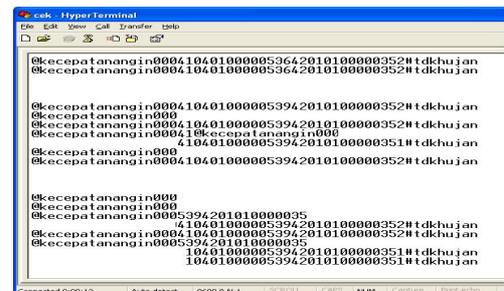
Gambar 22. Pengukuran Kondisi NLOS

Ada tiga posisi pengukuran pada Gambar 22 yaitu ditandai dengan Lingkaran yang berwarna merah menunjukkan bahwa sinyal yang dikirimkan oleh pemancar terhalang oleh tembok gedung. Dari gambar 22 sketsa pengukuran di atas dapat dianalisa bahwa pengukuran dilakukan dengan empat kali perpindahan tempat. Yang pertama adalah dilorong pertigaan menuju Mushola gedung D4 Pens, dimana sinyal yang dikirim dari pemancar masih dapat diterima oleh penerima tanpa ada data yang hilang seperti ditunjukkan Gambar 23.

Pada kondisi terhalang gedung yaitu posisi 3 dan 4 pada Gambar 24 data yang dikirimkan oleh pemancar tidak dapat diterima dengan baik oleh penerima seperti ditunjukkan Gambar 24. Hal tersebut diakibatkan oleh adanya tembok gedung yang mengakibatkan sinyal yang dipancarkan oleh antena pemancar terpantul dan tidak dapat diterima oleh penerima, dan kadang kala sinyal yang dipancarkan oleh pemancar dapat diterima, namun ada penundaan (*delay*).



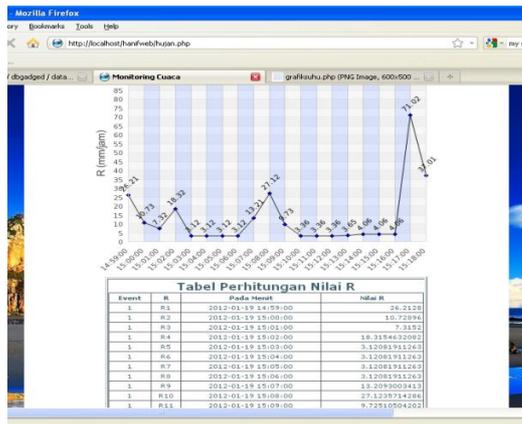
Gambar 23. Posisi 1 pengiriman data



Gambar 24. Posisi 3 pengiriman data kondisi terhalang gedung

**2. Pengujian sistem pada website**  
**a. Pengujian Hasil perhitungan**

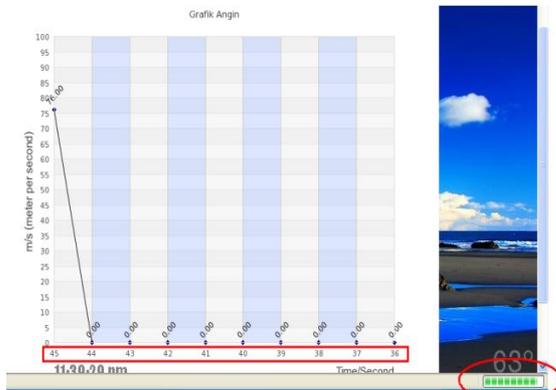
Pada proses ini, akan dilakukan pengecekan perhitungan nilai R dengan menggunakan pemrograman php pada website.



Gambar 24. Perhitungan nilai curah hujan

Dari gambar 25 dijelaskan bahwa, pada hujan.php akan dilakukan proses perhitungan nilai intensitas hujan atau nilai R dari hujan yang turun. Dimana pada tampilan hujan.php terdiri dari 2 buah informasi, yaitu grafik nilai curah hujan (R) dan tabel nilai R. Data yang telah tersimpan di database akan di hitung berdasarkan adanya even hujan. Gambar 25 menunjukkan tabel nilai R yang telah tersimpan pada database telah sama dengan data pada website.

**b. Pengecekan Grafik Realtime Pada Website**



Gambar 26. Tampilan grafik realtime

Dari Gambar 26 dapat dilihat bahwa pada lingkaran merah menunjukkan ada proses loading. Hal tersebut diakibatkan oleh adanya script auto refresh yang disisipkan pada file php agar page website refresh per 1 detik. Tujuan dari penggunaan script ini adalah membuat grafik seperti berjalan realtime, karena tanpa di refresh ulang, maka grafik tidak akan tampil realtime meskipun database sudah ter-update. Sedangkan yang di kotak warna merah, menunjukkan waktu detik data pada database. Hal tersebut menunjukkan bahwa data yang ditampilkan pada grafik website adalah data terbaru yang tersimpan pada database.

**c. Pengujian sistem pada mobile application**

Pengujian akses data pada handphone ini dilakukan menggunakan tiga provider dan tiga waktu pengukuran selama satu minggu untuk menunjukkan lama kecepatan akses dan kehandalan sistem ini. Tabel rata-rata kecepatan akses ditunjukkan oleh Tabel 5-7 oleh ketiga provider pada tiga kategori waktu yaitu pagi, siang dan malam.

Tabel 5. Delay Provider A

Data	Pagi	Siang	Malam
Data_Hujan	15 detik	40 detik	62 detik
Data_Angin	15detik	36detik	56detik
Data_Suhu	16 detik	38 detik	48 detik
Data_Kelembaban	15 detik	42 detik	57 detik

Sumber : data olahan (2014)

Tabel 2. Delay Provider B

Data	Pagi	Siang	Malam
Data_Hujan	30 detik	60 detik	80 detik
Data_Angin	32detik	65detik	76detik
Data_Suhu	30 detik	55 detik	59 detik
Data_Kelembaban	28 detik	58 detik	69 detik

Sumber : data olahan (2014)

Tabel 3. Delay Provider C

Data	Pagi	Siang	Malam
Data_Hujan	25 detik	60 detik	78 detik
Data_Angin	30detik	75detik	80detik
Data_Suhu	25 detik	52 detik	69 detik
Data_Kelembaban	32 detik	55 detik	69 detik

Sumber : data olahan (2014)

Dari hasil pengamatan pada Tabel 5-7 menunjukkan bahwa provider A memiliki waktu akses yang paling cepat dibandingkan dengan provider B dan C. Hal ini dikarenakan pada daerah pengamatan yaitu dikampus PENS provider B dan C kapasitas jaringannya lebih sedikit dan penggunaannya lebih banyak sehingga delay akses lebih lama dibandingkan provider A. Sedangkan *delay* pengamatan berdasarkan kategori waktu untuk *delay* akses saat siang dan malam lebih lama hal ini dikarenakan jaringan lebih banyak digunakan pada waktu siang dan malam dibanding pada waktu pagi hari.

### KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa pada bab sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan pengukuran jarak jangkauan dari pemancar yang digunakan adalah maksimal 700 meter pada kondisi LOS (*Line Of Sight*) dan 100 meter pada kondisi indoor.
2. Sistem informasi cuaca yang ditampilkan pada website merupakan data *realtime*, sehingga data yang ditampilkan adalah data yang tersimpan pada database yang paling baru.
3. Proses pengiriman data pada saat mengakses *mobile application delay* terkecil terjadi pagi hari pagi sebesar 15 detik sedangkan delay terbesar pada siang hari rata-rata sebesar 60 detik dan malam hari sebesar 80 detik. Hal ini dikarenakan kapasitas dan penggunaan layanan yang cukup padat pada siang dan malam hari.
4. Pada pengujian akses mobile application menggunakan beberapa provider, harus dipilih operator yang memiliki kapasitas jaringan besar untuk mendapatkan delay akses yang kecil sebesar 15 detik pada pagi hari, 40 detik siang hari dan 60 detik pada malam hari. Dengan mengakses layanan informasi ini, *user* akan mendapatkan informasi cuaca secara cepat mengenai kondisi cuaca suatu wilayah tertentu.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, H (2010) Rancang Bangun Peralatan Pengukur Curah Hujan Berbasis RF Menggunakan Mikrokontroler, *Proceeding IES*, Vol. 1 No. 1, pp. 209-213
- Handoyo, R (2008) Rancang Bangun Prototipe stasiun Klimatologi Pertanian Berbasis PC dan Mikrokontroler dengan Trancevier Nirkabel, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian*, Yogyakarta, Vol. 1, No. 1.
- Haniah M., dan Wijayanti, A (2011) Analisa Teknik *Diversity* pada Gelombang Millimeter untuk Implementasi Wireless Broadband, *Jurnal Emitter PENS*, Vol. 1, No. 1, pp. 98-107.
- Mahmudah, H (2008) Prediksi Redaman Hujan Menggunakan Synthetic Storm Technique (SST), *Master's Thesis*, ITS.
- Wijayanti A, Mahmudah H (2009), Karakterisasi Variasi Spasial Curah Hujan untuk Implementasi Wireless Broadband di Surabaya, *Proceeding SNATI*, Vol.1, pp G50-54.