

Analisis Potensi Teknologi Jaringan 5G Area Sulawesi Selatan

Muhammad Anas Masa
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muslim Indonesia
Makassar, Indonesia
anas.masa@umi.ac.id

Tanridio Silviati Delfina Abdurrahman
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muslim Indonesia
Makassar, Indonesia
tanridiosilviati.da@umi.ac.id

Abdullah Basalamah
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muslim Indonesia
Makassar, Indonesia
abdullah.basalamah@umi.ac.id

Muhammad Natsir Rahman
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Khairun
Ternate, Indonesia
mnr4hm4n@yandex.com

Haris Lahmado
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muslim Indonesia
Makassar, Indonesia
lahmadofamily@gmail.com

Ahmad Afdhal
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muslim Indonesia
Makassar, Indonesia
ahmadafdhal20@gmail.com

Diterima : November 2022
Disetujui : November 2022
Dipublikasi : Januari 2023

Abstrak— Teknologi jaringan Generasi ke-5 (5G) menjadi fenomena yang baru di Sulawesi Selatan dimana akan terjadinya migrasi teknologi jaringan Generasi ke-4 (4G) ke 5G. Menyusul semakin meningkatnya penetrasi pengguna internet, maka wajar jika teknologi 5G perlu segera diterapkan. Penelitian ini menggunakan metode observasi berupa studi *literature* dan wawancara. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode *Strength-Weakness-Opportunities-Threat* (SWOT). Hasil analisis migrasi 4G ke 5G berdasarkan perubahan arsitekturnya adalah *Serving Gateway* (SGW), *Mobility Management Entity* (MME), *Access and Mobility Management Function* (AMF), *Evolved-Universal Terrestrial Radio Access Network* (E-UTRAN), dan *Next Generation-Radio Access Network* (NG-RAN). Standar pengimplementasian teknologi jaringan 5G berdasarkan rekomendasi *International Telecommunication Union* (ITU) melalui program *International Mobile Telecommunication (IMT)-2020*. Pada kurun waktu 2018 sampai 2021, jumlah pengguna internet di Sulawesi Selatan meningkat sebesar 67,6%. Sementara itu selang waktu tiga tahun jumlah desa/kelurahan yang dapat dilayani *Base Transceiver Station* (BTS) berteknologi 4G bertambah 335 wilayah. Hal tersebut menjadi salah satu peluang yang dimiliki Sulawesi Selatan untuk mengimplementasikan jaringan 5G. Ditambah lagi infrastruktur yang cukup baik menjadi salah satu kekuatan karena tersedianya 94% BTS 4G dari keseluruhan BTS di tahun 2021. Hanya saja perlu memaksimalkan teknologi *Device to Device* (D2D).

Kata kunci —Teknologi; 5G; Internet; Regulasi; Infrastruktur

Abstract— *5th Generation (5G) network technology is a new phenomenon in South Sulawesi where there will be 4G to 5G technology migration. Following the increasing penetration of internet users, the technology needs to be implemented immediately. This study used observation method in the form of literature studies and interviews. The obtained data were analyzed using Strength-Weakness-Opportunity-Threat (SWOT) method. The analysis results of 4G to 5G migration based on architecture evolution are Serving Gateway (SGW), Mobility Management Entity (MME), Access and Mobility Management Function (AMF), Evolved-Universal Terrestrial Radio Access Network (E-*

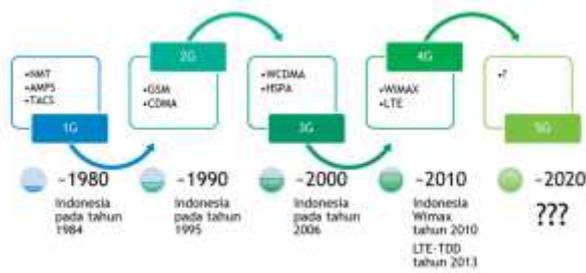
UTRAN), and Next Generation-Radio Access Network (NG-RAN). The standards required for the 5G network technology implementation are based on the recommendation of International Telecommunication Union (ITU) through International Mobile Telecommunication (IMT)-2020 program. During 2018 to 2021, the number of internet users in South Sulawesi increased by 67,6%. Meanwhile, the number of villages/wards served by BTS with 4G technology expanded by 335 area for three years. This is one of the opportunities for South Sulawesi implementing 5G network. Futhermor, sufficiently good infrastructure is as one of the strengths due to the availability of 94% of 4G BTS from all BTS in 2021. However, it needs to maximize Device to Device (D2D) technology.

Keywords—*Technology; 5G; Internet; Regulation; Infrastructure.*

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi informasi dewasa ini sangat massif dilakukan dalam lini kehidupan masyarakat dunia termasuk di Indonesia. Pengguna internet di Indonesia tidak mengenal usia dini atau berumur, tidak memandang menggunakan aplikasi game, bisnis [1] ataupun untuk pendidikan [2]. Terlebih lagi mulainya dikenal *Internet of Thing* (IoT) yang pemanfaatannya menyentuh ranah kehidupan manusia [3]. Dunia terasa dalam genggaman. Terutama saat ditemukannya teknologi seluler, mulai dari diperkenalkannya teknologi Generasi Pertama (1G) hingga 5G.

Setiap 10 tahun, migrasi teknologi jaringan seluler selalu terjadi. Pada tahun 2020 penggunaan teknologi Generasi ke-4 (4G) hampir secara menyeluruh dapat dinikmati di Indonesia. Teknologi komunikasi yang tak pernah berhenti, kini sudah mulai mempersiapkan negara ini untuk memasuki tahap selanjutnya, yaitu konektivitas komunikasi berbasis 5G.



Gambar 1. Perkembangan Teknologi Seluler di Indonesia [4]

Saat ini untuk titik tertentu di Jalan Pettarani Makassar teknologi 5G telah disediakan oleh operator telekomunikasi Indosat dan Telkomsel. Tentu saja, dianggap perlu untuk cakupan pengimplementasiannya diperluas meliputi wilayah Sulawesi Selatan mengingat infrastruktur BTS 4G cukup banyak tersedia di desa/kelurahan yang ada di provinsi tersebut.

Penelitian ini mengidentifikasi potensi teknologi jaringan 5G serta penerapan strategi yang tepat dalam implementasi jaringan teknologi tersebut di area Sulawesi Selatan. Identifikasi potensi teknologi tersebut dilakukan dengan menggunakan analisis metode SWOT untuk menentukan strategi yang tepat dalam mengadopsi teknologi yang dimaksud dengan memanfaatkan potensi yang ada di area Sulawesi Selatan. Sehingga strategi yang diterapkan dapat memberi keuntungan bagi negara, provider, universitas, dan lembaga penelitian yang berminat memberikan kontribusi pada perumusan standar resmi 5G maupun industri yang mendukung teknologi telekomunikasi tersebut.

Penulis terlebih dahulu melakukan studi literatur dari beberapa peneliti terdahulu yang mempublikasikan hasil temuannya dalam jurnal-jurnal dan rekomendasi yang berkaitan dengan teknologi 5G. Kajian awal dan survey tentang teknologi 5G terlebih dahulu telah dilakukan baik penentuan pondasi 5G dengan cara mengikuti perkembangan teknologi yang telah ada dan konsep radio telekomunikasi terbaru sebagai solusi akses telekomunikasi yang tidak terpenuhi [5], perubahan arsitektur lapisan OSI yang diterapkan ke teknologi 5G [6], pembagian dan pemilihan spektrum frekuensi yang dapat digunakan [4],[7]–[11], selain penentuan frekuensi juga diperlukan regulasi baru yang mendukung penyebaran dan kepastian investasi [12], penentuan frekuensi dan arsitektur yang mendukung inovasi layanan [13], performansi kapasitas kanal 5G berbasis *Cyclic Prefix – Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (CP-OFDM) [14], komunikasi D2D menjadi solusi bagi komunikasi dengan trafik yang padat [4],[13],[15], perlunya pemetaan persyaratan yang krusial sesuai kondisi Indonesia dalam menentukan *roadmap* teknologi 5G [16],[17], dan perubahan teknologi saat berintegrasi ke 5G [18].

II. METODE

Metode pendekatan kualitatif dengan lokasi di Provinsi Sulawesi Selatan digunakan dalam penelitian ini dengan merujuk pada literatur jurnal, laporan dan rekomendasi. Selain itu juga melibatkan pendekatan kualitatif dalam pengolahan data-data yang diperoleh dari dokumen-dokumen tersebut. Kajian literatur dilakukan guna melengkapi data. Sedangkan data primer didapatkan dari mewawancarai atau berdialog langsung dengan informan baik dari pihak

pemerintah maupun operator telekomunikasi yang ada di Sulawesi Selatan. Selanjutnya menggunakan metode SWOT dalam menganalisis penetrasi teknologi 5G.

A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah observasi, angket (kuesioner), wawancara dan dokumentasi.

1. Observasi

Pengamatan yang dilakukan adalah dengan memperhatikan jumlah penduduk dan pengguna Internet di Sulawesi Selatan. Selanjutnya mengambil data tentang jumlah desa/kelurahan yang dapat mengakses sinyal BTS dan ketersediaan internet di kantor desa/kelurahan. Kedua hal di atas tampak secara berturut-turut pada tabel 1 dan tabel 2. Kemudian melakukan pemetaan tantangan dan peluang dalam penerapan spektrum dan regulasi seperti terlihat pada tabel 3.

2. Angket (Kuisisioner)

Kuisisioner yang disebarkan ke responden yang berada di dua tempat pusat perbelanjaan elektronik khusus telepon genggam di pusat dan selatan kota Makassar. Kuisisioner tersebut berisikan 4 atribut yaitu merk perangkat, processor, harga dan tahun rilis dari telepon genggam yang dapat dilihat di tabel 4.

3. Wawancara

Lingkup wawancara dalam studi ini, meliputi sebagai berikut:

- Kesiapan teknologi 5G di Sulawesi Selatan (Penyelenggara teknologi 5G di wilayah Makassar),
- Kendala implementasi 5G (Provider telekomunikasi tertentu yang telah melakukan uji coba 5G),
- Kendala implementasi 5G berdasarkan pemerintah (Diskominfo Sulawesi Selatan), dan
- Kondisi area SulSel (Provider Telekomunikasi).

4. Dokumentasi

Lingkup dokumentasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Rekomendasi ITU-R M. 2083,
- Statistik Telekomunikasi Indonesia 2018 – 2021 khususnya memperhatikan wilayah Provinsi Sulawesi Selatan dari data BPS
- Perempuan dan Laki-Laki di Sulawesi Selatan 2018-2021 merujuk data BPS SulSel.

B. Pengolahan Data

Setelah data terkumpul maka langkah selanjutnya adalah mengolahnya. Data akan dipilih sesuai kebutuhan penelitian. Pengolahan data untuk mengimplementasikan 5G dilakukan dengan mengidentifikasi hal-hal yang mendukung sehingga menjadi kekuatan dan peluang, demikian pula akan muncul hambatan berupa kelemahan dan ancaman.

TABEL 1. DATA PENDUDUK DAN PENETRASI INTERNET DI SULAWESI SELATAN [19]–[26]

Proyeksi	Tahun			
	2018	2019	2020	2021
Penduduk	8771970	8851200	9073509	9139531

Pengguna Internet	3253524	3886562	4499554	5455387

TABEL 2. JUMLAH DESA/KELURAHAN YANG TERJANGKAU INFRASTRUKTUR [23]–[26]

Infrastruktur	Tahun			
	2018	2019	2020	2021
BTS	1370	1507	1614	1683
BTS 4G	-	1249	1474	1584
Fasilitas Internet Kantor	936	1048	1437	1695

Sementara itu, strategi-strategi yang ada meliputi mempergunakan semua kekuatan yang ada untuk memanfaatkan peluang-peluang yang teridentifikasi, mengatasi segala kelemahan dengan memanfaatkan peluang-peluang tersebut, mempergunakan seluruh kekuatan untuk menghindari ancaman-ancaman yang telah terpetakan dan menekan semua kelemahan sambil menghindari keseluruhan ancaman tersebut [7].

TABEL 3. TANTANGAN DAN PELUANG [7], [16], [27]

Spektrum dan Regulasi	Peluang	Tantangan
Ketersediaan spektrum frekuensi	1,5 GHz; 3,4 – 3,8 GHz; 24,25 – 27 GHz; 27 – 29 GHz 1 – 100 GHz (ITU)	Spektrum di Indonesia termasuk SulSel telah banyak digunakan untuk layanan lainnya
Komunikasi Satelit mendukung layanan 5G	Satelit memberi konektivitas langsung berkecepatan tinggi untuk jangkauan yang jauh. 5G menggunakan konsep jaringan Hetoregen	Akan hilangnya salah satu Orbit satelit Indonesia
Spektrum tidak termanfaatkan secara maksimal	Dapat menggunakan konsep <i>spectrum pooling</i>	Kemungkinan penolakan <i>primary user</i> yang dapat menyentuh ranah hukum
Sharing Infrastruktur	dukungan industri dapat menurunkan pengeluaran modal	Akan terjadinya perubahan regulasi
Indonesia mengadopsi semua teknologi	Akan beragamnya pilihan teknologi	Membutuhkan banyak sumber daya
Rendahnya koordinasi antar kementerian	Dapat dibentuk tim yang terdiri dari pemerintah, industri dan akademisi	Kurang koordinasi karena perbedaan visi masing-masing <i>stakeholder</i>
Persiapan kemungkinan regulasi baru	Regulasi yang mendukung perkembangan dan adopsi teknologi	Perubahan regulasi menyebabkan adaptasi baru para <i>stake holder</i>
Tingkat kandungan dalam negeri	Meningkatkan industri telekomunikasi lokal tidak hanya berfokus pada <i>software</i>	Penurunan investor asing sementara itu pemerintah sedang mendorong investor asing untuk masuk ke Indonesia

Kemudian, hasil kuisioner untuk mengetahui pangsa pasar teknologi 5G yang berkaitan dengan ketersediaan dan biaya handset teknologi tersebut disarikan pada tabel di bawah ini.

TABEL 4. MARKETPLACE HANDSET 5G

Handphone 5G	Processor	Rilis	Harga (Rp)
--------------	-----------	-------	------------

Huawei	Kirim 985 5G	Juli 2020	5.999.000
Xiaomi Mi 10	Snapragon 865	Februari 2020	9.499.999
Vivo X50 Pro	Snapragon 765G	Juli 2020	9.499.000
Realme	Snapragon 865	Februari 2020	9.999.999
Oppo Reno 5	Snapragon 865	Maret 2020	7.999.000

Pengolahan data-data tersebut pada penelitian ini dijadikan acuan untuk mengimplementasikan peluang 5G berdasarkan wilayah Sulawesi Selatan merujuk ketersediaan infrastruktur yang ada saat ini mendukung terjadinya migrasi teknologi 5G [18], [23]–[26], menggunakan metode SWOT.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Standar Teknologi 5G

Saat ini *key requirements* dari teknologi 5G telah disepakati bersama. Secara global perkembangan teknologi dan visi dari 5G adalah memberikan atau mendukung 1000x kemampuan kapasitas data yang dimiliki oleh teknologi *Long Term Evolution (LTE)* atau 4G dengan kecepatan 1 Gbps pada sisi pengguna pada kondisi kepadatan jaringan yang tinggi [16]. ITU telah memiliki beberapa persyaratan untuk 5G yang berfokus pada pemenuhan tiga indikator kinerja utama [7], yaitu sebagai berikut:

- Laju data sampai 10 Gb/s untuk *enhanced mobile broadband (eMBB)*,
- Koneksi 1 M/km² pada *massive machine-type communication (mMTC)*, dan
- *Latency 1 ms* pada *ultra-reliable low latency communications (URLLC)*.

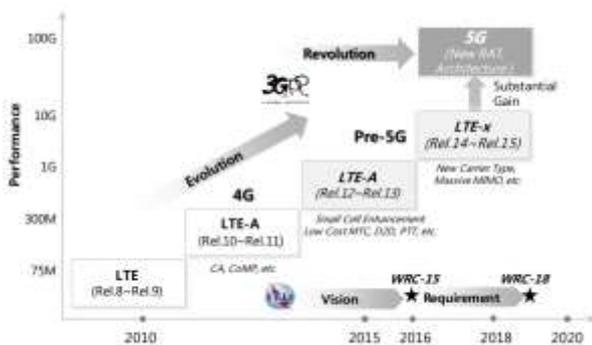
Ketiga indikator layanan di atas memerlukan spektrum frekuensi yang beragam meliputi *low, mid* dan *high band* [4]. Pada frekuensi rendah di bawah 1 GHz, komunikasi 5G akan melayani cakupan area yang luas. Sementara pada frekuensi menengah 3 – 4 GHz memberikan layanan dengan kapasitas besar yang mampu menghubungkan banyak pengguna dengan kecepatan lebih tinggi. Sedangkan pada frekuensi tinggi di atas 24 GHz (contoh *mmWave*) akan menyediakan kapasitas sangat besar dengan *latency* sangat rendah, tetapi cakupan areanya sempit, sehingga sangat cocok untuk wilayah dengan trafik yang sangat padat, menuntut kapasitas yang sangat tinggi atau area khusus [28]. Spektrum-spektrum yang berbeda tersebut akan memberikan layanan berkecepatan yang tinggi dan berkapasitas yang besar menggunakan jaringan heterogen beserta konektivitas beragam pula dengan tetap menjamin QoS di sisi pengguna [4],[30]. Jaringan heterogen tersebut akan memacu evolusi infrastruktur dimana teknologi 5G akan mengandalkan *small cells* karena spektrum yang dipergunakan *mmWave* dan koneksi D2D [18].

Prasyarat dalam 5G harus didefinisikan dalam beberapa dimensi perspektif yakni perspektif pengguna, perspektif performa, perspektif arsitektur, perspektif operasional, dan perspektif manajemen [13]. Dimana sudut pandang pengguna, jaringan dan layanan merupakan hal yang utama [6],[13]. Pengguna berharap bahwa teknologi 5G ini akan memberikan fitur yang atraktif antara lain tersedianya jalur komunikasi yang baik saat terjadi bencana atau evakuasi korban bencana, selalu tersedia konektivitas internet berkecepatan tinggi di semua area, *video streaming*, kecerdasan buatan dan interaktif hologram yang *real time* tanpa adanya kondisi *freezing* atau terputus walaupun di

dalam gedung dan di tengah kerumunan, serta konektivitas masif penggunaan IoT pada aplikasi CCTV, *smart home*, *smart city*, *smart farming*, *telemedicine* dan pelayanan inovatif lainnya [4],[13].

B. Migrasi Teknologi 4G ke 5G

Migrasi jaringan adalah evolusi jaringan baru dari jaringan yang sudah ada sebelumnya. Perkembangan teknologi telekomunikasi dapat diklasifikasikan dalam dua kriteria yaitu arsitektur dan teknologi komponennya [18]. Proses migrasi teknologi 4G menjadi 5G membutuhkan waktu satu dekade seperti tampak pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 2. Evolusi 4G ke 5G [13]

Migrasi dari 4G ke 5G tidak seperti pengembangan teknologi-teknologi sebelumnya, karena infrastruktur teknologi 5G dapat diterapkan di jaringan 4G dengan cara menumpang ke arsitektur 4G [18]. Migrasi tersebut dapat berupa model *Non-Standalone* (NSA) dan *Standalone* (SA). Adapun perubahan arsitektur pada migrasi 4G ke 5G untuk model NSA [18] adalah sebagai berikut

- SGW. Pada jalur komunikasi 4G terdapat SGW yang berfungsi untuk menghubungkan antara *User Plane Function* (UPF) dan MME, akan tetapi pada alur komunikasi 5G UPF dan AMF saling terhubung tanpa adanya SGW
- MME. Pada jalur komunikasi 4G terdapat MME yang berfungsi sebagai elemen kontrol utama pada *Evolved Packet Core* (EPC) untuk pengoprasian pada *control plane*.
- AMF. Jalur komunikasi pada 5G terdapat AMF, bagian tersebut memiliki fungsi yang sama pada MME di komunikasi 4G hanya saja pada AMF lebih dioptimalkan lagi fungsinya
- E-UTRAN. Teknologi yang ada pada jalur komunikasi pada 4G yang berfungsi untuk menangani sisi radio akses dari *User Equipment* (UE) ke jaringan *core*.
- NG-RAN. Sebuah teknologi yang sama dengan E-UTRAN, dimana pada NGRAN lebih dioptimalkan pada bagian radio akses, karena pada 5G akan menggunakan frekuensi yang lebih besar dari 4G.

Dengan semakin meluasnya desa/kelurahan di Sulawesi Selatan yang dilayani oleh sinyal BTS 4G dalam durasi 2019 – 2021, maka memperbesar peluang wilayah tersebut menikmati teknologi 5G.

C. Aspek Regulator

Peluang dan tantangan telekomunikasi di Sulawesi Selatan berdasarkan regulasi dan spektrum tampak pada table

3. Terlihat dari sisi regulator, koordinasi antarkementerian sangat diperlukan karena perbedaan visi dari institusi sehingga regulasi tidak akan berjalan sinergi. Perubahan teknologi 4G ke 5G mengakibatkan terjadinya perubahan terhadap regulasi telekomunikasi. Beberapa hal teknis terkait teknologi 5G yang direkomendasikan untuk diregulasikan oleh pemerintah, salah satunya yang penting adalah spektrum frekuensi.

Teknologi 5G bekerja di frekuensi *low*, *mid* dan *high band*. Frekuensi rendah yaitu di bawah 1 GHz telah dipergunakan untuk layanan TV *Broadcast* (termasuk siaran TV analog). Pemerintah membuat regulasi penonaktifan siaran televisi analog nasional secara bertahap. Sedangkan, pada spektrum menengah, yaitu rentang frekuensi 3,4 – 4,2 GHz telah diperuntukkan untuk komunikasi satelit komersial pada *C-band*. Letak geografis Indonesia termasuk Sulawesi Selatan berada di wilayah tropis dengan curah hujan memang sangat handal jika menggunakan frekuensi *C-band* untuk jalur komunikasi satelit. Tetapi komunikasi satelit masih tetap bisa dipergunakan menggunakan frekuensi komersial lainnya, frekuensi Ku-band [29] dan Ka-band [30]. Oleh karena itu, komunikasi satelit dapat mendukung 5G dengan pemilihan frekuensi yang tepat.

D. Aspek Industri

Industri pendukung telekomunikasi merupakan salah satu hal yang penting dalam perjalanan menuju implementasi 5G di Sulawesi Selatan. Oleh karena itu, industri pendukung telekomunikasi memiliki standar-standar dalam pengimplementasiannya [5]. Berikut adalah standar-standar teknologi jaringan 5G dengan indikator industri pendukung telekomunikasi [16].

- Perspektif pengguna : keinginan pengguna terhadap ketahanan dan kualitas baterai dari sebuah perangkat dapat lebih hemat, hal tersebut secara tidak langsung berkaitan dengan industri pendukung teknologi 5G itu sendiri.
- Perspektif Operasional : keluhan atau permasalahan perlindungan data pribadi lebih masuk kedalam ranah regulasi sedangkan untuk operasional yang lebih nyaman dan aman secara langsung terkait dengan SDM (Sumber Daya Manusia).

E. Strategi Analisis SWOT

Sulawesi Selatan memiliki luas wilayah 46.717 Km² dengan 24 Kabupaten/Kota [31]. Cakupan sinyal BTS *eksisting* tahun 2021 yakni 1683 yang dimiliki desa/kelurahan mampu melayani area SulSel. Berdasarkan statistik yang dikeluarkan BPS Sulsel melaporkan bahwa jumlah penduduk per tahun 2021 di provinsi Sulsel sebesar 9,1 juta lebih dan akan terus meningkat setiap tahunnya. Semakin bertambahnya jumlah penduduk di SulSel secara langsung akan membuat semakin meningkatnya pengguna internet di wilayah tersebut. Hal ini didukung dengan makin meluasnya desa/kelurahan yang dilayani oleh sinyal BTS 4G. Oleh karena itu, dibutuhkan teknologi *mobile bandwidth* untuk dapat melayani peningkatan kebutuhan kecepatan data dan kapasitas jaringan. Hal tersebut sejalan dengan visi dari 5G yaitu *enhanced mobile broadband*.

Potensi-potensi yang dimiliki oleh Provinsi SulSel dalam menangkap peluang adopsi teknologi 5G yakni sebagai berikut:

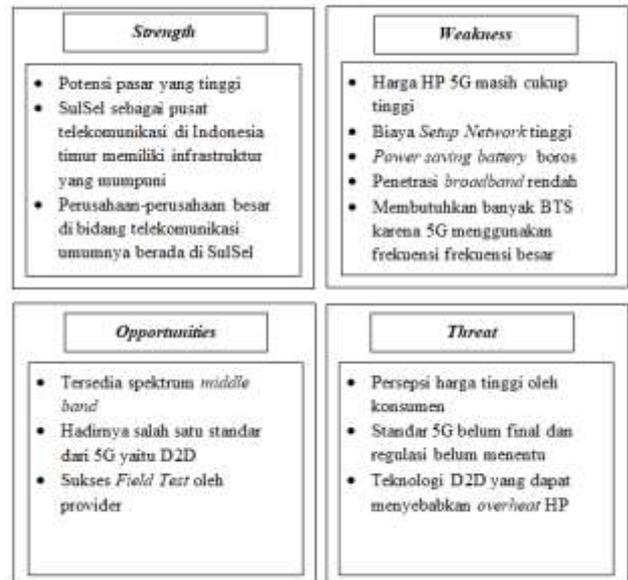
- SulSel dengan jumlah penduduk 9,1 juta jiwa pada tahun 2021, merupakan salah satu potensi dengan pasar *mobile* terbesar di Indonesia Timur.
- Sulawesi Selatan dengan jumlah pengguna internet 5.46 juta jiwa (59,7%) pada tahun 2021, memperlihatkan bahwa semakin meningkatnya kebutuhan *bandwidth* dalam mengakses teknologi informasi.
- SulSel memiliki infrastruktur BTS yang cukup memadai yaitu sebanyak 1.683 BTS dimana 94% diantaranya merupakan BTS berteknologi 4G. Operator dan provider tidak perlu mengeluarkan biaya investasi yang mahal di provinsi tersebut.
- Terpenuhinya sejumlah besar standar teknologi 5G di SulSel sehingga membuat potensi Sulsel untuk mengimplementasikan 5G semakin besar.
- Tersedianya jaringan heterogen untuk bertelekomunikasi di SulSel baik yang dilayani menggunakan jaringan serat optik, komunikasi bergerak dan satelit.
- Dunia industri elektronika dan telekomunikasi juga tersedia lengkap di daerah Sulawesi Selatan dengan beberapa perusahaan besar seperti Sky Access dan PT. Telkom baik sebagai operator maupun provider.
- Ketersediaan perangkat atau device 5G yang semakin luas sehingga menjadikan *marketplace* perangkat 5G di Sulawesi Selatan sebagai salah satu potensi implementasi teknologi jaringan 5G.

Merujuk pada potensi-potensi tersebut maka strategi yang diusulkan oleh penulis untuk menerapkan teknologi jaringan 5G di Area Sulawesi Selatan antara lain:

- Meningkatkan penyebaran teknologi seperti *Small Cell* bahkan *microcell* sehingga *provider* dan operator dapat melayani wilayah-wilayah dengan trafik yang sangat padat dan membutuhkan latency yang sangat rendah.
- Memaksimalkan teknologi D2D sehingga Sulawesi Selatan tidak perlu membuat BTS dengan jarak yang berdekatan.
- Diperlukan komponen yang memiliki daya baterai yang sangat besar karena teknologi D2D rentan membuat perangkat *overheat* untuk menunjang hal di atas. Kondisi itu bisa menjadi peluang bagi perangkat produksi dalam negeri dengan cara meningkatkan TKDN (Tingkat Komponen Dalam Negeri) dari kebijakan yang dibuat oleh pemerintah.
- Produksi secara besar-besaran perangkat 5G beserta *chipset*-nya yang sesuai dengan geografis SulSel. Hal ini dapat menjadi potensi bisnis yang besar dan dalam skala ekonomi masyarakat Sulawesi Selatan seperti terbukanya lapangan kerja.
- Untuk mengantisipasi tidak tersedianya spektrum untuk jaringan 5G, saat ini pemerintah telah mengatur tentang *spectrum sharing* dalam Undang – Undang Cipta Kerja 12 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja sektor komunikasi untuk penyediaan teknologi baru dan layanan 5G agar nantinya implementasi 5G memiliki payung hukum. Namun, memang masih perlu regulasi turunan dari UU Cipta Kerja yang mengatur teknologi 5G itu sendiri. Secara perlahan penonaktifan siaran TV analog untuk mempersiapkan spektrum frekuensi teknologi 5G di spektrum *low band*.
- Melakukan *field test* jaringan 5G di berbagai daerah di Indonesia, termasuk didalamnya wilayah Sulawesi

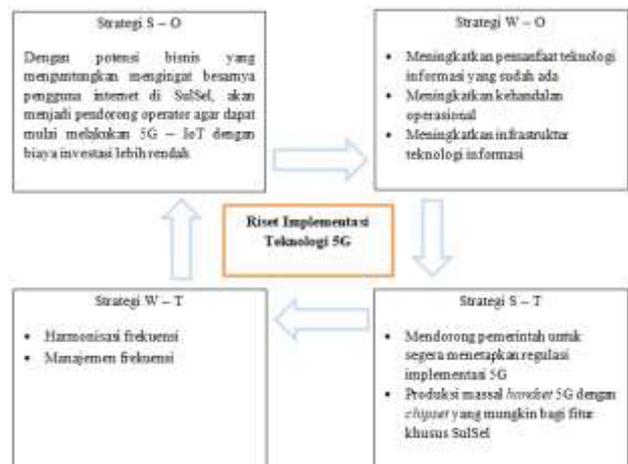
Selatan karena memiliki banyak kelebihan dalam segi infrastruktur utamanya di bagian timur Indonesia.

Analisis SWOT dari tulisan ini secara ringkas disajikan pada gambar 3.



Gambar 3. Analisis SWOT

Kemudian untuk strategi analisis SWOT masing-masing ditampilkan pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Strategi Analisis SWOT

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perubahan arsitektur pada migrasi 4G ke 5G untuk model NSA adalah SGW, MME, AMF, E-UTRAN, dan NG-RAN.
2. Standar utama yang diperlukan dalam pengimplementasian jaringan 5G yang direkomendasikan *International Telecommunication Union (ITU)*, melalui program *International Mobile Telecommunication 2020 (IMT-2020)*, yakni eMBB, URLLC dan mMTC.
3. Jumlah penetrasi pengguna internet di daerah Sulawesi Selatan pada 2018 sebanyak 37% menjadi 67,7% dari seluruh jumlah penduduk tiga tahun berikutnya. Sejalan dengan ekspansi pembangunan infrastruktur 4G pada

2021 di wilayah desa/kelurahan Sulawesi Selatan meningkat 335 dibandingkan dua tahun sebelumnya, sehingga pertumbuhan BTS 4G tersebut 94% dari keseluruhan BTS yang ada. Kondisi ini menunjang migrasi komunikasi 4G menjadi 5G di Provinsi tersebut.

4. Untuk dapat mengimplementasikan jaringan 5G strategi yang ditawarkan yaitu memaksimalkan teknologi D2D yang merupakan komunikasi yang memungkinkan UE berkomunikasi secara langsung dengan atau tanpa supervisi dari *evolved Node B* (eNB, BTS pada jaringan 4G) yang bekerja di spektrum frekuensi di atas 24 GHz.

REFERENSI

- [1] Z. Purnomo, J. Karim, B. Senung, and S. Abdussamad, "Sistem Informasi Jasa Pemesanan Percetakan Berbasis Android," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 44–51, 2020, doi: 10.37905/jjee.v2i2.6006.
- [2] Z. Bonok, R. D. R. Dako, and F. Lakoro, "Perancangan Praktikum Teknik Telekomunikasi Dasar melalui Laboratorium Virtual yang Memanfaatkan TIK," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 38–41, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.10612.
- [3] M. Ismail, R. K. Abdullah, and S. Abdussamad, "Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Sistem Teknologi Informasi," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 7–12, 2021, doi: 10.37905/jjee.v3i1.8099.
- [4] A. Febian, R. Adaniah, S. Ariyanti, D. Kusumawati, E. Kiki, and A. Aziz, *Studi Lanjutan 5G Indonesia 2018 Spektrum Outlook dan Use Case untuk Layanan 5G Indonesia*. 2018. [Online]. Available: <http://balitbangsdm.kominfo.go.id>
- [5] P. Popovski, V. Braun, H.-P. Mayer, and E.t.c, "Scenarios, requirements and KPIs for 5G mobile and wireless system," 2013.
- [6] S. K. Gohil, Asvin; Modi, Hardik; Patel, "5G Technology of Mobile Communication: A Survey," *Int. Conf. Intell. Syst. Signal Process. 5G*, pp. 288–292, 2013, doi: 10.1109/ISSP.2013.6526920.
- [7] "IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond," 2015. [Online]. Available: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M
- [8] M. R. Effendi, I. Y. M. Edward, A. Munir, W. Shalannanda, Iskandar, and T. Juhana, "Proposal on 5G broadband radio frequency planning in Indonesia," *Proc. 2020 27th Int. Conf. Telecommun. ICT 2020*, 2020, doi: 10.1109/ICT49546.2020.9239572.
- [9] M. Hikmaturokhman, Alfin; Ramli, Kalamullah; Suryanegara, "Spectrum Considerations for 5G in Indonesia," *Int. Conf. ICT Rural Dev.*, 2018, doi: 10.1109/ICICTR.2018.8706874.
- [10] I. Sanjaya and A. Aziz, "Jaringan Radio Kognitif Sebagai Solusi Optimalisasi Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio," *Bul. Pos dan Telekomun.*, vol. 9, no. 1, p. 93, 2015, doi: 10.17933/bpostel.2011.090105.
- [11] S. A. Ekawibowo, M. P. Pamungkas, and R. Hakimi, "Analysis of 5G Band Candidates for Initial Deployment in Indonesia," *Proceeding 2018 4th Int. Conf. Wirel. Telemat. ICWT 2018*, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/ICWT.2018.8527780.
- [12] R. Riyadi, Risyad; Gaol, Devani Claudia Lumban; Shalannanda, Wervyan; Hakimi, "Analyzing the Initial Deployment of 5G Service in Indonesia : A Literature Survey," *6th Int. Conf. Wirel. Telemat.*, 2020, doi: 10.1109/ICWT50448.2020.9243638.
- [13] Network Technology R&D Centre SK Telecom, "SK Telecom's View on 5G Vision, Architecture, Technology and Spectrum." pp. 1–49, 2014.
- [14] E. M. Alfaroby, N. M. Adriansyah, and K. Anwar, "Study on channel model for Indonesia 5G networks," *2018 Int. Conf. Signals Syst. ICSigSys 2018 - Proc.*, pp. 125–130, 2018, doi: 10.1109/ICSIGSYS.2018.8372650.
- [15] R. A. Mulyadi and U. K. Usman, "Komunikasi Device-to-Device pada Jaringan Seluler 5G menggunakan mmWave," *Avitec*, vol. 2, no. 1, pp. 65–73, 2020, doi: 10.28989/avitec.v2i1.614.
- [16] A. F. S. Admaja, "Kajian Awal 5G Indonesia (5G Indonesia Early Preview)," *Bul. Pos dan Telekomun.*, vol. 13, no. 2, p. 97, 2015, doi: 10.17933/bpostel.2015.130201.
- [17] B. Supriadi and S. Haryadi, "An academic study of roadmap of 5G implementation in Indonesia," *Proceeding 2016 10th Int. Conf. Telecommun. Syst. Serv. Appl. TSSA 2016 Spec. Issue Radar Technol.*, vol. 2021, no. March 2017, 2017, doi: 10.1109/TSSA.2016.7871067.
- [18] M. I. S, Doni Bima; Usman, Uke Kurniawan;Maulana, "Analisis Perbandingan Migrasi Jaringan 4G ke 5G dengan Menggunakan Model Konfigurasi 3A dan 7A," *e-Proceeding Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 3335–3342, 2019.
- [19] BPS SulSel, *Perempuan dan Laki-Laki di Sulawesi Selatan 2018*. Makassar: Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Selatan, 2019.
- [20] BPS SulSel, *Perempuan dan Laki-Laki di Provinsi Sulawesi Selatan 2019*. Makassar, 2020.
- [21] BPS SulSel, *Perempuan dan Laki-laki di Provinsi Sulawesi Selatan 2020*. 2021.
- [22] M. M. Hasma and N. H. Triany, *Perempuan dan Laki-Laki di Provinsi Sulawesi Selatan 2021*. Makassar: BPS SulSel, 2022.
- [23] T. K. Lestari, A. Y. Supriadi, S. Utoyo, T. Sujono, and Dkk, *Statistik Telekomunikasi Indonesia 2018*. 2019. [Online]. Available: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- [24] T. K. Lestari, A. Y. Supriadi, E. Sari, S. Utoyo, and Dkk, *Statistik Telekomunikasi Indonesia 2019*. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2020.
- [25] T. K. Lestari, A. Y. Supriadi, E. Sari, N. Syam, and Dkk, *Statistik Telekomunikasi Indonesia 2020*. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2021.
- [26] H. Marhaeni, A. Y. Supriadi, E. Sari, L. Anggraini, and Dkk, *Statistik Telekomunikasi Indonesia 2021*. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2022. [Online]. Available: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- [27] Diskominfo SulSel, "Renstra Diskominfo SulSel 2018 - 2023," 2018, [Online]. Available: http://panel.sulselprov.go.id/upload/files/Renstra_Diskominfo_Sulsel_2018-2023.pdf
- [28] Ofcom, "Update on 5G spectrum in the UK Statement,"

8 Febr. 2017, no. February, pp. 1–19, 2017, [Online]. Available:
https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0021/97023/5G-update-08022017.pdf

- [29] P. S. Widodo, “Sudah waktunya menggunakan Ku-Band di Indonesia,” *Online J. Sp. Commun.*, vol. 4, no. 8, 2021, [Online]. Available: <https://ohioopen.library.ohio.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1180&context=spacejournal>
- [30] T. S. Delfina Abdurrahman, S. Salmiah, and S. Suyuti, “Analisis Perbandingan Komunikasi Satelit Frekuensi C-Band Dan Ka-Band Di Indonesia,” *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 16–19, 2020, doi: 10.33387/protk.v6i2.1624.
- [31] BPS, “Luas Daerah dan Jumlah Pulau Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan, 2020,” *BPS Provinsi Sulawesi Selatan*, 2020.