

**PENENTUAN LOKASI BASE TRANSCIVEIVE STATION (BTS) BERSAMA
DI KOTA SEMARANG DENGAN MODEL SET COVERING PROBLEM****Nurwidiana, Akhmad Syakhroni , Hamirudin**

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung
Jl. Raya Kaligawe Km 4 Semarang
Email: nurwidiana@unissula.ac.id

Abstrak

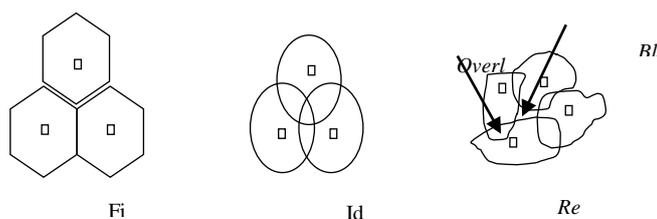
Jumlah base transceiver station (BTS) semakin meningkat dari tahun ketahun berbanding lurus dengan tingkat permintaan konsumen yang harus dilayani oleh pengguna jasa telekomunikasi. Saat ini tercatat 185 tower BTS berdiri di kota Semarang yang digunakan 4 operator seluler GSM untuk dapat menjangkau permintaan konsumen. Banyaknya BTS mengakibatkan langit kota dipenuhi dengan bangunan tower yang mengganggu estetika kota. Hal ini terjadi karena operator-operator jaringan masih menggunakan tower untuk menara BTS sendiri-sendiri. Padahal menara BTS dapat menampung 5 operator seluler. Dengan penggunaan BTS secara bersama-sama diharapkan mampu memberikan penghematan biaya operasional yang harus dikeluarkan operator seluler, dan dapat menjaga nilai estetika kota Semarang. Untuk itu diperlukan penentuan lokasi BTS bersama yang optimal, agar dapat mencakup semua wilayah dengan jumlah BTS paling sedikit. Penelitian ini akan melakukan penentuan lokasi-lokasi yang optimal untuk mendirikan BTS bersama namun tetap mencover seluruh area permintaan pelanggan. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengevaluasi titik-titik BTS existing saat ini untuk dapat memperoleh titik-titik optimum lokasi BTS bersama di kota Semarang yang dapat mencover seluruh permintaan pelanggan seluler di Kota Semarang yang terdapat di 279 titik. Dengan menggunakan model set covering problem ditemukan jumlah optimal yang dapat digunakan sebagai BTS Bersama yakni sebanyak 61 BTS. Penurunan jumlah tersebut bersamaan dengan penghematan biaya operasional sebesar Rp 462.627.600.000 dari biaya awal sebesar Rp 695.822.000.000 menjadi Rp 233.194.400.000, atau turun sebanyak 66,49%.

Kata kunci: base transceiver station, penggunaan bersama ,Set Covering Problem,

1. PENDAHULUAN

Salah satu kontributor terbesar terhadap perekonomian adalah bidang telekomunikasi. Sebesar 3 persen peningkatan perekonomian terdorong setiap 1 persen penetrasi bidang telekomunikasi (*International Telecommunication Union*). Peningkatan signifikan terjadi pada penggunaan konsep telekomunikasi seluler.

Konsep dasar dari suatu sistem seluler adalah pembagian pelayanan menjadi daerah-daerah kecil yang disebut sel. Setiap sel mempunyai daerah cakupannya masing-masing dan beroperasi secara khusus. Jumlah sel pada suatu daerah geografis berdasarkan pada jumlah pelanggan yang beroperasi di daerah tersebut (Samsulbahri, 2009). Sistem seluler dirancang untuk beroperasi dalam suatu kelompok dengan pemancar berdaya kecil dalam suatu servis area. Area ini dilayani oleh suatu kelompok yang disebut sel (*cell*). Sel dapat dirancang dengan menggunakan radius yang besar hingga 26 km dan untuk pengguna yang berjumlah banyak (kepadatan trafik rendah) dapat menggunakan radius yang kecil hingga kurang dari 2 km. Sejalan dengan perkembangan trafik, sel dan kanal baru dapat ditambahkan dalam sistem (Rappaport, 1996). Bentuk jaringan sistem selular berkaitan dengan luas cakupan daerah pelayanan. Secara konsep, sel digambarkan dalam bentuk heksagonal, tetapi bentuk seperti ini fiktif karena sebenarnya bentuk ini merupakan penggambaran adanya daerah batas antar sel (*handover*). Dalam kenyataannya, *coverage area* dalam satu sel tidak ideal seperti heksagonal, akan tetapi berbentuk sedikit tidak beraturan seperti terlihat pada gambar 1. (Samsulbahri, 2009)



Sumber : Samsulbahri. Konsep Dasar Telekomunikasi Seluler (2009)

Gambar 1. Bentuk Sel

Keterangan :

- *Blank Spot* adalah daerah yang tidak terjangkau oleh cakupan pemancar radio seluler terdekat.
- *Overlapping* adalah daerah yang menerima cakupan pemancar radio seluler lebih dari satu.

Ketidakteraturan *coverage* ini disebabkan oleh adanya penghalang (*obstacle*) yang menghalangi sinyal. Contohnya rumah-rumah, gedung bertingkat, gunung, pepohonan, tiang listrik, dan lain-lain.

Dalam jaringan telekomunikasi seluler, dikenal salah satu perangkat yang disebut *base transceiver station* (BTS). Perangkat ini merupakan tempat beradanya perangkat-perangkat yang berhubungan langsung dengan *mobilephone* pelanggan (*mobile station*). Fungsinya adalah untuk mengirim dan menerima sinyal. Perangkat ini diperlukan untuk melayani setiap panggilan di masing-masing sel dalam suatu jaringan.

Jumlah *base transceiver station* (BTS) semakin meningkat dari tahun ketahun berbanding lurus dengan tingkat permintaan konsumen yang harus dilayani oleh pengguna jasa telekomunikasi. Perluasan jangkauan layanan seluler dengan membangun tower-tower *based transceiver station* (BTS) di atas lahan kosong, sekitar pemukiman penduduk, serta diatas gedung-gedung kelihatan begitu mencolok. Banyaknya BTS mengakibatkan kota menjadi hutan tower yang menjulang tinggi. Hal ini terjadi karena operator-operator jaringan masih mendirikan tower-towernya masing-masing. Padahal jika dilihat dari segi tipe menara BTS yang digunakan salah satunya adalah menara BTS tipe *gren field-4 legged-super heavy duty*. Menara tipe ini memiliki ketinggian dari 32 meter hingga 72 meter. Menara ini dapat menampung 15 perangkat GSM, 15 buah perangkat 3G, 15 buah perangkat MW 0.1, 5 buah perangkat MW 1.2, 30 buah perangkat TMA, dan 60 set perangkat *feeder*. Sehingga sangat disayangkan jika satu tower tersebut hanya digunakan oleh satu operator. *Problem* tersebut dapat diatasi dengan dibangunnya BTS yang dapat dipakai secara bersama-sama. Setidaknya, di suatu titik lokasi BTS, satu tower harus dapat menampung minimal 3 operator jaringan. Dengan menggabung beberapa BTS akan mampu menghemat lokasi. Selain itu, operator jaringan akan mampu menghemat biaya investasi yang harus dikeluarkan untuk pendirian BTS, menghemat biaya operasional BTS, dan dapat memperindah kota.

Penelitian ini akan menggunakan metode *set covering problem* (SCP) untuk menentukan lokasi BTS dengan jumlah minimal agar titik setiap permintaan dapat dipenuhi oleh minimal satu fasilitas. Fasilitas yang dimaksud pada penelitian ini adalah BTS, dengan metode SCP jumlah BTS dapat ditentukan berdasarkan jarak dan jumlah permintaan yang ada di kota Semarang.

Model *set covering* bertujuan meminimumkan jumlah titik lokasi fasilitas pelayanan, namun fasilitas tetap dapat melayani semua titik permintaan. Untuk menggambarkan model *set covering* dapat dirumuskan atau formulasikan sebagai berikut:

Fungsi Tujuan :

$$\text{Minimize } \sum_{j \in J} x_j \quad (1)$$

Fungsi batasan :

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq 1 \forall i \in I \quad (2)$$

Variabel Keputusan :

$$x_j \in \{0,1\} \forall j \in J \quad (3)$$

Dimana :

- I = titik permintaan dengan indeks i
- J = titik alternatif lokasi dengan indeks j
- d_{ij} = jarak antara titik permintaan i dengan alternatif lokasi j
- D^c = jarak pemenuhan
- $N_i = \{j : J \in d_{ij} \leq D^c\}$
- = semua alternatif lokasi yang meliputi titik permintaan i

Berdasarkan formulasi tersebut dapat diuraikan menjadi fungsi tujuan (1) yang digunakan untuk meminimasi jumlah alternatif lokasi. Batas (2) menyatakan setiap titik permintaan dapat dipenuhi sedikitnya oleh satu fasilitas dan batasan (3) menyatakan benar atau tidaknya suatu keputusan.

Pada penelitian ini diasumsikan Pelanggan seluler masing-masing operator tersebar merata di setiap wilayah di Kota Semarang. Satu lokasi BTS melayani 1 dengan radius jangkauan 1,5 Km.

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitiann ini adalah (1) mengetahui titik-titik lokasi BTS *existing* yang sudah ada saat ini, (2) memperoleh titik-titik minimum lokasi BTS bersama di Kota Semarang namun tetap mampu *cover* semua permintaan pelanggan (3) memperoleh jumlah penghematan biaya operasional untuk BTS Bersama.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode *set covering problem* untuk menentukan lokasi BTS Bersama yang ideal agar mampu *cover* semua area permintaan di Kota Semarang dengan jumlah BTS paling sedikit agar mampu meminimasi biaya operasional BTS yang harus ditanggung operator. Pada *set covering problem* harus ditentukan titik fasilitas dan titik permintaan. Pada penelitian ini yang menjadi titik fasilitas adalah koordinat dari lokasi BTS yang ada saat ini, sedangkan titik permintaan adalah koordinat dari titik keramaian yang terdiri dari kelurahan, rumahsakit, pasar, sekolahan pasar/mal.

Langkah awal dalam penelitian ini adalah menentukan titik-titik fasilitas dan titik-titik permintaan. Titik fasilitas adalah titik koordinat dari BRT yang saat ini ada di kota semarang. Sedangkan titik permintaan akan diidentifikasi dari titik-titik keramaian yang ada di kota semarang. Titik-titik keramaian diidentifikasi dari keberandaan pusat keramaian seperti pusat perbelanjaan modern, titik-titik lokasi wisata, titik-titik koordinat terminal, stasiun, pelabuhan, dan bandara, titik-titik koordinat kawasan industri, titik-titik koordinat pasar tradisional sebanyak 8 titik. Langkah berikutnya adalah menyusun formulasi matematis *set covering problem* dari titik-permintaan dan titik fasilitas yang telah diketahui, dan cari solusi dengan menggunakan bantuan software lindo.

Dari pengolahan data londi akan menunjukkan Koordinat BTS terpilih, yaitu titik-titik penempatan BTS agar mampu *cover* semua titik permintaan layanan seluler dengan jumlah BTIS minimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Fasilitas dan Data Permintaan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data titik-titik koordinat permintaan pelanggan seluler, data titik-titik koordinat BTS *existing* yang tersedia dan data biaya operasional tahunan BTS. Data titik-titik permintaan pelanggan seluler terdiri dari area permukiman yang diwakili oleh 175 titik koordinat kelurahan se-Kota Semarang, titik-titik koordinat pusat keramaian

seperti pusat perbelanjaan modern yaitu sebanyak 18 titik, titik-titik koordinat rumah sakit yaitu sebanyak 20 titik, titik-titik koordinat kampus yaitu sebanyak 31 titik, titik-titik lokasi wisata sebanyak 13 titik, titik-titik koordinat terminal, stasiun, pelabuhan, dan bandara yang berjumlah 7 titik, titik-titik koordinat kawasan industri sebanyak 6 titik, titik-titik koordinat pasar tradisional sebanyak 8 titik. Sehingga total titik permintaan yang menjadi pusat permintaan pelanggan adalah sebanyak 279 titik yang tersebar diseluruh Kota Semarang. Data titik-titik koordinat lokasi pusat permintaan pelanggan diperoleh dengan cara menemukan koordinat masing-masing titik dengan bantuan alat *global positioning system* (GPS).

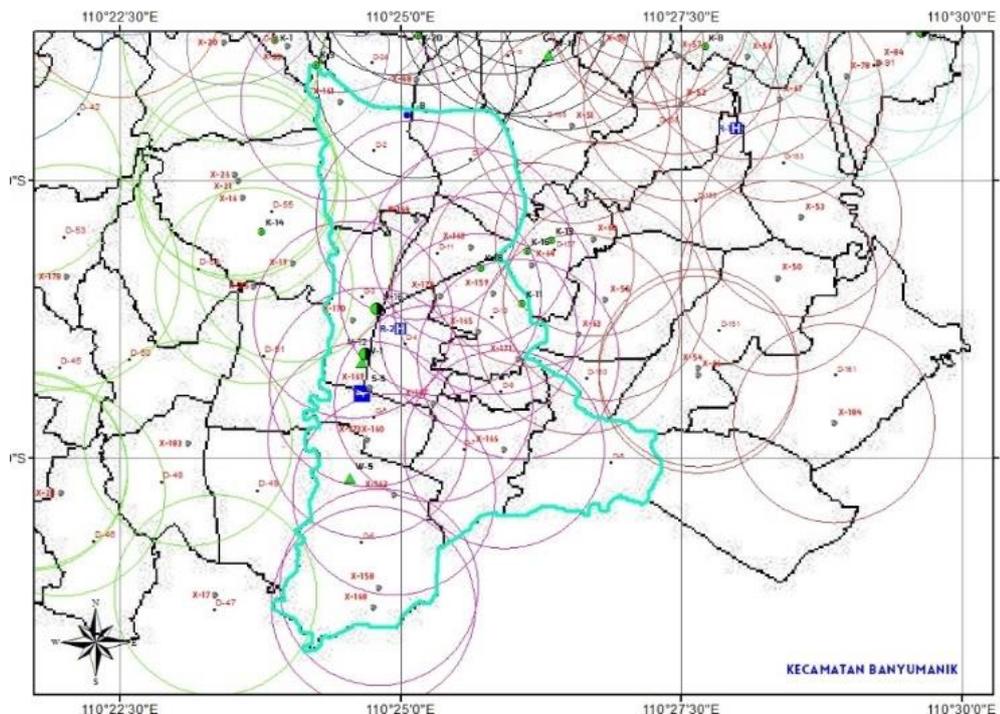
Sedangkan data titik-titik koordinat lokasi BTS *existing* diperoleh dari Dinas Komunikasi, Informatika, Statistik, dan Persandian Kota Semarang. Peneliti memperoleh jumlah BTS *existing* yang resmi terdaftar dalam laporan tahun 2017 adalah sebanyak 185 BTS. Untuk data biaya operasional tahunan diperoleh dengan metode wawancara dengan salah seorang *team engineer* dari salah satu perusahaan kontraktor penyedia tower BTS.

3.2 Pengukuran Radius Coverage BTS

Untuk mengetahui titik-titik yang dijangkau oleh masing-masing BTS, maka perlu dilakukan pengukuran radius jangkauan signal. Dalam penelitian ini, radius jangkauan signal yang digunakan minimal adalah 1500 meter. Jarak tersebut digunakan karena sesuai dengan peraturan daerah kota Semarang.

3.3 Model Set Covering Problem untuk Penentuan Lokasi BTS Bersama

Pengolahan data untuk menentukan lokasi BTS bersama dilakukan menggunakan bantuan *software lindo 6.1*. Pada pengolahan data terdapat kendala berupa *software lindo 6.1* tidak mampu *men-solve* formulasi penelitian ini dalam sekali *runing* untuk seluruh daerah kota Semarang karena banyannya *variable* titik permintaan. Oleh karena keterbatasan tersebut maka penyelesaian masalah dibagi berdasarkan wilayah kecamatan, dimana di Wilayah Kota Semarang terdapat 16 Kecamatan. Berikut tahapan penyelesaian *set covering problem* pada kecamatan Banyumanik. Di Kecamatan Banyumanik terdapat 20 titik permintaan yang terdiri dari 11 kelurahan dan 9 titik keramaian dan harus dilayani oleh minimal satu BTS untuk masing-masing titik permintaan.



Gambar 2. Titik Permintaan dan BTS yang melayani di Kecamatan Banyumanik

Dari gambar di atas bisa diidentifikasi tiap titik-titik permintaan dapat dilayani oleh beberapa BTS yang tersedia. Berikut tabel tiap-tiap titik dan BTS yang melayaninya.

Tabel 1. Lokasi BTS dan Titik Permintaan di Kecamatan Banyumanik

Titik Permintaan	BTS yang di layanan	Titik Permintaan	BTS yang di layanan
D1	X164 , X163 , X48	D11	X64 , X164 , X163 , X159 , X165 , X172
D2	X161 , X48, X164	D12	X161 , X48
D3	X164 , X170 , X169 , X172 , X19	D13	X64 , X164 , X163 , X159 , X165 , X172
D4	X170 , X169 , X165 , X167 , X172, X159	D14	X60 , X64 , X55 , X63 , X163 , X171 , X159 , X165 , X172
D5	X169 , X162 , X167, X160, X173	D15	X170 , X169 , X173 , X160 , X167, X173
D6	X162 , X158 , X168	D16	X170 , X169 , X173 , X160 , X167
D7	X173 , X160 , X162 , X166 , X167	D17	X170 , X169 , X173 , X160, X172, X167
D8	TIDAK TERCOVER	D18	X170 , X169 , X159 , X165 , X167 , X172
D9	X63 , X166 , X171 , X159 , X167	D19	X164 , X170 , X169 , X172 , X19
D10	X64 , X63 , X163 , X171 , X159 , X165 , X172	D20	X169 , X173 , X160 , X162

Catatan : titik Permintaan D-8 tidak ter-cover oleh BTS *existing*, sehingga tidak dimasukkan dalam pengolahan data model *set covering problem*.

Dari tabel diatas dapat dibuat formulasi matematis untuk penyelesaiannya dengan *set covering problem*. Berikut notasi yang digunakan.

Fungsi tujuan: Minimasi jumlah BTS di Kecamatan Banyumanik.

$$\text{Minimize } Z = \sum_{j=1}^{47} x_j , \quad (4)$$

Dimana $j = \text{BTS}$

Dalam *software lindo* ditulis sebagai berikut:

$$\text{Min } x_{164} + x_{163} + x_{161} + x_{48} + x_{170} + x_{169} + x_{172} + x_{165} + x_{167} + x_{162} + x_{158} + x_{168} + x_{173} + x_{160} + x_{166} + x_{63} + x_{171} + x_{159} + x_{34} + x_{64} + x_{36} + x_{30} + x_{29} + x_{32} + x_{47} + x_{46} + x_{42} + x_{45} + x_{49} + x_{43} + x_{74} + x_{60} + x_{55} + x_{19}$$

Fungsi pembatas

Batasan : tiap-tiap titik permintaan di Kecamatan Banyumanik harus *discover* oleh minimal satu BTS

Model matematis dari batasan penelitian tersebut adalah

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq 1, \quad (5)$$

Dimana : $j = \text{BTS}$, $i = \text{titik permintaan}$.

Dalam *software Lindo 6.1* ditulis sebagai berikut.

Subject to

$$\begin{aligned} X_{164} + X_{163} + X_{48} &\geq 1 \\ X_{161} + X_{48} + x_{164} &\geq 1 \\ X_{164} + X_{170} + X_{169} + X_{172} + X_{19} &\geq 1 \\ X_{170} + X_{169} + X_{165} + X_{167} + X_{172} + X_{159} &\geq 1 \\ X_{169} + X_{162} + X_{167} + X_{160} + X_{173} &\geq 1 \\ X_{162} + X_{158} + X_{168} &\geq 1 \\ X_{173} + X_{160} + X_{162} + X_{166} + X_{167} &\geq 1 \\ X_{63} + X_{166} + X_{171} + X_{159} + X_{167} &\geq 1 \\ X_{64} + X_{63} + X_{163} + X_{171} + X_{159} + X_{165} + X_{172} &\geq 1 \\ X_{64} + X_{164} + X_{163} + X_{159} + X_{165} + X_{172} &\geq 1 \\ X_{161} + X_{48} &\geq 1 \\ X_{64} + X_{164} + X_{163} + X_{159} + X_{165} + X_{172} &\geq 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& X_{60} + X_{64} + X_{55} + X_{63} + X_{163} + X_{171} + X_{159} + X_{165} + X_{172} \geq 1 \\
& X_{170} + X_{169} + X_{173} + X_{160} + X_{167} + X_{173} \geq 1 \\
& X_{170} + X_{169} + X_{173} + X_{160} + X_{167} \geq 1 \\
& X_{170} + X_{169} + X_{173} + X_{160} + X_{172} + X_{167} \geq 1 \\
& X_{170} + X_{169} + X_{159} + X_{165} + X_{167} + X_{172} \geq 1 \\
& X_{164} + X_{170} + X_{169} + X_{172} + X_{19} \geq 1 \\
& X_{169} + X_{173} + X_{160} + X_{162} \geq 1
\end{aligned}$$

End

Variabel keputusan

Keputusan formulasinya adalah memilih BTS yang optimum sebagai lokasi pendirian BTS bersama. Keputusan pemilihan variabel berupa integer binar yaitu antara bernilai 1 atau 0.

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{Jika lokasi } j \text{ terpilih} \\ 0 & \text{Jika tidak terpilih} \end{cases}$$

Dalam *software lindo* ditulis :

inte x164 inte x163 inte x161 inte x48 inte x170 inte x169 inte x172 inte x165 inte x167 inte x162
inte x158 inte x168 inte x173 inte x160 inte x166 inte x63 inte x171 inte x159 inte x34 inte x64
inte x36 inte x30 inte x29 inte x32 inte x47 inte x46 inte x42 inte x45 inte x49 Inte x74 Inte x60
Inte x55 Inte x19

Setelah formulasi telah lengkap *diinput* dalam lembar kerja *software lindo 6.1*. Berdasarkan hasil *running software Lindo 6.1*, maka diperoleh keputusan terpilih sebanyak 4 BTS sebagai BTS bersama di Kecamatan Banyumanik, yaitu di titik X-48, X-170, X-162, X-159.

Untuk 15 kecamatan yang lain di wilayah kota Semarang dilakukan pengolahan dengan cara yang sama. Diperoleh keputusan jumlah dan lokasi-lokasi yang optimum untuk dijadikan BTS Bersama adalah sebanyak 61 BTS.

3.4 Analisa Penghematan Biaya Operasional Menggunakan BTS Bersama

Biaya penghematan yang dimaksudkan adalah biaya operasional BTS. Hal ini dikarenakan untuk penggunaan BTS Bersama tidak perlu lagi dilakukan pendirian BTS baru, akan tetapi menggunakan BTS *existing* yang sudah ada saat ini. Sehingga komponen biaya yang muncul karena pendirian BTS baru tidak diperhitungkan. Biaya operasional dari Tower BTS dapat dibagi menjadi langsung dan tidak langsung sebagai berikut:

biaya langsung dan biaya tidak langsung.

1. Biaya Langsung

- Biaya genset, BTS ini menggunakan Genset dengan daya 100 kVA, menggunakan bahan bakar solar dengan kebutuhan rata-rata 1000 liter/bulan. Harga solar industri bulan November 2017 = Rp 7.100 (termasuk Ppn, PBBKB dan ongkir) Sehingga dibutuhkan sebesar Rp 7.100 x 1.000 = Rp 7.100.000/bulan atau Rp 85.200.000/tahun
- Biaya listrik, BTS tersebut menggunakan PLN multiguna yakni tanpa kWh meter, setiap bulan tagihan dari PLN sebesar Rp 6.000.000. sehingga dalam setahun tagihan listrik ke PLN adalah sebesar Rp 6.000.000 x 12 bulan = Rp 72.000.000/tahun.
- Sewa BTS, BTS ini disewa dari perusahaan kontraktor penyedia tower seharga Rp 24.000.000/tahun dengan masa kontrak 10 tahun.

2. Biaya Tidak langsung

Biaya pemeliharaan peralatan dan sistem lainnya, biaya ini. Kegiatan *maintenance* di lakukan oleh penyedia tower dengan kesepakatannya berlaku sepaket dengan kontrak sewa BTS. Komponen biaya *maintenance* itu sendiri dibagi menjadi dua, yaitu :

- *Maintenance labour cost* sebesar Rp 15.000.000/bulan atau Rp 180.000.000/tahun. Biaya ini merupakan biaya satu *team* yang ditugaskan untuk melakukan aktivitas *maintenance*.
- *Repair cost* sangat bervariasi tergantung kerusakan masing masing system dan komponen BTS. Biaya repair terbesar yang pernah dikeluarkan BTS dalam setahun adalah sebesar Rp 3.400.000.000

Dari data diatas maka total kebutuhan operasional BTS dalam setahun mencapai Rp 85.200.000/tahun + Rp 72.000.000/tahun + Rp 24.000.000/tahun + Rp 180.000.000/tahun + Rp 3.400.000.000 = Rp 3.761.200.000

Sehingga dengan menggunakan fasilitas BTS Bersama, maka dapat menghemat operasional sebesar :

- Biaya operasional awal dengan 185 BTS *existing*

Biaya operasional agregat tahunan sebesar : Rp 3.761.200.000 x 185 BTS

= Rp 695.822.000.000

- Biaya operasional dengan BTS Bersama

Biaya operasional agregat tahunan sebesar : Rp 3.761.200.000 x 62 BTS

= Rp 233.194.400.000

Sehingga penghematan yang dapat diperoleh dengan penggunaan BTS Bersama adalah sebesar :

Rp 695.822.000.000 - Rp 233.194.400.000

= Rp 462.627.600.000

Atau turun sebesar 66,49% dari biaya operasional awal ketika menggunakan BTS *existing*.

4. KESIMPULAN

Dengan menggunakan *set covering* problem , dari 279 titik permintaan pelanggan telepon seluler yang saat ini dilayani oleh sebanyak 185 tower BTS yang tersebar di 16 Kecamatan Kota Semarang dapat ter-cover dengan menggunakan BTS bersama sebanyak 61 tower BTS saja. Penggunaan BTS bersama dapat menurunkan biaya operasional dari operator hingga 66,5%.

Kelemahan pada penelitian ini adalah penyelesaian permasalahan *set covering problem* di wilayah kotas semarang yang tidak dapat diselesaikan sekaligus. Karena keterbatasan kemampuan software paka penyelesaian dilakukan secara parsial tiap kecamatan. Hal ini dapat menyebabkan tidak tercapainya penyelesaian yang optimum, Maka disarankan untuk penelitian lanjutan sebaiknya penyelesaian dilakukan secara sekaligus.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfi M, (2013). Menara Telekomunikasi di Semarang Akan Ditertibkan. www.Tribunnews.com (di akses pada 14 April 2017)
- Bekti N. (2017). Penerapan Metode *Set Covering Problem* dalam Penentuan Lokasi dan Alokasi Sampah di Wilayah Kota Surakarta. UMS : Surakarta
- Bullough, Goldsmith, A. (2009). Wireless Communications. *Journal of the Acoustical Society of America*, 207(4), 2354. <https://doi.org/10.1121/1.3582201>
- Daskin, M. S. (2008). What you should know about location modeling. *Naval Research Logistics*, 55(4), 283–294. <https://doi.org/10.1002/nav.20284>
- Doddy P., Udisubakti C., Panji S. (2016). Analisis penempatan Gudang Bantuan OMSP Tanggap Darurat Bencana Alam Menggunakan Metode *set covering problem* dan ANP. Proseding Seminar Nasional Pascasarjana. STTAL:Cilacap
- Faiz, 2005, Global System for Mobile Communication (GSM), <http://purwakarta.org/flash/GSM.pdf>,
- Djuanedi, M (2014) Penataan Pembangunan Menara Telekomunikasi dengan Menara Bersama. <http://lombokbaratkab.go.id/penataan-pembangunan-menara-telekomunikasi-dengan-menara-bersama/> (diakses pada tanggal 29 Desember 2017)
- Perhubungan, Dinas and Kabupaten Blitar. 2014. “Perencanaan Kebutuhan Base Transceiver Station (BTS) dan Optimasi Penempatan Menara Bersama Telekomunikasi Requirements Planning Base Transceiver Station (BTS) Placement and Optimization of Shared Telecommunications.” 4(3):151–59. Blitar
- Rappaport, Theodore S. (1996). *Wireless Communication, Principle and Practice*. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Susilowati, E. (2010). PENENTUAN LOKASI BASE TRANSCEIVER STATION (BTS) BERSAMA DI KOTA SURAKARTA DENGAN MODEL *Set Covering Problem*, 1–128. Teknik Industri UMS
- Samsulbahri. (2009). Konsep Dasar Telekomunikasi Seluler.<http://samsulnar.blogspot.com/2009/04/konsep-dasar-telekomunikasi-seluler.html>
- Utama, Eriko. 2004. Modul Pelatihan ARCGIS/MAPINFO, Comlabs ITB. Bandung.
- Wibisono G., Usman UK., Hantoro G. D. (2008). *Konsep Teknologi Seluler*. Bandung: Informatika
- Wikipedia, (2009) Operator Seluler di Indonesia. www.wikipedia.com (diakses pada 23 April 2017)