



Studi Pengukuran Kesiapan Operator Seluler di Indonesia dalam Mengimplementasikan Teknologi 5G

Study of Mobile Operator Readiness Measurement in Indonesia for 5G Technology Deployment

Sri Ariyanti¹, Alim Setiawan Slamet², Jono M. Munandar³

^{1,2,3}Program Studi Ilmu Manajemen, Institut Pertanian Bogor

^{1,2,3}Jl. Raya Darmaga, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia

email: ¹sriariyanti07@gmail.com, ²alimss@apps.ipb.ac.id, ³jonomunclass@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Naskah diterima 15 November 2021

Direvisi 7 Desember 2021

Disetujui 7 Desember 2021

Keywords:

5G technology

Readiness

Indonesia

Mobile Operators

Kata kunci

Teknologi 5G

Kesiapan

Indonesia

Operator Seluler

ABSTRACT

The readiness of mobile operators in implementing 5G technology is essential in providing an overview for the government regarding the level of readiness of mobile operators so that they can provide input for policies that the government will issue regarding the deployment of 5G technology in Indonesia. This study aims to measure the level of readiness of mobile operators in 5G technology deployment. The research method by measuring the readiness index of mobile operators includes infrastructure, spectrum, demand, revenue, and ARPU. Research data is secondary data obtained from the Ministry of Communication and Information Technology. The results showed that PT. Telkomsel is the readiest to deploy 5G in Indonesia. For the next rank, namely PT. XL-Axiata, PT. Indosat, PT. Smartfren, H3I, and the last one is PT. Sampoerna Telekomunikasi Indonesia (STI).

ABSTRAK

Kesiapan operator seluler dalam mengimplementasikan teknologi 5G sangat diperlukan dalam memberikan gambaran bagi pemerintah terkait tingkat kesiapan operator seluler, sehingga dapat memberikan masukan bagi kebijakan yang akan dikeluarkan pemerintah terkait penggelaran teknologi 5G di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat kesiapan operator seluler dalam mengimplementasikan teknologi 5G. Metode penelitian dengan mengukur indeks kesiapan operator seluler meliputi infrastruktur, spektrum, permintaan, dan pendapatan maupun *average revenue per user* (ARPU). Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Kementerian Komunikasi dan Informatika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PT. Telkomsel paling siap dalam penggelaran 5G di Indonesia. Untuk peringkat selanjutnya yaitu PT. XL-Axiata, PT. Indosat, PT. Smartfren, PT. Hutchison 3 Indonesia (H3I), dan yang paling terakhir adalah PT. Sampoerna Telekomunikasi Indonesia (STI).

1. Pendahuluan

Teknologi 5G merupakan teknologi seluler generasi kelima yang diharapkan dapat menghubungkan orang, benda, data, aplikasi, sistem, transportasi, dan kota dengan menggunakan jaringan yang cerdas. Teknologi ini dapat membawa data dalam jumlah besar dengan lebih cepat dan handal dengan menghubungkan sejumlah besar perangkat, dan memproses volume data yang sangat tinggi dengan *delay* kecil (ITU, 2019). Pemanfaatan teknologi 5G dapat mendukung aplikasi seperti *smart home*, *smart city*, video 3D, *cloud*, layanan medis jarak jauh, *virtual* dan *augmented reality*, serta *massive machine-to-machine communications* (MMTC) untuk otomatisasi industri (Mendoza et al., 2021).

Campbell et al (2017) mengemukakan bahwa teknologi 5G merupakan pendongkrak industri 4.0 yang mampu menghasilkan \$12.3 triliun *output* ekonomi global pada tahun 2035. Rantai nilai 5G global diproyeksikan akan menghasilkan *output* sebesar \$3,5 triliun dan mendukung 22 juta pekerjaan pada tahun 2035. Angka ini lebih besar dari nilai seluruh rantai nilai seluler saat ini. Rantai nilai 5G akan menginvestasikan rata-rata \$200 miliar per tahun untuk terus memperluas dan memperkuat basis teknologi

5G dalam jaringan dan infrastruktur aplikasi bisnis (Campbell et al., 2017). Penerapan teknologi 5G akan mendorong pertumbuhan jangka panjang yang berkelanjutan ke PDB riil global. Dari tahun 2020 hingga 2035, total kontribusi 5G terhadap PDB global riil akan setara dengan ekonomi sebesar India yang saat ini merupakan ekonomi terbesar ketujuh di dunia (Campbell et al., 2017).

Keuntungan 5G yang dapat mendorong pertumbuhan ekonomi, mendorong pemerintah Indonesia mempercepat pembangunan teknologi 5G di Indonesia. Sesuai dengan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 2 Tahun 2021 tentang Rencana Strategis Kementerian Komunikasi dan Informatika Tahun 2020-2024, pemerintah Indonesia mendorong penerapan teknologi 5G dengan menata alokasi frekuensi untuk memenuhi kebutuhan implementasi *next broadband* (5G) serta mengembangkan dan mengimplementasikan teknologi 5G nasional. Dalam upaya persiapan implementasi 5G nasional, pemerintah akan memfasilitasi dan pendampingan penggelaran infrastruktur jaringan 5G di 6 (enam) Ibukota Provinsi di Pulau Jawa, 5 (lima) Destinasi Wisata Super Prioritas, Ibu Kota Negara (IKN) dan 1 (satu) Industri Manufaktur pada tahap awal implementasi teknologi 5G. Adapun target jumlah lokasi yang terkoneksi 5G pada tahap awal implementasi yaitu sebanyak 11 pada tahun 2023. Untuk infrastruktur TIK di IKN, desain infrastruktur dan jaringan telekomunikasi 5G sudah dibuat pada tahun 2021, dan diharapkan sudah mencapai sebanyak 75% pembangunan jaringan 5G di IKN pada tahun 2023. Sehingga pada tahun 2024 sudah dapat tercapai sebanyak 100% (Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2021).

Sama halnya dengan teknologi 4G, infrastruktur teknologi 5G membutuhkan biaya yang sangat besar. Dengan adanya *small cell* 5G akan menjadi tantangan besarnya biaya pembangunan 5G. Selain itu, penggelaran fiber optik yang menjadi keharusan dalam implementasi 5G akan menambah biaya investasi operator seluler. McKinsey & Company (2018) memperkirakan bahwa belanja modal terkait jaringan meningkat sebesar 60% dari tahun 2020 hingga tahun 2025, sehingga terjadi peningkatan *total cost ownership* (TCO) sebanyak dua kali lipat selama periode tersebut. Meskipun demikian, operator seluler harus meningkatkan jaringan 4G saat ini menjadi jaringan 5G untuk mengatasi permintaan data yang meningkat dari tahun ke tahun (McKinsey & Company, 2018). Selain itu, adanya inovasi layanan seperti *machine to machine communication* dan *virtual reality* yang tidak dapat didukung teknologi 4G, mendorong operator untuk membangun jaringan 5G (Marabissi et al., 2018).

Besarnya biaya pembangunan infrastruktur 5G tersebut membutuhkan kesiapan operator seluler. Penelitian terkait kesiapan operator seluler dalam mengimplementasikan teknologi 5G antara lain telah dilakukan oleh Mwangi (2020) yaitu dengan mengembangkan indeks kesiapan yang akan menentukan kelayakan bisnis bagi perusahaan telekomunikasi untuk membangun layanan 5G di wilayah perkotaan dan pinggiran kota Kenya. Sebelumnya, GSMA (2019) melakukan penelitian kesiapan 37 negara di Afrika Sub Sahara. Selain membandingkan kesiapan beberapa negara di dunia terkait implementasi 5G, Abecassis et al. (2019) juga menyelidiki tindakan yang terjadi di pasar di seluruh dunia, termasuk Amerika Serikat terkait komersialisasi 5G dan tindakan operator dan regulator dalam peluncuran 5G. InCITES Consulting (2020) juga mengukur indeks dan mengurutkan kesiapan 38 negara di Eropa dalam mengimplementasikan teknologi 5G. Dari penelitian yang ada, penelitian terkait kesiapan operator seluler dalam mengimplementasikan 5G khususnya di negara Indonesia masih belum dilakukan. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian kesiapan operator seluler di Indonesia dalam mengimplementasikan teknologi 5G.

Penelitian ini bertujuan mengukur tingkat kesiapan operator seluler di Indonesia yang ditinjau dari aspek infrastruktur, spektrum frekuensi, *demand* layanan data, dan pendapatan operator seluler. Hasil penelitian diharapkan dapat merumuskan parameter dan indikator pengukuran dan memberikan informasi tentang kesiapan operator seluler dalam mengimplementasikan 5G, sehingga dapat memberikan rekomendasi bagi pemerintah terkait kebijakan penggelaran 5G.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Teknologi 5G

Teknologi 5G adalah jaringan seluler generasi ke-5. 5G merupakan standar nirkabel setelah jaringan 1G, 2G, 3G, dan 4G. 5G memungkinkan jenis jaringan baru yang dirancang untuk menghubungkan hampir semua benda secara bersama-sama termasuk mesin, objek dan perangkat. Kelebihan 5G dibanding dengan

teknologi sebelumnya adalah mampu memberikan kecepatan data tinggi mencapai 20 kali lebih cepat dibanding dengan 4G, yaitu mencapai 20 Gbps berdasarkan IMT-2020. Selain mampu mentransmisikan data dengan kecepatan yang sangat tinggi, 5G didesain untuk menyediakan kapasitas jaringan yang besar dengan memperluas spektrum baru seperti mmWave. 5G juga dapat memberikan latensi yang jauh lebih rendah untuk respon yang lebih cepat dan dapat memberikan pengalaman pengguna yang lebih seragam secara keseluruhan sehingga kecepatan data tetap tinggi secara konsisten, bahkan ketika pengguna berpindah-pindah (Qualcomm, 2021).

Teknologi seluler mengalami evolusi sejak dari tahun 1980-an. Teknologi seluler pertama atau 1G yang muncul pada tahun 1981 hanya mampu mengirimkan sinyal suara secara analog. Kemudian pada tahun 1990-an diperkenalkan teknologi seluler generasi ke-2 atau disebut 2G yang mampu mengirimkan sinyal suara digital, seperti *Global System Mobile (GSM)*, dan *Code Division Multiple Access (CDMA)*. Generasi ke-3 atau 3G kemudian muncul pada awal tahun 2000-an yang mendukung layanan data seluler, seperti CDMA2000 dan *Wideband CDMA (WCDMA)*. Generasi ke-4 atau 4G muncul pada tahun 2010-an dengan layanan *voice*, *video*, *text*, maupun internet dengan kecepatan data melebihi teknologi sebelumnya. Tahun 2020 muncul teknologi 5G yang mempunyai kecepatan data jauh lebih tinggi dan *latency* lebih rendah dibanding dengan teknologi sebelumnya.

Teknologi 5G memiliki tiga jenis *use case* atau layanan utama, yaitu *enhanced mobile broadband*, *mission-critical communication*, dan *massive-IoT* (Qualcomm, 2021).

a) *Enhanced mobile broadband*

Teknologi 5G seluler dapat menghadirkan pengalaman imersif baru seperti VR dan AR dengan kecepatan data yang lebih cepat dan lebih seragam, latensi yang lebih rendah, dan biaya per bit yang lebih rendah.

b) *Mission-critical communications*

5G memungkinkan layanan baru yang dapat mentransformasikan industri menjadi sangat handal dan latensi rendah, seperti mampu mengendalikan infrastruktur penting, kendaraan dan prosedur medis dari jarak jauh.

c) *Massive IoT*

5G dapat menghubungkan secara mulus sejumlah besar sensor di hampir semua peralatan dengan kemampuan menurunkan kecepatan data, daya, dan mobilitas, serta menyediakan solusi konektivitas yang sangat ramping dan biaya rendah.

2.2 Penelitian Terkait *Readiness Index*

Dalam mengukur kesiapan implementasi 5G di negara-negara dunia, beberapa diantaranya adalah Mwangi (2020), dengan melakukan penilaian kesiapan sektor swasta terkait penggunaan teknologi 5G untuk daerah kota maupun pinggiran kota di Negara Kenya. Adapun parameter yang digunakan untuk mengukur indeks kesiapan tersebut yaitu jangkauan teknologi LTE, jangkauan fiber optik, *internet bandwidth per user*, lelang frekuensi 5G, efektivitas pembuat kebijakan pada sektor telekomunikasi, ketersediaan listrik, *5G pilot project*, biaya penelitian dan pengembangan, pengguna internet, dan trafik data. *Threshold* yang digunakan untuk mengukur kesiapan adalah 0,75. Indeks kesiapan yang menunjukkan nilai dibawah *threshold* memerlukan rekomendasi yang akan memberikan dampak positif pada kesiapan untuk meluncurkan teknologi 5G di daerah perkotaan (Mwangi, 2020).

Penelitian lain terkait indeks kesiapan dalam implementasi 5G negara di dunia juga dilakukan oleh inCites (2020) yang mengukur tingkat kesiapan 5G di negara-negara Eropa. Kriteria yang diukur dalam penelitian tersebut yaitu infrastruktur dan teknologi, regulasi dan kebijakan, inovasi, sumber daya manusia, profil negara, dan permintaan (*demand*). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa negara Finlandia memperoleh peringkat pertama, kemudian disusul Sweden dan Switzerland, sedangkan Bosnia dan Herzegovania menduduki peringkat terakhir yaitu pada posisi ke-38 (inCITES consulting, 2020). Penelitian yang hampir sama dilakukan oleh GSMA (2020) dengan membuat *framework* penilaian konsolidasi untuk kesiapan pasar massal 5G pada 37 negara di Afrika Sub-Sahara. Adapun indikator yang

menentukan kesiapan pasar 5G antara lain kompetisi, penetrasi koneksi seluler, kecepatan *download*, penetrasi *smartphone*, ARPU, penetrasi fiber optik, penetrasi *fixed broadband*, ketersediaan litrik, inovasi, tingkat literasi, dan ketersediaan spektrum (GSMA, 2019). Dalam penelitian Abecassis et al. (2019), pendorong kesiapan teknologi 5G negara-negara maju meliputi komitmen untuk mengkomersialisasi 5G, jumlah dan *timeline* rilis spektrum 5G baik frekuensi rendah, sedang, maupun tinggi, total frekuensi yang dirilis, dan dukungan strategi nasional (Abecassis et al., 2019).

Pengukuran indeks kesiapan implementasi teknologi tertentu dilakukan oleh KPMG Internasional (2019). Dalam penelitian tersebut, indeks yang menentukan kesiapan suatu negara dalam menerapkan *Autonomous Vehicle* yaitu kebijakan pemerintah, teknologi dan inovasi, infrastruktur, dan penerimaan masyarakat. IDRC CRDI (2020) melakukan pengukuran indeks kesiapan *Artificial Intellegence* (AI) pemerintah di negara-negara dunia. Kriteria yang digunakan untuk menentukan kesiapan suatu pemerintahan di negara-negara dunia dalam menerapkan AI yaitu sektor pemerintahan, teknologi, serta data dan infrastruktur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tiga besar negara yang menduduki peringkat tertinggi yaitu Estonia, Norwegia, dan Luxemburg (IDRC CRDI, 2020).

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dimana data yang diperoleh dan diolah terukur. Data penelitian merupakan data sekunder yang berasal dari Direktorat Pengendalian PPI, Kementerian Komunikasi dan Informatika tahun 2020. Populasi penelitian adalah operator seluler di Indonesia yaitu PT. Telkomsel, PT. Indosat, PT. XL-Axiata, PT. Smartfren, PT. Hutchinson 3 Indonesia (H3I), dan PT. Sampoerna Telekomunikasi Indonesia (STI).

Gambar 1 menunjukkan kerangka penelitian yang terdiri dari empat tahapan. Tahap pertama yaitu studi literatur penelitian terkait indeks kesiapan operator seluler dalam mengimplementasikan teknologi 5G. Tahap ke-dua yaitu menentukan kriteria maupun sub-kriteria yang diperoleh dari studi literatur. Tahap selanjutnya yaitu menentukan bobot kriteria. Bobot kriteria diperoleh melalui penilaian para ahli (*expert judgement*). Bobot tiap kriteria diperoleh melalui perhitungan *geometric mean*, kemudian ditentukan skor, dan selanjutnya diperoleh bobotnya. Setelah memperoleh bobot kriteria, kemudian menghitung indeks kesiapan. Untuk menghitung indeks Adapun persamaan untuk menghitung indeks kesiapan adalah sebagai berikut (incites Consulting S.A, 2020) :

$$CI_o = \sum_{q=1}^n Wq \cdot Iq_o \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

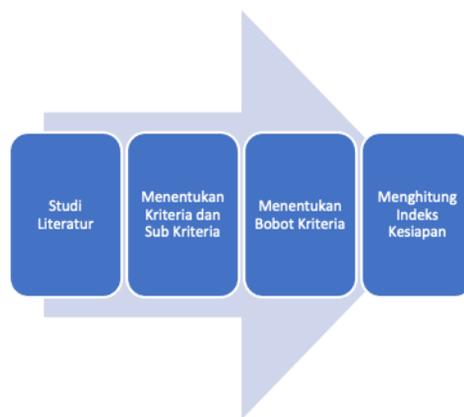
- CI_o : nilai indeks kesiapan
- W_q : bobot tiap kriteria
- Iq_o : nilai normalisasi kriteria masing-masing operator seluler

Nilai indeks kesiapan diperoleh dari jumlah total nilai normalisasi kriteria masing-masing operator seluler yang telah dikalikan dengan bobot masing – masing kriteria. Adapun nilai normalisasi tiap kriteria diperoleh dari persamaan berikut ini (incites Consulting S.A, 2020):

$$Iq_o = \frac{Xq_o - Min_o(Xq)}{Max_o(Xq) - Min_o(Xq)} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- X_{qo} : nilai kriteria tertentu pada operator tertentu
- Min_o(X_q) : nilai minimal kriteria dari operator tertentu
- Max_o(X_q) : nilai maksimal kriteria dari operator tertentu



Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian

Parameter untuk mengukur kesiapan operator seluler dalam mengimplementasikan teknologi 5G meliputi infrastruktur, spektrum, *demand*, dan *revenue* maupun ARPU. Tabel 1 menunjukkan kriteria yang digunakan untuk melakukan pengukuran kesiapan operator seluler dalam mengimplementasikan teknologi 5G. Sebagian besar data diperoleh dari Direktorat Pengendalian PPI, Kementerian Komunikasi dan Informatika pada tahun 2021. Karena data terakhir yang tersedia adalah akhir tahun 2020, maka penelitian ini menggunakan data tahun 2020. Data kriteria untuk komersialisasi jaringan 5G diperoleh dari wawancara dengan operator seluler maupun informasi berita online terkini. Penentuan skor komersialisasi jaringan 5G dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Parameter dan Indikator Pengukuran Kesiapan Operator Seluler dalam Mengimplementasikan Teknologi 5G

No	Kriteria	Sub-Kriteria	Sumber
1	Infrastruktur	- Total BTS 4G (Mwangi, 2020) - Fiber optik <i>Coverage</i> (GSMA, 2019), (Mwangi, 2020)	Direktorat Pengendalian PPI Kominfo tahun 2021
2	Spektrum	- <i>Low band</i> - <i>Middle band</i> - <i>High band</i> - (Abecassis et al., 2019), (GSMA, 2019), (Mwangi, 2020)	Direktorat Penataan, Kominfo tahun 2021
3	<i>Demand</i>	- Jumlah pelanggan 4G (GSMA, 2019) - Total trafik (inCITES <i>consulting</i> , 2020), (Mwangi, 2020)	Laporan Tahunan, Direktorat Pengendalian PPI, Kominfo tahun 2021
4	<i>Revenue</i> /ARPU	- <i>Revenue</i> (GSMA, 2019) - ARPU (GSMA, 2019)	Laporan Tahunan, Direktorat Pengendalian PPI tahun 2021
5	Komersialisasi Jaringan 5G (inCITES <i>consulting</i> , 2020)		Wawancara dan studi literatur

Tabel 2. Nilai Skor Komersialisasi Jaringan 5G

Skor	Status
0	Tidak ada data
0,25	Operator sedang berinvestasi 5G
0,5	Operator sedang aktif membangun 5G
0,75	Operator meluncurkan 5G (ketersediaan terbatas)
1	Operator meluncurkan 5G

Sumber: (incites Consulting S.A, 2020)

Untuk membedakan tingkat kesiapan dalam mengimplementasikan teknologi 5G, penelitian ini membagi tingkat kesiapan dari belum siap sampai dengan siap berdasarkan skor kesiapan. Tabel 3 menunjukkan skor dan tingkat kesiapan dalam penelitian ini.

Tabel 3. Tingkat Kesiapan dalam Mengimplementasikan Teknologi 5G

Skor	Tingkat kesiapan
$\geq 0,75$	Sangat siap
$0,5 - 0,75$	Cukup siap
$0,25 - 0,5$	Kurang siap
$< 0,25$	belum siap

Sumber: (Mwangi, 2020), (Kementerian Perindustrian RI, 2018)

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Hasil Normalisasi Nilai Kriteria dan Sub-Kriteria *Readiness*

Pada pengukuran kesiapan operator seluler dalam mengimplementasikan teknologi 5G, penelitian ini menggunakan beberapa indikator yang dianalisis yaitu infrastruktur, spektrum frekuensi, *demand*, dan *revenue*/ARPU.

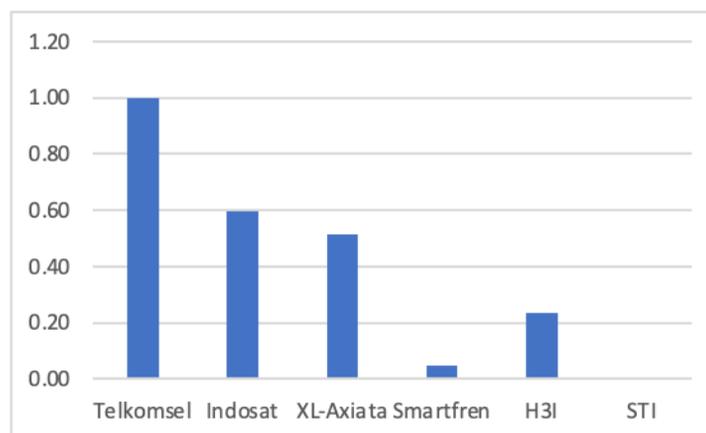
a. Infrastruktur

Infrastruktur yang diukur dalam menentukan kesiapan dalam menggelar teknologi 5G yaitu:

1) BTS 4G

Infrastruktur jaringan teknologi 5G terdiri dari *standalone* dan *non-standalone*. Jaringan *standalone* adalah konfigurasi jaringan 5G yang berdiri sendiri, tanpa didukung oleh jaringan 4G. Sebaliknya, untuk jaringan *non-standalone*, jaringan 5G didukung oleh jaringan 4G (International Telecommunication Union, 2019). Pada awal implementasi, operator seluler yang sudah memiliki jaringan 4G standard 3GPP akan menggunakan konfigurasi *non-standalone* dengan memanfaatkan jaringan 4G yang ada.

Kesiapan operator seluler dalam mengimplementasikan teknologi 5G sangat dipengaruhi oleh jumlah BTS 4G. Oleh karena itu, dalam penelitian ini mempertimbangkan jumlah BTS 4G yang dimiliki oleh masing-masing operator seluler di Indonesia. Berdasarkan data dari Direktorat Pengendalian PPI, Kementerian Komunikasi dan Informatika, diperoleh bahwa sebanyak 41,48% total BTS 4G di Indonesia dimiliki oleh PT. Telkomsel. PT. Indosat dan PT. XL Axiata masing-masing memiliki 24,85% dan 21,46% dari total keseluruhan BTS 4G di Indonesia. Sedangkan sisanya sebesar 9,94% dimiliki oleh H3I, 2,13 % oleh Smartfren dan 0,15% oleh STI. Gambar 2 menunjukkan nilai normalisasi jumlah BTS 4G masing-masing operator seluler. Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa Telkomsel menduduki peringkat ke-1 dari segi kepemilikan jumlah BTS 4G, kemudian disusul Indosat dan XL-Axiata.



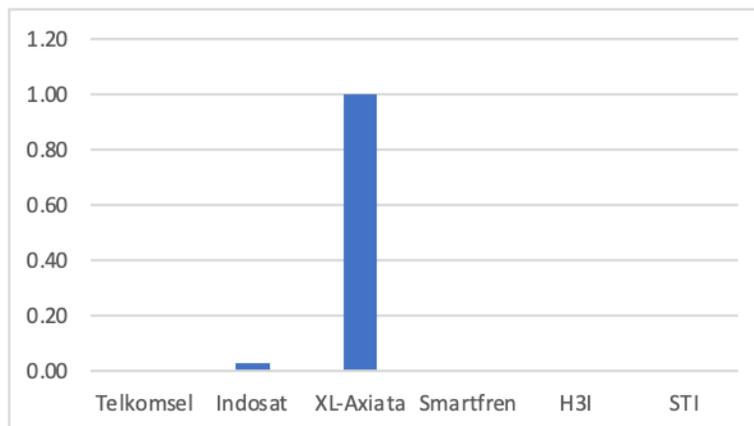
Gambar 1. Prosentase Kepemilikan Operator Seluler terhadap BTS 4G (Tahun 2020)

Sumber : Data Diolah, 2021

2) *Fiber Coverage*

Pembangunan infrastruktur 5G tidak terlepas dari jaringan fiber optik. Fiber optik digunakan sebagai *transport system* atau *backhaul* karena kapasitas yang tinggi. Dengan kapasitas tinggi tersebut, maka *data rate* yang diterima oleh pelanggan juga akan tinggi.

Untuk menentukan kesiapan operator seluler dalam mengimplementasikan teknologi, kepemilikan jaringan fiber optik sangat diperlukan untuk mendukung keberhasilan penggelaran 5G. Berdasarkan data dari Direktorat Pengendalian PPI, Kementerian Kominfo diperoleh bahwa sebagian besar operator seluler belum mempunyai jaringan fiber optik kecuali PT. Indosat dan XL-Axiata. Hal ini disebabkan operator seluler selain PT. Indosat dan XL Axiata belum mempunyai izin jaringan tetap lokal. PT. XL-Axiata memiliki sebanyak 19.000 lebih ODP secara nasional, sedangkan PT. Indosat memiliki sekitar 500 ODP. Dari tingkat kepemilikan *fibre optic*, PT.XL-Axiata menunjukkan paling banyak kemudian disusul oleh Indosat. Gambar 2 menunjukkan nilai normalisasi tingkat kepemilikan jangkauan fiber optik secara nasional oleh operator seluler di Indonesia. Dari gambar tersebut terlihat bahwa XL-Axiata menduduki peringkat ke-1 kemudian disusul Indosat.

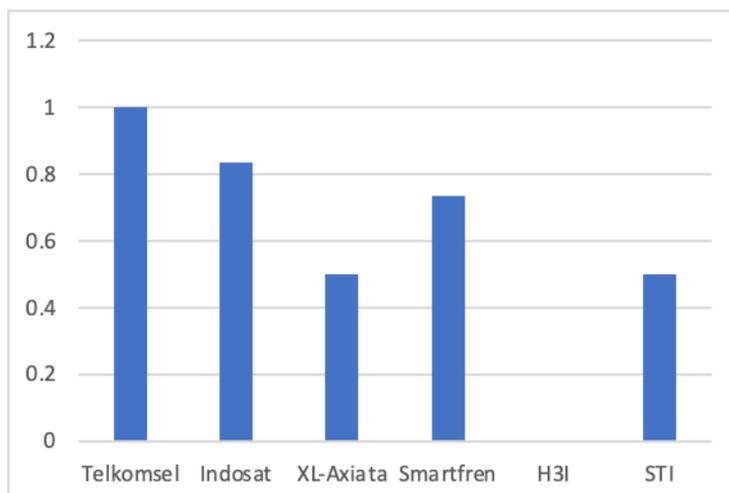


Gambar 2. Nilai Normalisasi Kriteria Kepemilikan Fiber Optik
 Sumber: Data Diolah, 2021

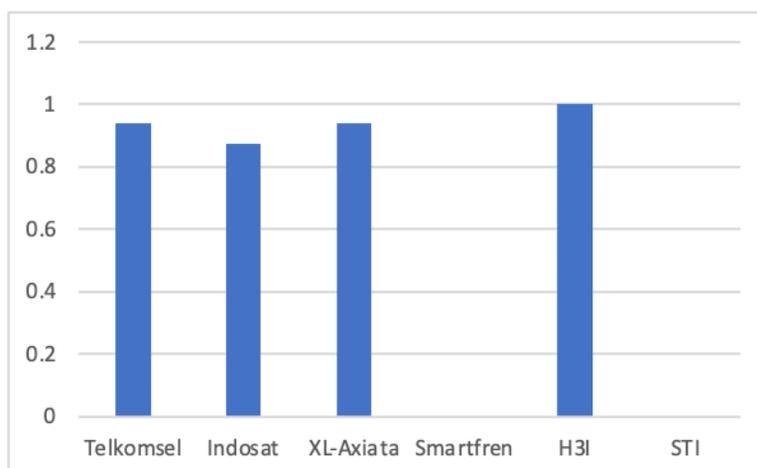
b. Spektrum

Kepemilikan ijin spektrum frekuensi radio sangat mendukung keberhasilan pembangunan jaringan teknologi 5G. Alokasi frekuensi 5G terdiri dari *low band* (kurang dari 1 GHz), *mid band* (1 – 6 GHz), dan *high band* berada pada rentang frekuensi *millimeter wave band* (ETSI 3GPP 5G, 2018). Spektrum frekuensi radio yang dimiliki ijinnya oleh operator seluler di Indonesia saat ini yaitu pada frekuensi *low band* dan *middle band*, yang dipergunakan untuk teknologi 2G, 3G, 4G maupun netral teknologi.

Berdasarkan Gambar 3, *bandwidth* frekuensi *low band* (frekuensi dibawah 1 GHz) terbanyak dimiliki oleh PT. Telkomsel, kemudian disusul oleh Indosat dan Smartfren. Ijin pita frekuensi *low band* yang dimiliki oleh operator seluler saat ini dipergunakan sebagai teknologi netral. Sehingga operator memiliki kebebasan penggunaan frekuensi tersebut untuk teknologi 2G, 3G, maupun 4G. Beberapa negara yang menggunakan pita frekuensi *low band* untuk 5G yaitu Amerika, Kanada, Jerman, Perancis, Italia, China, Korea Selatan, dan India (Qualcomm, 2020). Sebagian besar negara yang menggunakan frekuensi *low band* untuk 5G yaitu pada pita frekuensi 700 MHz. Korea Selatan menggunakan frekuensi 700 MHz maupun 800 MHz untuk teknologi 5G. Sedangkan Amerika Serikat menggunakan pita frekuensi 600 MHz dan 900 MHz untuk implementasi 5G. Dengan adanya teknologi netral di Indonesia, besar kemungkinan operator dapat menggunakan pita frekuensi *low band* untuk teknologi 5G.



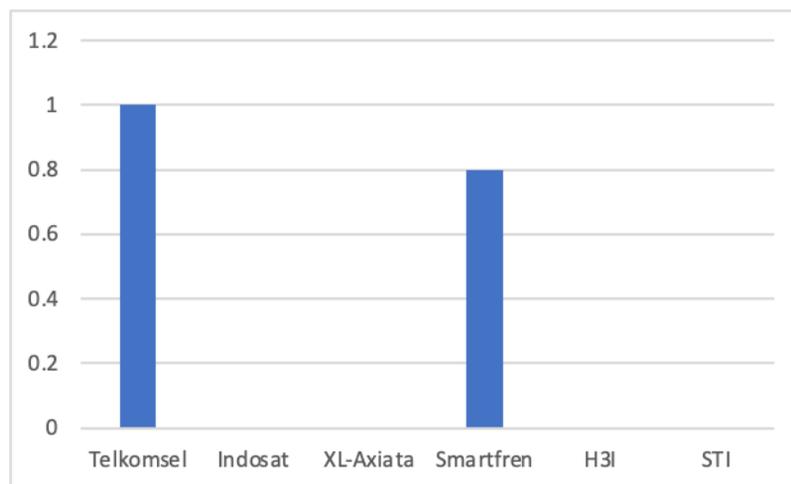
Gambar 3. Nilai Normalisasi Kriteria Kepemilikan Spektrum Frekuensi Low Band (FDD)
 Sumber: Data Diolah, 2021



Gambar 4. Nilai Normalisasi Kriteria Kepemilikan Spektrum Frekuensi Sedang (Mid Band FDD)
 Sumber: Data Diolah, 2021

Pengguna spektrum mid band FDD (frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz) di Indonesia sebanyak empat operator, yaitu Telkomsel, Indosat, XL-Axiata, dan H3I (Gambar 4). *Bandwidth* terbesar dimiliki oleh H3I, kemudian disusul Telkomsel dan XL-Axiata. Saat ini frekuensi tersebut digunakan untuk teknologi netral 2G/3G/4G. Adapun negara lain yang menggunakan frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz saat ini belum ada karena sebagian besar negara di dunia menggunakannya untuk teknologi 2G/3G/4G.

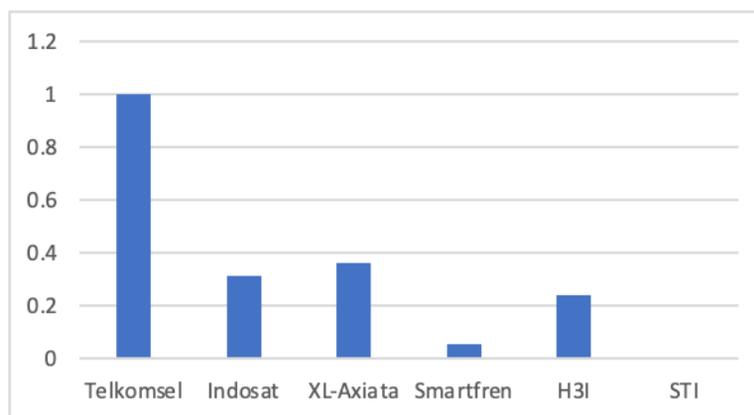
Spektrum frekuensi yang dimiliki oleh operator seluler, dan menjadi kandidat terbesar untuk teknologi 5G yaitu frekuensi 2,3 GH atau *mid band* TDD. Berdasarkan Gambar 5, Operator seluler yang saat ini mempunyai ijin pita frekuensi tersebut yaitu Telkomsel dan Smartfren. Telkomsel memiliki *bandwidth* sebesar 50 MHz, sedangkan Smartfren sebesar 40 MHz. Dengan adanya kepemilikan ijin pita frekuensi tersebut maka kedua operator memiliki peluang besar untuk dapat menerapkan teknologi 5G lebih cepat dibanding operator seluler lainnya.



Gambar 5. Nilai Normalisasi Kriteria Kepemilikan Frekuensi Sedang (*Mid Band TDD*)
 Sumber : Data Diolah, 2021

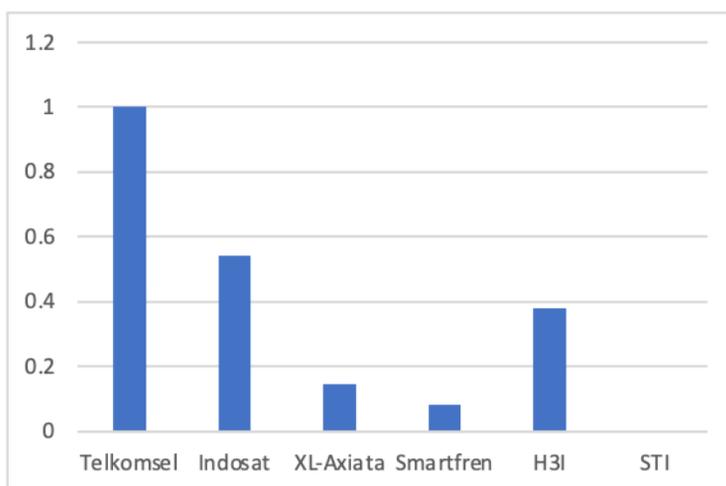
c. *Demand*

Jumlah pelanggan 4G dan trafik data menentukan kesiapan operator seluler dalam mengimplementasikan teknologi 5G (incites Consulting S.A, 2020). Berdasarkan data dari Kementerian Kominfo (2020), diperoleh sebanyak 50,69% pelanggan 4G dimiliki oleh PT. Telkomsel, kemudian disusul PT. Indosat sebanyak 17,94%, PT. XL-Axiata sebanyak 17,23%, H3I sebanyak 12,24%, Smartfren sebanyak 2,89%, dan STI sebanyak 0,03%. Gambar 6 menunjukkan nilai normalisasi jumlah pelanggan 4G masing-masing operator seluler. Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa PT. Telkomsel memiliki pelanggan 4G terbesar dibanding operator lainnya. Kemudian disusul XL-Axiata dan Indosat. Jumlah pelanggan paling sedikit dimiliki oleh STI, yaitu sekitar 70 ribu pelanggan.



Gambar 6. Nilai Normalisasi Jumlah Pelanggan 4G
 Sumber: Data Diolah, 2021

Trafik data adalah jumlah data yang bergerak melintasi jaringan pada titik waktu tertentu. Berdasarkan data laporan operator seluler tahun 2020, diperoleh total trafik data (Terrabyte/tahun) terbesar dimiliki oleh PT. Telkomsel, kemudian disusul Indosat, H3I, XL-Axiata, Smartfren, dan yang paling kecil oleh STI. Gambar 7 menunjukkan nilai normalisasi total trafik data dari masing-masing operator seluler di Indonesia pada tahun 2020.

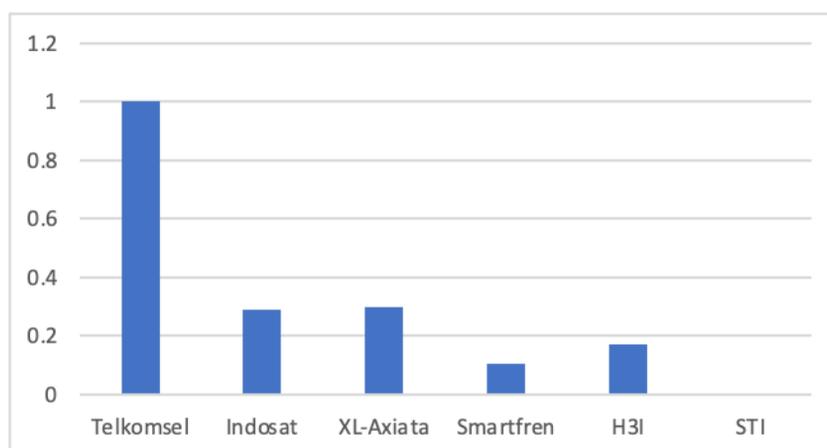


Gambar 7. Nilai Normalisasi Total Trafik Data Tiap Operator Seluler
Sumber: Data Diolah, 2021

d. *Revenue* dan ARPU

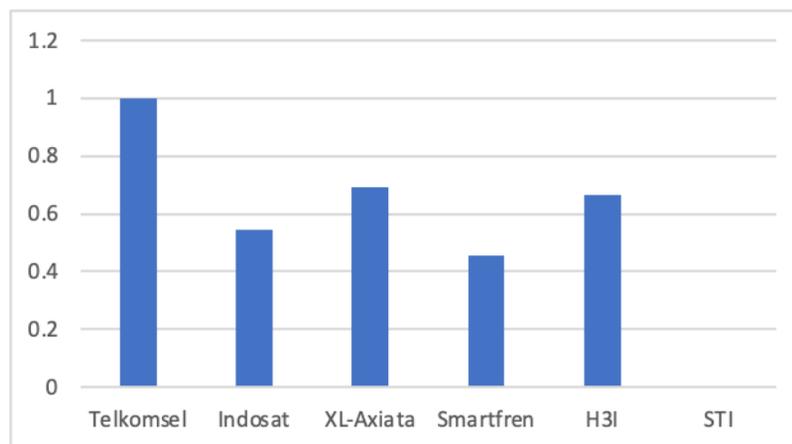
Pembangunan infrastruktur 5G membutuhkan biaya yang tidak sedikit. *Revenue* operator seluler sangat berpengaruh terhadap kemampuan untuk berinvestasi pada teknologi 5G (GSMA, 2019). Semakin besar *revenue* maka kemungkinan untuk berinvestasi pada teknologi 5G akan semakin besar. Selain *revenue*, ARPU juga turut berperan terhadap keberlanjutan bisnis operator seluler, yang kemudian turut menentukan kesiapan dalam mengimplementasikan teknologi 5G.

Berdasarkan data dari laporan keuangan penyelenggara seluler tahun 2020, diperoleh *revenue* terbesar dimiliki oleh PT. Telkomsel, kemudian disusul PT. XL-Axiata, PT. Indosat, H3I, Smartfren, dan yang paling sedikit yaitu STI. Dengan demikian *market share* terbesar dimiliki oleh PT. Telkomsel sebesar 53,5%, kemudian disusul PT. XL-Axiata sebesar 15,97%, PT. Indosat sebesar 15,61%, H3I sebesar 9,09%, PT.Smartfren sebesar 5,78%, dan STI sebesar 0,04%. Gambar 8 menunjukkan nilai normalisasi *revenue* atau pendapatan masing-masing operator seluler di Indonesia pada tahun 2020.



Gambar 8. Nilai Normalisasi Pendapatan Tiap Operator Seluler
Sumber: Data Diolah, 2021

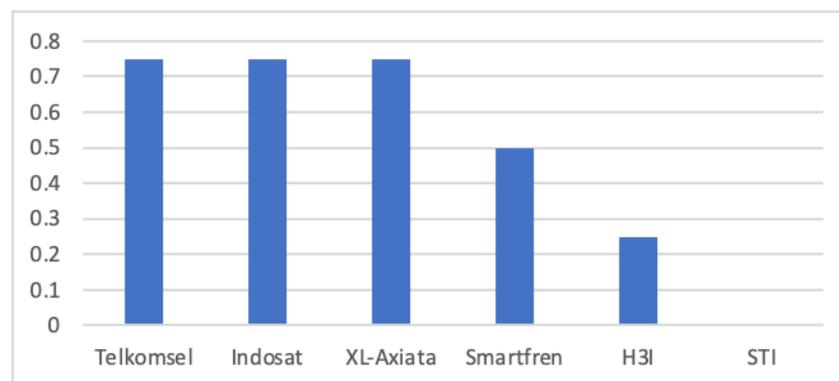
Gambar 9 menunjukkan nilai normalisasi ARPU masing-masing operator seluler pada tahun 2020. ARPU terbesar dimiliki oleh PT. Telkomsel, kemudian disusul PT. XL-Axiata, H3I, Indosat, Smartfren, dan STI. Meskipun ARPU Telkomsel terbesar, namun ARPU *growth* bernilai negatif. Demikian pula Smartfren, H3I, dan STI mengalami hal yang sama.



Gambar 9. Nilai Normalisasi ARPU Tiap Operator Seluler
Sumber: Data Diolah, 2021

e. Komersialisasi Jaringan 5G

Berdasarkan hasil wawancara dengan operator seluler maupun literatur, maka diperoleh nilai tertinggi untuk kriteria komersialisasi 5G yaitu Telkomsel, Indosat, dan XL-Axiata. Operator tersebut telah meluncurkan teknologi 5G untuk beberapa wilayah di Indonesia. Sedangkan Smartfren memiliki nilai 0,5 karena masih membangun infrastruktur teknologi 5G namun belum meluncurkannya. Sedangkan H3I sampai saat ini masih menginvestasikan teknologi 5G dengan cara melakukan *merger* dengan Indosat. Sementara STI belum ada wacana untuk membangun 5G.



Gambar 10. Nilai Normalisasi Komersialisasi Jaringan 5G
Sumber: Data Diolah, 2021

4.2 Tingkat Kesiapan Implementasi 5G

Setelah dilakukan normalisasi nilai kriteria dan sub kriteria, kemudian melakukan pembobotan dari tiap kriteria. Berdasarkan hasil penilaian dari para *expert* sebanyak 3 orang responden yang posisinya sebagai peneliti, akademisi dan praktisi dari salah satu operator seluler, diperoleh nilai pembobotan untuk tiap kriteria dan sub kriteria yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil pengolahan data diperoleh bahwa nilai terbesar tingkat kesiapan operator seluler dari segi infratraktur dimiliki oleh PT. XL-Axiata, kemudian disusul oleh PT. Telkomsel, dan PT. Indosat. Apabila dilihat dari jumlah infrastruktur BTS 4G, PT. Telkomsel menduduki skor tertinggi. Namun, dikarenakan PT. Telkomsel tidak mempunyai jaringan fiber optik, maka skor disusul oleh PT. XL-Axiata yang mempunyai fiber optik terbanyak dari keseluruhan operator seluler. Selain PT. XL-Axiata, PT. Indosat memiliki fiber optik meskipun tidak sebanyak PT. XL-Axiata. Sehingga, meskipun jumlah BTS 4G yang dimiliki oleh Indosat lebih banyak sekitar 3% dari XL-Axiata, skor kesiapan infrastruktur masih dibawah PT. XL-Axiata maupun PT. Telkomsel. Adapun PT. Sampoerna Telekomunikasi Indonesia (STI)

memiliki skor terendah karena selain paling sedikit kepemilikan BTS 4G, juga tidak mempunyai jaringan fiber optik.

Tabel 4. Bobot Masing-Masing Kriteria dan Sub-Kriteria

Kriteria	Bobot	Sub-Kriteria	Bobot
Infrastruktur	0.222	Total BTS 4G	0.500
		Jangkauan Fiber Optik	0.500
Spektrum	0.222	Lowband (FDD)	0.364
		Mid Band (FDD)	0.364
		Mid Band (TDD)	0.273
Revenue/ARPU	0.111	Revenue	0.500
		ARPU	0.500
Demand	0.222	Pelanggan 4G	0.400
		Trafik Data	0.600
Komersialisasi Jaringan 5G	0.222		

Sumber : Data Diolah, 2021

Dari segi kepemilikan ijin spektrum frekuensi, PT. Telkomsel memiliki skor kesiapan tertinggi karena Telkomsel mempunyai lebar *bandwidth* terbesar dibanding operator lainnya. PT. Indosat menduduki peringkat ke-dua kemudian disusul XL-Axiata, Smartfren, H3I dan STI. Meskipun pita frekuensi 1,8 GHz dan 2,1 GHz sampai saat ini belum digunakan oleh negara lain (Qualcomm, 2020), namun beberapa operator seluler di Indonesia salah satunya Telkomsel berencana menggunakan frekuensi 2,1 GHz untuk 5G. Frekuensi 2,3 GHz juga merupakan kandidat terbesar untuk teknologi 5G, sehingga kepemilikan ijin pita frekuensi 2,3 GHz yang saat ini dimiliki oleh Smartfren maupun Telkomsel memberikan peluang besar untuk dapat menerapkan teknologi 5G.

Tabel 5. Skor Tingkat Kesiapan

KRITERIA/OPERATOR	TELKOMSEL	INDOSAT	XL-AXIATA	SMARTFREN	H3I	STI
INFRASTRUKTUR	0.111	0.069	0.168	0.005	0.026	0.000
SPEKTRUM	0.217	0.138	0.116	0.108	0.081	0.040
REVENUE/ARPU	0.111	0.046	0.055	0.031	0.046	0.000
DEMAND	0.222	0.100	0.052	0.016	0.072	0.000
KOMERSIALISASI JARINGAN 5G	0.167	0.167	0.167	0.111	0.056	0.000
TOTAL SKOR	0.828	0.520	0.558	0.271	0.281	0.040

Sumber: Data Diolah, 2021

Skor tingkat kesiapan dari segi *demand* yang meliputi jumlah pelanggan 4G dan total trafik data dapat dilihat pada Tabel 5. Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa Telkomsel memiliki skor tertinggi. Berdasarkan data yang diperoleh, jumlah pelanggan 4G Telkomsel sebanyak 50,69% dari total jumlah pelanggan 4G di Indonesia. Selain itu, total trafik data Telkomsel sebanyak 46,46% dari keseluruhan trafik data operator seluler di Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan layanan data pelanggan Telkomsel sangat besar. Dengan demikian, banyak peluang permintaan layanan data yang lebih tinggi sehingga perlunya membangun infrastruktur teknologi yang lebih handal dibanding teknologi saat ini. Indosat menempati peringkat ke-2 dari segi *demand*, kemudian disusul H3I. H3I mempunyai *demand* yang lebih tinggi dibanding dengan XL-Axiata karena meskipun jumlah pelanggan 4G H3I lebih sedikit dibanding dengan XL-Axiata, namun total trafik datanya jauh lebih tinggi dibanding dengan XL-Axiata.

Dari sisi *revenue* maupun ARPU, Telkomsel mempunyai skor tertinggi dibanding operator seluler lainnya. Meskipun mengalami penurunan dibanding tahun sebelumnya, *revenue* maupun ARPU Telkomsel tahun 2020 masih memimpin dibanding operator lainnya. Dengan *market share* sebesar 53,5% menunjukkan bahwa Telkomsel mampu dan siap melakukan penggelaran 5G karena mempunyai modal yang besar dari pendapatan teknologi saat ini. Setelah Telkomsel kemudian disusul XL-Axiata dan Indosat. Apabila dilihat dari tingkat pertumbuhan *revenue* dan ARPU, Indosat dan XL-Axiata menunjukkan nilai positif. Sedangkan operator seluler lainnya menunjukkan nilai negatif. Meskipun demikian nilai *revenue* maupun ARPU masih jauh dibanding dengan Telkomsel.

Dari keseluruhan parameter yang diukur dapat dilihat pada Tabel 5 menunjukkan bahwa PT. Telkomsel memiliki skor terbesar (sangat siap) dari tingkat kesiapan penggelaran 5G, kemudian XL-Axiata

dan Indosat cukup siap. H3I menduduki peringkat ke-4, kemudian disusul H3I pada peringkat ke-5, dimana kedua operator tersebut kurang siap. Sampoerna Telekom Indonesia (STI) berada pada urutan paling bawah yaitu pada tingkat belum siap. Dengan demikian, berdasarkan data dan parameter dalam penelitian ini menunjukkan bahwa Telkomsel paling siap untuk menggelar teknologi 5G, sedangkan operator lain masih membutuhkan perhatian khusus terkait kesiapan. Menurut Mwangi (2020), perlu dorongan positif bagi operator seluler yang masih memiliki nilai kesiapan dibawah 0,75. Efektivitas kebijakan dari regulator dalam upaya mendorong keberhasilan 5G baik dari spektrum frekuensi dan kebijakan lainnya yang mendorong terwujudnya implementasi sangat diperlukan (Hutajulu, Dhewanto, & Prasetio, 2020). Fleksibilitas kebijakan seperti *infrastructure sharing* sangat diperlukan dalam mendukung keterjangkauan sinyal 5G (GSMA, 2019). Selain itu, perlunya dukungan investasi dan insentif pajak bagi operator seluler serta industri yang terkait terhadap pengembangan 5G (GSMA, 2019). Dorongan bagi operator seluler untuk melakukan ekosistem inovasi yang berarti bekerja dan berkreasi bersama, serta adanya jaringan dari banyak entitas teknologi untuk membawa lebih banyak inovasi dan nilai akan sangat mendorong kesiapan dan keberhasilan pembangunan 5G (Hutajulu, Dhewanto, Prasetio, et al., 2020).



Gambar 11. Tingkat Kesiapan Operator Seluler Dalam Mengimplementasikan Teknologi 5G

5. Simpulan dan Saran

Informasi kesiapan operator seluler dalam mengimplementasikan teknologi 5G sangat diperlukan bagi pemerintah dalam perumusan kebijakan penggelaran teknologi 5G di Indonesia. Berdasarkan hasil penelitian, PT. Telkomsel paling siap dalam penggelaran 5G di Indonesia, selanjutnya PT. XL-Axiata, PT. Indosat, PT. Smartfren, PT. Hutchinson 3 Indonesia (H3I), dan yang paling terakhir adalah PT. Sampoerna Telekomunikasi Indonesia (STI). PT. Telkomsel mempunyai kesiapan yang paling tinggi dari segi infrastruktur, spektrum frekuensi, demand pelanggan atas layanan data, maupun dari pendapatan.

Dalam penerapannya, teknologi 5G membutuhkan *bandwidth* yang jauh lebih lebar dibanding dengan teknologi sebelumnya agar diperoleh kualitas layanan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh 3GPP. Selain itu, kesediaan spektrum juga sangat menentukan biaya yang akan diperlukan dalam penggelaran 5G. Semakin lebar spektrum yang dimiliki oleh operator seluler, semakin sedikit biaya yang dikeluarkan dalam pembangunan infrastruktur 5G. Dengan demikian pemerintah perlu memberikan dukungan terkait kesediaan spektrum frekuensi baik *low band*, *middle band*, maupun *high band*. Pemerintah juga perlu memberikan dukungan infrastruktur fiber optik baik dari segi penyediaannya maupun dukungan regulasi yang mempermudah operator seluler dalam membangun jaringan fiber optik.

Penelitian ini bermanfaat bagi masyarakat maupun pemerintah dalam memberikan informasi terkait tingkat kesiapan operator seluler dalam implementasi 5G. Meskipun demikian, penelitian ini tidak luput dari keterbatasan, yaitu masih ada beberapa aspek yang belum dinilai yaitu sumber daya manusia dan inovasi. Oleh karena itu, penelitian kedepan perlu mengukur aspek sumber daya manusia dan inovasi yang dimiliki oleh tiap operator seluler agar memberikan gambaran tingkat kesiapan yang lebih komprehensif.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Bonnie M. Thamrin Wahid, selaku Kepala Puslitbang SDPPPI yang telah memberikan persetujuan permohonan data kepada Direktorat Pengendalian PPI, Kementerian Komunikasi dan Informatika.

Daftar Pustaka

- Abecassis, D., Stewart, J., & Nickerson, C. (2019). *Global Race to 5G – update* (Issue April). [https://ecfsapi.fcc.gov/file/1040331077123/AnalysysMason - Global Race to 5G Update.pdf](https://ecfsapi.fcc.gov/file/1040331077123/AnalysysMason-GlobalRaceTo5GUpdate.pdf)
- Campbell, K., Diffley, J., Flanagan, B., Morelli, B., O’Neil, B., & Sideco, F. (2017). The 5G economy : How 5G technology will contribute to the global economy. In *Ihs Economics & Ihs Technology* (Issue January, pp. 1–35).
- ETSI 3GPP 5G. (2018). 5G; NR; User Equipment (UE) Radio Transmission and Reception; Part 1: Range 1 Standalone (3GPP TS 38.101-1 version 16.4.0 Release 16). In *3GPP TS 38.101-1 version 16.4.0 Release 16: Vol. 16.4.0*. <https://portal.etsi.org/TB/ETSIDeliverableStatus.aspx>
- GSMA. (2019). *5G in Sub-Saharan Africa : laying the foundations*.
- Hutajulu, S., Dhewanto, W., & Prasetyo, E. A. (2020). Two scenarios for 5G deployment in Indonesia. *Technological Forecasting and Social Change*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120221>
- Hutajulu, S., Dhewanto, W., Prasetyo, E. A., & Rudito, P. (2020). Key Success Factors for 5G Technology Commercialization in Telecommunication Company Case Study of an Established XYZ Company in Indonesia. *The Asian Journal of Technology Management (AJTM)*, 13(1), 16–34. <https://doi.org/10.12695/ajtm.2020.13.1.2>
- IDRC CRDI. (2020). *Government AI Readiness Index 2020*.
- incITES consulting. (2020). *Europe 5G Readiness Index*. https://www.incites.eu/incites-map/Europe_5G_Readiness_Index_Report.pdf
- incites Consulting S.A. (2020). *Europe 5G Readiness Index Methodology* (Issue May).
- International Telecommunication Union. (2019). *5G networks and 3GPP Release 15* (Issue October, p. 110).
- ITU. (2019). *5G - Fifth generation of mobile technologies*. ITU. <https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/5G-fifth-generation-of-mobile-technologies.aspx>
- Kementerian Komunikasi dan Informatika. (2021). Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2021 tentang Rencana Strategis Kementerian Komunikasi dan Informatika Tahun 2020-2024. In *Kominfo*.
- Kementrian Perindustrian RI. (2018). Indonesia Industry 4.0 Readiness Index. *Kementrian Perindustrian RI*, 1–23.
- Marabissi, D., Mucchi, L., Fantacci, R., Spada, M. R., Massimiani, F., Fratini, A., Cau, G., Yunpeng, J., & Fedele, L. (2018). A Real Case of Implementation of the Future 5G City. *MDPI*, 11,4. <https://doi.org/10.3390/111010004>
- McKinsey & Company. (2018). The road to 5G: The inevitable growth of infrastructure cost | McKinsey. In *McKinsey & Company* (Issue February, pp. 1–8).
- Mendoza, J., De-La-bandera, I., Álvarez-Merino, C. S., Khatib, E. J., Alonso, J., Casalderrey-Díaz, S., & Barco, R. (2021). 5g for construction: Use cases and solutions. *Electronics (Switzerland)*, 10(14), 1–14. <https://doi.org/10.3390/electronics10141713>
- Mwangi, A. (2020). *Assessing the Readiness Index of the Private Sector to Effectively use 5G Assessing the Readiness Index of the Private Sector to Effectively use 5G Technology in the Urban and Peri-urban areas of Kenya* . (Issue June). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11372.18562>
- Qualcomm. (2020). Global update on spectrum for 4G & 5G. *Qualcomm Inc., San Diego, CA, White Paper, December*, 1–21. <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/spectrum-for-4g-and-5g.pdf>
- Qualcomm. (2021). *What is 5G / Everything You Need to Know About 5G / 5G FAQ / Qualcomm*. Qualcomm. <https://www.qualcomm.com/5g/what-is-5g>
- Setiawan, D. (2021). *Pengumuman nomor : 3/sp/timsel2.3/kominfo/4/2021 tentang* (pp. 4–6).