

Analisis *BTS Initial Planning* Jaringan Komunikasi Selular PT. *Provider GSM* di Sumatera

Eva Yovita Dwi Utami¹, Nabella Previana Yosinta², Budihardja Murtianta³

Abstract—Initial planning of cellular communication network is required before implementing new BTSs. This paper reports an analysis of BTS initial planning based on existing coverage area data using ASSET Tools simulation software. Coverage area on operational area of GSM service provider in Sumatera is simulated to obtain 95% coverage. The operational area of the provider includes Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau and Kepulauan Riau. Okumura-Hata propagation model is used in this simulation. In each province, four clutter types have been investigated, which are dense urban, urban, sub urban and rural. The result shows that urban and sub urban clutter in Sumatera Utara fulfill the target of 95%, all clutter types of Sumatera Barat and Riau reach the target of 95%, while only sub urban and rural clutter of Kepulauan Riau reach the target. Total amount of BTS which has been added to cover Sumatera area are 853 BTSs, which consist of 305 BTSs in Sumatera Utara area, 151 BTSs in Sumatera Barat area, 306 BTSs in Riau area, and 91 BTSs in Kepulauan Riau.

Intisari— *Initial Planning* pada jaringan komunikasi selular perlu dilakukan sebelum pembangunan sebuah BTS baru diimplementasikan. Pada makalah ini dilaporkan hasil analisis perencanaan penambahan BTS baru berdasarkan data area cakupan jaringan yang sudah ada menggunakan *software* simulasi ASSET Tools. Simulasi area cakupan untuk mencapai 95% cakupan dilakukan pada daerah operasional perusahaan penyedia jaringan GSM yaitu PT. *Provider GSM* di Sumatera. Daerah operasional di Sumatera terdiri atas Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau dan Kepulauan Riau. Simulasi *initial planning* dilakukan berdasarkan propagasi Okumura-Hata pada empat *clutter* yaitu *dense urban*, *urban*, *sub urban* dan *rural*. Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa area cakupan di provinsi Sumatera Utara telah memenuhi target 95% pada *clutter urban* dan *sub urban*. Cakupan di provinsi Sumatera Barat dan Riau memenuhi target untuk seluruh *clutter*, sedangkan cakupan di Kepulauan Riau memenuhi target untuk *clutter sub urban* dan *rural*. Area cakupan yang tidak memenuhi target 95% disebabkan oleh adanya *layer* yang mempengaruhi penyebaran sinyal. Total penambahan BTS untuk mencapai target 95% adalah 853 BTS, dengan rincian 305 BTS untuk provinsi Sumatera Utara, 151 BTS untuk Sumatera Barat, 306 BTS untuk Riau, dan 91 BTS untuk Kepulauan Riau.

Kata Kunci— BTS, area cakupan, *clutter*.

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer, Universitas Kristen Satya Wacana, Jl. Diponegoro 52-60, Salatiga 50711, INDONESIA (e-mail: eva.utami@staff.uksw.edu)

^{2, 3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer, Universitas Kristen Satya Wacana, Jl. Diponegoro 52-60, Salatiga 50711, INDONESIA (e-mail: nemo_ralis@yahoo.com, budihardja.murtianta@staff.uksw.edu)

I. PENDAHULUAN

Dalam sistem komunikasi selular, pengguna perangkat bergerak atau *mobile station* (MS) mengakses jaringan dengan mengirim dan menerima sinyal gelombang radio ke dan dari *base transceiver station* (BTS) atau biasa disingkat dengan *base station* (BS). BTS ini dibangun dan ditempatkan pada suatu daerah untuk mencakup dan melayani pelanggan yang berada di daerah itu. Daerah-daerah yang dicakup oleh BTS, yang di dalam daerah tersebut pengguna dapat mengakses kanal gelombang radio, disebut *cell site*. Dalam pemodelan, daerah cakupan sel dinyatakan dalam bentuk geometri heksagonal [1].

Bertambahnya jumlah pelanggan sistem komunikasi bergerak selular setiap tahunnya harus diimbangi dengan penyediaan jaringan dan kanal radio. Pertambahan pelanggan tidak hanya terjadi di kota-kota besar, tetapi sudah sampai ke kota-kota kecil bahkan pedesaan. Untuk bisa membangun suatu jaringan atau infrastruktur yang dapat melayani pelanggan dengan kualitas yang baik, diperlukan perencanaan yang baik pula, sehingga investasi yang ditanamkan bisa optimal.

Pada makalah ini dilaporkan hasil analisis perencanaan penambahan BTS baru berdasarkan data area cakupan jaringan yang sudah ada menggunakan *software* simulasi ASSET Tools. Simulasi area cakupan untuk mencapai 95% cakupan dilakukan pada daerah operasional perusahaan penyedia jaringan GSM di Sumatera yang selanjutnya disebut PT. *Provider GSM*. Daerah operasional perusahaan di Sumatera terdiri atas Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau dan Kepulauan Riau. Simulasi *initial planning* dilakukan berdasarkan propagasi Okumura-Hata pada empat *clutter* yaitu *dense urban*, *urban*, *sub urban* dan *rural*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Cakupan Sistem GSM

Setiap BTS sistem selular diberi alokasi grup kanal radio untuk digunakan dalam area geografis yang disebut sel. Dalam pemodelan, daerah cakupan sel dinyatakan dalam bentuk heksagonal atau bentuk segi enam beraturan, karena bentuk heksagonal dapat menutupi daerah layanan dengan sempurna tanpa celah, dan tidak terjadi tumpang tindih antara sel satu dengan sel lain [2].

Pada perencanaan biasanya diasumsikan sel berukuran serba sama. Jarak antara titik pusat heksagon ke titik-titik sudut pada tepi heksagon merupakan jari-jari sel dan dinyatakan dengan R , sehingga luas sel dengan model heksagon adalah $2,6R^2$ [1]. Jumlah sel dalam area pelayanan dapat dihitung dari luas area pelayanan dibagi luas sel [3].

Sinyal yang dikirimkan dari BTS dan MS, atau sebaliknya, ditransmisikan dalam bentuk gelombang radio melalui udara. Gelombang radio akan mengalami redaman ruang bebas, pemantulan, hamburan dan difraksi sehingga melemah ketika sampai di penerima. Model propagasi digunakan untuk memprediksi redaman sinyal, sehingga dapat digunakan dalam proses perencanaan untuk menentukan jarak jangkauan terjauh BTS. Berdasarkan model propagasi Okumura-Hata pada [1] dapat dilakukan perhitungan prediksi redaman sinyal dari BTS ke MS dan sebaliknya. Dengan menetapkan nilai redaman yang diperbolehkan, maka dari formula Okumura-Hata dapat dihitung jari-jari selnya [4] yaitu sebagai berikut. Untuk daerah *urban*:

$$R = \log^{-1} \left[\frac{L_m - 69,55 - 26,16 \log f + 13,82 \log h_t + \alpha(h_r)}{44,9 - 6,55 \log h_t} \right] \quad (1)$$

Jari-jari sel untuk daerah *sub urban*:

$$R = \log^{-1} \left[\frac{L_m - 69,55 - 26,16 \log f + 13,82 \log h_t + \alpha(h_r) + 2 \left(\log \frac{f}{28} \right)^2 + 5,4}{44,9 - 6,55 \log h_t} \right] \quad (2)$$

dengan:

- R = jari-jari sel (km)
- L_m = redaman maksimum (dB)
- f = frekuensi pembawa (MHz)
- h_t = tinggi antenna pemancar (m)
- h_r = tinggi antenna penerima (m)
- a = koreksi tinggi antenna penerima terhadap tinggi standar (m)

B. Perhitungan Link Budget

Link budget memiliki dua jalur yaitu *uplink* dan *downlink*. Jalur *uplink* merupakan jalur dari MS ke BS, sedangkan jalur *downlink* merupakan jalur dari BS ke MS [4].

Parameter dalam *link budget* adalah sebagai berikut [2].

1. Daya pancar (*transmit power*), pada jalur *uplink* yang diperhitungkan adalah daya pancar MS (*MS Tx Power*) dan sedangkan pada jalur *downlink* yang diperhitungkan adalah daya pancar BS (*BS Tx Power*).
2. *Antenna Gain* merupakan ukuran kemampuan antena menaikkan daya sinyal.
3. *Receiver sensitivity*, yaitu daya sinyal terendah yang masih dapat diterima oleh *receiver*.
4. *LNA Gain* adalah pengukuran perbandingan penurunan SNR pada keluaran LNA terhadap masukannya agar *path loss* pada arah *uplink* dan *downlink* memiliki nilai yang seimbang atau mendekati sama.
5. *Feeder Loss*, yaitu rugi-rugi yang berasal dari kabel penghubung antara BS dengan antena.
6. *Combiner Loss* merupakan rugi-rugi yang memperhitungkan penetrasi sinyal dari luar ke dalam gedung, bila MS berada di dalam gedung dan BS berada di luar gedung.

7. *Fade Margin*, yaitu margin yang dibutuhkan untuk mengatasi *multipath fading* yang disebabkan oleh lingkungan di sekitar MS.

Persamaan umum untuk menghitung *path loss* pada jalur *uplink* maupun *downlink* adalah sebagai berikut [2].

$$L_{pu} = P_{TX,MS} - P_{RX,BS} - \sum G_u - \sum L_u \quad (3)$$

$$L_{pd} = P_{TX,BS} - P_{RX,MS} - \sum G_d - \sum L_d \quad (4)$$

dengan:

- L_{pu} = *path loss* pada *uplink*
- L_{pd} = *path loss* pada *downlink*
- $P_{TX,MS}$ = daya pancar MS
- $P_{RX,BS}$ = *BS receiver sensitivity*
- $\sum G_u$ = *total gain* pada *uplink*
- $\sum L_u$ = total rugi-rugi pada *uplink*
- $P_{TX,BS}$ = daya pancar BS
- $P_{RX,MS}$ = *MS receiver sensitivity*
- $\sum G_d$ = *total gain* pada *downlink*
- $\sum L_d$ = total rugi-rugi pada *downlink*

C. Klasifikasi Clutter

Propagasi gelombang radio akan mengalami peredaman yang berbeda pada lingkungan yang berbeda. Karena itu dalam prediksi redaman maupun perencanaan, suatu daerah diklasifikasikan dalam beberapa *clutter* yaitu *dense urban*, *urban*, *sub urban* dan *rural* [2].

Dense urban merupakan daerah yang mempunyai kepadatan penduduk sangat tinggi, banyak gedung-gedung perkantoran, dan daerah industri yang berkembang. Daerah ini memiliki ciri tinggi gedung-gedungnya lebih dari 50 m, dan kepadatan penduduknya paling padat dibandingkan tiga *clutter* yang lain.

Urban adalah daerah dengan kepadatan penduduk lebih rendah daripada *dense urban*, jumlah bangunan cukup banyak, ketinggian gedung-gedungnya berkisar antara 25-50 m dan merupakan daerah industri berkembang [5].

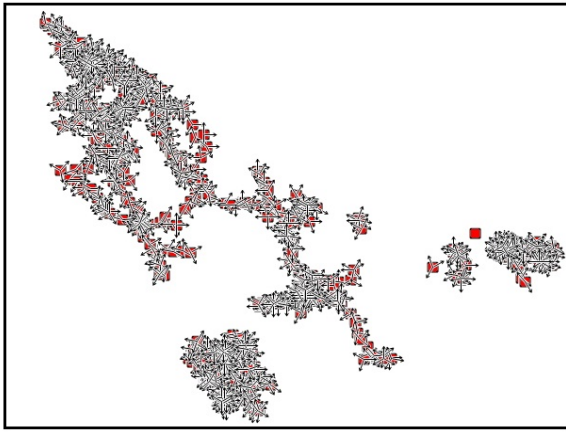
Sub urban memiliki tingkat halangan lebih rendah daripada *urban*, sehingga area cakupan umumnya lebih baik. Daerah ini memiliki bangunan yang relatif rendah dan jalan yang cenderung lebar serta daerah bisnisnya sedikit [5].

Rural merupakan daerah terbuka dan pedesaan yang jarang terdapat halangan di dalamnya. Populasi penduduknya relatif kecil, daerahnya meliputi persawahan dan padang rumput.

III. METODOLOGI

A. Daerah yang Diteliti

Daerah operasional operator yang diteliti di wilayah Sumatera meliputi Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau dan Kepulauan Riau, seperti ditunjukkan pada Gbr. 1. Gambar tersebut juga menunjukkan BTS yang sudah beroperasi. Total BTS awal yang beroperasi di Sumatera berjumlah 1096 BTS.



Gbr. 1 Daerah operasional operator di Sumatera

D. Parameter yang Digunakan

Parameter yang digunakan dalam menentukan area cakupan per *clutter* adalah *Rx Level*, yaitu magnitude sinyal termulasi yang terukur oleh MS. *Rx Level* yang diukur adalah *Rx Level* sinyal dari *-serving cell* dan *neighbor cells* untuk melihat kandidat *handover*. *Rx Level* merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas jaringan radio, yang ditetapkan oleh *European Telecommunications Standards Institute (ETSI)* pada *GSM Technical Specification 05.08*. Untuk mencapai area cakupan yang ditargetkan, ditetapkan standar *Rx Level* sebagai berikut[6]:

- a. *Dense Urban* ≥ -64 dBm
- b. *Urban* ≥ -68 dBm
- c. *Sub Urban* ≥ -75 dBm
- d. *Rural* ≥ -82 dBm

Apabila *Rx level* memenuhi syarat di atas pada tiap *clutter*, maka bisa dikatakan *Rx Level* dalam kategori baik, sedangkan jika *Rx Level* di bawah standar yang telah ditentukan maka bisa dikatakan buruk. Nilai-nilai tersebut dimasukkan dalam pengaturan pada *software ASSET Tools* agar mendapat area cakupan yang diharapkan. Area cakupan hasil simulasi ditunjukkan dengan warna *polygon* sesuai dengan *Rx Level* yang diperoleh, sebagai berikut.

- a. Merah : *Rx Level* ≥ -64 dBm
- b. Kuning : -68 dBm \leq *Rx Level* ≤ -64 dBm
- c. Hijau : -75 dBm \leq *Rx Level* ≤ -68 dBm
- d. Biru : -82 dBm \leq *Rx Level* ≤ -75 dBm

E. Metode Pengambilan Data

Data awal diambil dari *database* BTS, berupa data *feeder*, letak antenna (dalam *latitude* dan *longitude*), jenis antenna, *azimuth*, dan *tilt* antenna seluruh sel di area yang diteliti, yang kemudian diolah menggunakan *ASSET Tools*. Data awal yang dimaksud adalah sebagai berikut [6]:

- a. *tilt*, yaitu kemiringan antenna BTS yang mempengaruhi besarnya luas cakupan sinyal, dan digunakan untuk mengatur sudut elevasi antenna,

- b. *azimuth* merupakan arah antenna sektor BTS, dinyatakan dalam derajat,
- c. *latitude* adalah koordinat garis lintang letak BTS,
- d. *longitude* adalah koordinat garis bujur letak BTS,
- e. *feeder*, yaitu media transmisi antara BTS dan antenna sektor, berupa kabel *coaxial* atau *waveguide*, dan
- f. *height* adalah tinggi menara BTS.

Pada peta *software* *Asset Tools* terdapat *polygon* area penelitian yang telah dibuat oleh operator. *Polygon* adalah area secara geografis pada peta *Asset Tools* yang ditentukan oleh divisi tertentu perusahaan untuk dicakup pada area yang telah ditentukan. *Polygon* dibuat berdasarkan beberapa hal yaitu jumlah permintaan layanan pelanggan (*demand*), kepadatan penduduk, topografi, dan demografi suatu wilayah.

Tahapan-tahapan pengolahan data selanjutnya menggunakan *Asset Tools* adalah sebagai berikut.

1. Membuat area cakupan per-*clutter* tiap provinsi sebelum penambahan *site*.
Clutter dibagi menjadi empat yaitu *dense urban*, *urban*, *sub urban* dan *rural*. Pada tahap ini terlihat area cakupan BTS yang sudah ada sebelum dilakukan penambahan BTS. Tiap-tiap *clutter* menunjukkan persentase area cakupan yang berbeda-beda.
2. Menentukan satu *site* yang sesuai tiap *clutter* sebagai acuan *new site* yang nanti akan ditambahkan.
Tiap *clutter* memiliki batasan tinggi menara BTS yang berbeda, karena kontur bumi dan tingkat halangan sinyal yang akan diterima oleh *receiver* juga berbeda-beda. Misalnya pada daerah *rural*, diperlukan menara BTS yang lebih tinggi daripada daerah lainnya, karena *polygon* pada daerah tersebut luas, sehingga dibutuhkan cakupan yang luas pula. *Site* yang dipilih haruslah sesuai dengan *clutter*
3. Menambahkan *site* per *clutter* tiap provinsi menggunakan *software ASSET Tools*.
Penambahan *site* baru dilakukan dengan memperhatikan letak geografis sekitar, seperti tidak meletakkan *site* di pegunungan, kawasan industri dan pemukiman padat penduduk. Penambahan juga disesuaikan dengan *polygon* tiap *clutter*.
4. Membuat tahapan *coverage plot* per *clutter* tiap provinsi di Sumatera dan statistiknya.

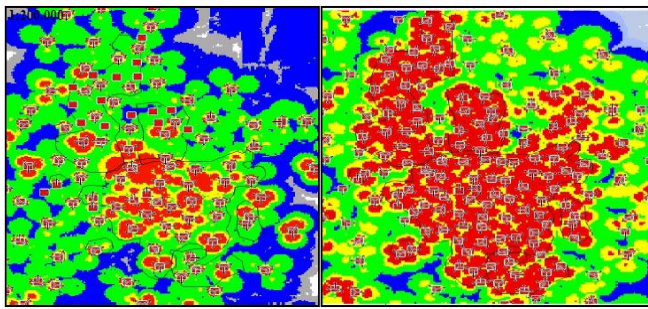
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Area Cakupan tiap Clutter di Sumatera Utara

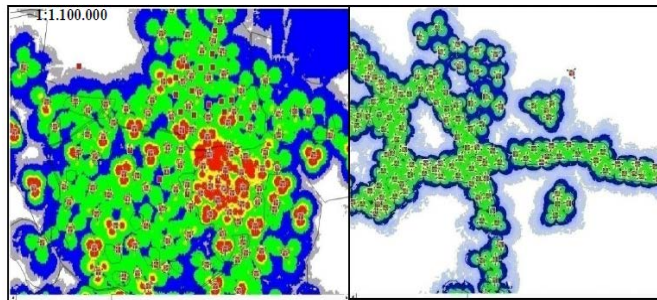
Gbr. 2 menunjukkan daerah *dense urban* di provinsi Sumatera Utara. Pada awalnya terdapat 47 BTS, kemudian setelah ditambahkan 52 BTS baru area cakupan pada *polygon* mencapai 92,5%.

Gbr. 3 menunjukkan area cakupan pada *clutter sub urban* area Sumatera Utara. BTS awal yang beroperasi berjumlah 215, sedangkan pada gambar sebelah kanan total BTS menjadi 301 buah dan cakupannya sebesar 95,7%.

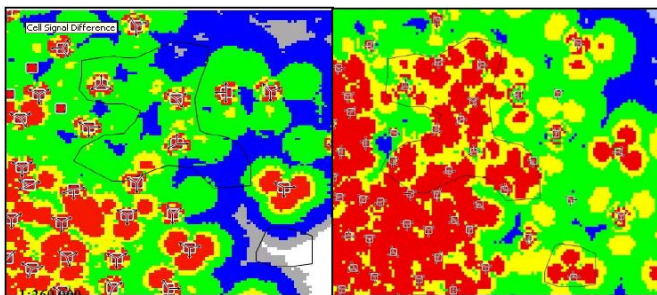
Gbr. 4 menunjukkan *clutter urban* di provinsi Sumatera Utara, dengan 14 BTS awal yang sudah beroperasi. Setelah ditambahkan 20 BTS baru, area cakupan pada *polygon* mencapai 95,1%.



Gbr. 2 Area cakupan *dense urban* awal (kiri), dan setelah ditambah BTS baru (kanan).

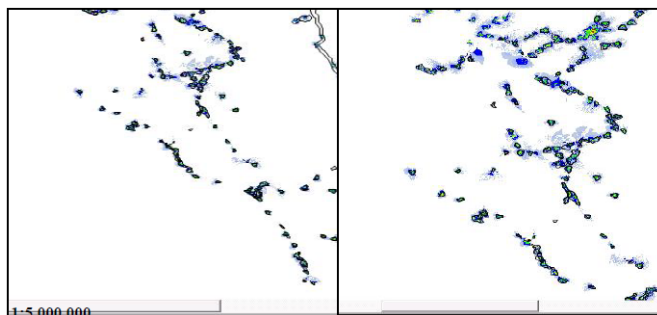


Gbr. 3 Cakupan *sub urban* awal (kiri), dan cakupan setelah ditambah BTS baru (kanan)



Gbr. 4 Cakupan *urban* awal (kiri), dan cakupan *urban* setelah ditambah BTS baru (kanan)

Gbr. 5 menunjukkan *clutter rural* di provinsi Sumatera Utara, dengan 202 BTS awal yang sudah beroperasi. Setelah ditambahkan 130 BTS baru, area cakupan pada *polygon* mencapai 94,7%.



Gbr. 5 Cakupan *rural* awal (kiri), dan cakupan *rural* setelah ditambah BTS baru

Area cakupan yang dihasilkan oleh simulasi pada keempat *clutter* area Sumatera Utara tersebut dirangkum ke dalam Tabel I.

Pada Provinsi Sumatera Utara *clutter* yang tidak mencapai target yang diinginkan adalah *dense urban* yang hanya mencapai 93,35% dan *rural* yaitu sebesar 94,7 %. Hal ini dikarenakan oleh adanya pengaruh *layer* tiap *clutter* yang menyebabkan cakupan sinyal tidak sempurna.

TABEL I
HASIL AREA CAKUPAN SUMATERA UTARA

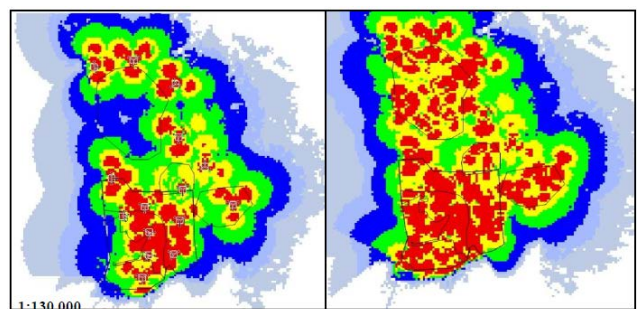
<i>Clutter</i>	d_{sel} (km)	L_{poly} (km ²)	L_{sel} (km ²)	BTS awal	BTS akhir	<i>Cov plot Asset</i>
DU	0,417	30,138	0,452	47	99	92,5%
U	0,567	24,238	0,835	14	34	95,1%
SU	1,74	2236,4	7,87	215	301	95,7%
RUR	1,84	2915	8,8	202	349	94,7%

Keterangan: DU: *dense urban*, U: *urban*, SU: *sub urban*, RUR: *rural*, d_{sel} = jari-jari sel, L_{poly} = luas *polygon*, L_{sel} = luas sel

Clutter dense urban pada provinsi Sumatera Utara terletak di kota Medan, yang merupakan kota padat penduduk dan memiliki banyak gedung bertingkat, sehingga cakupan sinyal menjadi tidak sempurna. Pada Gbr. 2 dapat dilihat cakupan warna merah sebagai parameter *dense urban* tidak sempurna melingkupi *polygon*, dan masih terdapat warna kuning yang tersebar. Apabila ditambahkan BTS pada daerah yang belum tertutup warna merah tetap saja tidak dapat menutup penuh, karena di daerah tersebut banyak terdapat *obstacle* atau halangan, yang berupa gedung bertingkat atau kawasan industri.

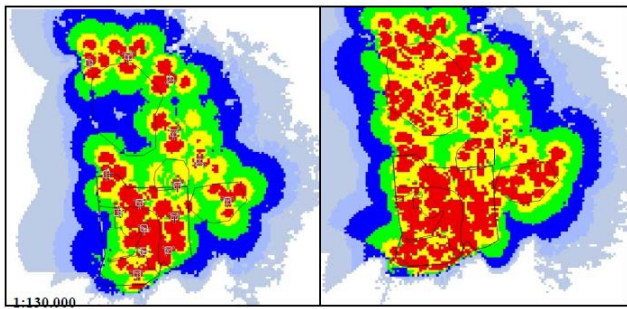
B. Hasil Area Cakupan tiap Clutter di Sumatera Barat

Gbr. 6, Gbr. 7 dan Gbr. 8 menunjukkan hasil simulasi area cakupan tiap *clutter* di Sumatera Barat. Gambar sebelah kiri merupakan cakupan BTS awal yang sudah beroperasi, sedangkan gambar sebelah kanan merupakan cakupan setelah ditambahkan BTS baru.

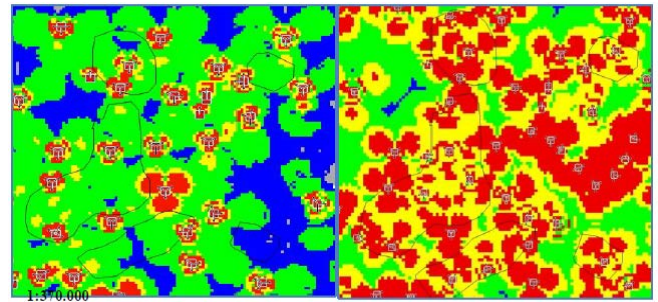


Gbr. 6 Cakupan *sub urban* (kiri), dan cakupan *sub urban* setelah ditambah BTS baru

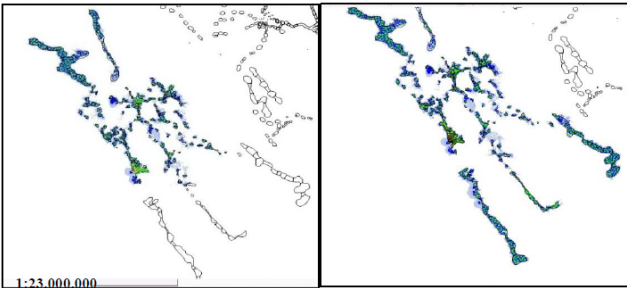
Area cakupan yang dihasilkan oleh simulasi pada keempat *clutter* area Sumatera Barat beserta pertambahan jumlah BTS yang diperlukan dirangkum dalam Tabel II.



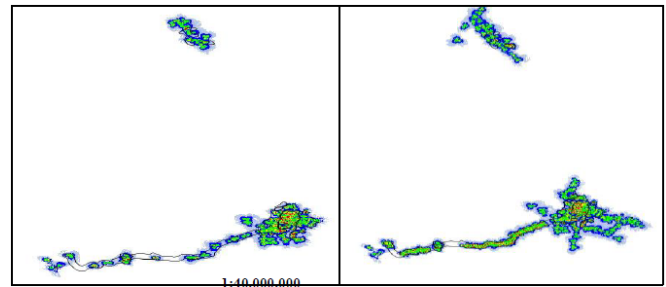
Gbr. 7 Cakupan *urban* awal (kiri), dan cakupan *urban* setelah ditambah BTS baru (kanan)



Gbr. 10 Cakupan *urban* awal (kiri), dan cakupan setelah ditambah BTS baru (kanan)



Gbr. 8 Cakupan *rural* awal (kiri), dan cakupan *rural* setelah ditambah BTS baru



Gbr. 11 Cakupan *sub urban* awal (kiri), dan cakupan setelah ditambah BTS baru (kanan)

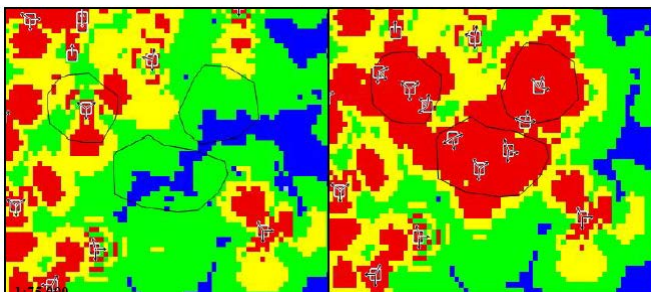
TABEL II
HASIL AREA CAKUPAN SUMATERA BARAT

Clutter	d_{sel} (km)	L_{poly} (km ²)	L_{sel} (km ²)	BTS awal	BTS akhir	Covplot Asset (%)
U	0,567	14,195	0,452	10	18	95,05
SU	1,74	1227,7	7,87	79	165	94,9
RUR	1,84	1865,6	8,8	164	219	95,31

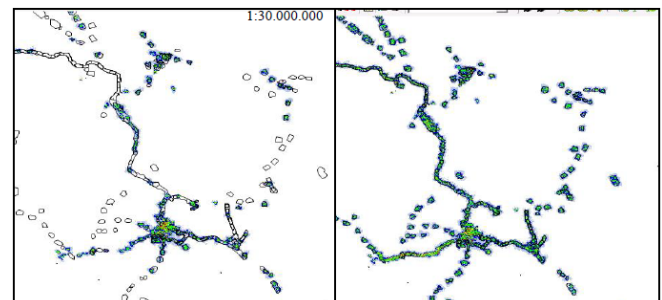
Keterangan: U: *urban*, SU: *sub urban*, RUR: *rural* d_{sel} = jari-jari sel, L_{poly} = luas *polygon*, L_{sel} = luas sel

Pada provinsi Sumatera Barat dapat dikatakan area cakupan tiap *clutter* terpenuhi. Sumatera Barat tidak memiliki *clutter dense urban*, dan pada *clutter sub urban* persentase yang didapatkan hanya kurang 0,1%. Dengan demikian, tidak diperlukan penambahan BTS. Penambahan cakupan dapat dilakukan dengan mengubah *tilt* atau *azimuth* antena pada tahap optimasi.

C. Hasil Area Cakupan tiap Clutter di Riau



Gbr. 9 Cakupan *dense urban* awal (kiri), dan cakupan setelah ditambah BTS baru (kanan)



Gbr. 12 Cakupan *rural* awal (kiri), dan cakupan *rural* setelah ditambah BTS baru (kanan)

Hasil area cakupan tiap *clutter* di Riau ditunjukkan pada Gbr. 9 sampai dengan Gbr. 12. Gambar sebelah kiri merupakan cakupan BTS awal yang sudah beroperasi, sedangkan gambar sebelah kanan adalah gambar *polygon* setelah ditambahkan BTS baru.

Tabel III menunjukkan hasil simulasi penambahan BTS di provinsi Riau. Semua *clutter* memenuhi target yang diharapkan yaitu 95%.

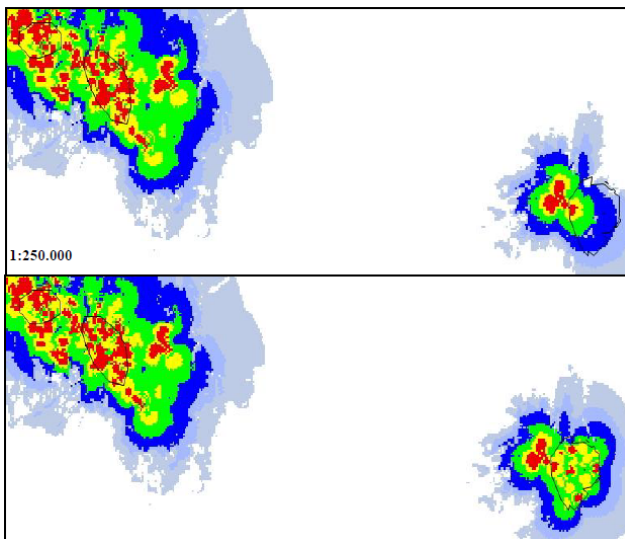
TABEL III
HASIL AREA CAKUPAN RIAU

Clutter	d_{sel} (km)	L_{poly} (km ²)	L_{sel} (km ²)	BTS awal	BTS akhir	Covplot ASSET
DU	0,425	2,164	0,452	1	8	96,933%
U	0,567	30,895	0,835	10	50	96,7%
SU	1,74	1227,73	7,87	103	168	95,73%
RUR	1,84	3845,6	8,8	256	450	95,04%

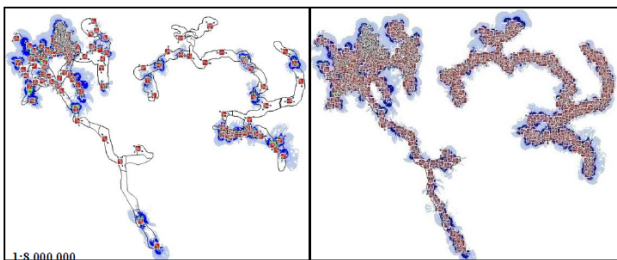
Keterangan: U: *urban*, SU: *sub urban*, RUR: *rural* d_{sel} = jari-jari sel, L_{poly} = luas *polygon*, L_{sel} = luas sel

D. Hasil Area Cakupan tiap Clutter di Kepulauan Riau

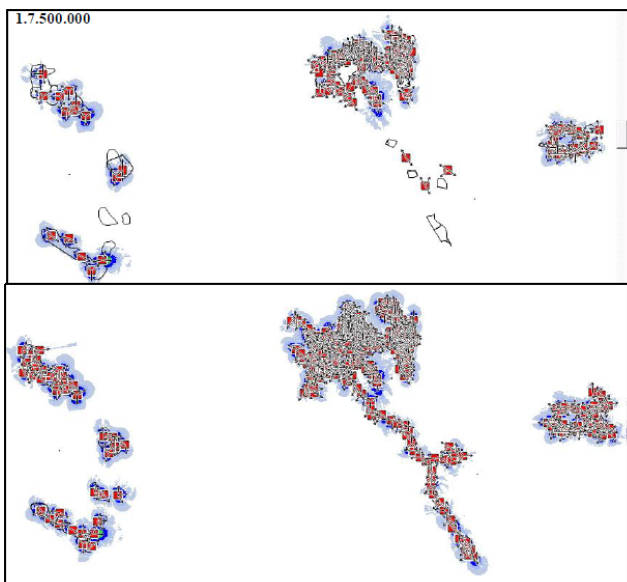
Gbr. 13 sampai dengan Gbr. 15 menunjukkan cakupan BTS awal yang sudah beroperasi dan gambar *polygon* setelah ditambahkan BTS baru.



Gbr. 13 Cakupan *urban* awal (atas), dan cakupan *urban* setelah ditambah BTS baru (bawah)



Gbr. 14 Cakupan *sub urban* awal (kiri), dan *covplot sub urban* setelah ditambah BTS baru (kanan)



Gbr. 15 Cakupan *rural* awal (atas), dan cakupan *rural* setelah ditambah BTS baru (bawah)

Tabel IV menunjukkan hasil simulasi penambahan BTS di provinsi Kepulauan Riau.

TABEL IV.
HASIL AREA CAKUPAN KEPULAUAN RIAU

Clutter	d_{sel} (km)	L_{poly} (km ²)	L_{sel} (km ²)	BTS awal	BTS akhir	Covplot ASSET
U	0,56	10,855	0,452	11	20	85,98%
SU	1,74	409,24	7,87	33	71	95,79%
RUR	1,84	660,05	8,8	51	95	95,91%

Keterangan: U: urban, SU: sub urban, RUR: rural d_{sel} = jari-jari sel, L_{poly} = luas *polygon*, L_{sel} = luas sel

Di area Kepulauan Riau tidak terdapat *clutter dense urban*. Pada *clutter urban* target yang diharapkan tidak terpenuhi, yaitu dengan ditambahkan 9 BTS baru, hanya dicapai 85%. Hal tersebut disebabkan oleh pengaruh *layer* yang membuat cakupan sinyal tidak maksimal karena di daerah *urban* banyak terdapat gedung bertingkat dan daerah industri.

Pada daerah yang memiliki area cakupan tidak merata sebaiknya dilakukan *tilting mechanical* pada saat optimasi untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan arah antenna yang dapat menyebabkan terjadinya pelemahan sinyal, sehingga sinyal dapat tersebar secara merata.

V. KESIMPULAN

Cakupan area Sumatera Utara telah memenuhi target 95% pada *clutter urban* dan *sub urban*, sedangkan cakupan di Sumatera Barat dan Riau memenuhi target untuk seluruh *clutter*. Sementara itu, cakupan di Kepulauan Riau memenuhi target untuk *clutter sub urban* dan *rural*. *Clutter dense urban* di Sumatera Utara tidak dapat mencapai target 95% karena banyak terdapat gedung bertingkat dan wilayahnya padat penduduk. Tidak terpenuhinya target *clutter urban* di Kepulauan Riau disebabkan banyaknya daerah industri sehingga lahan untuk penambahan BTS menjadi terbatas. Total penambahan BTS untuk mencapai target 95% adalah 853 BTS, dengan perincian 305 BTS untuk area Sumatera Utara, 151 BTS untuk area Sumatera Barat, 306 BTS untuk Riau, dan 91 BTS untuk Kepulauan Riau. Perincian penambahan BTS untuk tiap *clutter* adalah 59 BTS untuk *clutter dense urban*, 97 BTS untuk *clutter urban*, 275 BTS untuk *clutter sub urban* dan 440 BTS untuk *clutter rural*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Stevanus Ary atas ketersediaan tempat untuk melakukan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] T.S Rappaport, *Wireless Communication Principles and Practices 2nd ed.*, Prentice-Hal, Inc., 2002
- [2] A.R. Misra., *Fundamentals of Cellular Network Planning & Optimisation*, John Wiley & Sons, Ltd, 2004
- [3] GSM System Overview, Aircom International, 2002
- [4] Sunomo, *Pengantar Sistem Komunikasi Nirkabel*. PT. Gramedia Widiasarana, Jakarta, 2004.
- [5] G. Wibisono, U. K. Usma, G. D. Hantoro, *Konsep Teknologi Seluler*, Penerbit Informatika, Bandung, 2008
- [6] European Telecommunications Standards Institute (ETSI), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio subsystem link control*, GSM Technical Specification GSM 05.08 Version 5.1.0, July 1996