RANCANG BANGUN MODUL APLIKASI *LINK BUDGET COVERAGEAREA* BERBASIS *SMARTPHONE*

Ahmad Nur Siswanto[1], Moh. Abd. Anshori[2], Aisah[3]
[123]Program Studi Jaringan Telekomunikasi Digital, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

Abstrak

Coveragearea merupakan besaran cakupan *area* yang dapat diakses oleh antena *base station.Coverage* sangat dibutuhkan untuk mengetahui besaran jangkauan sinyal yang dapat dijangkau oleh antena pada *base station*. Maka dari itu, agar dapat mengetahui besar jangkauan *area* suatu *base station*, diperlukannya aplikasi *link budgetcoveragearea*.

Tujuan pembuatan sistem aplikasi perhitungan *link budgetcoveragearea* pada suatu *base station* adalah membantu dalam perhitungan *link budget*untuk mengetahui besaran *coveragearea* suatu *base station* dan juga digunakan sebagai modul pembelajaran sistem komunikasi bergerak di Politeknik Negeri Malang.

Metode penentuan *coverage area* dilakukan dengan 2 cara, yaitu perhitungan menggunakan aplikasi dan *drive test*. Metode perhitungan *link budgetcoverageare*ayang digunakan terdapat 3 model, model Okumura-Hatta digunakan untuk menghitung *coveragearea* sistem GSM, model Cost-231 Hatta untuk sistem DCS, dan model Walfisch Ikegami untuk sistem UMTS 2100.Sedangkan metode pengukuran dilapangan dilakukan dengan metode *drive test*yaitu dengan melakukan pengukuran *level* sinyal disekitar *areabase station.*

Perbandingan *coveragearea* antara hasil pengukuran dan perhitungan hampir mendekati dengan selisih *coverage* kurang dari 100 m. Dimana dari hasil *drive test*, jangkauan terjauh yaitu 980 m dengan nilai *level* sinyal -91 dBm. Sedangkan dari sisi perhitungan didapatkan hasil *coverage* 1,06 km dan 1,05 km dengan *level* sinyal -90 dBm.

Kata kunci :*Link budget, CoverageArea, Okumura-Hatta, COST-231 Hatta, Walfisch Ikegami, GSM900, DCS1800, UMTS2100.*

I. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Coveragearea merupakan besaran cakupan *area* yang dapat diakses oleh antena BS (*base station).* Dari segi lapangan, untuk mengetahui berapa jarak yang dapat dijangkau oleh suatu BS, dilakukanlah *drive test.* Sedangkan dari segi teori yang diajarkan pada mata kuliah sistem komunkasi bergerak di Politeknik Negeri Malang, untuk menghitung *coveragearea* suatu sistem pada BS terdapat beberapa model perhitungan yang digunakan, yaitu model Okumura-Hatta, model COST-231 Hatta dan model Walfisch Ikegami. Pada proses perhitungan tersebut nantinya akan didapatkan informasi berupa besaran cakupan *area* suatu BS.

Dari permasalahan tersebut munculah ide untuk membuat suatu modul aplikasi *link budget* untuk mengetahui besaran *coveragearea* suatu BS berbasis *android*. Pada aplikasi *link budget* nantinya akan berisi beberapa fitur untuk perhitungan besaran *coveragearea* untuk sistem GSM 900, DCS 1800 dan U2100. Hasil yang didapat, nantinya akan dihubungkan ke *google maps* untuk mengGambarkan hasil besaran cakupan *area* yang tercover oleh BS.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merencakanan pembuatan modul aplikasi *android* untuk *link budgetcoveragearea* pada suatu *base station*?
2. Bagaimana menghitung *coveragearea* pada sistem GSM 900 menggunakan model Okumura-Hatta?
3. Bagaimana menghitung *coveragearea* pada sistem DCS 1800 menggunakan model COST-231 Hatta?
4. Bagaimana menghitung *covAeragearea* pada sistem UMTS 2100 menggunakan model Walfisch Ikegami?
5. Bagaimana menganalisis hasil aplikasi *link budgetcoveragearea* pada *base station* berdasarkan model yang digunakan?

1.3. Tujuan

Tujuan penelitianadalah:

1. Membuat aplikasi *link budgetcoveragearea* pada BS yang dapat digunakan sebagai modul pembelajaran mata kuliah sistem komunikasi bergerak.
2. Membantu mahasiswa dalam perhitungan *link budget*untuk mengetahui besaran *coveragearea* suatu BS menggunakan model perhitungan Okumura-Hatta, COST-231 Hatta dan Walfisch Ikegami.

II. Tinjauan Pustaka

2.1. *CoverageArea*

CoverageArea merupakan cakupan *area* yang dapat dijangkau oleh antena pada*base station.* Biasanya dalam *base station* terdiri dari 3 sektor sel

untuk mencakup *area* 360˚. Sebuah sel dapat didefinisikan sebagai daerah cakupan radio dari satu sistem antena BS. Sel adalah blok *area* terkecil dalam jaringan *mobile* dan merupakan alasan mengapa jaringan selular sering dirujuk sebagai jaringan *selular*. Simbol sel diwakili secara grafis dalam bentuk segi enam (*hexagonal*).Terdapat 2 jenis sel yaitu omnisel dan sektorsel.[15]

2.2. Okumura Hatta

Terdapat 4 parameter yang digunakan untuk hatta model : yaitu frekuensi (f), *distance* (d), tinggi antena *base station* (hb) dan tinggi antena *mobile station* (hm).Persamaan berikut adalah untuk menentukan rugi-rugi rata-rata.[15]

***Area* urban**:

$$L_{50} = 69{,}55 + 26{,}16 \log f_c - 13{,}82 \log h_b - ah_m + (44{,}9 - 6{,}55 \log h_b) \log d$$

Range parameter untuk model Hata adalah valid, jika:150 MHz $\leq f_c \leq$ 1500 MHz

30 m $\leq h_b \leq$ 200 m

1 m $\leq h_m \leq$ 10 m

1 km $\leq$ d $\leq$ 20 km

ah_mdihitung berdasarkan:

a) Ukuran kota kecil atau *medium*

$$ah_m = (1{,}1 \log f_c - 0{,}7)h_m - (1{,}56 \log f_c - 0{,}8)$$

b) *AreaSub Urban*:

$$L_{SU} = L_{50} - 2\left[\log\left(\frac{f_c}{28}\right)\right]^2 - 5{,}4$$

c) *AreaOpen* atau *Rural*:

$$L = L_U - 4{,}78(\log f_c)^2 + 18{,}33 \log f_c - 40{,}98$$

2.3. Cost 231 Hatta

Adapun persamaan untuk menghitung propagasi COST-231 Hata adalah:

$L_U = 46.3 + 33.9 \log fc - 13.82 \log hb - a(hm) + (44.9 - 6.55 \log hb) \log d + CM$

Dimana faktor koreksi tinggi antena MS, a(hm) sama dengan Hata Model dan

C_M = *centers metropoli* $\begin{cases} 0\,dB & \text{for medium sized city and suburban areas} \\ 3\,dB & \text{for metropolitan centers} \end{cases}$

Dimana :

1500 $\leq$ $f_C \leq$ 2000 MHz

30 $\leq$ $h_t \leq$ 200 m

1m $\leq$ $h_r \leq$ 10 m

1 km $\leq$ d $\leq$ 20 km

a(h_m) adalah faktor koreksi antena *mobile* yang nilainya sebagai berikut:

$a(h_m) = (1{,}1 \log f_C - 0{,}7)h_r - (1{,}56 \log f_C - 0{,}8)$ *dB*

2.4. Walfisch Ikegami

Model Wallfisch-Ikegami terdiri dari 3 komponen :

- *Free space loss* (L_f)
- *Roof to street diffraction and scatter loss* (L_{rts})
- *Multiscreen loss* (L_{ms})

$L_{50} = L_f + L_{rts} + L_{msd}$ *Atau*

$L_{50} = L_f$ *jika* $L_{rts} + L_{msd} \leq 0$

Keterangan:

L_f = *free space loss*

L_{rts} = *roof to street diffraction and scatter loss*

L_{msd} = *multiscreen loss*

Untukmencari *Path Loss* dirumuskan:

$L_{50} = L_f + L_{bsh} + L_{msd}$ *dB*

Untuk *free space loss* dirumuskan:

$L_f = 32.4 + 20 \log r + 20 \log f_c$ *dB*

Untuk *roof to street diffraction and scatter loss* dirumuskan:

$L_{rts} = -16.9 - 10 \log_{10} w + 10 \log f + 20 \log_{10} \Delta hm + L_{ori}$ *dB*

Keterangan:

w = lebar jalan (m), dan

$\Delta h_m = h_r - h_m$ *(m).*

$L_0 = -10 + 0{,}354(\phi)$; $0 \leq \phi \leq 35$ *derajat*

$L_0 = 2{,}5 + 0{,}075(\phi - 35)$; $35 \leq \phi \leq 55$ *derajat*

$L_0 = 4{,}0 - 0{,}114(\phi - 55)$; $55 \leq \phi \leq 90$ *derajat*

Keterangan:

ϕ = *sudut datang relatif terhadap jalan.*

Untuk *multiscreen loss* dirumuskan:

$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \log_{10} r + k_f \log_{10} f_c - 9 \log_{10} b$

Keterangan:

b = *jarak antar gedung sepanjang lintasan radio (m)*

$L_{bsh} = -18 \log(1 + \Delta h_b)$; $h_b > h_r$,

$L_{bsh} = 0$; $h_b < h_r$,

$k_a = 54$; $h_b > h_r$,

$k_a = 54 - 0{,}8h_b$; $r \geq 500$ m, $h_b < h_r$,

$k_a = 54 - 1{,}6\,\Delta h_b . r$; $r < 500$m, $h_b < h_r$,

$k_d = 18$; $h_b > h_r$,

$k_d = 18 - 15(\Delta h_b / h_r)$; $h_b \leq h_r$

$k_f = -4 + 0{,}7(f_c / 925 - 1)$; *urban suburban*

$k_f = -4 + 1.5(f_c / 925 - 1)$; *metropolitan.*

Range parameter untuk model Wallfisch-Ikegami adalah valid, jika:

$800\ MHZ \leq f_c \leq 2000\ MHz$

$4\ m \leq h_b \leq 50\ (m)$

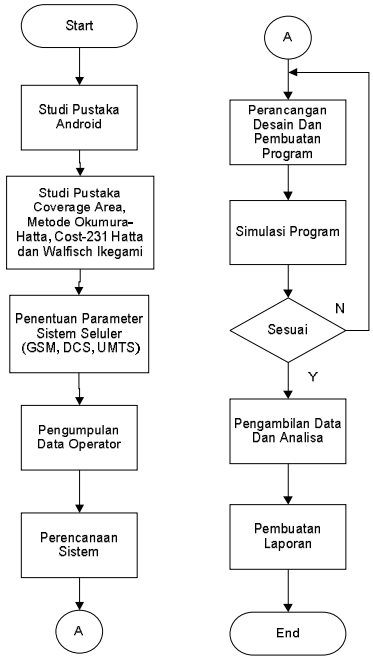
$1\ m \leq h_m \leq 3\ (m)$

$0{,}02\ km \leq r \leq 5\ (km)$

III. Metode Penelitian

3.1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian disusundenganmaksudagar penelitian dilakukansecara terperinci.



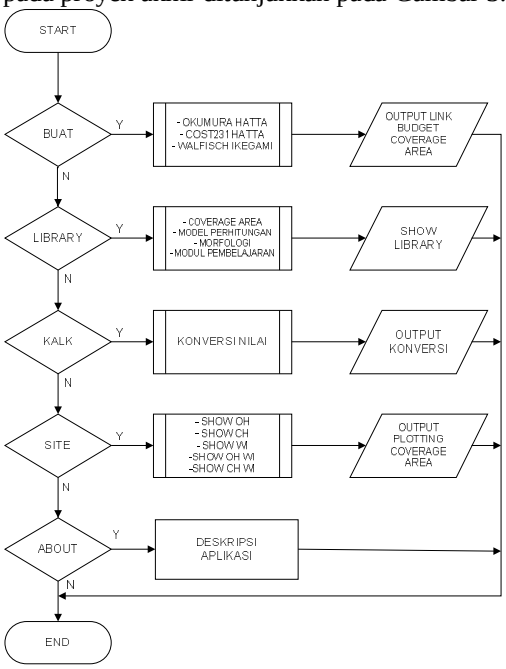
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.

Keterangan Gambar 3.1 :

1. Tahap pertama yaitu studi pustaka mengenai *android* yang dijadikan sebagai tempat aplikasi akan di gunakan.
2. Tahap kedua yaitu studi pustaka mengenai model perhitungan yang akan digunakan untuk menghitung *link budgetcoveragearea* suatu *Base station*
3. Tahap ketiga yaitu menentukan parameter yang dibutuhkan oleh setiap model perhitungan dan juga pada sistem selular GSM 900, DCS 1800 dan UMTS 2100.
4. Tahap keempat yaitu pengumpulan data operator yang akan digunakan sebagai acuan dan sumber parameter yang harus di *input*kan untuk dilakukan perhitungan.
5. Tahap kelima yaitu merancang alur sistem kerja mulai dari lokasi BS yang akan diteliti.
6. Tahap keenam yaitu perancangan desain dan pembuatan program aplikasi berbasis *android* menggunakan software *Android* Studio.
7. Tahap ketujuh yaitu dilakukan simulasi program apakah hasil yang didapat sesuai dengan hasil perhitungan manual atau tidak.
8. Tahap kedelapan yaitu melihat apakah simulasi berjalan dengan baik atau tidak. Jika simulasi berjalan dengan baik maka dilanjutkan dengan pengambilan dan analisa data.

3.2. Diagram AlirDesain Aplikasi

Perencanaan sistem aplikasi yang akan dibuat pada proyek akhir ditunjukkan pada Gambar 3.2.



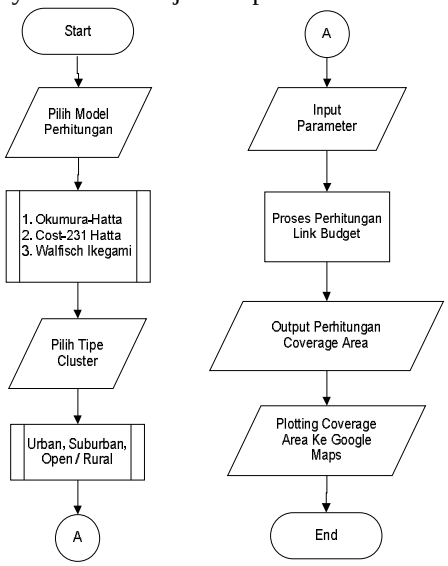
Gambar 3.2 Diagram Alir Desain Aplikasi

Keterangan Gambar 3.2 :

1. Menu buat digunakan untuk menghitung besaran *coveragearea*. Terdapat 3 model perhitungan yang dapat digunakan yaitu model Okumura Hatta, model Cost 231 Hatta, dan model Walfisch Ikegami.
2. Menu *library*berisikan teori *coveragearea*, model perhitungan serta berisi mengenai morfologi yang menjelaskan parameter-parameter untuk menentukan *coveragearea* suatu *base station.*
3. Menu kalk berisikan aplikasi alat bantu hitung yang berhubungan dengan mata kuliah sistem komunikasi bergerak. Terdapat 8 sub menu kalkulator yaitu *watt to db, db to watt*, jumlah penduduk, morfologi, *traffic subcriber, radio frekuensi carrier,* jumlah kanal, dan jumlah *user bts/sector*.
4. Menu *site* digunakan untuk melihat hasil *plottingcoveragearea* yang dihitung pada menu Buat. Pada menu *site* terpadat 5 tombol, yaitu tombol untuk menampilkan hasil *plotting* model okumura hatta, cost 231 hatta, walfisch ikegami, perbandingan antara model okumura dengan walfisch ikegami, dan hasil *plotting* perbandingan antara model cost 231 hatta dengan walfisch ikegami.
5. Menu *about* berisikan tentang deskripsi mengenai aplikasi yang dibuat.

3.3. Perencanaan Sistem Aplikasi

Rancangan sistem aplikasi yang akan dibuat pada proyek akhir ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Alir SistemAplikasi

Keterangan Gambar 3.3:

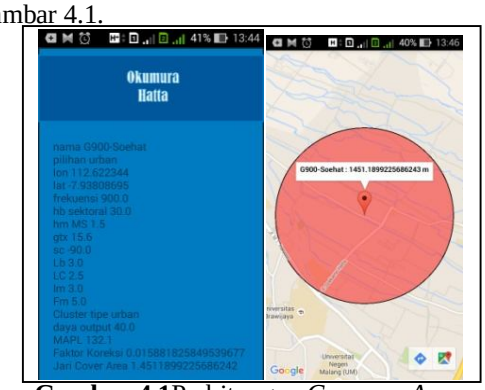
1. Langkah pertama yaitu pemilihan jenis model yang akan digunakan.
2. Langkah kedua yaitu masuk ke pemilihan jenis *clusterarea* layanan, terdiri dari *urban* dan *suburban.*
3. Langkah ketiga dilanjutkan dengan meng*input*kan parameter parameter yang dibutuhkan.

4. Langkah keempat dilanjutkan proses perhitungan *link budgetcoveragearea.*
5. Langkah kelima yaitu menampilkan hasil dari *output*an langkah 4.
6. Langkah keenam yaitu proses *plotting* ke *google mapss* yang dilakukan secara otomatis dengan meng*input*kan *longitude* dan *latitude site* yang dituju.

IV. Hasil Pengujian Dan Pembahasan

4.1. Perhitungan *CoverageArea* pada GSM 900 menggunakan model Okumura-Hatta

Proses perhitungan GSM dilakukan menggunakan model Okumura Hatta seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Perhitungan *CoverageArea*

Pada Gambar 4.1merupakan hasil perhitungan dan *plottingCoverageArea* GSM 900 menggunakan model Okumura-Hatta pada *Base stationExistingarea*Sigura-gura Malang yang memiliki *clustertype* urban dan memiliki *layertype* macro *cell*. Dari hasil perhitungan diketahui memiliki besaran cakupan*area* 1,46 Km.

4.2. Perhitungan *CoverageArea* pada DCS 1800 menggunakan model Cost-231 Hatta

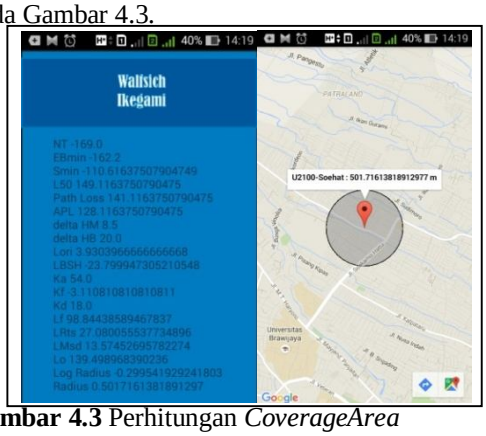
Proses perhitungan DCS dilakukan menggunakan model Cost-231 Hatta seperti pada Gambar 4.2.

Gambar 4.2 Perhitungan *CoverageArea*

Pada Gambar 4.2 merupakan hasil perhitungan dan *plottingCoverageArea*DCS1800 menggunakan model Cost-231 Hatta pada *Base stationExistingarea* Soekarno Hatta Malang yang memiliki *clustertype* urban dan memiliki *layertype* macro *cell*. Dari hasil perhitungan diketahui memiliki besaran cakupan *area*1,07 Km.

4.3. Perhitungan *CoverageArea* pada UMTS 2100 menggunakan model Walfisch Ikegami.

Proses perhitungan UMTS dilakukan menggunakan model Walfisch Ikegami seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Perhitungan *CoverageArea*

Pada Gambar 4.3 merupakan hasil perhitungan dan *plottingCoverageArea*UMTS 2100 menggunakan model Walfisch Ikegami pada *Base stationExistingarea* Soekarno Hatta Malang yang memiliki *clustertype* urban dan memiliki *layertype* macro *cell*. Dari hasil perhitungan diketahui memiliki besaran cakupan *area*0,50 Km.

4.4. Perbandingan *CoverageArea* GSM 900 antara model Okumura-Hatta dan Walfisch Ikegami.

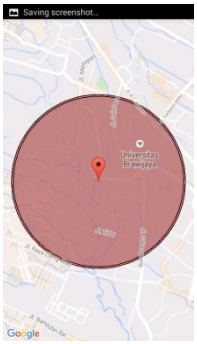
Tabel 4.1 merupakan hasil perbandingan perhitungan *coveragearea* pada Sistem GSM 900.

Tabel 4.1 Hasil perbandingan OH dan WI

No	Model Perhitungan	Frekuensi GSM	*Coverage Area*
1.	Okumura-Hatta	900 MHz	1,46 Km
2.	Walfisch Ikegami	900 MHz	1,43 Km

Pada Gambar 4.4 merupakan hasil perbandingan *plottingcoveragearea* sistem GSM 900 pada *google mapss*. Dimana untuk metode Okumura Hatta ditandai dengan *coverage* warna merah, sedangkan untuk metode Walfisch Ikegami ditandai dengan *coverage* warna abu-abu. Pada tabel 4.1 dapat dijelaskan bahwa hasil perhitungan *link budgetcoveragearea* menggunakan model Okumura Hatta ±30 m lebih besar dibandingkan menggunakan model Walfisch Ikegami, dikarenakan adanya beberapa perbedaan *inputan* parameter antara kedua model. Model perhitungan Walfisch Ikegami memerlukan *input*an parameter lebih *detail* seperti lebar jalan, tinggi rata-rata gedung, jarak antar bangunan dll, sedangkan untuk model Okumura Hatta membutuhkan parameter rugi rugi pada lintasan dan perangkat. Model Okumura Hatta maupun Walfisch Ikegami merupakan sama-sama model empiris, yaitu berdasarkan pengukuran dilapangan. Jadi kedua model tersebut akan mendapatkan hasil yang valid

jika digunakan sesuai dengan aturan pada tiap model.



Gambar 4.4*Plotting* perbandingan OH dan WI

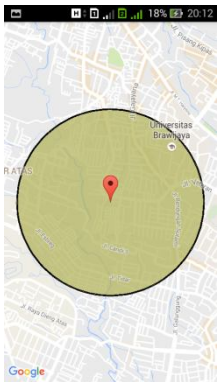
4.5. Perbandingan *CoverageArea* DCS 1800 antara model Cost-231 Hatta dan Walfisch Ikegami

Tabel 4.2 merupakan hasil perbandingan perhitungan *coveragearea* pada Sistem DCS 1800.

Tabel 4.2 Hasil Perbandingan CH dan WI

No	Model Perhitungan	Frekuensi GSM	*Coverage Area*
1.	COST 231-Hatta	1800 MHz	1,06
2.	Walfisch Ikegami	1800 MHz	1,05

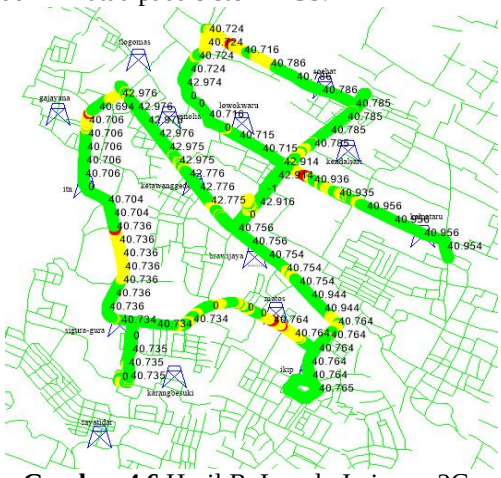
Pada Gambar 4.5 merupakan hasil perbandingan *plottingcoveragearea* sistem DCS 1800 pada *google mapss*. Dimana untuk metode COST-231 Hatta ditandai dengan *coverage* warna kuning, sedangkan untuk metode Walfisch Ikegami ditandai dengan *coverage* warna abu-abu. Pada tabel 4.2 dapat dijelaskan bahwa hasil perhitungan *link budgetcoveragearea* menggunakan model Cost-231 Hatta maupun model walfisch ikegami memiliki hasil yang hampir sama, yaitu selisih ±10m. Model perhitungan Walfisch Ikegami memerlukan *input*an parameter lebih detail seperti lebar jalan, tinggi rata-rata gedung, jarak antar bangunan dll, sedangkan untuk model Cost-231 Hatta membutuhkan parameter rugi rugi lintasan sama seperti model okumura hatta.



Gambar 4.5*Plotting* perbandingan CH dan WI

4.6. Pengukuran menggunakan metode*Drive test*

Gambar 4.6merupakan hasil pengujian sinyal di sekitar *areabase station* kota Malang yang di*plot* menggunakan software Mapinfo. Pengujian dilakukan pada jaringan 2G. Parameter pengukuran pada jaringan 2G meliputi *Cell Id* dan *Rx Level*. Dimana pengukuran jaringan 2G pada frekuensi 1800MHz atau pada sistem DCS.



Gambar 4.6 Hasil RxL pada Jaringan 2G.

Pada Gambar 4.6 dapat dijelaskan terdapat tampilan RxL sinyal berupa warna hijau untuk -80 sampai 0 dBm yang dikategorikan baik, warna kuning untuk -90 sampai -80 dBm yang dikategorikan sedang dan warna merah untuk -90 sampai -102 dBm yang dikategorikan buruk. Hasil dari pengukuran tersebut menunjukkan 81% *rx level* sinyal dalam kondisi baik, 18% dalam kondisi sedang dan 1% dalam kondisi buruk.

Tabel 4.3 Data *Site* Sigura-gura

Site Id	Site Name	Cell Id	Cell Band	Cluster Type	Longitude	Latitude	*Azimut*	E-tilt
20mlg035	Siguragura	40734	D1800	Macro	112.60662	-7.95814	80	6
20mlg035	Siguragura	40735	D1800	Macro	112.60662	-7.95814	180	8
20mlg035	Siguragura	40736	D1800	Macro	112.60662	-7.95814	340	5

Pengukuran data *drive test* pada *base stationarea* sigura gura dilakukan sebagai *sample.* Pimilihan *base stationarea* sigura gura dilakukan karena memungkinkan dilakukan pengukuran *coveragearea* menggunakan metode *drive test*.

Gambar 4.7*PlottingCoverageArea* 3 sektor *base stationsite* Sigura-gura pada MapInfo

Pada Gambar 4.7 merupakan hasil *plottingazimut* 3 sektor pada *base station* Sigura-gura Malang. Dimana sektor 1 ditandari dengan warna hitam, sektor 2 ditandai dengan warna biru dan sektor 3 ditandari dengan warna merah. Pada Gambar 4.7 juga dapat dijelaskan bahwa terdapat *area* yang tidak ter*cover* oleh antena *base station*,

yaitu sebesar 40˚. Dimana 40˚ yang tidak ter*cover*tersebut akan di*cover* oleh *base station* lain yang ada disekitar *base station* sigura gura.

Pada sektor 1 *base station* Sigura-gura yang didapat dari *drive test*, dimana pada titik ke 820 m mengalami *handover* dengan nilai *level* sinyal -84 dBm dan pada *area* selanjutnya di*cover* oleh sektor 3 *base station* Brawijaya.Pada sektor 2 *base station* Sigura-gura dari *drive test* yang dilakukan, pada titik ke 470 m mengalami handover dengan nilai *level* sinyal -81 dBm dan pada *area* selanjutnya di*cover* oleh sektor 3 *base station* Karangbesuki. Sedangkan pada sektor 3 *base station* Sigura-gura dari *drive test* yang dilakukan, dimana pada titik ke 980 m mengalami pelemahan dengan nilai *level* sinyal -91 dBm dan pada *area* selanjutnya dicover oleh sektor 3 *base station* Brawijaya.

Hasil dari pengukuran dialapangan menggunakan metode *drive test*, jarak jangkau pada tiap sektor diketahui jangkauan terjauh yaitu 980 m dengan nilai *level* sinyal -91 dBm. Sedangkan dari sisi perhitungan didapatkan hasil *coverage* 1,06 km dan 1,05 km dengan *level* sinyal -90 dBm, selisih kurang dari 100 m dengan hasil pengukuran dilapangan.

V. Kesimpulan Dan Saran

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian modul aplikasi *link budgetcoveragearea* dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Proses pembuatan perencanaan diawali dengan studi pustaka *android* dan model perhitungan. Proses selanjutnya yaitu pengumpulan data operator dan pengukuran menggunakan metode *drive test*, dimana hasilnya digunakan sebagai pembanding dengan model perhitungan pada aplikasi..
2. Perhitungan *coveragearea* pada jaringan GSM 900 dilakukan dengan menggunakan model Okumura Hatta. Dari hasil perhitungan didapatkan *coveragearea* 30 *sitearea* malang dengan rata rata 1,64 km.
3. Perhitungan *coveragearea* pada jaringan DCS 1800 dilakukan dengan menggunakan model Cost-231 Hatta. Dari hasil perhitungan didapatkan *coveragearea* 30 *sitearea* malang dengan rata rata 1,08 km.
4. Perhitungan *coveragearea* pada jaringan UMTS 2100 dilakukan dengan menggunakan model Walfisch Ikegami. Dari hasil perhitungan didapatkan *coveragearea* 30 *sitearea* malang dengan rata rata 0,50 km.
5. Perbandingan *coveragearea* antara hasil pengukuran dan perhitungan hampir mendekati dengan selisih *coverage* kurang dari 100 m. Dimana dari hasil *drive test*, jangkauan terjauh yaitu 980 m dengan nilai *level* sinyal -91 dBm. Sedangkan dari sisi perhitungan didapatkan hasil *coverage* 1,06 km dan 1,05 km dengan *level* sinyal -90 dBm.

5.2. Saran

Dari hasil pembuatan dan pengujian modul aplikasi *link budgetcoveragearea* dapat diambil beberapa saran, yaitu :

1. Dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan beberapa fitur baru seperti penambahan model perhitungan, tambahan sistem yang diteliti, penambahan menu edit dan desain yang lebih menarik lagi.
2. Proses *plotting* masih secara keseluruhan, mungkin kedepannya bisa dibuat untuk *plotting* tiap sektor antena.
3. Proses *input* data masih dilakukan secara manual, maka kedepannya dapat dilakukan secara otomatis.
4. Aplikasi dapat dikembangkan ke sistem operasi lain seperti IOS.

Daftar Pustaka

[1] Binsar D. Purba, "Simulasi Prediksi Cakupan Antena pada BS", Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.

[2] Ratih Hikmah Puspita, "Perhitungan *Link budget* Pada Komunikasi GSM Di Daerah Urban *Cluster Central Business Distric (Cbd), Residences*, Dan Perkantoran", PENS, Surabaya.

[3] Novredo Alfian, "Pembuatan Software Aplikasi Pemetaan *Cell Coverage* UMTS900 Untuk Modul Pembelajaran Praktikum Sistem Komunikasi Bergerak", Polinema, Malang, 2015.

[4] Ajay R Mishra, "*Advanced Cellular Network Planning And Optimisation*", Inggris, 2007.

[5] Harri Holma and Antti Toskala, "*WCDMA for UMTS"*, Finlandia, 2004.

[6] Jukka Lempianinen and Matti Manninen, "*UMRA Radio Network Planning, Optimization and QOS Management*", USA, 2004.

[7] Eraldo Damosso, "*COST Action 231 Digital Mobile Radio Towards Future Generation Systems*", *European Commision*, 1999.

[8] *Nokia Siemens Network*, "*Introducing LTE with Maximum reuse of GSM assets"*, 2011.

[9] Reiner Stuhlfauth, Rohde & Schwarz, "*GSM Network Structure and Network Planning*"

[10] Priyanta F, "Pemograman *Android* Untuk Pemula", Jakarta, 2011.

[11] Kevin Grant and Chris Haseman, "*Beginning Android Programming: Develop and Design*, 2014.

[12] Anas Amrullah Hidayat, "Penentuan Kualitas Jaringan CDMA 1xEVDO Rev.B Dengan Metode *Drive test*", Universitas Brawijaya, Malang, 2014.

[13] Chris Braithwaite and Mike Scott, "*UMTS Network Planning and Development"*, Burlington, 2004.

[14] Fahmi Mahyudin, "Analisa Pengaruh Perubahan *Tilting* Antena Sektoral BTS Secara *Electrical* Dan *Mechanical* Terhadap Perolehan Sinyal MS Dan Kualitas Layanan",Universita Sumatra Utara, Medan, 2011.

[15] Aisah. ST., MT, dan M. Junus, ST., MT, "Modul Ajar Panduan Praktikum Sistem Komunikasi Bergerak", Polinema, Malang, 2011.