

Studi Tekno-Ekonomi Implementasi Spectrum Sharing pada Mobile Network Operator di Kota Bandung

Lia Hafiza ¹, Marcia Rizky Hamdala ²

¹Fakultas Teknik Institut Teknologi Telkom Jakarta, ²Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom
¹Jakarta, Indonesia, ²Bandung, Indonesia

¹lia@ittelkom-jkt.ac.id

²marciarizkyh@student.telkomuniversity.ac.id

Received on 07-06-2022, revised on 27-06-2022, accepted on 18-07-2022

Abstract

Spektrum frekuensi adalah sumber daya terbatas pada sektor telekomunikasi, oleh sebab itu penggunaan dan pengelolaannya diatur oleh Negara. Selain itu, Negara harus menjamin setiap warga negara memperoleh informasi dan dapat berkomunikasi sesuai dengan yang diatur oleh konstitusi. Dalam beberapa tahun kedepan, pendapatan sektor telekomunikasi diprediksikan akan menurun. Terdapat dua solusi dari permasalahan tersebut, pertama dengan penghematan, kedua adalah masuk ke dalam lini bisnis baru. Pada penelitian ini, kami akan membahas terkait salah satu dari solusi tersebut, yaitu menggunakan penghematan dengan cara spectrum sharing.

Untuk melakukan penghematan, lebih dari 60% Mobile Network Operator (MNO) di dunia menggunakan Radio Access Network Sharing (RAN Sharing). RAN Sharing memiliki beberapa jenis teknologi, namun pada penelitian ini akan menggunakan Multi-Operator Core Network (MOCN). Keunggulan dari MOCN diantaranya adalah dapat digunakan untuk berbagi spektrum frekuensi yang menjadi solusi kelangkaan spektrum, menghemat biaya, dan mempercepat penggelaran jaringan ke daerah-daerah, serta dapat berdampak pada PDB di Indonesia.

Terdapat beberapa aspek yang melingkupi penelitian yang kami lakukan, yaitu aspek teknis dan ekonomi. Pada aspek teknis, kami membatasi penelitian pada daerah perkotaan. Daerah perkotaan yang akan menjadi objek penelitian kami adalah Kota Bandung dengan menggunakan perhitungan capacity planning. Dalam aspek ekonomi, nilai perhitungan Net Present Value (NPV) dari skenario sharing dan non-sharing dipetakan dengan pendekatan game theory untuk menganalisis hasil perhitungan NPV.

Hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa, Multi-Operator Core Network (MOCN) kurang efektif apabila diimplementasikan pada daerah perkotaan, terkhususkan Kota Bandung. Hal ini diakibatkan, setelah menggunakan perhitungan capacity planning dan analisis game theory, cenderung tidak mendapatkan keuntungan jika spectrum sharing dilakukan antara Market Leader dengan para pesaing atau kompetitor.

Keywords: Network sharing, Multi Operator Core Network, Spektrum Frekuensi, Industri Telekomunikasi

I. PENGANTAR

Menurut sudut pandang ekonomi, spektrum adalah sumber daya yang terbatas pada suatu tempat dan waktu tertentu. Oleh karena itu, hanya beberapa spektrum yang dapat digunakan. Spektrum frekuensi radio adalah

milik Negara, yang penggunaannya untuk masyarakat Indonesia. Sehingga spektrum tersebut harus dikelola untuk kepentingan seluruh masyarakat Indonesia. Tujuan utama pengelolaan adalah untuk mengamankan okupansi spektrum agar pemanfaatan frekuensi optimal dan efektif [1].

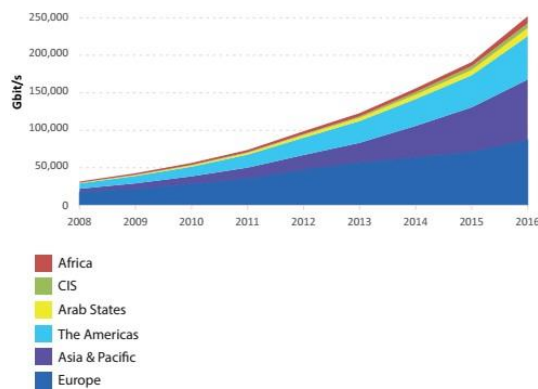
Hal tersebut sesuai dengan UUD RI 1945 Pasal 28F, yaitu: “*Setiap orang berhak untuk berkomunikasi dan memperoleh informasi untuk mengembangkan pribadi dan lingkungan sosialnya, serta berhak untuk mencari, memperoleh, memiliki, menyimpan, mengolah, dan menyampaikan informasi dengan menggunakan segala jenis saluran yang tersedia*”.

Beberapa tahun kedepan, diperkirakan pendapatan sektor telekomunikasi akan menurun karena telah berada pada puncak pendapatannya. Pernyataan tersebut diutarakan pada saat Telecom Application Developer Summit 2015. Salah satu solusi untuk situasi ini adalah dengan menyusun strategi baru dengan memperhatikan era teknologi masa depan. *Internet of Things* (IoT) merupakan teknologi masa depan yang hadir dalam industri telekomunikasi dalam bentuk miliaran perangkat dan pertumbuhan data secara eksponensial [2]. Solusi lainnya dapat dengan melakukan penghematan biaya.

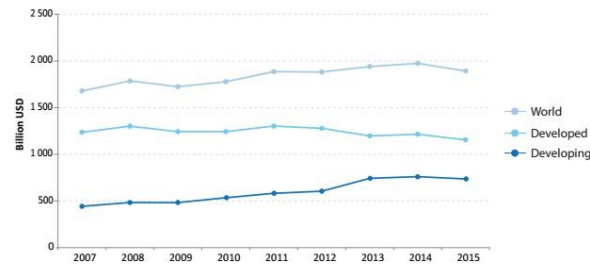


Gambar 1. Masa Depan Industri Telekomunikasi [2]

International Telecommunication Union (ITU) merilis Fakta dan Angka TIK tahun 2017. Salah satu fakta yang disampaikan adalah kebutuhan *bandwidth* Internasional meningkat tetapi pendapatan telekomunikasi menurun. Pertumbuhan *bandwidth* meningkat sebesar 32% dalam rentang tahun 2015-2016. Namun pendapatan telekomunikasi global pada rentang tahun 2014-2015 turun sebesar 4%. Negara-negara berkembang (salah satunya Indonesia) menyumbang 83% dari total populasi penduduk namun hanya menghasilkan 39% dari total pendapatan [3].



Gambar 2. Pertumbuhan Bandwidth Internasional [3]

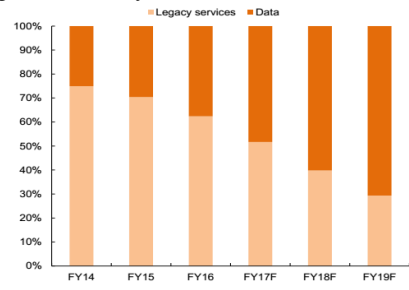


Gambar 3. Pendapatan dari Industri Telekomunikasi [3]

Sementara itu, ITU-R memperkirakan kebutuhan spektrum untuk IMT yang terdokumentasi dalam ITU-R M.2078 pada tahun 2020 meningkat. Berawal dari kebutuhan spektrum 1.280 MHz menjadi 1.720 MHz [4]. Karena telah terjadi kemajuan yang signifikan dalam teknologi IMT dan penyebaran jaringan IMT. Perkiraan kebutuhan spektrum untuk IMT diperbarui dalam ITU-R M.2290-0 yang menghasilkan perkiraan kebutuhan spektrum dari 1,340 MHz hingga 1,960 MHz pada tahun 2020 [5].

Oleh karena itu untuk memaksimalkan penghematan biaya, lebih dari 60% operator jaringan seluler di dunia menggunakan *Radio Access Network Sharing* (RAN-Sharing). Salah satu teknologi dari RAN-Sharing adalah *Multi-Operator Core Network* (MOCN), yang berfungsi untuk melakukan pembagian spektrum frekuensi. Ada beberapa hal yang mendorong pembagian ini; tekanan dari *Earning Before Interest Taxes Depreciation and Amortization* (EBITDA), kelangkaan spektrum frekuensi, dan kebijakan pemerintah [6].

Persentase pendapatan MNO dari layanan *legacy* (layanan suara dan teks) dan data dapat dilihat pada Gambar 4. Terlihat bahwa pada grafik pertama, persentase pendapatan layanan legacy (layanan suara dan teks) yang awalnya merupakan pendapatan terbesar, semakin tahun semakin menurun dan tergantikan dengan pendapatan dari data. Hal tersebut menandakan bahwa Indonesia saat ini memasuki era data. Lalu lintas data seluler di Indonesia meningkat hingga 200% hanya dalam dua tahun [7].

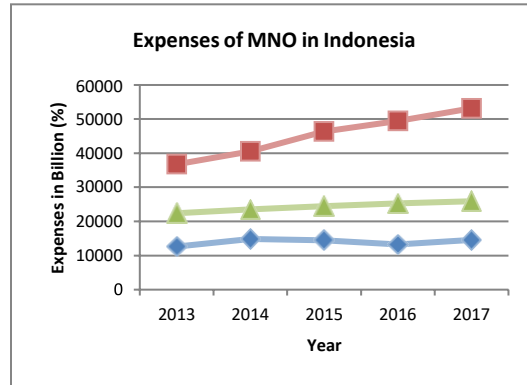


Source: Company data, Mirae Asset Sekuritas Indonesia Research

Gambar 4. Data Pendapatan Industri [7]

Sementara jika kita melihat pengeluaran MNO di Indonesia pada Gambar 5, tiap tahunnya biaya pengeluaran yang dikeluarkan cenderung meningkat (ditinjau dari 3 provider yang berbeda). Pendapatan dari

layanan *legacy* yang sebelumnya menjadi produk utama industri telekomunikasi mengalami penurunan, tetapi pengeluaran terus meningkat.



Gambar 5. Pengeluaran MNO di Indonesia

Deloitte memprediksi bahwa lebih dari 26% pengguna *smartphone* tidak akan melakukan panggilan telepon tradisional setidaknya dalam satu pekan [7]. Hal itu dipicu oleh munculnya OTT (Over-The-Top). Meningkatnya permintaan data dalam ekosistem OTT, juga menjadi faktor tingginya kebutuhan spektrum frekuensi. Sementara layanan lama telah menurun (pesan instan dan panggilan suara) dan digantikan dengan layanan pada OTT menjadi hal yang harus diperhatikan. Terutama pertukaran data dan informasi pada daerah perkotaan. Penelitian ini akan fokus pada analisis tekno-ekonomi pada implementasi MOCN untuk operator jaringan seluler di daerah perkotaan.

II. TINJAUAN LITERATUR

A. Telekomunikasi dan Terminologi Spektrum

Definisi telekomunikasi menurut ITU adalah: “setiap transmisi, pemancar atau penerimaan tanda, sinyal, tulisan, gambar dan suara atau kecerdasan dalam bentuk apapun melalui kabel, radio, optik atau sistem elektromagnetik lainnya.” [8]. Sementara itu, spektrum adalah sumber daya langka yang penting untuk menyediakan telekomunikasi nirkabel dan layanan pada penyiaran. Spektrum frekuensi radio adalah milik Negara. Karenanya, spektrum harus dikelola untuk kepentingan masyarakat Indonesia secara keseluruhan.

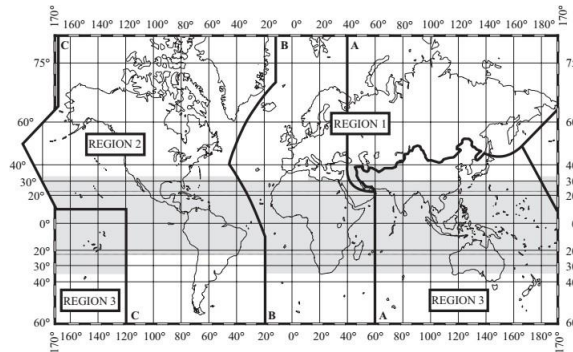
Maka, keputusan mengenai manajemen spektrum juga harus mempertimbangkan sudut pandang ekonomi. Terdapat prinsip-prinsip yang harus diikuti, seperti prinsip hukum, prinsip ekonomi, dan juga prinsip realitas [1].

B. Alokasi Frekuensi di Indonesia

Alokasi spektrum di dunia dibagi menjadi 3 wilayah. Indonesia termasuk dalam wilayah 3 [9]. Pembagian wilayah tersebut dijabarkan pada tabel di bawah ini.

TABLE I
 ALOKASI FREKUENSI DI DUNIA

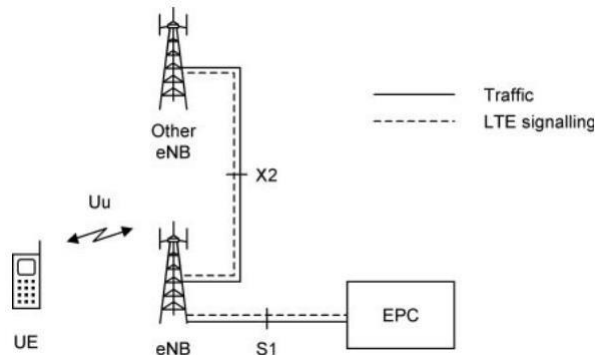
Wilayah	Negara
Wilayah 1	Turki, Turkmenistan, Tajikistan, Russia, Kyrgyzstan, Uzbekistan, Mongolia, Kazakhstan, Georgia, Azerbaijan, Armenia dan Ukraina serta wilayah utara Rusia yang terletak di antara garis A dan C.
Wilayah 2	Wilayah yang dibatasi di timur oleh garis B dan di barat oleh garis C.
Wilayah 3	Wilayah yang dibatasi di timur oleh garis C dan ke barat dengan garis A. Wilayah ini juga meliputi bagian-bagian teritorial Republik Islam Iran.



Gambar 6. Peta Alokasi Spektrum Frekuensi [9]

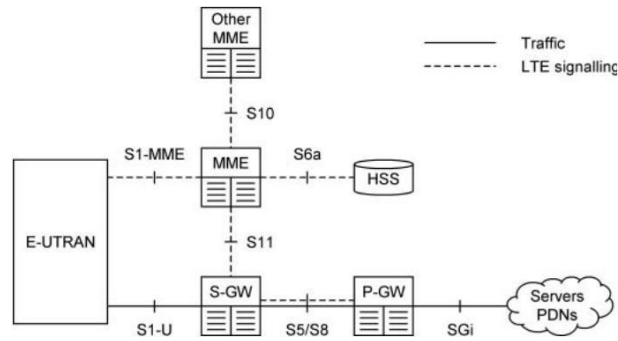
C. Arsitektur LTE

Dalam arsitektur LTE terdapat komponen utama yaitu UMTS terrestrial radio access network (E-UTRAN) dan evolved packet core (EPC) yang telah berevolusi. EPC berkomunikasi dengan jaringan data paket di dunia luar seperti internet, jaringan perusahaan pribadi atau IP Multimedia Subsystem (IMS) untuk mengaktifkan layanan Voice over LTE (VoLTE). E-UTRAN menangani komunikasi radio antara perangkat seluler atau pengguna (UE) dan EPC. E-UTRAN memiliki satu komponen, yaitu Node B (eNB) yang telah mengalami perubahan. Setiap eNB adalah base station yang mengontrol ponsel [10].



Gambar 7. Arsitektur E-UTRAN [13]

PDN gateway (P-GW) adalah titik kontak EPC dengan dunia luar. Melalui antarmuka SGi, PDN gateway bertukar data dengan perangkat eksternal atau jaringan paket data, seperti server operator jaringan, internet, atau IP Subsystem Multimedia (IMS). Serving gateway (S-GW) bertindak sebagai router dan meneruskan data antara base station dan PDN gateway. Setiap ponsel ditetapkan ke satu gateway penyajian, tetapi serving gateway dapat diubah jika ponsel bergerak cukup jauh. Mobility Management Entity (MME) mengontrol operasi tingkat tinggi seluler, dengan mengirimkannya sebagai sinyal pesan tentang masalah seperti keamanan dan pengelolaan aliran data yang tidak terkait dengan komunikasi radio [10].

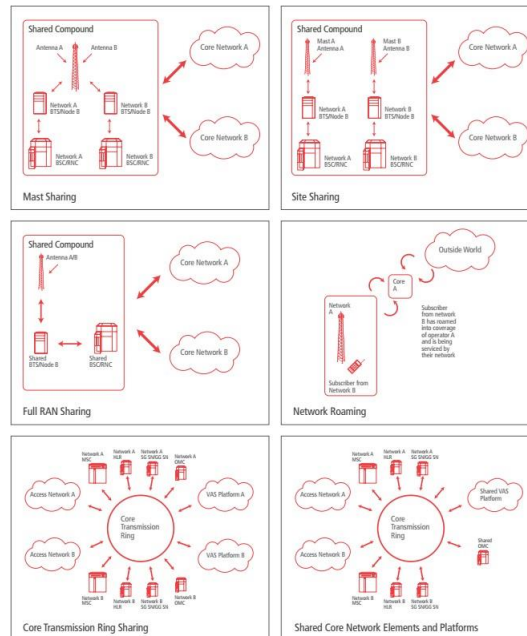


Gambar 8. Komponen Utama EPC [10]

D. Infrastruktur Sharing

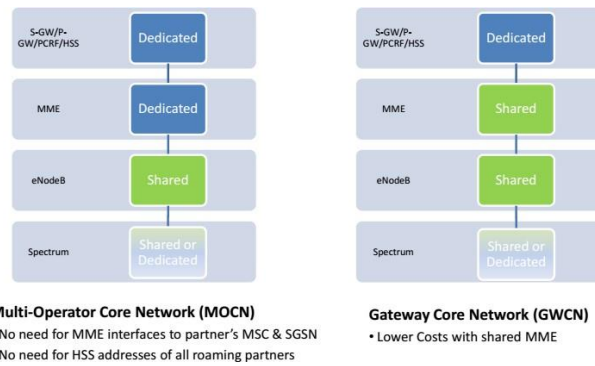
Terdapat konsep penting untuk memahami kerangka kebijakan dan peraturan yang mengatur tentang infrastruktur sharing. Konsep-konsep tersebut meliputi: infrastruktur pasif dan aktif. Berikut penjelasan infrastruktur sharing berdasarkan referensi [11]:

- Berbagi Pasif: Kabel listrik, kabel serat optik, tiang, ruang fisik di tanah, menara, atap, atau tempat lain, lemari dan pendukung, catu daya listrik, AC, sistem alarm, dan peralatan lainnya.
- Berbagi Aktif: Node-B (base-station di sebelah antena), Radio Network Controller.



Gambar 9. Infrastruktur Sharing [11]

MOCN termasuk dalam active sharing, dengan membagi penggunaan pada bagian eUTRAN (Access Network). Pada LTE, skema MOCN dapat dilihat dengan jelas pada gambar di bawah ini. MOCN tidak menggunakan EPC untuk berbagi, meskipun MOCN menggunakan penamaan Core Network. Di jaringan inti atau core network, MNO hanya perlu mengatur sejumlah pengaturan untuk memungkinkan penggunaan frekuensi bersama tanpa berbagi elemen jaringan inti. Opsi skema berbagi yang menggunakan sebagian jaringan inti untuk berbagi adalah Gateway Core Network (GWCN).



Gambar 10. Berbagi: MOCN vs GWCN [12]

E. Capital Budgeting

Capital Budgeting adalah total aset perusahaan. Ini mencakup semua aset berwujud dan tidak berwujud. Aset ini termasuk aset fisik (seperti tanah, bangunan, peralatan, dan mesin), serta aset yang mewakili hak milik (seperti piutang, surat berharga, paten, dan hak cipta). Keputusan investasi perusahaan adalah keputusan mengenai investasi modal perusahaan. Manajer harus mengevaluasi sejumlah faktor dalam membuat keputusan investasi.

Nilai perusahaan saat ini adalah nilai sekarang dari semua arus kas masa depan. Tetapi kita perlu memahami dengan lebih baik dari mana arus kas masa depan ini berasal. Mereka berasal dari [13]:

- Aset yang sudah ada, yang merupakan aset yang terakumulasi sebagai hasil dari semua keputusan investasi masa lalu, dan
- Peluang investasi masa depan. Oleh karena itu, nilai perusahaan adalah sebagai berikut:

$$\text{Nilai perusahaan} = \text{Nilai sekarang dari semua arus kas masa depan} = \text{Nilai sekarang arus kas dari semua aset yang ada} + \text{Nilai sekarang arus kas dari peluang investasi masa depan.}$$

F. Strategi Perusahaan

Strategi dan teknologi di era perkembangan teknologi saling berkaitan. Teknologi mampu mendorong pengembangan strategi bagi perusahaan. Manajemen Strategis adalah tentang identifikasi dan deskripsi strategi yang dapat membawa kinerja yang lebih baik dan keunggulan kompetitif bagi organisasi mereka. Ikhtisar dari empat perspektif generik utama manajemen strategis disajikan pada Gambar 11.

	Industry-based strategic management	Game theory	Resource-based strategic management	Dynamic capabilities
A step into the future	Industry structure	Coopetition	Competing for the future	Firm-specific trajectories
Instruments	Industry analysis Futures analysis Technology analysis	Value net analysis cooperative game analysis non cooperative game analysis	Technology analysis Competing analysis Futures analysis	Capability analysis Technology analysis Futures analysis
Existentialism	Value chain Generic strategies	Organisational learning Right moves	Strategic intent Core competences	Organisational learning Dynamic capabilities
Instruments	5-forces framework analysis Value chain analysis SWOT analysis	Prisoner's dilemma analysis Interactive scenario analysis	Strategic intent analysis Strategic architecture analysis	Path dependency analysis System of innovation analysis
The value of knowledge	Leverage impact of generic strategies		Deploys strategic intent Limits the performance gap Widens the opportunity gap	Strengthens capabilities Increases inimitability
Instruments	Knowledge productivity Intellectual capital analysis Intangible asset analysis	Knowledge productivity Intangible asset analysis	Knowledge productivity Intellectual capital analysis Intangible asset analysis	Knowledge productivity Intangible asset analysis
Organisation of R&D	Position within the value chain Linkages within the value chain	Position within the value net	Strategic architecture	Organisational capabilities
Instruments			System of innovation analysis	System of innovation analysis
Success	Profits	Asset accumulation	Long-term dominance	Short-term gain
Instruments	Generic cash flow analysis	Asset to cash flow analysis	Longitudinal cash flow analysis	Short-term cash flow analysis

Gambar 11. Perspektif dan Instrumen Terkait [14]

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, metode penelitian yang dilakukan dijelaskan pada gambar dibawah ini.



Gambar 12. Metode Penelitian

- a. *Kondisi Eksisting Industri Telekomunikasi.*
Dimana proses pengumpulan data yang berkaitan dengan isu telekomunikasi saat ini. Diantaranya adalah mengumpulkan informasi terkait perusahaan telekomunikasi di Indonesia, statistik pengguna selular di Indonesia, dan lainnya.
- b. *Perhitungan Kebutuhan Based Station.*
Pada tahap ini ditentukan skenario untuk perhitungan dalam penelitian ini, ada dua skenario dalam penelitian ini: *sharing* dan *non-sharing* di daerah perkotaan. Untuk wilayah perkotaan, perhitungan teknis wilayah menggunakan *Capacity Planning* karena di wilayah perkotaan wilayah padat penduduk maka konsentrasinya adalah kapasitas.
- c. *Perhitungan Net Present Value (NPV).*
Perhitungan ekonomi setiap entitas MNO didasarkan pada hasil perhitungan teknis sebelumnya.
- d. *Pemetaan Hasil dengan Menggunakan Game Theory Matix.*
Hasil perhitungan NPV dipetakan ke dalam matriks *game theory* untuk dianalisis lebih lanjut.
- e. *Analisis.*

Dari hasil analisis akan mencari kondisi yang paling menguntungkan bagi *Market Leader* (ML) dan pesaing (C1 dan C2). Hasil perhitungan dianalisis dengan hasil penelitian ini.

f. *Rekomendasi.*

Dari hasil analisis tersebut, diharapkan penelitian ini dapat memberikan rekomendasi bagi operator jaringan seluler (MNO), dimana rekomendasi ini dapat disesuaikan dengan kondisi industri.

IV. ANALISIS TEKNO-EKONOMI SPECTRUM SHARING

A. *Aspek Teknis*

Wilayah yang digunakan untuk penelitian ini adalah Kota Bandung. Pada tabel 2 menunjukkan jumlah penduduk Kota Bandung tahun 2019 berdasarkan referensi [15]. Populasi pengguna seluler (atau Populasi Pengguna) 2020 adalah 69,53% berdasarkan referensi [16].

TABLE II
 POPULASI DAN POPULASI PENGGUNA

Area	Dense	Populasi	Populasi Pengguna
Kota Bandung	Urban	2.480.464	1.724.667

Dari perhitungan capacity dimensioning, didapatkan pelanggan untuk Kota Bandung pada frekuensi 1800 MHz. Dengan asumsi Market Leader telah mencakup semua kapasitas dan pesaing hanya memiliki 25% dari site Market Leader.

TABLE III
 SITE OPERATOR JARINGAN SELULER EKSISTING

Mobile Network Operator Site Eksisting	
Market Leader (ML)	178.648
Competitor 1 (C1)	42.779
Competitor 2 (C2)	47.621

TABLE IV
 PERHITUNGAN KEBUTUHAN SITE HINGGA 2030

Year	Perhitungan Kebutuhan Site hingga 2030		
	Market Leader (ML)	Competitor 1 (C1)	Competitor 2 (C2)
2020	8337	1996	2222
2021	8670	2076	2311
2022	9017	2159	2404
2023	9378	2246	2500
2024	9753	2335	2600
2025	10143	2429	2704
2026	10549	2526	2812
2027	10971	2627	2924

2028	11410	2732	3041
2029	11866	2841	3163
2030	12341	2955	3290

B. Aspek Teknis

Dalam perhitungan operator jaringan seluler (ML, C1, C2) dalam biaya penggunaan spectrum-sharing, hal tersebut dapat berupa penetapan harga berdasarkan biaya. Jumlah spektrum yang dibagikan dan harganya terkait dengan biaya awal yang dibayarkan untuk spektrum [17], perhitungan serupa telah dilakukan pada referensi [18].

BHP untuk pita 1800 MHz adalah Rp. 2.847.898.707.256 [19] dengan total bandwidth 75 MHz, sedangkan jumlah penduduk Indonesia tahun 2018 mencapai 265 juta [20] tanpa overhead. Untuk wilayah perkotaan yang dalam penelitian ini menggunakan wilayah Kota Bandung yang berpenduduk 2.480.464 jika dihitung pertahun untuk harga BW 5 MHz adalah Rp1.722.773.812 dan untuk setiap 10 MHz adalah Rp3.616.640.782.

Biaya pembangunan (CAPEX) sebuah based station didasarkan pada yang tercantum dalam referensi [21], [22], sebagai berikut:

TABLE V
 CAPEX BASED STATION

Komponen	Capital Expenditure (USD/unit)
RBS	28,000
SIS+SITAC	6,889
Rectifier+Battery	6,444
Antenna+Feeder	9,857
PLN Connection	3,333
Genset	16,667
Total	71,190

Biaya operasional (OPEX) yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan asumsi berdasarkan referensi [23], sebagai berikut:

TABLE VI
 ASUMSI BIAYA OPERASIONAL (OPEX)

Asumsi	Persentase	
Remuneration	7%	Revenue
O&M Cost	10%	CAPEX
Administration Cost	5%	Revenue

Pendapatan bulanan per-MNO seperti terlihat pada tabel di bawah ini, yang merupakan hasil pengolahan data dari laporan tahunan operator. Biaya pendapatan lainnya dapat diperoleh dari biaya spektrum bersama.

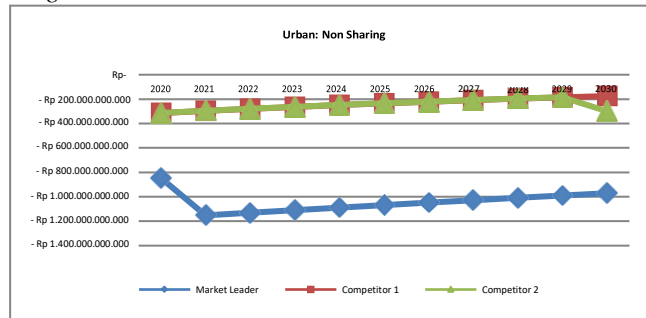
TABLE VII
 ARPU SETIAP OPERATOR/BULAN

Mobile Network Operator	Average Revenue Per-User (ARPU) / bulan
Market Leader	Rp 44.000

Competitor 1	Rp	31.900
Competitor 2	Rp	36.000

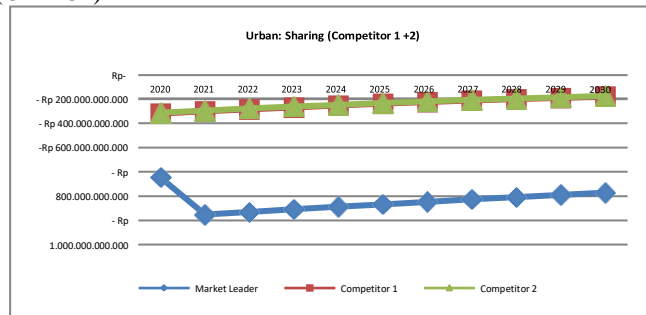
Kemudian dilakukan skenario game theory pada daerah perkotaan (Kota Bandung) dengan menggunakan skenario:

B.1. Tanpa Spectrum Sharing



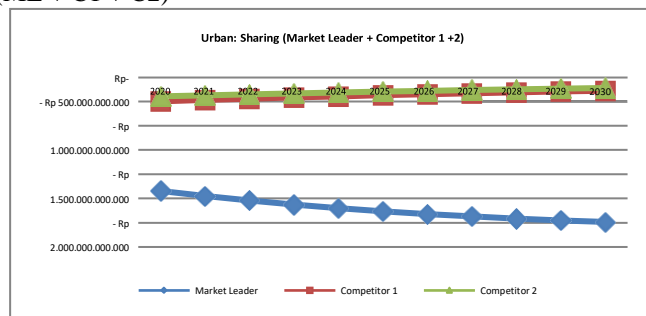
Gambar 14. Tanpa Spectrum Sharing

B.2. Spectrum Sharing (C1 + C2)



Gambar 15. Spectrum Sharing (Competitor 1 + Competitor 2)

B.3. Spectrum Sharing (ML + C1 + C2)



Gambar 11. Perspektif dan Instrumen Terkait [14]

C. Analisa Menggunakan Game Theory

Pada bagian ini analisis hasil NPV masing-masing operator untuk setiap area dipetakan dalam satu matriks yang disebut *prisoner's dilemma*, sehingga dapat memunculkan hasil (reaksi) dari setiap strategi yang dilakukan

dari berbagai skenario dalam penelitian ini. Urutan pada matriks di bawah ini adalah sebagai berikut ML – C1 – C2 dengan satuan yang digunakan adalah triliun rupiah.

TABLE IIX
 HASIL ANALISA GAME THEORY

Urban (Kota Bandung)				
Skema		ML	C1	C2
Non-Sharing		-11,4	-2,6	-2,8
Sharing	C1+C2	-11,4	-2,7	-2,6
	ML+C1+C2	-30,0	-4,1	-3,3

Untuk wilayah perkotaan pembagian spektrum dengan MOCN tidak efektif, karena skema C1+C2 (sharing antar kompetitor) tidak berpengaruh signifikan, kemudian untuk skema ML+C1+C2 (sharing dengan 3 operator) juga tidak efektif untuk ML, C1 dan C2 karena menghasilkan kerugian.

V. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

A. Kesimpulan

1. Di perkotaan, kapasitas menjadi perhatian utama karena kepadatan penduduk sehingga pertumbuhan pengguna akan sangat mempengaruhi bandwidth dan besarnya investasi yang harus dikeluarkan oleh operator. Berbeda dengan kasus yang terjadi pada pedesaan (rural) yang telah diteliti dengan metode serupa pada [24], fokus utamanya adalah coverage, sehingga implementasi spectrum sharing efektif untuk dilakukan.
2. Di perkotaan, MOCN tidak berjalan efektif, salah satu kendalanya adalah karena MOCN menggunakan frekuensi bersama yang sangat bergantung pada kapasitas untuk dapat melayani pengguna karena padatnya penduduk.
3. Berdasarkan pendekatan game theory, kesimpulan yang dapat diambil adalah:
 - a. Untuk Market Leader (ML): di perkotaan bisa mengalami kerugian jika sharing dilakukan.
 - b. Untuk Competitor 1 (C1): di perkotaan, jika sharing yang dilakukan dengan Competitor 2 (C2) tidak memberikan keuntungan serta jika dilakukan dengan Market Leader (ML) dan Competitor 2 (C2) akan memberikan dampak kerugian.
 - c. Untuk Competitor 2 (C2): di perkotaan, jika sharing dengan Competitor 1 (C1) akan memberikan keuntungan tetapi tidak signifikan, jika dilakukan bersama-sama dengan Market Leader (ML) dan Competitor 1 (C1) akan memberikan kerugian.

B. Rekomendasi

1. Sharing dengan MOCN di perkotaan dinilai kurang efektif, sehingga untuk penelitian selanjutnya, pengujian dengan skema sharing lainnya dapat dilakukan seperti MOCN+pooling, MORAN atau passive sharing lainnya.
2. Penelitian ini dapat dilakukan dengan menguji sensitivitas ARPU, CAPEX dan OPEX.
3. Pendekatan game theory yang digunakan dalam penelitian ini hanya mempertimbangkan aspek finansial. Untuk pengembangan, game theory dapat digunakan untuk mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti peluang pertumbuhan pengguna atau berbagi efek pada pendapatan Negara.
4. Dalam penelitian ini perhitungan ekonomi hanya menggunakan CAPEX, OPEX dan ARPU yang diambil dari referensi sehingga yang dapat diangkat disini adalah kecenderungan aspek ekonomi dari pendapatan operator. Untuk pengembangan, parameter yang lebih rinci dapat dilibatkan.

5. Pada penelitian ini MOCN dilakukan pada pita 1800 MHz dan memberikan kesimpulan tidak efektif di daerah perkotaan. Rekomendasi penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk daerah perkotaan yang padat dan pinggiran kota, penggunaan teknologi seluler lainnya dan dengan frekuensi pita lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Telecommunications Union, "Economic Aspects of Spectrum Management," 2014.
- [2] M. Ectors, "The Top 5 Telecom Problems can be Solved," *TAD Summit*, 2015. [Online]. Tersedia: <https://insights.ubuntu.com/2015/11/20/the-top-5-telecom-problems-can-be-solved>.
- [3] International Telecommunications Union, "ICT Facts and Figures 2017," 2017.
- [4] International Telecommunications Union, "REPORT ITU-R M.2078 Estimated spectrum bandwidth requirements for the future development of IMT-2000 and IMT-Advanced," *WRC-07*, 2006.
- [5] International Telecommunications Union, "REPORT ITU-R M.2290-0 Future Spectrum Requirements Estimate for Terrestrial IMT," *WRC-15*, vol. 0, 2013.
- [6] Coleago Consulting, "Mobile Network Infrastructure Sharing," no. May, 2016.
- [7] PT. Mirae Asset Sekuritas Indonesia, "Telecommunication," 2017.
- [8] J. Pahl, *Interference Analysis: Modelling Radio Systems for Spectrum Management*. John Wiley & Sons, Ltd, 2016.
- [9] International Telecommunication Union, *RADIO REGULATIONS*. 2003.
- [10] C. Cox, *An Introduction to LTE*. John Wiley & Sons, Ltd, 2012.
- [11] GSMA, "Mobile Infrastructure Sharing."
- [12] Brisk Wave Consulting, "LTE Network Sharing: Some Operational and Management Aspects," 2011.
- [13] Pamela P. Peterson and F. J. Fabozzi, *Capital budgeting: theory and practice*. 2002.
- [14] M. A. Zegveld, "Competing with Dual Innovation Strategies; a Framework to Analyse the Balance Between Operational Value Creation and the Development of Resources.," *The Hague (Netherlands): Werk-Veld.*, 2000.
- [15] Badan Pusat Statistika, "Jumlah Penduduk dan Keluarga menurut kecamatan di Kota Bandung, 2018 dan 2019", 2020. [Online]. Tersedia: <https://bandungkota.bps.go.id/statistable/2021/03/18/1437/jumlah-penduduk-dan-keluarga-menurut-kecamatan-di-kota-bandung-2018-dan-2019.html>
- [16] Badan Pusat Statistika, "Statistik Telekomunikasi Indonesia," 2020.
- [17] K. W. Shaw, B. A.; Sowerby, "Traffic Profiles and Licensed Spectrum Sharing in Cellular Networks." .
- [18] B. A. Shaw, H. F. Beltrán, and K. W. Sowerby, "Assigning Spectrum Fairly : Managing Spectrum using Long - term Nationwide and Short - term Local SpectrumLicenses," pp. 1–10.
- [19] Direktorat Jenderal Sumber Daya dan Perangkat Informatika, "Peningkatan Kualitas Jaringan Seluler 3G," *Lap. Tah. 2013*, 2013.
- [20] Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, "2018 , Jumlah Penduduk Indonesia Mencapai 265 Juta Jiwa," p. 2062, 2013.
- [21] M. U. Hidayat, "ANALISA EFEKTIFITAS RAN SHARING PADA PERUSAHAAN TELEKOMUNIKASI (STUDI KASUS RAN SHARING XL – INDOSAT)," 2015.
- [22] Direktorat Penataan Sumber Daya - Kominfo, "Optimalisasi Penggunaan Infrastruktur Jaringan," *Kaji. Intern*, 2014.
- [23] KEMENTERIAN KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA, *BIAYA PEMBANGUNAN JARINGAN PITA LEBAR AKSES BERGERAK DI INDONESIA: KAJIAN BIAYA SOSIAL EKONOMI ADOPSI TEKNOLOGI*. 2015.
- [24] L. Hafiza, et al., "Techno-Economics Study of Spectrum Sharing for Mobile Network Operator in Rural Area: Study Case: Multi-Operator Core Network (MOCN) Band 1800 MHz", 2019 Asia Pacific Conference on Research in Industrial and Systems Engineering (APCoRISE).