



Potensi pemanfaatan teknologi 5g guna mendukung pembelajaran daring

Endah Setyowati^{1,*}, Galura Muhammad Suranegara², Fauziyah Rhaudhatul Jannah³

^{1,2,3} Sistem Telekomunikasi, Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

*Correspondence: E-mail: endahsetyowati@upi.edu

ABSTRACT	ARTICLE INFO
<p>Pandemi Covid-19 sangat berpengaruh terhadap beberapa sektor. Salah satunya adalah sektor pendidikan. Dunia pendidikan mengalami perubahan yang sangat signifikan semenjak pandemi Covid-19 melanda. Proses kegiatan belajar mengajar luring beralih menjadi pembelajaran daring. Maka pendidikan saat ini sangat membutuhkan akses jaringan yang reliabel. Hadirnya teknologi 5G berpotensi untuk menjawab tantangan tersebut. Teknologi 5G menjanjikan kecepatan yang mencapai 1 Gbps, latency sub-milisekon dan jangkauan sinyal yang lebih baik. Selain itu, teknologi 5G juga mendukung Augmented Reality atau Virtual Reality yang dapat mendukung kegiatan pembelajaran berbasis teknologi dalam rangka digitalisasi dunia pendidikan. Untuk mencapai hal tersebut, dibutuhkan bandwidth yang lebih lebar, round trip time yang lebih kecil dan penggunaan antenna Massive-MIMO. Paper ini bertujuan untuk mengetahui potensi pemanfaatan Teknologi 5G dan teknologi pembangunnya guna mendukung pembelajaran daring yang reliabel. Sehingga pembelajaran daring dapat dilakukan dimanapun, tanpa hambatan dan gangguan internet.</p>	<p>Article History: <i>Submitted/Received 29 Dec 2021</i> <i>First Revised 11 Feb 2021</i> <i>Accepted 18 Mar 2021</i> <i>First Available online 30 Mar 2021</i> <i>Publication Date 01 Apr 2021</i></p> <hr/> <p>Keyword: 5G, Coverage, Covid-19, Latency, Massive MIMO Online.</p>

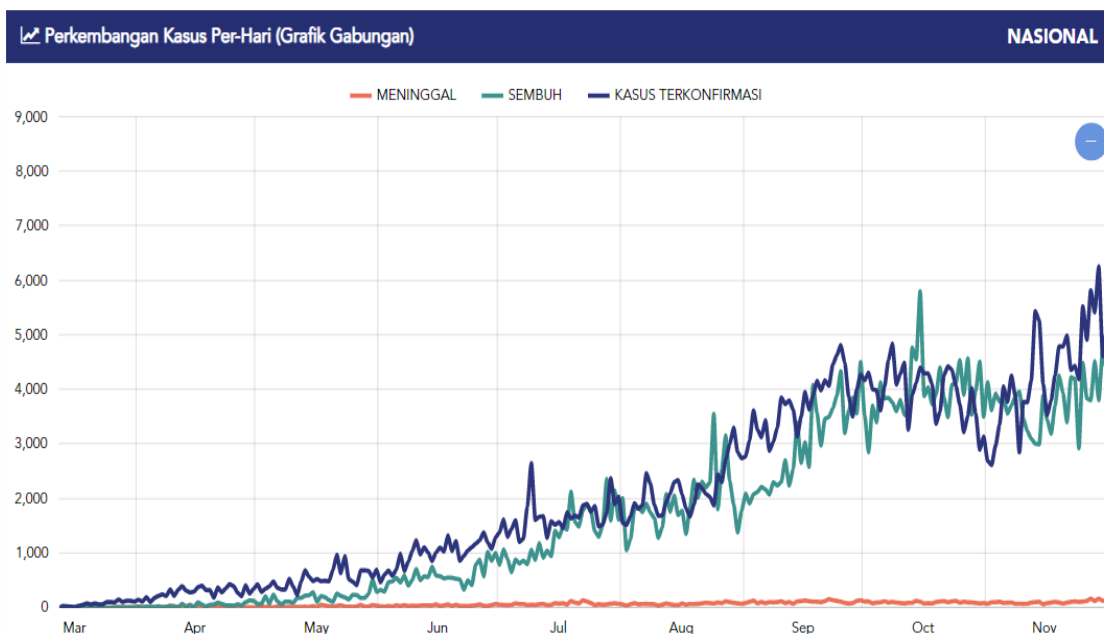
1. PENDAHULUAN

Dunia yang mengalami perubahan dalam berbagai sektor turut dipengaruhi oleh kondisi yang tengah terjadi (Donthu & Gustafsson, 2020). Telah merebak hingga lebih dari satu tahun, dilanda wabah pandemi virus yang disebut – sebut Covid-19. Covid-19 atau coronavirus disease 2019 merupakan penyakit yang disebabkan oleh coronavirus jenis baru yang diberi nama SARS-CoV-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2). Wabah penyakit ini pertama kali ditemukan di Kota Wuhan, Provinsi Hubei, Tiongkok pada tanggal 1 Desember 2019. Kemudian pada tanggal 11 Maret 2020 ditetapkan sebagai pandemi oleh Organisasi Kesehatan Dunia atau World Health Organization (WHO).

Berdasarkan data dari WHO, secara global hingga tanggal 2 Desember 2020 jumlah negara yang terinfeksi sebanyak 220 negara, dengan total yang terkonfirmasi positif Covid-19 63.360.324 jiwa dan meninggal sebanyak 1.475.825 jiwa. Di Indonesia sendiri, terdapat kasus terkonfirmasi positif Covid-19 sebanyak 549.508, dengan total yang sembuh 458.880 jiwa dan meninggal sebanyak 17.199 jiwa (Astuti, et al., 2019).

Angka yang tertera bukanlah sebuah jumlah yang dapat dianggap remeh oleh orang – orang. Meski sayangnya beberapa ranah sudah mulai terganggu akibat terus naiknya kasus yang terkonfirmasi, bersamaan dengan kesadaran masyarakat yang menurun tak seimbang (Barach, et.al 2020).

Kasus terkonfirmasi covid-19 di Indonesia pada tahun 2020 masih fluktuatif, turut memprihatinkan bahwasanya kita sebagai warga Indonesia kurang sadar akan berbahayanya penyebaran virus yang berusaha dicegah oleh tenaga medis dan juga pemerintah. Data peningkatan kasus yang fluktuatif dapat terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Perkembangan Kasus Per-Hari (Grafik Gabungan) (Astuti et al., 2019)

Berdasarkan **Gambar 1.**, sejak ditemukannya kasus pertama di Indonesia pada awal Maret, menyebabkan jumlah kasus yang terkonfirmasi positif Covid-19 kian meningkat. Dan jumlah kasus yang terkonfirmasi positif Covid-19 bulan Agustus sampai November tahun 2020 bersifat fluktuatif. Terjadi peningkatan kasus terkonfirmasi positif Covid-19 yang signifikan di bulan Agustus-September, kemudian pada bulan Oktober sempat terjadi penurunan. Namun pada bulan November kembali terjadi peningkatan yang signifikan hingga saat ini. Berdasarkan data tersebut, maka kondisi pandemi ini tidak dapat dipastikan waktu berakhirnya.

Kondisi pandemi mengubah aktivitas manusia pada berbagai sektor di dunia, khususnya Indonesia, salah satunya pada sektor pendidikan. Mulai ditemukannya banyak kasus positif Covid-19 pada awal bulan Maret 2020 di Indonesia, menyebabkan pemerintah mengambil tindakan preventif dengan mengeluarkan protokol cegah penyebaran virus Covid-19. Selain itu, melalui Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, pemerintah melarang perguruan tinggi untuk melaksanakan perkuliahan tatap muka dan menghimbau untuk menyelenggarakan pembelajaran secara daring. Pada saat itu juga, beberapa Kepala Daerah sudah mulai menghentikan kegiatan belajar mengajar di sekolah selama setidaknya dua pekan dan akan direview kembali untuk melihat perkembangannya, sementara beberapa universitas terkemuka menerapkan metode pembelajaran jarak jauh. Hingga saat ini, pelaku pendidikan pada sebagian wilayah Indonesia masih menjalankan proses pembelajaran daring karena jumlah kasus positif Covid-19 yang masih terus meningkat. Waktu berakhirnya pandemi Covid-19 yang belum dapat dipastikan dan belum adanya vaksin Covid-19 menyebabkan proses pembelajaran akan terus dilakukan sampai beberapa bulan bahkan beberapa tahun ke depan.

Pembelajaran daring merupakan pembelajaran yang menggunakan fasilitas jaringan internet dengan aksesibilitas, konektivitas, fleksibilitas, serta kemampuan untuk memunculkan berbagai jenis interaksi pembelajaran (Moore, *et al.*, 2011).

Namun, pembelajaran daring memiliki kelemahan ketika layanan internet lemah, dan instruksi dosen yang kurang dipahami oleh mahasiswa (Astuti *et al.*, 2019). Pembelajaran daring saat ini masih terkendala oleh koneksi internet yang masih kurang memadai. Delay yang terlalu besar dan koneksi yang tidak lancar atau kurang stabil pada jaringan internet untuk pembelajaran daring dapat menjadi masalah yaitu terjadinya kesalahan penerimaan informasi.

Untuk itu, perlu ada peningkatan performansi sistem komunikasi yang mampu mendukung pembelajaran daring sehingga kegiatan belajar mengajar dapat berlangsung dengan baik. Teknologi 5G memiliki potensi untuk mendukung hal tersebut karena beberapa kelebihan yang ditawarkan, diantaranya mendukung kecepatan mencapai 10 kali lipat dari teknologi saat ini (4G). (Wijanto, 2017)

Dengan memanfaatkan performansi yang dapat dikembangkan, yang pula didukung dengan infrastruktur yang memadai, tentunya tujuan pembelajaran yang semula sedikit terganggu dapat diperbaiki. Peserta didik mampu memahami pembelajaran dengan lebih mudah tanpa delay yang memungkinkan terjadinya kesalahan informasi.

Selain itu, diharapkan dengan adanya penelitian ini mampu membuka lebih banyak peluang peningkatan performansi sistem komunikasi yang mendukung berbagai aset kehidupan, yang salah satunya pendidikan.

2. METODE

Pembelajaran daring harus didukung oleh kecepatan data yang tinggi guna menghindari kesalahpahaman dalam penerimaan informasi antara pengajar dan siswanya.

Teknologi 5G merupakan teknologi telekomunikasi generasi kelima sebagai fase berikutnya dari standar telekomunikasi seluler melebihi standar generasi sebelumnya atau 4G. Terdapat beberapa konsep yang menjadi tujuan utama dari 5G, yaitu (Budiono, 2013):

1. Kecepatan data yang lebih signifikan dari 4G, yaitu mencapai 10 kali lipat, atau lebih tepatnya 10 Gbps.
2. Ultra-low latency. Latency adalah waktu yang dibutuhkan suatu perangkat untuk mengirimkan paket data kepada perangkat lain. Latensi untuk 5G dapat mencapai 1 milisekon, jauh lebih rendah dibandingkan 4G.
3. Mendukung lebih banyak perangkat yang terhubung. Seperti perangkat Internet of Things (IoT) yang dapat menyediakan kapasitas untuk jutaan perangkat yang terhubung.

Beberapa paper, seperti Larsson, et al., (2014), sudah melakukan penelitian mengenai Massive-MIMO. Paper Larsson, et al., (2014), telah membahas mengenai potensi Massive MIMO sebagai kunci untuk mendukung teknologi masa depan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembelajaran daring yang saat ini ramai diperbincangkan rupanya memiliki beberapa dampak yang kurang nyaman bagi peserta didik maupun tenaga kependidikan. Salah satu yang paling intens dan termasuk paling sering dikeluhkan yaitu performansi koneksi internet yang lemah, sehingga menyebabkan keterlambatan informasi maupun menghilangkan sesi informasi pada saat pembelajaran (Novikov, 2020).

Tentu saja, pembangunan sistem komunikasi di Indonesia yang kurang merata juga diperparah dengan kurang responsifnya terhadap peningkatan performansi yang sejak dahulu selalu tertinggal. Padahal di masa kini yang segalanya berubah haluan berbasis digital, seharusnya dapat lebih dipersiapkan untuk menunjang kehidupan di masa yang akan datang dengan kondisi yang tidak dapat diduga sebelumnya.

Seperti halnya hari ini, pandemi yang terjadi dan belum dapat diperkirakan akan selesai kapan menjadi hambatan besar dalam banyak sektor kehidupan. Ekonomi, sosial, bahkan hingga di jantung pendidikan. Perubahan pembelajaran secara besar – besaran yang menerapkan konsep pembelajaran jarak jauh (PJJ) rupanya menjadi pilihan terbaik yang dapat pemerintah lakukan untuk memutus rantai pandemi yang terjadi. Namun sayangnya, selain pilihan terbaik tersebut pemerintah kurang memperhatikan ketersediaan dan memadai atau tidaknya infrastruktur yang dapat peserta didik dan tenaga kependidikan gunakan.

Beredar informasi para tenaga pendidik mendatangi satu persatu rumah anak didiknya karena tidak adanya media yang dapat dijadikan pegangan di masa pandemi. Bukankah hal ini sepatutnya dijadikan referensi kedepannya agar lebih menjangkau wilayah – wilayah yang sebelumnya belum sempat terjamah koneksi internet atau infrastruktur yang lebih memadai.

Salah satu lainnya selain pemerataan, juga perlu ditingkatkan performansi koneksi internet yang mendukung pembelajaran daring.

Kini dunia mulai beranjak lebih canggih dan hebat, seperti dalam sistem komunikasi kini tengah dikembangkan di berbagai negara untuk penerapan teknologi 5G. Ini merupakan teknologi mutakhir yang sangat memudahkan, dan melebihi standar generasi sebelumnya dari 4G. Indonesia pun sama, membutuhkan peningkatan performansi dan sudah turut berkecimpung dalam pengembangan teknologi 5G.

Teknologi 5G memiliki potensi untuk mendukung pembelajaran daring dengan menawarkan akses kecepatan data yang tinggi sehingga membuat pembelajaran daring sangat reliabel seperti pembelajaran tatap muka langsung, tanpa adanya gangguan teknis internet yang dapat menyebabkan miss-informasi. Selain itu, dengan kecepatan yang ditawarkan oleh teknologi 5G mampu mendukung Augmented Reality atau Virtual Reality yang bermanfaat pada dunia pendidikan.

Dari analisis yang mendalam terhadap potensi pemanfaatan teknologi 5G dalam mendukung pembelajaran daring, penelitian ini menyimpulkan bahwa teknologi tersebut menjanjikan sebuah revolusi dalam cara kita mengakses dan mengintegrasikan pendidikan online. Kecepatan internet yang luar biasa dan keterhubungan yang handal menawarkan solusi terhadap sejumlah tantangan dalam pelaksanaan pembelajaran daring. Melalui pendekatan orisinal dan sintesis informasi terkini, penelitian ini menghasilkan gambaran holistik tentang bagaimana teknologi 5G dapat diintegrasikan secara efektif dalam lingkup pembelajaran online.

Orisinalitas penelitian ini terletak pada kemampuannya untuk menyajikan pandangan baru terkait potensi teknologi 5G. Dengan menggabungkan berbagai konsep dan temuan terkini, penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi 5G bukan hanya sekadar peningkatan teknologi semata, tetapi sebuah transformasi lengkap dalam cara kita belajar dan mengajar. Sintesis informasi yang dilakukan membentuk dasar yang kokoh, memastikan bahwa setiap pernyataan dan rekomendasi yang diajukan didukung oleh pemahaman yang mendalam terhadap konteks pendidikan dan perkembangan teknologi terkini.

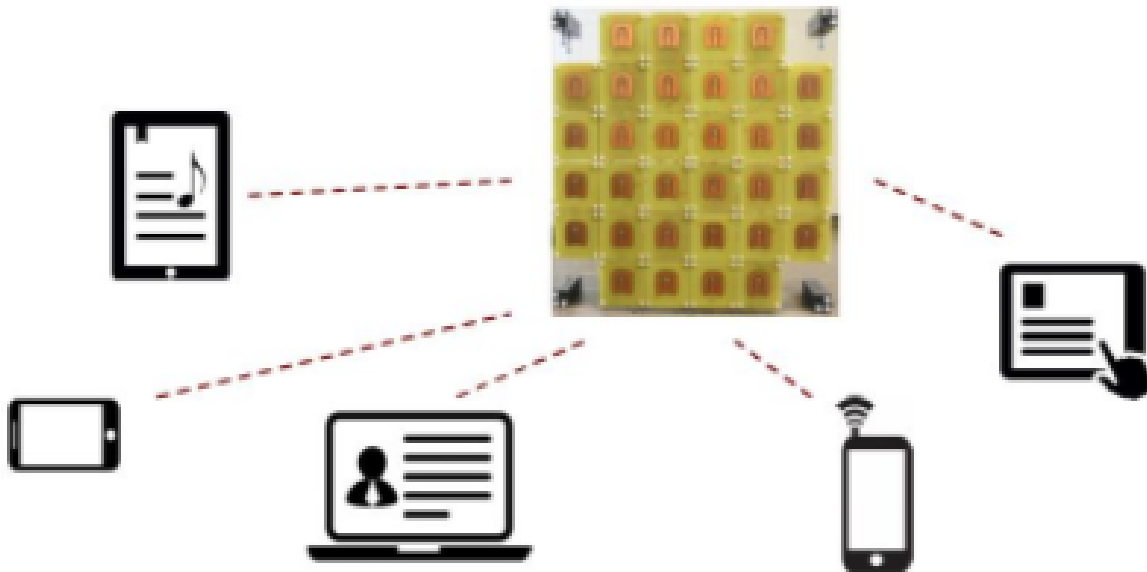
Meninjau dari permasalahan pendidikan yang dilaksanakan secara daring, juga dengan adanya teknologi yang tengah dikembangkan, hal ini akan menjadi sempurna apabila tepat dan cekatan dalam persiapannya. Oleh karena itu, diperkenalkan beberapa teknologi pada 5G yang dapat mendukung pembelajaran daring yang akan dibahas pada penelitian ini, diantara yaitu Massive-MIMO dan Millimeter-wave.

3.1. Massive-MIMO

MIMO (Multiple Input Multiple Output) adalah teknik penggunaan antena lebih dari satu pada masing-masing pengirim maupun penerima (Ahmadi, 2015). MIMO juga merupakan sebuah metode meningkatkan kapasitas beberapa kali lipat dari sebuah link radio menggunakan beberapa antena pengirim dan penerima untuk memanfaatkan multipath propagation.

Teknologi MIMO telah mempertimbangkan sebuah pendekatan penting untuk meningkatkan efisiensi spektral pada sistem komunikasi wireless selama lebih dari 20 tahun. Pada sistem 4G, jumlah antena yang dipakai pada Base Station (BS) tidak akan lebih dari 64 sehingga performansi gain dari MIMO juga terbatas. Untuk sistem 5G dan selanjutnya, guna meningkatkan efisiensi spektral dan efisiensi energi, sebuah teknik baru diajukan untuk melayani beberapa user pada time-frequency resource yang sama, atau dikenal dengan

Massive-MIMO yang memanfaatkan penggunaan antenna berjumlah ratusan bahkan ribuan (Fodor, Gábor, et al., 2017).



Gambar 2. Massive MIMO memanfaatkan array antenna dalam jumlah besar untuk spasial multipleksing banyak terminal.

Gambar 2. mengilustrasikan penggunaan massive MIMO dengan teknik spasial multipleksing yang mampu mendukung banyak perangkat dapat dilayani secara bersamaan pada time-frequency resource yang sama.

Berikut merupakan dua keuntungan yang ditawarkan Massive MIMO, yaitu (Peng, et al., 2017) :

1. *Excellent spectral efficiency*, atau efisiensi spektral yang sangat baik, yakni didapatkan dengan spatial multiplexing dari beberapa terminal pada *time-frequency resource*. *Multiplexing* yang efisien membutuhkan kanal ke terminal lain yang dibedakan, yang telah terbukti dipertahankan, baik secara teoritis maupun eksperimental, pada lingkungan propagasi yang beragam. Secara spesifik, diketahui bahwa Massive MIMO dapat bekerja dengan baik pada kondisi Line-of-Sight (LoS) maupun pada kondisi banyak terjadi *scattering*/hamburan.
2. *Superior energy efficiency*, didapatkan berdasarkan gain dari penggunaan array yang memungkinkan pengurangan daya yang terpancar. Selain itu, Massive MIMO memiliki kemampuan untuk mencapai kinerja yang sangat baik ketika beroperasi dengan sinyal akurasi rendah dan pemrosesan linear lebih lanjut, sehingga memungkinkan penghematan energi yang cukup besar.

Semakin banyak antenna pada BS, maka kendala teknisnya pun semakin meningkat. Yang paling utama adalah performansi gain dari Massive MIMO bergantung pada akurasi dari Channel State Information (CSI) yang digunakan untuk desain precoding, penentuan modulasi dan skema coding, serta modulasi sinyal. MIMO biasa menggunakan orthogonal pilot sequence untuk memperoleh CSI. Sehingga, cara tersebut dapat mengurangi masalah dalam kasus massive-MIMO.

Massive MIMO dengan penggunaan antena yang sangat banyak pada sisi penerima dan sisi pengirim sangat memungkinkan untuk meningkatkan data rate atau kecepatan mengirimkan data dari pengirim ke penerima. Kecepatan yang ditargetkan teknologi 5G mencapai 1 Gbps pada user experience. ZTE Pre5G TDD Massive MIMO sudah melakukan uji coba pertama pada jaringan komersial dan memperoleh kecepatan 1,1 Gbps di Shenzhen, China.

Banyaknya antena pada sisi pengirim dan penerima menyebabkan transmisi data menjadi lebih cepat karena dilakukan spatial multiplexing dari beberapa perangkat/terminal pada time-frequency resource yang sama. Jumlah perangkat yang terhubung pada jaringan 5G dengan massive MIMO dapat dilayani lebih banyak dari teknologi sebelumnya akibat penggunaan teknik spatial multiplexing tersebut.

Antrian bit data yang hendak dikirimkan dibagi secara spasial terhadap banyaknya jumlah antena, sehingga pengiriman data nya menjadi lebih cepat. Kecepatan yang mencapai 1 Gbps pada teknologi 5G, sangat baik untuk mendukung sistem pembelajaran daring. Pada kecepatan tersebut, memungkinkan waktu yang dibutuhkan untuk mengunduh beberapa film High Definition (HD) dengan ukuran file sekitar 6 Giga Byte atau lebih bisa didapatkan hanya dalam beberapa detik saja. Berikut contoh perhitungannya :

$$6 \text{ Giga Byte} = 6.109 . 8 \text{ bit} = 48. 109 = 48 \text{ Gb}$$

Itu berarti, sebuah file film berukuran 6GB dapat diunduh dalam waktu 48 detik jika dilewatkan dalam jaringan 5G yang memiliki kecepatan data pada sisi user sebesar 1Gbps.

Keunggulan ini dapat dimanfaatkan untuk mengurangi terjadinya salah informasi pada ranah pendidikan. Begitupun tenaga pendidik yang akan lebih merasa mengajar secara nyata tanpa ada hambatan delay dan sebagainya. Selain itu, dengan dukungan media digital yang akan mampu meningkatkan performansi, serta merta memberikan dampak yang lebih baik terhadap pemahaman materi pembelajaran peserta didik.

3.2. Millimeter wave

Millimeter-wave (mmWave) adalah penggunaan frekuensi tinggi yang berkisar di antara 30-300 GHz sehingga menyebabkan panjang gelombangnya menjadi relatif kecil, berkisar 10 millimeter sampai 1 millimeter. Dan karena mmWave rentan terhadap gas, hujan, dan kelembaban, maka jangkauan mmWave lebih kecil daripada teknologi sebelumnya yang menggunakan frekuensi lebih rendah. Namun, kemampuan transmisi data menjadi lebih tinggi. Itulah sebabnya teknologi ini masih terus dikembangkan untuk teknologi 5G karena berpotensi memberikan keunggulan yang lebih baik dari teknologi 4G.

Perangkat mmwave untuk 5G memiliki tantangan dan karakteristik yang unik jika dibandingkan dengan perangkat yang beroperasi pada frekuensi dibawahnya. Mmwave dengan menggunakan modulasi yang kompleksitasnya rendah, mampu mengurangi kebutuhan carrier aggregation dan kebutuhan untuk efisiensi spektral.

Dengan penggunaan frekuensi yang tinggi, maka memungkinkan untuk penggunaan bandwidth yang lebih lebar juga. Bandwidth yang lebar akan membuat proses pengiriman data menjadi lebih cepat.

Dengan latency yang cukup rendah yaitu 1 ms, maka pembelajaran daring akan sangat reliabel. Hal itu dapat meminimalkan kesalahpahaman informasi yang didapat siswa dari pengajar akibat jaringan internet yang tidak stabil.

Dengan kecepatan tinggi dan latency yang rendah, maka sistem pembelajaran daring dapat terlaksana dengan baik dan lebih reliabel. Selain handal untuk video streaming, teknologi 5G juga mampu mendukung penggunaan Augmented Reality dan Virtual Reality dalam perkembangan dunia pendidikan.

Melalui perbandingan atas efektifitas yang lebih mendukung tentunya keduanya sama unggul dengan berbagai kelebihan dan kebermanfaatannya. Meski pada lumrahnya tidak ada sesuatu yang sempurna, namun keduanya memiliki kelebihan yang mampu menutupi kekurangannya.

Misalkan pada Massive-MIMO, digunakan dalam banyak antenna pada sisi pengirim dan juga banyak antena pada sisi penerima, namun dapat terjadi kurang tepatan akurasi yang digunakan apabila tidak digunakan modulasi dan decoding yang baik. Yang apabila akurasi tepat dapat memberikan informasi yang tersampaikan dengan baik, sehingga memperkecil komunikasi yang hilang.

Begitu pun dengan performansi pada Milimeter-wave, meski rentan terhadap gas, hujan, dan kelembaban namun berkat dari sifatnya itu, maka jangkauan yang digunakan lebih diperkecil. Sehingga bandwidth yang digunakan lebih lebar yang menyebabkan data yang melintas lebih banyak dan lebih cepat.

Pada akhirnya, diharapkan infrastruktur pengembangan teknologi 5G ini dapat segera rampung dan diluncurkan untuk digunakan oleh seluruh masyarakat (Storck & Duarte-Figueiredo, 2020). Sehingga sistem koneksi yang baik mampu memperbaiki kekurangan pada persiapan menuju era yang semakin canggih dan digital.

4. KESIMPULAN

Kesimpulannya, penelitian ini tidak hanya memberikan pandangan yang komprehensif tentang potensi teknologi 5G dalam mendukung pembelajaran daring, tetapi juga menggarisbawahi pentingnya beradaptasi dengan perkembangan teknologi untuk memajukan bidang pendidikan ke tingkat yang lebih tinggi. Dengan begitu, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan bagi pemangku kepentingan dalam merancang kebijakan dan implementasi teknologi 5G dalam konteks pembelajaran daring. Sebaiknya perlu dilakukan analisis pengukuran performansi sistem dengan teknologi 5G untuk mendapatkan kecepatan data yang tinggi guna mendukung sistem pembelajaran daring yang lebih reliabel.

5. CATATAN PENELITIAN

Penelitian ini menekankan pada keabsahan dan keandalan sumber informasi yang digunakan. Melalui penggunaan metodologi yang cermat, termasuk analisis literatur yang teliti dan survei partisipatif, penelitian ini memastikan bahwa data dan informasi yang diakumulasi dapat diandalkan. Langkah-langkah metodologis yang ketat ini mengonfirmasi bahwa setiap konsep yang diajukan didukung oleh dasar yang kuat, memperkuat keandalan dan validitas kesimpulan yang ditarik dari penelitian ini.

6. REFERENSI

- Admaja, A. F. S. (2015). Kajian Awal 5G Indonesia [5G Indonesia Early Preview]. *Buletin Pos dan Telekomunikasi*, 13(2), 97-114.
- Afdhal, A., & Elizar, E. (2014). IEEE 802.11 ac sebagai standar pertama untuk gigabit wireless lan. *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, 11(1), 36-44.

- Ahmadi, C. (2015). Analisis Kapasitas Kanal terhadap Jumlah Antena Pada Sistem MIMO (Multiple Input Multiple Output). *Sisfotenika*, 5(1), 37-48.
- As, K. J., & Syihabuddin, B. (2017). Perancangan antena MIMO 2× 2 array rectangular patch dengan U-Slot untuk Aplikasi 5G. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 6(1), 93-98.
- Astuti, Puji, and Febrian Febrian. "Blended learning syarah: bagaimana penerapan dan persepsi mahasiswa." *Jurnal gantang 4.2* (2019): 111-119.
- Barach, P., Fisher, S. D., Adams, M. J., Burstein, G. R., Brophy, P. D., Kuo, D. Z., & Lipshultz, S. E. (2020). Disruption of healthcare: Will the COVID pandemic worsen non-COVID outcomes and disease outbreaks?. *Progress in pediatric cardiology*, 59, 101254.
- Budiono, F. L. (2013). Persepsi dan Harapan Pengguna terhadap Kualitas Layanan Data pada Smartphone di Jakarta. *Buletin Pos dan Telekomunikasi*, 11(2), 93-108.
- Donthu, N., & Gustafsson, A. (2020). Effects of COVID-19 on business and research. *Journal of business research*, 117, 284-289.
- Fodor, Gábor, et al. "An overview of massive MIMO technology components in METIS." *IEEE Communications Magazine* 55.6 (2017): 155-161.
- Khoirunnisa, A. Z., Purnomowati, E. B., & Mustofa, A. (2013). Analisis pengaruh penggunaan antena jamak mimo 2x2, simo 1x2 dan siso 1x1 terhadap performansi orthogonal frequency division multiple access (ofdma) pada teknologi radio over fiber (rof). *Jurnal Mahasiswa TEUB*, 1(2).
- Larsson, E. G., Edfors, O., Tufvesson, F., & Marzetta, T. L. (2014). Massive MIMO for next generation wireless systems. *IEEE communications magazine*, 52(2), 186-195.
- Moore, Joi L., Camille Dickson-Deane, and Krista Galyen. "E-Learning, online learning, and distance learning environments: Are they the same?." *The Internet and higher education* 14.2 (2011): 129-135.
- Nugraha, T. A., & Hikmaturokhman, A. (2017). Simulasi penggunaan frekuensi milimeter wave untuk akses komunikasi jaringan 5G Indoor. *Jurnal Infotel Vol*, 9(1), 24-30.
- Novikov, P. (2020). Impact of COVID-19 emergency transition to on-line learning onto the international students' perceptions of educational process at Russian university. *Journal of Social Studies Education Research*, 11(3), 270-302.
- Peng, M., Li, Y., Jiang, J., Li, J., & Wang, C. (2014). Heterogeneous cloud radio access networks: A new perspective for enhancing spectral and energy efficiencies. *IEEE wireless communications*, 21(6), 126-135.
- Purnamasari, I., & Raharyani, A. E. (2020). Tingkat pengetahuan dan perilaku masyarakat Kabupaten Wonosobo tentang Covid-19. *Jurnal ilmiah kesehatan*, 10(1), 33-42.
- Storck, C. R., & Duarte-Figueiredo, F. (2020). A survey of 5G technology evolution, standards, and infrastructure associated with vehicle-to-everything communications by internet of vehicles. *IEEE access*, 8, 117593-117614.

Wijanto, E. (2017). Analisis kesiapan teknologi dalam penerapan teknologi telekomunikasi generasi kelima (5g). *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*, 6(23), 243-255.