

# Studi Lanjutan 5G Indonesia 2018

## Spektrum *Outlook* dan *Use Case* untuk Layanan 5G Indonesia

Oleh :  
Tim Peneliti Puslitbang SDPPI



Puslitbang Sumber Daya, Perangkat, dan Penyelenggaraan Pos dan Informatika  
Badan Penelitian dan Pengembangan SDM  
Kementerian Komunikasi dan Informatika  
Tahun 2018

**Studi Lanjutan 5G Indonesia 2018**  
**Spektrum Outlook dan Use Case Untuk Layanan 5G Indonesia**

**Pengarah:**

Dr. Ir. Basuki Yusuf Iskandar, M.A.

**Penanggung Jawab:**

Ir. Bonnie M. Thamrin Wahid, MT

**Koordinator Penelitian:**

Awangga Febian Surya Admaja

**Tim Penyusun:**

Awangga F.S.A, Riva'atul Adaniah W, Sri Ariyanti,  
Diah Kusumawati, Erisvaha Kiki P, Azwar Aziz  
Jakarta : Badan Litbang SDM, ©2018  
viii + 62 Halaman; 18 x 25 cm  
ISBN: 978-602-51136-4-2

**Penyunting/Editor:**

Eyla Alivia Maranny, Harjani Retno Sekar H., Aldhino Anggorosesar

**Kontributor/Narasumber:**

Dr. Eng. Khoirul Anwar, ST, M. Eng., Dr. Muhammad Suryanegara, S.T., M.Sc., Ajib Setyo Arifin, ST, MT, Ph.D., Direktorat Operasi Sumber Daya, Direktorat Penataan Sumber Daya, Direktorat Pengendalian SDPPI, Telkomsel, Indosat, XL-Axiata.

© Hak Cipta Dilindungi Undang –Undang. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit

**Penerbit:**

Puslitbang Sumber Daya, Perangkat, dan Penyelenggaraan Pos dan Informatika  
Badan Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Manusia  
Kementerian Komunikasi dan Informatika  
Jl. Medan Merdeka Barat No. 9, Jakarta 10110, Telp./Fax. 021-34833640  
Website: <http://balitbangsdm.kominfo.go.id>



*Assalaamu'alaikum Wr. Wb.*

Puji syukur alhamdulillah senantiasa kita panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-NYA sehingga Laporan Akhir Studi Lanjutan 5G Indonesia 2018 - Spektrum Outlook dan Use Case Untuk Layanan 5G Indonesia telah tersusun. Laporan akhir ini merupakan lanjutan dari laporan pendahuluan penelitian swakelola yang dikerjakan oleh Pusitbang SDPPPI dengan judul yang sama.

Sesuai dengan judul, penelitian ini merupakan lanjutan penelitian 5G yang telah dilakukan selama 4 tahun dimana pada tahun ini fokus kepada spektrum dan use case layanan 5G. Tujuan penelitian ini salah satunya adalah untuk mempersiapkan datangnya teknologi baru dalam hal ini teknologi 5G. Penelitian diharapkan dapat memperlihatkan bagaimana kondisi penggunaan spektrum frekuensi di Indonesia saat ini dan juga memperlihatkan layanan apa yang diminati oleh masyarakat terhadap teknologi selular terbaru. Dalam laporan akhir ini terdapat hasil analisis data dan kesimpulan terkait dengan kondisi spektrum frekuensi di Indonesia.

Akhir kata, kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membaca buku ini, semoga buku laporan akhir "Studi Lanjutan 5G Indonesia 2018 - Spektrum Outlook dan Use Case Untuk Layanan 5G Indonesia" ini dapat bermanfaat bagi pembaca dalam menambah wawasan dan pengetahuan.

*Wassalaamu'alaikum Wr.Wb.*

Jakarta, Desember 2018

**Penulis**





KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Ruang Lingkup .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Perkembangan Teknologi 5G .....	5
2.2. Interferensi .....	8
2.2.1. <i>Co-channel interference</i> (Interferensi Ko-Kanal) .....	8
2.2.2. <i>Adjacent channel interference</i> (Interferensi Kanal yang Berdekatan) .....	8
2.3. Teori SWOT .....	9
2.4. Kano Model .....	10
<b>BAB 3 USER EXPERIENCE TRIAL 5G</b> .....	14
3.1. Pendahuluan .....	14
3.2. <i>Virtual Reality</i> (VR) .....	20
3.3. <i>Interactive Live Streaming</i> .....	21
3.4. Robot ( <i>Low Latency</i> ) .....	23
3.5. <i>Autonomous Bus</i> .....	25
3.6. <i>Overview User Experience Trial 5G</i> .....	27
<b>BAB 4 USE CASE 5G INDONESIA</b> .....	28
4.1. <i>Use Case</i> Teknologi 5G .....	28
4.2. <i>Use Case</i> di Indonesia .....	30
4.3. <i>Overview Use Case 5G</i> .....	33
<b>BAB 5 SPEKTRUM OUTLOOK 5G</b> .....	35
5.1. Kepdirjen SDPPI no. 235 Tahun 2018 .....	35
5.1.1. 3.3 GHz – 4.2 GHz (“3.5 GHz”) .....	36

5.1.2.	14.5 GHz -15.35 GHz (“15 GHz”)	37
5.1.3.	26.5 GHz – 29.5 GHz (“28 GHz”)	40
5.2.	Spektrum 5G (WRC-15)	42
5.3.	Uji Coba Teknologi 5G	43
5.3.1.	Global	43
5.3.2.	Indonesia	44
5.4.	5G Spektrum Plan (Global)	45
5.5.	Lelang Spektrum 5G (Global)	47
5.6.	Overview Spektrum Outlook 5G	51
5.6.1.	Penggunaan spektrum di Indonesia	52
5.6.2.	SWOT Low & Mid Band	54
5.6.3.	SWOT High Band	55
<b>BAB 6</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>56</b>
6.1.	Kesimpulan	56
6.1.1.	User Experience	56
6.1.2.	Use Case	56
6.1.3.	Spektrum Outlook	57
6.2.	Saran	58
6.2.1.	Model Indonesia	58
6.2.2.	Peluang di Indonesia	59
6.2.3.	Ekosistem	59
Daftar Pustaka		61

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Spesifikasi teknis teknologi 5G release 15 .....	7
Tabel 2.2.	Matrik Analisis SWOT .....	9
Tabel 2.3.	Kombinasi jawaban model Kano .....	13
Tabel 3.1.	Kualitas <i>showcase</i> VR .....	19
Tabel 3.2.	Kualitas <i>showcase interactive live streaming</i> .....	22
Tabel 3.3.	Kualitas robot <i>low latency</i> .....	24
Tabel 3.4.	Kualitas bus otonom .....	25
Tabel 5.1.	Parameter simulasi pita 15 GHz .....	38
Tabel 5.2.	Jarak minimal microwave link ke IMT 2020 (dalam km) berdasarkan jumlah interferer .....	38
Tabel 5.3.	Jarak minimal MW link ke IMT 2020 (dalam meter) berdasarkan lebar GB .....	39
Tabel 5.4.	Interferensi IMT terhadap FSS (jarak dalam km).....	41
Tabel 5.5.	Clutter loss rural sampai dengan dense urban .....	41
Tabel 5.6.	Interferensi FSS terhadap IMT (jarak dalam km).....	42
Tabel 5.7.	Negara-negara dengan rencana penggunaan spektrum 5G.....	46
Tabel 5.8.	Negara yang telah melakukan lelang spektrum 5G .....	47
Tabel 5.9.	pemenang lelang spektrum 5G UK .....	51
Tabel 5.10.	Pengguna eksisting di Indonesia .....	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Roadmap Pengembangan 5G (InterDigital Inc, 2015) .....	1
Gambar 1.3.	Spektrum 5G yang diusulkan.....	3
Gambar 2.1.	Visi IMT 2020 .....	5
Gambar 2.2.	Perbedaan 5G NSA dan 5G SA.....	6
Gambar 2.3.	Teknologi seluler yang akan mempengaruhi teknologi 5G .....	8
Gambar 2.4.	tingkat kepuasan dan fungsionalitas .....	11
Gambar 2.5.	model kano yang telah diperbarui .....	11
Gambar 3.1.	Persentase responden berdasarkan gender .....	14
Gambar 3.2.	Persentase responden berdasarkan usia .....	15
Gambar 3.3.	persentase harapan responden terhadap teknologi 5G .....	15
Gambar 3.4.	Persentase responden berdasarkan pekerjaan .....	16
Gambar 3.5.	Operator data yang digunakan oleh responden.....	16
Gambar 3.6.	Intensitas kebutuhan internet cepat.....	17
Gambar 3.7.	Pengeluaran internet per bulan .....	17
Gambar 3.8.	Kesediaan membayar biaya akses yang lebih cepat .....	18
Gambar 3.9.	<i>Showcase VR</i> .....	19
Gambar 3.10.	Estimasi harga layanan VR yang diinginkan responden .....	20
Gambar 3.11.	Sektor yang cocok untuk layanan VR.....	20
Gambar 3.12.	<i>Showcase interactive live streaming</i> .....	21
Gambar 3.13.	konfigurasi kamera <i>time slice</i> .....	22
Gambar 3.14.	Estimasi harga layanan <i>interactive live streaming</i> .....	22
Gambar 3.15.	Sektor yang cocok untuk layanan <i>Interactive Live Streaming</i> .....	23
Gambar 3.16.	<i>Showcase robot low latency</i> .....	23
Gambar 3.17.	sektor yang cocok untuk robot <i>low latency</i> .....	24
Gambar 3.18.	<i>Showcase bus otonom di Asian Games</i> .....	25
Gambar 3.19.	Harga layanan bus otonom menurut responden .....	26
Gambar 3.20.	Faktor penting dalam implementasi bus otonom .....	26
Gambar 4.1.	Perkembangan teknologi seluler Indonesia .....	28
Gambar 4.2.	Grafik perkiraan peningkatan <i>data traffic</i> .....	29
Gambar 4.3.	<i>Use Case</i> pada era teknologi 5G .....	29
Gambar 4.4.	<i>Use case</i> 5G dari perspektif responden.....	32
Gambar 5.1.	Pengaruh EIRP terhadap jarak.....	36
Gambar 5.2.	Pengaruh jumlah penginterferensi terhadap <i>guard band</i> dan jarak ...	37
Gambar 5.3.	Grafik co channel – jarak MW ke IMT 2020 (km) .....	39
Gambar 5.4.	Grafik adjacent channel – jarak MW ke IMT 2020 (meter) terhadap lebar GB.....	40

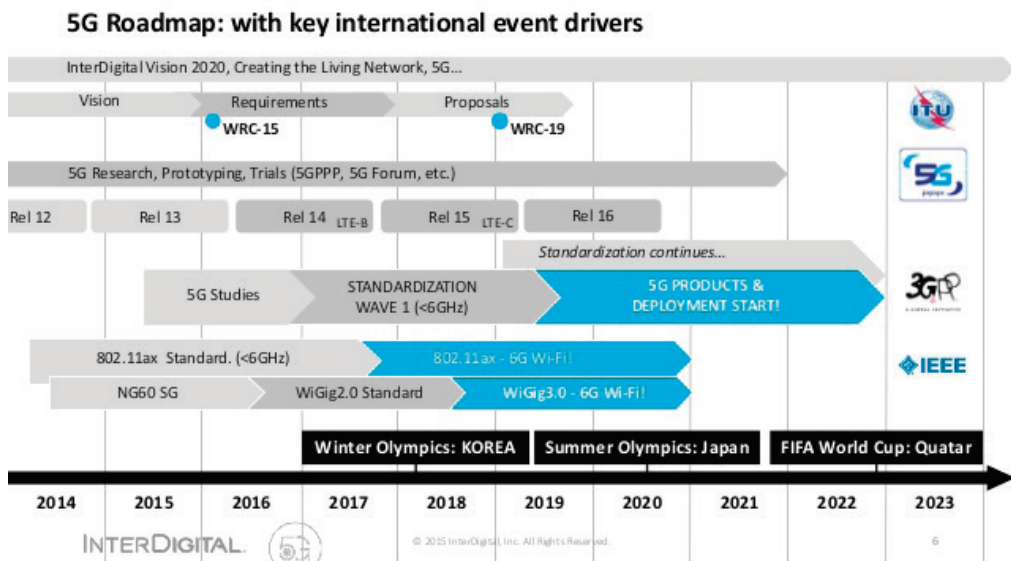


Gambar 5.5.	Grafik interferensi IMT terhadap FSS .....	41
Gambar 5.6	Grafik interferensi FSS terhadap IMT .....	42
Gambar 5.7.	Overview spektrum outlook 5G .....	52
Gambar 6.1.	Harapan masyarakat terhadap teknologi 5G .....	58
Gambar 6.2.	Model penerapan 5G berdasarkan hasil penelitian .....	57



1.1. Latar Belakang

Agenda implementasi teknologi International Mobile Telecommunication di tahun 2020 (IMT-2020) menjadikan teknologi 5G sebagai bagiannya ikut dikembangkan dengan cepat. Layanan 5G yang mensyaratkan kecepatan, cakupan, dan kehandalan menuntut solusi jaringan yang berbeda baik dalam bentuk evolusi jaringan yang ada maupun potensi jaringan baru, model penyebaran yang baru termasuk small cell, infrastruktur jaringan yang sesuai yang dapat meliputi konektivitas serat optik dan nirkabel, serta akses ke spektrum frekuensi yang berbeda (Ofcom, 2017). Urgensi penyelesaian standar teknologi 5G menjadikan roadmap pengembangan teknologi ini menjadi diskusi penting dalam setiap pertemuan skala nasional maupun internasional.



Gambar 1.1. Roadmap Pengembangan 5G (InterDigital Inc, 2015)

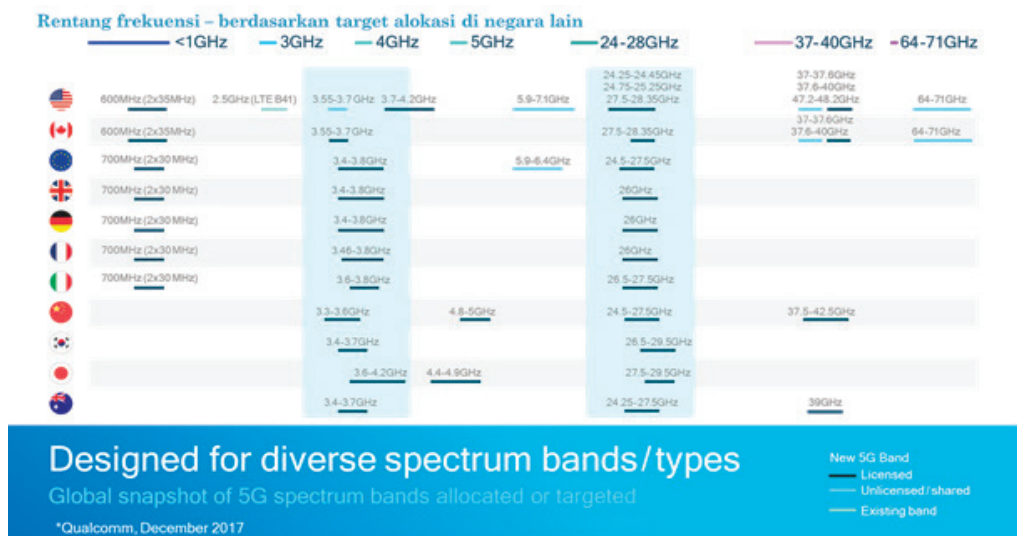
Berpedoman pada roadmap 5G (Gambar 1.1), agenda tahun 2018 adalah penetapan standar frekuensi yang akan digunakan. Spektrum frekuensi merupakan sumber daya terbatas dan menjadi sangat vital untuk industri telekomunikasi

terutama seiring dengan berkembangnya kebutuhan layanan data. Konsep layanan *Enhanced Mobile Broadband* (EMB), *Massive Machine Type Communications* (MMTC), *Ultra-reliable and Low Latency Communications* (UrLLC) memerlukan spektrum frekuensi yang beragam dengan karakteristik yang berbeda, rentang spektrum rendah untuk MMTC sampai dengan spektrum tinggi untuk UrLLC. Spektrum frekuensi rendah memungkinkan cakupan 5G ke area yang luas, spektrum frekuensi yang lebih tinggi dengan bandwidth besar dapat menyediakan kapasitas untuk mendukung keterhubungan perangkat dalam jumlah yang besar dengan kecepatan yang tinggi, dan spektrum frekuensi sangat tinggi dengan bandwidth yang sangat besar menyediakan kapasitas sangat tinggi dengan latensi yang sangat rendah (Ofcom, 2017).

Ketersediaan spektrum memungkinkan investasi, inovasi, dan persaingan dalam pengembangan teknologi 5G yang akan memberikan keuntungan bagi bisnis dan masyarakat. Konsep dalam mengelola spektrum akan sangat berdampak besar terhadap model bisnis yang dilakukan oleh penyelenggara telekomunikasi, beberapa konsep efisiensi spektrum akan membentuk bisnis model baru penyelenggaraan telekomunikasi. Hal tersebut diperkuat dengan bagaimana spektrum eksisting dikelola dan bagaimana spektrum baru digelar. Sebagai contoh, di Inggris, ada satu penerima layanan satelit Bumi-Stasiun Bumi di pita 26 GHz yang letaknya cukup jauh dari daerah perkotaan. Dalam kondisi ini, dilakukan studi koeksistensi internasional yang bertujuan mengidentifikasi kondisi teknis untuk memungkinkan akses bersama ke band oleh stasiun bumi Earth Exploration Satellite Systems (EESS) dan perlindungan penerima Data Relay Satellites (DRS) yang ada di dalam pesawat. Hasilnya dapat berupa keputusan untuk mengurangi infrastruktur yang diperlukan atau penentuan lokasi infrastruktur di masa yang akan datang. Pertimbangan penggunaan frekuensi 3.6 Ghz – 3.8 Ghz untuk 5G di negara ini juga bahkan direalisasikan dengan rencana penghentian pemberian izin stasiun bumi satelit pada frekuensi tersebut (Ofcom, 2018). Penentuan spektrum frekuensi juga dapat menyebabkan migrasi spektrum bahkan teknologi untuk layanan eksisting (Ofcom, 2017). Di Indonesia, dalam rangka menyediakan spektrum frekuensi yang dibutuhkan, benturan izin penggunaan layanan eksisting akan mungkin terjadi. Refarming dan lelang frekuensi menjadi beberapa solusi yang diimplementasikan saat ini.

Kebijakan spektrum teknologi 5G sampai saat ini belum ditetapkan, hal ini memberi kesempatan pada pelaku industri untuk mengajukan usulan dengan melakukan uji coba pada frekuensi yang mereka anggap sesuai dengan visi perusahaan mereka. Sebagai gambaran, spektrum frekuensi teknologi 5G akan memengaruhi kondisi spektrum eksisting apabila seluruh konsep 5G dijalankan. Bagi penyelenggara jaringan/layanan telekomunikasi, momentum awal mengadopsi 5G diperkirakan

akan memberikan dampak keputusan tentang bagaimana mereka akan menerapkan dan menggunakan teknologi tersebut dan mendapatkan keunggulan dalam pasar yang cenderung kompetitif dan bergerak dengan pesat. Hal ini juga mendorong penyelenggara jaringan/layanan di Indonesia untuk menjalankan uji coba untuk mengejar target dari teknologi 5G. Sebagai contoh, pada April 2017, PT XL Axiata, Tbk. (XL Axiata), bekerja sama dengan Ericsson Indonesia, menyelenggarakan uji coba teknologi 5G *outdoor* pertama di Indonesia. Pada Mei 2017, Telkomsel bersama dengan Huawei juga melakukan *live demo* teknologi tersebut, dengan berfokus pada karakteristik eMBB menggunakan spektrum frekuensi 70 GHz.



Sumber : Qualcomm - Spectrum for 4G and 5G (Qualcomm Technologies, 2017)

**Gambar 1.3. Spektrum 5G yang diusulkan**

Identifikasi dan harmonisasi global dalam penentuan spektrum frekuensi penting untuk bisa menciptakan ekosistem 5G sesuai dengan kebutuhan sehingga dapat memberikan keuntungan bagi bisnis dan masyarakat serta dapat bersaing dalam skala global. Berdasarkan latar belakang tersebut, studi ini diperlukan untuk merumuskan Visi dan Misi Nasional, serta Langkah Strategis Jangka Pendek, Menengah, dan Panjang terkait dengan spektrum outlook 5G. Studi ini penting, mengingat Indonesia memiliki keunggulan berupa pasar pengguna layanan telekomunikasi yang sangat besar, yang dapat dimanfaatkan untuk mendorong industri asing agar dapat bersinergi sesuai dengan keinginan dan kebutuhan di Indonesia. Dalam studi ini diperlukan kolaborasi antara regulator, industri

telekomunikasi, praktisi, akademisi, dan asosiasi, dan stakeholder lainnya.

Selain itu pada bulan Agustus 2018, Indonesia menjadi tuan rumah dalam penyelenggaraan Asian Games ke 18 dimana bersamaan dengan acara tersebut, salah satu operator seluler Indonesia melakukan *showcase trial* 5G yang menunjukkan potensi teknologi tersebut dalam penggunaan kepada masyarakat.

Pada kongres MWC (*Mobile World Congress*) 2015 di Barcelona yang dihadiri oleh perwakilan dari regulator, operator telekomunikasi dan juga vendor dari seluruh dunia, memastikan bahwa teknologi saat ini 5G masih dalam tahap *key requirements* dan masing-masing berlomba untuk dapat memenuhi visi teknologi 5G yang diharapkan, namun dapat dipastikan teknologi ini akan diluncurkan tahun 2020. Teknologi 5G diprediksikan memiliki kecepatan data sampai dengan 10 Gbit/s, berlipat dari generasi sebelumnya. Setiap perkembangan teknologi memerlukan persiapan dalam implementasi baik dalam persiapan regulasi, kesiapan industri dan lain-lain. Saat ini Indonesia baru saja memasuki tahap teknologi 4G sehingga teknologi 5G akan terlihat sangat jauh sekali, meskipun begitu tidak dapat dipungkiri bahwa teknologi 5G akan datang baik Indonesia siap ataupun tidak. Salah satu hal yang harus dipersiapkan adalah spektrum frekuensi, oleh karena itu diharapkan dapat membantu menggambarkan kondisi spektrum frekuensi di Indonesia saat ini dan diharapkan dapat memberikan masukan dalam menentukan langkah dan *roadmap* 5G Indonesia ke depan.

Selain spektrum frekuensi, masyarakat juga diharapkan dapat memberikan respon atau *user experience* terhadap uji coba teknologi 5G yang dilakukan pada saat gelaran Asian Games di kompleks Gelora Bung Karno.

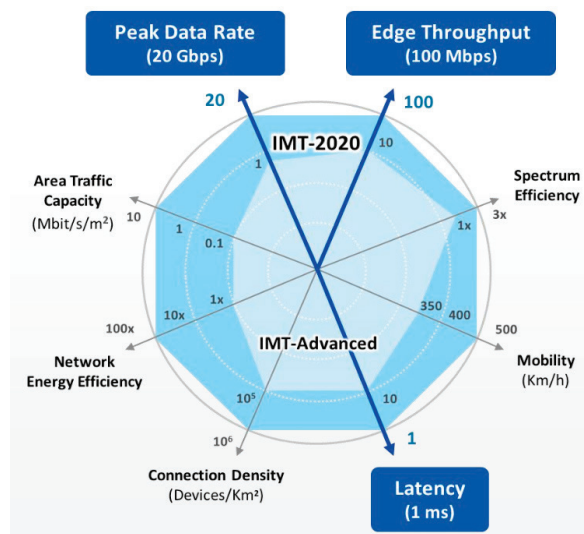
## 1.2. Ruang Lingkup

Buku ini akan memuat lingkup sebagai berikut :

1. *User experience* hanya pada trial teknologi 5G pada gelaran Asian Games 2018.
2. *Use case* hanya kepada masyarakat
3. Spektrum outlook melihat dari kelebihan, kelemahan, peluang dan tantangan spektrum 5G serta dan adopsi teknologi 5G di Indonesia.

2.1. Perkembangan Teknologi 5G

Sejak teknologi 5G telah dikemukakan konsepnya, banyak pihak yang telah melakukan kajian terkait dengan kandidat frekuensi yang akan digunakan dalam teknologi 5G. Kajian yang dilakukan oleh Wonil Roh, dkk menunjukkan bahwa pita mmWave mungkin memang menjadi kandidat yang layak untuk generasi sistem seluler selanjutnya (5G). Hasil pengukuran dilakukan di Amerika Serikat dan Korea diringkas bersama dengan pengukuran propagasi ruang aktual di ruang anechoic, menggunakan skema *hybrid beam-forming* baru dengan hasil tes *indoor* dan *outdoor* untuk menegaskan kelayakan mmWave band untuk penggunaan seluler (Roh et al., 2014).



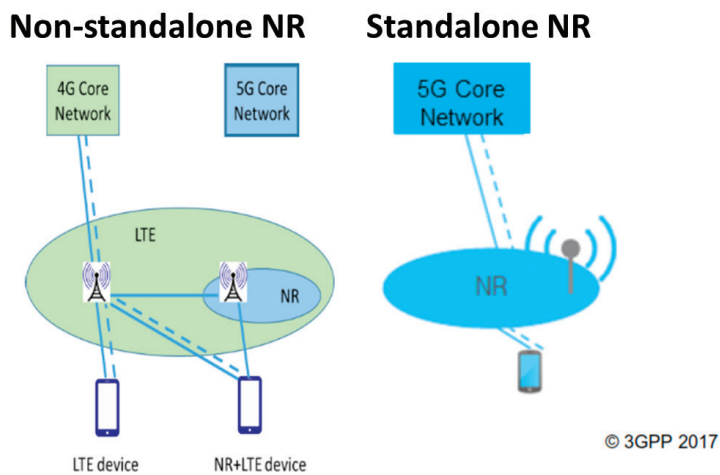
(ITU, 2015)

Gambar 2.1. Visi IMT 2020

Pada kajian whitepaper yang dilakukan oleh 5G Americas terkait dengan rekomendasi spektrum untuk teknologi 5G, dalam whitepaper tersebut dijelaskan bahwa rentang frekuensi yang sesuai untuk 5G akan mencakup pita-pita di bawah 6 GHz seperti spektrum 2G / 3G hasil re-farming, pita frekuensi yang teridentifikasi untuk IMT dan juga band-band WRC-15. Namun, karena kelangkaan

spektrum di bawah 6 GHz, yang hampir sepenuhnya digunakan dan akan lebih sulit untuk menemukan spektrum harmonis internasional setelah WRC-15, perlu mencari rentang frekuensi potensial di atas 6 GHz. Pembagian spektrum terkontrol merupakan cara penting untuk menggunakan kembali spektrum untuk melengkapi spektrum khusus berlisensi saat ini, yang masih menjadi dasar untuk pengoperasian sistem 5G (5G Americas, 2017b).

Pada bulan Desember 2017, 3GPP telah menyelesaikan dan melengkapi spesifikasi untuk non-standalone (NSA) 5G New Radio (NR). Spesifikasi dari 5G NR merupakan bagian pertama dari standar 5G global. Rilis standar 5G NR ini akan membuka peluang bagi vendor dan industri untuk mulai mengembangkan chipset berdasarkan standar ini. Arsitektur standar NSA 5G NR ini akan memanfaatkan antarmuka teknologi LTE dan NR serta jaringan inti LTE yang ada. Konfigurasi ini kemungkinan akan digunakan untuk penerapan awal di tahun 2019.



Sumber : (Bertenyi, 2017)

**Gambar 2.2. Perbedaan 5G NSA dan 5G SA**

Kebutuhan spektrum untuk 5G NR dikategorikan menjadi:

- Low bands, dibawah 1 GHz untuk kebutuhan coverage terutama untuk aplikasi MMTc (massive IoT dan mobile broadband).
- Mid bands, 1 to 6 GHz, bandwidth yang lebih lebar untuk kebutuhan eMBB dan mission-critical.
- High bands, diatas 24 GHz (mmWave) : untuk kebutuhan bandwidth yang sangat besar.



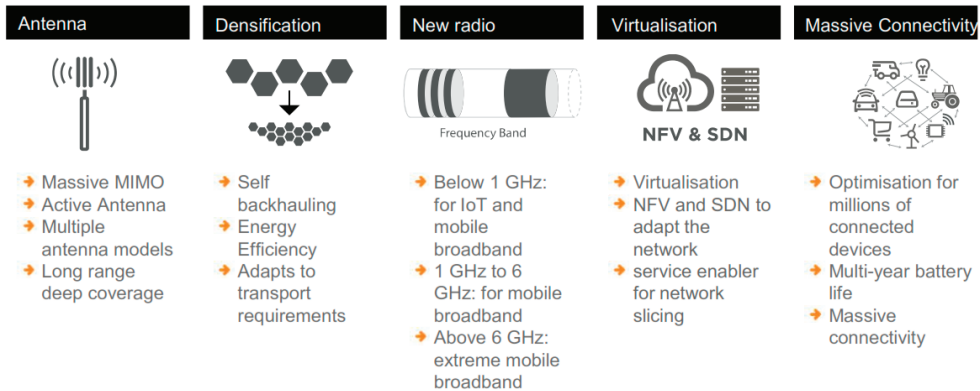
**Tabel 2.1. Spesifikasi teknis teknologi 5G release 15**

	5G	LTE-Advanced (4.5G)	LTE (4G)
<b>Peak data rate</b>	20 Gbps for DL, 10 Gbps for UL	1 Gbps for DL, 500 Mbps for UL	100Mbps for DL, 50Mbps for UL
<b>Peak Spectral Efficiency</b>	30 bps/Hz for DL and 15 bps/Hz for UL	30 bps/Hz for DL and 15 bps/Hz for UL	5 bps/Hz for DL, 2.5 bps/Hz for UL
<b>Control Plane Latency (IDLE-&gt;ACTIVE)</b>	10 ms	50 ms	100ms
<b>User Plane Latency*</b>	eMBB: 4 ms for DL, 4 ms for UL. URLLC: 0.5 ms for DL, 0.5 ms for UL	Lower than LTE	5ms in unload condition
<b>Reliability</b>	Support up to $10^{-5}$ packet error rate within 1ms	Not defined	Not defined
<b>Connection density</b>	1 Million device/km <sup>2</sup> in urban environment	300 UEs/cell per 5MHz	200 UEs/cell per 5MHz
<b>Target mobility</b>	500km/h	up to 350km/h (or perhaps even up to 500km/h depending on the frequency band)	Optimized for 0 to 15km/h Support with high perf for 15 to 120 km/h Support up to 350km/h

Sumber: Ajit Nimbalkar, Intel Corp

Teknologi 5G merupakan evolusi dari berbagai teknologi seluler yang sudah dikembangkan sejak lama oleh para peneliti. Teknologi seperti pada antenna, densifikasi, virtualisasi sampai dengan koneksi masif. Teknologi tersebut terus dikembangkan dan di sinergikan dalam satu teknologi seluler yang saling menopang satu sama lain. Salah satu permasalahan utama dalam teknologi seluler untuk 5G adalah ketersediaan dan utilisasi spektrum (Gomez, 2018).

- Harmonisasi spektrum seluler baru sangat diperlukan untuk memastikan layanan 5G dapat memenuhi harapan dimasa depan dan memberikan seluruh potensi dan kemampuan dari teknologi ini.
- 5G membutuhkan spektrum dalam tiga rentang frekuensi utama agar memberikan jangkauan luas dan dapat mendukung semua use case yang dapat dihadirkan dengan teknologi 5G. rentang spektrum tersebut adalah sub-1 GHz; 1-6 GHz dan di atas 6 GHz.
- Potensi signifikan untuk koeksistensi 5G dan layanan nirkabel lainnya (mis. Satelit dan sambungan tetap) di pita frekuensi yang lebih tinggi (mis. Di atas 24 GHz).
- Lisensi teknologi spektrum netral yang penting agar memungkinkan penyelenggara dapat dengan mudah ber migrasi ke teknologi 5G.



**Gambar 2.3. Teknologi seluler yang akan mempengaruhi teknologi 5G**

## 2.2 Interferensi

Interferensi merupakan salah satu gangguan pada system transmisi sinyal data. Interferensi didefinisikan sebagai sinyal pengganggu yang tidak diinginkan dimana frekuensinya berdekatan atau sama dengan sinyal yang diinginkan serta berdaya besar. Interferensi pada jaringan seluler dibagi menjadi dua yaitu:

### 2.2.1. Co-channel interference (Interferensi Ko-Kanal)

Interferensi ini disebabkan penggunaan ulang frekuensi oleh sel-sel yang menggunakan frekuensi yang sama. Sel-sel ini disebut sel-sel kanal yang sama atau sel ko-kanal. Interferensi ko-kanal tidak dapat diatasi dengan cara meningkatkan SNR. Hal ini karena penambahan daya pancar pengirim justru akan menaikkan interferensi dengan sel ko-kanal tetangga. Untuk mengurangi interferensi ko-kanal maka selsel ko-kanal harus dipisahkan sejauh jarak minimal tertentu yang akan mengurangi pengaruh perambatan (Susilawati & Eng, 2009).

### 2.2.2. Adjacent channel interference (Interferensi Kanal yang Berdekatan)

Interferensi yang diakibatkan oleh sinyal-sinyal pada frekuensi yang berdekatan. Interferensi jenis ini terjadi karena filter penerima yang tidak sempurna sehingga mengakibatkan frekuensi lain masuk kedalamnya. Permasalahan akan timbul jika dua orang pelanggan yang berdekatan menggunakan kanal yang berdekatan; satu mengirim sinyal dan yang lain sedang menerima sinyal dari stasiun basis. Selain itu permasalahan juga dapat terjadi jika pelanggan yang berada dekat dengan stasiun basis menggunakan kanal yang berdekatan dengan kanal yang digunakan oleh pelanggan berdaya pancar rendah (Susilawati & Eng, 2009).

Interferensi kanal yang berdekatan dapat diminimalkan dengan penapisan atau *filtering* dan pembagian kanal yang tepat. Pembagian kanal pada tiap sel dapat diatur sedemikian rupa sehingga kanal-kanal yang berdekatan frekuensinya tidak berada dalam satu sel. Jarak frekuensi antara tiap kanal harus dijaga sebesar mungkin untuk mengurangi interferensi. Kanal-kanal dapat dibagi dengan menghindari kanal-kanal yang membentuk pita frekuensi kontinyu berada pada sel yang sama (Susilawati & Eng, 2009).

### 2. 3. Teori SWOT

SWOT merupakan singkatan dari *strengths* (kekuatan), *weaknesses* (kelemahan), *opportunities* (peluang), dan *threats* (ancaman). Teori SWOT dapat digunakan sebagai suatu model dalam menganalisis suatu organisasi yang berorientasi profit dan non profit dengan tujuan utama untuk mengetahui keadaan secara lebih komprehensif (Fahmi, 2013). Melakukan analisis dengan pendekatan SWOT memang memiliki kelebihan dan kelemahan, peluang dan ancaman. Namun setidaknya telah diperoleh gambaran yang bisa menilai serta memutuskan langkah-langkah apa yang bisa dikerjakan di kemudian hari.

Dalam mendukung pengambilan keputusan, maka analisis SWOT memiliki peran besar didalamnya. Berbagai kalangan akademis, birokrat hingga praktisi bisnis telah mempercayai jika analisis dengan mempergunakan perspektif SWOT telah dianggap memiliki keunggulan. Dapat memberikan peta kondisi terhadap keadaan yang terjadi berdasarkan realita yang ada, serta lebih jauh mampu memberikan penegasan terhadap keputusan yang akan dilakukan dimasa yang akan datang.

Selanjutnya dilakukan analisis dan penentuan keputusan dengan menempatkan pendekatan matrik SWOT. Dimana hubungan tersebut diberikan solusi strategi yang harus dilakukan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 2.2

**Tabel 2.2. Matrik Analisis SWOT**

	STRENGTH (S) Daftar semua kekuatan yang dimiliki	WEAKNESS (W) Daftar semua kelemahan yang dimiliki
OPPORTUNITIES (O) Daftar semua peluang yang dapat diidentifikasi	Strategi SO Gunakan semua kekuatan yang dimiliki untuk memanfaatkan peluang yang ada.	Strategi WO Atasi semua kelemahan dengan memanfaatkan semua peluang yang ada.
THREATS (T) Daftar semua ancaman yang dapat diidentifikasi	Strategi ST Gunakan semua kekuatan untuk menghindar dari semua ancaman	Strategi WT Tekan semua kelemahan dan cegah semua ancaman

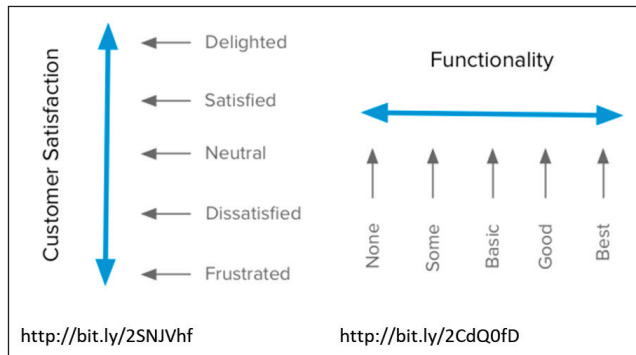
Keempat posisi dalam matrik SWOT ini menjadi bagian penting untuk memposisikan pemahaman secara lebih aplikatif. Artinya akan menjadi lebih baik jika setelah menempatkan strategi secara intens pada keempat tersebut, maka sebaiknya melaksanakan semua itu secara simultan, bahkan melaksanakan itu secara terpisah.

Pelaksanaan secara simultan akan membuat kekuatan strategi menjadi lebih terpadu, karena secara prinsipil konsep SWOT adalah suatu analisis yang dibangun secara keseimbangan yang berkekuatan menyatu dan bersifat saling mendukung. Seperti pada strategi SO. Strategi ini bersifat agresif, memacu pertumbuhan. Strategi WO diperoleh ketika manajemen mencoba memanfaatkan peluang yang tersedia untuk mengurangi bahkan mengeliminasi kelemahan yang ada. Strategi ST serupa dengan strategi WO karena kedua variable yang ada tidak maksimal. Strategi ST lahir dari analisis manajemen yang hendak menggunakan kekuatan dan keunggulan yang dimiliki untuk menghindari efek negatif dari ancaman yang dihadapi. Strategi WT pada dasarnya lebih merupakan strategi bertahan yakni strategi yang masih mungkin ditemukan dan dipilih dengan meminimalisasi kelemahan dan menghindari ancaman (Irham Fahmi, 2013:265).

## 2.4. Kano Model

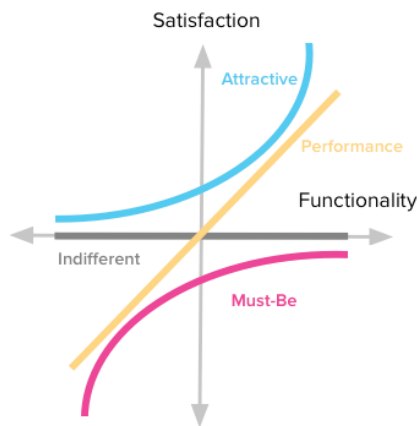
Noriaki Kano, seorang peneliti dan konsultan Jepang, menerbitkan sebuah makalah pada tahun 1984 dengan serangkaian ide dan teknik yang membantu untuk menentukan kepuasan pelanggan (dan prospek) dengan fitur-fitur produk. Teknik ini umumnya disebut dengan Model Kano dan didasarkan pada premis sebagai berikut (KANO, SERAKU, TAKAHASHI, & Shin-ichi, 1984):

- Kepuasan Pelanggan dengan fitur-fitur produk kami tergantung pada tingkat Fungsi yang disediakan (seberapa banyak atau seberapa baik mereka diimplementasikan);
- Fitur dapat diklasifikasikan ke dalam empat kategori;
- Dapat menentukan bagaimana perasaan pelanggan tentang fitur melalui kuesioner.



**Gambar 2.4. tingkat kepuasan dan fungsionalitas**

Inti dari model Kano terletak pada tingkat kepuasan. Bagaimana kepuasan dicapai dengan adanya fungsionalitas dari suatu layanan atau produk.



Sumber : <http://bit.ly/2H8gdLz>

**Gambar 2.5. model kano yang telah diperbarui**

**Performance.** Merupakan penilaian terhadap fitur sebuah produk atau perilaku layanan yang akan secara langsung memberikan nilai kepuasan, contoh: semakin banyak yang kita berikan, semakin puas pelanggan kita. Karena hubungan proporsional antara Fungsionalitas dan Kepuasan ini, fitur-fitur ini biasanya disebut sebagai atribut Linear, Performance atau One-Dimensional dalam literatur Kano. Seperti pada saat membeli mobil, jarak tempuh terhadap BBM biasanya merupakan atribut performa. Contoh lain seperti kecepatan koneksi internet; daya

tahan baterai laptop; kapasitas memory ponsel. Semakin banyak yang dimiliki masing-masing, akan semakin besar kepuasan. Setiap peningkatan fungsionalitas akan mengarah kepada peningkatan kepuasan. Penting juga untuk diingat bahwa semakin banyak fungsionalitas yang ditambahkan, maka akan semakin besar investasi yang harus dilakukan.

**Must-be.** Beberapa fitur sangat diharapkan oleh pelanggan pada sebuah produk. Jika produk tersebut tidak memilikinya, maka produk tersebut akan dianggap tidak lengkap atau tidak berguna. Jenis fitur ini biasanya disebut Must-be atau Basic Expectations. Maka dari itu fitur tertentu harus berada dalam sebuah produk terutama yang berkaitan erat dengan fungsionalitasnya, tetapi fitur dengan kategori ini tidak akan memberi nilai lebih terhadap kepuasan pelanggan. Contoh: ponsel yang dapat melakukan panggilan. Kamar hotel yang harus memiliki air mengalir dan tempat tidur. Mobil yang harus memiliki rem. Adanya fitur ini tidak akan membuat pelanggan bahagia, tetapi jika produk tersebut tidak memilikinya maka dapat dipastikan pelanggan akan meninggalkan atau tidak akan menggunakan produk atau layanan tersebut.

**Attractive.** Keberadaan suatu fitur tak terduga yang ketika ditawarkan dalam sebuah produk dapat menyebabkan reaksi positif. Hal ini biasanya disebut Attractive, Exciters or Delighters. Seperti adanya tambahan fitur sidik jari pada ponsel, dimana sebetulnya fitur tersebut tidak perlu ada agar fungsional ponsel terpenuhi, tetapi dengan adanya fitur tersebut, pelanggan akan semakin senang dengan ponsel tersebut.

**Indifferent.** Secara alami, pada suatu produk terdapat fitur-fitur yang membuat pelanggan acuh terhadap fitur tersebut. Bagi mereka, kehadiran fitur tersebut (atau tidak ada) tidak membuat perbedaan nyata dalam reaksi kami terhadap produk. Fitur-fitur ini berada di tengah-tengah dimensi Kepuasan (di mana sumbu horizontal memotongnya). Sehingga tidak peduli berapa banyak upaya yang dilakukan, pengguna tidak akan terlalu peduli. Dapat diartikan bahwa fitur atau layanan tersebut sebaiknya dihindari karena akan biaya investasi terhadap fitur tersebut akan sia-sia.

Untuk menerapkan model Kano, kuesioner dua dimensi disiapkan untuk setiap atribut produk / layanan. Pertanyaan pertama adalah fungsional (pertanyaan positif) dan yang kedua adalah disfungsional (pertanyaan negatif). Pertanyaan pertama diminta untuk mencari tahu bagaimana perasaan pelanggan jika fitur yang diusulkan sudah ada atau persyaratan dipenuhi sementara pertanyaan kedua adalah untuk mengetahui bagaimana perasaan mereka jika fitur yang dimaksud tidak ada atau persyaratan tidak terpenuhi (Meng, Zhou, Tian, Chen, & Zhou, 2011).

Setiap pertanyaan (apakah fungsional atau disfungsional), memiliki daftar lima opsi, yaitu: 1. “Saya suka seperti itu” (suka), 2. “Pasti seperti itu” (harus), 3. “Aku netral” (netral), 4. “Aku bisa hidup dengan cara itu” (hidup dengan), 5. “Aku tidak suka seperti itu” (tidak suka). Setelah survei, hasilnya dihitung dan dijumlahkan untuk menunjukkan bagaimana mayoritas pelanggan menyatakan persyaratan mereka, dan ini dikategorikan ke dalam M “Must-Be”, O “One-Dimensional”, A “Attractive”, I “acuh tak acuh”, Kategori “Terbalik” dan Q “Dipertanyakan”. Aturan untuk evaluasi adalah: “M> O> A> I”. Aturan ini memandu keputusan ketika membuat keputusan yang fitur / persyaratan lebih berpengaruh pada persepsi kualitas dari produk / layanan yang diusulkan (Li-li, Lian-feng, & Qin-ying, 2011). (Berger et al., 1999)

**Tabel 2.3. Kombinasi jawaban model Kano**

<i>Functional</i>	<i>Dysfunctional</i>				
	Like	Must-be	Neutral	Live-with	Dislike
<i>Like</i>	Q	A	A	A	O
<i>Must-be</i>	R	I	I	I	M
<i>Neutral</i>	R	I	I	I	M
<i>Live-with</i>	R	I	I	I	M
<i>Dislike</i>	R	R	R	R	Q

Sumber : (Huang, 2017)

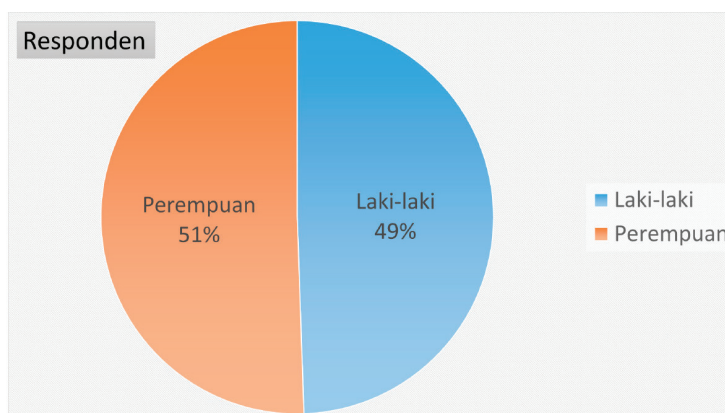
# USER EXPERIENCE TRIAL 5G

### 3.1. Pendahuluan

Asian Games merupakan acara multi-olahraga yang diadakan setiap empat tahun oleh para atlet dari negara-negara di Asia. Tahun 2018 ini, Indonesia mendapatkan kehormatan untuk menjadi tuan rumah dan penyelenggara perhelatan Asian Games ke 18 di Jakarta dan Palembang. Acara tersebut berlangsung dari tanggal 18 Agustus 2018 hingga 2 September 2018.

Bersamaan dengan Asian Games 2018, Telkomsel melakukan uji coba atau *showcase* sebagian *use case* 5G di dalam kompleks Gelora Bung Karno (GBK). *Use case* tersebut terbagi menjadi 4 bagian yaitu: *virtual reality (VR)*, *interactive live streaming*, *robot (low latency)*, *autonomous bus*.

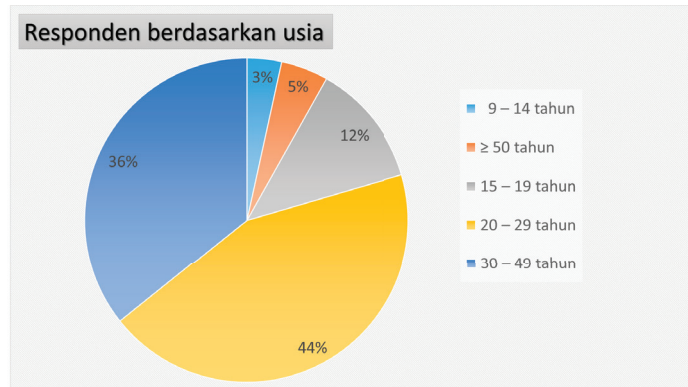
Total responden dalam survei ini sebanyak 1742 orang dengan pembagian berdasarkan gender sebagai berikut :



**Gambar 3.1. Persentase responden berdasarkan gender**

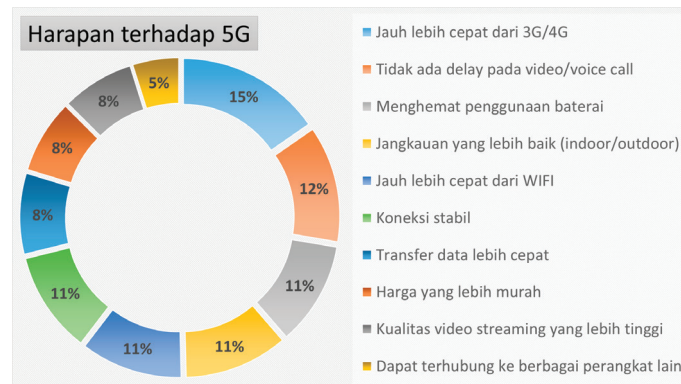
Responden terbagi hampir sama banyak yaitu 51% responden perempuan dan 49% responden laki-laki. Dengan pembagian berdasarkan usia seperti pada Gambar 3.2, responden yang merupakan pengunjung *showcase* 5G terbanyak berada di usia 20 sampai dengan 29 tahun dengan persentase sebesar 44%, dan responden paling sedikit pada rentang usia 9 sampai dengan 14 tahun yang hanya sebesar 3%.





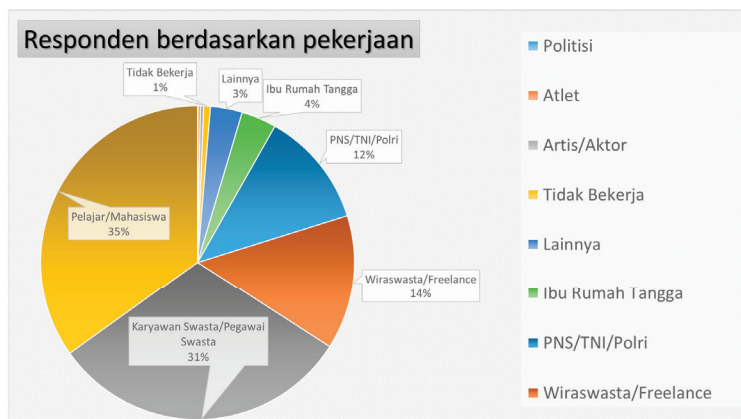
**Gambar 3.2. Persentase responden berdasarkan usia**

Teknologi 5G akan memberikan banyak manfaat bagi masyarakat. Harapan masyarakat terhadap teknologi ini terlihat pada Gambar 3.3.



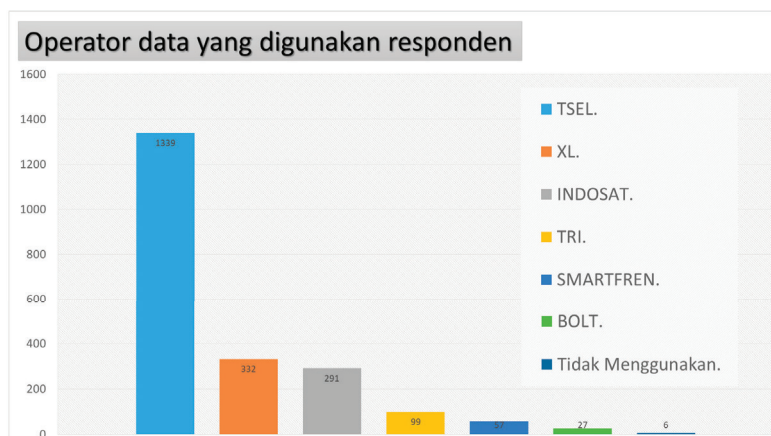
**Gambar 3.3. persentase harapan responden terhadap teknologi 5G**

Jawaban terbanyak harapan masyarakat terhadap teknologi yang akan datang yaitu 5G adalah dari faktor kecepatan akses yaitu dapat dipastikan akan lebih cepat dari teknologi sebelumnya yaitu teknologi 4G. Sedangkan jawaban kedua dengan total 12% responden mengharapkan teknologi 5G akan memberikan layanan pada video dan voice data call yang lebih baik dimana diharapkan sudah tidak ada delay dengan kualitas gambar dan suara yang jernih. Jawaban terbanyak ketiga dengan persentase yang berdekatan adalah penghematan penggunaan *power*, jangkauan yang lebih baik di dalam maupun luar ruangan, akses yang lebih cepat daripada WIFI, dan koneksi yang stabil.



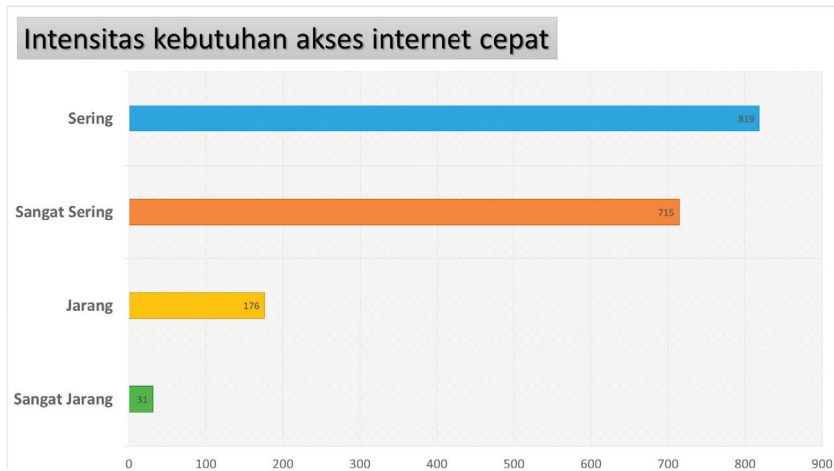
**Gambar 3.4. Persentase responden berdasarkan pekerjaan**

Berdasarkan Gambar 3.4, persentase responden terbanyak merupakan pelajar atau mahasiswa dengan jumlah 35% dari total responden. Sedangkan responden paling sedikit dari kalangan politisi, atlet, dan artis/aktor.



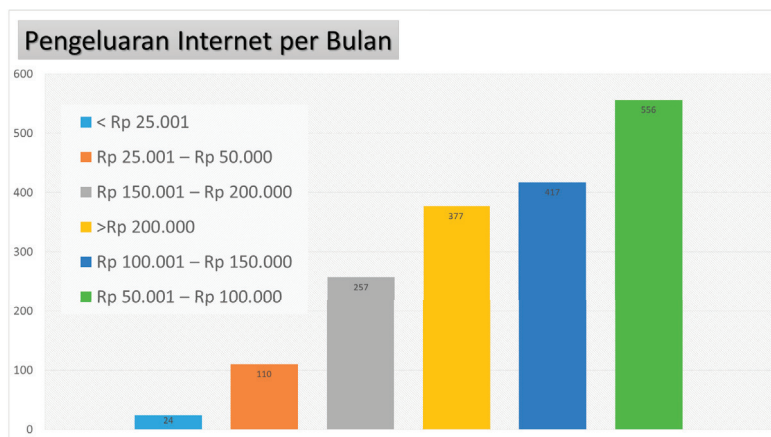
**Gambar 3.5. Operator data yang digunakan oleh responden**

Dapat dilihat pada Gambar 3.5, meskipun ujicoba dilakukan oleh Telkomsel tetapi beberapa responden dari operator lain juga dapat mencoba *showcase* 5G tersebut, meskipun dapat dipastikan bahwa responden ternyata pasti menggunakan operator data Telkomsel.



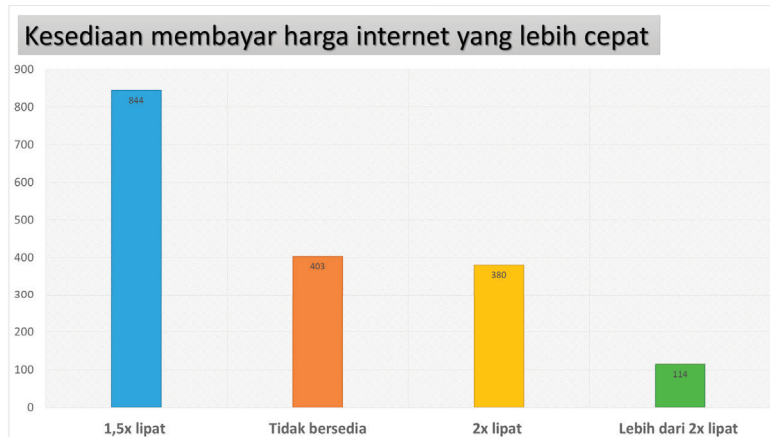
**Gambar 3.6. Intensitas kebutuhan internet cepat**

Dari pertanyaan tentang intensitas penggunaan internet, responden sering kali membutuhkan akses yang cepat seperti penggunaan menonton video. Dengan pengeluaran untuk internet per bulan seperti pada Gambar 3.7.



**Gambar 3.7. Pengeluaran internet per bulan**

Pengeluaran internet oleh responden terbanyak pada kisaran Rp. 50.000,- sampai dengan Rp. 100.000,- meskipun demikian, responden bersedia mengeluarkan biaya lebih untuk mendapatkan akses yang lebih cepat seperti pada Gambar 3.8.



**Gambar 3.8. Kesediaan membayar biaya akses yang lebih cepat**

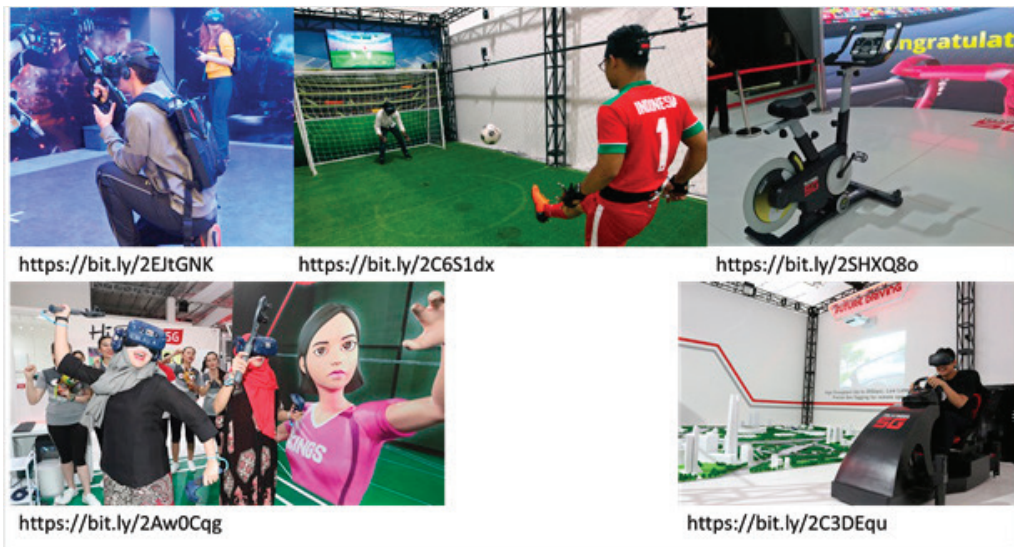
Responden bersedia membayar 1,5x lipat dari harga layanan yang mereka gunakan saat ini untuk mendapatkan akses yang lebih cepat. Nilai harga ini dengan asumsi bahwa kuota yang mereka dapatkan sama dengan biaya yang mereka bayar saat ini, perbedaan hanya pada kecepatan akses.

### 3.2. *Virtual Reality (VR)*

Aplikasi VR yang diujicobakan dalam bentuk permainan, hiburan dan olah raga, aplikasi tersebut antara lain:

- *VR cycling* : VR bersepeda, hanya di VR ini yang ditampilkan langsung ke layar lebar dengan kendali dari sepeda statis seperti yang digunakan sebagai alat fitness.
- *VR football* : VR sepak bola dengan simulasi tendangan penalti. Sensor terletak pada pemain dan bola. Terdapat layar lebar yang memperlihatkan apa yang dilihat oleh pemain dalam kacamata VR.
- *VR game* : VR simulasi perang dimana pemain dapat bergerak bebas dalam ruang terbatas dan juga akan merasakan sensasi tertembak dari rompi yang diberi sensor.
- VR panahan dan badminton : VR simulasi permainan olahraga panahan dan badminton.
- *VR driving* : VR simulasi mengendarai mobil. VR tersebut tersambung dengan miniatur kota dan mobil yang tersinkron dengan tampilan dan kendali

yang dipegang oleh pemain. Layanan ini menggunakan teknologi *geotagging* dan *precise remote operation*



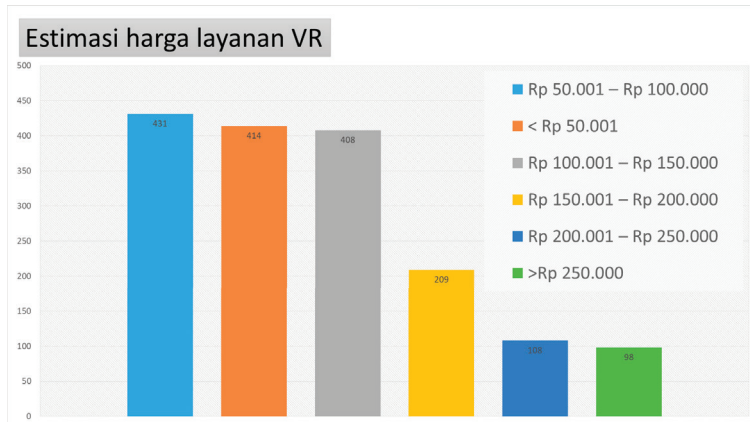
**Gambar 3.9. Showcase VR**

Berdasarkan penilaian dari responden, aplikasi VR rata-rata memiliki respon, kualitas tampilan dan suara yang bagus. Aplikasi VR ini oleh responden diumpamakan seperti wahana bermain (contoh: timezone, dll). Oleh karena itu, berdasarkan hasil survei responden, aplikasi VR ini lebih cocok ke sektor game dan hiburan serta olahraga. Hal ini juga dikarenakan showcase 5G yang dilakukan pada saat trial lebih banyak dalam bentuk game, hiburan dan olah raga.

**Table 3.1. Kualitas showcase VR**

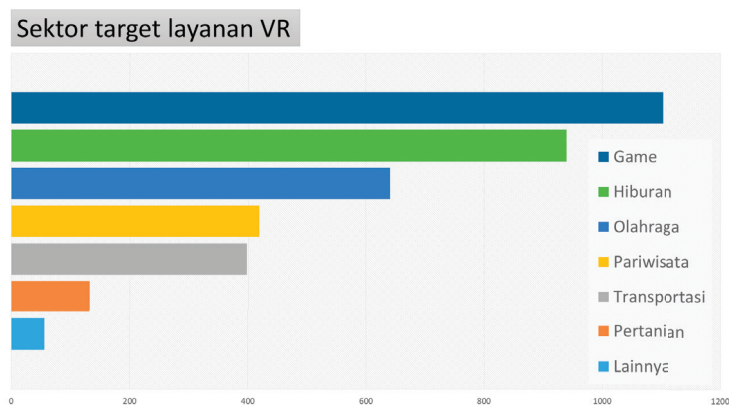
VR	Gambar	Suara	Terasa Nyata	Respon
VR Sepeda	Jernih	Bagus	Terasa nyata	Sekejap
VR Sepak Bola	Jernih	Jernih	Terasa nyata	Sekejap
VR Game	Jernih	Jernih	Terasa nyata	Sekejap
VR Badminton	Jernih	Jernih	Terasa nyata	Sekejap
VR Panahan	Jernih	Jernih	Terasa nyata	Sekejap
VR Mengemudi	Bagus	Bagus	Bagus, tapi tidak terasa nyata	Cepat

Nilai terendah pada *showcase* VR ada pada VR mengemudi, meskipun bagi responden secara kualitas gambar dan suara masih tergolong bagus tetapi masih kalah dibandingkan dengan kualitas *showcase* VR yang lain. Hal ini dapat disebabkan karena pada VR *driving* memiliki pengaturan perangkat yang lebih kompleks dengan adanya sinkronisasi *geotagging* dan *precise remote operation*.



**Gambar 3.10. Estimasi harga layanan VR yang diinginkan responden**

Hasil dari survei terkait harga estimasi yang sesuai dengan keinginan responden terkait dengan layanan VR berada pada kisaran harga Rp. 50.000,- sampai dengan Rp. 100.000,-. Meskipun untuk harga dibawah Rp. 50.000,- dan Rp. 100.000,- sampai dengan Rp. 150.000,- memiliki jumlah pemilih yang hampir sama.



**Gambar 3.11. Sektor yang cocok untuk layanan VR**

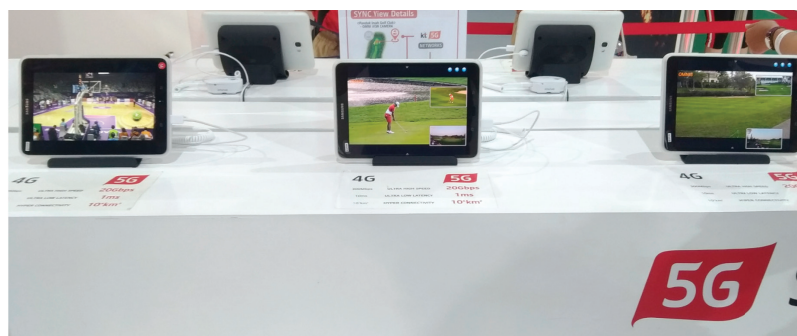
Responden berpendapat bahwa aplikasi VR kedepan akan sangat bermanfaat bila digunakan dalam sektor game, hiburan dan olahraga. Menurut responden, aplikasi ini akan sesuai dengan kebutuhan hiburan dimasa depan dimana dalam melakukan olah raga dapat menjadi sebuah permainan digital.

### 3.3. *Interactive Live Streaming*

*Interactive live streaming* oleh responden diumpamakan seperti penambahan layanan pada tv berbayar. Oleh karena itu, aplikasi *live streaming* lebih cocok ke hiburan. Sedangkan berdasarkan respon responden, sama seperti pada hasil survei aplikasi VR, aplikasi *interactive live streaming* ini sebaiknya diterapkan untuk sektor game, hiburan serta olahraga. Hal ini juga dikarenakan *showcase* 5G yang dilakukan pada saat ujicoba lebih banyak dalam bentuk *game*, hiburan dan olah raga.

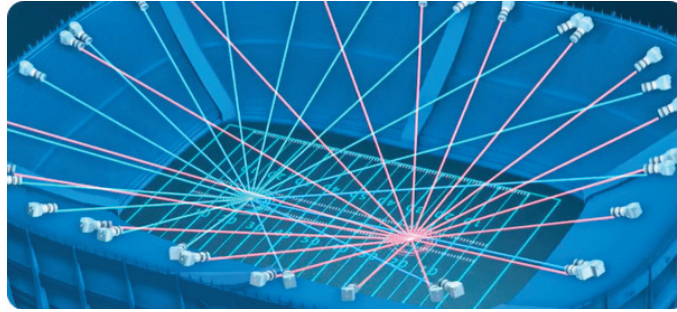
Konsep *interactive live streaming* yang diujicobakan berbetuk layanan yang dapat dilihat melalui tablet. *Interactive live streaming* memiliki 3 layanan yaitu:

- *Sync view* : sync view adalah live streaming dari kamera yang terpasang dibadan atlet atau kendaraan yang digunakan.
- *Omni view* : omni view adalah live streaming untuk melihat kondisi 360° dari lokasi pertandingan tertentu, pada ujicoba di Asian Games 2018, kamera ini teletak pada salah satu lokasi pertandingan golf.
- *Time slice* : time slice adalah live streaming pada suatu lokasi atau arena pertandingan, kamera terpasang mengitari arena sehingga penonton layanan ini dapat menentukan sudut pandang pertandingan yang berbeda-beda secara bersamaan, atau melihat atlet melakukan aksi dari berbagai sudut pandang pada satu waktu.



<http://bit.ly/2Fby6y4>

**Gambar 3.12. *Showcase interactive live streaming***



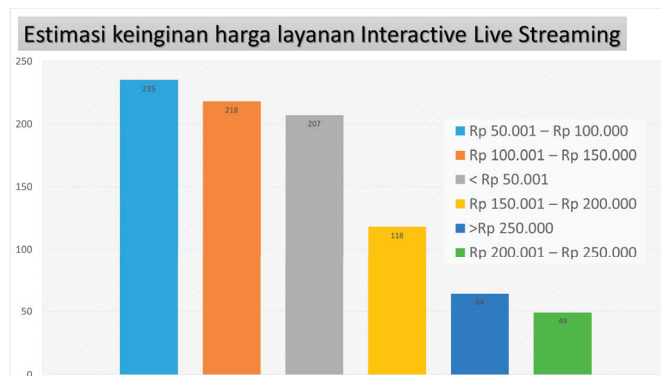
**Gambar 3.13.** konfigurasi kamera *time slice*

**Tabel 3.2.** Kualitas *showcase interactive live streaming*

Kualitas Interactive Live Streaming		
Live Streaming	Gambar	Kemudahan
Sync View	Jernih	Mudah sekali
Omni View	Jernih	Mudah sekali
Time Slice	Jernih	Mudah sekali

Rata-rata responden menjawab bahwa kualitas tampilan dalam *interactive live streaming* ini sudah sangat bagus dimana gambar yang dihasilkan terlihat sangat jernih dengan pengoperasian yang sangat mudah sekali.

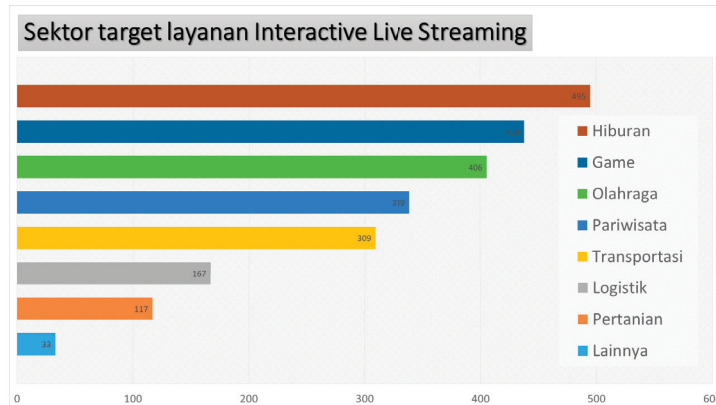
Survei untuk estimasi harga layanan *interactive live streaming* memiliki hasil yang kurang lebih sama dengan harga layanan VR dimana tiga jawaban tertinggi Rp. 50.000,- sampai dengan Rp. 100.000,-; Rp. 100.000,- sampai dengan Rp. 150.000,- dan kurang dari Rp. 50.000,-.



**Gambar 3.14.** Estimasi harga layanan *interactive live streaming*



Begitu juga pada hasil survei untuk sektor yang cocok untuk penerapan interactive live streaming, hasil yang didapat hampir sama dengan pada showcase layanan VR. Responden banyak memilih sektor hiburan, game dan olahraga. Hal ini salah satunya dikarenakan ujicoba pada showcase tersebut ditampilkan dalam bentuk tablet yang menampilkan pertandingan dengan tambahan layanan interactive live streaming.



**Gambar 3.15. Sektor yang cocok untuk layanan *Interactive Live Streaming***

### 3.4. Robot (*Low Latency*)

Pengalaman responden dalam mencoba layanan robot *low latency* memberi gambaran bahwa respon yang diberikan oleh robot sangat cepat. Konsep *low latency* diberikan dengan cara membuat robot dalam bentuk permainan “suit”, dimana responden akan mencoba bermain suit dengan robot tersebut. Robot tersebut akan merespon jawaban dari responden berdasarkan pengaturan robot yang diberikan diawal, apakah itu robot selalu menang, robot selalu kalah, atau jawaban acak.



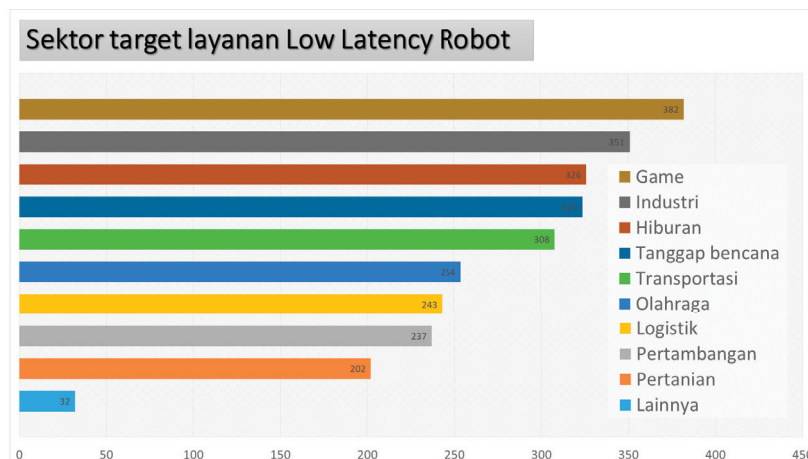
**Gambar 3.16. Showcase robot *low latency***

Hasil *user experience* sebagai berikut dimana berdasarkan pengalaman responden mencoba, kecepatan respon robot sangat cepat atau sekejap dan memiliki ketepatan jawaban yang sesuai dengan pengaturan robot.

**Tabel 3.3. Kualitas robot *low latency***

Kualitas Suten Robot	Tanggapan
Kecepatan	Sekejap
Ketepatan	Selalu sesuai dengan setting

Responden sebagian besar awalnya tidak mengetahui fungsi dari *low latency* robot di masa depan, terutama karena bentuk ujicoba robot *low latency* tersebut dalam bentuk permainan “suit” dimana responden hanya menganggap penggunaan terbatas dalam hal permainan dan hiburan. Aplikasi ini dapat digunakan sebagai pengganti manusia untuk pekerjaan yang beresiko tinggi, seperti dibidang tambang atau penanggulangan bencana. Oleh karena itu setelah mendapatkan pemahaman tersebut, sebagian responden menjawab bahwa aplikasi ini kedepan dapat digunakan dalam industri dan kebencanaan, selain jawaban umum seperti digunakan untuk game dan hiburan. Jawaban untuk sektor game dan hiburan menjadi mayoritas dikarenakan pada saat ujicoba, bentuk nyata yang dilihat oleh responden dalam bentuk permainan.



**Gambar 3.17. sektor yang cocok untuk robot *low latency***

### 3.5. Autonomous Bus

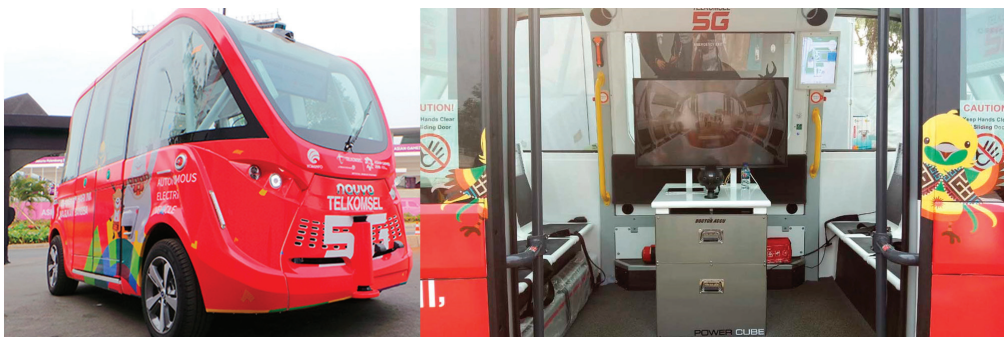
Bis otonom merupakan sesuatu yang baru bagi responden, mereka sangat antusias dalam mencoba layanan tersebut. Kendaraan tanpa pengemudi ini merupakan salah satu aplikasi *Intelligent Transport System (ITS)* yang memerlukan *latency* yang sangat rendah untuk dapat berkomunikasi dengan infrastruktur dan kendaraan sekitar (V2X) agar tetap aman dan lebih terorganisir saat berkendara.

Menurut sebagian besar responden, bus yang di uji cobakan sudah sangat nyaman dan sangat aman. Terlepas bagaimana implementasi apabila diterapkan dalam kondisi jalanan umum. Pada saat uji coba, bus ini memiliki jalur khusus dan berjalan maksimal 10 km/jam.

**Tabel 3.4. Kualitas bus otonom**

Kualitas Bus Otonom	Tanggapan
Kenyamanan	Sangat nyaman
Keamanan	Sangat aman

Bus Otonom ini bermerek Naveya asal Perancis. Berpenggerak listrik dengan daya baterai dengan kapasitas sebesar 33 kWh, dan dapat bertahan selama 9 jam. Waktu pengisian dilakukan selama 7-8 jam. Kapasitas maksimal penumpang hingga 12 orang dengan kondisi 8 duduk dan 4 berdiri.

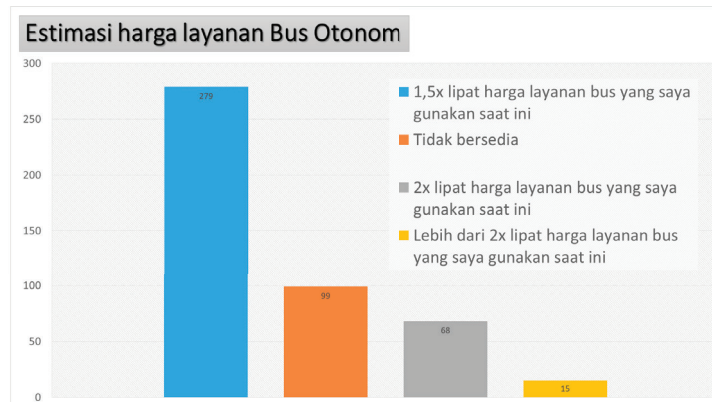


<https://bit.ly/2SAZHfb>

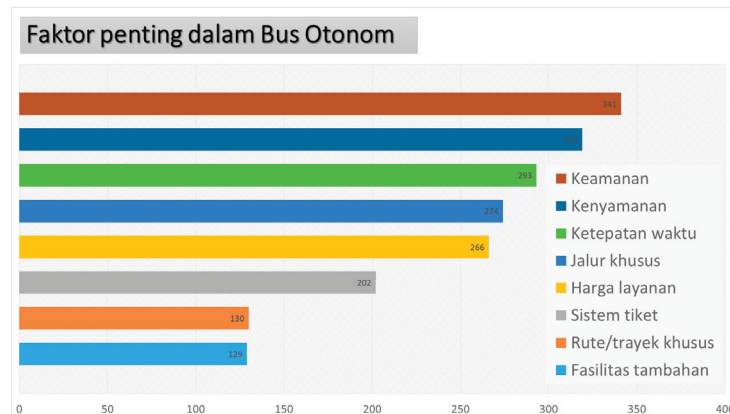
<https://bit.ly/2Qs4dKV>

**Gambar 3.18. Showcase bus otonom di Asian Games**

Dilihat dari sisi harga, sebagian besar responden yang mencoba bus otonom ini bersedia membayar harga 1,5x lipat dari harga yang mereka bayar saat ini apabila bus ini telah beroperasi secara umum (Gambar 3.19). Harga sebesar 1,5x ini melekat kepada masing-masing harga dari jenis transportasi yang digunakan, oleh karena itu harga penerapan di bus transjakarta dan bus bandara akan lain bila layanan tersebut menggunakan bus otonom.



**Gambar 3.19.** Harga layanan bus otonom menurut responden



**Gambar 3.20.** Faktor penting dalam implementasi bus otonom

Tetapi sebelum beroperasi secara umum, terdapat faktor penting yang harus diperhatikan dalam implementasi bus otonom ini. Seperti pada Gambar 3.20, dimana pilihan terbanyak oleh responden terkait faktor penting dalam bus otonom adalah faktor keamanan, hal ini dapat dipahami karena masyarakat masih belum

terbiasa dengan tidak adanya supir dalam sebuah kendaraan sehingga kepercayaan terhadap sebuah mesin masih sangat rendah. Jawaban seperti kenyamanan merupakan nilai tambah dalam setiap sistem transportasi, seperti ketersediaan jumlah kursi, proses perjalanan dilihat dari kendali kemudi otomatis, pengereman dan lain-lain. Dan faktor ketepatan waktu merupakan harapan responden, dimana beberapa responden menganggap dengan adanya sistem yang berjalan secara otonom dan didukung dengan adanya jalur khusus untuk bus otonom ini akan memberikan ketepatan waktu datang dan berangkat yang lebih baik.

### 3.6. *Overview User Experience Trial 5G*

*Showcase* teknologi 5G pada gelaran Asian Games 2018 ini merupakan kerjasama antara Telkomsel dengan KT dari Korea Selatan. Frekuensi 28 GHz digunakan dalam *showcase* ini, sesuai dengan Kepdirjen 235 Tahun 2018 Tentang Penetapan Pita Frekuensi Radio untuk Uji Coba Penggunaan Teknologi IMT-2020.

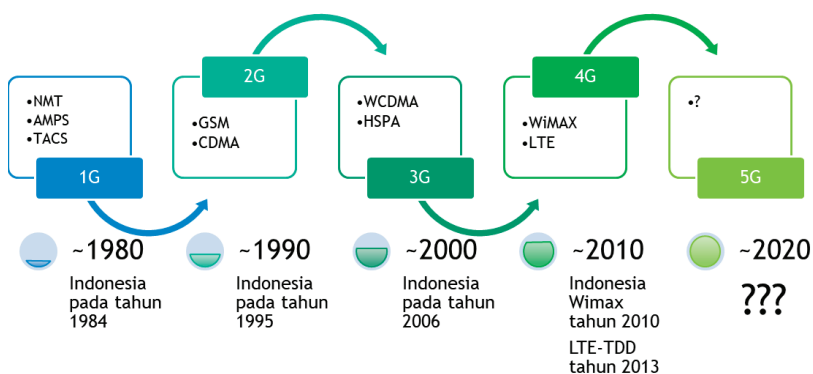
Rata-rata responden menyukai *showcase* yang ditawarkan meskipun belum tentu menginginkan secara pribadi. (Detail per *showcase* per kategori dapat berbeda). Mereka menginginkan layanan ini sudah memiliki ekosistem yang luas terlebih dahulu, sehingga apabila pada saatnya mereka memerlukan, layanan tersebut sudah tersedia dan sudah memiliki ekosistem yang mature.

Dari sisi regulasi, bus otonom akan memiliki regulasi yang akan beririsan dengan instansi lain, selain itu faktor-faktor penting dalam bus otonom sebaiknya dibentuk dalam standar sesuai ISO atau standar lainnya.

## USE CASE 5G INDONESIA

### 4.1. Use Case Teknologi 5G

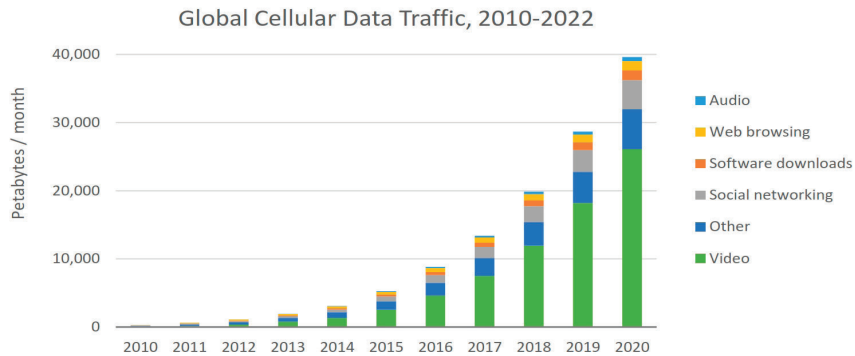
Teknologi seluler telah berkembang jauh sejak munculnya sistem seluler fungsional pertama pada tahun 1979. Perkembangan ini mewakili perubahan revolusioner dari konsep telepon yang berpusat pada komunikasi antara dua lokasi tetap. Setelah itu, ide untuk berkomunikasi secara nirkabel muncul dimana generasi pertama teknologi seluler, atau “1G,” memodulasi panggilan suara menggunakan teknik yang disebut *Frequency Division Multiple Access* (FDMA) dan mentransmisikan sinyal analog antara menara radio untuk memungkinkan komunikasi “nirkabel”. Di Amerika Serikat, jaringan seluler pertama diluncurkan pada tahun 1983 dengan jangkauan terbatas, kualitas suara yang relatif buruk, dan kurangnya keamanan. Ponsel awal juga meninggalkan banyak yang harus diinginkan dalam hal mobilitas. Tetapi terlepas dari ukuran dan beratnya yang besar, potensi mereka untuk menyelesaikan tantangan komunikasi sangat besar.



**Gambar 4.1. Perkembangan teknologi seluler Indonesia**

Sampai dengan teknologi 2G, tujuan utama telepon seluler adalah murni berkomunikasi baik melalui suara maupun text, tetapi setelah adanya komunikasi data perkembangan atau *use case* teknologi seluler berkembang. Teknologi 4G merupakan teknologi seluler yang saat ini banyak digunakan, kecepatan akses yang lebih baik dari 3G merupakan salah satu pemicu timbulnya banyak aplikasi pendukung yang menggunakan teknologi seluler sebagai komunikasi data. Aplikasi transportasi, *e-commerce* dll berkembang sangat pesat di era 4G dan akan terus

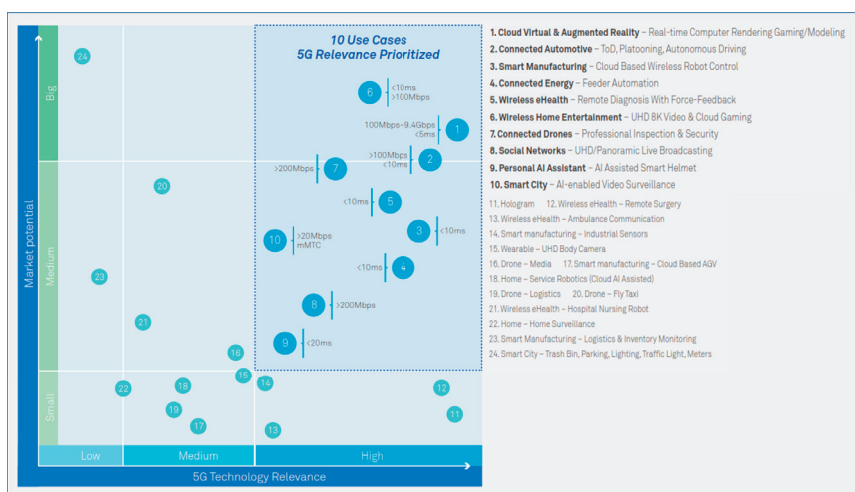
berkembang pada era 5G nanti. Terlihat pada data oleh 5G Americas *Whitepaper* yang menunjuk prediksi peningkatan konsumsi data dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2020 (5G Americas, 2017a).



Sumber : (5G Americas, 2017a)

**Gambar 4.2. Grafik perkiraan peningkatan data traffic**

Secara global, berbagai pihak telah melakukan kajian bagaimana teknologi 5G akan berkembang dan digunakan untuk apa. Berbagai use case diperkirakan akan populer pada saat era 5G seperti pada kajian yang telah dilakukan oleh Huawei dimana 10 use case akan sangat membutuhkan perhatian seperti *cloud virtual* dan *augmented reality*, *connected automotive*, *smart manufacturing*, *connected energy*, *wireless ehealth*, *wireless home entertainment*, *connected drones*, *social networks*, *personal assistant*, dan *smart city* (Huawei - XLabs Wireless, 2017).



**Gambar 4.3. Use Case pada era teknologi 5G**

## 4.2. Use Case di Indonesia

Penelitian ini menggunakan model Kano untuk mengolah data survei. Pada survei use case ini, pertanyaan memiliki fokus hanya kepada masyarakat umum sebagai end user sebuah teknologi dan dibatasi pada penggunaan yang langsung dapat dirasakan secara pribadi pengguna tersebut sehingga pertanyaan yang berkaitan dengan industri atau otomatisasi industri tidak akan ditanyakan karena masyarakat tidak dapat merasakan langsung hasilnya.

Responden 881 orang; dengan syarat adalah minimal pengguna layanan data 3G; tersebar di 6 kota (Jakarta, Bandung, Semarang, Jogjakarta, Denpasar, Surabaya); distribusi pekerjaan (Pelajar/Mahasiswa, BUMN/PNS/TNI/Polri, Karyawan Swasta, Wiraswasta/Wirausaha, Ibu Rumah Tangga, Lainnya).

Pertanyaan yang diberikan kepada masyarakat sebagai responden antara lain sebagai berikut:

- [Smart City]
  - o Pengelolaan kota secara otomatis.
  - o Pengaturan lampu lalu lintas berdasarkan informasi secara kepadatan pengguna jalan.
- [Smart Farming]
  - o Aplikasi untuk mengetahui informasi pertanian secara real-time seperti waktu tanam, kondisi tanah, cuaca, atau penanggulangan hama .
  - o Aplikasi untuk penyiraman dan penyemprotan pestisida secara otomatis berdasarkan informasi dari sensor.
- [Smart Office]
  - o Dapat mengadakan rapat/pertemuan melalui tele-conference tanpa jeda/ delay secara real-time.
- [Autonomous Vehicle]
  - o Kendaraan (bus/kereta/mobil) tanpa pengemudi/otonom.
- [Healthcare]
  - o Diagnosis kesehatan/penyakit dari jarak jauh melalui internet.
  - o Dokter mampu melakukan operasi (surgery) terhadap pasien yang jauh lokasinya (remote surgery).
- [Smart Logistic]
  - o Mengetahui posisi barang kiriman dan armada pengangkutan barang secara akurat dan real-time.



- o Pengiriman barang menggunakan drone (pesawat kecil tanpa awak).
- [5G For Disaster]
  - o Jalur komunikasi yang sangat bagus (reliable) untuk evakuasi korban bencana.
- [High Speed Internet]
  - o Internet dengan kecepatan tinggi dimanapun Anda berada (minimal rata-rata kecepatan download 100Mbps).
- [Entertainment]
  - o Live video dengan resolusi tinggi (Ultra High Definition/UHD).
  - o Menyaksikan pertandingan secara real-time dan dapat memilih sudut pandang kamera (real-time streaming).
  - o Video streaming tanpa putus-putus meskipun berada di dalam gedung atau di tengah kerumunan (low latency).
  - o Bermain game dengan sensasi seakan-akan berada di dunia game dan merasakan apa yang terjadi melalui indra visual (virtual reality).
- [Smart Shopping]
  - o Berbelanja dengan mencoba baju atau sepatu secara virtual melalui media online.
- [Smart Personal Assistant]
  - o Pekerjaan rumah tangga sehari-hari (memasak, mencuci, dll) dilakukan secara otomatis.

Kano Model merupakan metode untuk mengetahui tingkat penerimaan atau kepuasan konsumen terhadap suatu produk atau layanan. Dalam konteks layanan 5G, Kano Model digunakan untuk mengetahui aplikasi/layanan/use case yang diminati oleh user. Penelitian ini menggunakan use case yang rencananya akan dapat disediakan oleh vendor besar telekomunikasi sebagai pemilik teknologi seperti Qualcomm, Nokia, Huawei, Ericsson dan 5G America. Dalam penelitian ini, Kano Model yang digunakan merujuk pada tiga kategori yang dikembangkan oleh Dr. Noriaki Kano, yaitu :

- *Must-be* (Basic Needs), merupakan elemen yang menjadi kebutuhan dasar/ mutlak ada/keharusan dari produk atau layanan. Jika elemen ini tidak ada dalam suatu layanan, maka konsumen akan kecewa/sangat tidak puas terhadap layanan tersebut.

- *One-dimensional* (Performance Needs), merupakan elemen yang sebanding dengan tingkat kepuasan konsumen. Jika elemen ini ada dalam layanan maka tingkat kepuasan pelanggan akan naik, dan sebaliknya jika elemen ini tidak ada dalam layanan maka tingkat kepuasasn pelanggan akan turun.
- *Attractive* (Excitement Needs), merupakan elemen yang menarik minat konsumen terhadap layanan. Jika elemen ini ada, maka tingkat kepuasan konsumen akan meingkat signifikan, akan tetapi jika elemen ini tidak ada maka tingkat kepuasan konsumen tidak akan menurun. Hadirnya elemen ini akan menaikkan tingkat kepuasan konsumen terhadap layanan sehingga dapat dikatakan bahwa elemen ini merupakan kunci kesuksesan layanan baru.

Performance Needs Excitement Needs	9-14 years	15-19 years	20-29 years	30-49 years	>=50 years	SD/ sederajat	SMP/ sederajat	SMA/ sederajat	Diploma/S1	S2/S3	Pelajar/ Mahasiswa	Karyawan Swasta	Ibu Rumah Tangga	Wiraswasta
Smart City														
Sustainable Society														
Precision Agriculture														
Smart Farming														
Smart Offices														
Autonomous Driving														
5G for Connected Healthcare														
Remote Surgery														
Smart Logistics														
Drone Delivery														
5G for Emergency, Disaster and Public Safety														
High speed Broadband Everywhere														
Immersive Entertainment (live streaming UHD)														
5G time slicing														
Hot Spots – Broadband Access in Dense Areas														
Cloud VR & AR														
Real-time Shopping														
Personal Assistant														

\*kotak yang kosong adalah indifferent category

**Gambar 4.4.** Use case 5G dari perspektif responden

Berdasarkan data hasil olah dari Kano Model tersebut, dapat diketahui bahwa secara umum, berdasarkan kategori usia, pendidikan maupun profesi use case 1) 5G for emergency, disaster and public safety dan 2) high speed broadband everywhere merupakan use case yang akan menambah tingkat kepuasan pelanggan terhadap teknologi 5G. Dari kedua use case tersebut, hanya 5G for emergency, disaster and public safety yang membutuhkan jaringan real 5G, dimana latency maksimal 1 ms (skenario 5G Ultra Reliable Low Latency Communications/URLLC).

*Kebutuhan tersebut muncul dikarenakan negara Indonesia merupakan negara rawan bencana (dilalui ring of fire). Sedangkan use case high speed broadband everywhere diinginkan oleh user sebagai peningkat kepuasan terhadap kecepatan layanan 4G saat ini, dimana kebutuhan tersebut dapat diatasi dengan jaringan 4G saat ini.*

*Use case hot spots – broadband access in dense areas menjadi peningkat kepuasan pelanggan terutama untuk kategori usia 15-19 tahun dan untuk semua kategori profesi. Berdasarkan use case tersebut, direkomendasikan untuk *mengembangkan aplikasi-aplikasi yang berbasis hotspot* untuk mendorong penetrasi penggunaan layanan 5G.*

Sebagian kelompok usia (9-14 tahun) mengkategorikan use case : 1) *live streaming UHD*, 2) *5G time slicing* dan 3) *cloud VR&AR* sebagai use case yang sebanding dengan tingkat kepuasan pelanggan (performance needs). Jika use case tersebut tidak ada pada layanan 5G maka performansi teknologi 5G dianggap menurun oleh pelanggan dengan kategori tersebut. *Temuan lainnya adalah live streaming UHD saat ini hanya diminati oleh sebagian kecil orang saja.* Hal tersebut dikarenakan semakin banyak berkembangnya aplikasi-aplikasi broadcast OTT seperti Netflix, iflix atau youtube dianggap sudah memberikan kepuasan kepada pelanggan sampai saat ini.

Berdasarkan use case hasil survei yang telah dianalisis dengan metode Kano Model, dapat disimpulkan bahwa user secara umum bersikap *indifferent* terhadap kehadiran teknologi 5G. *Hal tersebut berarti ada atau tidak adanya teknologi 5G tidak memberikan nilai lebih kepada konsumen.* Kondisi tersebut untuk saat ini mengindikasikan beberapa hal diantaranya user bersikap *indifferent* karena

- belum mengetahui bentuk dari teknologi 5G atau
- user sudah puas dengan keberadaan teknologi yang ada saat ini, yaitu teknologi 4G.

#### **4.3. Overview Use Case 5G**

Berdasarkan tabel kano dapat kita lihat bahwa:

- Seluruh jenjang pendidikan akan lebih senang apabila terdapat hotspot diberbagai sudut kota, hal ini dapat menjadi alasan kebutuhan implementasi implementasi jaringan fix wireless access pada teknologi 5G
- Tingkat *awarness* responden terhadap kebencanaan yang tinggi, hal ini dapat disebabkan karena pada tahun 2018, kondisi Indonesia yang banyak terjadi

bencana sehingga sebagian besar responden menginginkan adanya kecepatan informasi dan tanggap bencana sehingga dapat menurunkan dampak dari bencana dengan adanya antisipasi yang dibantu melalui aplikasi tanggap kebencanaan.

Beberapa use case merupakan kategori *attractive* dari hasil model kano. Kategori *attractive* dapat diartikan bahwa dengan kehadiran use case tersebut akan menambah nilai kepuasan pelanggan. 3 Fitur dengan Kategori *Attractive* yaitu :

- *5G For Disaster* : Jalur komunikasi yang sangat bagus (*reliable*) untuk evakuasi korban bencana
- *High Speed Internet* : Internet dengan kecepatan tinggi dimanapun Anda berada (minimal rata-rata kecepatan *download* 100Mbps)
- *Entertainment Low Latency* : *Video streaming* tanpa putus-putus meskipun berada di dalam gedung atau di tengah kerumunan

15 use case 5G lainnya, termasuk dalam kategori *Indifferent*, yang bermakna kehadiran dari fitur tersebut tidak memberikan nilai tambah untuk kepuasan pelanggan (netral/biasa saja).

Berdasarkan hasil Kano Model, dapat diperoleh analisis sementara bahwa dari ketiga skenario layanan 5G, terlebih dahulu disarankan untuk mengadopsi skenario *Enhanced Mobile Broadband* (eMBB) dan *Ultra Reliable Low Latency* (URLLC).

### 5. 1. Kepdirjen SDPPI Nomor 235 Tahun 2018

Kepdirjen 235 Tahun 2018 Tentang Penetapan Pita Frekuensi Radio untuk Uji Coba Penggunaan Teknologi IMT-2020 disebutkan bahwa pita frekuensi radio yang dapat digunakan dalam uji coba penggunaan teknologi IMT-2020 adalah sebagai berikut:

- Pita frekuensi radio 3,5 GHz (3,3 – 4,2 GHz)
- Pita frekuensi radio 15 GHz (14,5 – 15,35 GHz)
- Pita frekuensi radio 26 GHz (24,25 – 27,5 GHz)
- Pita frekuensi radio 28 GHz (26,5 – 29,5 GHz)

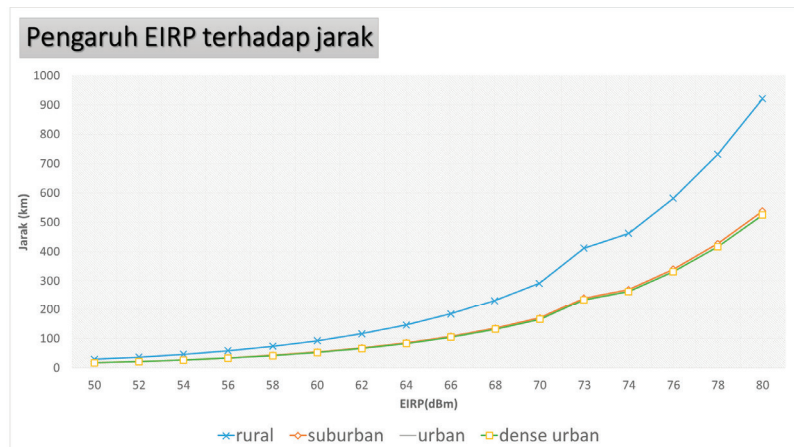
Pita tersebut dipilih dari berbagai pertimbangan, pertimbangan utama adalah ekosistem uji coba pita frekuensi secara global dan juga ketersediaan perangkat yang digunakan oleh operator seluler dalam melakukan ujicoba hanya dapat berjalan pada rentang pita frekuensi tertentu, sehingga operator seluler juga menyarankan penggunaan pita-pita tersebut.

Pita-pita frekuensi tersebut sebagian besar telah memiliki pengguna eksisting sejak lama sehingga penggunaannya sudah sangat *massive*, oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan interferensi apabila teknologi IMT-2020 akan hadir dan menggunakan pita pada rentang tersebut. Perhitungan tersebut untuk memastikan berapa jarak aman antar BTS dari teknologi seluler dengan layanan yang diberikan oleh penyelenggara *incumbent* apabila penggunaan pita frekuensi layanan bersifat *co-channel* atau berapa besar *guard band* yang harus diberikan apabila penggunaan pita frekuensi layanan tersebut bersifat *adjacent*.

Perhitungan interferensi membutuhkan perbandingan antara dua layanan yang berada di dalam rentang pita yang sama baik itu bersifat *co channel* maupun *adjacent*. Pita 26 GHz tidak dilakukan perhitungan deterministik hal ini dikarenakan di Indonesia, rentang pita tersebut dalam posisi tidak ada pengguna eksisting. Sedangkan untuk rentang pita 28 GHz hanya akan dilakukan perhitungan secara *co channel*, hal ini dikarenakan tidak adanya sumber dan referensi *spectral mask* untuk rentang pita 28 GHz yang menyebabkan perhitungan besaran *guard band* tidak dilakukan.

### 5.1.1. 3.3 GHz – 4.2 GHz (“3.5 GHz”)

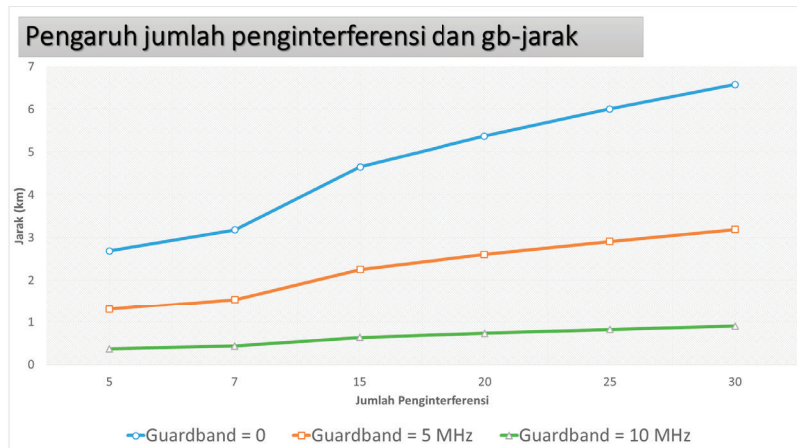
Pita 3,5 GHz di Indonesia telah memiliki ekosistem penyelenggara satelit yang sangat luas. Penggunaan pita ini banyak digunakan secara komersil terutama pada sektor perbankan. Oleh karena itu perhitungan interferen dilakukan untuk melihat bagaimana posisi IMT-2020 sebagai penginterfereni layanan *incumbent* dalam hal ini layanan Fixed-Satellite Service (FSS).



Sumber : (Puslitbang SDPPPI - Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2018)

**Gambar 5.1. Pengaruh EIRP terhadap jarak**

Berdasarkan Gambar 5.1, dapat dilihat bahwa semakin tinggi EIRP akan menambah jarak pemisah yang diperlukan antara stasiun bumi dari layanan satelit dengan BTS dari layanan IMT-2020. Terutama pada daerah rural yang memiliki clutter loss rendah (ITU-R, 2017) sehingga jarak yang dibutuhkan semakin jauh. Clutter loss ini akan semakin tinggi dengan adanya banyak objek disekitarnya seperti gedung-gedung. oleh karena itu pada daerah suburban, urban dan dense urban memiliki nilai yang lebih rendah dari daerah rural dan memiliki nilai yang hampir sama dikarenakan asumsi karakteristik bangunan di perkotaan yang sama.



Sumber : (Puslitbang SDPPPI - Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2018)

**Gambar 5.2. Pengaruh jumlah penginterferensi terhadap *guard band* dan jarak**

Sedangkan apabila dilihat dari perhitungan adjacent channel dengan kondisi layanan IMT berseberangan dengan layanan FSS, diperlukan guard band minimal 10 MHz agar jarak antara stasiun bumi FSS dengan BTS IMT dapat diletakkan kurang dari 1 km dengan penginterferensi sebanyak 30. Jarak ini akan semakin besar dengan bertambahnya jumlah penginterferensi.

#### 5.1.2. 14.5 GHz -15.35 GHz (“15 GHz”)

Pita 15 GHz di Indonesia saat ini banyak digunakan untuk jaringan fixed service terutama penggunaan microwave link jaringan seluler.

Tabel 5.1 merupakan parameter yang digunakan dalam simulasi. Diasumsikan bahwa interferer adalah MW link sedangkan IMT 2020 sebagai victim. Kondisi dalam simulasi ini adalah asumsi bahwa arah MW link tepat mengarah ke IMT 2020 (dalam meter). Hal ini secara rasional dapat diterima karena kondisi sebuah daerah akan menggunakan MW link yang sangat banyak ke segala arah yang telah ditentukan, sehingga dapat kita asumsikan bahwa salah satu antenna MW link tersebut pasti ada yang mengarah langsung ke IMT 2020.

**Tabel 5.1. Parameter simulasi pita 15 GHz**

Interferer	Parameter	Nilai	Satuan
MW Link	MW Link Transmit Power (PTx)	14	dBm
	MW Link Antenna Gain	36.88485019	dBi
	Antenna diameter	0.6	m
	Frequency Range	14.4 - 15.35	GHz
	Bandwidth	28000	Khz
	Tx antenna height	30	m
Victim	Parameter	Nilai	Satuan
IMT 2020	Bandwidth	100,000	KHz
	Antenna gain (GRx)	11	dBi
	T (temperature)	273	Kelvin
	Thermal Noise	-94.23958267	dBm
	I/N	-10	dB
	Max Interference (It)	-104.2395827	dBm

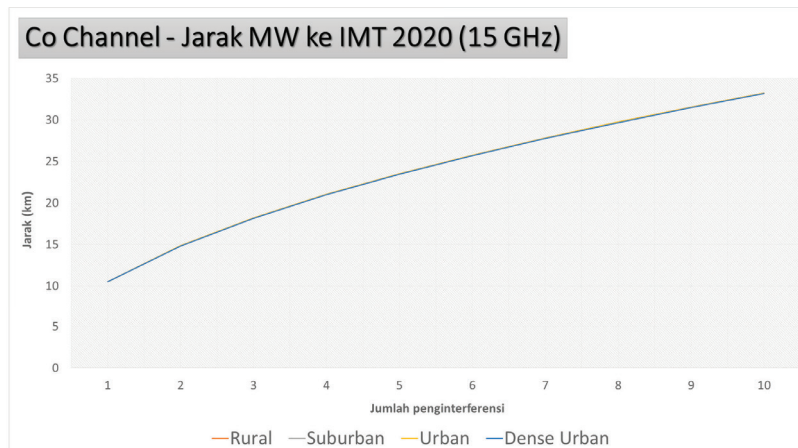
Sumber : (ETSI, 2016)

Tabel 5.2 menunjukkan jarak minimal microwave link (MW link) terhadap BTS IMT 2020 dalam kondisi arah MW link tepat mengarah ke IMT 2020.

**Tabel 5.2. Jarak minimal microwave link ke IMT 2020 (dalam km) berdasarkan jumlah interferer**

Karakteristik wilayah	Jumlah Interferer									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rural	10.51	14.86	18.21	21.02	23.50	25.75	27.81	29.73	31.53	33.24
Suburban	10.51	14.86	18.21	21.02	23.50	25.75	27.81	29.73	31.53	33.24
Urban	10.51	14.86	18.20	21.02	23.50	25.74	27.81	29.73	31.53	33.24
Dense Urban	10.49	14.83	18.16	20.97	23.45	25.69	27.74	29.66	31.46	33.16





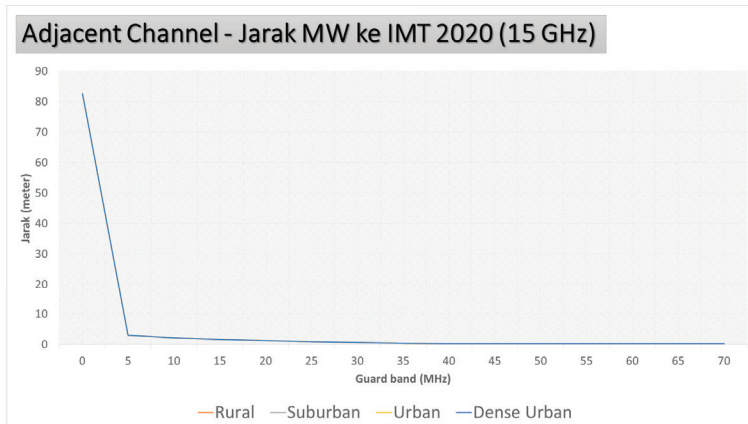
**Gambar 5.3. Grafik co channel – jarak MW ke IMT 2020 (km)**

Grafik jarak minimal MW link ke IMT 2020 menunjukkan hanya 1 garis dikarenakan berdasarkan karakteristik wilayah tidak berpengaruh besar terhadap jarak yang diperlukan agar tidak terjadi interferensi dari IMT 2020 terhadap MW link, sehingga hasil simulasi perhitungan jarak yang didapatkan untuk wilayah urban, suburban, urban dan dense urban memiliki nilai yang sama. Dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah penginterferensi maka jarak yang dibutuhkan akan semakin besar.

Pada Tabel 5.3 menunjukkan jarak minimal MW link ke IMT 2020 berdasarkan lebar guard band yang diberikan. Untuk lebih meminimalkan interferensi, guard band harus disertai dengan separasi jarak antara MW link dengan IMT 2020.

**Tabel 5.3. Jarak minimal MW link ke IMT 2020 (dalam meter) berdasarkan lebar GB**

Karakteristik wilayah	Guard Band (MHz)														
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Rural	82.68	3.00	2.13	1.59	1.20	0.90	0.61	0.40	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
Suburban	82.68	3.00	2.13	1.59	1.20	0.90	0.61	0.40	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
Urban	82.67	3.00	2.13	1.59	1.19	0.90	0.61	0.40	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
Dense Urban	82.49	2.99	2.12	1.59	1.19	0.89	0.61	0.40	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27



**Gambar 5.4. Grafik adjacent channel – jarak MW ke IMT 2020 (meter) terhadap lebar GB**

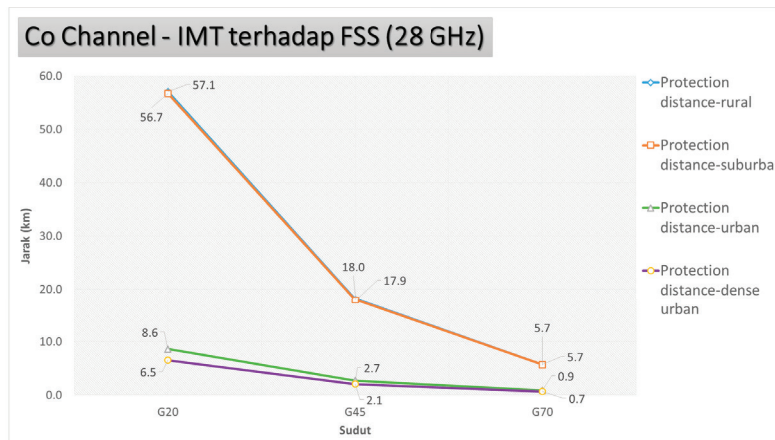
Berdasarkan Tabel 5.3 dan Gambar 5.4 terlihat bahwa besar guard band diatas 40 MHz akan memiliki nilai yang sama untuk jarak sehingga nilai guard band tersebut adalah nilai terendah yang dapat dimungkinkan. Perbedaan paling besar apabila tidak menggunakan guardband maka jarak minimal kurang lebih 83 meter di semua daerah dari rural sampai dengan dense urban. Sama seperti pada perhitungan co channel, karakteristik wilayah tidak berpengaruh besar terhadap jarak yang diperlukan agar tidak terjadi interferensi dari IMT 2020 terhadap MW link.

### 5.1.3. 26.5 GHz – 29.5 GHz (“28 GHz”)

Rentang pita 28 GHz di Indonesia saat ini hanya digunakan oleh satu pengguna eksisting yaitu FSS. Perhitungan interferensi akan melihat dari 2 sisi, IMT sebagai penginterferensi dan FSS sebagai sebagai penginterferensi. Kondisi yang diinginkan adalah jarak antara stasiun bumi FSS dengan IMT dengan tidak adanya interferensi sama sekali. Jarak tersebut akan dibandingkan dengan sudut antara posisi FSS dengan stasiun buminya. Berdasarkan hasil simulasi perhitungan interferensi, jarak aman agar layanan IMT tidak menginterferensi layanan FSS adalah seperti pada Tabel 5.4.

**Tabel 5.4. Interferensi IMT terhadap FSS (jarak dalam km)**

Co Channel IMT terhadap FFS	G20	G45	G70
Protection distance-rural	57.059	18.044	5.706
Protection distance-suburban	56.676	17.923	5.668
Protection distance-urban	8.608	2.722	0.861
Protection distance-dense urban	6.530	2.065	0.653



**Gambar 5.5. Grafik interferensi IMT terhadap FSS**

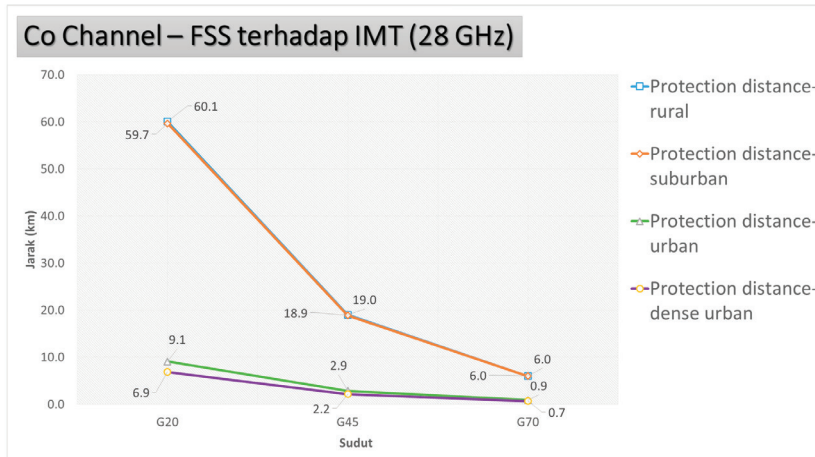
Hasil simulasi menunjukkan hasil yang kurang lebih sama untuk daerah rural dan suburban, sedangkan daerah urban memiliki nilai yang hampir sama dengan daerah dense urban, hal ini disebabkan nilai clutter loss. Clutter loss untuk rural dan suburban memiliki nilai yang berdekatan, begitu juga pada urban yang memiliki nilai clutter loss berdekatan dengan dense urban.

**Tabel 5.5. Clutter loss rural sampai dengan dense urban**

Clutter Category	Clutter height ( $h_a$ ) (m)	Nominal distance ( $d_k$ ) (km)
Rural	4	0.1
Suburban	9	0.025
Urban	20	0.02
Dense urban	25	0.02

Sumber : (Shamsan & Rahman, 2009)

Perhitungan jarak selanjutnya dilihat dari sisi FSS sebagai pihak yang menginterferensi layanan IMT. Hasil yang didapatkan kurang lebih sama dengan perhitungan untuk IMT yang menginterferensi FSS. Referensi clutter loss yang digunakan untuk menghitung jarak sama dengan yang digunakan dalam perhitungan sebelumnya.



**Gambar 5.6** Grafik interferensi FSS terhadap IMT

**Tabel 5.6.** Interferensi FSS terhadap IMT (jarak dalam km)

Co Channel FSS terhadap IMT	G20	G45	G70
Protection distance-rural	60.1	19.0	6.0
Protection distance-suburban	59.7	18.9	6.0
Protection distance-urban	9.1	2.9	0.9
Protection distance-dense urban	6.9	2.2	0.7

## 5.2. Spektrum 5G (WRC-15)

Spektrum frekuensi merupakan dasar untuk layanan broadband seluler yang diandalkan oleh milyaran pengguna di seluruh dunia. Lalu lintas data seluler diperkirakan akan terus tumbuh dan akses ke spektrum yang memadai adalah faktor utama yang memungkinkan untuk pengembangan berkelanjutan dari internet seluler.

Diadakan di Jenewa, Swiss, antara 2 November dan 27 November 2015, konferensi telekomunikasi sedunia, International Telecommunication Union

(ITU) 2015 (WRC-15), yang mewakili regulator dari seluruh dunia, mencapai kesepakatan dan mengidentifikasi spektrum baru untuk komunikasi seluler untuk telekomunikasi seluler internasional (IMT), yang merupakan istilah kolektif untuk 3G, 4G dan 5G.

- Keputusan diambil untuk membuat L-Band (1427 – 1518 MHz) dan bagian dari C-Band (3,4 - 3,6 GHz) tersedia untuk layanan broadband seluler berbasis global.
- Band 700MHz (694 – 790 MHz) diselaraskan secara global mengikuti keputusan awal yang dibuat di WRC-12 dan tindakan tindak lanjut di WRC-15 untuk penggunaannya di Eropa, Timur Tengah dan Afrika.
- Spektrum tambahan diidentifikasi di beberapa negara dalam pita frekuensi 470 - 694 / 698 MHz, 3.3-3.4 GHz, 3.6-3.7 GHz dan 4.8 - 4.99 GHz.
- Spektrum pada frekuensi yang lebih tinggi dalam kisaran dari 24,25 GHz hingga 86GHz akan dikenakan pekerjaan studi untuk penggunaan 5G (IMT-2020) di ITU, memberikan salah satu landasan untuk layanan 5G di masa depan.
- WRC-15 mengidentifikasi spektrum dalam pita frekuensi 694-894 MHz untuk memfasilitasi komunikasi broadband seluler untuk layanan darurat yang dapat diandalkan dalam hal kebencanaan atau *public protection and disaster relief* (PPDR), seperti penggunaan oleh kepolisian, pemadam kebakaran, ambulans dan tim respons bencana.

### 5. 3. Uji Coba Teknologi 5G

#### 5.3.1. Global

GSA telah mengidentifikasi 192 operator, di 81 negara yang secara aktif berinvestasi dalam 5G (yaitu yang telah menunjukkan, sedang menguji atau menguji coba, atau telah dilisensikan untuk melakukan uji coba lapangan dari teknologi 5G, sedang menyebarkan jaringan 5G atau telah mengumumkan layanan diluncurkan) (GSA, 2018a). Secara global, spektrum terbanyak yang di uji coba adalah

- Pita n78 (3300-3800 MHz). Sebanyak 107 operator seluler yang telah melakukan uji coba pada rentang pita ini.
- Pita n257 (26.5-29.5 GHz). Sebanyak 87 operator seluler yang telah melakukan uji coba pada rentang pita ini.
- Pita n79 (4400-5000 MHz). Sebanyak 18 operator seluler yang telah melakukan uji coba pada rentang pita ini.

- Pita 64-89 GHz. Sebanyak 13 operator seluler yang telah melakukan uji coba pada rentang pita ini.

Salah satu yang dilaporkan dalam uji coba ini adalah throughput downlink puncak dari berbagai demonstrasi, tes dan uji coba. Meskipun uji coba ini tidak dapat dibandingkan antara satu operator dengan lainnya karena penggunaan jumlah spektrum, jenis uji coba aplikasi dan jenis perangkat yang digunakan dalam uji coba berbeda-beda. Terlepas dari kondisi uji coba yang dilakukan oleh operator seluler, sebagian besar dari hasil uji coba tersebut memiliki nilai kecepatan diatas 1 Gbps, meskipun hasil ini belum tentu sama pada kondisi komersial.

Berdasarkan data dari Viavi Solution, 30% vendor yang mendukung operator seluler melakukan uji coba adalah Ericsson, Huawei merupakan vendor kedua dengan 22%, kemudian 21% oleh Nokia, ZTE sebanyak 7%, Qualcomm 6%, Samsung dengan 5% dan, Intel dengan 4%, sisanya adalah vendor lain (Viavi Solution, 2018).

### 5.3.2. Indonesia

Beberapa operator seluler di Indonesia telah melakukan uji coba teknologi 5G dengan kondisi yang berbeda-beda.

**Telkomsel** melakukan uji coba teknologi 5G pada saat yang bersamaan dengan momen Asian Games 2018. Uji coba ini menggunakan spektrum pita 28 GHz (perangkat Huawei) dan menekankan pada skema enhanced Mobile Broadband (eMBB) dan Ultra-Reliable Low-Latency Communication (URLLC). Hasil uji yang didapatkan dengan nilai peak data rate sebesar 17 Gbps dan latency < 1 Ms (Direktorat Penataan Sumber Daya, 2018).

**XL Axiata** juga melakukan uji coba teknologi ini yang dilakukan di lokasi Kota Tua Jakarta pada bulan Agustus 2018. Uji coba ini menggunakan spektrum pita 28 GHz dan 15 GHz dengan melakukan uji teknis sebagai berikut

- Pada pita 28 GHz menggunakan perangkat Huawei dilakukan secara outdoor dengan adanya reflector dengan mempertimbangkan jarak RRU ke handset.
- Pita 15 GHz menggunakan perangkat Ericsson dan dilakukan uji kemampuan *beam tracking* pada kondisi statis dan *mobile*.

Selain uji teknis, XL Axiata juga memberikan contoh penggunaan teknologi 5G secara massive melalui LoT seperti

- *Waste management*, memberikan pin point untuk lokasi tempat sampah di dalam kota serta kondisi jumlah sampah dan memberikan efisiensi pengambilan sampah yang sudah penuh.

- *Water management and monitoring*, melakukan monitoring *springkler* dalam seluruh kota untuk otomatisasi penyiraman apabila dibutuhkan dan juga monitoring kadar kebersihan air dalam kota.
- *VR experience*

Hasil uji coba yang dilakkan oleh XL Axiata memiliki nilai peak data rate sebesar 11 Gbps (Direktorat Penataan Sumber Daya, 2018).

#### 5. 4. 5G Spektrum Plan (Global)

Pertumbuhan luar biasa dalam penggunaan data seluler diperkirakan akan membutuhkan tambahan spektrum antara 600-800 MHz yang harus tersedia untuk IMT di WRC-15 sehingga siap untuk digunakan potensial pada tahun 2020 (GSM Association (GSMA), 2015). Hal ini akan mendorong regulator untuk terus mendukung layanan yang ada dan memberi penyelenggara telekomunikasi fleksibilitas untuk menggunakan spektrum seluler baru bila diperlukan, sehingga dapat menghindari penurunan pengalaman penggunaan oleh konsumen.

GSMA mengusulkan empat rentang frekuensi di mana 600-800 MHz dapat dipenuhi paling sesuai (GSM Association (GSMA), 2015):

- Sub-700MHz UHF (470-694 / 8MHz) dapat memberikan cakupan area yang luas dan berkualitas tinggi untuk layanan broadband seluler termasuk di daerah pedesaan dan layanan di dalam bangunan. Layanan penyiaran dapat dipertahankan dalam jumlah spektrum yang lebih kecil menggunakan teknologi penyiaran terbaru.
- L-Band (1300-1518MHz) mampu memberikan kapasitas tambahan dan jangkauan di area yang relatif luas, termasuk di dalam gedung. Sebagian negara telah menggunakan alokasi spektrum ini untuk layanan seluler dan yang lain dicadangkan untuk siaran radio digital, tetapi sebagian besar tidak digunakan. Hal tersebut menjadi dasar penggunaan alokasi spektrum ini untuk kebutuhan seluler yang lebih luas. Radar dan telemetri penerbangan dapat terus beroperasi dalam spektrum ini meskipun mereka mungkin dapat menggunakan aset mereka lebih efisien di masa depan.
- 2.7–2.9GHz spektrum ini digunakan untuk navigasi pesawat sipil dan militer dan lokasi berbasis radar sebagai bagian dari sistem kontrol lalu lintas udara. Namun, penelitian menunjukkan bahwa band ini kurang dimanfaatkan menciptakan potensi untuk memungkinkan layanan seluler untuk beroperasi di sebagian. Selain itu, manfaat finansial dari menggunakan bagian dari band untuk layanan seluler berjumlah lebih dari 10 kali biaya relokasi pengguna

yang ada ke jumlah spektrum yang lebih kecil.

- C-Band (3,4–4,2GHz) dapat memberikan layanan broadband seluler yang sangat cepat di area tertentu dengan model hotspot kecil di mana penggunaan layanan data pada jaringan seluler di area tersebut sangat tinggi. Spektrum ini sebagian besar digunakan untuk layanan satelit, terutama di daerah tropis di mana curah hujan telah menghambat penggunaan pita lain. Namun perkembangan teknologi terbaru berarti spektrum satelit alternatif mampu memberikan peningkatan kinerja dan layanan nilai yang lebih baik di semua bidang, termasuk daerah tropis.

Berdasarkan data dari GSA, enam belas negara secara resmi mengumumkan rencana untuk melelang spektrum 5G antara 2018 dan akhir 2020. Empat belas negara telah merencanakan alokasi spektrum dalam pita yang berpotensi digunakan untuk 5G.

**Tabel 5.7. Negara-negara dengan rencana penggunaan spektrum 5G**

Negara	Spektrum pita	Jenis lisensi (mis: eksklusif 5G, mobile broadband dll)	Jadwal lelang
Australia	3575–3700 MHz	5G	Q4 2018
	24.25–27.25 GHz (tahap konsultasi)	5G	Q3/4 2020 / Q1/2 ACMA FT2020/21
Austria	3400–3800 MHz	5G	Q1 2019
	700 MHz, 1500 MHz, 2100 MHz	5G	Paling cepat Q2 2019
Belgia	700 MHz; 3400–3800 MHz; 1500 MHz (SDL)	5G	2019
Kanada	3450–3650 MHz	5G	2020
Chili	-	5G	2018
Perancis	3400–3800 MHz	5G	2018
Jerman	1920–1980 MHz/2110–2170 MHz dan 3400–3700 MHz	5G	Q1 2019
Yunani	3400–3800 MHz	5G	2019
Hong Kong	3300–3400 MHz; 3400–3600 MHz; 4830–4930 MHz; 24.25–28.35 GHz	5G	2019
Hungaria	700 MHz; 3400–3800 MHz	5G	Q3 2019
Jepang	3.6–4.2, 4.4–4.9 dan 27–29.5 GHz	5G	2019
Belanda (Netherland)	700 MHz; 1400 MHz; 2100 MHz	4G dan 5G	Akhir 2019/awal 2020



Negara	Spektrum pita	Jenis lisensi (mis: eksklusif 5G, mobile broadband dll)	Jadwal lelang
Polandia	700 MHz	5G	2020
Romania	700 MHz	5G	2019
Swedia	700 MHz	5G	2018
	2300 MHz dan 3400–3800 MHz	Mobile broadband dan 5G	2019
Taiwan	3400 MHz; 3600 MHz; 28 GHz	5G	2020

Sumber : (GSA, 2018b)

### 5.5. Lelang Spektrum 5G (Global)

Beberapa negara telah menyelesaikan lelang frekuensi yang telah ditetapkan akan digunakan untuk keperluan teknologi 5G, sebagian besar lelang tersebut dilaksanakan pada tahun 2018. Dari seluruh negara yang telah melakukan lelang spektrum frekuensi untuk teknologi 5G, hanya Korea Selatan yang melelang pita tinggi yaitu di rentang pita 26,5-28,9 GHz.

**Tabel 5.8. Negara yang telah melakukan lelang spektrum 5G**

Negara	Spektrum pita	Jenis lisensi (mis: eksklusif 5G, mobile broadband dll)	Jadwal lelang
Finlandia	3410–3800 MHz	5G	Oct-18
Italia	700 MHz	5G	Sep-18
	3600–3800 MHz	5G	Oct-18
Irlandia	3600 MHz	Mobile broadband termasuk 5G	2017
Latvia	3400–3450 MHz dan 3650–3700 MHz	5G	2017
	3550–3600 MHz	5G	Sep-18
Korea Selatan	3420–3700 MHz dan 26.5–28.9 GHz	5G	Jun-18
Meksiko	2500–2690 MHz (TDD dan FDD)	4G dan 5G	Aug-18
Spanyol	3600–3800 MHz	5G	Jul-18
UK	3400 MHz	5G	2018

Sumber : (GSA, 2018b)

**Italia.** Lelang untuk spektrum 5G di Italia dilakukan selama 14 hari penawaran. Target lelang melampaui target dari negara yaitu lebih dari dua kali lipat target awal dengan nilai lebih dari € 6.5 miliar. Nilai ini dikarenakan penawaran pita 3,7 GHz melebihi nilai €4 billion. Distribusi spektrum lelang tersebut tidak merata - regulator membuat dua blok 80 MHz dan dua blok 20 MHz tersedia di pita 3,6 GHz hingga 3,8 GHz – hal ini dikarenakan banyaknya penawaran agresif. Regulator di Eropa memiliki kebijakan untuk mendorong munculnya operator baru untuk menciptakan pasar telekomunikasi yang lebih kompetitif adalah faktor kunci.

Sebelum 2017, harga rata-rata spektrum sekitar 3,7 GHz adalah \$ 0,015/MHz/pop, dikarenakan Eropa mengakui 3,4-3,8 GHz sebagai pita prioritas 5G di kawasan ini, harga rata-rata spektrum di rentang tersebut telah meningkat lebih dari sepuluh kali lipat. Lelang pita tersebut di Italia ditutup pada nilai \$ 0.42/MHz/pop, secara signifikan lebih tinggi dari tender Inggris dan Spanyol, yang menarik harga \$ 0,17/MHz/pop dan \$ 0,06/MHz/pop masing-masing awal tahun 2018.

**Finlandia.** Lelang di negara ini menawarkan hampir 400 MHz spektrum frekuensi mid band 5G ke MNO dan operator yang membeli blok yang paling mahal adalah Telia. Seluruh rentang frekuensi 3410-3800 MHz, dibagi menjadi tiga blok masing-masing 130 MHz. MNO yang ikut dalam lelang ini adalah Telia Finlandia, Elisa dan DNA dimana Elisa merupakan operator dengan market share terbesar di Finlandia

Setelah hanya beberapa hari penawaran, tiga MNO Finlandia mendapatkan hasil sebagai berikut:

- Pita frekuensi 3410–3540 MHz (A) - Telia Finlandia senilai € 30.258.000
- Pita frekuensi 3540–3670 MHz (B) – Elisa senilai € 26.347.000
- Pita frekuensi 3670-3800 MHz (C) – DNA senilai € 21.000.000

**Irlandia.** Lima perusahaan telah diidentifikasi sebagai pemenang lelang pertama spektrum 3.6 GHz. Lelang ini menghasilkan nilai € 78 juta. Semua lisensi spektrum yang diberikan oleh ComReg akan berjalan selama 15 tahun, dan berakhir pada 31 Juli 2032. Perusahaan tersebut adalah:

- *Imagine Communications* - memperoleh hak spektrum untuk 60 MHz di masing-masing provinsi pedesaan Irlandia.
- *Airspan Spectrum Holdings* – merupakan pendatang baru bisnis telekomunikasi di Irlandia yang berfokus pada *smart utilities* dan keselamatan publik. Perusahaan ini memperoleh hak spektrum sebesar 25 MHz di daerah pedesaan dan 60 MHz di perkotaan.

- Vodafone - memperoleh hak penggunaan spektrum sebesar 85 MHz di daerah pedesaan dan 105 MHz di perkotaan.
- Three Ireland Hutchison Ltd – mendapatkan hak spektrum 100 MHz secara nasional.
- Meteor *Mobile Communications* - memperoleh hak spektrum 80 MHz di daerah pedesaan dan 85 MHz di perkotaan.

**Latvia.** Pengawas telekomunikasi Latvia Komisi Utilitas Publik (Sabiedrisko Pakalpojumu Regulesanas Komisija [SPRK]) telah menyelesaikan lelang blok spektrum 50MHz pada 3550MHz-3600MHz, meningkatkan EUR 6,53 juta (USD7,58 juta) untuk kas negara. Tele2 Latvia dianugerahi konsesi sepuluh tahun - berlaku sejak 1 Januari 2019 - setelah bersaing dengan Lattelecom. Perusahaan ini menyatakan bahwa mereka berencana untuk menggunakan frekuensi tersebut untuk teknologi 5G. Operator ini telah menginstal peralatan perangkat Nokia 5G-Ready AirScale di beberapa base stasion nya.

**Korea Selatan.** Negara ini telah menyelesaikan pelelangan spektrum untuk 5G ke perusahaan telekomunikasi dan akan memulai peluncurannya pada bulan Desember 2018. *Bandwidth* sebesar 280 MHz dari spektrum 3,5 GHz dan bandwidth 2400 MHz dari spektrum 28 GHz tersedia dalam lelang blok. Spektrum masing-masing dibagi menjadi 28 blok dan 24 blok. Setiap perusahaan telekomunikasi - SK Telecom, KT, dan LG Uplus - memiliki batas 10 blok per spektrum.

SK Telecom dan KT masing-masing memenangkan 100MHz dari spektrum 3,5GHz, sementara LG Uplus meraih 80 MHz. Ketiga operator telekomunikasi tersebut mendapatkan 800 MHz dari spektrum 28 GHz.

Secara total, perusahaan telekomunikasi membayar 3,6183 triliun won dalam lelang spectrum tersebut. Regulator terkait mengatakan bahwa spektrum tersebut sudah dapat digunakan pada 1 Desember 2018. Hak penggunaan spektrum 3,5 GHz selama 10 tahun ke depan dan spektrum 28 GHz selama lima tahun ke depan. Korea Selatan merupakan negara pertama yang telah melelang *spektrum mid band* dan *high band* secara bersamaan untuk penggunaan teknologi 5G

**Meksiko.** Pada bulan Agustus 2018 regulator telekomunikasi Meksiko, IFT, melelang pita frekuensi 2500-2690 MHz. Perusahaan telekomunikasi AT&T dan Telefonica merupakan pemenang lelang pita tersebut dengan total 120 MHz yang dapat digunakan untuk layanan nirkabel. AT&T akan membayar 1,4 miliar peso (\$ 75,6 juta) dan Telefonica 700 juta peso (\$ 37,8 juta) secara total terhadap spektrum yang telah menjadi hak perusahaan. AT&T mendapatkan spektrum 80

MHz di pita 2,5 GHz dan operator saingannya, Movistar, yang dimiliki oleh grup telekomunikasi Spanyol Telefonica, juga mendapatkan hak penggunaan sebesar 40 MHz. Pita 2,5 GHz akan digunakan oleh perusahaan telekomunikasi untuk menyediakan layanan *broadband*, serta penawaran 5G dan *internet of things* (IoT).

AT&T dan Telefonica adalah satu-satunya dua penawar dalam pelelangan, karena pemain telekomunikasi domestik lainnya termasuk America Movil dan Altan Redes tidak ikut serta dalam proses ini.

**Spainol.** Lelang spektrum 5G di Spanyol telah mengumpulkan sekitar € 438 juta (\$ 511 juta) untuk pemerintah, lebih dari empat kali harga minimum untuk lisensi, dengan Telefónica, Orange dan Vodafone sebagai pemenang lelang dan pemegang hak penggunaan spektrum. Spektrum frekuensi yang dilelang merupakan mid band yaitu pita 3,6 GHz-3,8 GHz.

Vodafone Spanyol mendominasi penawaran, membayar EUR 198,1 juta untuk 18 blok 5 MHz. Orange Espana berada di urutan berikutnya, menawar EUR132,1 juta untuk dua belas blok 5 MHz, sementara Telefonica Espana (Movistar) menawarkan EUR107,4 juta untuk sepuluh blok 5 MHz yang tersisa. Semua konsesi akan berlaku selama 20 tahun.

Grup MASMOVIL gagal dalam lelang tersebut, meskipun demikian MASMOVIL telah mengakuisisi blok spektrum sebesar 40 MHz di pita 3400 MHz - 3800 MHz dari ISP domestik Eircom dengan harga EUR 30 juta. MASMOVIL sebelumnya telah mengakuisisi blok 40 MHz pada spektrum 3,4 GHz – 3,6 GHz melalui pengambilalihan Neutra *Network Services* sebesar EUR 15,5 juta pada Juni tahun 2018.

**UK.** Lelang spektrum 5G pertama Ofcom selesai pada April 2018, dengan EE, O2, Vodafone, dan Three semuanya memenangkan beberapa spektrum.

O2 memperoleh paling banyak, memenangkan semua 40 MHz dari spektrum 2,3 GHz yang dilelang (£ 205.896.000), serta 40 MHz dari spektrum 3,4 GHz (£ 317.720.000). Spektrum 40 MHz dari 3,4 GHz mencakup bagian 3500MHz - 3540MHz band. Vodafone memenangkan 50 MHz spektrum 3,4 GHz (£ 378.240.000) secara khusus direntang 3410 MHz – 3460 MHz dari pita. EE membayar £ 302.592.000 untuk 40 MHz spektrum 3,4 GHz (mencakup 3540MHz - 3580MHz). Three membayar £ 151.296.000 untuk 20 MHz spektrum 3,4 GHz.

Secara total, Ofcom melelang 190MHz spektrum berkapasitas tinggi di pita 2,3 GHz dan 3,4 GHz, terdiri dari 40 MHz di pita 2,3 GHz dan 150 MHz di pita 3,4

GHz. Jumlah itu setara dengan sekitar tiga perempat dari spektrum yang dilelang oleh Ofcom pada lelang spektrum 4G pada tahun 2013.

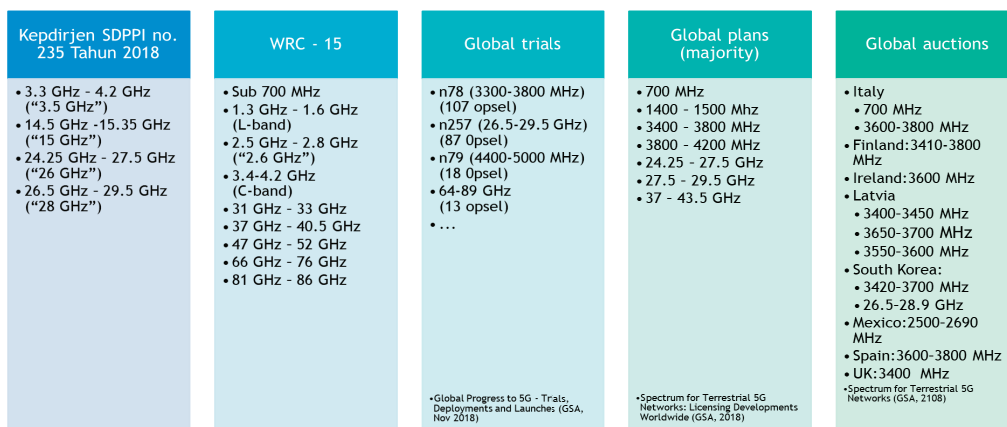
**Tabel 5.9. pemenang lelang spektrum 5G UK**

Operator	2,3 Ghz Spectrum Won	3,4 GHz Spectrum Won
O2	40Mhz	40Mhz
Vodafone	-	50MHz
EE	-	40MHz
Three	-	20MH

## 5. 6. Overview Spektrum Outlook 5G

Spektrum frekuensi merupakan hal penting bagi industri komunikasi dan media serta layanan yang bergantung pada komunikasi. Laju inovasi yang semakin cepat pada sektor telekomunikasi diharapkan dapat memberi nilai tambah kepada masyarakat dan pertumbuhan ekonomi. Perlu adanya peningkatan pengelolaan dan perencanaan alokasi spektrum yang lebih efisien, baik dalam menanggapi permintaan atas layanan dan penggunaan baru maupun dalam terus mendukung pengguna spektrum eksisting. 5G diprediksikan akan menjadi katalis dalam revolusi industri keempat, dimana kemajuan terhadap Internet of Things (IoT) akan semakin signifikan seperti otomatisasi proses industri, pertanian dan medis, komunikasi antar mesin, *smart city*, dan lainnya..

Inovasi seperti ini, dipastikan akan membutuhkan spektrum untuk mendukung layanan tersebut, baik itu mengefisienkan penggunaan yang ada maupun membuka rentang frekuensi baru yang masih dapat dijangkau oleh industri. Konsep spektrum outlook adalah melihat secara luas penggunaan spektrum untuk tujuan tertentu dalam hal ini teknologi 5G dengan tujuan memberi gambaran penggunaan eksisting baik dalam negeri maupun secara global sehingga informasi tersebut dapat memberi masukan langkah penetapan frekuensi untuk teknologi tersebut.



Sumber :Kepdirjen SDPPI No. 235 Tahun 2018 (Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2018), Global Progress to 5G - Trials, Deployments and Launches (GSA, 2018a), Spectrum for Terrestrial 5G Networks: Licensing Developments Worldwide (GSA, 2018b)

**Gambar 5.7. Overview spektrum outlook 5G**

Spektrum outlook dalam penelitian ini akan melihat dari berbagai sisi yaitu

- Kepdirjen SDPPI no. 235 Tahun 2018
- Spektrum 5G (WRC-15)
- Uji Coba Teknologi 5G (Global)
- 5G Spektrum Plan (Global)
- Lelang Spektrum 5G (Global)

### 5.6.1. Penggunaan spektrum di Indonesia

**Tabel 5.10. Pengguna eksisting di Indonesia**

Band	Service	Sub Service	Keterangan
600-700 MHz (600 - 806 MHz)	Broadcast	TV	TV Siaran UHF
1300 - 1525 MHz	Broadcast	DVB-T	LPB TV Terrestrial (M2V)
	Fixed Service	PP	Aplikasi lama untuk Link dan STL
1526 - 1700 MHz	Satellite	Earth Mobile	
1.7 GHz 1710 – 1785 MHz 1805 – 1880 MHz	Land Mobile Service (Public) --> Seluler (Jarbersel)	(Registrasi BTS)	-

Band	Service	Sub Service	Keterangan
2.3 GHz (2300 - 2400 MHz)	Land Mobile Service (Public) --> Seluler (Jarbersel) Fixed Service (PMP) --> BWA (Jartaplok PS)	(Registrasi BTS)	-
2.4 GHz (2400 - 2483.5 MHz)	Izin Kelas tidak memerlukan ISR	Izin Kelas tidak memerlukan ISR	-
2500 - 2800 MHz	Satellite	Satellite	MCI
	Fixed Service	PMP	EMTEK
3400 – 4200 MHz	Satellite		
4.4 - 4.9 GHz	Fixed Service	Point to Point (PP)	Microwave Link
14500 -15350 MHz	Fixed Service	PP	Paling banyak digunakan untuk Microwave Link PP
	Satellite	Satellite	
24.25 - 27.5 GHz	-	-	Tidak ada pengguna eksisting yang aktif
27.5 - 29.5 GHz	Satellite	Satellite	Satelit
31.8 - 33.4 GHz	Fixed Service	Point to Point (PP)	Microwave Link
37 - 45.5 GHz	Fixed Service	Point to Point (PP)	Microwave Link
47 - 47.2 GHz	-	-	Tidak ada pengguna eksisting yang aktif
47.2 - 50.2 GHz	-	-	Tidak ada pengguna eksisting yang aktif
50.5 - 52.6 GHz	-	-	Tidak ada pengguna eksisting yang aktif
66 - 71 GHz	-	-	Tidak ada pengguna eksisting yang aktif
71 - 76 GHz	Fixed Service	Point to Point (PP)	Microwave Link (EBAND)
81 - 86 GHz	Fixed Service	Point to Point (PP)	Microwave Link (EBAND)

Sebagian besar spektrum pita yang secara global menjadi pilihan untuk teknologi 5G, di Indonesia spektrum tersebut telah memiliki pengguna eksisting seperti pita 600-700 MHz yang dikuasai oleh penyelenggara broadcast, pita 3,5 GHz yang memiliki ekosistem penyelenggara satelit yang sudah sangat padat. Untuk pita tinggi seperti pita 28 GHz, di Indonesia digunakan oleh satelit meskipun hanya sedikit penggunaannya, tetapi pita ini masih dapat dimungkinkan untuk digunakan sebagai backbone teknologi 5G.

Penggunaan satelit sangat dibutuhkan terutama dikarenakan Indonesia merupakan negara kepulauan. Untuk mendukung teknologi 5G, satelit dapat bermanfaat sebagai berikut (Lee, 2018):

- Satelit dapat mendukung kecepatan data multi-gigabit per detik untuk broadband seluler yang ditingkatkan. Satelit sudah mendukung backhaul seluler 2G / 3G di banyak bagian dunia, dan satelit throughput tinggi (HTS) di GEO, MEO dan LEO akan mendukung jaringan seluler 4G dan 5G
- Satelit dapat mendukung komunikasi yang sangat andal.
- Satelit dapat mendukung komunikasi mesin-ke-mesin yang massif. Satelit sudah mendukung SCADA dan aplikasi pelacakan aset global lainnya saat ini, dan hal dapat meningkatkan skala untuk mendukung komunikasi mesin-ke-mesin (Internet-of-Things) di masa mendatang. Selain itu, investasi dalam teknologi segmen darat baru, seperti yang lebih kecil, biaya lebih rendah, dapat dikendalikan secara elektronik, dan / atau transceiver satelit bertahap-bertahap membuat penyebaran di mana-mana untuk IoT layak dilakukan

#### 5.6.2. SWOT *Low & Mid Band*

##### **Strength**

- Merambat sangat baik di daerah perkotaan dengan gedung-gedung tinggi, cukup kuat untuk penerimaan di dalam dan diluar ruangan.
- Jarak jangkauan luas
- Tidak memerlukan banyak antenna
- *Low cost*
- Spektrum 1-6 GHz menawarkan gabungan coverage dan kapasitas yang baik untuk layanan 5G

##### **Weakness**

- Bandwidth tidak lebar
- Data rate yang diperoleh tidak terlalu besar dibanding frekuensi diatas 6 GHz

##### **Opportunities**

- *Bandwidth availability* masih memungkinkan untuk implementasi 5G (\*asumsi berdasarkan availability pita seluler eksisting dan penggunaan IoT)
- Terdapat negara yang rencananya akan mengimplementasikan 5G pada pita 1400-1500 MHz yaitu Prancis yang memasuki tahap konsultasi untuk spektrum 1400 MHz dan Thailand pada pita 1500 MHz (GSA, 2018b).
- Banyak negara yang akan menggunakan frekuensi dibawah 6 GHz terutama frekuensi 3.4 GHz, sehingga ekosistem akan besar.

##### **Threats**

- Secara global implementasi 5G untuk pita dibawah 6 GHz dominan pada pita



3.5 GHz (3.3 – 3.8 GHz), 4.5 – 5 GHz (Cina dan Jepang), 3.8 – 4.2 GHz. The European Commission mendukung penggunaan 700 MHz untuk 5G sementara. US mengumumkan penggunaan 600 MHz band) (GSMA, 2018).

- Alokasi frekuensi <6GHz di Indonesia saat ini digunakan juga oleh operator non seluler (seperti satelit dan, broadcast). Dan perlu kajian untuk melihat compatibility layanan tersebut dengan IMT

### 5.6.3. SWOT High Band

#### **Strength**

- Bandwidth lebar, dapat mencapai data rate yang tinggi.
- *High capacity, low latency, higher reliability.*
- Cocok diimplementasikan daerah urban & dense urban.

#### **Weakness**

- Jarak yang relatif pendek, coverage tidak terlalu besar kira-kira 50 - 200 m
- Redaman yang besar, pita tinggi akan sangat terpengaruh oleh tingkat curah hujan yang sangat tinggi di daerah tropis.
- Tidak cocok untuk daerah rural area karena tingkat kepadatan penduduk yang rendah.
- Tinggi investasi dikarenakan perlu BTS atau pole yang sangat banyak untuk meng-cover jumlah pengguna yang banyak

#### **Opportunities**

- *Use case* yang cocok digunakan: M2M, industri dan otomasi, atau sebagai backhaul jaringan.
- Frekuensi milimeter mayoritas belum terokupansi penyelenggara layanan telekomunikasi.
- Ketersediaan bandwidth frekuensi >6GHz di Indonesia cukup banyak

#### **Threats**

- Masih terbatasnya ketersediaan jaringan fiber optic di Indonesia sehingga dukungan penggunaan alokasi frekuensi milimeter masih kurang.
- Kurang diminati oleh operator seluler karena cost investasi tinggi

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 6. 1. Kesimpulan

#### 6.1.1. *User Experience*

- 3 Harapan tertinggi masyarakat (yg mencoba trial 5G) terhadap teknologi 5G adalah:
  - Kecepatan internet teknologi tersebut harus lebih baik 4G
  - *Video/voice* data call yang tidak ada delay atau terputus-putus
  - Menghemat/efisiensi penggunaan baterai
- Untuk internet yang lebih cepat, responden terbanyak bersedia membayar 1,5x lipat harga dari layanan yang mereka rasakan saat ini.
- Rata-rata responden menyukai showcase yang ditawarkan meskipun belum tentu menginginkan. (Detail per showcase per kategori dapat berbeda)
  - VR oleh responden dibandingkan dengan wahana bermain seperti timezone, dll
  - *Interactive live streaming* oleh responden dibandingkan seperti penambahan layanan pada tv berbayar.
- VR dan *Live streaming* lebih cocok ke sektor game dan hiburan serta olahraga. Hal ini juga dikarenakan *showcase* 5G yang dilakukan pada saat trial lebih banyak dalam bentuk game, hiburan dan olah raga.

#### 6.1.2. *Use Case*

- Berdasarkan analisis metode Kano Model, dapat disimpulkan bahwa user secara umum bersikap *indifferent* terhadap kehadiran teknologi 5G. Hal tersebut berarti ada atau tidak adanya teknologi 5G tidak memberikan nilai lebih kepada konsumen. Kondisi tersebut untuk saat ini mengindikasikan beberapa hal diantaranya user bersikap *indifferent* karena
  - Belum mengetahui bentuk dari teknologi 5G atau,
  - User sudah puas dengan keberadaan teknologi yang ada saat ini, yaitu teknologi 4G.
- Hasil attractive hanya kepada 4 hal yaitu : high speed internet, entertainment low latency, ketersediaan hotspot dan 5G *for disaster*. Dari hasil ini dapat

kita ketahui bahwa sebagian besar responden hanya dapat membayangkan *use case* yang telah mereka rasakan. *High speed internet* dan *entertainment low latency* berkaitan dengan kebiasaan berinternet responden. Ketersediaan *hotspot* berkaitan dengan dua hal yaitu, akses cepat yang tidak terputus dan akses cepat yang gratis. Sedangkan pilihan *5G for disaster* dikarenakan *awareness* masyarakat saat ini sedang berpusat terhadap kebencanaan yang sedang terjadi di Indonesia.

### 6.1.3. Spektrum Outlook

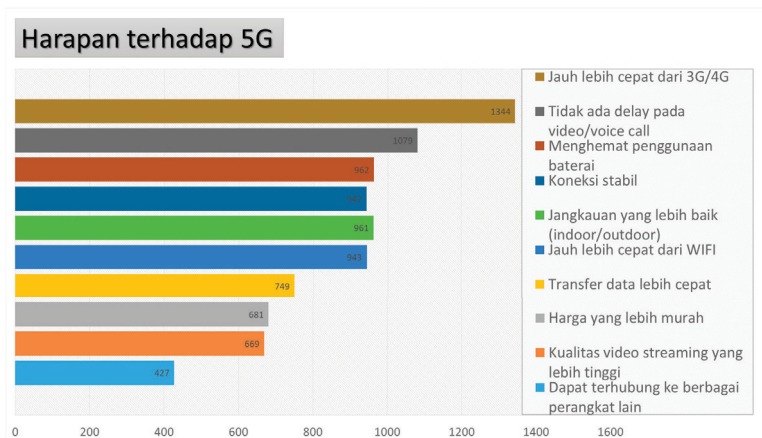
- Pita frekuensi 5G yang populer secara global adalah di pita 700 MHz; 3,5 GHz; 26/28 GHz. Beberapa negara bahkan sudah selesai proses lelang frekuensi tsb.
- Pita 700 MHz di Indonesia saat ini digunakan oleh broadcast secara analog, perlu ada kajian tentang nilai ekonomi terhadap penggunaan pita ini untuk teknologi IMT 2020 sehingga dapat juga mendorong digitalisasi.
- Pita 700 MHz juga dapat dipertimbangkan untuk digunakan layanan IBB (Integrated Broadcast Broadband) dengan menggunakan teknologi 5G.
- Pita 3,5 GHz di Indonesia saat ini digunakan untuk FSS. Pita ini akan sangat sulit untuk digunakan teknologi 5G, karena ekosistem di Indonesia sudah terbentuk sangat besar dan keberadaan satelit yang sangat dibutuhkan terutama untuk negara kepulauan seperti Indonesia. Pemindahan alokasi untuk satelit perlu memperhatikan biaya reinvestasi. Pertimbangan penggunaan satelit adalah di Ka Band.
- Peran satelit dapat berkembang pada saat era 5G seperti
  - o *Trunking and Head-end Feed*. Satelit menyediakan opsi konektivitas langsung berkecepatan sangat tinggi ke lokasi yang jauh / sulit dijangkau.
  - o *Backhauling and Tower Feed*. Satelit dapat sebagai pelengkap konektivitas kecepatan tinggi (termasuk konten multicast) ke menara nirkabel, *access point*, dan *cloud*.
  - o *Communications on the Move*. Satelit menyediakan koneksi langsung dan / atau pelengkap untuk pengguna saat bepergian (mis. Di pesawat, kereta api, mobil dan kapal).
  - o *Hybrid Multiplay*. Satelit mampu mengirimkan konten yang dapat melengkapi layanan broadband terestrial (serta konektivitas broadband langsung dalam beberapa kasus).

- Pita 26/28 GHz di Indonesia tidak ada pengguna eksisting. Sehingga untuk implementasi teknologi 5G akan lebih mudah. Pita ini menyediakan bandwidth yang lebar hanya saja untuk biaya investasi akan besar karena jarak antar pemancar yang dekat. Perlu dukungan kajian nilai ekonomi layanan 5G di pita MmWave.
- 5G membutuhkan spektrum seluler baru yang harmonis dalam jumlah yang signifikan. Idealnya diperlukan 80-100 MHz spektrum bersebelahan per operator di mid-band utama 5G (misalnya 3,5 GHz) dan sekitar 1 GHz per operator dalam gelombang milimeter (di atas 24 GHz).

## 6.2. Saran

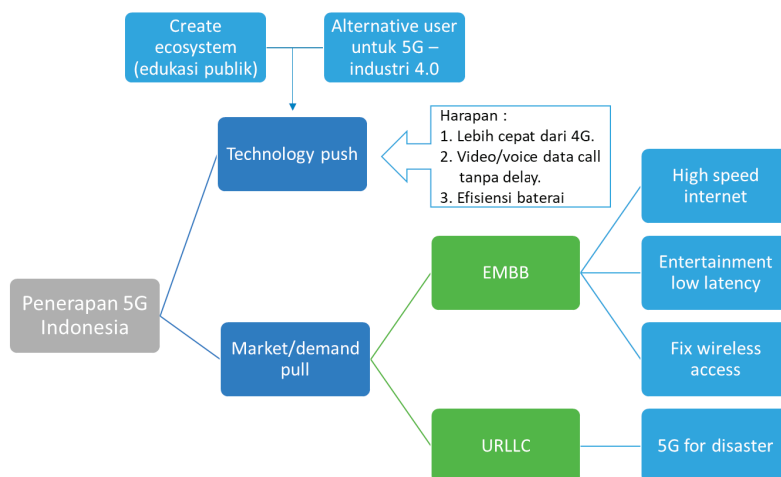
### 6.2.1. Model Indonesia

Apabila dilihat dari hasil penelitian, penerapan teknologi 5G dapat dilakukan melalui dua metode yaitu model *technology push* dan model *market pull*. Apabila dilihat dari model *technology push*, masyarakat Indonesia hanya menginginkan bahwa teknologi terbaru harus memenuhi harapan antara lain:



**Gambar 6.1. Harapan masyarakat terhadap teknologi 5G**

Maka sebaiknya model penyelenggaraan teknologi 5G dapat sebagai berikut



**Gambar 6.2. Model penerapan 5G berdasarkan hasil penelitian**

### 6.2.2. Peluang di Indonesia

- Dikarenakan masyarakat Indonesia yang masih awam terhadap teknologi 5G dan juga dikarenakan sifat adaptasi teknologi yang tinggi oleh masyarakat Indonesia, kondisi seperti ini cocok dengan konsep *technology push* apabila akan mengimplementasikan 5G. Terutama pada skenario *Enhanced Mobile Broadband* (eMBB) dan *Ultra Reliable Low Latency* (URLLC).
- Penggelaran jaringan 5G juga mempertimbangkan model *Fix Wireless Access* (FWA). Hal ini berkaitan dengan keinginan seluruh responden dengan adanya *hotspot* di berbagai sudut kota.
- Dikarenakan kebutuhan teknologi 5G harus ada pita low band, mid band dan high band, maka salah satu opsi adalah dengan *refarming* layanan eksisting. Apabila opsi *refarming band* tidak dapat dilakukan, opsi *sharing* dapat membantu membuka akses ke spektrum baru untuk 5G di area yang diperlukan tetapi tidak digunakan oleh pengguna *incumbent*.
- Lisensi seluler yang ada juga sebaiknya untuk teknologi netral sehingga memungkinkan evolusi layanan 5G oleh operator.

### 6.2.3. Ekosistem

- Berdasarkan hasil temuan survei use case 5G yang diinginkan masyarakat, direkomendasikan untuk :

- o Menyiapkan ekosistem terlebih dahulu terutama edukasi terhadap *user* terkait dengan teknologi 5G,
- o Alternatif penggunaan teknologi 5G yang tidak kepada user secara individu melainkan kepada industrial basis terutama untuk mendukung industri 4.0, dan hal tersebut membutuhkan kajian tersendiri.
- Perlu adanya uji coba teknologi 5G dengan kondisi berbeda dan penggunaan spektrum yang berbeda pula sebagai pembanding uji coba yang telah dilakukan selama ini. Sebaiknya untuk pemilihan spektrum uji coba mengikuti ekosistem global, selain dapat mempercepat penyesuaian ekosistem global juga dapat sebagai bahan pembanding terhadap keuntungan dan kerugian dengan layanan eksisting.

- 5G Americas. (2017a). *5G Americas- 5G Services and Use Cases*.
- 5G Americas. (2017b). *5G Spectrum Recommendations*. Retrieved from [http://www.5gamericas.org/files/9114/9324/1786/5GA\\_5G\\_Spectrum\\_Recommendations\\_2017\\_FINAL.pdf](http://www.5gamericas.org/files/9114/9324/1786/5GA_5G_Spectrum_Recommendations_2017_FINAL.pdf)
- Berger, C., Blauth, R., Boger, D. V., Bolster, C., Burchill, G., DuMouchel, W., ... Walden, D. (1999). KANO'S METHODS FOR UNDERSTANDING CUSTOMER-DEFINED QUALITY. *Center for Quality Management Journal*, 2(4), 3–36.
- Bertenyi, B. (2017). 5G NR standards in 3GPP. 3GPP.
- Direktorat Penataan Sumber Daya. (2018). *5g trial 2018*.
- ETSI. (2016). Draft ETSI EN 302 217-2 V3.0.8 (2016-06) - Fixed Radio Systems; Characteristics and requirements for point-to-point equipment and antennas; Part 2: Digital systems operating in frequency bands from 1,3 GHz to 86 GHz; Harmonised Standard covering the , 8, 1–149.
- Fahmi, I. (2013). *Manajemen Strategis : Teori dan Aplikasi*. Bandung: Alfabeta : Bandung.
- Gomez, C. (2018). Potential 5G use cases: imagining the mobile services of the next decade. GSMA.
- GSA. (2018a). *Global Progress to 5G - Trials , Deployments and Launches*.
- GSA. (2018b). *Spectrum for Terrestrial 5G Networks : Licensing Developments Worldwide*.
- GSM Association (GSMA). (2015). Public Policy Position - Mobile spectrum requirements and target bands for WRC-15, (June), 1–10.
- GSMA. (2018). *5G Spectrum - GSMA Public Policy Position*. GSMA. London.
- Huang, J. (2017). Application of Kano Model in Requirements Analysis of Y Company's Consulting Project. *American Journal of Industrial and Business Management*, 07(07), 910–918. <http://doi.org/10.4236/ajibm.2017.77064>
- Huawei - XLabs Wireless. (2017). *Huawei - 5G Unlocks a World of Opportunities*. Shenzhen. Retrieved from [www.huawei.com](http://www.huawei.com)
- InterDigital Inc. (2015). Path to 5G Overview, 1–60.
- ITU-R. (2017). P.2108-0 Prediction of clutter loss P Series Radiowave propagation.
- ITU. (2015). *M.2083 : IMT Vision – “Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond.”*

- KANO, N., SERAKU, N., TAKAHASHI, F., & Shin-ichi, T. (1984). Attractive Quality and Must-Be Quality. *Journal of The Japanese Society for Quality Control*, 14(2), 147–156. Retrieved from <http://ci.nii.ac.jp/naid/110003158895/en/>
- Kementerian Komunikasi dan Informatika. (2018). *Kepdirjen 235 Tahun 2018 Penetapan Pita Frekuensi Radio untuk Uji Coba Penggunaan Teknologi IMT-2020.pdf*.
- Lee, T. L. (2018). 5G Workshop – Facilitating 5G Deployment & Innovation Role of Satellites in the 5G Ecosystem. Singapore: SES.
- Li-li, Z., Lian-feng, H., & Qin-ying, S. (2011). Research on Requirement for High-quality Model of Extreme Programming. In *2011 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering* (pp. 518–522). IEEE. <http://doi.org/10.1109/ICIII.2011.132>
- Meng, Q., Zhou, N., Tian, J., Chen, Y., & Zhou, F. (2011). Analysis of Logistics Service Attributes Based on Quantitative Kano Model: A Case Study of Express Delivering Industries in China. *Journal of Service Science and Management*, 04(01), 42–51. <http://doi.org/10.4236/jssm.2011.41007>
- Ofcom. (2017). *Update on 5G spectrum in the UK*.
- Ofcom. (2018). Improving consumer access to mobile services at 3.6GHz to 3.8GHz. Update on timing of spectrum availability, (February), 252.
- Puslitbang SDPPPI - Kementerian Komunikasi dan Informatika. (2018). *Studi Sharing IMT dan FSS Pada Pita 3,4--4,2 GHz*.
- Qualcomm Technologies. (2017). Spectrum for 4G and 5G. *Qualcomm Technologies, Inc.*, (4155039), 1–15. Retrieved from <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/spectrum-for-4g-and-5g.pdf><https://www.qualcomm.com/media/documents/spectrum-4g-and-5g>
- Roh, W., Seol, J.-Y., Park, J., Lee, B., Lee, J., Kim, Y., ... Aryanfar, F. (2014). Millimeter-wave beamforming as an enabling technology for 5G cellular communications: theoretical feasibility and prototype results. *IEEE Communications Magazine*, 52(2), 106–113. <http://doi.org/10.1109/MCOM.2014.6736750>
- Shamsan, Z. A., & Rahman, T. A. (2009). IMT-advanced coexistence method with fixed services in different geographical areas at 3500 MHZ. In *IEEE EUROCON 2009* (pp. 1528–1533). IEEE. <http://doi.org/10.1109/EURCON.2009.5167843>
- Susilawati, I., & Eng, M. (2009). *Teknik Telekomunikasi Dasar*. Jakarta.
- Viavi Solution. (2018). *The State of 5G Trials 2018*.