

**RANCANG BANGUN SISTEM AKTIF *INBUILDING*
DISTRIBUTED ANTENNA SYSTEM PADA STUDI KASUS PT.
PRANALIKA ENERGI NUSA UNTUK GEDUNG XYZ**

NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR



ABDURRACHMAN AZIS
5140711037

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN ELEKTRO
UNIVERSITAS TEKNOLOGI YOGYAKARTA

YOGYAKARTA
2018

**HALAMAN PENGESAHAN
NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR MAHASISWA**

Judul Tugas Akhir:

RANCANG BANGUN SISTEM AKTIF *INBUILDING DISTRIBUTED ANTENNA* SYSTEM PADA STUDI KASUS PT. PRANALIKA ENERGI NUSA UNTUK GEDUNG XYZ

Judul Naskah Publikasi:

RANCANG BANGUN SISTEM AKTIF *INBUILDING DISTRIBUTED ANTENNA* SYSTEM PADA STUDI KASUS PT. PRANALIKA ENERGI NUSA UNTUK GEDUNG XYZ

Disusun oleh:

ABDURRACHMAN AZIS

5140711037

Mengetahui,

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Ikrima Alfi, S.T., M.Eng	Pembimbing

Naskah Publikasi Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro

Yogyakarta,.....

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Satyo Nuryadi, S.T., M.Eng.

NIK. 100205023

PERNYATAAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, Saya:

Nama : Abdurrachman Azis
NIM : 5140711037
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknologi Informasi dan Elektro

“Rancang Bangun Sistem Aktif *Inbuilding Distributed Antenna System* Pada Studi Kasus PT. Pranalika Energi Nusa Untuk Gedung XYZ”

Menyatakan bahwa Naskah Publikasi ini hanya akan dipublikasikan di JURNAL TeknoSAINS FST UTY, dan tidak dipublikasikan di jurnal yang lain.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 4 Juli 2018

Penulis,

Abdurrachman Azis
5140711037

Rancang Bangun Sistem Aktif *Inbuilding Distributed Antenna System* Pada Studi Kasus PT. Pranalika Energi Nusa Untuk Gedung XYZ

Abdurrachman Azis

Program Studi Teknik Elektro

Universitas Teknologi Yogyakarta

Jl. Ringroad Utara Jombor Sleman Yogyakarta

E-mail : abdurrachman.azis@student.uty.ac.id

ABSTRAK

Layanan seluler seperti *voice call*, *short text messages* dan akses data saat ini merupakan salah satu kebutuhan yang sangat diprioritaskan masyarakat Indonesia untuk berkomunikasi satu sama lain di luar maupun di dalam Gedung. Gedung XYZ merupakan salah satu Gedung milik PT. Pranalika Energi Nusa dengan kendala berupa minimnya sinyal yang ada di dalam Gedung, sehingga mengakibatkan adanya *drop call*, *low signal* hingga *lost signal*. Hal ini disebabkan oleh banyaknya material gedung yang tebal dan bersekat sehingga mengakibatkan sinyal sulit masuk ke dalam Gedung. Salah satu cara agar sinyal operator dapat masuk ke dalam gedung yaitu menggunakan infrastruktur jaringan *inbuilding Distributed Antenna System (DAS)*. Penelitian ini menggunakan sistem aktif DAS mengingat luasnya gedung dan trafik seluler yang tinggi pada Gedung XYZ. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil infrastruktur DAS yang sesuai dengan *Key Performance Indicator (KPI)* dan *Service Level Agreement (SLA)* 95% dengan memanfaatkan software simulasi *IBWave Design*. *IBWave Design* merupakan software khusus untuk membuat infrastruktur DAS dengan keunggulan *real-time prediction simulation*, sehingga dapat dilihat sebaran sinyal di setiap lantainya hingga *summary KPI SLA 95%*. Berdasarkan hasil penelitian menggunakan sistem Aktif DAS dan telah disimulasikan menggunakan *IBWave*, Gedung XYZ telah memenuhi standar *KPI SLA* sebesar 98.35% dan *RSCP* lebih dari -85 dBm dengan penggunaan antena lebih sedikit dari pada menggunakan sistem Pasif DAS.

Kata kunci : *inbuilding Distributed Antenna System, Radio Frequency, IBWave, Active DAS*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan pengguna internet teraktif nomor enam di dunia[1]. Penggunaan internet tersebut biasanya digunakan untuk keperluan perkantoran, start up, local business hingga keperluan kalangan mahasiswa dan umum. Saat ini ada tiga jenis pengguna internet di dunia, yaitu pengguna di luar ruangan (*outdoor*), dalam ruangan (*indoor*), dan bergerak (*mobile*). Khususnya dalam perkantoran di dalam gedung bertingkat dan tertutup, tentunya mempunyai kendala untuk menerima sinyal operator yang tidak dapat menembus material gedung dan peredam ruangan gedung. Hal tersebut mengakibatkan gangguan pada komunikasi seluler berupa *drop call*, *signal lost* dan terkendalanya akses data internet. Gedung XYZ yang di *provide* oleh PT. Pranalika Energi Nusa mempunyai kendala buruknya sinyal di dalam gedung, sehingga terjadi banyak gangguan telekomunikasi di dalam gedung. Sistem *Inbuilding Distributed Antenna System (iDAS)* merupakan solusi tepat untuk mengatasi masalah

terjadinya penyusutan kapasitas pada layanan data dan juga terjadinya *insufficient coverage* yang menyebabkan munculnya *shadow area* akibat gedung-gedung yang menutupi area layanan. Tingginya trafik dan luasnya gedung pada Gedung XYZ memerlukan sistem *iDAS* yang dapat mencakup luasnya gedung dan dapat mengakomodasi tingginya trafik penggunaan seluler di dalam gedung. Oleh karena itu, salah satu solusi untuk Gedung XYZ adalah diperlukannya sebuah teknologi sistem aktif *iDAS* di dalam gedung tersebut. Dalam penelitian ini, peneliti hanya membatasi penelitian hanya di lingkup infrastruktur *iDAS* nya saja. Dan dengan di bangunnya sistem aktif *iDAS* pada Gedung XYZ, maka Gedung XYZ dapat melakukan penggunaan seluler di dalam gedung tanpa adanya kendala.

2. LANDASAN TEORI

Distributed Antenna System adalah sistem yang mendistribusikan sinyal ke dalam sebuah gedung menggunakan antena dalam ruangan untuk

memberikan jangkauan dan dominasi yang memadai. Untuk menerapkan sistem ini, kita harus membagi sinyal dari BTS *indoor* ke beberapa antena di bagian dalam bangunan[2]. Terdapat dua jenis DAS, yaitu aktif dan pasif. Aktif DAS merupakan sistem DAS yang menggunakan kabel fiber optik untuk mendistribusikan sinyal antara sumber sinyal terpusat dan "node remote" yang ditempatkan di sekitar sebuah bangunan. Sumber sinyal biasanya adalah "head-end" yang menggabungkan sinyal dari beberapa operator (*multiple carriers*). Sedangkan Pasif DAS adalah DAS yang menggunakan komponen pasif seperti kabel koaksial, *splitter* dan *duplexers* untuk mendistribusikan sinyal, tidak seperti DAS aktif, DAS pasif menggunakan *amplifier bi-directional* untuk *rebroadcast* sinyal dari makro jaringan selular menggunakan transmisi Microwave yang diletakkan di atap gedung, hal ini sering disebut dengan istilah *Outdoor Unit* atau menggunakan transmisi Fiber Optik.

2.1. Komponen Aktif DAS

Komponen Aktif DAS yang peneliti gunakan pada penelitian ini adalah *Slim Active DAS* (SDAS) milik Wave-in. Wave In merupakan produk aktif DAS terbaru yang mempunyai komponen sangat ringkas daripada sistem aktif DAS konvensional. SDAS mempunyai dua komponen aktif utama yaitu Head End Unit (HEU) yang berfungsi sebagai *Electrical to Optical* atau E/O Converter. HEU berfungsi juga sebagai sistem monitoring DAS yang di bangun. Komponen utama kedua adalah Remote Antenna Unit (RAU), adalah komponen aktif yang berfungsi sebagai RF Transmitter. RAU merupakan komponen yang terhubung sebelum antena distribusi dan dipasang setelah HEU. Berfungsi sebagai penguat dan pumping sinyal dari kabel backbone fiber optic menuju antena distribusi

2.2. Transmission Loss

Untuk menghitung *losses* yang terjadi pada transmisi DAS pada penelitian ini, peneliti menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sum \text{Loss Transmisi} = \text{Connector} + \text{Splitter} + \text{Cable} \quad (1)$$

Loss transmisi menghitung rugi-rugi transmisi yang diakibatkan dengan adanya komponen-komponen pasif seperti *splitter*, *hybrid combiner*, *cable* hingga *connector*.

2.3. Free Space Loss

Free Space Loss adalah penurunan intensitas gelombang radiasi ketika merambat pada ruang bebas dari pemancar ke penerima pada sistem

telekomunikasi. Free space loss dapat timbul disebabkan oleh banyak faktor, seperti kontur tanah, lingkungan yang berbeda, medium propagasi (udara yang kering atau lembab), jarak antara antena pemancar dan penerima, lokasi dan tinggi antena. Propagasi gelombang radio pada ruang bebas sangat tergantung pada frekuensi sinyal dan penghalang (obstacles) pada arah rambat gelombang. Propagasi gelombang radio pada ruang bebas (free space) dapat dirumuskan sebagai berikut[3]

$$FSL = 32.45 + 20 \log d \text{ (km)} + 20 \log f \text{ (MHz)} \quad (2)$$

2.4. Equivalent Isotropically Radiated Power

Equivalent Isotropically Radiated Power (EIRP) adalah nilai daya yang dipancarkan oleh antena omnidirectional atau isotropic (menyebar kesegala arah) untuk menghasilkan radiasi maksimum penguatan antena. EIRP juga dapat didefinisikan sebagai perkalian antara daya pancar pada antena dengan penguat atau gain. Dengan EIRP maka kita dapat mengetahui nilai gain dan field strength values dari antena. EIRP dapat dirumuskan dalam persamaan 2.7 [4]

$$P_{EIRP} = P_T + G_T - L_T \text{ (dB)} \quad (3)$$

Daya yang diterima,

$$P_R = EIRP - \text{Path Loss} + \text{Antenna Gain} \quad (4)$$

Dari persamaan tersebut maka dapat diketahui bahwa penguatan yang diterima akan dikurangi oleh factor EIRP dan Path Loss.

2.5. Received Signal Level

RSL adalah adalah perhitungan antara penguatan (gain) dan rugi-rugi (loss) yang dipancarkan oleh antena pemancar melalui suatu medium (free space, kabel, waveguide, fiber optik dan lain-lain) ke antena penerima pada sistem telekomunikasi. Perhitungan RSL secara sederhana dapat diasumsikan sebagai berikut

$$P_{th} \text{ (dBm)} = (E_b/N_0) \text{ (dB)} + 10 \log B_r \text{ (dB)} + \text{Thermal Noise (dBw)} + \text{NF (dB)} \quad (5)$$

2.6. Pointing Antenna

Dalam menentukan berapa banyaknya antena yang akan di pasang pada setiap lantai, perusahaan mempunyai ketetapan rumus sebagai berikut

$$n = \frac{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}}{\text{Radius Antena Omnidirectional } 2\pi r^2 \text{ (m}^2\text{)}} \quad (6)$$

2.7. Fiber Optic Loss

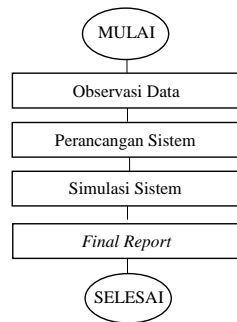
Fiber optik mempunyai keunggulan dalam kecilnya tingkat loss pada panjangnya kabel. Untuk

menghitung loss terhadap panjangnya kabel fiber optik per-kilo meter, dapat menggunakan rumus sebagai berikut

$$Loss_{FO} = \frac{Panjang\ Kabel\ (KM)}{Loss\ Transmisi\ Kabel\ tiap\ 1\ KM} \quad (7)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada salah satu perusahaan Telekomunikasi, Mineral & Gas di Jakarta, PT. Pranalika Energi Nusa yang memiliki gedung dengan kendala pada jaringan telekomunikasi. Kendala yang di temukan berupa adanya *blind spot*, *drop call* dan sering terjadi *hand over*. Berikut metode penelitian yang dibuat oleh peneliti dalam menyelesaikan studi kasus tersebut.



Gambar 1. Diagram Penelitian

Tahap penelitian dimulai dari data hasil observasi pada perusahaan PT. Pranalika Energi Nusa yang memiliki data gedung dengan jaringan telekomunikasi bermasalah. Pada tahap ini, penulis menghadiri *briefing* dan wawancara dengan *Building Manager* dari Gedung XYZ untuk merancang sistem aktif iDAS pada Gedung XYZ. Setelah peneliti mendapatkan data floorplan Gedung, selanjutnya adalah melakukan Analisa indoor Gedung dan melakukan perhitungan link budget serta melakukan pointing antenna. Setelah itu, peneliti melakukan implementasi ke software IBWave dan melakukan simulasi coverage prediction. Setelah simulasi di compile, maka peneliti dapat melihat apakah DAS yang dibuat telah sesuai dengan standar KPI operator atau belum.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah awal sebelum pembuatan infrastruktur jaringan DAS adalah dengan melakukan Walk Test atau Frequency Scanning pada Gedung XYZ.

4.1. Frequency Scanning

Peneliti menggunakan software TEMS Investigation sebagai software untuk Walk Test pada Gedung

XYZ, dan menggunakan ActiX Analyzer sebagai pengolah log filenya. Berikut summary hasil Walk Test pada Gedung XYZ sebelum di bangun sistem DAS

Tabel 1. Walk Test Summary

No	Area	RSCP			Ec/No		
		Result (dBm)	Coverage	Quality	Result (dB)	Coverage	Quality
1	Lantai GF	-105 ≥ RSCP < -95	67.7%	Bad	-18 Ec/No < -12.00	91.4%	Bad
2	Lantai 1	-95 ≥ RSCP < -85	54.3%	Bad	-18 Ec/No < -12.00	94.9%	Bad
3	Lantai 2	-95 ≥ RSCP < -85	63.5%	Bad	-18 Ec/No < -12.00	94.5%	Bad

Hasil *Walk Test* yang telah peneliti lakukan menunjukkan bahwa Gedung XYZ mempunyai kualitas sinyal indoor yang sangat buruk, dan di perlukan adanya optimasi sinyal di dalam Gedung.

4.2. Link Budget

Perhitungan link budget terdiri dari perhitungan Coverage Area yang menentukan sensitivitas daya terima minimum pada antenna, transmission loss, EIRP, Berikut perhitungan link budget untuk Gedung XYZ

4.2.1. Coverage Area

Sensitivitas Daya Terima Minimum adalah sensitivitas device menerima sinyal dalam notasi dBm

$$P_{th} = 9.6 \text{ (dB)} + 25.8 \text{ (dB)} - 204 \text{ (dBw)} + 3 \text{ (dB)}$$

$$P_{th(dBm)} = -135.60 \text{ dBm}$$

4.2.2. Transmission Loss

Transmission Loss adalah perhitungan rugi-rugi transmisi pada DAS yang akan di buat. Sistem aktif ini menggunakan fiber optic sebagai backbonenya dan coaxial cable untuk transmisi antenna distribusi setelah RAU. Berikut rugi-rugi transmisi pada BTS/Repeater ke HEU

Tabel 2. BTS to HEU Transmission Loss

MATERIAL	Band Frequencies					2100 UMTS				
	TX Power Source 20dBm (LOW PIM)									
	Loss	HEU 1	HEU 2	HEU 3	HEU 4	HEU 5				
Jumper 5m DINm-Nm	-2									
Total Jumper Loss (dBm)		0	0	0	0	0				
Jumper 3m Nm-Nm	-1.5	1	1	1						
Total Jumper Loss (dBm)		-1.5	-1.5	-1.5	0	0				
Jumper 1m Nm-Nm	-0.5	2	2	2	2	2				
Total Jumper Loss (dBm)		-1	-1	-1	-1	-1				
Splitter 2 Ways	-3.01				1	1				
Total Splitter Loss (dBm)		0	0	0	-3.01	-3.01				
Splitter 3 Ways	-4.9	1	1	1						
Total Splitter Loss (dBm)		-4.9	-4.9	-4.9	0	0				
Head End Unit Gain	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9				
Tx Power Source (Low PIM)	20	20	20	20	20	20				
TOTAL OUTPUT HEU (dBm)		15.5	15.5	15.5	18.89	18.89				

Berikut rugi-rugi tranmisi pada HEU hingga RAU

Tabel 3. HEU to RAU Transmission Loss

NO	Komponen	Panjang Transmisi (m)	Receiver Power (dBm)	Gain Power (dBm) +2.9dBm
1	HEU to RAU 1A	21.09	12.6	15.5
2	HEU to RAU 1B	61.70	12.6	15.5
3	HEU to RAU 2A	49.42	12.6	15.5
4	HEU to RAU 2B	49.22	12.6	15.5
5	HEU to RAU 3A	50.47	12.6	15.5
6	HEU to RAU 4A	44.16	15.9	18.9
7	HEU to RAU 4B	86.80	15.9	18.9
8	HEU to RAU 5A	73.25	15.9	18.9
9	HEU to RAU 5B	34.72	15.9	18.9

4.2.3. EIRP

Perhitungan EIRP yaitu penjumlahan antara daya output dari transmitter power BTS lalu dikurangkan oleh *feeder line loss*. Dalam menghitung EIRP, dapat menggunakan rumus 2.4. Pada perhitungan mengambil sampel pada antenna AO-B-9,

$$EIRP = 20 \text{ dBm} - 18.3 \text{ dBm} + 2.9 \text{ dBm} + 5 \text{ dBm}$$

$$EIRP = 9.6 \text{ dBm}$$

4.2.4. FSL

Berikut perhitungan FSL untuk transmisi microwave yang mempunyai jarak 10 km dengan antenna penerima. Sedangkan frekuensi yang digunakan pada sistem iDAS ini adalah jaringan UMTS 2100MHz. Sehingga dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$FSL = 32.45 + 20 \log 10 \text{ (km)} + 20 \log 2100 \text{ (MHz)}$$

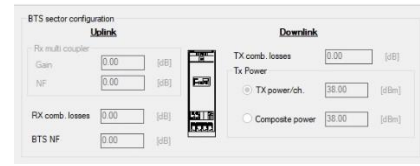
$$FSL = 118.89 \text{ dB}$$

4.3. Building Floor Plan Review

Setiap lantai pada sebuah Gedung tentunya mempunyai *obstacles* yang berbeda-beda. Oleh karena itu, *Radio Frequency Engineer* harus dapat membaca *floorplan* pada sebuah gedung agar dapat meletakkan titik antenna dengan tepat. Gedung XYZ merupakan gedung berbasis *mall*, oleh karena itu, di setiap lantainya mempunyai desain yang berbeda-beda.

4.4. Konfigurasi BTS

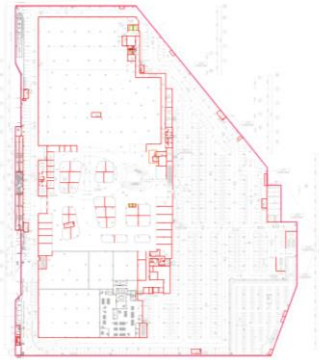
BTS atau Repeater yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai Tx Power sebesar 20 dBm. Di dalam IBWave, kita dapat mengubah besarnya Tx Power pada BTS atau Repeater yang hendak kita buat.



Gambar 2. BTS Configuration IBWave

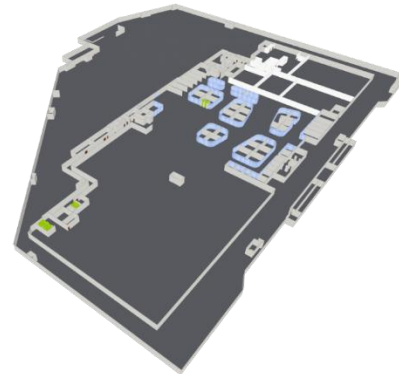
4.5. Pembuatan Partisi dan Material Gedung

Ketika kita ingin memanfaatkan coverage prediction simulation milik IBWave, maka kita perlu membuat dan menggambar ulang floorplan dari Gedung XYZ dengan detail. Setelah semua material dinding dan lantai dibuat, maka kita akan mendapatkan hasil simulasi yang akurat. Berikut salah satu hasil pembuatan partisi dengan IBWave



Gambar 3. Wall Partition Created with IBWave

Setelah kita membuat partisi disetiap lantainya, maka kita dapat melihat hasil 3D Rendering dengan IBWave

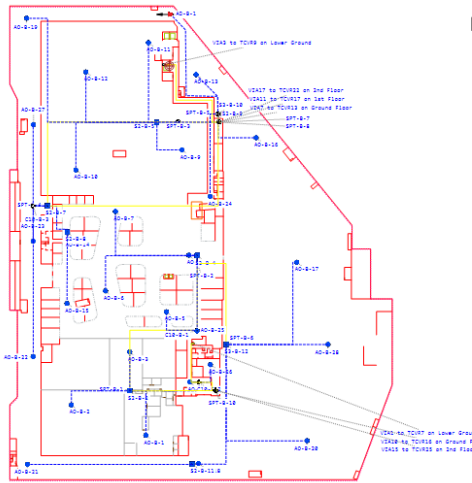


Gambar 4. 3D Modelling Partition IBWave

4.6 Plotting Antenna

Setelah pembuatan material dan partisi disetiap lantai selesai, maka selanjutnya adalah melakukan perencanaan penempatan titik antenna. Berdasarkan pihak vendor, antenna omni-directional dengan menggunakan sistem aktif DAS ini dapat memberikan cakupan seluas 1600 m². Sehingga dapat

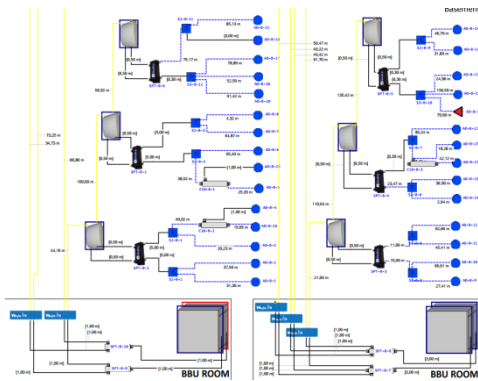
mengasumsikan luas pada setiap lantai di bagi dengan 1600 m². Akan tetapi hal tersebut hanya berlaku jika di setiap lantainya tidak mempunyai partisi. Oleh karena itu, peneliti harus meletakkan antenna berdasarkan potensi penggunaan trafik seluler di dalam Gedung tersebut. Berikut adalah salah satu lantai pada Gedung XYZ yang telah di lakukan pointing antenna dan cable routing



Gambar 5. Antenna Layout

4.7. Schematic Diagram

Setelah kita membuat cable routing pada floorplan Gedung XYZ, maka selanjutnya adalah melakukan pembuatan schematic diagram. Berikut adalah schematic diagram pada Gedung XYZ yang peneliti buat



Gambar 6. Schematic Diagram Basement

4.8. Simulasi IBWave

Setelah peneliti menghitung prakiraan menggunakan metode manual yaitu link budget, maka selanjutnya peneliti membuat perancangan infrastruktur jaringan inbuilding DAS menggunakan IBWave. Dengan menggunakannya IBWave sebagai software untuk membuat iDAS, maka RF Engineer akan mendapat

kemudahan dalam sektor simulation atau prediction untuk sebaran sinyal yang terjadi pada sistem yang telah dibuat. Berikut hasil simulasi menggunakan IBWave

4.8.1 Coverage Prediction

Coverage Prediction merupakan main feature dari IBWave yang secara akurat memberikan visualisasi cakupan setiap antenna dengan obstacles yang telah dibuat. Berikut hasil simulasi coverage prediction pada salah satu lantai Gedung XYZ



Gambar 7. Coverage Prediction with IBWave

Untuk lantai basement sudah sesuai dan telah mencakup standar coverage SLA 95% dengan perolehan coverage sebesar 96.5%. Kesimpulan untuk perolehan coverage lantai basement sudah cukup baik dan sudah mencakup keseluruhan. Perolehan RSCP pada lantai Basement rata rata mempunyai kekuatan sinyal di angka ≥ -75 dBm (88,1%)

4.8.2. Horizontal Link Budget

Untuk mengetahui besaran EIRP pada tiap antenna, maka dibutuhkan proses generating output Horizontal Link Budget pada IBWave agar dapat mengetahui besaran EIRP-nya. Dengan adanya summary horizontal link budget pada IBWave, maka kita dapat melihat apakah perhitungan yang peneliti buat secara manual dengan metode tabel link budget sesuai atau tidak. Berikut Horizontal Link Budget dari DAS yang peneliti buat pada tabel 4

Tabel 4. Horizontal Link Budget Basement

Antenna ID	Operator	System ID	Summary	
			Antenna EIRP	
			Pwr per Ch.	
			(dBm)	
AO-B-1	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	11.38	
AO-B-2	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	10.62	
AO-B-3	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	12.75	
AO-B-4	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	-0.19	
AO-B-5	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	5.66	
AO-B-6	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	6.16	
AO-B-7	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	6.24	
AO-B-8	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	13.72	
AO-B-9	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	10.01	
AO-B-10	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	5.17	
AO-B-11	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	7.77	
AO-B-12	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	5.64	
AO-B-13	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	7.72	
AO-B-14	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	10.49	
AO-B-15	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	6.29	
AO-B-16	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	8.66	
AO-B-17	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	4.06	
AO-B-18	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	5.39	
AO-B-19	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	-8.53	
AO-B-20	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	2.51	
AO-B-21	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	-4.54	
AO-B-22	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	3.07	
AO-B-23	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	0.43	
AO-B-24	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	6.83	
AO-B-25	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	-1.01	
AO-B-26	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	7.75	
AO-B-27	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	6.78	
AO-B-28	TSEL	2100 MHz - UMTS - WCDMA - Sector 1	7.31	

4.8.3. Compliance Report

Compliance Report adalah laporan hasil coverage pada sistem yang telah dibuat menggunakan IBWave. Dengan Compliance Report, maka kita dapat mengetahui apakah DAS yang kita desain sudah memenuhi standar coverage 95% dengan minimum rata rata RSCP tiap lantai adalah -85 dBm. Compliance Report dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Compliance Report Active DAS

Compliance Report									
Project name:		Design company: PT Pranalika Energi Nusa							
Project creation date: 4/1/2018		Designer: Abdurrahman Azis							
<No operator defined> - 2100 MHz - UMTS - WCDMA									
RSCP	Total area (Sq. m)	Min -85.00 dBm Target: 95.0 %		Compliance					
		Result (%)	Compliant	Result	Compliant	Result	Compliant	Result	Compliant
Building 1	Basement	39423.20	97.3	Yes					
	Lower Ground	39298.66	96.6	Yes					
	Mezzanine	2054.27	100.0	Yes					
	Ground Floor	16337.92	99.1	Yes					
	1st Floor	18889.47	98.7	Yes					
	2nd Floor	17510.77	98.4	Yes					

Berdasarkan hasil compliance pada Gedung XYZ yang telah diberikan sistem aktif DAS menggunakan fitur simulasi dari IBWave, dapat di simpulkan bahwa disetiap lantainya telah memenuhi KPI 95%.

4.9. Perbandingan RSCP DAS Aktif dan Pasif

Setelah kita membuat simulasi sistem DAS Aktif pada Gedung XYZ, maka kita dapat membandingkan persentase kualitas coverage RSCP antara aktif dengan pasif. Peneliti telah membuat dan telah mengimplementasikan infrastruktur jaringan pasif DAS pada Gedung XYZ dengan jumlah antena sebanyak 184 buah. Dalam simulasi sebelum implementasi, peneliti juga telah membuat simulasinya menggunakan software IBWave yang dapat dilihat *schematic diagram* dan *antenna layout*-nya. Berikut komparasi persentase kualitas coverage RSCP antara sistem pasif dan aktif pada Gedung XYZ menggunakan fitur *compliance report* IBWave

Tabel 5. RSCP Comparison Passive vs Active DAS

RSCP COMPARISON		Active		Passive	
		Min -85.00 dBm	Target: 95.0 %	Min -85.00 dBm	Target: 95.0 %
Building 1	Total area (Sq. m)	Result (%)	Compliant	Result (%)	Compliant
		Basement	39423.20	97.3	Yes
Lower Ground	39298.66	96.6	Yes	97.4	Yes
Mezzanine	2054.27	100	Yes	100	Yes
Ground Floor	16337.92	99.1	Yes	98.3	Yes
1st Floor	18889.47	98.7	Yes	98.9	Yes
2nd Floor	17510.77	98.4	Yes	97.9	Yes
AVERAGE		98.35		97.85	

Berdasarkan hasil compliance report dapat di simpulkan bahwa sistem DAS aktif mampu memberikan performansi cakupan sinyal lebih baik daripada sistem DAS pasif dengan menggunakan 101 antena, sedangkan sistem DAS pasif untuk mencapai SLA 95%, membutuhkan antena sebanyak 184 buah

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah peneliti melakukan riset dan membuat simulasi perencanaan sistem infrastruktur aktif DAS pada Gedung XYZ, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan dibangunnya Infrastruktur *inbuilding Distributed Antenna System* dengan jenis sistem Aktif, terbukti dapat mengatasi kendala lemahnya sinyal operator di dalam Gedung XYZ
2. Sistem Aktif DAS dengan penempatan antena ideal sesuai dengan Analisa lapangan sebanyak 101 buah mampu menghasilkan RSCP lebih besar dari -85 dBm dengan rata-rata EIRP yang dihasilkan setiap antena adalah 8.79 dBm. Komponen aktif RAU dan kecilnya *transmission loss* Fiber Optik sebagai *backbone* merupakan faktor utama sistem Aktif DAS dapat mencapai standar KPI RSCP
3. Dalam menampilkan hasil *coverage simulation* pada DAS yang ada pada Gedung XYZ, peneliti

menggunakan software IBWave dengan memanfaatkan fitur *Prediction Coverage Simulation*

4. Sistem Aktif DAS terbukti lebih baik dengan perolehan SLA 98.35% (101 Antena) daripada sistem Pasif DAS dengan perolehan SLA 97.85% (184 Antena)

5.2. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Gunakan .vex file resmi dari sebuah vendor *equipment* agar mendapatkan simulasi yang lebih akurat dengan software IBWave
2. Lakukan riset untuk implementasi Hybrid DAS untuk studi kasus yang sama pada Gedung yang sama, sehingga kita dapat melihat bagaimana performansi jika sistem pasif dan aktif di gabungkan, apakah mempunyai dampak yang lebih baik di RSCP-nya daripada sistem DAS Aktif maupun Pasif dilihat dari segi harga, apakah *Bill of Quantity* (BoQ) atau harganya lebih terjangkau daripada sistem DAS Aktif. Karena sistem Aktif DAS yang peneliti gunakan saat ini cukup mahal, harga setiap HEU mempunyai harga yang hampir sama dengan RAU.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. Yusuf, "Kementerian Komunikasi dan Informatika," 2014. [Online]. Available: https://kominfo.go.id/content/detail/4286/pengunaan-internet-indonesia-nomor-enam-dunia/0/sorotan_media. [Accessed: 20-Jun-2017].
- [2] A. Sawant, Y. Shah, Z. Parekh, and H. Shah, "In Building Solution (IBS) Using Distributed Antenna System," *Int. J. Adv. Res. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 5, pp. 8–14, 2013.
- [3] L. A. Kadhim and S. M. Salih, "Indoor Distributed Antenna System for the University of Baghdad Building," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 5, no. 4, pp. 57–68, 2014.
- [4] G. Heinze, *GSM Networks: Protocols, Terminology, and Implementation*, 2nd ed. London: Artech House, 1998.
- [5] A. Dixit and A. Garg, "A Study on Cellular GSM & CDMA Based for New Generation Mobile Radio System," *Int. J. Comput. Technol.*, vol. 1, no. 8, 2014.
- [6] H. M. Aung, W. Z. Hein, and H. M. Tun, "Performance Evaluation of GSM Transmission over Different Modulation Schemes," *Int. J. Sci. Res. Publ.*, vol. 4, no. 4, pp. 1–5, 2014.
- [7] M. Tolstrup, *Indoor Radio Planning*, 2nd ed. New York, United States: Wiley, 2015.
- [8] M. Singh and S. Kaur, "Analysis of GSM Network for Different Transmission Powers," *IOSR J. Electron. Commun. Eng.*, pp. 61–65, 2000.
- [9] G. House, *GSM System Overview*, vol. 44. London: AIRCOM International, 2002.
- [10] E. Richard and C. Dorf, *Mobile and Cellular Radio Communication*. Newyork, United States: CRC Press LLC, 2000.
- [11] A. Najam, Y. Duroc, and S. Tedjini, "UWB-MIMO Antenna With Novel Stub Structure," *Prog. Electromagn. Res.*, vol. 19, pp. 245–257, 2011.
- [12] R. Nath and P. Singh, "MIMO Antenna for UWB Applications," *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol. 53, no. 1, pp. 13–18, 2017.
- [13] C. Mao and Q. Chu, "Compact Coradiator UWB-MIMO Antenna With Dual Polarization," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 62, no. 9, pp. 4474–4480, 2014.
- [14] A. M. Hayar and G. M. Vitetta, "Channel Models for Ultra-Wideband Communications: an Overview," *14th IST Mob. Wirel. Commun. Summit*, pp. 1–5, 2005.
- [15] J. H. Winters, "On the Capacity Of Radio Communication Systems With Diversity In A Rayleigh Fading Environment," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 5, no. 5, pp. 871–878, 1987.
- [16] P. B. Rapajic and D. Popescu, "Information Capacity Of a Random Signature Multiple Input Multiple Output Channel," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 48, no. 8, pp. 1245–1248, 2000.
- [17] A. Agustin, J. Vidal, and A. Pagès, "Coordinated Mimo Transmission for Multi-User Interference Nulling With Simple Receiver Constraint 1," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, pp. 2–5, 2003.
- [18] A. O. Hero, "Secure Space-Time Communication," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 49, no. 12, p. 3235–3249+3351, 2003.
- [19] M. M. Kamruzzaman, "Single Input Multiple Output (SIMO) Wireless Link with Turbo Coding," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 1, no. 5, pp. 69–73, 2010.
- [20] S. Bernard, "Rayleigh Fading Channels in Mobile Digital Communication Systems Part I: Characterization," *IEEE Commun. Mag.*, 1997.
- [21] Dali Wireless, *Introducing A Digital Distributed Antenna System (DAS) For Public Safety In-Building Communications*.

- California, USA: Dali Wireless, 2016.
- [22] A. . Yahya, "Propagasi Radio dalam Ruang," *Elektro Indonesia*, 1999. [Online]. Available: <http://www.elektroindonesia.com/elektro/komp24.html>. [Accessed: 18-Oct-2017].
- [23] R. L. Freeman, *Radio System Design for Telecommunication: Third Edition*, 3rd ed. New York, United States: A John Wiley & Sons Publication, 2006.
- [24] P. Alto, "Application Note : Indoor Path Loss Contents Link Margin," *AvaLAN Wireless System Inc.*, pp. 1–5, 2006.
- [25] W. C. Y. Lee, *Mobile Communications Engineering: Theory and Applications*, 2nd ed. Newyork, United States: McGraw-Hill Education, 1997.