

ANALISIS TEKNO EKONOMI PERANCANGAN 4G LTE DI KABUPATEN BANYUMAS

Abny Irawan¹, Alfin Hikmaturokhman², Dadiék Pranindito³

Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Purwokerto

^{1,2,3} Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Jl. D.I Panjaitan No. 128 Purwokerto, Telp: (0281) 641629

¹abnyirawan@gmail.com, ²alfin@ittelkom-pwt.ac.id, ³dadiék@ittelkom-pwt.ac.id

ABSTRACT

Banyumas Regency has a very rapid development with the progress in knowledge education. The development of Banyumas Regency, it is also necessary to improve the telecommunication service that is feasible. Indosat is one of the operators of 4G LTE technology developers using 1800Mhz frequency. Planning is using atoll software with reference to downlink, uplink and volume requirement of data needed by considering demography factor and projection of user in Banyumas Regency.

The calculation of LTE technology deployment scheme based on Banyumas Regency area coverage requires 124 sites, while calculation based on capacity needs 71 sites in 2016. Simulation result using atoll software shows average RSRP value -80.9dBm and SINR value 0.64dB. Services at simulation atoll software that used by customers in Banyumas District is IMS Signaling 14,639 people, streaming media 34,348 people, video phone 65,731 people, real time gaming 20,637 people, video conference 66,325 people and voice over IP service 134,331 people.

CAPEX covers is eNodeB device costs, license, Installation and loan capital. OPEX includes Operational & Maintenance, Rental backhaul, HR cost, Interconnection fee, marketing fee, general administration fee & Frequency BHP. Depression assumption for 10 years. The funding structure is the assumption of 60% loan & 40% own capital. The loan interest rate is 7.5% per annum with the assumption of a 5 year loan repayment. Annual tax of 25%. WACC of 12.5%. Cost benefit calculation yields 3% IRR and NPV Rp-8,729,606,072. So the design of LTE deployment in Banyumas regency for 15 years has not received a payback period or is still a loss.

Keywords : LTE, Atoll, RSRP, SINR, CAPEX, OPEX, WACC, IRR, NPV, payback period.

INTISARI

Kabupaten Banyumas mengalami perkembangan yang sangat pesat dengan kemajuan di dunia pendidikannya. Dengan semakin berkembangnya Kabupaten Banyumas ini maka dibutuhkan pula peningkatan layanan telekomunikasi yang layak. Indosat merupakan salah satu operator pengembang teknologi 4G LTE dengan menggunakan frekuensi 1800Mhz. Perencanaan dilakukan menggunakan *software atoll* dengan mengacu kepada kebutuhan jangkauan *downlink*, *uplink* dan kebutuhan volume data yang diperlukan dengan memperhatikan faktor demografi serta proyeksi pengguna di Kabupaten Banyumas.

Perhitungan perancangan penggelaran teknologi LTE berdasarkan cakupan area Kabupaten Banyumas membutuhkan sebanyak 124 *site*, sedangkan perhitungan berdasarkan kapasitas membutuhkan sebanyak 71 *site* di tahun 2016. Hasil simulasi menggunakan *software atoll* menunjukkan rata-rata nilai RSRP -80.9dBm dan nilai SINR 0.64dB. Layanan yang dicakup oleh pelanggan di Kabupaten Banyumas pada simulasi *software atoll*. IMS Signaling sebanyak 14.639 jiwa, *streaming media* sebanyak 34.348 jiwa, *video phone* sebanyak 65.731 jiwa, *real time gaming* sebanyak 20.637 jiwa, *video conference* sebanyak 66.325 jiwa dan layanan *voice over IP* sebanyak 134.331 jiwa.

CAPEX meliputi biaya perangkat eNodeB, license, Instalasi dan modal pinjaman. OPEX meliputi Operational & Maintenance, Sewa backhaul, biaya SDM, biaya Interconnection, biaya marketing, biaya administrasi umum & BHP Frekuensi. Untuk umur depresisi selama 10 tahun. Struktur pendanaannya yaitu asumsi 60% pinjaman & 40% modal sendiri. Bunga pinjaman sebesar 7,5% per tahun dengan asumsi masa pengembalian pinjaman 5 tahun. Pajak per tahun sebesar 25%. WACC sebesar 12,5%. Perhitungan cost benefit menghasilkan IRR 3% dan NPV Rp-8.729.606.072. jadi perancangan penggelaran LTE di Kabupaten Banyumas selama 15 tahun belum mendapatkan *payback period* atau masih merugi.

Kata kunci : LTE, Atoll, RSRP, SINR, CAPEX, OPEX, WACC, IRR, NPV, *payback period*.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi dan media elektronik telah memberikan berbagai kemudahan dalam penyebaran informasi serta peningkatan kualitas dan kuantitas penyampainnya.

Kabupaten Banyumas memiliki luas 1.327,60 km² atau setara dengan 132.759,56 ha yang terdiri dari 27 kecamatan, 301 desa dan 30 kelurahan.^[6]

Long Term Evolution (LTE) merupakan perkembangan generasi ke-4 (4G) dari teknologi jaringan telekomunikasi sebelumnya yakni generasi ke-1 (1G), generasi ke-2 (2G) dan generasi ke-3 (3G) dimana teknologi 1G, 2G dan 3G sudah diimplementasikan oleh hampir semua operator telekomunikasi di Kabupaten Banyumas.

Penyediaan biaya investasi yang tinggi untuk memenuhi jaringan komunikasi nirkabel yang handal dengan kapasitas yang besar merupakan salah satu tantangan bagi operator telekomunikasi saat ini. Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah melakukan kajian analisis kelayakan biaya CAPEX, OPEX dan NPV.

Berdasarkan acuan dan latar belakang pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rudi Ardiyanto membahas tentang analisis tekno ekonomi LTE berdasarkan penggunaan frekuensi TDD atau FDD.^[3] maka penulis berinisiatif mengambil topik dalam skripsi ini adalah **“Analisis Tekno Ekonomi Perancangan 4G LTE Di Kabupaten Banyumas”**

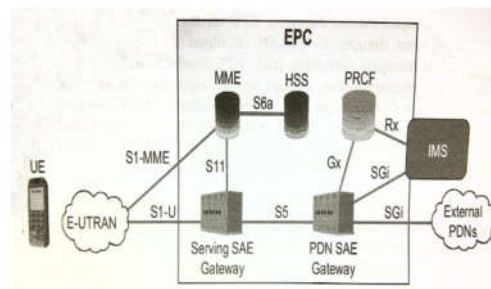
II. DASAR TEORI

2.1 Long Term Evolution (LTE)

LTE diperkenalkan satu paket dengan SAE (*System Architecture Evolution*) sebagai inti dari jaringan generasi ke-4 menurut standar 3GPP. SAE murni bekerja berdasarkan *Packet Switch* (PS), tidak ada lagi

penyambungan *Circuit Switch* (CS) seperti pada sentral penyambungan pada generasi sebelumnya.

Pada dasarnya arsitektur LTE terdiri dari dua bagian yaitu LTE yang dikenal dengan E-UTRAN (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network*) dan SAE sebagai jantung dari sistem LTE yang dikenal dengan EPC (*Evolved Packet Core*).



Gambar 2.1 *Evolved Packet Core* dalam arsitektur jaringan LTE.^[7]

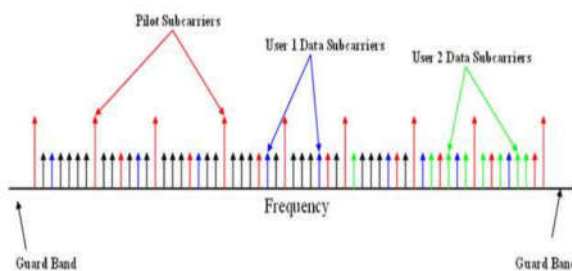
Pada gambar 2.1 *Evolved Packet Core* dalam arsitektur jaringan LTE memungkinkan terhubung langsung atau melakukan perluasan jaringan ke jaringan nirkabel lainnya.

2.2 MIMO (Multiple Input Multiple Output)

MIMO adalah salah satu contoh teknologi dengan kualitas yang baik dari LTE pada kecenderungan teknologi yang berkembang saat ini. Saat ini fokus adalah untuk menciptakan frekuensi yang dapat lebih efisien. Teknologi seperti MIMO dapat menghasilkan frekuensi yang efisien yaitu dengan mengirimkan informasi yang sama dari dua atau lebih pemancar terpisah kepada sejumlah penerima, sehingga mengurangi informasi yang hilang dibanding bila menggunakan system transmisi tunggal. Pendekatan lain yang akan dicapai pada system MIMO adalah teknologi *beam forming* yaitu mengurangi gangguan interferensi dengan cara mengarahkan *radio links* pada penggunaan secara spesifik.^[7]

2.3 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)

Teknologi LTE Menggunakan OFDM-based pada suatu *air interface* yang sepenuhnya baru yang merupakan suatu langkah yang radikal dari 3GPP. Merupakan pendekatan evolusiner berdasar pada peningkatan *advance* dari WCDMA. Teknologi OFDM-based dapat mencapai data rates yang tinggi dengan implementasi yang lebih sederhana menyertakan biaya relatif lebih rendah dan efisiensi konsumsi energi pada perangkat kerasnya.



Gambar 2.2 Orthogonal Frequency Division Multiple Access.^[7]

Gambar 2.2. merupakan modulasi OFDMA yang menghindari permasalahan yang disebabkan oleh pemantulan *multipath* dengan mengirimkan pesan per bits secara perlahan. Subkanal *narrow* pada OFDMA dialokasikan pada basis *burst by burst* menggunakan suatu algoritma yang memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi RF (*Radio Frequency*) seperti kualitas saluran, *loading* dan interferensi.^[7]

2.4 Adaptive Modulation and Coding (AMC)^[9]

AMC adalah salah satu teknologi pendukung LTE, digunakan untuk menentukan skema coding dan modulasi yang digunakan berdasarkan *Channel Quality Indicator* (CQI), CQI efektif digunakan untuk mengukur *bandwidth* dan kualitas sambungan (*link quality*) atau diukur dengan *Signal To Noise Ratio* (SNR).

2.5 Perencanaan Jaringan

Dalam perencanaan jaringan seluler ada beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya :

1. Kodisi geografis
 Dalam penentuan ketinggian tower, ketinggian antenna, jenis antenna, penentuan *link* transmisi dan *power supply* diperlukan pengetahuan dan pengamatan kondisi geografis area tersebut agar dalam menentukan hal-hal tersebut menjadi efisien.
2. Demografi penduduk
 Penempatan posisi site dan kapasitas site ditentukan oleh demografi penduduk yang menduduki area tersebut dimana daerah yang berpenduduk banyak akan diberi trafik yang lebih besar dibandingkan daerah yang berpenduduk sedikit.
3. Penentuan parameter
 Penentuan parameter transmisi disesuaikan dengan beberapa faktor yaitu kondisi geografis dan kebutuhan *user* agar kualitas jaringannya menjadi baik dan efisien.
4. Perencanaan masa depan
 Dalam peningkatan sebuah layanan perencanaan masa depan sangat diperlukan menyesuaikan dengan kebutuhan operator telekomunikasi agar dapat meningkatkan pelayanan. Perencanaan masa depan meliputi *coverage* ataupun penambahan *site* baru..

2.5.1 Planning By Coverage

a. Radio Link Budget

Perhitungan *radio link budget* dilakukan pada dua sisi *downlink* dan *uplink*. MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) terbagi menjadi dua, yaitu MAPL arah *downlink* dan MAPL arah *uplink*. MAPL merupakan nilai maksimum dari pelemahan sinyal.

- **MAPL Downlink**

Effective Radiated Power (EIRP) ditentukan dengan mengurangkan *loss* dan

menjumlahkan gain diantara *power amplifier* dengan antenna ke dalam bentuk daya keluaran sebenarnya dari transmitter.

Persamaan dari EIRP arah *downlink* adalah sebagai berikut:^[17]

$$EIRP = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

- P_{TX} = *Transmit RF Power (dBm)*
- G_{TX} = *Transmit antenna Gain (dB)*
- L_{TX} = *Transmit RF Line Loss (dB)*

Berikutnya adalah menentukan persamaan *Sentivity Receiver (SR)*, SR ditentukan dengan menjumlahkan nilai *thermal noise, Noise figure*, dan SNR. Pada persamaan 2.2 berikut ini merupakan persamaan untuk menghitung *Sentivity Receiver*.^[17]

$$SR = kTB + NF + SNR \dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

- k = *Konstanta Boltzman (1.38 x 10⁻²⁰ mWs/K)*
- T = *Temperature (K)*
- B = *System Bandwidth (MHz)*
- NF = *Noise Figure (dB)*
- SNR = *Signal to Noise Ratio (dB)*

Setelah menebtukan EIRP maka persamaan MAPL arah *downlink* adalah sebagai berikut :

$$MAPL = EIRP - SR - L_{BV} - M_{interference} - M_{SF} \dots (2.3)$$

Keterangan:

- EIRP : *Effective Isotropic Radiated Power (dBm)*
- SR : *Sentivity Receiver (dBm)*
- L_{BV} : *Loss Body, Vehicle, Building (dB)*
- $M_{interference}$: *Interference Margin (dB)*

- M_{SF} : *Log Normal Margin (dB)*

• **MAPL Uplink**

Effective Radiated Power (EIRP) ditentukan dengan mengurangi *loss* dan menjumlahkan gain diantara *power amplifier* dengan antenna ke dalam bentuk daya keluaran sebenarnya dari transmitter.

Persamaan dari EIRP arah *uplink* adalah sebagai berikut:^[9]

$$EIRP = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} \dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- P_{TX} = *Transmit RF Power (dBm)*
- G_{TX} = *Transmit antenna Gain (dB)*
- L_{TX} = *Transmit RF Line Loss (dB)*

Berikutnya adalah menentukan persamaan *Sentivity Receiver (SR)*, SR ditentukan dengan menjumlahkan nilai *thermal noise, Noise figure*, dan SNR. Pada persamaan 2.5 berikut ini merupakan persamaan untuk menghitung *Sentivity Receiver*.^[9]

$$SR = kTB + NF + SNR \dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

- k = *Konstanta Boltzman (1.38 x 10⁻²⁰ mWs/K)*
- T = *Temperature (K)*
- B = *System Bandwidth (MHz)*
- NF = *Noise Figure (dB)*
- SNR = *Signal to Noise Ratio (dB)*

Setelah menebtukan EIRP maka persamaan MAPL arah *downlink* adalah sebagai berikut :

$$MAPL = EIRP - SR - L_{BV} - M_{interference} - M_{SF} \dots (2.6)$$

Keterangan:

- EIRP : *Effective Isotropic Radiated Power (dBm)*

- SR : *Sensitivity Receiver* (dBm)
- L_{BV} : *Loss Body, Vehicle, Building* (dB)
- M_{interference} : *Interference Margin* (dB)
- M_{SF} : *Log Normal Margin* (dB)

b. *Propagasi*

Model Propagasi diperlukan dalam perencanaan jaringan berdasarkan cakupannya, berikut ini adalah penjelasan model propagasi.

- **Cost 231^[4]**

Model propagasi cost 231 merupakan pengembangan dari model propagasi okumura hatta. Cost 231 memiliki frekuensi kerja sampai dengan 2 GHz. Persamaan propagasi cost 231 adalah sebagai berikut.

$$L_{Urban} = 46.3 - 33.9 \log f - 13.82 \log the - a(h_{re}) + (44,9 - 6,55 \log h_{te}) \log_{10} d + CM \dots \dots \dots (2.7)$$

CM = 0 db untuk ukuran medium kota dan daerah suburban

CM = 3 db untuk daerah pusat kota (metropolitan)

Pemodelan propagasi Cost 231 dibatasi oleh beberapa parameter yaitu,

- f = 1500 MHz sampai 2000 MHz
- h_{te} = 30 m sampai 200 m
- h_{re} = 1 m sampai 10 m
- d = 1 km sampai 20 km

c. *Perhitungan Jari-Jari Sel^[7]*

Terdapat beberapa hal yang berpengaruh dalam perhitungan jari-jari sel, hal tersebut adalah sebagai berikut:

- **Luas Cakupan Sel**

Luas cakupan suatu sel dapat diperoleh rumus sebagai berikut:

$$L_{cell} = 2,6 \times d^2 \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

L_{cell} : Luas cakupan *cell*
 d : radius *cell*

- **Jumlah Sel (Jumlah eNodeB)**

Jumlah sel yang dibutuhkan dapat diperoleh dari hasil bagi antara luas daerah perencanaan dengan luas cakupan suatu sel, sehingga diperoleh persamaan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\text{Jumlah eNodeB} = \text{Luas Area Perencanaan}}{\text{Luas Cakupan Sel}} \dots \dots \dots (2.9)$$

2.5.2 *Planning By Capacity^[15]*

a. *Estimasi Jumlah Pelanggan^[15]*

Estimasi jumlah pelanggan digunakan untuk menghitung perencanaan jaringan berdasarkan kapasitas. Semakin banyak jumlah pelanggan maka semakin besar kapasitas jaringan yang disediakan. Estimasi jumlah pelanggan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$U_n = U_0(1 + f_p)^n \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana,

- U_n : jumlah pelanggan tahun ke-n
- U₀ : jumlah pelanggan pada tahun perencanaan
- f_p : faktor pertumbuhan pelanggan (%)
- n : jumlah tahun prediksi

b. *Kepadatan Trafik^[18]*

kepadatan trafik pada LTE dapat dihitung menggunakan *throughput*. *Throughput* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Thp = \text{Bearer rate} \times \text{Session time} \times \text{Session duty ratio} \times \left[\frac{1}{(1-BLER)} \right] \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan:

- *Session time* : durasi per layanan
- *Session duty ratio* : data transmission ratio per session
- *BLER* : toleransi block error rate
- *Bearer rate* : application layer bit rate

Selanjutnya adalah perhitungan *single user throughput* yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini,

$$Single\ user\ throughput = \frac{[\sum(\frac{throughput}{session\ time}) \times BHSAs \times penetration\ ratio \times (1 + Peak\ Average\ Ratio)]}{3600} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan:

- *BHSA* : *Busy Hour Service Attempt*
- *Penetration ratio* : seberapa bagus layanan dapat melayani pelanggan
- *Peak average ratio* : digunakan untuk mengasumsikan prosentase kelebihan beban tertinggi pada jaringan untuk mengantisipasi lonjakan trafik di suatu area.

Kemudian adalah perhitungan *Network Throughput* yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$UL\ Network\ Throughput = total\ user\ number \times UL\ single\ user\ throughput \dots\dots\dots(2.13)$$

$$DL\ Network\ Throughput = total\ user\ number \times DL\ single\ user\ throughput \dots\dots\dots(2.14)$$

Dengan,

- Total user number : jumlah user
- *UL single user throughput* : total *throughput uplink* dari satu user pada area layanan
- *DL single user throughput* : total *throughput downlink* dari satu user pada area layanan

c. *Kapasitas Sel*^[18]

Perhitungan *capacity uplink* dan *downlink* bisa menggunakan rumus berikut ini :

$$DL\ cell\ capacity + CRC = \frac{(168-36-12) \times (Cb)}{(Cr) \times Nrb \times C \times 1000} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$UL\ cell\ capacity + CRC = \frac{(168-24) \times (Cb)}{(Cr) \times Nrb \times C \times 1000} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan,

- CRC : 24
- Cb : *Code bit*
- Cr : *Code Rate*
- Nrb : *Number of Resource Block*
- C : *Model Antenna Mimo*

Untuk menghitung jumlah *cell* digunakan rumus berikut ini :

$$Jumlah\ cell = \frac{Network\ throughput}{cell\ capacity} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dengan,

- *Network Throughput* : *throughput* jaringan
- *Cell capacity* : kapasitas sel

2.6 Software Planning ATOLL

Atoll merupakan software yang digunakan untuk membuat sebuah perencanaan jaringan seluler. Atoll dapat membuat perencanaan radio secara detail dengan fitur-fitur pendukungnya.

Atoll memiliki fitur-fitur pendukung dalam merencanakan sebuah jaringan seluler agar mendekati hasil secara realistis seperti simulasi *montecarlo* untuk menentukan status *user* dan penentuan lokasi *user* secara acak.

2.6.1 *RSRP (Reference Signal Received Power)*

RSRP merupakan kuat sinyal yang diterima *User Equipment (UE)* pada teknologi LTE. Nilai RSRP yang merupakan power sinyal *reference* yang digunakan untuk menunjukkan bagus tidaknya *coverage* jaringan pada suatu daerah.

2.6.2 *SINR (Signal to Interference Noise Ratio)*

SINR merupakan perbandingan kuat sinyal dibanding dengan sinyal interferensi dari resource yang lain. Parameter ini menunjukkan level daya minimum dimana user masih bisa melakukan suatu panggilan

2.7 *CAPEX (Capital Expenditure) dan OPEX (Operational Expenditure)*

CAPEX (Capital Expenditure) merupakan pengeluaran yang berhubungan dengan implementasi, ekspansi dan *fixed asset*. seperti infrastruktur jaringan, provisioning layanan baru atau penambahan pada layanan eksisting atau perbaikan bisnis perusahaan. *OPEX (Operational Expenditure)* merupakan pengeluaran

yang dikeluarkan untuk menjalankan bisnis atau peralatan. dengan tujuan agar layanan tetap berjalan aktif.

2.8 Net Present Value (NPV)^[19]

Net Present Value (NPV) adalah selisih antara present value dan biaya-biaya dengan nilai sekarang dan penerimaan-penerimaan kas bersih di masa yang akan datang. ^[19] Untuk menghitung nilai sekarang harus ditentukan tingkat yang relevan yang berlaku sekarang sebagaimana persamaan 2.1

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+K)^t} - I_0 \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana :

- t : jumlah tahun
- CF_t : aliran kas periode t
- I₀ : Investasi tahun ke 0
- K : tingkat suku bunga

(discount rate)

Kriteria penilaian :

1. Jika NPV > 0, maka investasi layak.
2. Jika NPV < 0, investasi tidak layak.
3. Jika NPV = 0, nilai perusahaan tetap apakah investasi dilaksanakan atau tidak.

2.9 Incremental Rate of Return (IRR)^[19]

Incremental Rate of Return (IRR) digunakan untuk mencari tingkat bunga dimana nilai sekarang dari arus kas yang diharapkan di masa mendatang atau penerimaan kas sama dengan pengeluaran investasi awal dan biaya operasional. IRR dapat dihitung dengan rumus pada persamaan 2.26 berikut ini.

$$I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana,

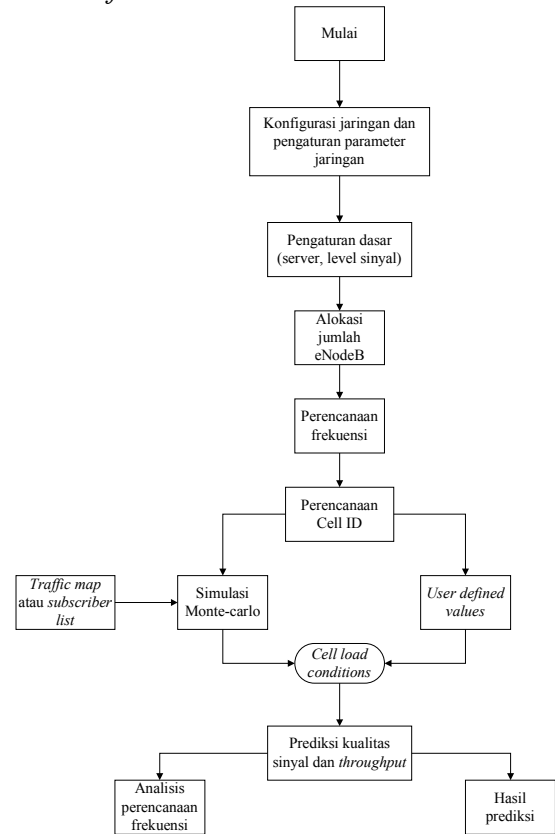
- t : tahun ke
- n : jumlah tahun
- I₀ : nilai investasi awal
- CF : arus kas bersih
- IRR : tingkat bunga yang dicari nilainya

Suatu investasi dikatakan layak jika nilai IRR lebih besar dari tingkat suku bunga yang berlaku, sebaliknya jika nilai IRR lebih kecil dari nilai suku bunga yang berlaku maka suatu investasi dikatakan tidak layak.

III. PERANCANGAN TEKNO EKONOMI

3.1 Perancangan Jaringan LTE

Blok diagram di bawah ini merupakan diagram perencanaan jaringan LTE dengan menggunakan software atoll 3.2.1.



Gambar 3.1 Diagram perencanaan jaringan LTE menggunakan Atoll.

Gambar 3.1 merupakan rancangan dalam pembuatan perencanaan jaringan LTE di Kabupaten Banyumas. Dalam perancangannya sesuai dengan diagram alur di atas, langkah pertama yang harus dilakukan adalah membuat project baru pada jendela Atoll 3.2.1. Langkah berikutnya adalah importing map, yang mana berkasnya dapat berformat .grc (clutter), .grd (elevasi), atau .shp (vektor).

Setiap sel akan berbentuk heksagonal, yang area heksagonal tersebut dituntut untuk menutupi seluruh wilayah pada peta. Setiap eNodeB diletakkan berdasarkan daerah morfologinya, eNode B 10 Mhz Urban (3 sectors) diletakkan di

daerah urban dan eNodeB 10 Mhz Suburban (3 sectors) diletakkan di daerah suburban.

Konfigurasi parameter-parameter yang dilakukan diantaranya konfigurasi propagasi menurut kelas-kelasnya beserta karakteristiknya, *frequency band* dan *transmitter*. Prediksi-prediksi yang dilakukan antara lain meliputi RS (*Reference Signal*), SINR (*Signal to Interference Noise Ratio*).

Konfigurasi yang dilakukan pada simulasi ini berupa karakteristik layanan, tipe mobilitas *user*, terminal/UE, *user profile*, *environment*, kategori UE, dan pembebebanan tiap area. Untuk karakteristik layanan disediakan hanya layanan data, karena pada LTE layanan utamanya adalah akses data.

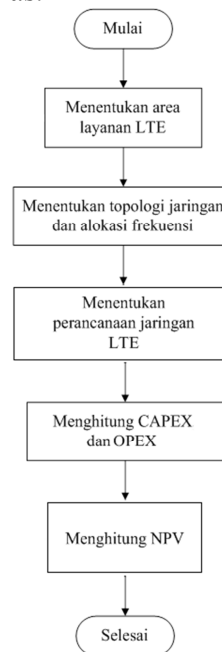
Setelah semua konfigurasi dilakukan, simulasi *Montecarlo* dapat dimulai. Atoll 3.2.1 akan menentukan titik-titik pelanggan sesuai peta trafik, dari titik tersebut ditentukanlah *best server* dan *service area*. Kemudian Atoll 3.2.1 akan menghitung SINR *downlink* dan *uplink*, setelah itu *throughput* yang didapat setiap pelanggan ditemukan.

3.2 Perancangan Perhitungan Tekno Ekonomi

3.3 Jumlah penduduk Kabupaten Banyumas berdasarkan asumsi Rencana Kerja Pemerintah Daerah Banyumas tahun 2015 sebanyak 1.635.909 orang. Jumlah penduduk ini mengalami pertumbuhan sebesar 0,72%. Untuk usia produktif Kabupaten Banyumas seperti yang sudah dihitung yaitu sebesar 1.089.306 jiwa, kelompok usia produktif yaitu antara umur 15 tahun sampai dengan 64 tahun. Kepadatan penduduk tersebar di berbagai wilayah di Kabupaten Banyumas untuk yang tertinggi di Kecamatan Purwokerto Utara sebesar 7.050 Km²/Jiwa, yang terendah di Kecamatan Lumbir sebesar 430 Km²/Jiwa dan untuk

rata-rata kepadatan penduduk di Kabupaten Banyumas yaitu sebesar 2.021 Km²/Jiwa.

Blok diagram di bawah ini menjelaskan tentang perancangan tekno ekonomi LTE di Kabupaten Banyumas.



Gambar 3.2 Diagram perancangan analisis investasi LTE.

Setelah menentukan perencanaan jaringan LTE di Kabupaten Banyumas berikutnya adalah menentukan biaya Penggelaran dan operasional jaringan LTE. Seluruh biaya yang dikeluarkan dalam proyek implementasi dapat dibagi menjadi *capital expenditure (CAPEX)* dan *operation expenditure (OPEX)*. CAPEX meliputi keseluruhan investasi untuk mengadakan perangkat dan sarana penunjang lainnya sesuai dengan jumlah eNodeB. Sedangkan OPEX merupakan biaya-biaya operasional yang dikeluarkan secara periodik (biasanya per bulan atau per tahun) untuk menjalankan aktifitas layanan, termasuk biaya-biaya sewa dan perijinan yang diperlukan.

Jika nilai sekarang bernilai positif, maka suatu proyek atau

investasi dinilai menguntungkan. Sebaliknya apabila NPV bernilai negatif maka sebaiknya proyek tidak dijalankan karena tidak menguntungkan. Jika terdapat beberapa pilihan alternatif proyek maka dipilih investasi dengan investasi tertinggi.

3.2.1 CAPEX

CAPEX dalam perancangan penggelaran teknologi LTE di Kabupaten Banyumas ini meliputi biaya perangkat eNodeB, biaya *Software/License* eNodeB & biaya instalasi eNodeB.

Biaya perangkat eNodeB berikut instalasinya diasumsikan sebesar Rp150.000.000, terdiri dari biaya perangkat eNodeB sebesar Rp140.000.000 dan Rp10.000.000 untuk biaya instalasi perangkat eNodeB-nya. Biaya ini sangat murah dikarenakan untuk perangkat LTE hanya *insert* satu modul saja tidak memerlukan perangkat tambahan lainnya. Perancangan kali ini di asumsikan 60% dana pinjaman dan 40% modal sendiri. Dalam masa pengembalian pinjaman diasumsikan bunga pinjaman sebesar 7.5% dengan masa pengembalian selama 5 tahun.

Tabel 3.1 Komponen CAPEX

Parameter	Value	satuan
Inflasi	3.35%	per tahun
eNodeB + Software / license	140,000,000	per NE
Instalasi	10,000,000	per NE
Bunga pinjaman	7.50%	per tahun
Masa pengembalian Pinjaman	5	tahun
Struktur Pendanaan		
Pinjaman	60%	
Modal Sendiri	40%	

3.2.2 OPEX

OPEX dalam perancangan ini meliputi biaya *Operational & Maintenance*, biaya Sewa *Site*, biaya *Backhaul*, biaya gaji karyawan (SDM), Sewa Listrik, biaya *Interconnection*, biaya pemasaran, *General & Administrative* & BHP frekuensi.

Biaya *operational & maintenance* diasumsikan sebesar Rp2.000.000, biaya sewa *site* diasumsikan sebesar Rp200.000.000, biaya *backhaul* sebesar Rp10.000.000 & biaya BHP frekuensi Rp20.116.000.000.

Untuk biaya SDM (Sumber Daya Manusia), *Interconnection*, *Marketing & administrasi* umum diperoleh dari data pada annual report Indosat dari tahun 2011 hingga tahun 2015. Hasil dari annual report akan dibandingkan dengan *revenue* Kabupaten Banyumas. Berikut data yang di peroleh dari annual report Indosat.

3.2.3 Cost benefit Analysis

Setelah didapat semua dasar dari penentuan nilai CAPEX & OPEX dari 5 tahun sebelum perencanaan, berikutnya menentukan asumsi depresiasi, dimana depresiasi merupakan penurunan kualitas suatu perangkat karena umur pemakaian, pada penelitian ini ditentukan asumsi depresiasi 10 tahun. Selanjutnya menghitung *cost benefit* analisis dimana tujuan akhirnya adalah menentukan nilai NPV (*Net Present Value*), IRR (*Internal Rate of Return*) & *Payback Period*.

IV. ANALISIS TEKNO EKONOMI

4.1 Perancangan Berdasarkan Kapasitas

Perhitungan kapasitas eNodeB dirancang berdasarkan distribusi SINR per MCS yang digunakan. Karena semakin tinggi skema modulasi yang digunakan maka *power* yang semakin tinggi sehingga coverage semakin dekat dengan eNodeB. Pada perancangan ini menggunakan MCS index 8.

Untuk menghitung jumlah eNodeB pada perancangan berdasarkan kapasitas parameter yang dijadikan acuan adalah *network throughput* dan *cell throughput*. Jumlah *cell* dapat dihitung dari nilai *network throughput* dibagi *cell throughput*. Setelah angka jumlah *cell* sudah di dapatkan kemudian untuk mengetahui jumlah eNodeB-nya dibagi 3 karena satu eNodeB terdiri dari 3 *cell*. Berikut hasil prediksi jumlah eNodeB yang dibutuhkan selama 15 tahun kedepan berdasarkan kapasitas.

Tabel 4.1 Jumlah eNodeB berdasarkan kapasitas disisi *uplink*

Tahun	Jumlah Cell	Jumlah e-NodeB	Jumlah eNodeB
2016	60	20.08160528	20
2017	61	20.22619284	20
2018	61	20.37182143	20
2019	62	20.51849854	21
2020	62	20.66623173	21
2021	62	20.8150286	21
2022	63	20.96489681	21
2023	63	21.11584407	21
2024	64	21.26787814	21
2025	64	21.42100687	21
2026	65	21.57523812	22
2027	65	21.73057983	22
2028	66	21.88704	22
2029	66	22.04462669	22
2030	67	22.203348	22

Tabel 4.2 Jumlah eNodeB berdasarkan kapasitas disisi *downlink*

Tahun	Jumlah Cell	Jumlah e-NodeB	Jumlah eNodeB
-------	-------------	----------------	---------------

2016	214	71.3076536	71
2017	215	71.8210687	72
2018	217	72.3381804	72
2019	219	72.8590153	73
2020	220	73.38360021	73
2021	222	73.91196213	74
2022	223	74.44412826	74
2023	225	74.98012598	75
2024	227	75.51998289	76
2025	228	76.06372676	76
2026	230	76.6113856	77
2027	231	77.16298757	77
2028	233	77.71856108	78
2029	235	78.27813472	78
2030	237	78.84173729	79

Dari tabel 4.1 & tabel 4.2 dapat dilihat bahwa untuk meng-cover berdasarkan kapsitas jumlah pelanggan dan kebutuhan penggunaan selulernya pada tahun 2016 disisi *uplink* sebanyak 20 eNodeB dan disisi *downlink* sebanyak 71 eNodeB. Penambahan jumlah eNodeB berbanding lurus dengan jumlah pelanggan yang terus meningkat di setiap tahunnya.

4.2 Perancangan Berdasarkan Area Cakupan

Perancangan berdasarkan area cakupan yaitu merupakan metode pendekatan dalam menentukan jumlah *site* agar dapat mencakup seluruh wilayah perencanaan. Dalam menentukan jumlah eNodeB diperlukan perhitungan *link budget*. Berikut *perhitungan link budget* pada perancangan penggelaran jaringan LTE di Kabupaten Banyumas.

Tabel 4.3 *Uplink link budget*

Transmitter-UE	Satuan	Nilai
Tx Power Frekuensi 1800 Mhz (15 MHz)	dBm	23
Tx Antena Gain	dB	0
Body Loss	dB	0
EIRP	dBm	23
Receiver-eNodeB		
Noise Figure	dB	2
		-
Thermal Noise	dBm	173.977 2292

SINR	dB	1.263
Bandwidth System	dB	69.5424 2509
Sensitivity Receiver	dBm	- 101.171 8041
Interference Margin	dB	1
Cable Loss	dB	0
Rx Antenna Gain	dB	18
Fast Fading Margin	dB	0
MAPL	dB	141.171 8041

Tabel 4.4 Downlink link budget

Transmitter-eNodeB	Satuan	Nilai
Tx Power Frekuensi 1800 Mhz (10 MHz)	dBm	46
Tx Antena Gain	dB	18
Cable Loss	dB	2
EIRP	dBm	62
Receiver-UE		
UE Noise Figure	dB	7
Thermal Noise	dBm	-173.977
SINR	dB	2.479
Bandwidth System	dB	69.54243
Sensitivity Receiver	dBm	-94.9558
Interference Margin	dB	4
Control Channel Overhead	dB	1
Rx Antenna Gain	dB	0
Body Loss	dB	0
MAPL	dB	151.9558

Pada nilai transmitter pada UE (*uplink*) dan transmitter eNodeB (*downlink*) diperoleh dari buku 4G handbook jilid 2. Pada bagian transmitter berisi parameter Tx Power Frekuensi, Tx antenna, body loss, cable loss dan EIRP.

Pada nilai receiver eNodeB dan receiver UE, nilai parameter noise figure, interference margin, control channel overhead, cable loss, rx antenna gain, body loss dan fast fading margin didapat dari buku 4G handbook jilid 2. Hasil MAPL digunakan untuk menghitung jari-jari cell dan jumlah eNodeB untuk meng-cover area yang direncanakan. Untuk metode propagasi yang digunakan seperti yang telah dibahas di bab 3 yaitu menggunakan metode propagasi cost 231.

Tabel 4.5 jumlah eNodeB sisi uplink

COST 231 UPLINK		Satuan
Jari - jari cell	1.08404544	Km
Luas cell	3.055401744	Km
luas wilayah	1327.59	Km

Jumlah cell	434.5058723	
	435	
Jumlah eNodeB	144.8352908	
	145	

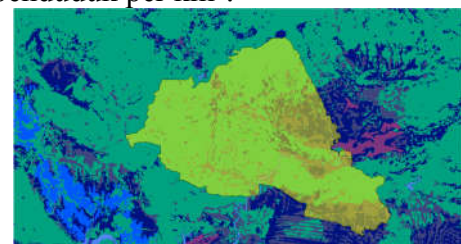
Tabel 4.6 jumlah eNodeB sisi downlink

COST 231 DOWNLINK		Satuan
Jari - jari cell	1.16925948	Km
Luas cell	3.554636104	Km
luas wilayah	1327.59	Km
Jumlah cell	373.4812682	
	373	
Jumlah eNodeB	124.4937561	
	124	

Dari tabel 4.5 & tabel 4.6 terlihat untuk perhitungan jumlah eNodeB pada sisi *uplink* adalah 145 eNodeB dan untuk hasil perhitungan jumlah eNodeB di sisi *downlink* adalah sebanyak 124 eNodeB untuk meng-cover seluruh area Kabupaten Banyumas dimana luas wilayahnya 1.327,59 Km².

4.3 Simulasi Menggunakan Atoll

Wilayah perancangan penggelaran teknologi LTE adalah di Kabupaten Banyumas. Kabupaten Banyumas terletak pada 108°39'17"-109°27'15" Bujur Timur dan 7°15'05"-7°37'10" Lintang Selatan. Luas wilayah Kabupaten Banyumas adalah 132.759 Ha atau sekitar 4,08% dari luas wilayah Jawa Tengah. Luas wilayah tersebut terbagi menjadi lahan sawah sekitar 32.292 Ha atau 24,32 %, lahan pertanian bukan sawah seluas 51.798 Ha (39,02%) dan lahan bukan pertanian seluas 48.669 Ha (36,66%).^[6] Klasifikasi wilayah di Kabupaten Banyumas diasumsikan sebagai wilayah Sub Urban dimana rata2 kepadatan wilayahnya diperoleh angka 2.021 penduduk per km².

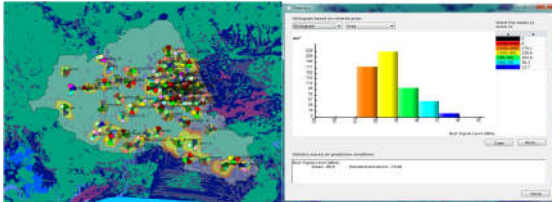


Gambar 4.1 Peta Kabupaten banyumas

Tabel 4.7 Nilai RSRP

Nilai	Keterangan
-70 dBm to – 90 dBm	Good
-91 dBm to – 110 dBm	Normal
-110 dBm to - 130 dBm	Bad

Berikut Hasil Prediksi RSRP menggunakan *software atoll* :



Gambar 4.2 Prediksi *coverage by RSRP* Kabupaten Banyumas

Pada prediksi gambar 4.2 RSRP divisualisasikan dalam mode warna yaitu warna biru menunjukkan *coverage RSRP* dalam kondisi yang paling baik atau *good RSRP*, sedangkan untuk warna Hitam merupakan kondisi *coverage RSRP* paling jelek atau *bad RSRP*. Untuk reratanya dapat dilihat pada hasil grafik histogram berikut ini :

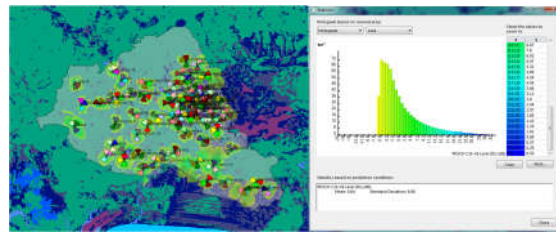
Dari hasil gambar 4.2 menunjukkan bahwa *coverage RSRP* berada di-*range* -60dBm hingga -110dBm. Hal tersebut menunjukkan hasil *coverage by RSRP* cukup bagus dimana *mean* dari hasil keseluruhan bernilai -80.9dBm.

SINR memberikan informasi berupa pada *coverage* dan *throughput* yang diharapkan. Semakin bagus SINR maka semakin bagus *throughput* yang dihasilkan pula. Berikut tabel nilai SINR :

Tabel 4.8 Nilai SINR

Nilai	Keterangan
16 dB s/d 30 dB	Good
1 dB s/d 15 dB	Normal
-10 dB s/d 0 dB	Bad

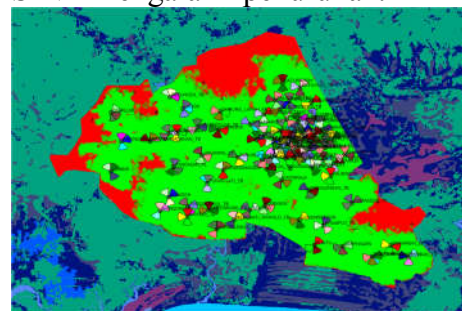
Berikut Hasil Prediksi SINR menggunakan *software atoll* :



Gambar 4.3 Prediksi *coverage by SINR* Kabupaten Banyumas

Pada gambar 4.3 menunjukkan *coverage SINR* di Kabupaten Banyumas ditandai dengan warna biru sebagai kondisi *coverage SINR* paling bagus atau *good SINR*, sedangkan untuk warna merah sebagai kondisi *coverage SINR* paling jelek atau *bad SINR*. Nilai SINR dikatakan bagus pada kondisi 16dB sampai dengan 30dB, untuk kondisi SINR normal pada kondisi 1dB sampai dengan 15dB dan untuk nilai SINR dalam kondisi jelek berada di bawah 0dB.

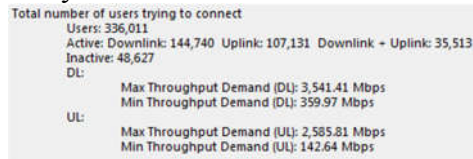
Dari hasil grafik histogram gambar 4.3 menunjukkan bahwa *coverage SINR* dalam kategori normal SINR untuk rerata secara keseluruhan dikarenakan nilai reratanya 0,64dB. SINR dipengaruhi oleh jarak *user*, semakin jauh jarak *user* maka SINR mengalami penurunan.



Gambar 4.4 prediksi trafik pelanggan Kabupaten Banyumas

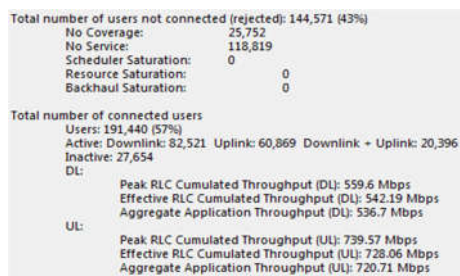
Gambar 4.4 menunjukkan kondisi pelanggan pada Kabupaten Banyumas, dimana ada 2 kondisi yaitu *not connected* dan *connected*. Pelanggan tersebut tersebar di beberapa wilayah cakupan dari area *coverage LTE* nya. Berikut hasil data statistik simulasi berdasarkan

trafik pelanggan di Kabupaten Banyumas.



Gambar 4.5 Total Seluruh pelanggan yang ter-cover

Dari gambar 4.5 menunjukkan bahwa total seluruh *user* yang melakukan aktivitas adalah 336.011 jiwa dengan detail pelanggan yang aktif melakukan *downlink* sebanyak 144.740 jiwa, pelanggan yang aktif melakukan proses *uplink* sebanyak 107.131 jiwa, pelanggan yang melakukan proses *downlink* dan *uplink* secara bersamaan sebesar 35513 jiwa dan pelanggan yang tidak melakukan aktivitas atau *idle* adalah sebesar 48627 jiwa.



Gambar 4.6 Total pelanggan *connected* & *not connected*

Dari semua pelanggan yang di simulasikan oleh *software atoll* ada pelanggan yang ter-cover oleh jaringan dan ada juga yang tidak ter-cover. Hal ini disebabkan oleh terbatasnya jarak jangkauan pada antenna di setiap site-nya. Dari gambar 4.14 dapat dilihat bahwa hasil simulasi untuk *user connected* sebanyak 191440 jiwa (57%) sedangkan untuk *user not connected* sebanyak 144571 jiwa (43%).

User not connected disebabkan oleh beberapa hal, dalam simulasi ini disebabkan karena memang tidak ter-cover oleh jaringan dan tidak mendapatkan servis atau layanan.

Untuk *user* yang tidak ter-cover oleh jaringan LTE sebanyak 25752 jiwa dan untuk *user* yang tidak mendapatkan layanan sebanyak 118819 jiwa.

User yang berhasil mendapatkan layanan atau *user connected* sebanyak 191440 jiwa. *User connected* terbagi menjadi 2 yaitu *user active* dan *user inactive*. *User* aktif merupakan *user* yang ter-cover oleh cakupan jaringan LTE dan melakukan aktivitas seluler atau dalam kata lain *dedicated*. *User inactive* ini mengindikasikan bahwa *user* ter-cover oleh jaringan LTE tetapi tidak melakukan aktivitas apapun atau dalam kata lain *idle*. *User inactive* yang didapat pada simulasi kali ini adalah sebanyak 27654 jiwa.

4.4 Cost Benefit Analysis

Selain aspek teknis pada penelitian ini juga akan membahas aspek *cost benefit* dimana ini akan saling terhubung. Aspek *cost benefit* meliputi CAPEX, OPEX & NPV. CAPEX merupakan biaya yang dikeluarkan di awal penggelaran jaringan atau investasi. OPEX merupakan biaya yang dikeluarkan selama jaringan tersebut beroperasi. Setelah diperoleh hasil dari CAPEX & OPEX untuk menghitung kelayakan penggelaran jaringan LTE di Kabupaten Banyumas dapat dihitung dengan NPV.

4.4.1 Revenue

Sebelum membahas nilai CAPEX, OPEX & NPV perlu diketahui nilai revenue pada 5 tahun sebelum perencanaan untuk menentukan nilai prediksi revenue dalam 15 tahun kedepan.



Gambar 4.7 Revenue seluruh Indonesia

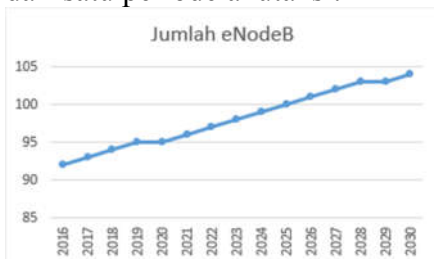


Gambar 4.8 Revenue Kabupaten Banyumas

Gambar 4.7 menunjukkan proyeksi *revenue* yang dihasilkan operator Indosat untuk seluruh Indonesia menunjukkan grafik menanjak dan memiliki pertumbuhan sebesar 1,3%. Gambar 4.8 menunjukkan *revenue* banyumas terus meningkat dari tahun 2016 hingga tahun 2030 dengan peningkatan sebesar 6,6%. Dalam perhitungan *cost benefit* memerlukan data investasi diantaranya proyeksi jumlah eNodeB & Investasi eNodeB.

4.4.2 Komponen & Proyeksi CAPEX

CAPEX terdiri dari seluruh biaya yang dikeluarkan baik biaya perangkat, biaya installasi, maupun properti yang diperlukan untuk berdirinya sistem LTE serta mempunyai manfaat yang lebih dari satu periode akuntansi.



Gambar 4.9 proyeksi Jumlah eNodeB

Gambar 4.9 menunjukkan proyeksi investasi eNodeB di tahun 2016 hingga tahun 2030

dimana investasi awal tahun 2016 sebanyak 92 eNodeB dan mengalami peningkatan hingga 12 eNodeB. Hal tersebut disebabkan proyeksi pelanggan LTE di Kabupaten Banyumas meningkat sehingga eNodeB yang dibutuhkan selalu bertambah. Jumlah eNodeB yang digelar merupakan perhitungan dengan pendekatan kapasitas.

Asumsi harga eNodeB beserta instalasinya berdasarkan hasil studi kasus di PT Sinergi Aitikom adalah Rp 150.000.000,00 dengan perincian harga eNodeB & license sebesar Rp140.000.000,00 dan Rp 10.000.000,00 untuk instalasinya. Harga tersebut asumsi bahwa perangkat LTE hanya di-*insert* ke dalam BTS *existing* operator yang terdapat sistem seluler 2G, jadi tidak memerlukan biaya yang sangat besar untuk menambah perangkat pendukung lainnya. Hasil proyeksi penambahan eNodeB dari tahun 2016 hingga tahun 2030. Investasi pada awal tahun penggelaran jaringan memerlukan biaya yang sangat besar dimana 71 eNodeB secara bersamaan digelar di Kabupaten Banyumas. Sedangkan untuk tahun-tahun berikutnya mengikuti penambahan eNodeB berdasarkan proyeksi pendekatan kapasitas yang telah dihitung.

4.4.3 Komponen & Proyeksi OPEX

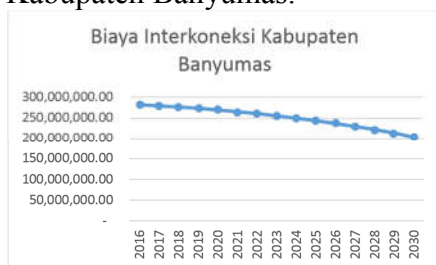
Biaya OPEX ditentukan dari asumsi dan proyeksi berdasarkan annual report operator Indosat dari tahun 2011 hingga tahun 2015. Beberapa parameter yang menggunakan asumsi antara lain Operational Maintenance & Sewa Backhaul. Sedangkan yang diproyeksikan menggunakan annual report Indosat antara lain biaya SDM, biaya Interconnection, Marketing dan administrasi umum. BHP

frekuensi diperoleh dari buku publikasi kominfo. Berikut grafik hasil proyeksi tahun 2016 hingga tahun 2030 berdasarkan annual report operator indosat.



Gambar 4.10 Proyeksi SDM Kabupaten Banyumas

Biaya SDM ini di dapat dari proyeksi annual report operator indosat. Prediksi kenaikan per tahun untuk biaya SDM di kabupaten bayumas sebesar 7,18%. Biaya SDM yang dimaksudkan dalam hal ini adalah biaya gaji dari seluruh karyawan yang bekerja di wilayah Kabupaten Banyumas.



Gambar 4.11 Biaya Interkoneksi Kabupaten Banyumas

Biaya interkoneksi terlihat menurun untuk setiap tahunnya dikarenakan penggunaan jaringan seluler antar sesama operator lebih mendominasi dibandingkan dengan lintas operator. penurunan di kabupaten banyumas memiliki rata-rata 6.12% per tahun.



Gambar 4.12 Biaya Pemasaran Kabupaten Banyumas

Biaya Pemasaran untuk kabupaten banyumas diprediksi

akan selalu meningkat untuk setiap tahunnya sebesar rata-rata 4.86% per tahun. Biaya pemasaran merupakan biaya yang dibebankan untuk memasarkan produk kepada konsumen.



Gambar 4.13 Biaya Administrasi Umum

Biaya administrasi umum pada Kabupaten Banyumas juga mengalami kenaikan sebesar rata-rata 3,44%. Biaya administrasi umum itu sendiri merupakan biaya-biaya yang mengkoordinasikan kegiatan-kegiatan produksi dan pemasaran produk.



Gambar 4.14 Biaya *Operational & Maintenance*

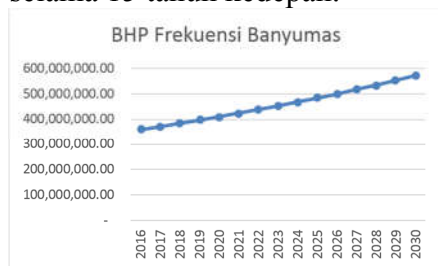
Biaya *operational & maintenance* diasumsikan untuk satu bulannya sebesar Rp 1.800.000,00. Dari gambar 4.23 di atas dapat terlihat bahwa biaya *operational & maintenance* terus bertambah, hal ini disebabkan oleh inflasi sebesar 3.35%, maka biaya *operational & maintenance* akan naik sebesar 3.35% setiap tahunnya.

Biaya Hak Pemakaian Frekuensi berlaku untuk skala nasional dimana nilai BHP untuk skala nasional adalah Rp 20.116.000.000,-/Mhz selama satu tahun pemakaian. Sehingga jika di proyeksikan untuk Kabupaten Banyumas maka

diperlukan penyesuaian dengan perbandingan jumlah pelanggan seluruh Indonesia dengan jumlah pelanggan Kabupaten Banyumas dimana didapat nilai pelanggan Kabupaten Banyumas sebesar 0,17% dari jumlah keseluruhan pelanggan. Frekuensi yang digunakan dalam perancangan kali ini adalah 10Mhz maka :

$$\begin{aligned}
 &BHP \text{ Banyumas} = \\
 &(Rp \ 20.116.000.000 * 10Mhz) * \left(\frac{0,17}{100}\right) \\
 &= Rp \ 360.111.065, -
 \end{aligned}$$

Berikut Hasil proyeksi untuk BHP Frekuensi Banyumas selama 15 tahun kedepan.



Gambar 4.15 BHP Frekuensi Banyumas

Dari gambar 4.15 menunjukkan kenaikan biaya sewa frekuensi 10MHz mengikuti inflasi sebesar 3.35% per tahun. Selain BHP masih ada biaya sewa site. Dalam biaya sewa site diasumsikan 80% site milik sendiri dan 20% sewa ke Tower Provider. Berikut hasil perhitungan proyeksi biaya sewa site dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2030.



Gambar 4.16 Biaya Sewa Site

Biaya Sewa site lebih konstan dikarenakan penambahan jumlah eNodeB tidak terlalu signifikan. Biaya sewa site naik di tahun 2023 dimana di tahun tersebut eNodeB bertambah menjadi 19 eNodeB dimana pada

awal perencanaan ditahun 2016 adalah 18 eNodeB.

4.4.4 Analisis Kelayakan Investasi

Analisis kelayakan investasi dapat dilihat dari hasil NPV & IRR *cash flow* yang dihasilkan. Apabila $NPV > 0$ maka proyek layak, $NPV = 0$ berarti perusahaan tidak mengalami keuntungan maupun kerugian $NPV < 0$ maka perusahaan tidak layak. IRR merupakan indikator tingkat efisiensi dari suatu investasi. Suatu proyek layak apabila laju pengembaliannya (*rate of return*) lebih besar dari laju pengembalian. Sebelum menentukan NPV & IRR *cashflow* diperlukan asumsi finansial berupa parameter yang akan dijelaskan pada tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4.9 Asumsi Finansial

Parameter	Value	satuan
Inflasi	3.35%	per tahun
eNodeB + Software / license	140,000,000	per NE
Instalasi	10,000,000	per NE
O & M	1,800,000.00	per bulan per NE
Backhaul (Transport)	10,000.00	per Mbps, per site 100Mbps
Sewa Site	150,000,000.00	per tahun
SDM	Annual Repport	Proyeksi tahunan
Interconnection	Annual Repport	Proyeksi tahunan
Marketing	Annual Repport	Proyeksi tahunan
General & Administrative	Annual Repport	Proyeksi tahunan
BHP frekuensi	20,116,000,000.00	Rupiah/Mhz Per tahun
Umur Depresiasi	10	Tahun
Bunga pinjaman	7.50%	per tahun
Masa pengembalian Pinjaman	5	tahun
Struktur Pendanaan		
Pinjaman	60%	
Modal Sendiri	40%	
Return on Equity	20%	
WACC	12.5%	
Tax	25%	

Dari tabel 4.9 dapat dijelaskan bahwa dalam penelitian ini bunga yang menjadi acuan adalah 7.5% per tahun untuk masa pengembalian hutang selama 5 tahun. Setelah didapat hasil dari proyeksi setiap parameter tersebut maka dapat diketahui nilai NPV & IRR yaitu:

Tabel 4.10 *Cost Benefit Analysis*

<i>cost benefit analysis</i>	<i>value</i>
NPV	-9,603,625,283.90
IRR	-7.98%

Dari hasil penelitian ini nilai NPV yang di dapat adalah Rp - 9.603.625.283,90 , hal tersebut menunjukkan bahwa jaringan LTE dengan asumsi dan perhitungan proyeksi selama 15 tahun kedepan masih tidak layak dikarenakan nilai NPV < 0. Dilihat dari nilai IRR yaitu sebesar -7.98%, hal tersebut menunjukkan bahwa dalam penggelaran jaringan LTE di Kabupaten Banyumas masih tidak efisien finansial.

Penggelaran jaringan LTE di Kabupaten Banyumas dianggap tidak layak dikarenakan oleh beberapa faktor diantaranya jumlah pelanggan LTE di Kabupaten Banyumas masih terlalu sedikit, tingginya biaya sewa site dan nilai ARPU yang masih terlalu rendah.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Stallings, William.2007. *"Komunikasi & Jaringan Nirkabel jilid 2"*. Erlangga. Jakarta.

[2] UU Telekomunikasi nomor 36 Tahun 1999.

[3] Ardiyamto, Rudi. 2012. *"Analisa Tekno Ekonomi Teknologi Jaringan LTE Berbasis FDD-TDD"*. Laporan Tesis. Bandung : Institute Teknologi Bandung.

[4] Hikmaturokhman, Alfin. 2014. *"4G*

Handbook Edisi Bahasa Indonesia" Nulis Buku : Jakarta Selatan.

[5] Wardhana, Lingga. 2011. *"2G/4G RF Planning and Optimization for Consult"*. Nulis Buku : Jakarta Selatan.

[6] Banyumas Government. 2014. *"Rencana Kerja Pemerintah Daerah (RKPD) Kabupaten Banyumas Tahun 2015"* Kabupaten Banyumas.

[7] Riyansyah, Deris. 2010. *"Analisa Kelayakan Migrasi BTS 3G Berbasis WCDMA Menuju Jaringan LTE di DKI Jakarta (Studi Kasus : PT Telkomsel)"* Laporan Tesis. Jakarta : Universitas Indonesia.

[8] Kusnendar, Jajang. 2010. *"Multiplexing"*. Diktat kuliah komunikasi data.

[9] Hikmaturokhman, Alfin, and Achmad Rizal Danisya. "4G-LTE 1800 Mhz coverage and capacity network planning using frequency reuse 1 model for rural area in Indonesia." Proceedings of the 6th International Conference on Software and Computer Applications. ACM, 2017.

[10] Nugraha, Toha Ardi, and Soo Young Shin. "Inter-Cell Interference Coordination in Heterogeneous Networks with Open Access of Small Cells." 대한전자공학회 학술대회 (2014): 446-449.

[11] Faria, Cezar. 2014. *"The Future Mobile Broadband LTE/LTE-Advanced/5G"*. Dokumen PPT, [Online] <http://www.slideshare.net/cpqd/the-future-of-mobile-broadband-lte-2014>

[12] Arifi, Ilham. 2014. *"Model Propagasi Kanal Radio Bergerak Pada GSM Frekuensi 900 MHz di Daerah Taluk Kuantan"* Laporan Tugas Akhir. Pekanbaru : Universitas Islam Negri Sultan Syarif Kasim Riau.

[13] Prasetyo, Imam, Muhammad Anif, Ari Sriyanto Nugroho, Subuh Pramono, Saroni Widodo, and Sidiq S. Hidayat. "Handover Analysis of Data and VoIP Services in 802.11

- b/g/n Wireless LAN." Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science 12, no. 11 (2014): 7832-7844
- [14] Yudha, Dewa Made Mahendra, Pande Ketut Sudiarta, and E. R. Ngurah Indra. "Analisis Parameter Jaringan Hsdpa Kondisi Indoor Dengan Tems Investigation Dan G-Nettrack Pro." (2016).
- [15] Usman Uke Kurniawan, Galuh Prihatmoko, dkk. 2012. "*Fundamental Teknologi Seluler LTE*". Bandung: Rekayasa Sains.
- [16] Inc Motorola. 2011. "*LTE RF Planning Guide Version:1.2*". Motorola.
- [17] Fanani, Fikri Anshory. 2016. "*Analisa Perencanaan Jaringan LTE (Long Term Evolution) FDD Frekuensi 900 Mhz dan 1800 Mhz Di Area Yogyakarta*". Laporan Skripsi. Purwokerto: Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom
- [18] Mobile Com Laboratory. "*Carrier Aggregation Strategy for LTE-Advanced Radio Network Planning*". Bandung: Universitas Telkom
- [19] Pramitasari, Dyah Ayu. 2008. "*Perencanaan dan analisis tekno ekonomi softswitch. Studi kasus HCPT di area Kalimantan*". Laporan Tesis. Jakarta : Universitas Indonesia.