

**OPTIMASI REVENUE DAN PERFORMANSI
JARINGAN SELULER MENGGUNAKAN
ALGORITMA CALL ADMISSION CONTROL
DAN DYNAMIC PRICING**
(Studi Kasus di PT. Telkomsel Regional Jawa Timur)

Oleh : Nurdianto
NRP : 9108201601
Pembimbing: Prof. Ir. Moses L. Singgih, MSc., MReg.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Pertumbuhan yang sangat cepat permintaan layanan telepon selular akibat terjadi perang tarif dan terbatasnya bandwidth kanal radio untuk alokasi antarmuka udara (*air interface*), telah mendorong penelitian untuk mencari solusi teknologi guna mengoptimalkan jumlah saluran yang dapat digunakan. Berbagai teknik yang telah dikembangkan selalu melibatkan instalasi baru dan kebutuhan infrastruktur baru. Sementara strategi yang memungkinkan pemenuhan kebutuhan kapasitas jaringan untuk memenuhi permintaan jam-jam sibuk percakapan (*busy hours call*) agar tidak terjadi *lost sales* dengan memanfaatkan *idle resource* di jam-jam *off peak* seringkali kurang mendapat perhatian.

Penerapan algoritma *Call Admission Control* diharapkan memberikan alternatif solusi yang memberi kemungkinan pada *demand change management* untuk mengendalikan trafik panggilan dengan skema yang memperhatikan kapasitas jaringan. Sedangkan dengan penerapan *Dynamic Pricing* secara bersamaan diharapkan memberikan metode baru optimasi *revenue* tanpa menurunkan tingkat layanan di PT. Telkomsel Regional Jawa Timur.

Kata Kunci: *Revenue, Cellular, Call Admission Control, CAC, Dynamic Pricing.*

**REVENUE AND CELLULAR NETWORK
PERFORMANCE OPTIMIZATION USING
CALL ADMISSION CONTROL AND DYNAMIC PRICING
ALGORITHME**

(Case Study at PT. Telkomsel Regional East Java)

By : Nurdianto
Student Identity Number : 9108201601
Supervisor : Prof. Ir. Moses L. Singgih, MSc., MReg.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Very rapid growth of demand for cellular phone service due to price war and the limited bandwidth for the allocation of the radio channel in air interface, has encouraged research to find technological solutions to optimize the number of channels that can be used. Various techniques have been developed always involve new installation and new infrastructure requirements. While a strategy that allows the fulfillment of the needs of network capacity to meet demand for busy hours call in order to avoid lost sales by utilizing the idle resources in the off peak hours is often less attention.

Call Admission Control algorithm implementation is expected to provide alternative solutions that make it possible for demand change management to control traffic with a scheme that calls attention to the capacity of the network. While the simultaneous application of Dynamic Pricing is expected to provide new methods of revenue optimization without degrading the level of service at PT. Telkomsel Regional East Java.

Keywords: *Revenue, Cellular, Call Admission Control, CAC, Dynamic Pricing.*

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Erlang B-Table, 1 to 50 channels, 0.7%-40%	49
LAMPIRAN 1 (Lanjutan). Erlang B-Table, 1 to 50 channels, 0.0001% 0.6%	50

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kapasitas Sistem Seluler

Kapasitas sistem seluler merupakan kapasitas keseluruhan subsistem seluler dari level radio akses, subsistem transmisi sampai dengan kapasitas penyambungan pada subsistem switching di bagian *core equipment*. Di antara subsistem-subsistem tersebut, subsistem radio akses merupakan penentu kapasitas yang paling utama karena dibatasi oleh spektrum radio.

Kapasitas subsistem radio akses seluler dihitung berdasarkan jenis teknologi modulasi yang digunakan. Hal yang terpenting adalah pemanfaatan spektrum frekuensi yang terbatas secara efektif. Efisiensi spektrum pada sistem telekomunikasi bergerak adalah pada penyederhanaan efisiensi saluran atau dengan kata lain, jumlah maksimum kanal pada pita frekuensi yang diberikan. Namun demikian untuk sistem seluler penggunaan frekuensi berulang juga harus dipertimbangkan untuk meningkatkan kapasitas subsistem. Efisiensi Spektrum secara langsung terkait kapasitas sistem. Sebuah perhitungan sederhana akan ditampilkan untuk membandingkan kapasitas sistem TDMA dan CDMA.

2.1.1. Kapasitas Radio Sistem Seluler

Kapasitas radio seluler (Lee, 2005: p624), m dari sistem TDMA dapat ditentukan oleh hubungan:

$$m = \frac{B_t/B_c}{K} \quad (2.1)$$

Di mana B_t adalah spektrum teralokasi pada sistem secara total, B_c bandwidth kanal dan K adalah jumlah sel dalam pola *frequency* berulang yang dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$K = \frac{q^2}{3} \quad (2.2)$$

Di mana q adalah *co-channel interference reduction factor (CIRF)*. Dalam lingkungan radio, kita mengasumsikan aturan daya keempat yaitu $\gamma = 4$ sehingga:

$$m = \frac{B_t}{B_c \sqrt{\frac{2}{3}} C/I} \quad (2.3)$$

$$m = \frac{M}{K} \quad (2.4)$$

Di mana M adalah jumlah ekuivalen kanal total dan (C/I) adalah *carrier to interference ratio* minimum per kanal atau per time slot. Rasio C/I sistem CDMA dan TDMA berhubungan dengan E_b/N_0 sesuai dengan persamaan:

$$\frac{C}{I} = \frac{E_b R_b}{N_0 B_c} \quad (2.5)$$

Di mana R_b adalah *transmission data rate*, B_c adalah *transmission bandwidth*, E_b adalah *energy per bit* N_0 adalah *interference noise power per hertz*.

Untuk perhitungan kapasitas TDMA, $R_b = B_c$ karena menggunakan desain time slot. Di mana C/I selalu positif sedemikian sehingga E_b/N_0 selalu lebih besar dari satu. Berbeda dengan CDMA dengan *spreading bandwidth* membuat $B_c \gg R_b$ sehingga C/I selalu negatif yang berakibat E_b/N_0 selalu lebih kecil dari satu. Hal ini disebabkan karena semua kanal melakukan pembagian bandwidth yang menghasilkan sisa $M-1$ user muncul sebagai interferensi satu terhadap yang lain.

Power control dapat meningkatkan kapasitas sistem CDMA. Dengan *power control* lintasan maju C/I unit bergerak dengan jarak R dapat diturunkan menjadi:

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{1.656M} \quad (2.6)$$

Dengan *power control* lintasan balik, daya interferensi untuk setiap sinyal terima dari unit bergerak adalah $M-1$ kali dari signal power yang dikehendaki sebagai sumber interferensi maka:

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{M-1} \quad (2.7)$$

Spreading Bandwidth total teralokasi secara normal $B_t = B_c = 1,25$ MHz. Ini adalah 10% dari keseluruhan spectrum teralokasi sebesar 12,5 MHz untuk layanan telephone. Bit rate 8 Kbps diasumsikan sebagai *Toll Quality Vocoded Speech* yang dapat diterima. Nilai tipikal $E_b/N_0 = 6,5$ dB dan 8,5 dB untuk CDMA.

2.1.1.1 Kapasitas Sistem Seluler CDMA

C/I yang diperlukan untuk $E_b/N_0 = 8,5$ dB dan 6,5 dB dapat dihitung menggunakan persamaan 2.5 dengan $B_t = 1,25$ MHz (Hui, 2002: p4)

$C/I = 0,045$ (-13,4dB) untuk $E_b / N_o = 8,5\text{dB}$

$C/I = 0,028$ (-15,4dB) untuk $E_b / N_o = 6,5\text{ dB}$

Untuk sistem CDMA $q = D/R = 2$ dan disini $k = q^2/3 = 1,33$

Lintasan maju:

$M = 13,41$ untuk $C/I = 0,045$ (-13,4dB)

$M = 21,56$ untuk $C/I = 0,028$ (-15,4dB)

Kapasitas radio menjadi:

$m = 10,08$ kanal/sel untuk $C/I = 0,045$ (-13,4dB)

$m = 22,70$ kanal/sel untuk $C/I = 0,028$ (-15,4dB)

Lintasanbaliknya:

$M = 23,22$ untuk $C/I = 0,045$ (-13,4dB)

$M = 36,71$ untuk $C/I = 0,028$ (-15,4dB)

Kapasitas radionya menjadi:

$m = 17,46$ kanal/sel untuk $C/I = 0,045$ (-13,4dB)

$m = 27,60$ kanal/sel untuk $C/I = 0,028$ (-15,4dB)

Dari perhitungan di atas dengan *power control*, kapasitas lintasan maju menjadi terbatas (Hui,2002: p4). Karenanya kapasitas 10,08 kanal/sel dipilih. Tidak seperti sistem TDMA dengan bandwidth terbatas, kapasitas sistem CDMA dibatasi oleh interferensi. Hal ini yang membuat sistem CDMA kapasitasnya bertambah sebagai fungsi performansi link.

Salah satu cara mengurangi interferensi pada system CDMA adalah dengan menggunakan antenna pengarah yang hanya menerima sinyal dari mana unit bergerak berada sehingga *overlapping* sinyal terima bisa direduksi untuk memperbaiki C/I sistem.

2.1.1.2. Kapasitas Sistem Seluler TDMA GSM

Dengan mengasumsikan $B_t = 1,25\text{MHz}$, $B_c = 200\text{ KHz}$ dan $R_b = 8\text{ Kb/s}$. GSM menggunakan 8 time slots pada kanal 200 KHz diperoleh:

$$M = B_t / B_c = 1,25\text{M}/(200\text{k}/8) = 50 \text{ kanal}$$

Dengan $K = 3$ sehingga

$$m = M / K = 50/3 = 16,7 \text{ kanal/sel}$$

2.2. Trafik Panggilan Seluler

Dalam sistem komunikasi trafik yang terjadi merupakan perkalian intensitas panggilan dikalikan rata-rata pendudukan panggilan (Rapaport, 2002: p556).

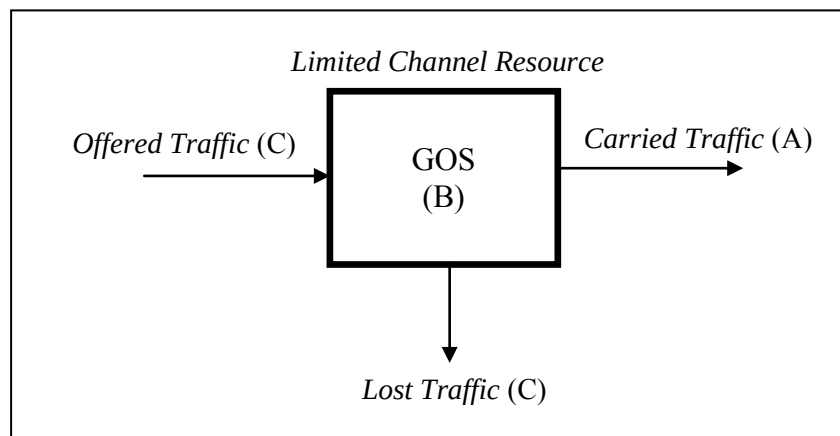
$$A = \beta \cdot MHT \quad (2.8)$$

A : Trafik panggilan dalam satuan waktu

B : Laju kedatangan panggilan

MHT : *Mean Holding Time* (rata-rata waktu pendudukan)

Intensitas panggilan adalah ukuran jumlah berapa kali suatu kanal atau jalur trafik digunakan selama waktu pengamatan tertentu. Sedangkan rata-rata pendudukan adalah rata-rata durasi penggunaan jalur trafik panggilan. Proses pembangkitan panggilan merupakan fungsi eksponensial. Trafik yang mengakses jaringan seluler merupakan proses stokastik, di mana besarnya peluang trafik yang dilayani jaringan dapat dimodelkan menurut kaidah antrian Erlang B sesuai diagram berikut:



Gambar 2.1. Model antrian trafik jaringan

di mana:

1. *Offered Traffic (C)*

Trafik yang ditawarkan kepada pelanggan untuk mengakses jaringan seluler dalam satuan Erlang.

2. *Carried Traffic (A)*

Trafik pelanggan yang terlayani jaringan seluler untuk diteruskan menuju perangkat penyambungan dalam satuan Erlang.

3. *Lost Traffic (R)*

Trafik yang hilang atau yang tidak terlayani jaringan seluler karena keterbatasan kanal jaringan dalam satuan Erlang.

4. GOS (B)

Grade of service yang dihitung sebagai peluang kegagalan panggilan (*lost probability*) yang dilayani oleh jaringan seluler.

Secara matematis, model tersebut memberikan hubungan antar variabel dengan apa yang dikenal sebagai formula Erlang B sebagai berikut:

$$B = \frac{\frac{C^n}{n!}}{\sum_{i=0}^n \frac{C^i}{i!}} \quad (2.9)$$

di mana :

C : Trafik yang ditawarkan (*Offered Traffic*)

B : Probabilitas *blocking*

n : Jumlah kanal / saluran / trunk

dengan mengambil asumsi:

- *Limited Availibilty*
- *Loss Call to Reject/Clear*

Trafik adalah 2 proses random yang *unpredictible*, yakni :

- *Call Arrive*
- *Holding Time*

dengan asumsi dasar :

- Panggilan datang antar sesama *subscriber* adalah saling bebas
- Jumlah panggilan yang datang mempunyai selang waktu yang tentu

2.3. Model Perilaku Pelanggan

Permintaan panggilan pelanggan merupakan kombinasi fungsi deterministic (Dt) dan fungsi random (St) pada kasus-kasus darurat (Fitkov, 2000; p2). Dt dimodelkan menggunakan model Markovian (Olivre, 2004: p7). Panggilan antar waktu kedatangan ditentukan oleh laju pembangkitan λ sebagai fungsi waktu hari. Probabilitas K kedatangan panggilan dalam satu interval t diberikan oleh:

$$P_K(\lambda t) = \frac{(\lambda t)^K}{K!} e^{-\lambda t} \quad (2.10)$$

Sedangkan pengaruh harga terhadap permintaan dimodelkan dengan fungsi eksponensial:

$$Q_X = Ae^{-\beta P_{QX}} \quad (2.11)$$

di mana :

- Q_X adalah kuantitas permintaan panggilan X
- P_{QX} adalah harga dari permintaan panggilan X
- A adalah konstanta pergeseran permintaan
- β adalah koefisien elastisitas permintaan

2.4. Pricing

Pada jaringan yang menerapkan *dynamic pricing*, bentuk dari fungsi *pricing* adalah parameter yang sangat penting sebagai pengaruh fungsi permintaan, *revenue* total dan utilisasi jaringan (Yaiparaj,2004: p6). *Pricing* dilakukan untuk banyak tujuan. Di antaranya mengurangi laju panggilan dalam sistem telekomunikasi secara eksponensial sesuai fungsi permintaan sehingga tidak membebani jaringan karena pembebanan lebih (*overloading*). Seperti terlihat pada persamaan 2.11 laju permintaan panggilan ditentukan oleh koefisien elastisitas permintaan yang bergantung pada pergeseran dinamika harga dibandingkan dengan harga normal. Sehingga harga dinamis dapat diturunkan menjadi:

$$P_h = P_o + \frac{P_o \sqrt{-4 \ln(Q)}}{2} \quad (2.12)$$

di mana:

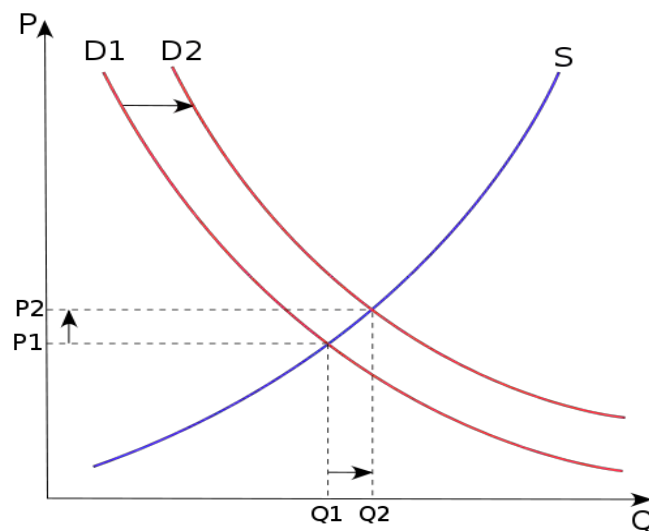
- P_h : Tarif dinamis
- P_o : Tarif normal
- Q : Intensitas permintaan panggilan

2.5. Penawaran dan Permintaan

Teori penawaran dan permintaan (*supply and demand*) dalam ilmu ekonomi, adalah penggambaran atas hubungan-hubungan di pasar, antara para

calon pembeli dan penjual dari suatu barang. Model penawaran dan permintaan digunakan untuk menentukan harga dan kuantitas yang terjual di pasar. Model ini juga memperkirakan bahwa dalam suatu pasar yang kompetitif, harga akan berfungsi sebagai penyeimbang antara kuantitas yang diminta oleh konsumen dan kuantitas yang ditawarkan oleh produsen, sehingga terciptalah keseimbangan ekonomi antara harga dan kuantitas.

Model ini mengakomodasi kemungkinan adanya faktor-faktor yang dapat mengubah keseimbangan, yang kemudian akan ditampilkan dalam bentuk terjadinya pergeseran dari permintaan atau penawaran (baye, 2009: p38) seperti kurva pada gambar 2.2 pergeseran harga dalam karakteristik tertentu memberikan pergeseran permintaan. Hal tersebut menjadi fokus *supply change management* di satu pihak dan *demand change management* di pihak lain dengan tujuan menjaga keseimbangan antara ketersediaan barang dan jasa dengan permintaan yang selalu berubah-ubah. Prinsip-prinsip inilah yang akan dipakai dalam penelitian ini untuk memperoleh *revenue optimum*.



Gambar 2.2. Kurva penawaran dan permintaan

di mana :

- P adalah harga (*price*)
- Q adalah kuantitas barang (*quantity of good*)
- S adalah ketersediaan (*supply*)
- D adalah permintaan (*demand*)

2.6. Revenue

Revenue dalam sistem telekomunikasi dapat diperoleh dengan memanfaatkan formula Erlang dengan memperhatikan jumlah panggilan terlayani. Prinsip perhitungan adalah menghitung jumlah keseluruhan trafik yang terlayani dalam satuan waktu dan tarif yang dibebankan selama waktu yang dimaksud. Jumlah trafik dalam satuan waktu yang dinormalisasi 1 jam yang dilayani oleh jaringan secara keseluruhan dapat diperoleh dengan formula berikut:

$$E = \beta.MHT/60 \quad (2.13)$$

di mana :

- E adalah trafik panggilan (Erlang)
- β adalah laju jumlah panggilan
- MHT adalah *mean holding time* (menit)

Hasil ini, dikalikan dengan tarif per menit akan memberikan *revenue* total dari keseluruhan panggilan terlayani dalam 1 jam. Dari formula di atas dapat diturunkan menjadi:

$$\beta.MHT = 60.E \quad (2.14)$$

Kemudian dengan tarif per satuan waktu yang dibebankan kepada pelanggan diperoleh:

$$R = 60.E. \text{ Tarif} \quad (2.15)$$

di mana:

- R adalah *revenue* selama 1 jam
- E adalah trafik selama 1 jam
- Tarif adalah tarif yang dibebankan kepada pelanggan dalam satuan waktu

Formula di atas walaupun bisa dimanfaatkan untuk perhitungan trafik dalam periode waktu yang lebih besar seperti *daily traffic*, *weekly traffic* maupun *monthly traffic*, pada dasarnya adalah volume trafik dalam satu jam panggilan yang kita hitung berdasarkan trafik pada jam sibuk panggilan (*busy hour call*).

Dasar perhitungan ini yang akan digunakan dalam perhitungan optimasi *revenue* dengan melihat *carried traffic* yang lewat pada jaringan seluler PT. Telkomsel. Perhitungan tersebut dilakukan dalam tingkatan sektor, cluster dan

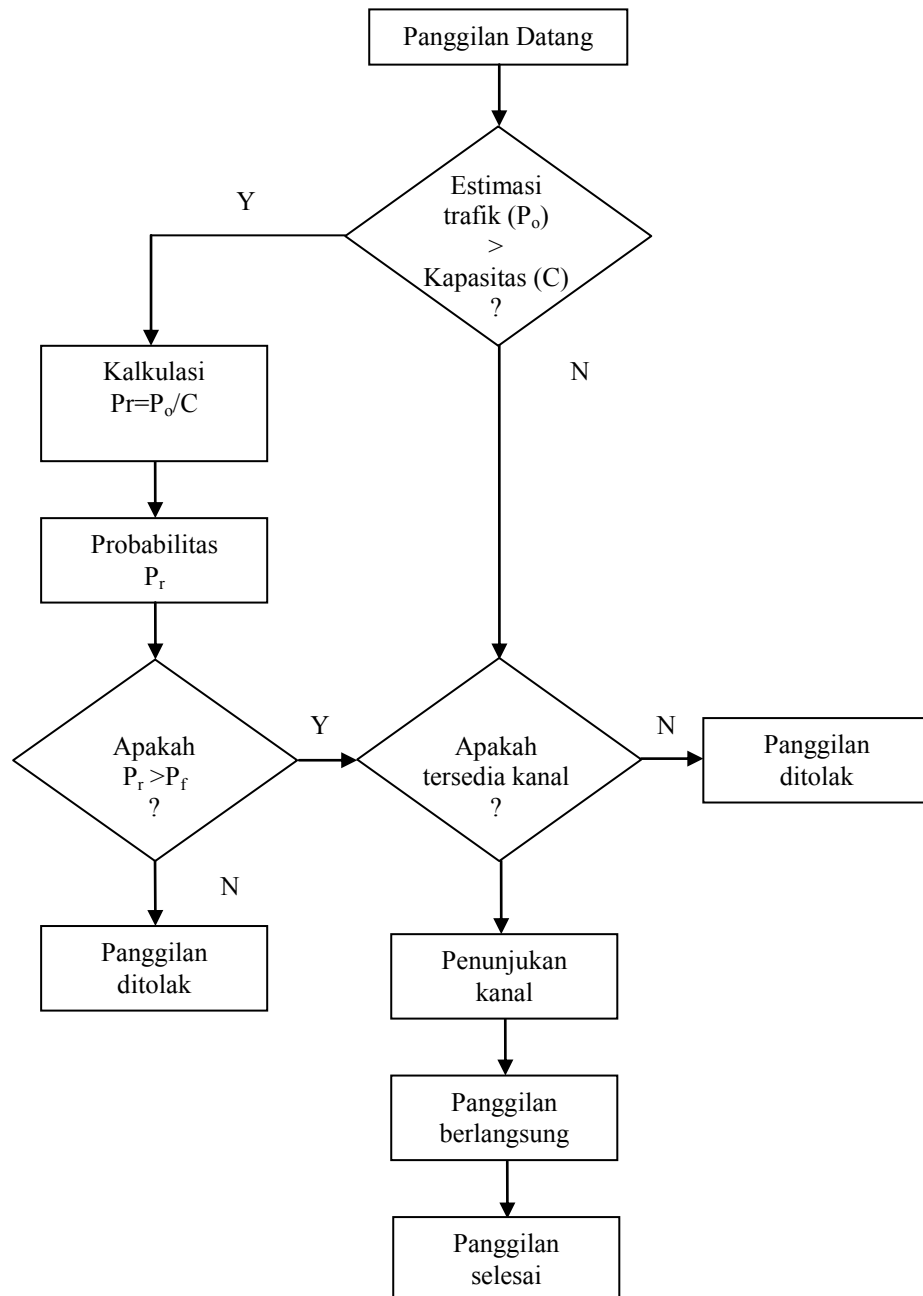
zona wilayah yang lebih luas. Lebih lanjut untuk kebutuhan skala perhitungan waktu yang lebih besar, dapat dilakukan dengan agregasi untuk mendapat *revenue* dalam satu hari, satu minggu, satu bulan dan satu tahun mengikuti skema tarif yang berlaku.

2.7. Call Admission Control

Pada jaringan seluler, *Call Admission Control* (CAC) sangat bermanfaat untuk pengaturan-pengaturan pembebanan trafik jaringan baik berdasarkan *capacity load* maupun *quality* jaringan itu sendiri. Dengan pertambahan jumlah pelanggan *mobile cellular* dan terbatasnya *bandwidth* pada jaringan *wireless cellular* maka terjadinya *simultaneous call* berdasarkan penggunaan *cell size* makin sering dilakukan. *Call Admission Control* (CAC) adalah suatu mekanisme proses untuk mengatur trafik atau *algorithm* untuk mengatur suatu panggilan akan dilayani atau ditolak berdasarkan kriteria atau ketentuan yang telah ditetapkan. CAC digunakan untuk menjamin *user* baru mempunyai *quality of service* (QoS) yang sama bagusnya dengan *user* yang sudah aktif. CAC dapat menolak panggilan baru jika sumber yang tersedia dalam sistem seluler sudah melebihi *threshold* yang dipersyaratkan. CAC harus dapat menjamin *grade of service* (GOS) seperti *blocking rate* dan *quality of service* (QoS) seperti *loss probability of communication quality*.

Sebagai contoh, untuk model *algorithm* CAC yang digunakan untuk pengaturan trafik jaringan murni, berikut ini adalah contoh *algorithm* yang lazim digunakan berdasarkan load jaringan (Kovurri, 2004; p77). Sebuah diagram alir yang mendeskripsikan *algorithm* ini adalah ditunjukkan pada Gambar 2.3. Beban trafik yang bisa diterima jaringan diberikan sebagai C . Nilai C adalah digunakan oleh *algorithm* CAC selama operasi berlangsung. Perhatikan bahwa, untuk setiap beban di atas C , P_f profil pengguna melebihi nilai yang diinginkan, maka jaringan gagal untuk memenuhi QoS yang diinginkan dari profil pengguna. Selama pengoperasian sistem, dengan diukurnya laju kedatangan panggilan, beban jaringan dapat diestimasi. Jika beban diperkirakan tidak melebihi dari C , maka akan dilakukan pengalokasian kanal untuk semua panggilan yang baru masuk. Sebaliknya jika beban melebihi C maka hanya akan dilakukan pengalokasian

kanal sebagian fraksi, f_r , dari panggilan masuk yang baru. Fraksi $(1 - f_r)$ panggilan masuk lainnya akan diblokir walaupun beberapa kanal bebas. Hal ini disebut sebagai *preblocking* panggilan. Fraksi f_r dihitung sebagai $f_r = C/P_o$, di mana P_o adalah estimasi beban.



Gambar 2.3. Algorithma *call admission control*

2.8. Mekanisme Notifikasi Tarif Kepada Pelanggan

Notifikasi penyampaian informasi tarif kepada pelanggan dapat dilakukan dalam dua cara. Pertama, menggunakan sms broadcast pada kanal signaling BCCH yang dikirim secara berkala kepada pelanggan sehingga pelanggan mengenal tarif yang sedang diberlakukan pada area bersangkutan dan kedua notifikasi dapat dilakukan dengan mesin IVR (*Interactive Voice Recording*) yang akan melakukan notifikasi saat pelanggan melakukan pembangunan hubungan panggilan (*call setup*) dan pada saat pelanggan mengalami peralihan (*handover*) jaringan.

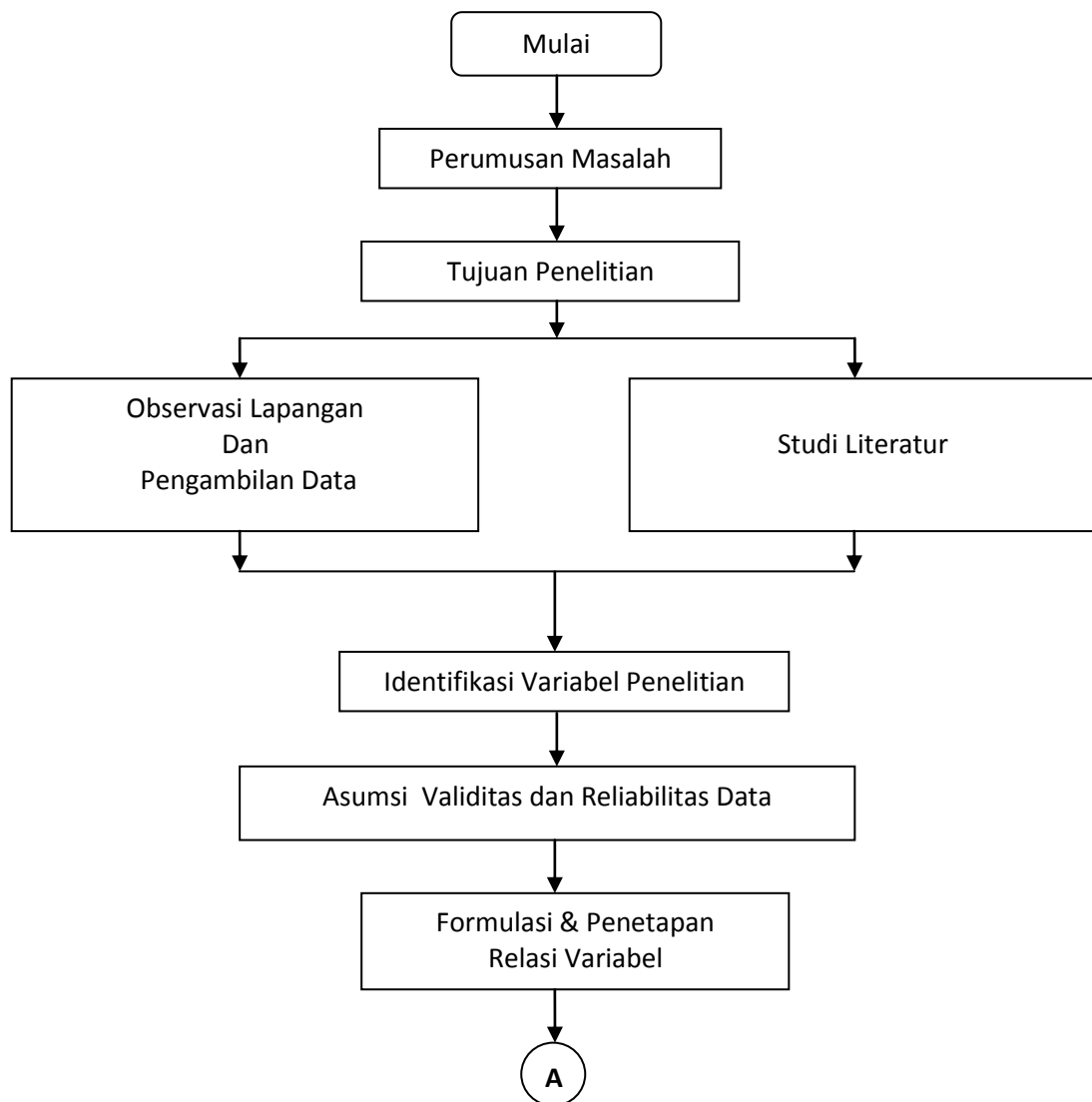
BAB III

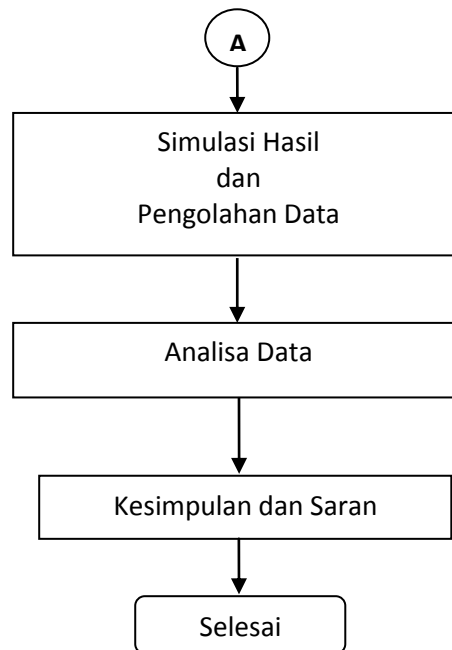
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Alur Penelitian

Suatu penelitian biasanya dimulai suatu perencanaan yang seksama yang mengikuti serentetan petunjuk yang disusun secara logis dan sistematis sehingga hasilnya dapat mewakili kondisi yang sebenarnya dan dapat dipertanggungjawabkan. Kerangka penelitian yang jelas akan banyak memberikan kemudahan memecahkan masalah yang sedang diteliti dan pendeteksian jika terjadi kesalahan dalam penelitian.

Dalam penelitian ini metodologi yang dipakai mengikuti alur kegiatan metode kerja seperti gambar berikut





Gambar 3.1 Alur kerja penelitian

3.2. Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini langkah pertama yang dilakukan adalah merumuskan permasalahan yang diambil sehingga hasilnya tidak keluar dari alur penelitian. Perumusan masalah dapat dilihat pada bab I.

3.3. Tujuan Penelitian

Langkah berikutnya adalah menentukan tujuan penelitian seperti telah diuraikan pada bab I.

3.4. Observasi Lapangan dan Pengambilan Data

Data dalam penelitian ini adalah transaksi data panggilan pelanggan operator telepon selular PT Telkomsel Regional Jawa Timur. Populasi dipilih dengan menggunakan metode *probability sampling* dan teknik pengambilan sampel digunakan *purposive sampling*.

Probability sampling adalah pengambilan sampel yang memberi peluang / kesempatan yang sama bagi setiap unsur atau anggota populasi untuk dipilih menjadi sampel dalam penelitian. Pada penelitian ini data percakapan pelanggan yang dijadikan responden adalah data pelanggan PT Telkomsel Regional Jawa

Timur. Sedangkan untuk teknik pengambilan sampel digunakan *purposive sampling*. Purposive sampling dikenal juga dengan sampling pertimbangan yaitu teknik sampling yang digunakan peneliti jika peneliti mempunyai pertimbangan-pertimbangan tertentu didalam pengambilan sampelnya atau penentuan sampel untuk tujuan tertentu.

Jumlah sampel ditentukan dengan pendekatan sampling jenuh di mana semua populasi dijadikan sample karena pengambilan sampel diambil dari pengukuran komputer OMC sehingga sampel adalah semua data dari suatu kejadian (event) .

3.5. Sumber Data

1. Data primer

Pada penelitian ini diperoleh dari pengukuran dari perangkat *operation and maintenance center* (OMC) dengan mengambil sampling dalam kurun waktu tertentu. Pengukuran tersebut antara lain berupa trafik jaringan dan performansi layanan yang berhubungan dengan kapasitas dan okupansinya serta data tentang persepsi pelanggan di PT Telkomsel Jawa Timur.

2. Data Sekunder

Dalam penelitian ini data sekunder diperoleh hasil penelitian-penelitian yang sudah menjadi teori baku dalam statistic dan proses stokastis yang sering digunakan dalam teori sistem telekomunikasi.

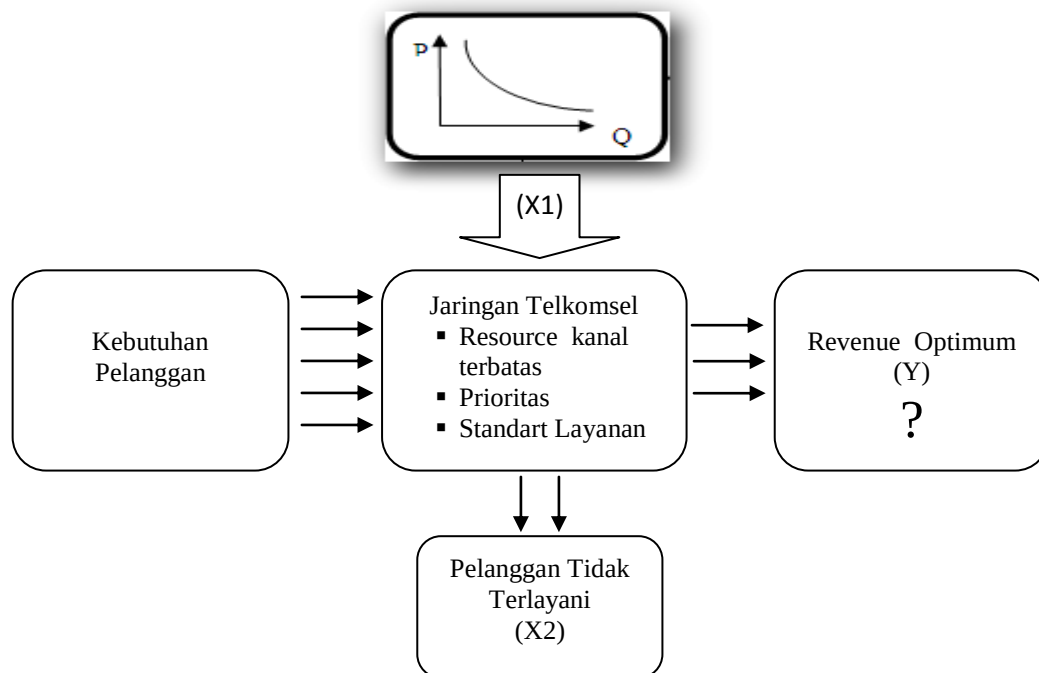
3.6. Studi Literatur

Studi literatur dimaksudkan untuk memperoleh teori-teori telekomunikasi seluler dan pelayanan yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan dan menjadi landasan penelitian nantinya. Studi literatur ini meliputi pemahaman teori dan konsep serta metode yang relevan untuk menentukan kerangka berfikir sehingga penelitian bisa lebih logis dan terarah. Uraian lebih lanjut pada dasar teori yang merupakan hasil studi literatur dapat dilihat di bab II.

3.7. Identifikasi Operasional Variabel

Secara operasional variabel perlu didefinisikan yang bertujuan untuk menjelaskan makna variabel penelitian. Pengertian tentang definisi operasional adalah unsur penelitian yang memberikan petunjuk bagaimana variabel itu diukur. Variabel penelitian terdiri dari dua variabel bebas dan variabel terikat yang masing-masing digunakan untuk mengukur tingkat aksesibilitas pelanggan menggunakan proses terkait dalam jaringan.

Deskripsi sebagai gambaran dari desain penelitian yang mana untuk mengetahui perpektif atau suatu kerangka acuan dan memandang sesuatu teori yang diajukan dalam penelitian melalui pendugaan pengujian hipotesis dan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh antara variabel *pricing* dengan *revenue* dan tingkat layanan. Hubungan antar variabel-variabel yang terlibat dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 3.2. Desain penelitian X1, X2 dan Y

Keterangan :

X1 = *Pricing* (variabel bebas)

X2 = Tingkat layanan (variabel terikat)

Y = *Revenue* (variabel bebas)

3.8. Asumsi Validitas dan Reliabilitas Data

Istilah validitas sering disebut juga kesahihan yang mengandung pengertian sejauh mana ketepatan dan kecermatan suatu penelitian dipakai untuk melakukan pengukuran. Dalam penentuan validitas ada 3 hal penting yang harus dipenuhi yaitu kriteria pengukuran harus relevan, isi pengukuran harus relevan, dan cara pengukuran harus relevan. Reliabilitas atau istilah lainnya yaitu reproduksibilitas, keandalan, presisi, atau ketepatan pengukuran adalah mencakup tingkat kepercayaan data yang diperoleh dari penelitian karena hal ini dipengaruhi beberapa parameter. Dalam hal ini karena penelitian memanfaatkan hasil pengukuran perangkat yang menggunakan dasar teori-teori teknologi telekomunikasi yang hasilnya bisa dibandingkan konsistensinya dengan tabel Erlang B pada lampiran 1 dari setiap populasi transaksi panggilan di PT.Telkomsel, maka data pengukuran diasumsikan cukup valid dan reliable untuk menjadi variabel masukan pada formulasi dan penetapan relasi variabel yang lain.

3.9. Formulasi dan Penetapan Relasi Variabel

Dengan Jenis penelitian eksperimen yaitu penelitian yang berusaha mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel yang lain dalam kondisi yang terkontrol ketat, metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode formulasi dan penetapan relasi variabel meliputi penentuan model penanganan trafik panggilan dengan algoritma *call admission control* dan dinamika harga (*dynamic pricing*), penentuan model perilaku pelanggan sebagai respon terhadap perubahan harga (*price demand elasticity*), penentuan model *supply-demand* pada trafik jaringan dikaitkan dengan kapasitas jaringan menggunakan formula Erlang B, analisa dengan penurunan rumus untuk mendapatkan *revenue* dan menghubungkannya dengan dinamika tingkat layanan yang diukur dalam parameter *grade of service*.

3.10. Simulasi Hasil dan Pengolahan Data

Pada tahap akhir hasil formulasi dan penetapan relasi variabel akan dicoba untuk disimulasikan menggunakan trafik jaringan PT. Telkomsel Regional Jawa Timur pada suatu cluster metropolis Surabaya. Perubahan dinamika harga akan

disimulasikan pengaruhnya terhadap dinamika perolehan *revenue* jaringan dan dinamika pergeseran tingkat layanan.

3.11. Analisa Data

Hasil simulasi dan pengolahan data akan dianalisa pada level berapa penentuan *pricing* mencapai titik optimum pada perolehan *revenue* dan tingkat layanan jaringan. Hasilnya akan memberikan informasi tingkat kenaikan produktivitas jaringan berdasarkan dinamika harga tersebut tanpa mengurangi tingkat kenyamanan pelanggan dalam menggunakan jaringan dengan cara melihat perubahan distribusi layanan jaringan sebelum dan sesudah *dynamic pricing* diterapkan. Analisa secara umum bersifat komparatif dengan didahului dengan analisa optimasi untuk tiap sektornya.

3.12. Penetapan Standarisasi

Standarisasi nilai variabel dimaksudkan untuk mendapatkan *revenue* optimum dengan mempertahankan performansi jaringan pada level di atas nilai ambang yang dijadikan standar dengan harapan peluang pelanggan mengalami ketidakberhasilan panggilan berdasarkan variabel kesuksesan panggilan telekomunikasi seluler. Nilai ambang diambil nilai cut off variabel yang ditetapkan hasil uji dari setiap variabel-variabel penyusun yang mempunyai kontribusi korelasi yang kuat dengan masukan sebaran variabel bebas. Nilai cut off ini juga ditetapkan mempunyai signifikansi dengan perolehan *revenue*, utilisasi dan *grade of service* jaringan.

3.13. Penetapan Standar Tingkat Layanan Terhadap Dinamika Harga

Hasil standarisasi *pricing value* dari setiap variabel diimplementasikan sebagai *reference value* perolehan *revenue* dan kualitas layanan yang berhubungan dengan apa yg dirasakan pelanggan (*customer perceive*) sekaligus sebagai *reference value* untuk optimasi manajemen pelayanan. Model *life cycle management* yang mengambil sekelompok nilai acuan dari setiap desain layanan yang ada menggunakan unit pengukuran dari setiap layanan yang diberikan. Dari keputusan *pricing* dan beberapa aspek pengukuran *revenue*, kualitas pelayanan,

performansi jaringan mempunyai kontribusi besar untuk mengukur tingkat layanan panggilan pelanggan disamping aspek-aspek lain.

Informasi performansi jaringan yang berupa pencapaian *revenue* dan *Quality of Service* (QoS) ditempatkan pada bagian aktivitas dan pemantauan manajemen pemasaran dan layanan untuk dianalisa manfaatnya terhadap strategi perubahan harga dalam hubungannya dengan perolehan *revenue* dan pendeteksian degradasi layanan berdasarkan ukuran jaminan pelayanan itu sendiri. Informasi juga memberikan sebaran okupansi tiap sel-sel jaringan sehingga respon tiap-tiap cluster dari sel-sel tersebut dapat dipetakan. Analisa pada tahap penerapan standarisasi ini mengacu pada metode uji hipotesa komparatif antara menerapkan standar pentarifan normal dengan dynamic pricing berdasarkan algoritma *Call Admission Control* (CAC).

3.14. Tempat dan Waktu Penelitian

3.14.1. Tempat Penelitian

Penelitian ini mengambil tempat di Telkomsel Regional Jawa Timur yang mempunyai area layanan di provinsi Jawa Timur dengan mengambil sampel data cluster metropolis Surabaya yang merupakan bagian dari kantor cabang (*branch*) metro di Jawa Timur yang mewakili tingkat kompetisi di provinsi jawa timur mengingat semua operator layanan telekomunikasi mengoperasikan jaringannya di cluster tersebut dengan perangkat yang dapat diukur secara online oleh instrumen ukur PT. Telkomsel sendiri. Sementara dari sisi kapasitas jaringan cluster tersebut mempunyai kapasitas yang paling memadai untuk dilakukan perubahan seting harga mengikuti kompetisi yang ada dengan mempertimbangkan densitas site dan tingkat okupansi jaringan berdasarkan trafik akibat perubahan setting harga tersebut.

3.14.2. Waktu Penelitian

Waktu penelitian dijadwalkan agar penelitian dapat selesai secara efektif dan efisien baik secara waktu maupun biaya. Waktu penelitian yang penulis laksanakan selesai dalam 6 bulan dari bulan januari sampai dengan bulan juni 2010, mulai dari seminar usulan penelitian sampai menyelesaikan laporan tesis.

BAB IV

ANALISA PENERAPAN ALGORITHMMA

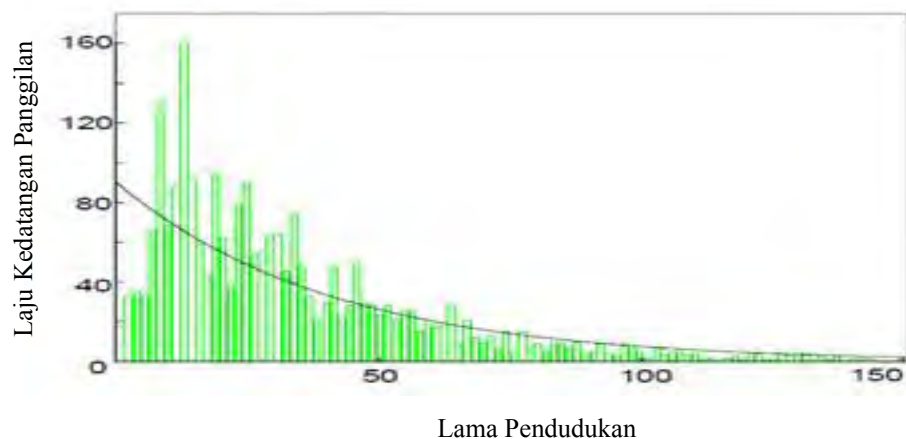
CALL ADMISSION CONTROL DAN DYNAMIC PRICING

DI PT.TELKOMSEL

Dynamic pricing yang bisa direalisasikan dengan algorithmma CAC merupakan bagian dari *demand change management*. Seperti halnya *supply change management*, *demand change management* mempunyai tujuan umum untuk menjamin ketersediaan barang atau jasa. Di dalam indutri seluler, *dynamic pricing* mempunyai manfaat untuk mengatur pembebanan jaringan dan mengoptimalkan *revenue*.

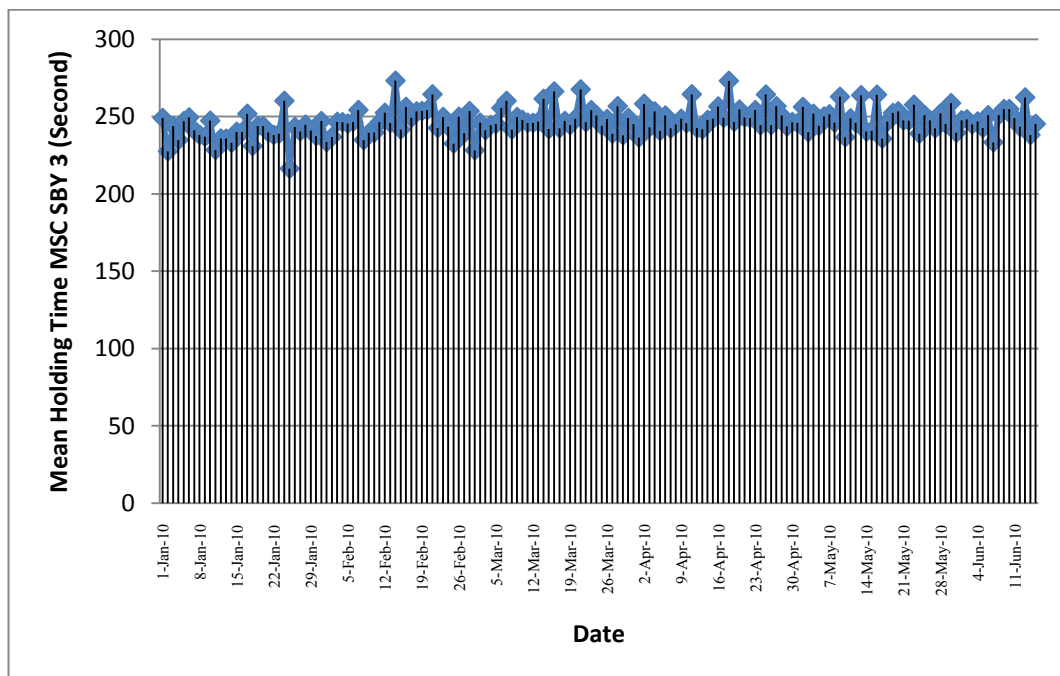
4.1. Pemodelan Rata-Rata Pendudukan Panggilan

Pendudukan panggilan atau *holding time* dalam sistem seluler hanya merupakan fraksi kecil dari total durasi panggilan. Hal ini dikarenakan fakta bahwa kanal fisik panggilan diduduki hanya dalam periode pelanggan melakukan panggilan dalam sel atau sektor yang sama. Rata-rata pendudukan atau *mean holding time* sama dengan durasi waktu pendudukan panggilan dibagi dengan jumlah rata-rata panggilan dalam hubungannya dengan intensitas panggilan, *mean holding time* dimodelkan sebagai distribusi eksponensial. Berdasarkan periode pengamatan bulan januari sampai dengan juni 2010 diperoleh kurva rata-rata pendudukan panggilan sebagai berikut:



Gambar 4.1. Kurva rata-rata waktu pendudukan panggilan

Selama kurun waktu pengamatan itu sendiri lama *mean holding time* dalam cluster yang menjadi pengamatan tidak mengalami perubahan yang sangat signifikan. MSC SBY3 yang menangani fungsi-fungsi penyambungan memberikan pengukuran sepanjang bulan januari sampai dengan juni 2010 informasi MHT selama rata-rata 246 second seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.2 untuk semua pelanggan yang dilayani oleh MSC tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa MHT pelanggan Surabaya tidak sensitif terhadap perubahan harga sepanjang periode pengukuran tersebut.



Gambar 4.2. *Mean Holding Time (MHT)*

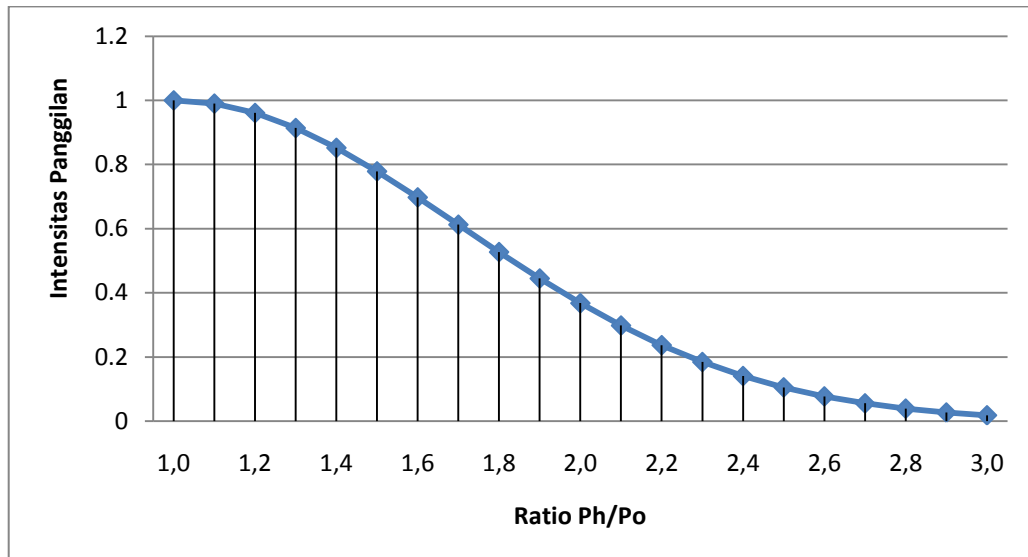
4.2. Pemodelan Intensitas Panggilan

Sesuai model harga yang dipakai pada sub bab 2.4 di mana hasil pergeseran permintaan memberikan hubungan eksponensial sesuai persamaan berikut:

$$Q = e^{-(P_h/P_o-1)^2} \quad (4.1)$$

Pergeseran permintaan yang dikendalikan dinamika harga ini akan menjadi nilai percobaan panggilan dari formula Erlang B. Dengan standart nilai P_o adalah harga

pentarifan standar dan P_h dibuat dinamis, nilai permintaan memberikan kurva pergeseran permintaan panggilan seperti gambar berikut:



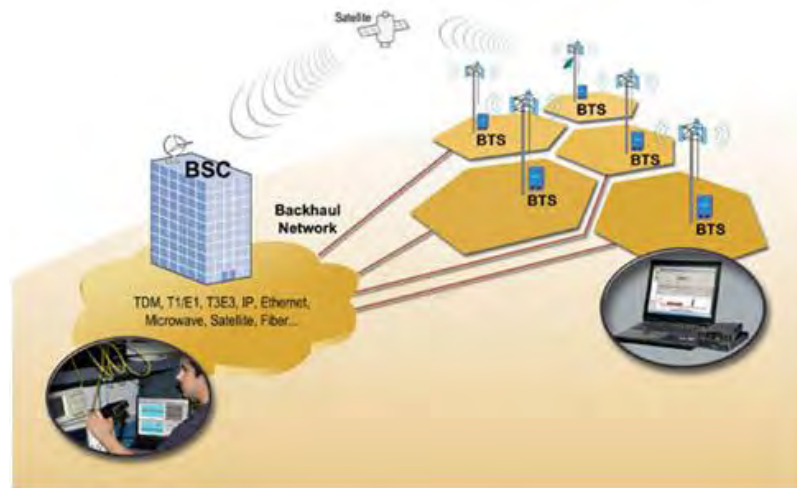
Gambar 4.3. Pergeseran intensitas panggilan seluler dengan *dynamic pricing*

4.3. Kapasitas Radio Seluler PT. Telkomsel Wilayah Surabaya

Dengan mengacu pada persamaan 2.9, kapasitas radio seluler diukur berdasarkan kemampuan jaringan dalam melayani panggilan dalam satuan waktu yang dinormalisasikan dalam 1 jam yang diukur dalam jam sibuk (*busy hour*) panggilan. Berdasarkan *network entity* kapasitas radio dihitung berdasarkan kapasitas sel sesuai konfigurasi jaringan *Base Station Tranceiver* (BTS), yaitu elemen perangkat yang berkomunikasi langsung dengan *handset* pelanggan melalui antarmuka udara (*air interface*).

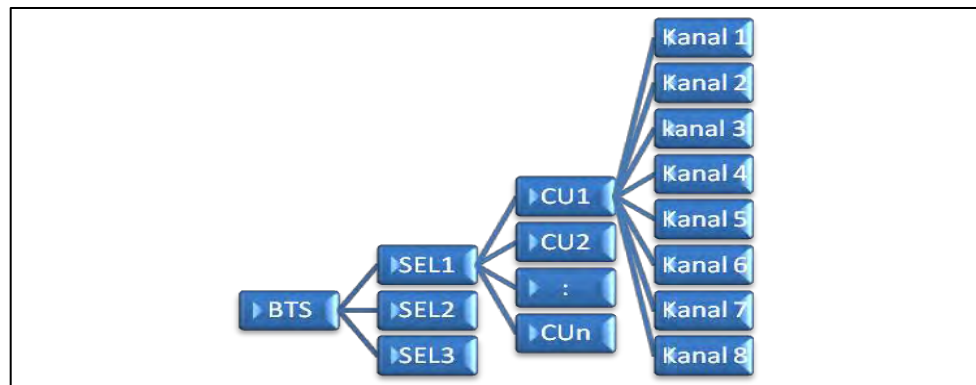
Secara umum konfigurasi 1 BTS sendiri, PT. Telkomsel menggunakan 3 sel atau 3 sektorisasi bergantung obyektif *coverage* yang akan dilayani. Beberapa BTS didesain berbeda dalam hal jumlah sektor dan jumlah TRX yang digunakan bergantung dengan *coverage* dan *capacity* yang diperlukan. Diagram konfigurasi BTS tersebut dapat diilustrasikan pada gambar 4.4. Beberapa BTS dalam cluster yang sama akan dikendalikan oleh *Base Station Controler* (BSC) yang menghubungkannya ke perangkat penyambungan *Mobile Switching Center*

(MSC). Dari sejumlah cluster yang ada dipilih cluster metropolis dalam penelitian.



Gambar 4.4. diagram sektorisasi sel BTS PT. Telkomsel

Dari sisi radio, masing-masing sektor untuk setiap BTS mempunyai hirarki *entity* sebagai berikut:

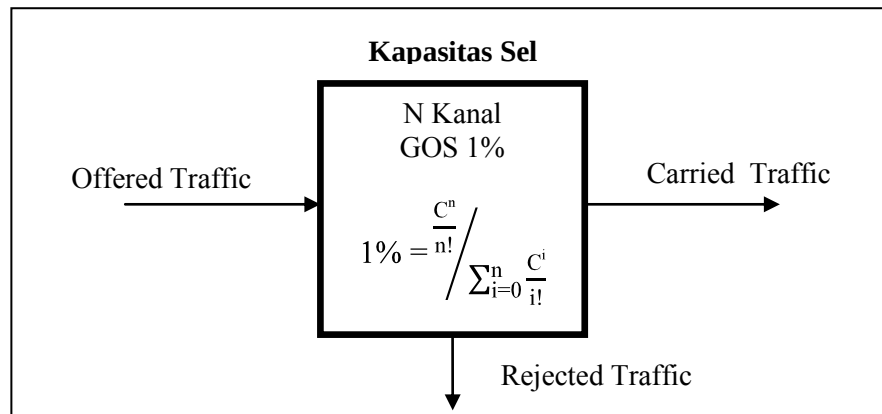


Gambar 4.5. Hirarki elemen jaringan radio BTS PT. Telkomsel

di mana:

- BTS : Base Station Tranceiver
- Sel1,2,3 : Sektor 1,2,3
- CU1..n : Carrier Unit 1 sampai n
- Kanal1..8 : Kanal percakapan atau kanal suara

Dengan konfigurasi jaringan radio Telkomsel yang meliputi wilayah Surabaya seperti pada gambar 4.9 dan model antrian percakapan pada sub bab 2.2, maka akan dapat dilakukan perhitungan kemampuan keseluruhan jaringan dalam hal kapasitas menggunakan Erlang B untuk mencari *offered traffic* dengan ilustrasi sebagai berikut:



Gambar 4.6. *Offered Traffic* sebagai kapasitas jaringan radio

Dengan data-data konfigurasi TRX (Tranceiver) pada perangkat BTS (*Base Transceiver Station*). Data-data tersebut meliputi jumlah TRX maka akan bisa didapat jumlah kanal percakapan untuk tiap sektornya sehingga bisa dilakukan perhitungan total trafik panggilan yang ditawarkan (*offered traffic*) yang merupakan kapasitas sektor yang bersangkutan. Sebagai contoh site WTC GSM dengan konfigurasi 4/4/4 maka akan didapatkan jumlah kanal *voice* 28/28/28. Sehingga dengan GOS 1% berdasarkan table Erlang B sesuai lampiran 1 akan diperoleh kapasitas jaringan untuk tiap sektor 18,6/18,6/18,6 Erlang. Masing-masing sektor melayani coverage sesuai dengan arah dan pola radiasi antenna. Kapasitas tersebut yang akan menjadi fungsi kendala dalam pemodelan optimasi *revenue* dengan melihat tingkat okupansi jaringan setelah dilewati dengan trafik yang berasal dari pelanggan (*carried traffic*) yang akan dihitung berdasarkan *cell basis*. Data *carried traffic* adalah data trafik aktual yang terjadi pada setiap sektor BTS. Tingkat utilisasi diukur berdasarkan rasio nilai ini berdasarkan pengamatan dan pengukuran sehingga secara dinamis harga dapat

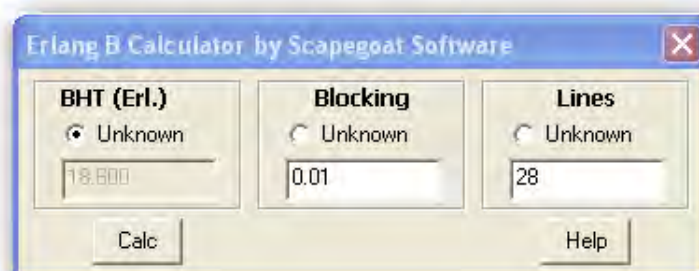
diperbaharui berdasarkan nilai yang diperoleh dalam suatu periode yang ditentukan.

Alternatif lain perhitungan adalah menggunakan tool yang merupakan free software, Erlang B Calculation yang dikeluarkan oleh spacegoat software. Dengan memasukan 1 variabel yang tidak diketahui maka akan didapatkan 1 variabel yang tidak diketahui lainnya. Nilai blocking adalah ekuivalen dengan besarnya GOS sedangkan jumlah line ekuivalen dengan jumlah kanal TRX. Berikut ini masih dengan menggunakan contoh WTC GSM dengan konfigurasi 4/4/4 maka akan didapat jumlah TRX 28/28/28 sehingga dengan GOS 1% kita masukan data diatas ke software Erlang B Calculation seperti berikut:



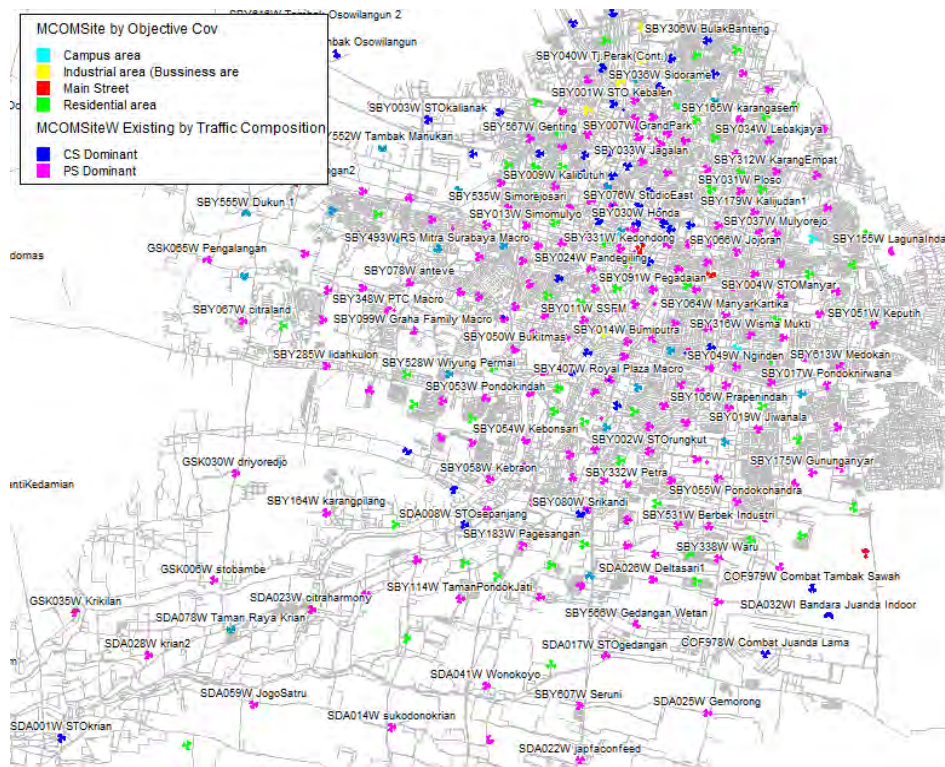
Gambar 4.7. Tampilan Erlang B Calculator

Kemudian dengan melakukan klik pada tombol Calc diperoleh nilai trafik sebagai berikut:



Gambar 4.8. Hasil perhitungan software Erlang B Calculator

Terlihat bahwa hasilnya adalah 18.6 Erlang BHT atau *busy hour time* untuk jumlah kanal TRX 28 dan GOS 1%. Mekanisme penggunaan erlang B calculator ini menghasilkan nilai yang sama dengan table Erlang B pada lampiran 1.



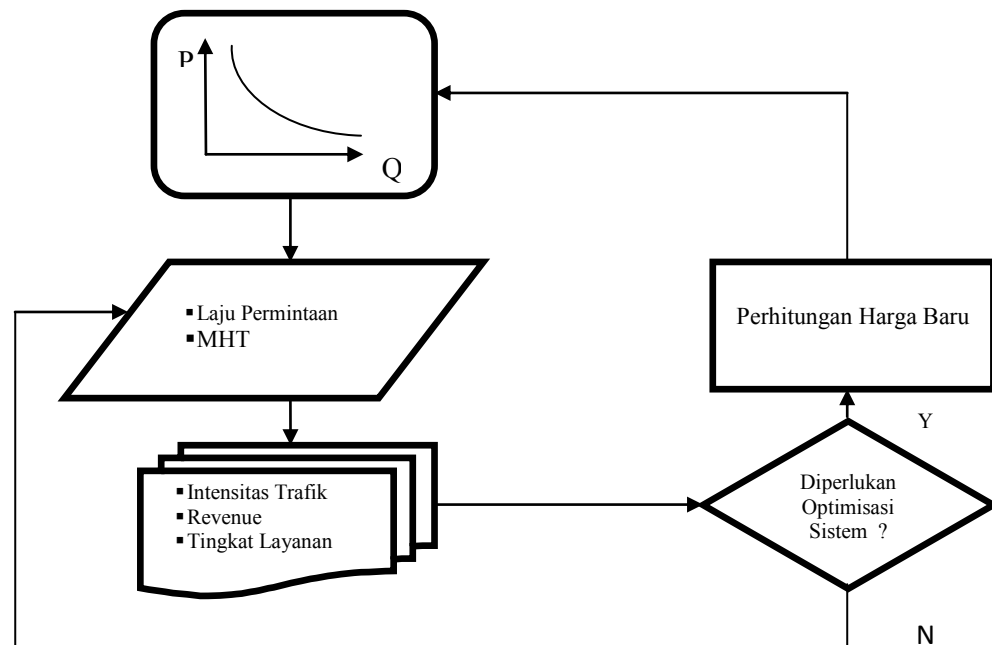
Gambar 4.9. Peta posisi BTS PT. Telkomsel wilayah Surabaya

Dengan menggunakan metode yang sama maka akan diperoleh data kapasitas jaringan radio seperti ditunjukkan oleh tabel 4.1. Tabel tersebut memberi gambaran detail informasi kapasitas radio site per site secara keseluruhan yang akan melayani seluruh pelanggan di seluruh cluster Genteng dalam zona wilayah Surabaya. Secara umum perangkat jaringan tersebut adalah mesin produksi PT. Telkomsel dan akan dikembangkan dalam zona yang lebih luas di wilayah Surabaya yang menjadi bahan analisa.

4.4. Algorithma CAC dan Dynamic Pricing untuk Optimasi Revenue

Model adalah alat bantu atau media yang dapat digunakan untuk mencerminkan dan menyederhanakan suatu realita (dunia sebenarnya) secara terukur. Model dapat memberikan hubungan antar variabel penyusun model. Hubungan tersebut diberikan oleh suatu fungsi transfer. Dengan masukan perubahan dinamika harga maka akan memberikan keluaran *revenue* yang dihasilkan sesuai fungsi transfer tersebut. Karena kapasitas merupakan fungsi tingkat layanan dalam jaringan telekomunikasi, perolehan optimasi *revenue*

dibatasi oleh tingkat utilisasi kapasitas jaringan ini. Dalam optimasi *revenue* CAC dan *dynamic pricing* ini model yang diberikan adalah model sesuai diagram berikut:



Gambar 4.10. Algoritma CAC dan *dynamic pricing*

Dengan memanfaatkan elastisitas permintaan terhadap harga, pembebanan jaringan yang dipengaruhi oleh laju permintaan dan rata-rata waktu pendudukan panggilan akan selalu dikoreksi dengan dinamika harga mekanisme ini dilakukan dengan indikasi selama proses *signaling* menerima *no resource available message* dari radio akses. Intensitas trafik merupakan hasil kali laju permintaan dengan rata-rata panggilan sedangkan tarif yang dibebankan pelanggan adalah didasarkan pada intensitas trafik panggilan ini. Secara akumulatif *revenue* yang diproduksi oleh jaringan diperoleh dari jumlah total beban tarif yang terjadi. Sepanjang secara sistem jaringan memberikan performansi optimum yang dilihat dari tingkat okupansi jaringan disesuaikan dengan kapasitasnya dalam satu loop tertutup, koreksi harga atau pentarifan dapat terus dilakukan untuk meningkatkan *revenue*. Mekanisme ini akan selalu dikendalikan terhadap tingkat layanan ke pelanggan dengan memanfaatkan formula Erlang B terhadap $GOS = 1\%$. Secara matematis,

sesuai persamaan 2.13 model tersebut memberikan intersitas trafik diukur dalam satuan Erlang, $E = N.MHT/60$. Karenanya total *revenue* yang dihasilkan jaringan adalah hasil kali intensitas trafik panggilan dikalikan harga tarif yang sedang berjalan sesuai persamaan 2.15 *revenue*, $R = N.MHT.Tarif$.

4.5. Pemodelan dan Perhitungan Optimasi Revenue

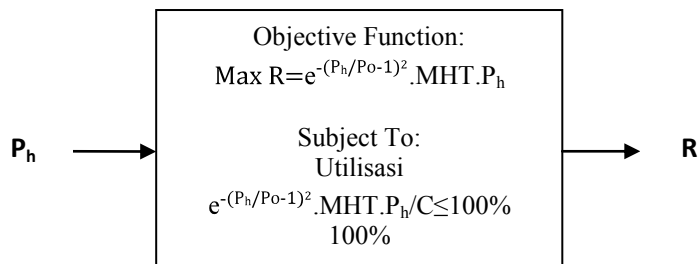
Dengan memasukan persamaan 4.1, perhitungan optimasi *revenue* per sektor dengan memanfaatkan persamaan *revenue* yang menjadi fungsi tujuan dari model optimasi *revenue* ini. Sehingga persamaan *revenue* sub bab 2.6 menjadi seperti berikut:

$$R = e^{-(P_h/P_0-1)^2} . MHT . P_h \quad (4.2)$$

Iterasi yang dilakukan secara dinamis memberikan *non liniear objective function*:

$$\text{Max } R = e^{-(P_h/P_0-1)^2} . MHT . P_h \quad (4.3)$$

Dengan diagram pemodelan sebagai berikut:



Gambar 4.11. Diagram model optimasi *revenue* CAC dan *dynamic pricing*

di mana:

R : *Revenue* untuk setiap sektor

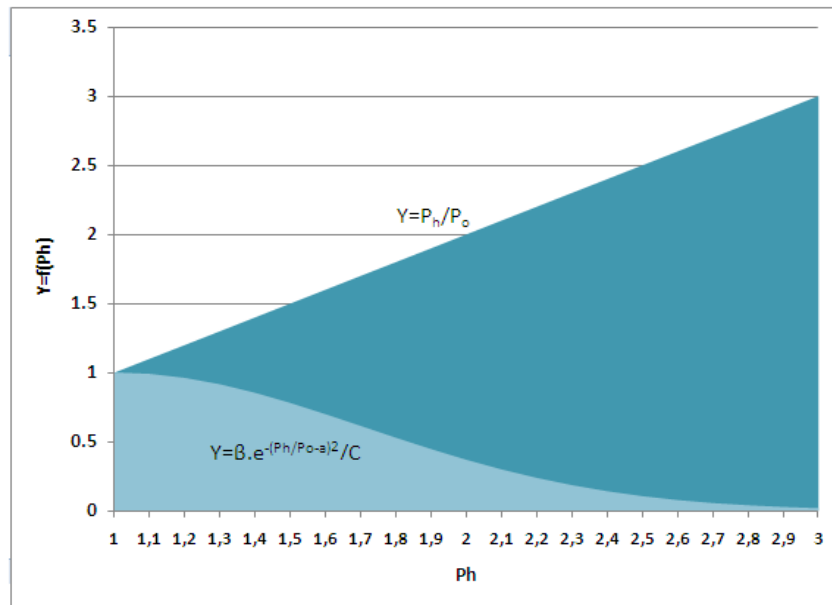
P_h : Tarif dinamis

P_0 : Tarif normal

MHT : *Mean Holding Time* (rata-rata waktu pendudukan)

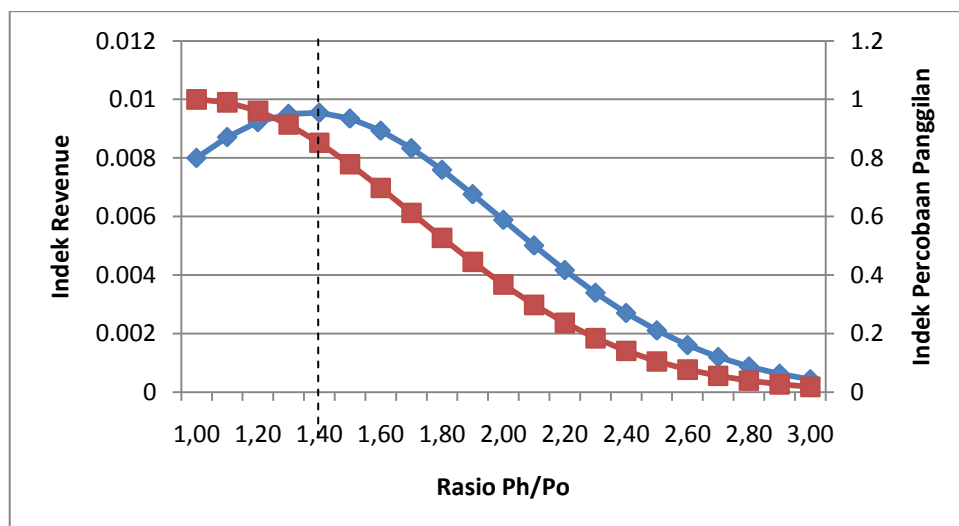
C : Kapasitas (*offered traffic*) jaringan

Detail persamaan utilisasi yang menjadi fungsi kendala dibahas pada sub bab 4.6 dengan kurvanya sebagai berikut.



Gambar 4.12. Kurva kendala model optimasi *revenue*

Nilai tersebut adalah nilai *revenue* yang dihasilkan dari satu sektor BTS yang memberikan nilai maximum karena dinamika P_h . Dengan pendekatan kurva, mengacu pada perubahan percobaan panggilan karena dinamika harga, besarnya nilai optimum untuk setiap sektor memberikan kurva untuk indek *revenue* sebagai berikut:



Gambar 4.13. Kurva indek *revenue* optimum

Nilai aktual *revenue* bergantung dari nilai indeks percobaan panggilan setelah dikalikan dengan nilai aktual percobaan panggilan untuk setiap sektornya. Berdasarkan kurva tersebut diperoleh bahwa nilai dinamika harga yang menghasilkan *revenue* optimum terjadi pada rasio $P_h/P_o = 1,4$. Dari rasio tersebut akan kita cari nilai utilisasi sektor yang menghasilkan *revenue* maksimum berdasarkan dinamika perubahan harga yang menjadi kendala untuk fungsi tujuan maksimasi *revenue* dalam satu cluster. Dari berbagai cluster yang ada akan dikelompokkan dalam zona yang lebih besar yaitu zona wilayah Surabaya itu sendiri. Algoritma loop tertutup menjamin proses dinamika harga memberikan koreksi terhadap fungsi optimasi *revenue* pada nilai optimum.

4.6. Utilisasi Optimum

Saat pertama kali inisiasi di mana dinamika harga belum berjalan, nilai inisiasi $P_h/P_o = 1$. Utilisasi yang terjadi adalah utilisasi natural yaitu utilisasi trafik saat menggunakan tarif normal sesuai persamaan berikut:

$$U_n = \beta e^{-(P_h/P_o-1)^2} \cdot MHT/C \quad (4.4)$$

$$U_n = \beta e^{-(1-1)^2} \cdot MHT/C \quad (4.5)$$

$$U_n = \beta \cdot MHT/C \quad (4.6)$$

di mana :

U_n : Utilisasi natural

β : Intensitas panggilan aktual

MHT : *Mean Holding Time* (rata-rata waktu pendudukan)

C : Kapasitas

Nilai C sendiri adalah nilai kapasitas jaringan dalam satu sektor tertentu yang sebanding dengan offered traffic untuk masing-masing sektor. Sedangkan β adalah jumlah percobaan panggilan aktual yang terjadi apabila menggunakan tarif normal. Dinamika harga terpicu apabila utilisasi jaringan:

$$\beta e^{-(P_h/P_o-1)^2} \cdot MHT/C \geq 100\% \quad (4.7)$$

Ketika dinamika harga terpicu saat utilisasi jaringan mencapai 100% melalui algoritma CAC seperti ilustrasi gambar 4.14, P_h yang ditawarkan akan menyebabkan $P_h/P_o > 1$ dan karena berkurangnya pendudukan trafik, utilisasi

optimum dicapai apabila total trafik yang terjadi memberikan *revenue* optimum yaitu pada rasio $P_h/P_o = 1,4$ di mana nilai indeks percobaan panggilan menjadi:

$$e^{-(P_h/P_o-1)^2}=85\% \quad (4.8)$$

Sehingga utilisasi optimum terjadi pada:

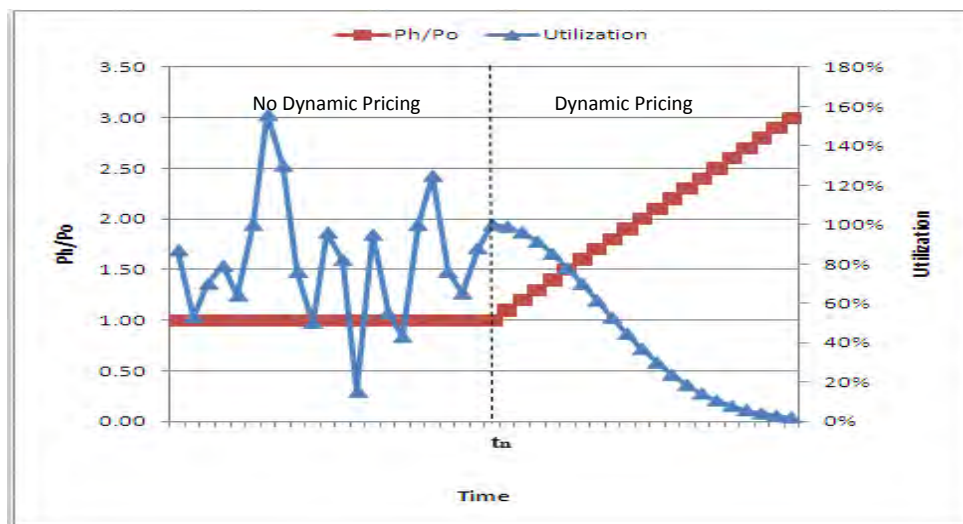
$$U_d = 0,85.\beta.MHT/C \quad (4.9)$$

$$U_d = 0,85.U_n \quad (4.10)$$

dengan:

U_d = Utilisasi saat terjadi dinamika harga

U_n = Utilisasi natural saat inisiasi harga



Gambar 4.14. Utilisasi jaringan dengan dan tanpa *dynamic pricing*

Untuk setiap transaksi aktual, bentuk lain persamaan 2.8 setelah mengalami dinamika harga, besarnya perkalian intensitas panggilan dengan rata-rata pendudukan panggilan merupakan trafik aktual itu sendiri sesuai persamaan berikut:

$$A = \beta e^{-(P_h/P_o-1)^2}.MHT \quad (4.11)$$

di mana :

A : Trafik aktual panggilan

β : Intensitas panggilan aktual

MHT : *Mean Holding Time* (rata-rata waktu pendudukan)

Besarnya nilai A untuk tiap-tiap sektor diperoleh saat pengukuran yaitu trafik aktual panggilan itu sendiri. Nilai ini selalu diukur oleh perangkat BSC selama proses *signaling* yang mempengaruhi pembebanan jaringan selain besar kapasitas jaringan di mana *handset* pelanggan melakukan panggilan. Sekali pembebanan melebihi kapasitas jaringan, maka akan dikirim *signaling message* kepada CAC untuk melakukan *dynamic pricing*.

4.7. Revenue Cluster

Revenue cluster adalah agregasi *revenue* sektor dari total jaringan radio yang ada, sehingga secara akumulatif *revenue* optimum cluster adalah sebagai berikut:

$$R_t = \sum_{s=1}^n R_s \cdot X_s \quad (4.12)$$

dengan X_s bernilai:

1.4 jika utilisasi 100%

1.0 jika utilisasi $\leq 100\%$

di mana:

R_t : *Revenue* total untuk cluster.

R_s : *Revenue* sektor ke S

X_s : Utilisasi untuk sektor ke S ketika terjadi *over utilization*.

n : Jumlah semua sektor jaringan

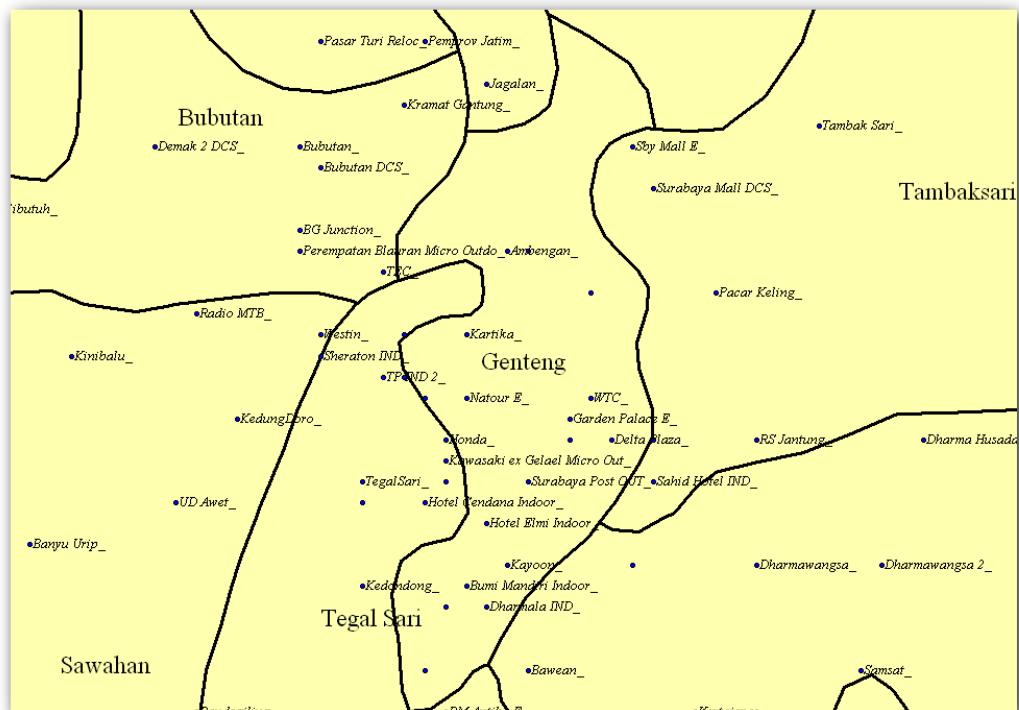
Dari semua sektor yang ada, trafik yang disalurkan akan membebani jaringan dalam tingkatan yang diukur dengan utilisasi. Seperti mekanisme yang dijelaskan pada pemodelan algoritma CAC dan *dynamic pricing* sebelumnya bahwa dinamika harga akan dipicu ketika utilisasi jaringan mencapai 100%, dalam pengertian ini *grade of service* 1% akan terlampaui oleh sejumlah trafik yang disalurkan. Kenaikan atau *improvement gain* diperoleh berdasarkan pergeseran harga yang menghasilkan kenaikan *revenue* berdasarkan utilisasi jaringan ini. Sedangkan kenaikan produktivitas dihitung berdasarkan kenaikan *revenue* tersebut.

4.8. Cluster Model dan Zonanisasi Perhitungan

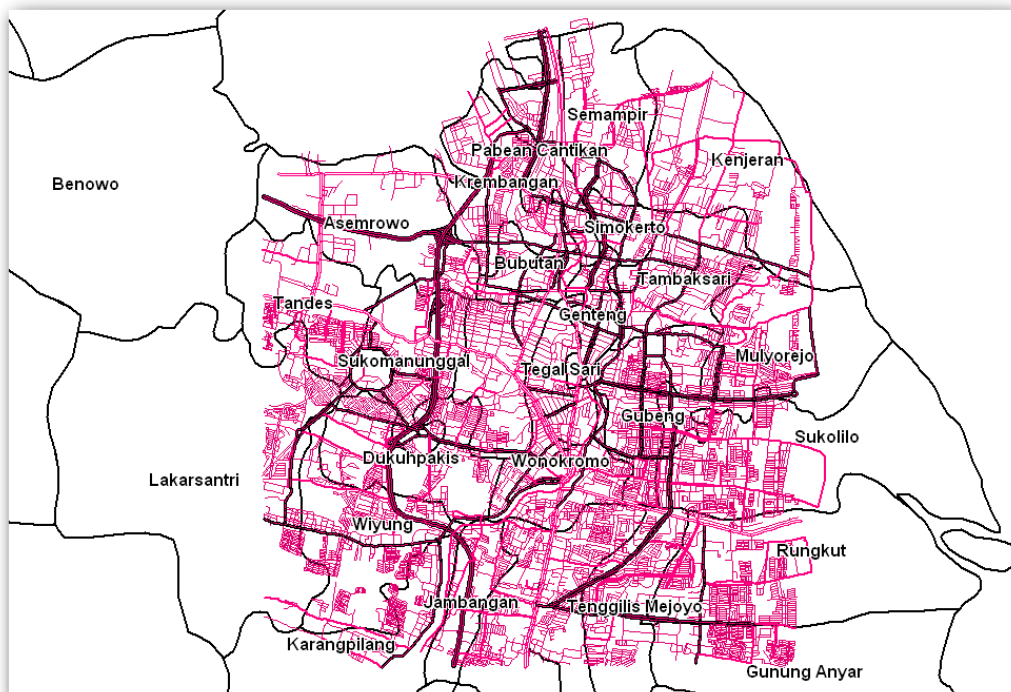
Segmentasi area layanan PT. Telkomsel Regional Jawa Timur dilakukan dengan membagi wilayah layanan provinsi Jawa Timur menjadi beberapa cabang (*branch/metro*) dan sub cabang (*sub branch*). Zona kota Surabaya merupakan zona layanan kelas A Metro Surabaya yang terdiri dari beberapa cluster kecamatan. BTS-BTS yang ada akan dilakukan pengelompokan coverage berdasarkan wilayah layanan sehingga dari cluster-cluster tersebut dapat dilakukan *dynamic pricing*.

Dengan mengambil satu cluster Genteng dengan wilayah layanan seperti ditunjukkan oleh gambar 4.15 sebagai model perhitungan, diharapkan metode perhitungan *revenue* dengan penerapan CAC dan *dynamic pricing* dapat dilakukan terhadap cluster-cluster yang lain sehingga total signifikansi kenaikan *revenue* dapat diagregasikan terhadap seluruh zona wilayah Surabaya seperti yang akan dilakukan pada Bab V. Cluster Genteng terdiri dari 27 BTS, 170 TRX dan 871 *voice channel* yang secara kapasitas memberikan Erlang panggilan sesuai table 4.1. Kapasitas total diperoleh dengan menjumlahkan kapasitas masing-masing sektor, begitu juga dengan total trafik aktual adalah penjumlahan total trafik aktual masing-masing sektor. Sedangkan utilisasi cluster diperoleh dengan cara merata-ratakan utilisasi sektor untuk setiap BTS di cluster yang bersangkutan. Utilisasi cluster hanya memberikan informasi rata-rata utilisasi cluster tanpa memberikan signifikansi pada perhitungan *revenue*. Dengan mengacu pada persamaan 2.9 pada sub bab 2.2 untuk tiap-tiap sektor dapat dihitung kapasitas per sektor dan utilisasinya berdasarkan trafik aktual yang ada. Nilai utilisasi normal diperoleh dengan membagikan trafik aktual dengan kapasitasnya. Hasil perhitungannya keseluruhan ditunjukkan pada table 4.1.

Pada table 4.1 utilisasi yang terjadi adalah utilisasi aktual yang akan selalu dijejaki oleh *algorithm call admission control* untuk dideteksi kemungkinan adanya *message no resource available* pada proses *signaling*. Selama proses tersebut jaringan diharapkan berangsur-angsur akan berkurang beban trafik yang ditanganinya karena perubahan intensitas panggilan sebagai akibat dari pola *dynamic pricing* yang diberikannya.



Gambar 4.15. Cluster Genteng dalam zona metro Surabaya



Gambar 4.16. Cluster Kecamatan dalam zona metro Surabaya

Tabel 4.1. Entitas Jaringan dan kapasitas trafik cluster Genteng

NO	BTS	Sektor	Cluster	Branch	TRX	Channel	Offered Traffic (ErI)	Actual Traffic (ErI)	Utilization
1	Kayoon	Kayoon_1	Genteng	Metro Surabaya	3	17	9,65	12,37	128,21%
	Kayoon	Kayoon_2	Genteng	Metro Surabaya	4	23	14,47	24,48	169,17%
	Kayoon	Kayoon_3	Genteng	Metro Surabaya	4	20	12,03	17,29	143,68%
2	Kedondong	Kedondong_1	Genteng	Metro Surabaya	2	9	3,78	8,39	221,70%
	Kedondong	Kedondong_2	Genteng	Metro Surabaya	2	8	3,13	11,07	353,86%
	Kedondong	Kedondong_3	Genteng	Metro Surabaya	2	7	2,50	8,57	342,73%
3	WTC	WTC_1	Genteng	Metro Surabaya	2	9	3,78	11,70	309,39%
	WTC	WTC_2	Genteng	Metro Surabaya	2	8	3,13	8,46	270,59%
	WTC	WTC_3	Genteng	Metro Surabaya	3	15	8,11	13,78	169,92%
4	Tunjungan Plaza I	Tunjungan Plaza I_3	Genteng	Metro Surabaya	4	19	11,23	12,84	114,31%
	Tunjungan Plaza I	Tunjungan Plaza I_4	Genteng	Metro Surabaya	4	21	12,84	10,71	83,46%
5	Delta Plaza	Delta Plaza_1	Genteng	Metro Surabaya	3	13	6,61	9,39	142,18%
	Delta Plaza	Delta Plaza_2	Genteng	Metro Surabaya	4	19	11,23	8,58	76,38%
	Delta Plaza	Delta Plaza_3	Genteng	Metro Surabaya	4	22	13,65	18,66	136,70%
6	WTC	WTC_4	Genteng	Metro Surabaya	4	23	14,47	4,58	31,62%
7	Dharmala IND	Dharmala IND_1	Genteng	Metro Surabaya	2	9	3,78	3,09	81,62%
	Dharmala IND	Dharmala IND_2	Genteng	Metro Surabaya	2	10	4,46	1,66	37,11%
8	Dharmala E	Dharmala E_1	Genteng	Metro Surabaya	2	8	3,13	2,58	82,45%
	Dharmala E	Dharmala E_2	Genteng	Metro Surabaya	2	10	4,46	3,19	71,60%
9	Natour E	Natour E_1	Genteng	Metro Surabaya	2	12	5,88	1,17	19,84%
10	Hotel Majapahit	Hotel Majapahit_1	Genteng	Metro Surabaya	2	10	4,46	4,07	91,30%
11	BRI Indoor	BRI Indoor_1	Genteng	Metro Surabaya	4	19	11,23	6,14	54,69%
	BRI Indoor	BRI Indoor_2	Genteng	Metro Surabaya	2	8	3,13	3,71	118,53%
	BRI Indoor	BRI Indoor_3	Genteng	Metro Surabaya	2	5	1,36	4,47	328,80%
12	Bumi Mandiri Indoor	Bumi Mandiri Indoor_1	Genteng	Metro Surabaya	2	9	3,78	1,44	38,18%
	Bumi Mandiri Indoor	Bumi Mandiri Indoor_2	Genteng	Metro Surabaya	1	3	0,46	2,79	613,16%
13	Hotel Santika Indoor	Hotel Santika Indoor_1	Genteng	Metro Surabaya	1	3	0,46	0,36	79,98%
	Hotel Santika Indoor	Hotel Santika Indoor_2	Genteng	Metro Surabaya	2	10	4,46	1,80	40,44%
14	BII Indoor	BII Indoor_1	Genteng	Metro Surabaya	1	4	0,87	1,14	131,45%
	BII Indoor	BII Indoor_2	Genteng	Metro Surabaya	2	10	4,46	4,33	97,12%
15	Hotel Elmi Indoor	Hotel Elmi Indoor_1	Genteng	Metro Surabaya	1	3	0,46	1,47	323,67%
	Hotel Elmi Indoor	Hotel Elmi Indoor_2	Genteng	Metro Surabaya	2	10	4,46	2,64	59,21%
16	Kartika DCS	Kartika DCS_1	Genteng	Metro Surabaya	3	16	8,88	9,02	101,62%
	Kartika DCS	Kartika DCS_2	Genteng	Metro Surabaya	3	14	7,35	8,70	118,40%
	Kartika DCS	Kartika DCS_3	Genteng	Metro Surabaya	3	18	10,44	12,18	116,70%
17	Kedondong DCS	Kedondong DCS_1	Genteng	Metro Surabaya	7	39	28,13	25,94	92,22%
	Kedondong DCS	Kedondong DCS_2	Genteng	Metro Surabaya	7	37	26,38	23,95	90,79%
	Kedondong DCS	Kedondong DCS_3	Genteng	Metro Surabaya	6	30	20,34	15,07	74,11%
18	WTC DCS	WTC DCS_1	Genteng	Metro Surabaya	5	29	19,49	27,74	142,36%
	WTC DCS	WTC DCS_2	Genteng	Metro Surabaya	4	22	13,65	22,09	161,85%
	WTC DCS	WTC DCS_3	Genteng	Metro Surabaya	5	29	19,49	8,73	44,81%
19	Delta Plaza IND DCS	Delta Plaza IND DCS_1	Genteng	Metro Surabaya	4	23	14,47	28,43	196,50%
20	Surabaya Post OUT	Surabaya Post OUT_1	Genteng	Metro Surabaya	2	7	2,50	4,39	175,59%
	Surabaya Post OUT	Surabaya Post OUT_2	Genteng	Metro Surabaya	2	10	4,46	4,04	90,50%
21	Garden Palace E	Garden Palace E_1	Genteng	Metro Surabaya	3	15	8,11	2,48	30,55%
22	Grahadi Outdoor	Grahadi Outdoor_1	Genteng	Metro Surabaya	2	8	3,13	4,18	133,74%
	Grahadi Outdoor	Grahadi Outdoor_2	Genteng	Metro Surabaya	2	11	5,16	4,19	81,12%
23	Bursa Efek Surabaya	Bursa Efek Surabaya_1	Genteng	Metro Surabaya	2	10	4,46	1,85	41,50%
24	Pasar Genteng Indoor	Pasar Genteng Indoor_1	Genteng	Metro Surabaya	2	10	4,46	4,33	97,03%
25	TEC Indoor	TEC Indoor_1	Genteng	Metro Surabaya	3	14	7,35	4,21	57,32%
	TEC Indoor	TEC Indoor_2	Genteng	Metro Surabaya	3	18	10,44	1,70	16,27%
26	TEC	TEC_1	Genteng	Metro Surabaya	4	24	15,30	10,88	71,12%
	TEC	TEC_2	Genteng	Metro Surabaya	4	23	14,47	9,30	64,25%
	TEC	TEC_3	Genteng	Metro Surabaya	4	24	15,30	12,24	80,04%
27	TEC DCS	TEC DCS_1	Genteng	Metro Surabaya	4	22	13,65	13,28	97,29%
	TEC DCS	TEC DCS_2	Genteng	Metro Surabaya	4	25	16,12	14,16	87,84%
	TEC DCS	TEC DCS_3	Genteng	Metro Surabaya	3	17	9,65	13,95	144,57%
TOTAL					170	871	495,06	513,99	129,32%

Perhitungan dan pengukuran di atas adalah berdasarkan konfigurasi dan trafik aktual antara bulan januari sampai dengan juni 2010.

Berdasarkan data tersebut maka akan dilakukan perhitungan *revenue* berdasarkan kemampuan jaringan dan tingkat utilisasinya pada saat *busy hour* panggilan. Di mana saat terjadi utisasi 100% dengan *flag=1* yang membuat X_s bernilai 1,4 pada persamaan 4.12 maka mesin *Call Admission Control* memicu dilakukannya *dynamic pricing*. Perhitungan *revenue* cluster mengambil pentarifan normal untuk Rp. 150/10 second bersifat flat terhadap semua produk Telkomsel agar dihasilkan kenaikan rasio produktivitas jaringan dalam menghasilkan *revenue*. Perhitungan kenaikan *revenue* berdasarkan diferensiasi produk dimungkinkan dapat dilakukan dengan tetap mengacu pada metode perhitungan berdasarkan tarif dasar tiap-tiap produk. Dari asumsi-asumsi tersebut, dengan menggunakan persamaan 4.12 akan diperoleh *revenue* untuk tiap-tiap sektornya sesuai table 4.2. Pada table tersebut diberikan hasil perbandingan antara *revenue* yang dihasilkan oleh sektor-sektor yang terpicu oleh mekanisme *dynamic pricing* dikarenakan tingkat utilisasinya melampaui utilisasi maksimum jaringan dan sektor-sektor yang hanya mengalami pentarifan normal dengan pembedaan warna abu-abu pada baris di mana sektor mengalami *dynamic pricing*.

Dari tiap-tiap cluster kecamatan tersebut dapat dilakukan mekanisme perhitungan yang sama seperti perhitungan yang sudah dilakukan pada cluster Genteng. Mulai dari perhitungan data potensi konfigurasi BTS, TRX, Sektor dan kapasitas trafik yang ditawarkan berdasarkan formula Erlang B, tingkat utilisasi jaringan, pengukuran trafik aktual jaringan dan *revenue* yang dihasilkan untuk tiap-tiap sektornya. Hasil dalam cluster yang sama diagregasikan ke dalam satu *revenue* cluster. Kemudian untuk setiap clusternya kita agregasikan lagi dalam zona wilayah yang lebih besar yaitu zona metro Surabaya. Dari total keseluruhan perhitungan akan dibawa pada perhitungan kenaikan produktivitas untuk satu zona Surabaya berdasarkan rasio perbandingan perolehan *revenue* jika menggunakan *dynamic pricing* dengan perolehan *revenue* jika menggunakan tarif normal. Lebih lanjut analisa juga akan dilihat pergeseran *grade of service* jaringan dari kedua kriteria di atas dari setiap panggilan pelanggan yang melakukan akses jaringan.

Tabel 4.2. Revenue per sektor cluster Genteng

NO	BTS	Sektor	Cluster	Branch	Actual Traffic (Erl)	Utilization	Xs	Normal Revenue (Rupiah)	Dynamic Pricing Revenue (Rupiah)
1	Kayoon	Kayoon_1	Genteng	Metro Surabaya	12,37	128,21%	1,0	668211,4056	668211,4056
	Kayoon	Kayoon_2	Genteng	Metro Surabaya	24,48	169,17%	1,4	1321919,975	1850687,965
	Kayoon	Kayoon_3	Genteng	Metro Surabaya	17,29	143,68%	1,4	933428,5788	1306800,01
2	Kedondong	Kedondong_1	Genteng	Metro Surabaya	8,39	221,70%	1,4	452828,57	633959,9979
	Kedondong	Kedondong_2	Genteng	Metro Surabaya	11,07	353,86%	1,4	597625,7016	836675,9823
	Kedondong	Kedondong_3	Genteng	Metro Surabaya	8,57	342,73%	1,4	462857,1465	648000,0051
3	WTC	WTC_1	Genteng	Metro Surabaya	11,70	309,39%	1,4	631954,2716	884735,9802
	WTC	WTC_2	Genteng	Metro Surabaya	8,46	270,59%	1,4	456994,2839	639791,9975
	WTC	WTC_3	Genteng	Metro Surabaya	13,78	169,92%	1,4	743965,7037	1041551,985
4	Tunjungan Plaza I	Tunjungan Plaza I_3	Genteng	Metro Surabaya	12,84	114,31%	1,4	693205,7043	970487,986
	Tunjungan Plaza I	Tunjungan Plaza I_4	Genteng	Metro Surabaya	10,71	83,46%	1,0	578571,4065	578571,4065
5	Delta Plaza	Delta Plaza_1	Genteng	Metro Surabaya	9,39	142,18%	1,4	507291,423	710207,9922
	Delta Plaza	Delta Plaza_2	Genteng	Metro Surabaya	8,58	76,38%	1,0	463165,703	463165,703
	Delta Plaza	Delta Plaza_3	Genteng	Metro Surabaya	18,66	136,70%	1,4	1007717,085	1410803,919
6	WTC	WTC_4	Genteng	Metro Surabaya	4,58	31,62%	1,0	247088,5639	247088,5639
7	Dharmala IND	Dharmala IND_1	Genteng	Metro Surabaya	3,09	81,62%	1,0	166705,7076	166705,7076
	Dharmala IND	Dharmala IND_2	Genteng	Metro Surabaya	1,66	37,11%	1,0	89408,56801	89408,56801
8	Dharmala E	Dharmala E_1	Genteng	Metro Surabaya	2,58	82,45%	1,0	139242,8554	139242,8554
	Dharmala E	Dharmala E_2	Genteng	Metro Surabaya	3,19	71,60%	1,0	172491,4232	172491,4232
9	Natour E	Natour E_1	Genteng	Metro Surabaya	1,17	19,84%	1,0	62948,57002	62948,57002
10	Hotel Majapahit	Hotel Majapahit_1	Genteng	Metro Surabaya	4,07	91,30%	1,0	219934,281	219934,281
11	BRI Indoor	BRI Indoor_1	Genteng	Metro Surabaya	6,14	54,69%	1,0	331637,1455	331637,1455
	BRI Indoor	BRI Indoor_2	Genteng	Metro Surabaya	3,71	118,53%	1,4	200185,711	280259,9954
	BRI Indoor	BRI Indoor_3	Genteng	Metro Surabaya	4,47	328,80%	1,4	241611,4299	338256,0019
12	Bumi Mandiri Indoor	Bumi Mandiri Indoor_1	Genteng	Metro Surabaya	1,44	38,18%	1,0	77991,4273	77991,4273
	Bumi Mandiri Indoor	Bumi Mandiri Indoor_2	Genteng	Metro Surabaya	2,79	613,16%	1,4	150814,2845	211139,9984
13	Hotel Santika Indoor	Hotel Santika Indoor_1	Genteng	Metro Surabaya	0,36	79,98%	1,0	19671,42809	19671,42809
	Hotel Santika Indoor	Hotel Santika Indoor_2	Genteng	Metro Surabaya	1,80	40,44%	1,0	97431,42624	97431,42624
14	BIl Indoor	BIl Indoor_1	Genteng	Metro Surabaya	1,14	131,45%	1,4	61714,28296	86399,99614
	BIl Indoor	BIl Indoor_2	Genteng	Metro Surabaya	4,33	97,12%	1,0	233974,2775	233974,2775
15	Hotel Elmi Indoor	Hotel Elmi Indoor_1	Genteng	Metro Surabaya	1,47	323,67%	1,4	79611,42714	111455,998
	Hotel Elmi Indoor	Hotel Elmi Indoor_2	Genteng	Metro Surabaya	2,64	59,21%	1,0	142637,1393	142637,1393
16	Kartika DCS	Kartika DCS_1	Genteng	Metro Surabaya	9,02	101,62%	1,4	487002,8543	681803,9961
	Kartika DCS	Kartika DCS_2	Genteng	Metro Surabaya	8,70	118,40%	1,4	470031,4236	658043,993
	Kartika DCS	Kartika DCS_3	Genteng	Metro Surabaya	12,18	116,70%	1,4	657719,9871	920807,9819
	Kedondong DCS	Kedondong DCS_1	Genteng	Metro Surabaya	25,94	92,22%	1,0	1400759,955	1400759,955
17	Kedondong DCS	Kedondong DCS_2	Genteng	Metro Surabaya	23,95	90,79%	1,0	1293222,794	1293222,794
	Kedondong DCS	Kedondong DCS_3	Genteng	Metro Surabaya	15,07	74,11%	1,0	813857,1429	813857,1429
	WTC DCS	WTC DCS_1	Genteng	Metro Surabaya	27,74	142,36%	1,4	1498037,14	2097251,995
18	WTC DCS	WTC DCS_2	Genteng	Metro Surabaya	22,09	161,85%	1,4	1193091,402	1670327,962
	WTC DCS	WTC DCS_3	Genteng	Metro Surabaya	8,73	44,81%	1,0	471497,1273	471497,1273
	Delta Plaza IND DCS	Delta Plaza IND DCS_1	Genteng	Metro Surabaya	28,43	196,50%	1,4	1535451,391	2149631,948
20	Surabaya Post OUT	Surabaya Post OUT_1	Genteng	Metro Surabaya	4,39	175,59%	1,4	237137,1457	331992,004
	Surabaya Post OUT	Surabaya Post OUT_2	Genteng	Metro Surabaya	4,04	90,50%	1,0	218005,7161	218005,7161
21	Garden Palace E	Garden Palace E_1	Genteng	Metro Surabaya	2,48	30,55%	1,0	133765,7127	133765,7127
22	Grahadi Outdoor	Grahadi Outdoor_1	Genteng	Metro Surabaya	4,18	133,74%	1,4	225874,28	316223,992
	Grahadi Outdoor	Grahadi Outdoor_2	Genteng	Metro Surabaya	4,19	81,12%	1,0	226028,5674	226028,5674
23	Bursa Efek Surabaya	Bursa Efek Surabaya_1	Genteng	Metro Surabaya	1,85	41,50%	1,0	99977,14154	99977,14154
24	Pasar Genteng Indoor	Pasar Genteng Indoor_1	Genteng	Metro Surabaya	4,33	97,03%	1,0	233742,8586	233742,8586
25	TEC Indoor	TEC Indoor_1	Genteng	Metro Surabaya	4,21	57,32%	1,0	227571,4267	227571,4267
	TEC Indoor	TEC Indoor_2	Genteng	Metro Surabaya	1,70	16,27%	1,0	91722,85473	91722,85473
26	TEC	TEC_1	Genteng	Metro Surabaya	10,88	71,12%	1,0	587365,7022	587365,7022
	TEC	TEC_2	Genteng	Metro Surabaya	9,30	64,25%	1,0	502045,71	502045,71
	TEC	TEC_3	Genteng	Metro Surabaya	12,24	80,04%	1,0	661037,1396	661037,1396
	TEC DCS	TEC DCS_1	Genteng	Metro Surabaya	13,28	97,29%	1,0	717197,1155	717197,1155
27	TEC DCS	TEC DCS_2	Genteng	Metro Surabaya	14,16	87,84%	1,0	764871,4256	764871,4256
	TEC DCS	TEC DCS_3	Genteng	Metro Surabaya	13,95	144,57%	1,4	753454,2495	1054835,949
TOTAL						129,32%		Rp27.755.305,17	Rp33.995.915,35

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Pengembangan Hasil Perhitungan Data

Hasil perhitungan data ini adalah pengembangan perhitungan dalam zona yang lebih besar yaitu zona wilayah metro Surabaya. Data yang dimasukan adalah data-data BTS dengan sektor, TRX, jumlah kanal, *offered traffic* (kapasitas), *carried traffic* yang akan dihitung total kenaikan *revenue* dan kenaikan *grade of service* berdasarkan penerapan algoritma CAC dan *dynamic pricing* sebagai bagian *demand change management* untuk menjamin ketersediaan jaringan berdasarkan analisa Bab IV. Karena PT. Telkomsel sendiri mempunyai jaringan besar dalam rangka memberikan layanan yang cukup luas, maka untuk menyederhanakan perhitungan, untuk setiap sektornya tidak lagi ditampilkan perhitungan seperti pada bab IV sebelumnya tetapi hanya agregasi setiap clusternya yang akan ditampilkan pada hasil dan pembahasan dari Bab V ini.

5.2. Zona Surabaya

Zona wilayah Surabaya terdiri dari 29 cluster kecamatan seperti ditunjukkan pada gambar 4.16 yaitu: Asemrowo, Benowo, Bubutan, DukuhPakis, Gayungan, Genteng, Gubeng, Gunung anyar, Jambangan, Karangpilang, Kenjeran, Krembangan, Lakarsantri, Mulyorejo, Pabean Cantikan, Rungkut, Sawahan, Semampir, Simokerto, Sukolilo, Sukomanunggal, Tambaksari, Tandes, Tegall Sari, Tegalsari, Tenggilis Mejoyo, Wiyung, Wonocolo, Wonokromo.

5.3. Kenaikan Revenue

Kenaikan *revenue* dihitung pada keseluruhan BTS, sektor dan TRX. Detail konfigurasi jaringan yang mencakup BTS, TRX dan sektor tidak kami tampilkan mengingat data termasuk dalam kategori data *confidential* perusahaan. Hasil akhir dari perhitungan dengan mekanisme yang sama pada bab IV saja yang ditampilkan seperti terlihat pada table 5.1. Fokus penelitian akan dikembangkan dalam perhitungan peningkatan *revenue* yang merupakan metode pengukuran

obyek tujuan penelitian yaitu optimasi *revenue*. Perhitungan akan dibatasi pada jam-jam sibuk (*busy hours*) panggilan dikarenakan di luar jam-jam sibuk tersebut perolehan *revenue* tetap menghasilkan *revenue* dengan tarif normal.

Tabel 5.1 Peroleh *revenue* zona Surabaya menggunakan *dynamic pricing*

Cluster	Xs	Normal Revenue (Rupiah)	Dynamic Pricing Revenue (Rupiah)
Asemrowo	17	175.159.795,86	244.274.239,93
Benowo	11	157.837.368,63	210.625.916,25
Bubutan	33	303.650.480,92	409.247.324,99
DukuhPakis	38	367.756.191,02	496.422.759,35
Gayungan	34	430.746.574,60	585.496.994,21
Genteng	24	262.433.051,70	316.747.484,96
Gubeng	42	416.235.078,55	548.757.556,36
Gunung anyar	13	151.519.367,61	205.745.240,45
Jambangan	15	135.898.711,24	188.766.561,47
Karangpilang	4	39.288.856,35	49.908.650,45
Kenjeran	23	209.405.824,19	291.375.662,45
Krembangan	39	463.670.218,14	640.969.185,55
Lakarsantri	24	321.007.620,70	420.941.560,98
Mulyorejo	36	452.277.762,59	603.975.176,83
Pabean Cantikan	30	325.886.135,44	450.741.229,74
Rungkut	10	124.719.168,76	170.031.339,20
Sawahan	44	467.355.331,27	608.378.024,88
Semampir	8	71.080.455,50	98.713.334,86
Simokerto	23	152.331.682,02	206.885.566,43
Sukolilo	49	543.757.617,49	736.649.625,08
Sukomanunggal	19	163.913.910,94	222.207.372,59
Tambaksari	31	332.740.280,05	441.365.444,13
Tandes	18	276.742.280,99	360.944.016,68
Tegal Sari	20	134.410.625,95	174.602.670,91
Tegalsari	5	37.081.800,00	51.914.520,00
Tenggilis Mejoyo	20	224.079.166,36	295.814.616,21
Wiyung	8	84.092.655,65	110.278.643,73
Wonocolo	19	176.800.368,14	229.802.344,66
Wonokromo	38	347.127.421,18	479.798.938,41
TOTAL ZONA	695	Rp7.349.005.801,83	Rp9.851.382.001,73

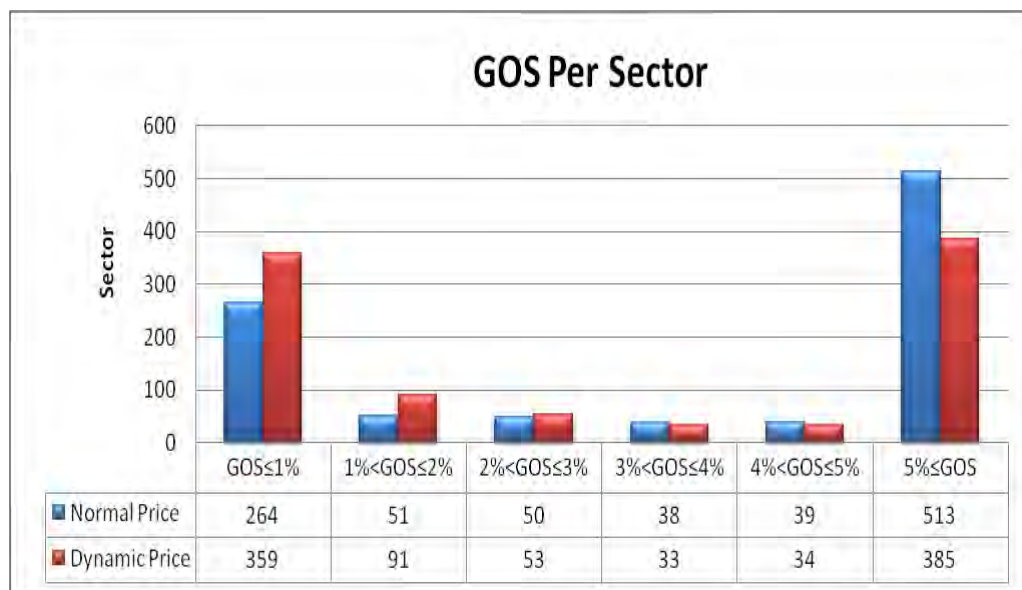
Kenaikan *revenue* dengan konfigurasi jaringan PT. Telkomsel di Surabaya memberikan kenaikan sebesar:

$$\begin{aligned}
 \%Rt &= \frac{(\text{Rp}9.851.382.001,73 - \text{Rp}7.349.005.801,83)}{\text{Rp}7.349.005.801,83} \times 100\% \\
 &= 34,05\%
 \end{aligned}$$

Kenaikan angka tersebut bukanlah angka *exact* tetapi sangat bergantung dengan konfigurasi jaringan dan profil trafik panggilan pelanggan yang ada. Angka tersebut akan selalu dinamis untuk setiap zonanya bergantung dengan laju intensitas panggilan yang ada dibandingkan dengan pergeseran tarif yang diterapkan.

5.4. Kenaikan Tingkat Layanan

Kenaikan layanan diukur dengan pergeseran *grade of service* (GOS) setiap sektor di tiap-tiap BTS. Angka ideal desain untuk setiap sektor adalah 1%. Kondisi existing di zona Surabaya untuk tiap sektornya memberikan GOS yang berbeda-beda. Dengan membuat 6 kategori yang tersegmentasi, distribusi *grade of service* sektor atau sel jika menerapkan *dynamic pricing* akan terlihat bergeser ke arah yang lebih baik dibandingkan dengan apabila menggunakan tarif normal. Pengeseran tersebut secara akumulatif merupakan dampak permintaan panggilan yang cenderung menurun akibat pergeseran harga seperti diuraikan di bab sebelumnya. Gambar 5.1 berikut ini adalah perhitungan kuantitatif jumlah setiap sektor dengan tingkat *grade of service* sebelum dan sesudah *dynamic pricing* diterapkan.



Gambar 5.1. Distribusi GOS jaringan setiap sektor

Pergeseran tersebut secara langsung mempengaruhi besarnya panggilan yang diteruskan (*carried traffic*) oleh jaringan Telkomsel sehingga mempengaruhi pembebanan jaringan. Sehingga secara natural, diharapkan diharapkan pola jam sibuk bisa berubah ke jam-jam lain di luar jam sibuk panggilan sehingga balancing load makin membantu kenaikan *revenue* secara harian.

Dari gambar 5.1 di atas dapat diinformasikan bahwa beberapa sektor yang mengalami *congestion* yang berakibat pada penolakan panggilan pada segmen GOS di atas 3% sampai dengan di atas 5% mengalami pergeseran ke segmen GOS kurang dari 1% sampai dengan kurang dari 3%. Ini dapat diartikan, setelah dilakukannya *dynamic pricing*. Laju panggilan berkurang seiring dengan kenaikan harga. Hanya mereka yang menyetujui tarif barulah yang mencoba meneruskan panggilan dengan skema tarif baru. Sehingga probabilitas jaringan mengalami kejenuhan trafik menjadi menurun. Dalam pengertian ini prinsip lelang kanal panggilan akan berdampak positif pada perbaikan tingkat layanan berdasarkan menurunnya jumlah sektor yang melakukan penolakan (*rejection*) panggilan pada utilisasi yang dipertahankan sebesar sekitar 85%.

5.5. Standarisasi Pricing

Mesin yang merealisasikan algoritma *Call Admission Control* adalah perangkat terprogram. Seperti telah dianalisa pada bab IV, diketahui bahwa dinamika harga yang memberikan *revenue* optimum terjadi pada $P_h/P_o=1,4$ pada utilisasi optimum, $U_d=85\%$, namun demikian pada batas-batas tertentu dinamika harga dapat memberikan peningkatan *revenue* dibawah nilai optimum pada:

- $1,0 \leq P_h/P_o \leq 1,7$
- $61\% \leq U_d \leq 100\%$
- $GOS = 1\%$

Tiga nilai parameter tersebut menjadi standart acuan yang merupakan nilai ambang agar diperoleh *revenue* optimum dengan mempertahankan layanan dalam pemrograman algoritma *Call Admission Control*. Pemrograman juga harus membatasi dampak peralihan (*handover*) sektor atau BTS dengan mempertahankan

ke skema pentarifan yang sedang dipakai pada suatu interval waktu tertentu. Hal lain yang harus diperhatikan adalah waktu pembangunan hubungan (*call setup time*) berhubungan dengan waktu tunggu sambungan yang harus dibatasi. Standarisasi tersebut dilakukan pada interval waktu *busy hour* mengingat acuan pedimensian jaringan seluler pada beban puncak ini.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini, penerapan algoritma *Call Admission Control* dan *dynamic pricing* dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan algoritma *Call Admission Control* dan *dynamic pricing* mempengaruhi perilaku panggilan seluler secara eksponensial.
2. Penerapan algoritma *Call Admission Control* dan *dynamic pricing* memberikan peluang kenaikan *revenue* terhadap *lost sales* panggilan pada jam-jam sibuk (*busy hours*) jaringan seluler secara umum.
3. Besarnya kenaikan terjadi pada rasio kenaikan harga dinamis terhadap harga normal, $P_h/P_o = 1,4$ berdasarkan model panggilan eksponensial yang dipakai.
4. Pembebanan optimum jaringan terjadi pada utilisasi 85% saat rasio kenaikan harga dinamis terhadap harga normal mencapai $P_h/P_o = 1,4$.
5. Secara umum penerapan algoritma *Call Admission Control* dan *dynamic pricing* akan memperbaiki tingkat layanan yang dapat diukur dari pergeseran perbaikan distribusi GOS jaringan tiap sektornya.
6. Dengan obyek penelitian zona wilayah layanan metro Surabaya PT. Telkomsel regional Jawa Timur dan hasil pengukuran profil trafik panggilan seluler rata-rata jam sibuk (*busy hour*) pada bulan januari sampai dengan juni 2010 diperoleh tingkat kenaikan perolehan *revenue* sebesar 34,05% dibandingkan kondisi awal menggunakan tarif flat Rp150 per 10 second.
7. Kenaikan *revenue* merupakan nilai dinamis berdasarkan konfigurasi jaringan dan profil trafik jaringan.
8. Dimungkinkan terjadi perubahan perilaku panggilan pelanggan dalam jam-jam sibuk (*busy hours*) yang dapat dimanfaatkan untuk merata-ratakan beban jaringan terhadap trafik yang lewat.

6.2. Saran

Masih banyak kemungkinan pengembangan dari penelitian ini. Saran pengembangan penelitian mencakup penelitian lebih lanjut penerapan *dynamic pricing* dengan mempertimbangkan trafik *handover* dan penerapan *dynamic pricing* pada komunikasi data bergerak yang sangat bermanfaat dalam pengembangan bisnis pada industri telekomunikasi dewasa ini.

LAMPIRAN 1

Erlang B-Table for 1 to 50 channels, 0.7% - 40%

n	Loss probability (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667	1
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000	2
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9811	7.1155	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.5171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464	22
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	25.281	36.121	23
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779	24
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437	25
26	16.334	16.561	16.768	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	28.941	41.096	26
27	17.153	17.387	17.601	17.797	19.265	20.305	21.904	24.939	30.164	42.755	27
28	17.977	18.218	18.438	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	31.388	44.414	28
29	18.805	19.053	19.279	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	32.614	46.074	29
30	19.637	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	33.840	47.735	30
31	20.473	20.734	20.972	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	35.067	49.395	31
32	21.312	21.580	21.823	22.048	23.725	24.914	26.746	30.237	36.295	51.056	32
33	22.155	22.429	22.678	22.909	24.626	25.844	27.721	31.301	37.524	52.718	33
34	23.001	23.281	23.536	23.772	25.529	26.776	28.698	32.367	38.754	54.379	34
35	23.849	24.136	24.397	24.638	26.435	27.711	29.677	33.434	39.985	56.041	35
36	24.701	24.994	25.261	25.507	27.343	28.647	30.657	34.503	41.216	57.703	36
37	25.556	25.854	26.127	26.378	28.254	29.585	31.640	35.572	42.448	59.365	37
38	26.413	26.718	26.996	27.252	29.166	30.526	32.624	36.643	43.680	61.028	38
39	27.272	27.583	27.867	28.129	30.081	31.468	33.609	37.715	44.913	62.690	39
40	28.134	28.451	28.741	29.007	30.997	32.412	34.596	38.787	46.147	64.353	40
41	28.999	29.322	29.616	29.888	31.916	33.357	35.584	39.861	47.381	66.016	41
42	29.866	30.194	30.494	30.771	32.836	34.305	36.574	40.936	48.616	67.679	42
43	30.734	31.069	31.374	31.656	33.758	35.253	37.565	42.011	49.851	69.342	43
44	31.605	31.946	32.256	32.543	34.682	36.203	38.557	43.088	51.086	71.006	44
45	32.478	32.824	33.140	33.432	35.607	37.155	39.550	44.165	52.322	72.669	45
46	33.353	33.705	34.026	34.322	36.534	38.108	40.545	45.243	53.559	74.333	46
47	34.230	34.587	34.913	35.215	37.462	39.062	41.540	46.322	54.796	75.997	47
48	35.108	35.471	35.803	36.109	38.392	40.018	42.537	47.401	56.033	77.660	48
49	35.988	36.357	36.694	37.004	39.323	40.975	43.534	48.481	57.270	79.324	49
50	36.870	37.245	37.586	37.901	40.255	41.933	44.533	49.562	58.508	80.988	50
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
n	Loss probability (E)										n

LAMPIRAN 1 (Lanjutan)

Erlang B-Table for 1 to 50 channels, 0.001% - 0.6%

n	Loss probability (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	
1	.00001	.00005	.00010	.00050	.00100	.00200	.00301	.00402	.00503	.00604	1
2	.00448	.01005	.01425	.03213	.04576	.06534	.08064	.09373	.10540	.11608	2
3	.03980	.06849	.08683	.15170	.19384	.24872	.28851	.32099	.34900	.37395	3
4	.12855	.19554	.23471	.36236	.43927	.53503	.60209	.65568	.70120	.74124	4
5	.27584	.38851	.45195	.64857	.76212	.89986	.99446	1.0692	1.1320	1.1870	5
6	.47596	.63923	.72826	.99567	1.1459	1.3252	1.4468	1.5421	1.6218	1.6912	6
7	.72378	.93919	1.0541	1.3922	1.5786	1.7984	1.9463	2.0614	2.1575	2.2408	7
8	1.0133	1.2816	1.4219	1.8298	2.0513	2.3106	2.4837	2.6181	2.7299	2.8266	8
9	1.3391	1.6595	1.8256	2.3016	2.5575	2.8549	3.0526	3.2057	3.3326	3.4422	9
10	1.6970	2.0689	2.2601	2.8028	3.0920	3.4265	3.6480	3.8190	3.9607	4.0829	10
11	2.0849	2.5059	2.7216	3.3294	3.6511	4.0215	4.2661	4.4545	4.6104	4.7447	11
12	2.4958	2.9671	3.2072	3.8781	4.2314	4.6368	4.9038	5.1092	5.2789	5.4250	12
13	2.9294	3.4500	3.7136	4.4465	4.8306	5.2700	5.5588	5.7807	5.9638	6.1214	13
14	3.3834	3.9523	4.2388	5.0324	5.4464	5.9190	6.2291	6.4670	6.6632	6.8320	14
15	3.8559	4.4721	4.7812	5.6339	6.0772	6.5822	6.9130	7.1665	7.3755	7.5552	15
16	4.3453	5.0079	5.3390	6.2496	6.7215	7.2582	7.6091	7.8780	8.0995	8.2898	16
17	4.8502	5.5583	5.9110	6.8782	7.3781	7.9457	8.3164	8.6003	8.8340	9.0347	17
18	5.3693	6.1220	6.4959	7.5186	8.0459	8.6437	9.0339	9.3324	9.5780	9.7889	18
19	5.9016	6.6980	7.0927	8.1698	8.7239	9.3515	9.7606	10.073	10.331	10.552	19
20	6.4460	7.2854	7.7005	8.8310	9.4115	10.068	10.496	10.823	11.092	11.322	20
21	7.0017	7.8834	8.3186	9.5014	10.108	10.793	11.239	11.580	11.860	12.100	21
22	7.5680	8.4926	8.9462	10.180	10.812	11.525	11.989	12.344	12.635	12.885	22
23	8.1443	9.1095	9.5826	10.868	11.524	12.265	12.746	13.114	13.416	13.676	23
24	8.7298	9.7351	10.227	11.562	12.243	13.011	13.510	13.891	14.204	14.472	24
25	9.3240	10.369	10.880	12.264	12.969	13.763	14.279	14.673	14.997	15.274	25
26	9.9265	11.010	11.540	12.972	13.701	14.522	15.054	15.461	15.795	16.081	26
27	10.537	11.659	12.207	13.686	14.439	15.285	15.835	16.254	16.598	16.893	27
28	11.154	12.314	12.880	14.406	15.182	16.054	16.620	17.051	17.406	17.709	28
29	11.779	12.976	13.560	15.132	15.930	16.828	17.410	17.853	18.218	18.530	29
30	12.417	13.644	14.246	15.863	16.684	17.606	18.204	18.660	19.034	19.355	30
31	13.054	14.318	14.937	16.599	17.442	18.389	19.002	19.470	19.854	20.183	31
32	13.697	14.998	15.633	17.340	18.205	19.176	19.805	20.284	20.678	21.015	32
33	14.346	15.682	16.335	18.085	18.972	19.966	20.611	21.102	21.505	21.850	33
34	15.001	16.372	17.041	18.835	19.743	20.761	21.421	21.923	22.336	22.689	34
35	15.660	17.067	17.752	19.589	20.517	21.559	22.234	22.748	23.169	23.531	35
36	16.325	17.766	18.468	20.347	21.296	22.361	23.050	23.575	24.006	24.376	36
37	16.995	18.470	19.188	21.108	22.078	23.166	23.870	24.406	24.846	25.223	37
38	17.669	19.178	19.911	21.873	22.864	23.974	24.692	25.240	25.689	26.074	38
39	18.348	19.890	20.640	22.642	23.652	24.785	25.518	26.076	26.534	26.926	39
40	19.031	20.606	21.372	23.414	24.444	25.599	26.346	26.915	27.382	27.782	40
41	19.718	21.326	22.107	24.189	25.239	26.416	27.177	27.756	28.232	28.640	41
42	20.409	22.049	22.846	24.967	26.037	27.235	28.010	28.600	29.085	29.500	42
43	21.104	22.776	23.587	25.748	26.837	28.057	28.846	29.447	29.940	30.362	43
44	21.803	23.507	24.333	26.532	27.641	28.882	29.684	30.295	30.797	31.227	44
45	22.505	24.240	25.081	27.319	28.447	29.708	30.525	31.146	31.656	32.093	45
46	23.211	24.977	25.833	28.109	29.255	30.538	31.367	31.999	32.517	32.962	46
47	23.921	25.717	26.587	28.901	30.066	31.369	32.212	32.854	33.381	33.832	47
48	24.633	26.460	27.344	29.696	30.879	32.203	33.059	33.711	34.246	34.704	48
49	25.349	27.206	28.104	30.493	31.694	33.039	33.908	34.570	35.113	35.578	49
50	26.067	27.954	28.867	31.292	32.512	33.876	34.759	35.431	35.982	36.454	50
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	
n	Loss probability (E)										n

TENTANG PENULIS



Nurdianto lahir pada tahun 1974 di Blora, Jawa Tengah dari keluarga besar bapak Soemarto. Penulis memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya pada jurusan teknik elektro dengan program studi telekomunikasi multimedia. Karier penulis di industri telekomunikasi dimulai sejak tahun 1996 sebagai staf *engineer* untuk *Radio Propagation Survey* di *Nippon Electronic Company (NEC)* pada proyek *wireless local loop (WLL)* PT. Telkom Divisi Regional Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta.

Pada Tahun 2001, Penulis bergabung dengan PT.Telekomunikasi Seluler (Telkomsel) dengan penempatan penugasan pertama di Regional Jawa Timur sebagai staf *engineer* pada departemen *Base Station Subsystem (BSS)* di Surabaya selama Kurang lebih 4 tahun lamanya. Setelah itu penulis dialihtugaskan pada sub-departemen *Radio Network Performance (RNP)* di departemen *Service Quality Assurance (SQA)* Regional Jawa Timur selama hampir 4 tahun juga. Pada awal tahun 2009, penulis mendapat kepercayaan untuk memimpin departemen *Service Quality Assurance (SQA)* di Regional Bali dan Nusa Tenggara selama tepat 1 tahun sebelum dialihtugaskan ke Kantor Pusat PT. Telekomunikasi Seluler di Jakarta pada departemen *Radio Access Network Quality (RANQ)*.

Selain sering mengikuti program *training* dan *sharing* pengembangan *management* dan *leader ship*, untuk meningkatkan kompetensinya di bidang radio seluler, penulis juga pernah mendapat kesempatan *training Radio Network Planning and Optimization* di ICC *Siemens Training Center*, Munich, Jerman.

Sampai saat ini penulis masih aktif menekuni bidang *Radio Access Quality* di perusahaan yang sama dengan posisi jabatan sebagai *Manager High Speed Packet Data Radio Access Network Quality* pada divisi *Network Service and Quality Management (NSQM)*.

“Permulaan hikmat adalah takut akan TUHAN”

Amsal 9:10