

Artikel

Analisis Tekno-Ekonomi Pada Perencanaan Jaringan 5G New Radio Frekuensi 2300 MHz di Kota Surabaya

Faria Utami^{1*}, Hamzah Ulinuha Mustakim², dan Arrizky Ayu Faradila Purnama³

¹⁻³ Fakultas Teknik Elektro, Telkom University Surabaya, Surabaya, Indonesia

* Korespondensi : fariautmi@student.telkomuniversity.ac.id

Received: 11 Februari 2024; Revised: 15 Maret 2024; Accepted: 29 Juli 2024

Abstrak: Surabaya yakni ibu kota dari Provinsi Jawa Timur yang dikenal dengan sebutan Kota Pahlawan. Sebagai kota kedua terbesar di Indonesia, Surabaya memiliki wilayah yang luas dengan populasi penduduk yang banyak. Perencanaan jaringan 5G New Radio dengan frekuensi sebesar 2300 MHz, mencakup teknis *coverage* dan *capacity*. supaya mengetahui kelayakan perencanaan jaringan 5G New Radio di Kota Surabaya, maka guna analisis ekonominya menggunakan skala *Capital Expenditure* (CAPEX), *Operational Expenditure* (OPEX), dan *Revenue* kemudian analisis ekonominya menggunakan *Net Present Value* (NPV), IRR, ROI, *Payback Period* (PP), Gross B/C dan Net B/C. Studi ini pada perencanaan *coverage* menghasilkan 325 *site* dan pada perencanaan *capacity* menghasilkan 88 *site*. Dari temuan simulasi perencanaan *coverage* kemudian diimplementasikan optimasi agar temuan yang didapatkan sesuai dengan standar 5G. temuan dari optimasi tersebut menghasilkan 119 *site* dengan hasil SS- RSRP sebesar -56,64 dBm, SS-SINR sebesar 24,43, dan *throughput* sebesar 280,307.82 kbps, pada perencanaan *capacity* dengan menggunakan 88 *site*, hasil sinyal SS-RSRP sebesar -58,01 dBm, rata-rata sinyal SINR sebesar 24,91 dB, dan *throughput* yang dihasilkan sebesar 283,966.91 kbps. Sedangkan temuan dari analisis ekonomi investasi CAPEX diperlukan sebesar -Rp. 8.843.133.240.480, dan *revenue* yang didapat pada setiap tahun selalu mengalami peningkatan sehingga NPV yang didapatkan bernilai positif, dan IRR, ROI, Net B/C, Gross B/C serta *payback period* dari pembangunan jejaring 5G di Kota Surabaya mampu kembali modal dalam waktu 3 tahun.

Kata Kunci: 5G New Radio; Non Stand Alone; Tekno-Ekonomi

1. Pendahuluan

Surabaya sebagai Kota Pahlawan adalah ibu kota dari Provinsi Jawa Timur dengan penggunaan data internet sebesar 47,10% pada tahun 2019 [1]. Sebagai salah satu kota kedua terbesar di Indonesia, Surabaya memiliki wilayah yang luas sebesar 52.087 Hektar, dengan populasi penduduk 3.157.126 Jiwa [2]. Karena wilayah yang luas dan strategis, Surabaya dijadikan sebagai kota dagang dan pelabuhan. Dengan kemajuan yang pesat, maka teknologi di Kota Surabaya juga sangat dibutuhkan khususnya pada koneksi jaringan seluler. Salah satunya jaringan 5G, yang memiliki kecepatan lebih tinggi 20 kali lebih cepat dari jaringan generasi sebelumnya. Terdapat perbedaan antara jaringan 5G dengan jaringan-jaringan sebelumnya, seperti pada jaringan 1G. Pada jaringan 1G sinyal radio ditransmisikan secara analog sehingga jangkauan jaringan sangat terbatas. Untuk kecepatan jaringan 1G hanya mencapai 14,4 kbps. Selanjutnya ada jaringan 2G yang mulai beralih ke teknologi digital, dengan kecepatan jaringan rendah-menengah sekitar 9- 14,4 kbps, contohnya GSM dan CDMA2000. Pada jaringan 2G ini dijadikan standar komersial digital. Jaringan 3G atau biasa disebut WCDMA/UMTS memiliki kecepatan jaringan satu tingkat dari jaringan EDGE. Untuk kecepatan pada jaringan ini mencapai 480 kbps, sehingga dapat melakukan video streaming dan video calling. Sementara 4G merupakan penerus dari jaringan 3G yang memiliki kualitas jaringan yang lebih memumpuni. Untuk 5G merupakan generasi kelima dari teknologi seluler nirkabel, menawarkan kecepatan unggah dan unduh yang tinggi [3]. Sehingga pada jaringan 5G dapat memberikan kemudahan layanan khususnya pada bidang komunikasi di area perkotaan.

5G New Radio merupakan bagian dari perkembangan broadband seluler berkelanjutan untuk memenuhi persyaratan dari jaringan 5G, seperti yang dikeluarkan oleh 3rd Generation Partnership Project (3GPP) teknologi 5G dapat memberikan perubahan yang signifikan sehingga mampu mengubah peran teknologi telekomunikasi dan dapat melayani kebutuhan digitalisasi masyarakat. Terdapat tiga kategori utama *use cases* pada 5G yaitu *Massive Machine Type Communication* (MMTC), *Ultra-Reliable Low Latency Communication* (URLLC) dan *Enhanced Mobile Broadband* (EMBB) [4].

Perencanaan jaringan 5G di Surabaya dengan menggunakan model propagasi 3GPP TR38.900 dengan jenis *site Urban Macro* (UMA) dilakukan supaya mengetahui dan dapat menganalisis level sinyal yang ada di area Kota Surabaya. Karena di area Kota Surabaya banyak penghalang seperti bangunan yang tinggi dan banyak kawasan industri, maka pada penelitian ini menggunakan frekuensi 2300 MHz Selain itu, untuk analisis Tekno-ekonomi dengan menggunakan tiga unsur biaya utama seperti *Capital Expenditure* (CAPEX), *Operational Expenditure* (OPEX) dan *Revenue* Serta *Net Present Value* (NPV) membantu untuk menilai peluang keuntungan pada perencanaan jaringan 5G di kota Surabaya. Selain itu penelitian ini juga menggunakan perhitungan *Payback Period* (PP), IRR, ROI, Net B/C, Gross B/C untuk memperkirakan kelayakan perencanaan jaringan 5G *New Radio* di Kota Surabaya.

Sehingga hasil dari penelitian yang akan dilakukan nanti dapat dijadikan rekomendasi baik dari segi teknis maupun dari segi ekonomi untuk penyelenggaraan jaringan 5G *New Radio* di Kota Surabaya.

2. Bahan dan Metode

Terdapat beberapa kegiatan utama pada penelitian ini diantara nya yaitu studi literatur, pada studi literatur ini dilakukan agar peneliti dapat memahami konteks dan latar belakang dari topik yang akan diteliti, dengan meninjau beberapa literatur yang ada, peneliti dapat menemukan beberapa kekurangan pada penelitian sebelumnya. Setelah dilakukan studi literatur maka selanjutnya akan dilakukan penentuan lokasi. Setelah lokasi penelitian telah dilakukan maka selanjutnya dapat dilakukan kalkulasi data dengan mengambil beberapa data dari BPS kota penelitian. Apabila kalkulasi data telah diperoleh maka selanjutnya dapat dilakukan perencanaan *coverage* dan *capacity* yang nantinya akan menghasilkan jumlah gNodeB yang sesuai dengan kebutuhan di lokasi penelitian. Pada perencanaan penelitian ini menggunakan simulasi data dari *software planning and optimization atoll*.

Setelah perancangan sudah dilakukan dan telah mendapatkan hasil yang maksimal, maka selanjutnya akan dilakukan kalkulasi ekonomi, pada penelitian ini menggunakan 3 unsur biaya utama dalam perhitungan ekonomi diantaranya yaitu *capital expenditure*, *operational expenditure*, dan *revenue*. Selanjutnya untuk menganalisis kelayakan dari perancangan menggunakan beberapa analisis ekonomi diantaranya yaitu terdapat *net present value*, *internal rate of return*, *payback period*, *net B/C*, *gross B/C*, dan *return of investment*. Apabila kalkulasi ekonomi dan analisis ekonomi yang dilakukan sudah sesuai dengan standar kelayakan ekonomi maka selanjutnya akan dilakukan pembuatan laporan akhir.

2.1 Arsitektur 5G

Pada arsitektur 5G ini terdapat dua model arsitektur yaitu *stand alone*, dan *non stand alone*. Pada arsitektur *stand alone* merupakan arsitektur 5G layaknya yang berdiri sendiri atau tidak bergantung pada infrastruktur sebelumnya sehingga kecepatan dan kinerja yang diberikan lebih baik dari pada arsitektur *non stand alone*. Untuk menyediakan layanan 5G, teknologi yang digunakan disebut New Radio (NR) [8].

Berbeda dengan *stand alone* yang menggunakan infrastruktur mandiri, *arsitektur non stand alone* tersebut masih menggunakan infrastruktur dari layanan jaringan 4G guna mendukung layanan 5G.

2.2 Keadaan Geografis Surabaya

Surabaya yang dikenal sebagai Kota Pahlawan dan juga kota dagang memiliki letak antara 07° 9' s.d 07° 21' Lintang Selatan dan 112° 36' s.d 112° 54' Bujur Timur. Sebagai Ibu Kota dari Jawa Timur, Surabaya memiliki luas wilayah keseluruhan kurang lebih 326,81 km² yang terbagi dalam 31 Kecamatan dan 154 Kelurahan [2].

2.3 Tekno-Ekonomi

2.3.1 Coverage Planning

Coverage planning merupakan suatu perencanaan guna membangun layanan jaringan pada area tertentu, serta objek yang digunakan berupa area yang nantinya dicakup bersama jejaring tersebut. Dalam perencanaan yang nantinya diimplementasikan ada sejumlah proses kalkulasi serta perhitungan *link budget*. Adanya *coverage planning* ini bertujuan untuk menentukan frekuensi *site* sesuai dengan lokasi luas wilayah studi [4]. Perancangan jaringan secara *coverage* dapat digunakan untuk memperkirakan saat terjadi pelemahan sinyal maksimal yang terjadi anatara *user equipment* dengan gNodeB, maka dari itu dapat diketahui pada radius tertentu perangkat dapat bekerja dengan maksimal dan bisa melayani user, pada jenis pelemahan sinyal ini biasa disebut dengan *Maximal Allowable Path Loss* (MAPL). Pada MAPL ini biasa diperhitungkan secara *uplink* atau *downlink* [16]. Dengan persamaan 1.

$$\text{Path Loss (dB)} = (a - 10x \log_{10}(c) + d - e - f - g - h - i - j - k - l - m - n - o) \quad (1)$$

Keterangan :

- a : gNodeB Transmitter Power (dBm)
- b : Subcarrier Quantity
- c : gNodeB antenna gain (dBi)
- d : gNodeB cable loss (dB)
- e : Penetration loss (dB)
- f : Foliage loss (dB)
- g : Body block loss (dB)
- h : Interference margin
- i : Rain/ice margin
- j : Slow fading margin
- k : UE antenna gain
- m : UT noise figure
- n : Demodulation threshold SINR (dB)

Dalam perencanaan *coverage* perhitungan *Thermal Noise* juga di butuhkan. Sehingga dapat menggunakan persamaan rumus 2.

$$\text{Thermal Noise} = 10 \times \log_{10} K \times T \times B \quad (2)$$

Keterangan :

- K : Konstanta Boltzman ($1,38 \times 10^{-23}$)
- T : Temperature Kelvin (290°)
- B : Bandwidth (100 MHz)

Setelah didapatkan nilai *Thermal Noise*, selanjutnya menghitung nilai *Subcarrier Quantity* dengan persamaan rumus 3.

$$\text{Subcarrier Quantity} = \text{Resource Block} \times \text{Subcarrier Per Resource Block} \quad (3)$$

Untuk mencari nilai dari *cell radius* dibutuhkan jarak antara pemancar dengan penerima (d)

dan frekuensi center (fc). Sehingga persamaan rumus *cell radius* seperti 4 dibawah ini [3].

$$\text{Radius Cell } (d_{2D}) = \sqrt{(D_{3D})^2 - (h_{BS} - h_{UT})^2} \quad (4)$$

Keterangan :

h_{BS} : Tinggi antenna base station (10 m < d_{BS} < 150 meter

h_{UT} : Tinggi antenna user terminal (1,5 m ≤ h_{UT} ≤ 22,5 meter)

2.3.2 Capacity Planning

Perencanaan *Capacity planning* yakni suatu perencanaan kapasitas yang dimana merupakan suatu proses guna merencanakan kapasitas sistem supaya mampu memenuhi kebutuhan pada saat ini serta mampu memperhitungkan laju pertumbuhan ekonomi di masa depan [16]. Dengan adanya *coverage planning* dalam perancangan layanan 5G bisa menentukan banyaknya pelanggan, penetrasi pengaksesan layanan 5G pada kapasitas jaringan tersebut.

2.3.3 CAPEX

Capital expenditure atau CAPEX yakni suatu anggaran atau investasi yang merujuk pada pengeluaran kas modal agar memperoleh atau meningkatkan aset tetap. Pengeluaran CAPEX dilangsungkan guna pengadaan atau pembelian aset yang bisa digunakan dalam jangka waktu yang panjang. Capital Expenditure memberi manfaat jangka panjang untuk perusahaan dan mampu meningkatkan kapasitas penghasilan atau meminimalisir tarif bisnis, akan tetapi tidak untuk barang yang nantinya dijual dengan laba [15]. Dalam perhitungan CAPEX akan dilakukan perhitungan keseluruhan dari biaya pembangunan base station (BS Cost), Instalasi base station (BS inst), biaya pembangunan backhaul transmisi (BHL) dan biaya lisensi (SP License) yang terdapat seperti persamaan rumus 5. Dibawah:

$$CAPEX_{total} = BS_{cost} + BS_{INST} + BHL + SP_{Licence} \quad (5)$$

Keterangan :

BS_{cost} : Biaya pembangunan *Base Station*

BS_{INST} : Biaya Instalasi *Base Station*

BHL : Biaya pembangunan backhaul transmisi

$SP_{Licence}$: Biaya hak lisensi

2.3.4 OPEX

OPEX atau Operational Expenditure yakni kebutuhan belanja operasional yang dimana terdapat pengeluaran tarif operasional untuk memenuhi kebutuhan operasional serta menjaga kelangsungan perencanaan jaringan telekomunikasi agar mampu beroperasi dengan baik dalam satu periode akuntansi. Adanya belanja operasioanal (OPEX) dalam perencanaan jaringan telekomunikasi terdapat sejumlah tarif pengeluaran meliputi yang pertama terdapat beban (*cost*) yang terdiri dari tarif operasi dan perawatan, kedua beban (*cost*) administrasi dan umum, ketiga beban (*cost*) dalam hal pemasaran, keempat beban (*cost*) telekomunikasi dan tarif lainnya.

$$OPEX_{annual} = OAM_{Cost} + MA \quad (6)$$

Keterangan :

$OPEX_{annual}$: Operational Expenditure

OAM_{Cost} : Biaya operasional dan maintenance

MA : Marketing and Advertisement

2.3.5 Revenue

Revenue yakni banyaknya pendapatan yang hanya memberi manfaat dalam satu periode berjalan, sehingga pendapatan ini nantinya dikeluarkan dan tidak akan dinvestasikan akan tetapi sebagai aset tetap di neraca, serta langsung dibebankan dalam laporan untung rugi saat periode berjalan, dimana pendapatan tersebut dapat dikeluarkan. Pada *revenue* pengeluaran ditujukan untuk

biaya perbaikan dan perawatan aset tetap dalam menjaga manfaat keekonomisan pada waktu yang akan datang dan diharapkan pada sebuah perusahaan atau proyek yang sedang berjalan mampu mempertahankan standar kinerja awal atas suatu aset tetap yang diakui sebagai beban pada saat terjadi pengeluaran [20].

2.4 Analisis Ekonomi

Penelitian ini menggunakan beberapa analisis ekonomi untuk mengetahui kelayakan dari penelitian yang nantinya akan dilakukan. Penelitian ini menggunakan beberapa analisis struktur kelayakan ekonomi seperti *net present value*, *internal rate of return*, *payback period*, *profit cost ratio*, dan *gross profit cost ratio*. Dari setiap analisis ekonomi yang digunakan memiliki ketentuan kelayakan yang berbeda-beda. Pada NPV jika NPV bernilai positif maka proyek tersebut mampu diimplementasikan karena memberi keuntungan, akan tetapi jika NPV bernilai negatif maka hal itu berkebalikan dengan angka positif, NPV yang memiliki angka negatif akan merugikan dan proyek tersebut tidak mampu diimplementasikan.

Internal Rate Of Return (IRR) mampu dikatakan layak apabila angka IRR melebihi dari tingkat suku bunga yang berlaku, dan sebaliknya bila IRR lebih kecil dari angka suku bunga yang berlaku maka investasi dikatakan tidak layak.

Payback period merupakan suatu periode yang mengacu pada seberapa lama waktu modal yang diinvestasikan dalam suatu proyek yang ingin diimplementasikan mampu kembali atau seberapa lama waktu yang dibutuhkan agar dana investasi yang masuk dalam kegiatan investasi bisa didapatkan kembali dalam keadaan utuh. Semakin pendek rentan waktu pengembalian, maka suatu investasi akan semakin diminati. Sebab memiliki keuntungan modal yang lebih tinggi.

Net B/C yakni perbandingan dari frekuensi PV *net profit* yang positif dengan yang *negative*. Dengan frekuensi *present value* positif sebagai pembilang dan *negative* sebagai penyebut. Bila $\text{net B/C} > 1$, maka proyek mampu diimplementasikan, dan bila $\text{net B/C} < 1$ maka proyek tidak layak untuk diimplementasikan

Gross Profit Cost Ratio yakni perbandingan antara frekuensi present value profit dengan present value cost. Bila $\text{gross B/C} > 1$, proyek layak untuk diimplementasikan, dan bila $\text{gross B/C} < 1$ maka proyek tidak layak untuk diimplementasikan[18].

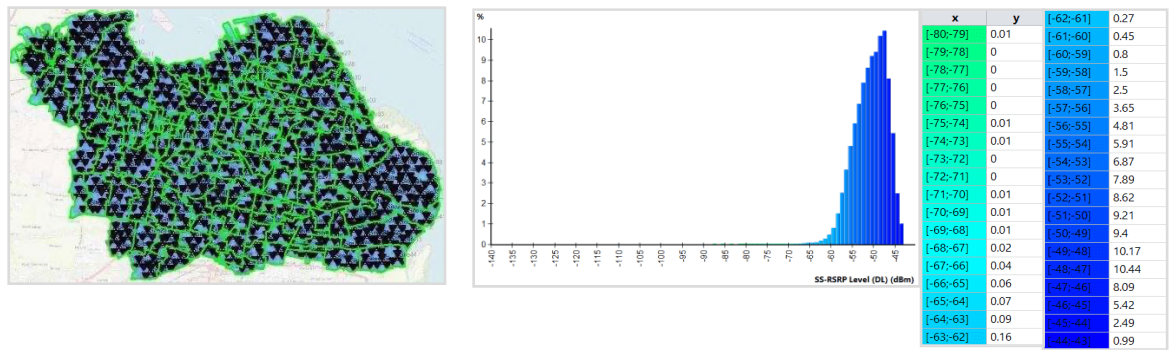
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Perancangam Coverage

A. SS-RSRP

Berdasarkan perhitungan *coverage* yang telah diimplementasikan didapatkan jumlah *site* sebanyak 325 *site* dengan menggunakan propagasi *Urban Macro* dan parameter yang digunakan sesuai dengan 3GPP TR.38.900 untuk temuan simulasi *coverage signal level* SS- RSRP ditunjukkan layaknya gambar 2.

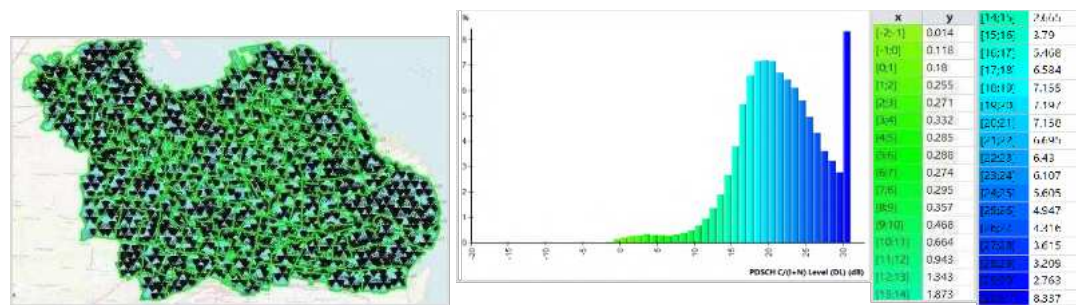
Berdasarkan hasil simulasi perencanaan *coverage* yang telah diimplementasikan. Didapatkan angka rata-rata SS-RSRP -50,73 dBm berdasarkan klasifikasi dari ketentuan tabel parameter SS-RSRP menunjukkan bahwasanya perencanaan *coverage* di Kota Surabaya termasuk kedalam klasifikasi *excellent*, dengan level sinyal tertinggi nya yakni -43 dBm seluas 0,99% dari keseluruhan area, dan level sinyal terendah nya yakni -80 dBm seluas 0,01% dari keseluruhan wilayah Kota Surabaya.



Gambar 1 Simulasi Signal Level SS-RSRP

B. SS-SINR

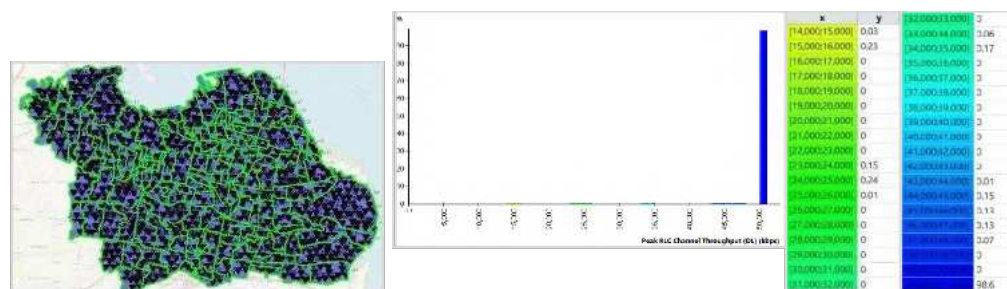
Berdasarkan perhitungan *coverage* yang telah diimplementasikan didapatkan jumlah *site* sebanyak 325 *site* dengan menggunakan propagasi *Urban Macro* dan parameter yang digunakan sesuai dengan 3GPP TR.38.900 untuk temuan simulasi *coverage signal level* SS- RSRP ditunjukkan layaknya gambar 3. Gambar 3. diatas ini merupakan grafik dari *signal level* SS-SINR. Berdasarkan



Gambar 2. Simulasi Signal Level SS-SINR

simulasi perencanaan *coverage* yang telah diimplementasikan, didapatkan angka rata- rata SS-SINR 21,53 dB berdasarkan klasifikasi dari ketentuan tabel parameter SS-SINR menunjukan bahwasanya perencanaan *coverage* di Kota Surabaya termasuk kedalam klasifikasi sangat baik, dengan level sinyal tertingginya yakni 31 dB sekitar 8,337% dari keseluruhan area, dan level sinyal terendahnya yakni -2 dB sekitar 0,014% dari keseluruhan wilayah Kota Surabaya.

C. Throughput



Gambar 3. Simulasi Signal Level Throughput

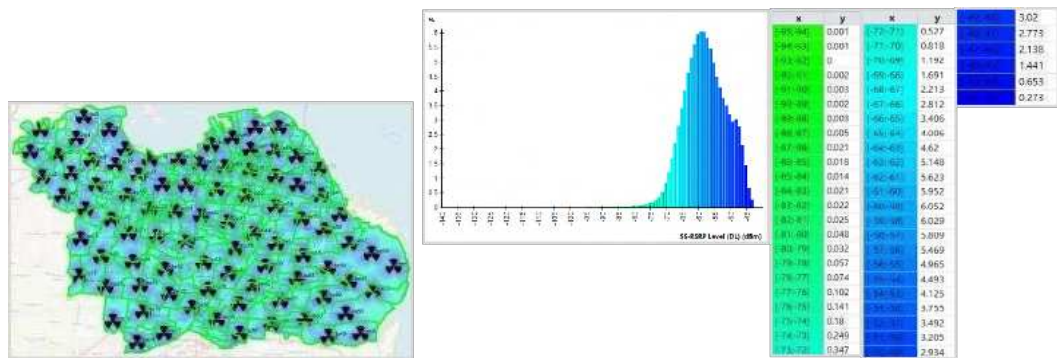
Gambar 4. yakni grafik dari *signal level throughput*. Berdasarkan simulasi perencanaan *coverage* yang telah diimplementasikan, didapatkan angka rata-rata *throughput* 82,297.61 kbps dengan level sinyal tertingginya yakni 51.000 kbps sekitar 60,36% dari keseluruhan area, dan level sinyal terendahnya yakni 14.000 kbps sekitar 1,35% dari keseluruhan wilayah Kota Surabaya.

3.2 Hasil Perencanaan Capacity

A. SS-RSRP

Berdasarkan analisis dari perhitungan *capacity* di Kota Surabaya yang memiliki jumlah penduduk 2.887.223 jiwa, dari perhitungan *capacity* diperoleh jumlah *site* sebanyak 88 *site* pada

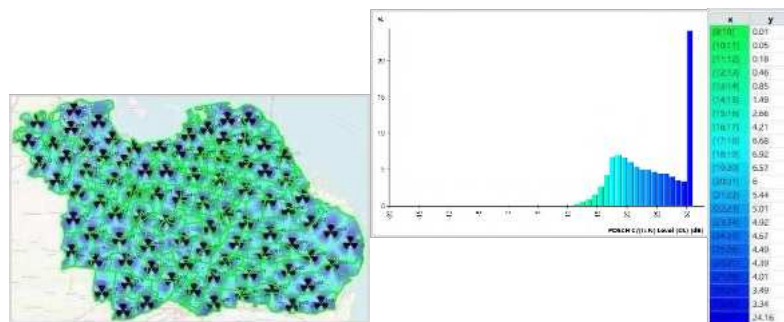
perencanaan *capacity* ini.



Gambar 4 Simulasi Capacity Signal Level SS-RSRP

Gambar 5. diatas ini yakni grafik dari *signal level* SS-RSRP. Berdasarkan simulasi perencanaan *capacity* yang telah diimplementasikan, didapatkan angka rata-rata SS- RSRP -58,01 dBm berdasarkan klasifikasi dari ketentuan tabel parameter SS-RSRP menunjukan bahwasanya perencanaan *coverage* di Kota Surabaya termasuk kedalam klasifikasi *excellent*, dengan level sinyal tertingginya yakni - 43 dBm sekitar 0,273% dari keseluruhan area, dan level sinyal terendahnya yakni -95 dB sekitar 0,001% dari keseluruhan wilayah Kota Surabaya.

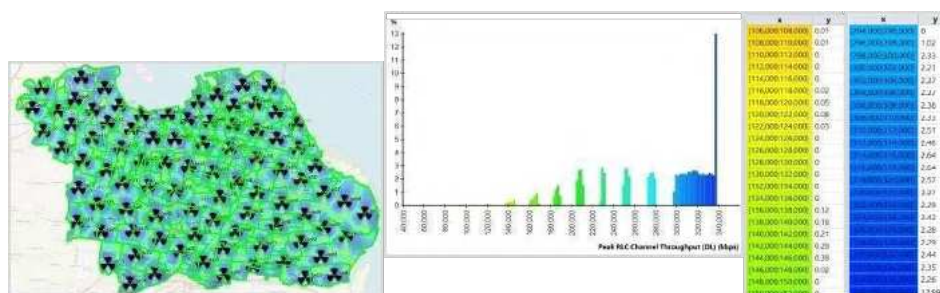
B. SS-SINR



Gambar 5 Simulasi Capacity Signal Level SS-SINR

Gambar 6 diatas ini yakni grafik dari *signal level* SS-SINR. Berdasarkan simulasi perencanaan *capacity* yang telah diimplementasikan, didapatkan angka rata-rata SS- SINR 24,93 dB berdasarkan klasifikasi dari ketentuan tabel parameter SS-SINR menunjukan bahwasanya perencanaan *capacity* di Kota Surabaya termasuk kedalam klasifikasi sangat baik. Pada perencanaan SINR level sinyal tertingginya yakni 31 dB sekitar 24,16% dari keseluruhan area, dan level sinyal terendahnya yakni 9 dBsekiat0,01% dari keseluruhan wilayah kota Surabaya.

C. Throughput



Gambar 6 Simulasi Capacity Signal Level Throughput

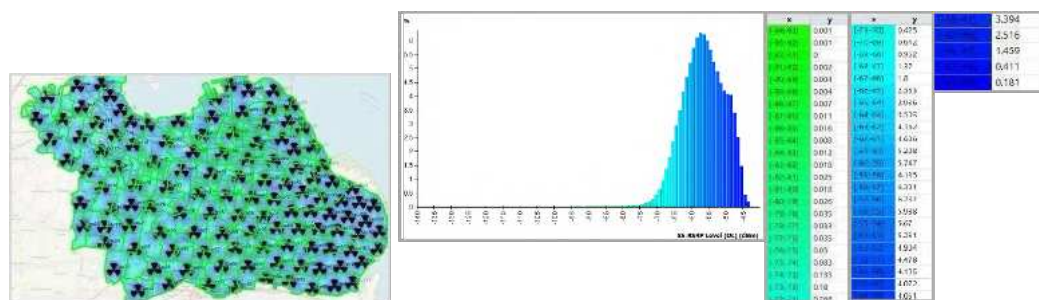
Gambar 7 diatas ini yakni grafik dari *signal level throughput*. Berdasarkan temuan simulasi perencanaan *capacity* yang telah diimplementasikan, didapatkan angka rata-rata *throughput* 283,872.76 kbps dengan level sinyal tertingginya yakni 338.000 kbps sekitar 12,99% dari keseluruhan area dan sinyal terendahnya yakni 106.000 kbps sekitar 0,01% dari keseluruhan area Kota Surabaya.

3.3 Optimasi Coverage

Berdasarkan hasil yang didapat dari simulasi perencanaan *coverage* sebanyak 325 *site*, diperlukan optimasi agar mendapatkan jumlah *site* yang lebih maksimal. Berikut hasil dari optimasi perencanaan *coverage*.

A. SS-RSRP

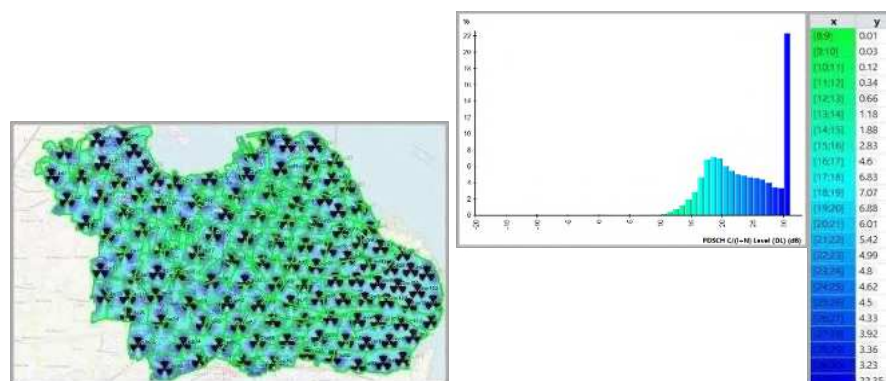
Setelah perencanaan optimasi diimplementasikan, *site* yang didapatkan dari optimasi *coverage* sebanyak 119 *site*.



Gambar 2 Optimasi SS-RSRP

Gambar 8 diatas ini yakni grafik dari *signal level SS-RSRP*. Berdasarkan optimasi menggunakan 119 *site* didapatkan angka SS-RSRP sebesar -56,64 dBm berdasarkan klasifikasi dari tabel parameter SS-RSRP menunjukkan bahwasanya sinyal yang dihasilkan tergolong kedalam klasifikasi *excellent*. Dengan level sinyal tertingginya yakni -43 dBm seluas 0,181 % dari keseluruhan area dan level sinyal terendahnya yakni -94 dBm seluas 0,001% dari keseluruhan area Kota Surabaya.

B. SS-SINR

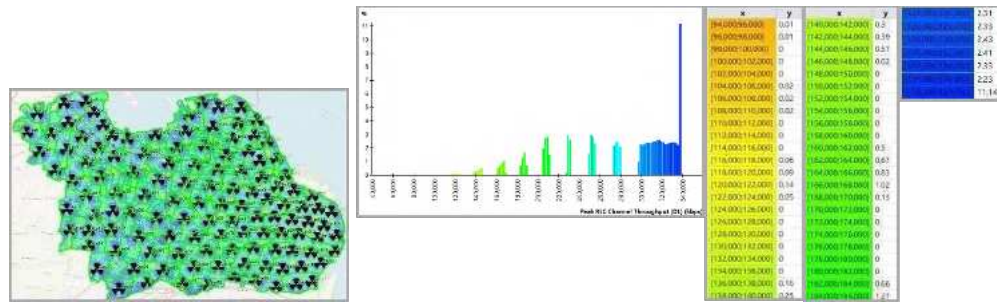


Gambar 8 Optimasi SS-SINR

Gambar 9 diatas ini merupakan grafik dari *signal level SS-SINR*. Berdasarkan hasil optimasi menggunakan 119 *site* didapatkan nilai SS-SINR sebesar 24,43 dB berdasarkan klasifikasi dari tabel parameter SS-SINR menunjukkan bahwa sinyal yang dihasilkan masuk ke dalam klasifikasi sangat baik. Dengan level sinyal tertingginya adalah 31dB seluas 22,35 % dari keseluruhan area dan untuk level sinyal terendahnya adalah 8 dB seluas 0,01% dari keseluruhan area Kota Surabaya.

area Kota Surabaya.

C. Throughput

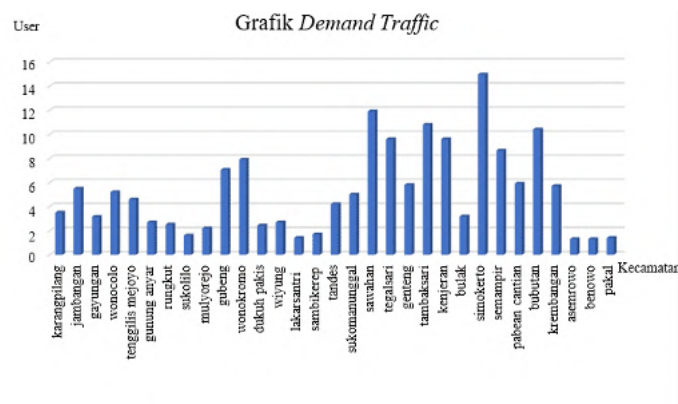


Gambar 3 Optimasi Throughput

Gambar 10 berikut ini yakni grafik dari *signal level throughput* berdasarkan optimasi menggunakan 119 *site* didapatkan angka *throughput* sebesar 280,307.82 kbps. Dengan level sinyal tertingginya yakni 338.000 seluas 11,14 % dari keseluruhan area dan level sinyal terendahnya yakni 94.000 seluas 0,01% dari keseluruhan area Kota Surabaya.

D. Demand Traffic

Perhitungan demand traffic ini akan dilakukan perhitungan kepadatan pengguna pada jaringan per kilometer dalam area yang ditentukan untuk menentukan kebutuhan lalu lintas seperti pada gambar grafik 11 dibawah:



Gambar 4 Grafik Demand Traffic

3.4 Kalkulasi Ekonomi

A. Kalkulasi CAPEX

Dalam pembangunan layanan jaringan 5G perlu dilakukan kalkulasi dalam beberapa tahun mendatang, hal ini dikarenakan pada perencanaan infrastruktur jejaring 5G membutuhkan biaya modal (CAPEX) yang besar, sehingga dengan melakukan kalkulasi biaya mampu mengetahui apakah implementasi jejaring 5G di Kota Surabaya dapat memberi keuntungan atau kerugian di tahun-tahun berikutnya. Biaya CAPEX yang dibutuhkan guna merancang layanan 5G di Kota Surabaya sebesar Rp. 8.543.493.240.480.

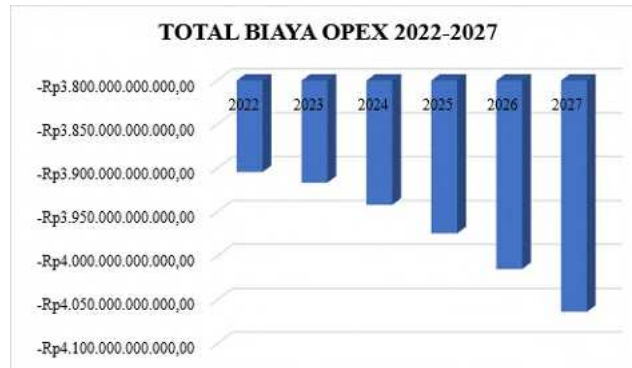
B. Kalkulasi OPEX

Dalam perhitungan OPEX (Operational Expenditure) mencakup tarif operasional keseluruhan yang dikeluarkan untuk menjalankan serta memelihara jaringan 5G yang sudah dibangun pada lokasi penelitian. total biaya OPEX dari tahun 2022-2027 terdapat layaknya gambar grafik 12

Dari grafik diatas mampu diketahui bahwasanya pada biaya OPEX terdapat pengeluaran pada setiap tahunnya. Hal ini dikarenakan pada OPEX terdiri dari biaya operasional dan perawatan pada suatu layanan jaringan yang memang terdiri dari biaya yang berulang serta terkait dengan operasi sehari-hari.

C. Kalkulasi *Revenue*

Revenue yakni pendapatan rata-rata pengakses atau ARPU, pendapatan tersebut mampu dihasilkan dari pengakses seluler. Dari perhitungan yang sudah diimplementasikan terdapat layaknya gambar 13 yakni biaya *Revenue* yang didapatkan dari tahun 2022-2027.



Gambar 5 Grafik OPEX 2022-2027



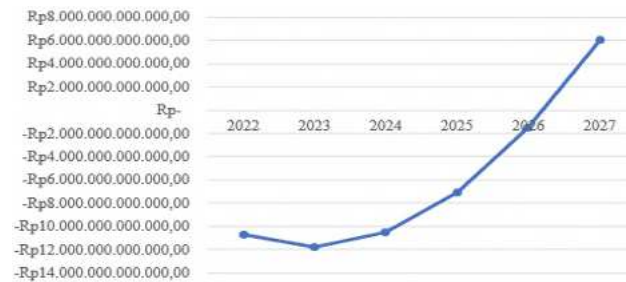
Gambar 6 Grafik Revenue 2022-2027

3.5 Analis Ekonomi

Setelah melakukan perhitungan ekonomi dari perencanaan jaringan 5G di Kota Surabaya, selanjutnya yakni menganalisis kelayakan dari pembangunan jejaring 5G termasuk tarif pendapatan, tarif modal, pengembalian modal, serta dampak ekonomi yang dihasilkan.

A. Net Present Value

Net present value per year pada perhitungan ekonomi perancangan jaringan 5G diimplementasikan untuk mengetahui banyaknya keseluruhan pendapatan arus kas yang didapatkan dari investasi pembangunan 5G yang dikurangi dengan tarif operasional. Pada gambar 14 yakni grafik dari NPV *Per Year* dari tahun 2022-2027.



Gambar 7 NPV 2022-2027

Dari grafik diatas diketahui bahwasanya, pada pembangunan jaringan 5G di Kota Surabaya di tahun 2027 keuntungan yang diperoleh mencapai Rp. 6.004.263.875.532,83. Maka profit yang didapatkan dari pembangunan layanan jaringan 5G tersebut mampu memberi keuntungan dalam jangka waktu panjang. NPV yang tinggi ini menunjukkan bahwasanya pembangunan jaringan 5G di Kota Surabaya bisa dikatakan layak karena menghasilkan keuntungan yang melebihi dari pada biaya modal awal dan biaya operasional yang dikeluarkan.

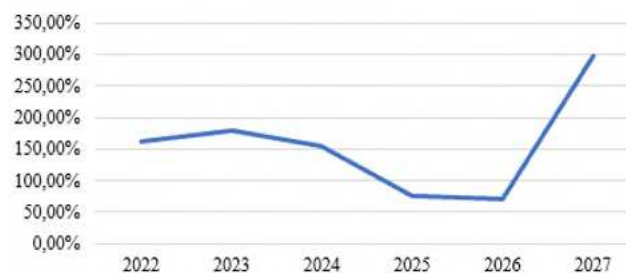
B. Internal Rate Of Return

Perhitungan IRR diimplementasikan untuk mengevaluasi profitabilitas dari proyek pembangunan layanan 5G di Kota Surabaya, dan setelah diimplementasikan kalkulasi biaya didapatkan IRR sebesar 28%. Hal ini menunjukkan bahwasanya pembangunan layanan jaringan 5G di Kota Surabaya mampu dikatakan layak karena IRR yang didapatkan melebihi dari pada suku bunga yang telah ditetapkan.

C. Return Of Investment

Return On Investment (ROI) yakni suatu kalkulasi ekonomi pada pembangunan layanan jaringan 5G di Kota Surabaya, kalkulasi ini digunakan untuk mengukur tingkat keberhasilan proyek infrastruktur jaringan 5G. dari kalkulasi yang telah diimplementasikan ROI 2022-2027 didapatkan layaknya pada gambar grafik 15 berikut:

Meskipun dari perhitungan menunjukkan bahwasanya di setiap tahun ROI memiliki presentase yang tidak pasti akan tetapi pembangunan jaringan 5G di Kota Surabaya mampu dikatakan layak, sebab selain memperhitungkan ROI dari tiap tahun penulis juga melakukan kalkulasi ROI dari tahun pembangunan hingga tahun proyeksi, yang dimana temuan ROI dari tahun pembangunan hingga tahun proyeksi didapatkan sebesar 2,98. Kalkulasi yang telah didapatkan menunjukkan bahwasanya angka ROI yang sudah didapatkan melebihi indikator yang sudah ditentukan, maka proyek infrastruktur dari pembangunan jejaring 5G di Kota Surabaya mampu dikatakan layak. Tingginya ROI ini dikarenakan Surabaya merupakan kota besar dengan populasi penduduk yang begitu padat serta memiliki ekonomi yang dinamis. Dengan tingginya jumlah pengguna dan permintaan akan layanan 5G dapat memberikan pendapatan yang cukup tinggi sehingga bisa meningkatkan ROI.



Gambar 8 Grafik ROI 2022-2027

D. *Payback period*

Dalam perhitungan *payback period* ini mencakup layaknya biaya awal modal (CAPEX), biaya operasional (OPEX), serta biaya pendapatan. aspek tersebut sudah diperhitungkan layaknya diatas, sehingga *payback period* dalam pembangunan jaringan 5G di Kota Surabaya mampu kembali modal dalam kurun waktu 3 tahun. Hal ini menunjukkan bahwasanya pembangunan jaringan 5G termasuk dalam klasifikasi layak, sebab *payback period* yang didapatkan tidak lebih dari 5 tahun.

E. *Net Profit Cost Ratio*

Net Profit Cost Ratio yakni suatu metrik yang digunakan guna mengevaluasi kelayakan dari proyek pembangunan jejaring 5G. Net B/C didapatkan dari membagi total pendapatan proyek dengan total tarif proyek. Bila Net B/C melebihi dari 1 maka proyek mampu diimplementasikan atau dikatakan layak. Dari kalkulasi yang sudah diimplementasikan Net B/C didapatkan sebesar 2,77, sehingga proyek pembangunan jaringan 5G di Kota Surabaya mampu dikatakan layak, sebab kalkulasi yang sudah diimplementasikan melebihi angka indikator yang ditentukan.

F. *Gross Profit Ratio*

Gross Profit Ratio pada pembangunan jaringan 5G di Kota Surabaya adalah komparasi kelayakan antara biaya PV profit dengan PV cost, yang dimana pada kalkulasi yang telah diimplementasikan didapatkan, Gross B/C sebesar 1,07. Hal ini menunjukkan bahwasanya pembangunan jejaring 5G di Kota Surabaya mampu dikatakan layak sebab Gross B/C bernilai lebih dari 1.

4. Kesimpulan

Penelitian jejaring 5G *New Radio* diimplementasikan di Kota Surabaya dengan luas wilayah keseluruhan Kota Surabaya sebesar 334,45 km² dengan menggunakan frekuensi 2300 MHz dan menggunakan propagasi *Urban Macro* untuk menganalisis dan mengetahui *site coverage* dan *capacity* dari layanan jaringan 5G di Kota Surabaya. Dengan rata-rata sinyal RSRP yang didapatkan sebesar -50,73 dBm rata-rata sinyal tersebut termasuk kedalam klasifikasi *excellent*, rata-rata sinyal SINR sebesar 21,53 dB klasifikasi sinyal tersebut termasuk kedalam kategori sangat baik menurut KPI, dan *throughput* sebesar 259,954.22 kbps.

Perencanaan berdasarkan *capacity* menghasilkan 88 *site* dengan rata-rata sinyal SS-RSRP sebesar -58,01 dBm klasifikasi sinyal tersebut termasuk kedalam kategori *excellent*, rata-rata sinyal SINR sebesar 24,93 dB klasifikasi sinyal tersebut termasuk kedalam kategori sangat baik menurut KPI, dan *throughput* yang dihasilkan sebesar 283,872.76 kbps. Setelah diimplementasikan optimasi *coverage*, *site* yang didapatkan berkurang menjadi 119 *site* dengan angka SS-RSRP -56,64 dBm, SS-SINR sebesar 24,43, dan *throughput* sebesar 280,307.82 kbps.

Modal awal (CAPEX) yang digunakan dalam pembangunan jaringan 5G di Kota Surabaya sebesar -Rp. 8.843.133.240.480. Sehingga nilai IRR yang didapatkan sebesar 28%. Hal ini menunjukkan bahwasanya proyek pembangunan jejaring 5G mampu dikatakan layak, sebab angka IRR yang didapatkan melebihi dari angka suku bunga yang telah ditetapkan. *Return On Investment* 2022-2027 didapatkan sebesar 2,98. hal ini menunjukkan bahwasanya kalkulasi ROI yang sudah diimplementasikan melebihi indikator yang sudah ditentukan, sehingga proyek pembangunan jaringan 5G di Kota Surabaya mampu dikatakan layak.

Dari sisi ekonomi pembangunan jaringan 5G di Kota Surabaya layak untuk diimplementasikan sebab periode pengembalian modal mampu kembali dalam 3 tahun serta NPV yang didapatkan bernilai positif. Dari kalkulasi yang sudah diimplementasikan Net B/C diperoleh sebesar 2,77, sehingga dari kalkulasi tersebut mampu diketahui bahwasanya pembangunan jaringan 5g di Kota Surabaya mampu dikatakan layak, sebab kalkulasi yang sudah didapatkan melebihi dari angka indikator yang ditentukan. *Gross Profit Ratio* pada pembangunan jejaring 5G di Kota Surabaya adalah komparasikelayakan antara biaya PV profit dengan PV cost, yang dimana pada kalkulasi yang telah diimplementasikan didapatkan, Gross B/C sebesar 1,07. Hal ini menunjukkan bahwasanya pembangunan jaringan 5G di Kota Surabaya mampu dikatakan layak sebab Gross B/C bernilai lebih dari 1.

Referensi

- [1] BPS provinsi Jawa Timur. (n.d.). <https://jatim.bps.go.id/indicator/2/559/1/banyaknya-desakelurahanmenurut-kabupaten-kota-dan-penerimaan-sinyal-internettelepon-seluler.html>
- [2] Bappeda, "Kota Surabaya," Bappeda Potensi Wil., vol. 4, no. 1, pp. 1–27, 2020, [Online]. Available: <http://bappeda.jatimprov.go.id/bappeda/wp-content/uploads/potensikab-kota-2013/kota-surabaya-2013.pdf>
- [3] Yuliana, F. M. Santoso, S. Basuki, and M. R. Hidayat, "Analisis Model Propagasi 3GPP TR38 . 900 Untuk Perencanaan Jaringan 5G New Radio (NR) Pada Frekuensi 2300 MHz di Area Urban Analysis of Propagation Model 3GPP TR38 . 900 for 5G New Radio (NR) Network Planning at 2300MHz in Urban Areas," Telekontran, Vol. 10, No. 2, Oktober 2022, vol.10, no.2, pp. 1–8, 2022, [Online]. Available:<https://ojs.unikom.ac.id/index.php/telekontran/article/download/8233/3321>
- [4] Liu, Y. Huang, Z. Chen, L. Liu, Q. Wang, and N. Li, "5G Deployment: Standalone vs. Non-Standalone from the Operator Perspective," IEEE Commun. Mag., vol. 58, no. 11, pp. 83–89, 2020, doi:10.1109/MCOM.001.2000230.
- [5] R. D. Kumar, S. Chavhan and J. J. P. C. Rodrigues, "Integration of 5G Standalone and Non-Standalone Network Architectures for V2X Networks," 2022 7th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), Split / Bol, Croatia, 2022, pp. 1- 6, doi: 10.23919/SpliTech55088.2022.9854222.
- [6] R. D. Kumar, S. Chavhan and J. J. P. C. Rodrigues, "Integration of 5G Standalone and Non-Standalone Network Architectures for V2X Networks," 2022 7th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), Split / Bol, Croatia, 2022, pp. 1- 6, doi: 10.23919/SpliTech55088.2022.9854222.
- [7] E. Dahlman and S. Parkvall, "NR - The New 5G Radio-Access Technology," 2018 IEEE 87th Vehicular Technology Conference (VTC Spring), Porto, Portugal, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/VTCSpring.2018.8417851.
- [8] D. ARYANTA, "Analisis Kinerja Single User Troughput 5G NR pada Sel Indoor dengan Antena MIMO," ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron., vol. 10, no. 3, p. 500, 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i3.500.
- [9] F. Febriyandi and I. Krisnadi, "Rekomendasi ITU Pada Alokasi Spektrum 5G di Indonesia," Bul. Pos dan Telekomun., pp. 1–6, 2019.
- [10] H. U. Mustakim, "Tantangan Implementasi 5G di Indonesia," INTEGER J. Inf. Technol., vol. 4, no. 2, pp. 1–10, 2019, doi: 10.31284/j.integer.2019.v4i2.561.
- [11] S. Ahmed, A. Mahmud, and S. M. Hossain, "Challenges in 5G Network Planning : Design and Optimization using Atoll By Department of Electrical and Electronic Engineering Challenging 5G Network Planning , Designing and Optimization using ATOLL Radio Planning Tool," no. March, 2021.
- [12] Rianti, A. Hikmaturokhman, and D. Rachmawaty, "TechnoEconomic 5G New Radio Planning Using 26 GHz Frequency at Pulogadung Industrial Area," 2020 3rd Int. Semin. Res. Inf. Technol. Intell. Syst. ISRITI 2020, pp. 272–277, 2020, doi: 10.1109/ISRITI51436.2020.9315455.
- [13] Iskandar, A. (2022). Analisa Tekno ekonomi terhadap kebutuhan regulasi untuk bisnis model 5G di Indonesia. Retrieved from <https://repository.mercubuana.ac.id/65193/>
- [14] M. Haidar, U. K. Usman, and L. Meylani, "Analisis Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE) Frekuensi 900 MHz Pada Perairan Selat Sunda," pp. 273–278, 2016.
- [15] A. S. Gorshkov, N. I. Vatin, P. P. Rymkevich, and O. O. Kydrevich, "Payback period of investments in energy saving." Magazine of Civil Engineering, 2018.

