



Perbandingan Biaya Jaringan dan Kelayakan Teknologi LTE pada Frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, dan 2300 MHz untuk Mendukung Rencana Pita Lebar di Indonesia

Comparison of Network Cost and Feasibility of LTE Technology at 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz and 2300 MHz to Support Broadband Plan in Indonesia

Sri Ariyanti¹

¹ Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya, Perangkat, dan Penyelenggaraan Pos dan Informatika

¹ Jl. Medan Merdeka Barat No.9 Jakarta 10110, Indonesia

¹ e-mail: sriariyanti07@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Diterima 24 Januari 2019

Direvisi 20 Maret 2019

Disetujui 25 Maret 2019

Keywords:

Cost

LTE

Frequency

Kata kunci :

Biaya

LTE

Frekuensi

ABSTRACT

This study aims to compare the cost of developing LTE technology at 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, and 2300 MHz frequencies. In addition, cost-benefit analysis is carried out to find the feasibility of LTE technology business at those frequencies. This study uses a quantitative approach by conducting link budget and capacity dimensioning to obtain the number of cellular infrastructures. This study identifies and calculates cost and revenue for conducting cost-benefit analysis (CBA). The result shows that the most significant operational cost of LTE network development is BHP frequency (frequency license fee,) followed by site leasing cost. The most significant cost of LTE planning development from those frequencies is at 2100 MHz, because the frequency license fee of that frequency is the most expensive one among the other frequencies. The frequency of 2300 MHz is the most feasible frequency to use, since the frequency 2300 MHz license fee is the cheapest one among the other frequencies. According to the calculation result, LTE development at those frequencies is feasible, with the largest internal rate of return (IRR) is in the frequency of 2300 MHz.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan membandingkan besarnya biaya penyelenggaraan teknologi LTE pada pita frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, dan 2300 MHz. Selain itu, dilakukan *cost benefit analysis* untuk melihat kelayakan bisnis teknologi LTE pada frekuensi tersebut. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan melakukan perhitungan *link budget* dan *capacity dimensioning* untuk memperoleh jumlah infrastruktur yang dibutuhkan, serta melakukan perhitungan biaya dan pendapatan untuk dilakukan *cost benefit analysis* (CBA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembiayaan operasional terbesar pada pembangunan jaringan LTE adalah BHP, kemudian disusul dengan harga sewa *site*. Biaya terbesar ada pada penggunaan pita frekuensi 2100 MHz dikarenakan BHP pita tersebut paling tinggi dibanding dengan frekuensi lainnya. Dari keempat frekuensi tersebut, frekuensi 2300 MHz paling layak digunakan, karena nilai BHP yang paling rendah dibanding frekuensi yang lain. Berdasarkan hasil perhitungan, pembangunan jaringan LTE pada keempat frekuensi tersebut layak dilakukan, dengan *internal rate of return* (IRR) terbesar pada pita frekuensi 2300 MHz.

1. Pendahuluan

Tujuan pelaksanaan rencana *broadband* nasional sesuai dengan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2014 tentang Rencana Pita Lebar Indonesia 2014–2019 yaitu akses internet dengan jaminan

konektivitas yang selalu tersambung, terjamin ketahanan dan keamanan informasinya, serta memiliki kemampuan *triple-delay* dengan kecepatan minimal 2 Mbps untuk akses tetap dan 1 Mbps untuk akses bergerak (Perpres, 2014). *National broadband plan* di Indonesia didasari oleh ASEAN *Masterplan on Connectivity*, di mana target ICT pada tahun 2015 antara lain: pembangunan *broadband*; dan percepatan pengeluaran internet *broadband* (ASEAN, 2013). Sedangkan *broadband commission* menurut ITU dan UNESCO, target tahun 2019 meliputi (Kominfo, 2014):

- Semua negara harus sudah memiliki rencana pembangunan *broadband* atau strategi untuk memasukkan *broadband* sebagai bagian dari *universal access*;
- 40% rumah tangga terjangkau layanan *broadband*;
- Harga layanan *broadband* harus terjangkau (*affordable*), yaitu kurang dari 5% pendapatan bulanan;
- Pengguna internet di negara berkembang mencapai 50%.

Teknologi seluler memberikan kemudahan dan fleksibilitas kepada pelanggan dibanding teknologi *Fixed Wireless Access* (FWA), sehingga jumlah pelanggan seluler jauh lebih besar dibanding dengan FWA. Semakin sedikitnya jumlah pelanggan FWA menyebabkan operator FWA tidak beroperasi. Seiring dengan meningkatnya jumlah pelanggan seluler, operator seluler juga menambah pembangunan BTS (*Base Transceiver Stations*). Berdasarkan data Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2014, jumlah BTS terbanyak dimiliki oleh Telkomsel, dikarenakan jumlah pelanggan Telkomsel paling banyak di antara operator seluler lainnya. Meskipun jumlah pelanggan seluler dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, namun *Average Revenue per User* (ARPU) atau Rata-rata Pendapatan per Pemakai operator seluler cenderung menurun, dikarenakan persaingan yang cukup ketat antaroperator. Data laporan keuangan memperlihatkan bahwa beberapa operator seluler mengalami kerugian karena penurunan ARPU dari tahun ke tahun, sementara biaya pembangunan infrastruktur jaringan semakin meningkat (Miral, 2014).

Sebelum dilakukan pembangunan infrastruktur *broadband* yang mendukung rencana pita lebar nasional, perlu dilakukan studi kelayakan bisnis pembangunan jaringan *broadband*, terutama jaringan teknologi LTE. Beberapa kajian mengenai kelayakan teknologi LTE di antaranya oleh (Ariyanti & Perdana, 2015), membahas mengenai kelayakan LTE pada pita frekuensi 1800 MHz. Ovando juga mengevaluasi kelayakan LTE pada frekuensi 800 MHz di daerah rural di India (Ovando, Pérez, & Moral, 2015). Evaluasi perbandingan kelayakan LTE di pita frekuensi di bawah 1 GHz, 1–2 GHz, dan 2–3 GHz juga dilakukan oleh (Jha & Saha, 2017) untuk melihat perbandingan kelayakan bisnis LTE di India pada frekuensi tersebut. Selain itu, FCC juga melakukan kajian pembangunan LTE pada pita frekuensi 700 MHz, dan mengasumsikan 10 MHz untuk keselamatan publik, dan yang lainnya untuk komersial (Omnibus Broadband Initiative, 2010).

Teknologi LTE di Indonesia digunakan pada pita frekuensi 450 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, dan 2300 MHz. Sesuai dengan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika No. 12 Tahun 2017, pita frekuensi 450 MHz, 900 MHz, 2,1 GHz, dan 2,3 GHz digunakan untuk penyelenggaraan jaringan bergerak seluler dengan menggunakan teknologi netral (Menkominfo, 2017). Penggunaan pita frekuensi 1800 MHz untuk penyelenggaraan jaringan bergerak seluler juga diatur dalam Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika No. 19 Tahun 2015 (Menkominfo, 2015).

Saat ini, belum ada kajian mengenai perbandingan besarnya biaya penyelenggaraan teknologi LTE untuk tiap frekuensi yang digunakan di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini menganalisis perbandingan besarnya biaya pembangunan dan kelayakan bisnis teknologi LTE untuk frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz dan 2300 MHz di Indonesia.

Pada saat teknologi 4G LTE di Indonesia baru diimplementasikan, beberapa negara di kawasan Asia Pasifik seperti Korea (Lee, 2018), Jepang (Kishimoto, 2018), dan China (Liu, Shi, Wang, & Li, 2017) telah mengembangkan teknologi 5G, dan akan mengeluarkan standarnya pada tahun 2020. Teknologi 5G berguna

untuk mengantisipasi kenaikan *traffic* data yang melonjak dari tahun ke tahun serta menawarkan layanan yang lebih beragam dibanding dengan teknologi sebelumnya.

Meskipun posisi Indonesia saat ini sebagai konsumen teknologi seluler, pemerintah telah mengeluarkan Keputusan Dirjen mengenai alokasi pita frekuensi untuk uji coba teknologi 5G (Dirjen SDPPI, 2018). Penggelaran teknologi 5G perlu mempertimbangkan waktu yang tepat agar memberikan keuntungan bagi semua pihak, khususnya bagi operator seluler. *Break Even Point* (BEP) dari teknologi sebelumnya harus dijadikan pertimbangan untuk membangun infrastruktur teknologi baru. Penelitian ini mengevaluasi kelayakan teknologi 4G, sehingga dapat dijadikan salah satu masukan waktu yang tepat untuk penggelaran teknologi 5G atau IMT-2020.

2. Tinjauan Pustaka

Ashutosh Jha melakukan penelitian mengenai kelayakan pembangunan jaringan LTE daerah rural di India. Pengujian tersebut menggunakan analisis tekno-ekonomi, melalui pendekatan *discounted cash flow*, dengan mempertimbangkan parameter teknis komponen jaringan LTE, kemungkinan populasi pelanggan (menggunakan peramalan model Bass), dan jangkauan disesuaikan dengan kapasitas layanan (menggunakan pendekatan *cell dimensioning*). Penentuan biaya pembangunan yang akan memenuhi permintaan, estimasi potensi pendapatan pelanggan, dan menghitung *break-even period* setelah diketahui *Average Revenue per User* (ARPU). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan ARPU yang terjangkau oleh penduduk pedesaan, LTE layak diterapkan di daerah rural India (Jha, 2015).

Ashutosh Jha dan Debashis Saha kembali melakukan analisis tekno-ekonomi dengan melakukan evaluasi perbandingan pembangunan jaringan LTE menggunakan frekuensi 1 GHz, 1–2 GHz, dan 2–3 GHz. Dengan menggunakan analisis tekno-ekonomi, (Jha & Saha, 2017) memprediksi jumlah pelanggan 4G LTE, melakukan *coverage and capacity planning*, menganalisis perbandingan keuntungan melalui pendekatan *discounted cash flow* selama 20 tahun pada 22 operator telekomunikasi di India. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembangunan jaringan LTE menggunakan frekuensi 1 GHz lebih menguntungkan dibanding frekuensi yang lainnya.

Hoikkanen menganalisis ekonomi jaringan 3G LTE untuk jaringan *System Architecture Evolution* (SAE). Selain itu, juga menganalisis tekno-ekonomi operator 3G LTE dengan jaringan 3G yang dimiliki. Analisis dilakukan dengan membuat model simulasi tekno-ekonomi pada negara Eropa Barat dari tahun 2010 sampai dengan 2019 (Hoikkanen, 2007).

Ariyanti dan Perdana melakukan penelitian untuk mengetahui kelayakan teknologi LTE pada pita frekuensi 1,8 GHz dengan melakukan *cost benefit analysis* implementasi LTE pada frekuensi 1,8 GHz. Wilayah pembangunan LTE pada daerah Jakarta Selatan, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi, dan Bandung. Analisis biaya dan manfaat menggunakan empat skenario, yaitu:

- Skenario I, menggunakan *bandwidth* 10 MHz dengan pembiayaan (*service charge*) *Global Frequency Returning* (GFR)
- Skenario II, menggunakan *bandwidth* 15 MHz dengan pembiayaan (*service charge*) *Global Frequency Returning* (GFR)
- Skenario III, menggunakan *bandwidth* 10 Mhz tanpa ada pembiayaan (*service charge*) *Global Frequency Returning* (GFR)
- Skenario IV, menggunakan *bandwidth* 15 MHz tanpa pembiayaan (*service charge*) *Global Frequency Returning* (GFR)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proyek untuk skenario II dan IV layak dilakukan. Proyek tanpa GFR pada penggunaan *bandwidth* 15 MHz memberikan keuntungan sebesar 1,33% jika dibandingkan menggunakan GFR (Ariyanti & Perdana, 2015).

Analisis kelayakan *Mobile Virtual Network Operator* (MVNO) jaringan 4G LTE di Bandung dilakukan oleh Wahyudin, dkk menunjukkan bahwa pada umumnya MVNO layak diselenggarakan di Indonesia, terutama untuk membangun struktur telekomunikasi ideal dalam mengikuti perkembangan teknologi. *Reseller* MVNO di Bandung layak dengan *net present value* (NPV) senilai 2 miliar rupiah dan *internal rate of return* (IRR) sebesar 53,8%. MVNO tipe *Service Provider* dan *full* MVNO kurang layak diterapkan di kota Bandung karena kecilnya cakupan wilayah layanan dan sedikitnya pelanggan, sehingga tidak menutupi biaya bisnis yang tinggi (Wahyudin, Amalia, & Lindra, 2017).

Penelitian (Ovando et al., 2015) mengevaluasi kelayakan operator LTE untuk menyediakan layanan di daerah rural di Spanyol. Ovando, dkk melakukan pengujian tekno-ekonomi pada skenario kompetisi infrastruktur. Metode *discounted cash flow* digunakan untuk menentukan total biaya pembangunan dan ARPU minimal yang diperlukan untuk menutupi estimasi biaya pada kedua pendekatan, yaitu *passive network sharing* dan *non-sharing*. Di samping itu, tiga skenario permintaan yang dipertimbangkan tergantung pada penetrasi *broadband* di Spanyol pada tahun 2020. Operator seluler berkewajiban memberikan layanan yang menjangkau 90% dari kota dengan penduduk kurang dari 5.000 jiwa, daerah pedesaan dengan populasi kurang dari 0,7% tidak termasuk dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa permintaan sangat sensitif terhadap harga, dan dengan adanya produk *broadband* lain, memaksa operator untuk menurunkan ARPU. Oleh karena itu, hanya operator yang memiliki rasio tinggi yang dapat melakukan pembangunan yang layak. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa *passive network sharing* tidak menjadi solusi, namun pembangunan jaringan tunggal dapat menjadi solusi masalah di daerah pedesaan.

Penelitian *Analysis of the Impact of TD-LTE on Mobile Broadband* memberikan hasil analisis tekno-ekonomi terhadap sistem TD-LTE, dengan menghubungkan karakter teknologi terhadap peluang pasar dan strategi implementasi. Studi kelayakan menunjukkan bahwa TD-LTE memungkinkan adanya beragam skenario penyebaran jaringan, termasuk solusi jaringan terintegrasi dengan jaringan yang ada, dan solusi jaringan konvergen dengan LTE FDD. Analisis biaya untuk mengetahui *sharing* infrastruktur *site* bermanfaat bagi pengurangan biaya selama peluncuran tingkat nasional, terutama ketika volume *traffic* meningkat. Menggunakan kembali cakupan dan kapasitas jaringan yang ada, sebagian besar efektif dalam tahap awal, dan langkah penyebaran TD-LTE harus sesuai dengan prediksi data pada jaringan aktif. Untuk skenario *indoor*, TD-LTE Femto bisa menjadi alternatif biaya yang efektif untuk akses pita lebar bergerak, namun memiliki keterbatasan jumlah koneksi bersamaan untuk setiap *femtocell*. Hasil analisis memperlihatkan bahwa ketersediaan sumber daya spektrum merupakan hal yang paling penting untuk adopsi teknologi TD-LTE, dan pertumbuhan yang berkelanjutan dari bisnis TD-LTE bergantung pada strategi diferensiasi layanan dan aplikasi (Chen, 2013).

3. Metode Penelitian

3.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif untuk memperoleh jumlah infrastruktur, biaya, serta kelayakan pembangunan jaringan teknologi LTE pada frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, dan 2300 MHz.

3.2. Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian di Jakarta Selatan, Denpasar, Semarang, Palembang, Pontianak, dan Gorontalo. Lokasi dipilih dengan pertimbangan wilayah tersebut mewakili kota besar, sedang, dan kecil. Klasifikasi kota besar, sedang, dan kecil berdasarkan kepadatan penduduk sesuai dengan klasifikasi dari (Marcus et al., 2010), yaitu:

- Kota besar, dengan kepadatan penduduk lebih dari 6.500 penduduk/km²
- Kota sedang, dengan kepadatan penduduk 300–6.500 penduduk/km²
- Kota kecil, dengan kepadatan penduduk kurang dari 300 penduduk/km²

Berdasarkan klasifikasi tersebut di atas, maka untuk kota besar yaitu Jakarta Selatan dan Denpasar. Kota sedang yaitu Semarang dan Palembang, kota kecil yaitu Gorontalo dan Pontianak.

3.3. Teknik Pengumpulan Data

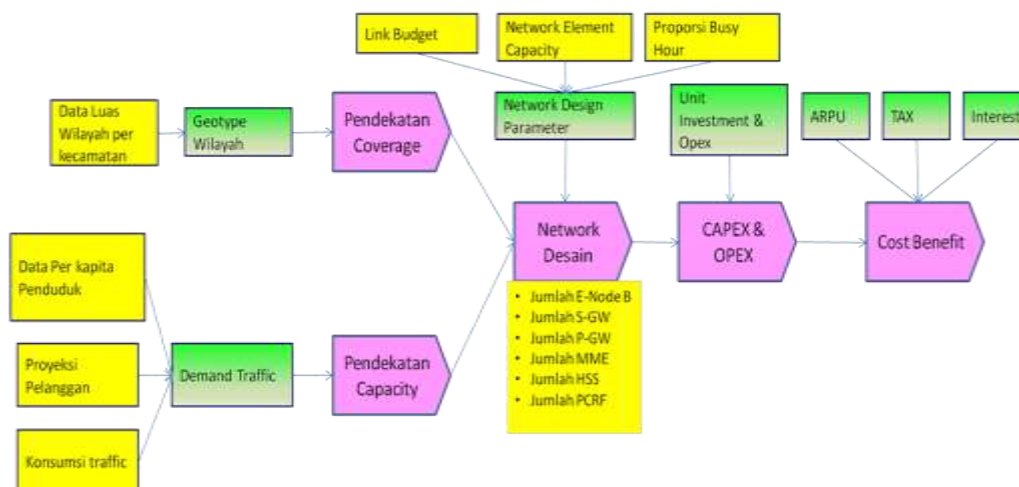
Peneliti menyusun metodologi yang sesuai dengan kaidah teknis dan lingkup kegiatan dalam rangka mencapai tujuan dan sasaran. Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

- Tinjauan pustaka dan instansional
- FGD dan *Indepth Interview*

3.4. Teknik Analisis Data

Penelitian ini memperhatikan beberapa aspek, yaitu aspek teknis dan aspek ekonomi, yang saling memiliki keterhubungan. Aspek teknis berkontribusi dalam perancangan desain jaringan, perhitungan jumlah elemen jaringan yang diperlukan dalam penggelaran LTE. Aspek ekonomi berhubungan dengan besarnya biaya investasi yang diperlukan untuk membangun jaringan LTE. Analisis data dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- **Perencanaan jaringan**
Perencanaan jaringan meliputi pendekatan *coverage* dan pendekatan *capacity*. Pendekatan *coverage* memerlukan data luas wilayah dan luas 1 *cell* layanan yang diperoleh dari perhitungan *link budget*. Data tersebut dapat digunakan untuk menghitung jumlah eNodeB yang diperlukan dalam wilayah tersebut. Pendekatan *capacity* berdasarkan pada kebutuhan *traffic* pelanggan yang dipengaruhi oleh kebutuhan *traffic* pelanggan yang dipengaruhi oleh proyeksi pelanggan, data pendapatan per kapita, serta konsumsi *traffic*.
- **Analisis *Cost-Benefit Analysis***
Cost-Benefit Analysis digunakan untuk memperoleh gambaran kebutuhan biaya serta proyeksi keuntungan yang diperoleh. Perhitungan biaya jaringan berupa *capital expenditure* (capex) dan *operational expenditure* (opex) diperoleh dari jumlah elemen yang diperlukan dan biaya investasi yang diperlukan per elemen jaringan. Adapun frekuensi yang digunakan pada penggelaran LTE pada penelitian ini yaitu frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, dan 2300 MHz. Analisis *cost-benefit* memperhatikan berbagai aspek seperti ARPU, pajak, suku bunga, dan aspek ekonomi lainnya, di mana untuk mendapatkan kelayakan penggelaran LTE dari sisi ekonomi, maka terdapat perhitungan NPV, IIR, dan *Payback period*. Model alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

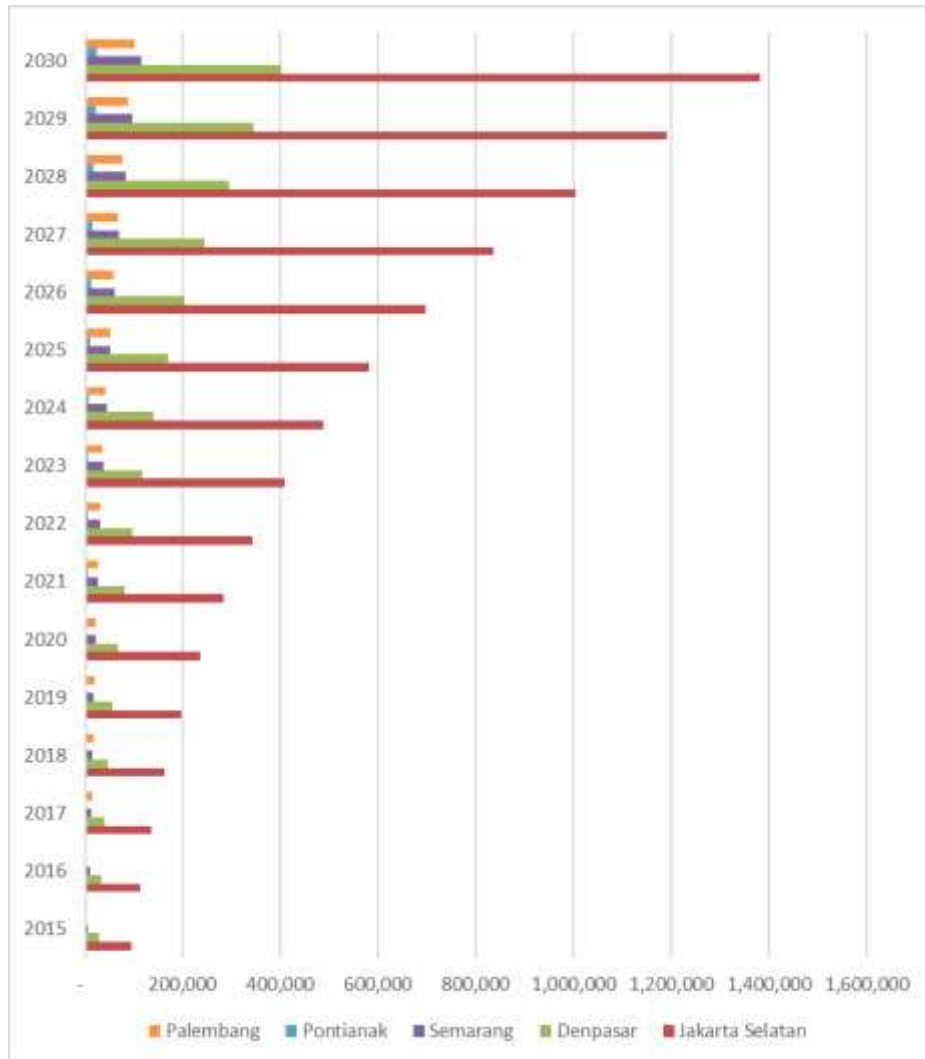


Gambar 1. Model Alur Penelitian

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1. Proyeksi Jumlah Penduduk dan Pelanggan LTE

Langkah awal dalam penentuan jumlah dan *forecasting* pelanggan adalah dengan melihat kondisi jumlah penduduk beberapa tahun sebelumnya dan membagi penduduk berdasarkan kategori pengeluaran. Data jumlah penduduk bersumber dari data Badan Pusat Statistik (BPS), di mana untuk melakukan proyeksi jumlah penduduk hingga tahun 2030 dihitung dengan menggunakan data laju pertumbuhan penduduk hingga tahun 2035 yang dipublikasikan oleh BPS. Hasil proyeksi menunjukkan bahwa jumlah penduduk terbesar berada di kota Jakarta Selatan, kemudian diikuti kota Denpasar, Semarang, Palembang, Pontianak, dan Gorontalo (Gambar 2).



Gambar 2. Proyeksi Jumlah Penduduk (Sumber: BPS diolah)

Untuk dapat menghitung jumlah pelanggan potensial, maka digunakan data jumlah penduduk per kapita. Dengan melihat histori beberapa tahun sebelumnya, pertumbuhan pelanggan per tahunnya dapat ditentukan dengan menggunakan teknik *Compound Annual Growth Rate* (CAGR). Dari data historis, dapat pula diketahui distribusi penduduk per kapita tiap tahun. Nilai distribusi ini kemudian diolah untuk mendapatkan nilai faktor koreksi yang akan mengoreksi nilai pertumbuhan/CAGR penduduk per kapita untuk *forecast*, sehingga

perkiraan atau estimasi pelanggan ke depannya dapat diketahui. Dari estimasi jumlah penduduk rata-rata, kemudian dicari jumlah potensi pelanggan berdasarkan kategori pengeluaran pada masing-masing kota.

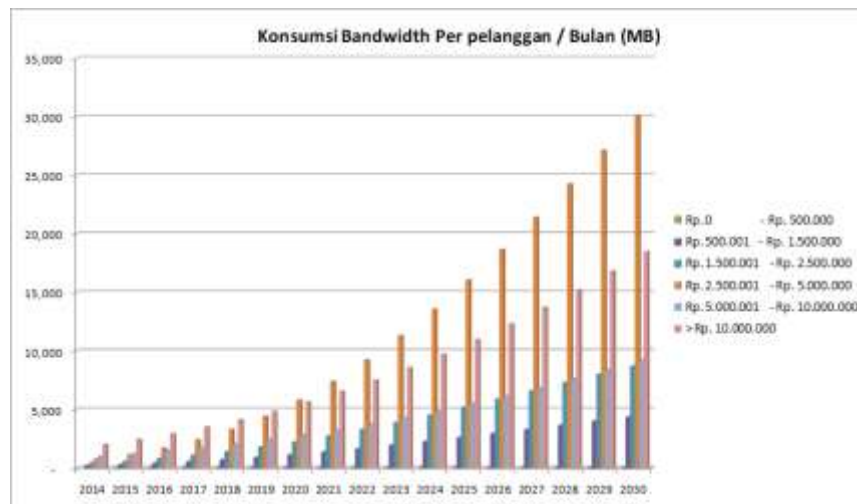
Berdasarkan hasil estimasi jumlah penduduk dan perhitungan asumsi penetrasi LTE per kapita di masing-masing kota, diperoleh total estimasi jumlah pelanggan LTE. Pada Gambar 3 terlihat bahwa kota besar seperti Jakarta Selatan dan Denpasar mengalami pertumbuhan jumlah pelanggan LTE yang signifikan, 10%–20% setiap tahunnya. Hal ini disebabkan oleh banyaknya penduduk yang memiliki pengeluaran per kapita tinggi, sehingga menjadi faktor dominan yang menyebabkan hal tersebut. Sedangkan, jumlah pelanggan LTE di kota lainnya juga mengalami pertumbuhan, walau tidak signifikan. Hal ini dipengaruhi oleh tingkat daya beli yang rendah, terutama pada wilayah kategori kota kecil.

Traffic merupakan salah satu komponen untuk menghitung *revenue* dari layanan. Nilai *traffic* akan sangat berpengaruh terhadap jumlah pelanggan dan konsumsi pelanggan. Perhitungan *demand traffic* memperhatikan beberapa faktor, yaitu: konsumsi *traffic* data pelanggan dan estimasi jumlah pengguna LTE. Faktor konsumsi *traffic* data pelanggan dipengaruhi oleh pertumbuhan *traffic* yang didorong tren penggunaan perangkat. Konsumsi *bandwidth* per pelanggan dalam satu bulan didapatkan melalui asumsi pertumbuhan penduduk. Selanjutnya, untuk menghasilkan estimasi jumlah *traffic* LTE dalam satu tahun, maka konsumsi *bandwidth* dikalikan dengan estimasi jumlah pelanggan. Untuk dapat melakukan *dimensioning*, maka *traffic* tersebut harus dikonversi menjadi *demand traffic in busy hour* dengan menggunakan asumsi-asumsi mengenai faktor konversi *busy hour*.



Gambar 3. Estimasi Pelanggan LTE

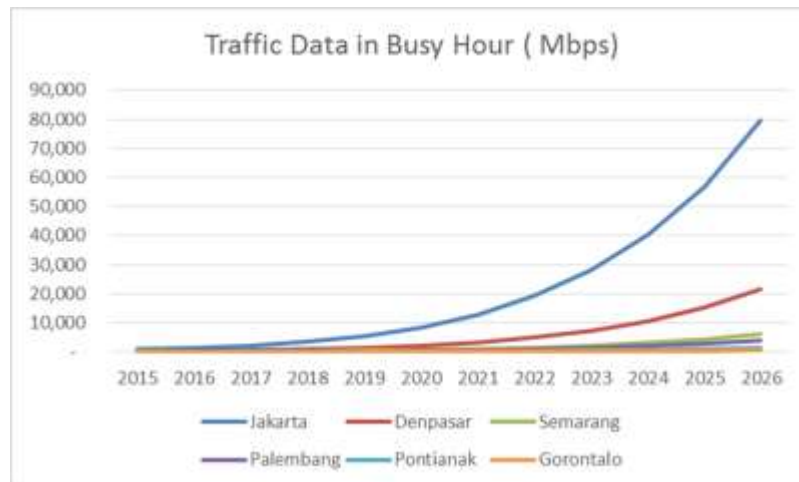
Salah satu penggerak pertumbuhan konsumsi pelanggan data adalah dari perangkat LTE yang digunakan. Berdasarkan data yang didapatkan dari Cisco, diketahui bahwa pertumbuhan *traffic* data dari *smartphone* dan tablet sangat mendominasi *traffic* hingga tahun 2019 dengan CAGR lebih dari 40%. Dengan menggunakan asumsi pertumbuhan *traffic* yang didapatkan dari Cisco, maka dapat memproyeksikan kebutuhan *traffic* hingga tahun 2030 berdasarkan per kapita pelanggan, dengan catatan bahwa semakin tinggi pengeluaran suatu pelanggan, maka kemampuan daya beli untuk menggunakan perangkat LTE semakin tinggi pula, sehingga kebutuhan *traffic* akan tinggi pula. Adapun konsumsi pelanggan ditentukan berdasarkan juga asumsi dari kategori pengeluaran rata-rata dari setiap pelanggan, seperti diilustrasikan pada Gambar 4.



(Sumber: BPS diolah, 2015)

Gambar 4. Pengeluaran Rata-Rata per Bulan

Berdasarkan hasil estimasi *traffic data busy hour*, *traffic data* terbesar berada di Jakarta Selatan, disusul Denpasar, Semarang, Palembang, Pontianak, dan Gorontalo. Estimasi *traffic* tersebut tidak terlepas dari perilaku atau kegiatan masyarakat dalam mengakses data (Gambar 5). Penduduk kota besar dengan pendapatan yang cukup banyak akan lebih banyak mengakses internet dibanding dengan daerah lain dengan pendapatan yang lebih rendah, sehingga diperkirakan *traffic data* juga akan semakin besar pada daerah kota besar.

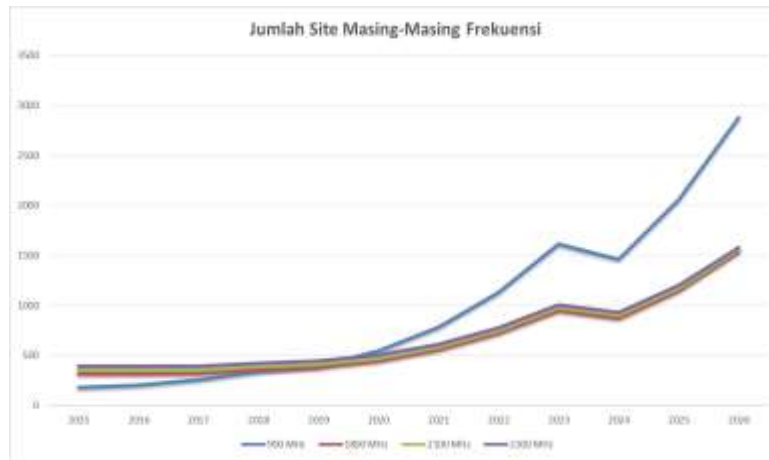


Gambar 5. Estimasi *Traffic Data* dalam Jam Sibuk

4.2. Jumlah Infrastruktur LTE

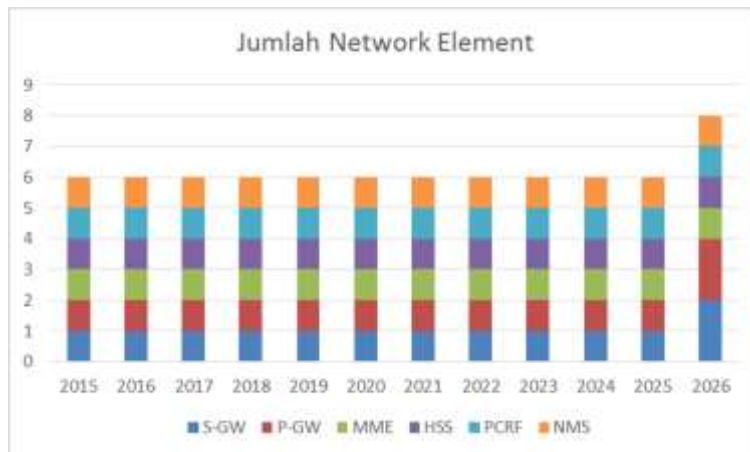
Infrastruktur LTE yang perlu dihitung dalam penelitian ini meliputi jumlah e-node B atau *site* dan elemen *core network* yang meliputi S-GW, P-GW, MME, HSS, PCRF, dan NMS. Jumlah *site* berdasarkan hasil *coverage planning* dan *capacity planning* dapat disajikan pada Gambar 6. Gambar 6 menunjukkan bahwa jumlah *site* paling banyak pada tahun pertama sampai tahun ke-6 yaitu pada penggunaan frekuensi 2300 MHz. Hal ini dikarenakan penggunaan frekuensi 2300 MHz mempunyai *coverage* paling kecil dibanding frekuensi lainnya. Namun, setelah tahun ke-6, jumlah *site* paling banyak ada pada penggunaan frekuensi 900 MHz. Hal ini dikarenakan *bandwidth* yang digunakan hanya 5 MHz, sementara jumlah pelanggan mengalami

peningkatan, sehingga operator yang menggunakan frekuensi 900 MHz perlu menambah *site*-nya agar dapat melayani penambahan jumlah pelanggan tersebut.



Gambar 6. Estimasi Jumlah *Site* yang Dibutuhkan tiap Frekuensi

Jumlah elemen *core network* diperoleh dari perhitungan kapasitas yang dimiliki oleh masing-masing elemen. Perangkat S-GW dan P-GW memiliki kapasitas hingga 1 juta *subscriber*, sedangkan MME memiliki kapasitas maksimum hingga 10 juta *subscriber*. HSS, yang merupakan perangkat yang berperan sebagai *database* pelanggan, memiliki kapasitas hingga 5 juta *subscriber*. Sedangkan perangkat NMS dan PCRF hanya dibutuhkan 1 perangkat dalam sistem LTE.



Gambar 7. Estimasi Jumlah Elemen *Core Network*

4.3. Biaya Investasi

Proyeksi *capital expenditure* (capex) diperoleh dari biaya investasi *site* maupun *elemen core network*. Berdasarkan hasil perhitungan, menunjukkan bahwa biaya investasi terbesar yaitu eNodeB, atau sekitar 66% dari biaya investasi total, kemudian disusul SGW dan PGW sebesar masing-masing 15%, MME sebesar 3% lebih, dan sisanya hampir 1% untuk biaya komponen HSS, PCRF, dan NMS. Hal ini dikarenakan perangkat SGW dan PGW memiliki kapasitas yang lebih kecil dibanding dengan MME dan HSS. Kapasitas MME lebih besar dibanding dengan kapasitas HSS. Berdasarkan Gambar 8, terlihat bahwa investasi terbesar pada tahun

pertama yaitu pembangunan jaringan menggunakan frekuensi 2300 MHz. Hal ini dikarenakan pada pita 2300 MHz membutuhkan paling banyak *site*. Namun, pada tahun kedua sampai tahun kedua belas, investasi terbesar pada penggunaan frekuensi 900 MHz. Hal ini dikarenakan *bandwidth* yang digunakan sebesar 5 MHz, sementara frekuensi yang lain menggunakan *bandwidth* sebesar 10 MHz.



Gambar 8. Biaya Investasi Pembangunan Jaringan LTE untuk tiap Frekuensi (Rp)

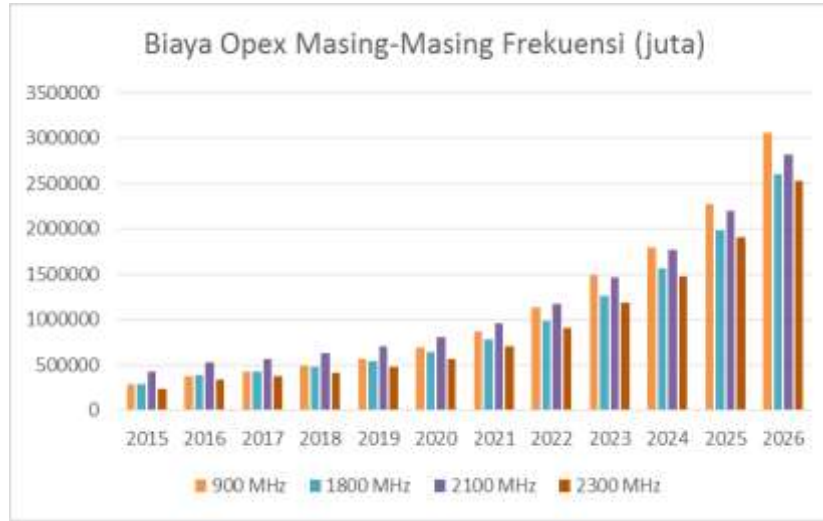
4.4. Biaya Operational Expenditure (Opex)

Biaya opex dalam penelitian ini terdiri dari biaya personel, *maintenance*, BHP frekuensi, BHP USO, BHP Telekomunikasi, sewa *tower*, sewa *backhaul*, biaya *marketing*, administrasi, dan lain-lain. Asumsi untuk perhitungan BHP frekuensi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Asumsi Perhitungan BHP Frekuensi

Parameter	Value	Satuan
Lebar Pita yang digunakan		
Band 900 MHz	5	MHz
Band 1800 MHz	10	MHz
Band 2100 MHz	10	MHz
Band 2300 MHz	10	MHz
BHP USO	1,25%	dari <i>gross revenue</i>
BHP Telekomunikasi	0,5%	dari <i>gross revenue</i>
BHP Frekuensi per MHz		
Band 900 MHz	44.402.800.000	per MHz per tahun
Band 1800 MHz	20.116.000.000	per MHz per tahun
Band 2100 MHz	32.772.000.000	per MHz per tahun
Band 2300 MHz	13.450.000.000	per MHz per tahun

Berdasarkan hasil perhitungan, biaya terbesar dari keempat frekuensi dari tahun 2015–2022 yaitu pada frekuensi 2100 MHz (Gambar 9). Hal ini dikarenakan beban BHP yang paling besar dibanding dengan pita frekuensi yang lain. Total biaya BHP untuk frekuensi 2100 MHz mencapai 37% dari keseluruhan biaya operasional. Sementara, mulai tahun 2023–2026, biaya operasional terbesar pada pembangunan LTE untuk frekuensi 900 MHz. Hal ini dikarenakan *site* yang dibutuhkan semakin banyak, sehingga biaya sewa *site* juga menjadi semakin besar pula.



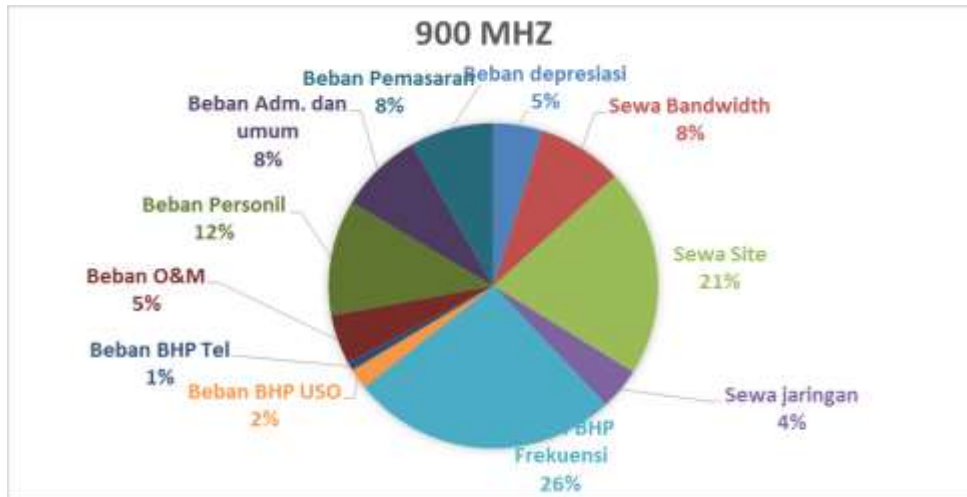
Gambar 9. Biaya *Operational Expenditure* (Opex) Frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, dan 2300 MHz

Apabila dianalisis beban biaya operasional tiap frekuensi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10, terlihat bahwa biaya operasional tertinggi pada pita frekuensi 900 MHz adalah BHP frekuensi, yaitu mencapai 26% dari total keseluruhan biaya operasional yang dikeluarkan. Kemudian disusul biaya sewa *site* sebesar 21%, beban personel 12%, dan beban yang paling kecil adalah BHP telekomunikasi. Persentase BHP frekuensi 900 MHz paling besar, dikarenakan beban BHP per MHz pada frekuensi tersebut paling besar dibandingkan dengan frekuensi yang lain, yaitu mencapai 44 miliar lebih per MHz per tahun. Beban sewa *site* terbesar setelah BHP, dikarenakan *site* yang dibutuhkan sangat besar, selain sewa *site* mahal, yaitu mencapai Rp200.000.000,- per *site*, juga memerlukan pembangunan *site* yang banyak untuk menjangkau layanan ke pelanggan.

Meskipun Beban BHP pita frekuensi 1800 MHz per MHz per tahun lebih kecil dibanding dengan BHP pita frekuensi 900 MHz, namun, apabila dilihat pada Gambar 11, persentase beban BHP pita frekuensi 1800 MHz dari keseluruhan biaya operasional mencapai 30%. Hal ini dikarenakan besarnya *bandwidth* yang digunakan pada pita frekuensi 1800 MHz sebesar 10 MHz, lebih besar dari *bandwidth* yang digunakan pada pita 900 MHz. Sama seperti pita frekuensi sebelumnya, beban terbesar setelah BHP frekuensi adalah sewa *site*.

Beban biaya operasional pada pita frekuensi 2100 MHz lebih besar dibandingkan dengan BHP pita frekuensi yang lain, yaitu mencapai 37% dari total keseluruhan biaya operasional yang digunakan. Hal ini dikarenakan BHP per MHz per tahun lebih besar dibanding pita frekuensi 1800 MHz dan 2300 MHz. *Bandwidth* yang digunakan pada pita frekuensi 2300 MHz dalam penelitian ini sebesar 10 MHz. Sama dengan pita frekuensi yang lain, biaya sewa *site* terbesar setelah BHP frekuensi. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 12.

Demikian pula untuk frekuensi 2300 MHz, Gambar 13 menunjukkan bahwa beban biaya operasional terbesar adalah BHP frekuensi. Namun, persentase biaya BHP tersebut tidak sebesar dari biaya BHP frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, dan 2100 MHz. Hal ini dikarenakan biaya BHP per MHz per tahun frekuensi 2300 MHz paling rendah dibanding frekuensi yang lainnya (900 MHz, 1800 MHz, dan 2100 MHz). Biaya sewa *site* masih terbesar kedua setelah biaya BHP. Hal ini dikarenakan seiring dengan bertambahnya jumlah pelanggan, pembangunan BTS juga akan bertambah, sehingga total biaya sewa *site* juga akan terus mengalami peningkatan.



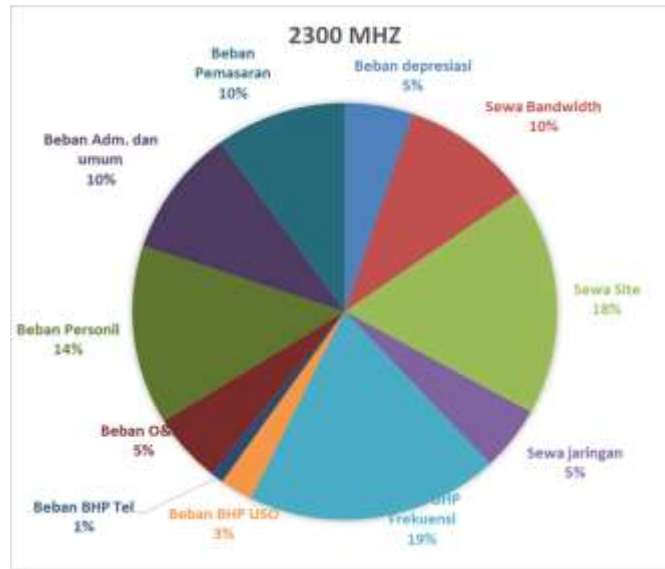
Gambar 10. Persentase Biaya Operasional pada Pita Frekuensi 900 MHz



Gambar 11. Persentase Biaya Operasional pada Pita Frekuensi 1800 MHz

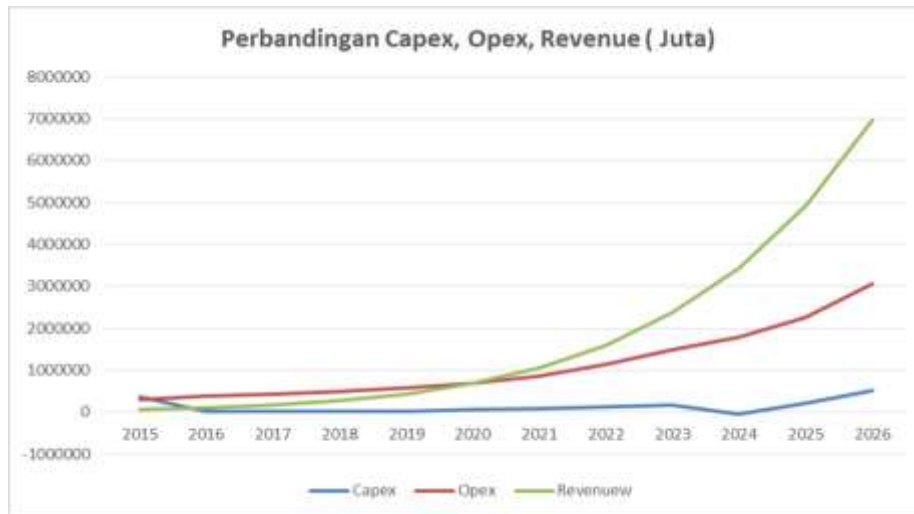


Gambar 12. Persentase Biaya Operasional pada Pita Frekuensi 2100 MHz



Gambar 13. Persentase Biaya Operasional pada Pita Frekuensi 2300 MHz

4.5. Perbandingan Capex, Opex, dan Revenue



Gambar 14. Perbandingan Biaya dan Pendapatan Pembangunan Jaringan 4G-LTE

Gambar 14 menunjukkan perbandingan biaya dan pendapatan pembangunan jaringan 4G-LTE. Biaya pembangunan jaringan 4G-LTE tentu tidak sedikit. Biaya tersebut akan meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh bahwa dalam kurun waktu lima tahun dari tahun 2015–2020, *revenue* atau pendapatan masih berada di bawah biaya operasional yang dikeluarkan. Namun, setelah tahun 2020, *revenue* mengalami peningkatan dan melebihi biaya operasional. Hal ini dikarenakan *traffic* data mengalami peningkatan yang cukup tajam setelah tahun 2020. Biaya investasi pada tahun 2024 mengalami penurunan dikarenakan adanya *update software*, sehingga kapasitas eNodeB menjadi lebih besar dibanding dengan eNodeB sebelumnya. *Update software* ini memberikan efisiensi bagi operator seluler.

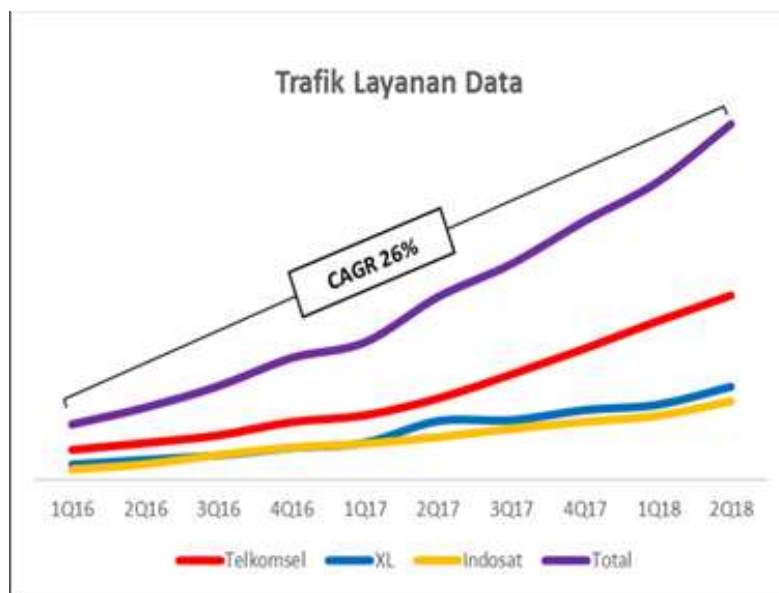
4.6. Analisis Sensitivitas

Untuk melihat kelayakan suatu bisnis perusahaan, dilakukan analisis sensitivitas menggunakan analisis NPV dan IRR. NPV merupakan selisih antara pengeluaran dan pemasukan yang telah didiskon dengan menggunakan *social opportunity cost of capital* sebagai faktor diskon. 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 apabila melakukan investasi di tempat lain (bunga deposito bank, reksadana, dan lain-lain). Dalam penelitian ini diasumsikan besarnya bunga sebesar 10% per tahun.

Tabel 2. Nilai NPV dan IRR Bisnis LTE tiap Frekuensi

Frekuensi	NPV (juta)	IRR	Payback Periode
900 MHz	Rp594.664,34	20,20%	10 Tahun 10 Bulan
1800 MHz	Rp1.101.005,73	23,04%	10 Tahun 4 Bulan
2100 MHz	Rp197.649,27	15,44%	11 Tahun 9 Bulan
2300 MHz	Rp1.512.915,67	27,31%	9 Tahun 8 Bulan

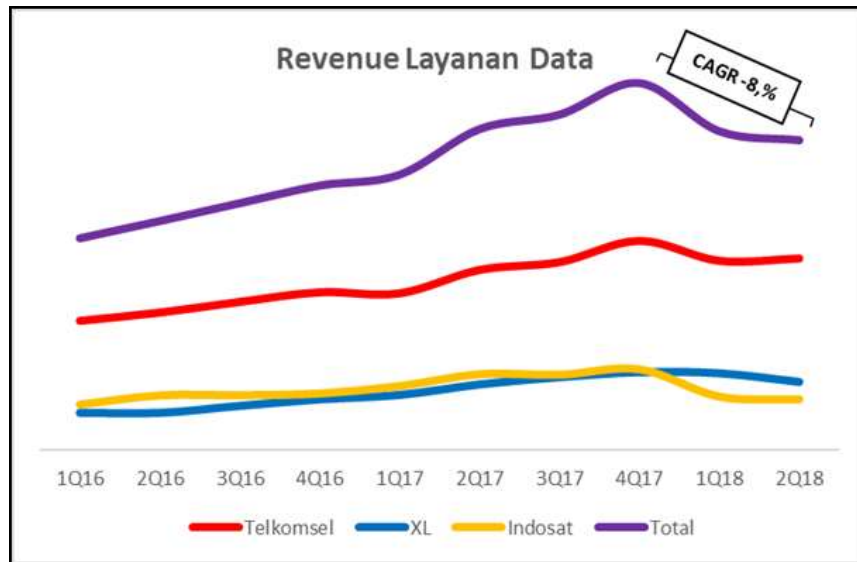
Dari hasil perhitungan, didapatkan bahwa semua skenario frekuensi dinyatakan layak untuk melakukan penggelaran dengan waktu penggelaran hingga 12 tahun. Nilai NPV penggelaran memiliki nilai 197 miliar hingga 1,5 triliun, dengan IRR berkisar antara 15% hingga 27%. Penggelaran LTE pada frekuensi 2300 MHz memiliki nilai NPV dan IRR tertinggi, hal ini dikarenakan pengaruh nilai BHP Frekuensi yang lebih rendah dibanding frekuensi lainnya. Penggelaran jaringan LTE yang membutuhkan paling lama pengembalian investasi adalah pada frekuensi 2100 MHz. Selain besarnya biaya BHP, biaya investasi pembangunan jaringan juga lebih mahal dibanding pembangunan jaringan LTE pada pita frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz.



Gambar 15. *Traffic Layanan Data* Tiga Operator Seluler Terbesar di Indonesia (Puslitbang SDPPPI, 2018)

Penerapan teknologi 4G di Indonesia dimulai pada tahun 2015. Operator seluler sudah mulai membangun jaringan teknologi LTE pada pita frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, dan 2300 MHz. Meski penggelaran teknologi tersebut belum mencapai lima tahun, sudah banyak vendor yang menawarkan teknologi 5G dengan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan teknologi sebelumnya. Pemerintah perlu mempertimbangkan waktu yang tepat untuk melelang frekuensi teknologi 5G, sehingga memberikan keuntungan bagi operator dan tidak menambah beban biaya yang lebih banyak lagi. Penambahan *traffic* yang cukup signifikan dari tahun ke tahun (disajikan pada Gambar 15) mendorong operator menambah infrastruktur agar kualitas layanan dapat terus terjaga. Penambahan infrastruktur dengan biaya yang tinggi tidak sebanding dengan pendapatan yang diperoleh operator. Pendapatan data operator cenderung tetap bahkan turun dari tahun ke tahun (Gambar 16).

Teknologi 5G menggunakan frekuensi bervariasi, dari frekuensi rendah, menengah, dan tinggi. Frekuensi kecepatan tinggi menyediakan kapasitas yang tinggi karena kesediaan *bandwidth* yang lebih besar dibanding frekuensi rendah. Kandidat frekuensi 5G di Indonesia saat ini yaitu pada frekuensi 26 GHz. Frekuensi tinggi tersebut memberikan dampak pembangunan *site* yang sangat rapat. Biaya investasi yang tinggi dibutuhkan dalam pembangunan teknologi 5G. Pembangunan teknologi 5G sebaiknya dilakukan setelah operator seluler memperoleh pengembalian investasi teknologi 4G, sehingga tidak membebani pembiayaan jaringan operator seluler.



Gambar 16. *Revenue Layanan Data* Tiga Operator Seluler Terbesar (Puslitbang SDPPPI, 2018)

5. Simpulan dan Saran

5.1. Simpulan

Pembiayaan operasional terbesar pada penggunaan frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, maupun 2300 MHz dalam pembangunan jaringan LTE yaitu BHP frekuensi, disusul sewa *site*. Berdasarkan asumsi penelitian, pembangunan jaringan LTE paling layak ketika menggunakan frekuensi 2300 MHz. Hal ini disebabkan beban BHP frekuensi paling kecil dibanding ketiga frekuensi yang lainnya (900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz). Pada penggunaan *bandwidth* yang sama, frekuensi 2100 MHz paling sedikit memperoleh keuntungan dibanding dengan penggunaan frekuensi 1800 MHz maupun 2300 MHz. Hal ini dikarenakan beban BHP yang cukup besar dan membutuhkan *site* yang lebih banyak.

5.2. Rekomendasi

Pemerintah sebaiknya mengevaluasi BHP pita frekuensi 2100 MHz, karena pada pita frekuensi tersebut membutuhkan biaya yang paling besar dibanding dengan pita frekuensi yang lainnya (1800 MHz dan 2300 MHz), sehingga operator seluler yang mempunyai lisensi pita 2100 MHz mempunyai beban yang berimbang dengan operator seluler yang tidak mempunyai pita frekuensi 2100 MHz.

Berdasarkan hasil penelitian, penggelaran jaringan LTE dinyatakan layak apabila sudah mencapai 12 tahun. Dengan demikian, pembangunan teknologi baru (teknologi 5G) sebaiknya 12 tahun setelah awal penggelaran teknologi LTE, yaitu tahun 2027. Hal tersebut untuk mempertimbangkan kondisi bisnis operator seluler.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu kajian ini, terutama kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya, Perangkat, dan Penyelenggaraan Pos dan Informatika, Badan Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Manusia, Kementerian Komunikasi dan Informatika sebagai pihak yang telah mendanai kajian ini.

Daftar Pustaka

- Ariyanti, S., & Perdana, D. (2015). Analisis Kelayakan Implementasi Teknologi LTE 1.8 GHz Bagi Operator Seluler di Indonesia. *Buletin Pos Dan Telekomunikasi*, 1(1), 63. <https://doi.org/10.17933/bpostel.2015.130105>
- ASEAN. (2013). *Master plan on ASEAN Connectivity*.
- Chen, X. (2013). *Analysis of the Impact of TD-LTE on Mobile Broadband*.
- Dirjen SDPPI. (2018). Keputusan Direktur Jenderal Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika. Jakarta.
- Jha, A. (2015). *Techno-economic assessment of the potential for LTE based 4G mobile services in rural India*. ANTS Conference, IEEE. <https://doi.org/10.1109/ANTS.2015.7413612>
- Jha, A., & Saha, D. (2017). *Communication Systems and Networks*, 10340, 284–306. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-67235-9>
- Kishimoto, J. (2018). *MIC Fifth Generation Mobile Communications System (5G) Field Trials Special Issue* (Vol. 30).
- Kominfo. (2014). Strategi Implementasi Rencana Pitalebar Indonesia (RPI) " Membumikan / down-to-earth " RPI Komitmen Global Broadband.
- Lee, P. (2018). 5G Trials and Launch Plan in Korea.
- Liu, Q., Shi, X., Wang, X., & Li, J. (2017). 5G Development in China: From Policy Strategy to User-Oriented Architecture. *Mobile Information Systems*, 2017, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2017/2358618>
- Marcus, J. S., Burns, J., Jervis, V., Wahlen, R., Carter, K. R., Philbeck, I., & Vary, P. (2010). *PPDR Spectrum Harmonisation in Germany , Europe and Globally*. Bad Honnef.
- Menkominfo. (2015). Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2015.
- Menkominfo. (2017). Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 12 tahun 2017.
- Miral, B. (2014). *Jalan Panjang Pitalebar Indonesia*.
- Omnibus Broadband Initiative. (2010). *A Broadband Network Cost Model: A Basis for Public Funding Essential to Bringing Nationwide Interoperable Communications to America's First Responders*.
- Ovando, C., Pérez, J., & Moral, A. (2015). *LTE techno-economic assessment: The case of rural areas in Spain*. *Telecommunications Policy* (Vol. 39). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2014.11.004>
- Perpres. (2014). Peraturan Presiden RI Nomor 96 tahun 2014 tentang Rencana Pitalebar Indonesia 2014–2019.
- Puslitbang SDPPPI. (2018). Analisis Industri Telekomunikasi Indonesia untuk Mendukung Efisiensi.
- Wahyudin, A., Amalia, N., & Lindra, I. (2017). Cost benefit analysis of MVNO business models for LTE 4G services in Bandung city. *Proceedings of 2017 4th International Conference on New Media Studies, CONMEDIA 2017, 2018–Janua*, 102–107. <https://doi.org/10.1109/CONMEDIA.2017.8266039>