

# Desain Penempatan Antena Wi-Fi 2,4 Ghz di Hall Gedung Baru PENS-ITS dengan Menggunakan Sistem C-MIMO

Nurista Wahyu Kirana<sup>1</sup>, Tri Budi Santoso<sup>2</sup>, Okkie Puspitorini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jurusan Teknik Telekomunikasi

<sup>2</sup> Laboratorium *Digital Signal Processing*, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

<sup>2</sup> Laboratorium *Microwave*, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Kampus ITS, Surabaya 60111

e-mail : nurista@student.eepis-its.edu    email: tribudi@eepis-its.edu, okkie@eepis-its.edu

**Abstrak**—Propagasi gelombang radio merupakan fenomena dalam proses perancangan sebuah sistem komunikasi nirkabel (*wireless communication*), karena propagasi merupakan parameter yang sangat penting pada keberhasilan sebuah sistem komunikasi. Pada proyek akhir ini akan dibuat simulasi penempatan antenna Wi-Fi di hall gedung baru Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember (PENS-ITS). Level daya dan *pathloss* diamati dengan melakukan pengukuran menggunakan *spectrum analyzer* dan *netstumbler*. Data ini selanjutnya digunakan dasar untuk proses simulasi penempatan antenna Wi-Fi dengan sistem C-MIMO (*Collocated Multiple Input Multiple Output*). Hasil proyek akhir ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang lokasi penempatan Wi-Fi yang optimal di hall gedung baru PENS-ITS.

**Kata kunci** : C-MIMO, *wireless communication*, *spectrum analyzer*, *netstumbler*, *pathloss*.

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi berkembang dengan cepat terutama jaringan *wireless* (jaringan nirkabel). PENS-ITS menyediakan layanan *wireless* untuk akses internet. Namun, tidak semua tempat di wilayah PENS-ITS bisa mendeteksi *wireless* tersebut. Di beberapa tempat terdapat *blank spot* (tidak terdeteksi adanya *wireless*) dan juga terdapat wilayah yang mendeteksi lebih dari satu akses *wireless*.

Pada proyek akhir ini digunakan C-MIMO (*Collocated Multiple Input Multiple Output*) untuk menempatkan antenna Wi-Fi. MIMO merupakan sistem komunikasi yang melewati banyak sinyal informasi dalam satu kanal sehingga efek propagasi sangat mempengaruhi sistem MIMO[1]. Sistem MIMO dapat didefinisikan secara sederhana sebagai penggunaan antenna pemancar dan penerima dengan jumlah jamak (*multiple*)[2]. Pada penelitian sebelumnya digunakan sistem MIMO untuk propagasi LOS dan NLOS indoor pada frekuensi 1,7 GHz[3]. Pada proyek akhir ini menggunakan frekuensi yang berbeda yaitu 2,4 GHz untuk memperoleh nilai level daya dan *pathloss*.

Tujuan dari proyek akhir ini adalah membuat simulasi penempatan antenna Wi-Fi dengan menggunakan sistem C-

MIMO (*Collocated Multi Input Multi Output*) berdasarkan propagasi LOS (*Line Of Sight*) dan NLOS (*Non Line Of Sight*) di hall gedung baru PENS-ITS untuk memperoleh lokasi untuk pengaksesan Wi-Fi yang optimal.

## II. TEORI PENUNJANG

### 2.1 *Wireless Fidelity (Wi-Fi)*

Versi Wi-Fi IEEE 802.11b/g beroperasi pada 2.400 MHz sampai 2.483,50 MHz. Wi-Fi bekerja dalam 11 channel (masing-masing 5 MHz), berpusat di frekuensi berikut:

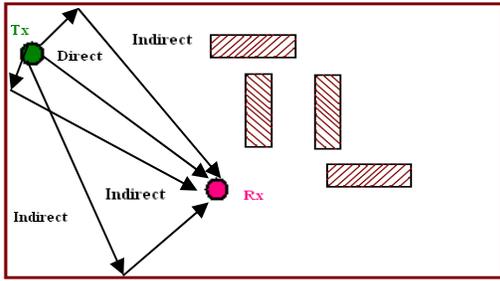
- a. Channel 1 - 2,412 MHz
- b. Channel 2 - 2,417 MHz
- c. Channel 3 - 2,422 MHz
- d. Channel 4 - 2,427 MHz
- e. Channel 5 - 2,432 MHz
- f. Channel 6 - 2,437 MHz
- g. Channel 7 - 2,442 MHz
- h. Channel 8 - 2,447 MHz
- i. Channel 9 - 2,452 MHz
- j. Channel 10 - 2,457 MHz
- k. Channel 11 - 2,462 MHz

### 2.2 *Propagasi Gelombang Radio*

Propagasi merupakan proses perambatan gelombang dari satu tempat ke tempat yang lain. Bila dilihat berdasarkan mekanisme propagasi sinyal, propagasi ada beberapa jenis diantaranya adalah *free space*, *refleksi*, *difraksi*, dan *scattering*.

### 2.3 *Lintasan Jamak (Multipath)*

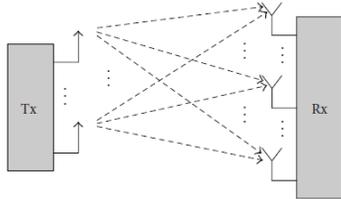
Multipath terjadi karena pada propagasi gelombang elektromagnetik tidak bisa dihindarkan adanya refleksi, difraksi, dan scattering. Multipath merupakan hal yang seharusnya dihindari pada sistem komunikasi *wireless*, karena multipath memberikan kerugian pada sistem transmisi *wireless*[5].



Gambar 1. Ilustrasi Multipath

### 2.4 Sistem MIMO

Dalam paper Michel A. Jensen dan J.W. Wallace membahas tentang antena dan propagasi untuk Komunikasi Nirkabel MIMO (*Multi Input Multi Output*). MIMO (*Multi Input Multi Output*) merupakan sistem komunikasi yang melewatkan banyak sinyal informasi dalam satu saluran/kanal. Sistem sebagai penggunaan antena pemancar dan penerima dengan jumlah jamak (multiple)[2].



Gambar 2. Blok sistem MIMO

### 2.5 Prinsip C-MIMO

Pada C-MIMO (*Collocated Multiple Input Multiple Output*) sejumlah antena yang digunakan mengumpul pada satu titik. Dalam Sistem C-MIMO dinyatakan dengan antena penerima sejumlah M, dengan K port *collocated* antena pemancar yang memiliki N antena per port sehingga sistem C-MIMO dinyatakan dalam (M,N,K). Setiap port yang ada saling mengirimkan informasi pada penerima secara bersamaan dengan cara tertentu.

### 2.6 Pathloss

*Pathloss* secara umum didefinisikan sebagai penurunan kuat medan secara menyeluruh sesuai bertambah jauhnya jarak antara pemancar dan penerima. *Pathloss free space model* jika diketahui jarak dan frekuensinya dapat dilihat pada persamaan (1)[4].

$$L_p = 10 \log_{10} G_T + 10 \log_{10} G_R + 20 \log_{10} h_T + 20 \log_{10} h_R - 40 \log_{10} d \quad (1)$$

Untuk perhitungan jarak digunakan rumus seperti persamaan (2) dan persamaan (3).

$$S = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (2)$$

$$J = \sqrt{(S)^2 + (H)^2} \quad (3)$$

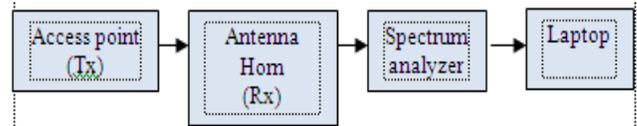
dengan,  $P_t$  dan  $P_r$  adalah daya pancar access point dan daya terima pada user,  $G_t$  dan  $G_r$  adalah gain antena pemancar dan

penerima,  $h_T$  dan  $h_R$  adalah tinggi antena pemancar dan tinggi antena penerima. sedangkan  $d$  adalah jarak Tx dan Rx.

## III. PERANCANGAN SISTEM

### 3.1 Set Up Pengukuran

Sesuai dengan metode pengukuran C-MIMO, maka setup pengukuran seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Setup Pengukuran

### 3.2 Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah :

- Access Point (antena transmitter).
- Antena Horn (antena receiver).
- Frequency Spectrum Handheld (FSH View).
- Kabel Koaksial.
- Laptop.
- Software FSH View dan Netstumbler.
- Meteran.
- Tripod Antena.

### 3.3 Parameter pengukuran

Parameter pengukuran yang dilakukan pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

- Ketinggian antena pemancar yang digunakan adalah 2,27 meter dan ketinggian antena penerima 0,98 meter.
- Frekuensi kerja 2,4 GHz. Dimana frekuensi start adalah 2,39 GHz dan frekuensi stop 2,49 GHz.
- Mengambil koordinat lokasi pengukuran akses point dan antena penerima.
- Pengukuran dilakukan secara *Line Of Sight* (LOS) dan *Non Line Of Sight* (NLOS).

### 3.4 Skenario pengukuran

Pada sistem C-MIMO digunakan antena array planar sintesis. Antena array planar sintesis disini diasumsikan sebagai pemindahan antena Tx pada bidang datar sebanyak dua titik pergeseran, dengan jarak antar elemen atau titik berbeda-beda. Konfigurasi antena *array planar sintesis* adalah konfigurasi 2x2 untuk pemancar dan penerima.

Jarak antar elemen *array* yang digunakan adalah  $0,5\lambda$ , bila frekuensi kerja yang digunakan adalah 2,4 GHz maka jarak antar elemen *array* adalah sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \text{dimana} \quad f = 2,4 \times 10^9 \text{ Hz}$$

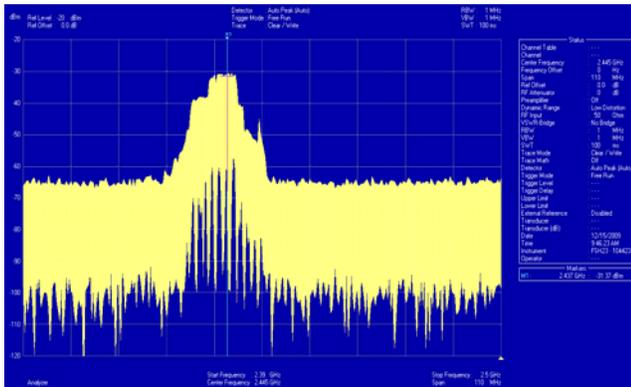
$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{2,4 \times 10^9} = 0,125 \text{ m}$$

Pengukuran dilakukan secara *Line of Sight* (LOS) dan *Non Line of Sight* (NLOS) yang dilakukan di hall gedung baru

PENS-ITS yang terdiri dari 3 lokasi pengukuran yaitu lantai 1, lantai 2 dan lantai 3. Pengukuran secara LOS dilakukan di luar ruang kelas dan pengukuran secara NLOS dilakukan dalam ruang kelas. Tiap lokasi pengamatan diambil sebanyak 25 titik sample.

### 3.5 Data Hasil Pengukuran

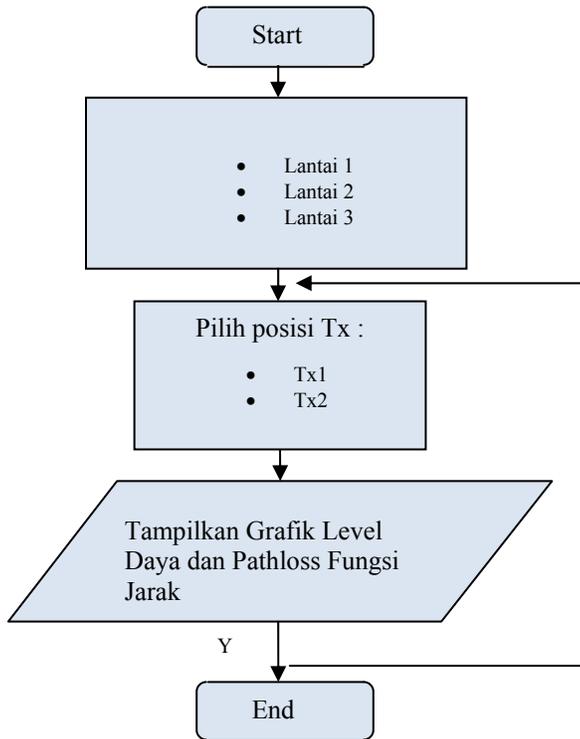
Dari hasil pengukuran diperoleh data yang berupa dalam bentuk \*.rss, untuk kemudian dicopy ke dalam Microsoft Excel untuk kemudian



Gambar 4. Data hasil pengukuran format \*.rss

### 3.6 Desain sistem

Dari data pengukuran dan hasil pengolahan menjadi bentuk grafik level daya dan *pathloss* terhadap fungsi jarak, tahap selanjutnya adalah membuat simulasi menggunakan perangkat lunak. *Flowchart* simulasi yang akan dibuat ditunjukkan dalam diagram di bawah ini.



Gambar 5. Flowchart rancangan tampilan simulasi

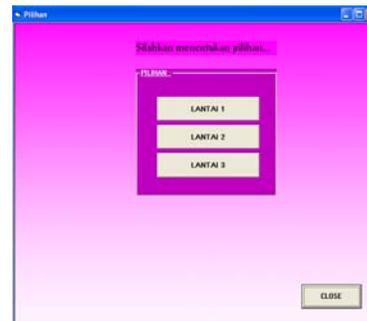
## IV. PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

### 4.1 Hasil Simulasi

Dari pengolahan data yang telah diperoleh, langkah selanjutnya adalah membuat simulasi. Simulasi dibuat dengan menggunakan software Visual Basic 6.



Gambar 6. Tampilan Awal Simulasi



Gambar 7. Tampilan Menu Pilihan

Pada menu pilihan ini ditampilkan pilihan bagi *user* untuk melihat simulasi pada lantai 1, lantai 2, atau lantai 3. Ketika *button* LANTAI 1 ditekan maka akan keluar tampilan denah penyebaran data pada lantai 1 seperti pada Gambar 8. Demikian pula dengan lantai 2 dan lantai 3.



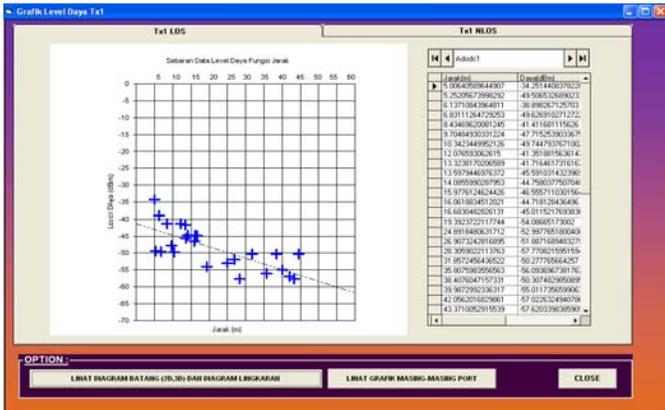
Gambar 8. Tampilan untuk melihat level daya dan pathloss di lantai1

Apabila ingin melihat level daya pada Tx1 maka diklik *optionbutton Tx1* dan *button coverage area* maka akan muncul tampilan seperti pada Gambar 9.



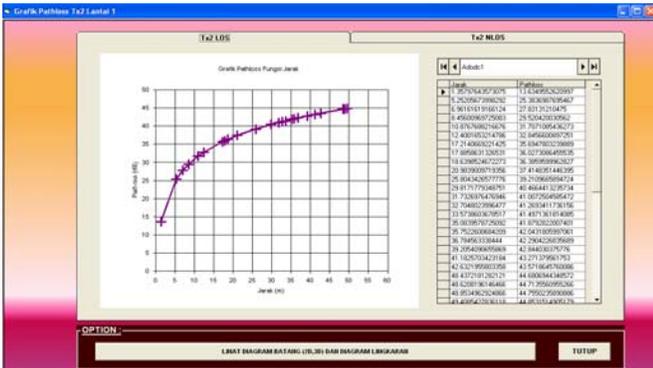
Gambar 9. Tampilan *coverage area* dan jarak di Tx1 di lantai 1

Untuk melihat tampilan sebaran data level daya pada Tx1 lantai 1 dapat dilakukan dengan cara meng-klik *button Lihat Grafik* sehingga akan muncul tampilan seperti pada Gambar 10.



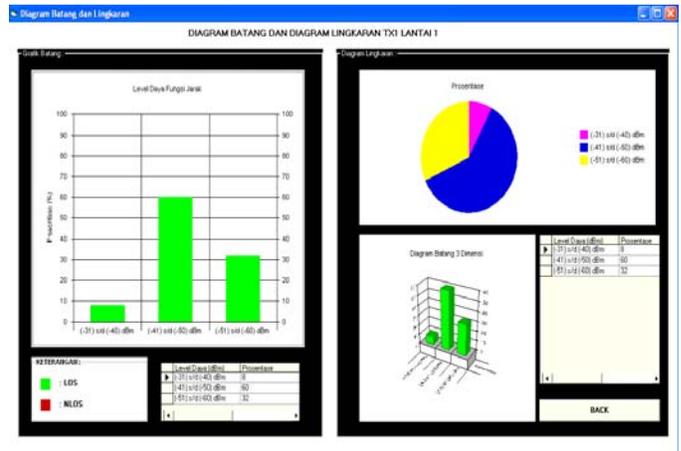
Gambar 10. Tampilan simulasi sebaran data level daya pada Tx1

Untuk tampilan grafik pathlossnya adalah sebagai berikut.



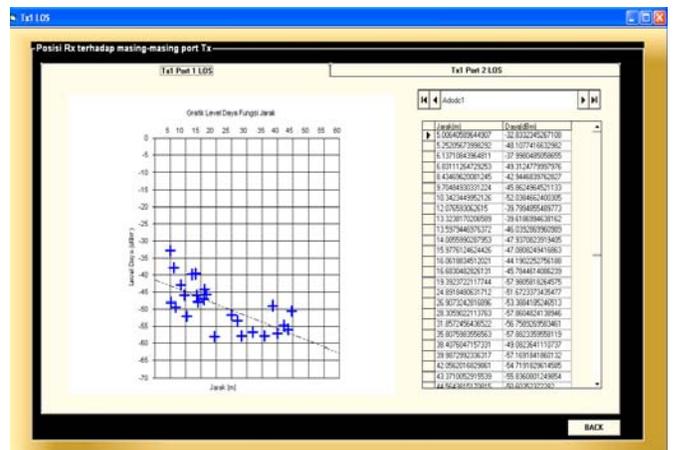
Gambar 11. Tampilan simulasi pathloss pada Tx1

Di samping itu juga dapat ditampilkan diagram batang dan diagram lingkaran pada masing-masing Tx.

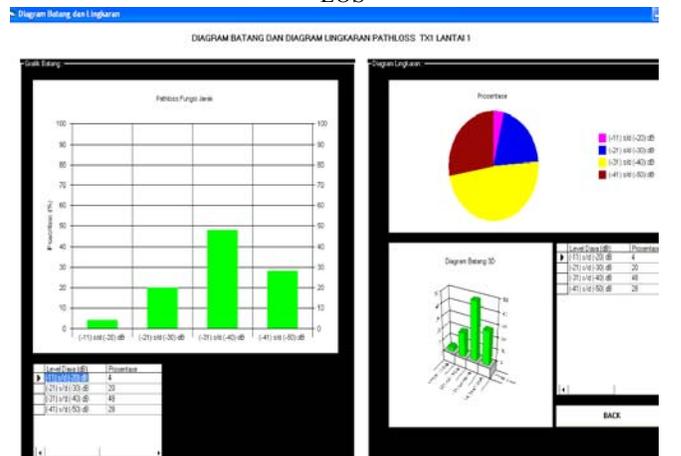


Gambar 12. Diagram batang dan lingkaran pada Tx1 lantai 1

Apabila *user* ingin melihat tampilan grafik pada masing-masing port maka *user* dapat menekan *button "lihat grafik masing-masing port"*



Gambar 13. Tampilan grafik sebaran data level daya Tx1 port 1 LOS



Gambar 14. Tampilan diagram batang pathloss Tx1 port 1 LOS

#### 4.2 Analisa Hasil Simulasi

##### Analisa di Hall Gedung Baru Lantai 1

Di lantai 1 terdapat dua kondisi yaitu ketika Tx1 menyala dan Tx2 mati atau Tx1 mati dan Tx2 menyala. Untuk kondisi yang pertama yaitu keadaan dimana Tx1 menyala dan Tx2 mati. Dari hasil pengukuran dan perhitungan sehingga pada akhirnya plot sebaran data level daya terhadap fungsi jarak, maka didapatkan hasil sebaran data level daya yang mendekati nilai seimbang yaitu 12 titik di bawah garis regresi dan 13 titik di atas garis regresi.

Pada kondisi yang kedua yaitu ketika Tx2 menyala sedangkan Tx1 dalam keadaan mati. Dari hasil plot sebaran data level daya terhadap fungsi jarak maka didapatkan nilai yang kurang seimbang yaitu 9 titik di atas garis regresi dan 16 titik di bawah garis regresi. Jadi berdasarkan analisa plot hasil sebaran data pada lantai 1 maka posisi yang optimal untuk menempatkan antenna Wi-Fi adalah pada posisi Tx1 karena jumlah sebaran datanya lebih seimbang daripada Tx2.

Berdasarkan prosentase antara daerah yang tercover oleh sinyal Wi-Fi terhadap Tx1 adalah 92% dan wilayah yang tidak tercover oleh sinyal Wi-Fi terhadap Tx1 adalah 8% sedangkan terhadap Tx2 wilayah yang tercover oleh sinyal Wi-Fi terhadap Tx2 adalah 84% dan wilayah yang tidak tercover oleh sinyal Wi-Fi terhadap Tx1 adalah 16%.

Berdasarkan pathlossnya, pada Tx1 *pathloss* terkecil adalah titik Rx20 yaitu sebesar 17,38 dB pada jarak 5,00 meter sedangkan pada Tx2 *pathloss* terkecil adalah titik Rx2 yaitu 18,63 dB pada jarak 1,35 meter. Dari hasil pengamatan berdasarkan level daya dan pathlossnya, penempatan antenna Wi-Fi di lantai 1 yang paling optimal adalah pada posisi Tx1.

##### Analisa di Hall Gedung Baru Lantai 2

Di lantai 2 terdapat dua kondisi yaitu ketika Tx1 menyala dan Tx2 mati atau Tx1 mati dan Tx2 menyala. Untuk kondisi yang pertama yaitu keadaan dimana Tx1 menyala dan Tx2 mati. Dari plot sebaran data untuk Tx1 LOS adalah 10 titik di atas regresi dan 7 titik di bawah regresi sehingga nilainya kurang ideal. Sedangkan untuk propagasi NLOSnya ada 3 titik di atas regresi dan 5 titik di bawah regresi.

Pada kondisi yang kedua yaitu ketika Tx2 menyala sedangkan Tx1 dalam keadaan mati. Dari hasil plot sebaran data level daya terhadap fungsi jarak maka didapatkan nilai yang lebih seimbang yaitu 8 titik di atas regresi dan 9 titik di bawah regresi. Sedangkan untuk propagasi NLOSnya ada 4 titik di atas regresi dan 4 titik di bawah regresi. Jadi berdasarkan analisa plot hasil sebaran data pada lantai 1 maka posisi yang optimal untuk menempatkan antenna Wi-Fi adalah pada posisi Tx2 karena jumlah sebaran datanya lebih seimbang daripada Tx1.

Berdasarkan prosentase dapat dianalisa bahwa prosentase antara daerah yang tercover oleh sinyal Wi-Fi terhadap Tx1 adalah 80% dan wilayah yang tidak tercover oleh sinyal Wi-Fi terhadap Tx1 adalah 20% sedangkan terhadap Tx2 wilayah yang tercover oleh sinyal Wi-Fi terhadap Tx2 adalah 84% dan wilayah yang tidak tercover oleh sinyal Wi-Fi terhadap Tx1 adalah 16%.

*Pathloss* terkecil berada pada Rx13 yaitu 45,30 dB yang berada sejauh 1,81 meter dari Tx1 sedangkan 42,79 dB berada

pada jarak 1,35 meter yang berada pada Rx20. Titik ini jaraknya paling dekat dengan Tx2.

Untuk kondisi NLOS, titik yang memiliki *pathloss* terkecil adalah pada Rx8 yaitu 45,30 dB pada jarak 18,83 meter terhadap Tx1 dan *pathloss* terkecil terhadap Tx2 adalah adalah Rx1 65,63 dB sejauh 11,86 meter dari pemancar.

Dari hasil pengamatan berdasarkan level daya dan pathlossnya (kondisi LOS dan NLOS), penempatan antenna Wi-Fi di lantai 2 yang paling optimal adalah pada posisi Tx2.

##### Analisa di Hall Gedung Baru Lantai 3

Berdasarkan sebaran data level daya dari hasil simulasi tersebut untuk kondisi Tx1 LOS adalah 12 titik di atas garis regresi dan 5 titik di bawah garis regresi sedangkan untuk kondisi NLOS adalah 2 titik di atas garis regresi dan 6 titik di bawah garis regresi.

Untuk Tx2 kondisi LOS sebaran data level daya adalah 13 titik di atas garis regresi dan 4 titik di bawah garis regresi sedangkan untuk kondisi NLOSnya adalah 4 titik di atas garis regresi dan 4 titik di bawah garis regresi.

Dari dua kondisi di atas antara Tx1 dan Tx2 dapat dibandingkan bahwa Tx1 lebih seimbang daripada Tx2 karena jumlah titik (LOS dan NLOS) yang berada di atas garis regresi adalah 14 titik dan yang berada di bawah regresi adalah 11 titik sedangkan pada Tx2 jumlah titik yang berada di atas regresi adalah 17 titik sedangkan yang berada di bawah regresi adalah 8 titik. Jadi untuk lantai 3 posisi pemancar yang paling optimal di Tx1.

Berdasarkan prosentase dapat dianalisa bahwa prosentase antara daerah yang tercover oleh sinyal Wi-Fi terhadap Tx1 adalah 84% dan wilayah yang tidak tercover oleh sinyal Wi-Fi terhadap Tx1 adalah 16% sedangkan terhadap Tx2 wilayah yang tercover oleh sinyal Wi-Fi terhadap Tx2 adalah 80% dan wilayah yang tidak tercover oleh sinyal Wi-Fi terhadap Tx1 adalah 20%. Jadi berdasarkan prosentase *coverage area* Wi-Fi yang paling bagus adalah ketika antenna berada pada posisi Tx1.

Berdasarkan pathlossnya, pada Tx1 *pathloss* terkecil berada pada Rx24 yaitu 46,71 dB yang berada sejauh 7,11 meter dari Tx1 sedangkan terhadap Tx2 *pathloss* terkecil adalah 47,35 dB berada pada jarak 8,45 meter yang berada pada Rx12.

Untuk kondisi NLOS, *pathloss* terkecil adalah pada Rx11 yaitu 60,62 dB pada jarak 10,58 meter dari pemancar sedangkan terhadap Tx2 adalah Rx1 yaitu 61,12 dB jaraknya 11,21 meter dari Tx2.

Dari hasil pengamatan berdasarkan level daya dan pathlossnya (kondisi LOS dan NLOS), penempatan antenna Wi-Fi di lantai 2 yang paling optimal adalah pada posisi Tx1.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran, pengolahan data, dan analisa data pada tugas akhir ini maka dapat disimpulkan beberapa hal yaitu :

1. Kinerja antena wi-Fi yang terbaik di lantai 1 adalah pada posisi Tx1 ( di Perpustakaan gedung baru) dengan nilai pathloss 17,38 dB dan dapat mengcover 92% dari seluruh hall lantai 1.
2. Kinerja antena wi-Fi yang terbaik di lantai 2 adalah pada posisi Tx2 ( di Lab Pemrograman 2) dengan nilai pathloss 42,79 dB , dan dapat mengcover 84% dari seluruh hall lantai 2.
3. Kinerja antena wi-Fi yang terbaik di lantai 3 adalah pada posisi Tx1 ( di ruang kalab kontrol otomatis) dengan nilai pathloss 46,71 dB dan dapat mengcover 84% dari seluruh hall lantai 3.

### B. Saran

Ada beberapa saran untuk pengembangan tugas akhir ini diantaranya adalah :

1. Mengambil data pada tempat pengukuran yang berbeda di luar ruangan.
2. Pengukuran menggunakan konfigurasi antena array, frekuensi, serta channel yang berbeda.
3. Pengukuran dilakukan dengan posisi penempatan antena pemancar dan penerima antar lantai.

## REFERENSI

- [1] H. Zhang, H. Dai, "On the Capacity of Distributed MIMO Systems", Princeton University, Princeton, NJ, March 2004.
- [2] Michael A. Jensen, John Wallace, "A Review of Antennas and Propagation for MIMO Wireless Communication", IEEE, 2004.
- [3] Okkie Puspitorini, Nur Adi S, Haniah M, Ari W, "Experimental Investigation of Path Amplitudes Distribution of D-MIMO Radio Channel for Indoor Picocells Scenarios", PENS-ITS.
- [4] David Parsons, "The Mobile Radio Propagation Channel".
- [5] Arif Rahmad Hidayat, "pengukuran dan Pengolahan Tanggapan Impuls Kanal Radio LOS dalam Ruang (Ruang Lorong Dosen Lt.3) menggunakan sistem D-MIMO", PENS-ITS, 2006.
- [6] C.Chuah, J.M Kahn, "Capacity of Multi-antenna Array systems in Indoor Wireless Environment", Sydney, 1998.
- [7] Nursantoso, "Pengukuran dan Pengolahan Excess Delay Kanal Radio Propagasi Indoor (NLOS) menggunakan sistem D-MIMO", PENS-ITS, 2006.
- [8] A.M.Saleh, A Rustako, "Distributed Antenna for Indoor Radio Communication", 1987.