



Perspektif Global Teknologi 5G, Keamanan Jaringan dan Ancaman pada Militer

(A Global Perspectives on 5G Technology, Network Security and Threats to the Military)

Wisnu Setyo Pambudi^{1,2}, Tanaka Takumi²

¹ Akademi Angkatan Udara

E-mail: sp1.wisnu@aaau.ac.id

² JASDF Command and Staff College

E-mail: TANAKAe3n@inet.aci.mod.go.jp

Abstract— *The first generation of cellular communication (1G) actually started approximately 40 years ago. In this early phase, (wireless) cell phone calls could already be made between communication devices, although there were still some technological limitations, including network and system security issues. The next generation brought significant advances and improvements in service diversification. Today, the world is already facing the era of the fifth generation of mobile communication technology (5G), although the majority of the infrastructure used still relies on its predecessor (4G). Concerns about the security of 5G networks have become a major topic around the world, especially after the United States government boycotted one of the giants of the 5G industry, Huawei, due to information security issues that are closely related to Chinese government policies. Added to this, 5G technology has great potential to be applied in the military, enabling faster, safer, and more efficient communication in military operations. This article discusses the key features of 5G technology and the complexity and importance of 5G network security and potential threats in its application in the military.*

Keywords— mobile communication, 5G network, military threat

Abstrak— *Generasi pertama komunikasi seluler (1G) sebenarnya baru dimulai kurang lebih 40 tahun yang lalu. Pada fase awal ini, panggilan telepon seluler (nirkabel) sudah dapat dilakukan antar perangkat komunikasi, meskipun masih ditemukan beberapa keterbatasan teknologi, termasuk masalah keamanan jaringan dan sistem. Generasi berikutnya membawa kemajuan signifikan dan peningkatan dalam diversifikasi layanan. Saat ini, dunia sudah dihadapkan pada era generasi kelima teknologi komunikasi seluler (5G), meskipun mayoritas infrastruktur yang digunakan masih bertumpu pada pendahulunya (4G). Kekhawatiran tentang keamanan jaringan 5G menjadi topik utama di seluruh penjuru dunia, khususnya setelah pemerintah Amerika Serikat memboikot salah satu raksasa industri 5G, yaitu Huawei, terkait masalah keamanan informasi yang berhubungan erat dengan kebijakan pemerintah Cina. Ditambahkan, teknologi 5G memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam dunia militer, yang memungkinkan komunikasi yang lebih cepat, lebih aman, dan lebih efisien dalam penggunaan pada operasi militer. Artikel ini membahas fitur-fitur utama teknologi 5G dan kompleksitas serta pentingnya keamanan jaringan 5G dan potensi ancaman dalam penerapannya di dunia militer.*

Kata Kunci— komunikasi seluler, jaringan 5G, ancaman militer

* Wisnu Setyo Pambudi
E-mail: sp1.wisnu@aaau.ac.id

I. PENDAHULUAN

Evolusi teknologi komunikasi seluler dimulai dengan diluncurkannya generasi pertama (1G) lebih dari 40 tahun yang lalu, yang kemudian memungkinkan panggilan telepon seluler nirkabel antar perangkat komunikasi. Namun, 1G memiliki keterbatasan yang signifikan, termasuk kualitas jaringan yang buruk, jumlah pengguna yang terbatas, dan kerentanan keamanan. Seiring dengan kemajuan teknologi, 2G dan 3G membawa peningkatan dalam kualitas panggilan, pesan SMS, dan akses internet, sementara 4G merevolusi kecepatan internet seluler dan kemampuan *streaming* video. Saat ini, dunia memulai perjalanannya dengan generasi kelima (5G) dari teknologi komunikasi seluler. Meskipun saat ini infrastruktur yang mendukung 5G sangat bergantung pada pendahulunya (4G), 5G menjanjikan peningkatan yang belum pernah terjadi sebelumnya dalam hal kecepatan, latensi, dan konektivitas, sehingga memungkinkan aplikasi berbasis *Internet of Things* (IoT) baru seperti *smart city*, kendaraan otonom, maupun sistem pertahanan/militer modern[1].

Namun, dengan munculnya 5G, timbul tantangan baru. Kekhawatiran atas keamanan jaringan 5G telah menjadi pusat perhatian secara global, terutama setelah pemboikotan oleh pemerintah A.S. terhadap Huawei, pemain utama dalam teknologi 5G, karena kekhawatiran atas keamanan data dan pengaruh pemerintah Cina. Selain implikasi politik dan ekonomi, domain militer telah lebih dahulu mengidentifikasi 5G sebagai teknologi yang akan mengubah peta kekuatan, dengan potensi kemampuan meningkatkan komunikasi, pengaturan otomatis sistem persenjataan canggih, dan yang tidak kalah penting, peningkatan efisiensi di medan perang. Namun, karakteristik tersebut juga memunculkan risiko baru dari 5G, diantaranya *cybersecurity threats*, yang berpotensi mengekspos operasi militer menjadi sasaran kritis terhadap peretasan, spionase, dan sabotase.

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi 5G, timbul pertanyaan krusial tentang dampaknya yang lebih luas terhadap struktur kekuatan global. Salah satu pertanyaan kuncinya adalah mengapa implementasi 5G berpotensi mengubah dinamika keamanan internasional. Dengan potensinya dalam meningkatkan kekuatan militer, teknologi baru ini berpotensi semakin memperumit ketegangan geopolitik yang sudah ada dan meningkatkan risiko keamanan siber dalam skala global [2]. Hipotesis atas masalah ini adalah bahwa teknologi 5G tidak hanya akan mempercepat evolusi strategi militer tetapi juga menggeser keseimbangan kekuatan pada negara-negara yang maju secara teknologi, sementara di saat yang sama memperluas ancaman yang dihadapi oleh komunitas internasional [3]. Potensi dari transformasi ini menggarisbawahi pentingnya memahami bagaimana nantinya 5G akan dapat mendefinisikan ulang relasi kekuasaan di antara negara-negara berkuasa.

II. LANDASAN TEORI

Evolusi teknologi komunikasi seluler yang cepat selama beberapa dekade terakhir telah secara dramatis mengubah cara masyarakat berinteraksi, berbisnis, dan mengolah informasi. Setiap generasi teknologi seluler telah membawa perubahan transformatif, tidak hanya dalam hal teknis, tetapi juga dalam cara teknologi ini diintegrasikan ke dalam kehidupan sehari-hari. Dari masa-masa awal ponsel analog hingga jaringan 5G, perjalanan dari 1G menandai serangkaian kemajuan teknologi dalam hal kecepatan, kapasitas, dan fungsionalitas yang telah memungkinkan hadirnya dunia modern dalam kehidupan sehari-hari.

A. 1G, Pembuka Jalan Analog ke Digital

Asal mula teknologi komunikasi seluler dapat ditelusuri kembali ke pengembangan sistem analog pada akhir tahun 1970-an dan awal tahun 1980-an yang secara resmi dimulai di Tokyo, Jepang. Saat itu, meskipun konsep telepon seluler menjadi hal yang sangat revolusioner, tetapi juga memiliki keterbatasan. Sistem awal ini, yang sekarang dikenal sebagai jaringan seluler 1G (Generasi Pertama), dirancang terutama untuk komunikasi suara, menggunakan sinyal analog untuk mengirimkan data suara secara nirkabel. Meskipun merupakan terobosan baru, sistem 1G

memiliki beberapa masalah, yaitu kapasitas jaringan yang terbatas, kualitas suara yang buruk, kerentanan yang tinggi terhadap gangguan, dan kurangnya enkripsi, sehingga rentan terhadap penyadapan. Namun, jaringan seluler 1G meletakkan dasar bagi pengembangan teknologi seluler di dekade berikutnya. Hal ini membuktikan bahwa komunikasi seluler menjadi jalan pembuka yang memicu perlombaan global untuk mengembangkan jaringan komunikasi yang lebih baik, lebih cepat, dan lebih andal.

B. Revolusi Digital oleh 2G

Lompatan besar berikutnya dalam komunikasi seluler terjadi dengan munculnya teknologi 2G (Generasi Kedua) pada awal tahun 1990-an. Era ini menandai transisi dari jaringan analog ke jaringan digital, perubahan yang membawa beberapa keuntungan signifikan. Untuk pertama kalinya, panggilan suara didigitalkan, sehingga menghasilkan kualitas suara yang lebih jernih serta penggunaan spektrum radio yang lebih efisien. Sinyal digital juga lebih aman, memungkinkan penggunaan enkripsi untuk melindungi komunikasi dari penyadapan. Hal ini membuat ponsel semakin dapat diandalkan dan juga lebih aman, yang merupakan langkah maju yang sangat penting untuk komunikasi pribadi dan bisnis. Selain komunikasi suara, jaringan 2G memperkenalkan kemampuan untuk mengirim pesan teks melalui *Short Message Service* (SMS), yang dengan cepat menjadi salah satu alat komunikasi seluler yang paling populer. Tahapan ini merupakan perubahan besar bagi penggunaan ponsel, menggeser peran perangkat seluler dari alat sederhana untuk panggilan suara menjadi alat komunikasi yang serbaguna untuk tetap terhubung. Ponsel tidak lagi menjadi barang mewah, tetapi mulai dilihat sebagai perangkat penting untuk komunikasi sehari-hari.

TABEL 1 EVOLUSI JARINGAN KOMUNIKASI

Generasi	Bandwidth	Teknologi	Fitur Utama
1G (1970 – 1980)	2 Kbps	Analog Cellular	Voice (only) services
2G (1990 – 2000)	64 Kbps	Digital Cellular	Digital Voice, SMS
2.5G (2001 – 2004)	144 Kbps	GPRS, EDGE, CDMA	MMS, Internet
3G (2004 – 2005)	2 Mbps	EVDO, UMTS	High Quality Multimedia
3.5G (2006 – 2010)	> 2Mbps	EDGE, Wi-Fi	Video Call & Streaming
4G (2011 – 2019)	1 Gbps	WiMax LTE	HDTV, Wearable Device
5G (2020 ~)	> 1 Gbps	ORAN	Smart City, IoT

C. 3G Mengawali Internet Seluler

Munculnya jaringan 3G (Generasi Ketiga) pada awal tahun 2000-an merupakan langkah maju yang signifikan dalam komunikasi seluler. Sementara 2G berfokus pada peningkatan komunikasi suara dan memperkenalkan layanan data dasar seperti SMS, 3G adalah tentang data. Generasi teknologi seluler ini membuat akses internet seluler tersedia secara luas untuk pertama kalinya, memungkinkan sejumlah aplikasi baru seperti penjelajahan web, email, dan pesan multimedia. Dengan 3G, ponsel berevolusi menjadi *smartphone*, yang mampu menangani berbagai tugas di luar suara dan teks. Pengguna ponsel saat itu sudah dapat mengakses internet dari perangkat mereka, melakukan *streaming* audio dan video, serta mengunduh aplikasi, yang juga menjadikan perangkat seluler sebagai bagian integral dari ekonomi digital. Pengenalan jaringan 3G juga membuka jalan bagi pengembangan aplikasi yang lebih kompleks, termasuk *mobile banking*, konferensi video, dan layanan berbasis lokasi. Untuk bisnis dan konsumen, teknologi 3G memperluas cakrawala tentang segala kemungkinan yang dapat dilakukan dengan komunikasi seluler. Kemampuan untuk mengakses internet di mana saja secara fundamental mengubah cara orang berinteraksi dengan teknologi, yang mengarah pada munculnya aplikasi yang mengutamakan konsep *mobile-first* dan perkembangan konten digital.

D. Era 4G, Konektivitas Berkecepatan Tinggi

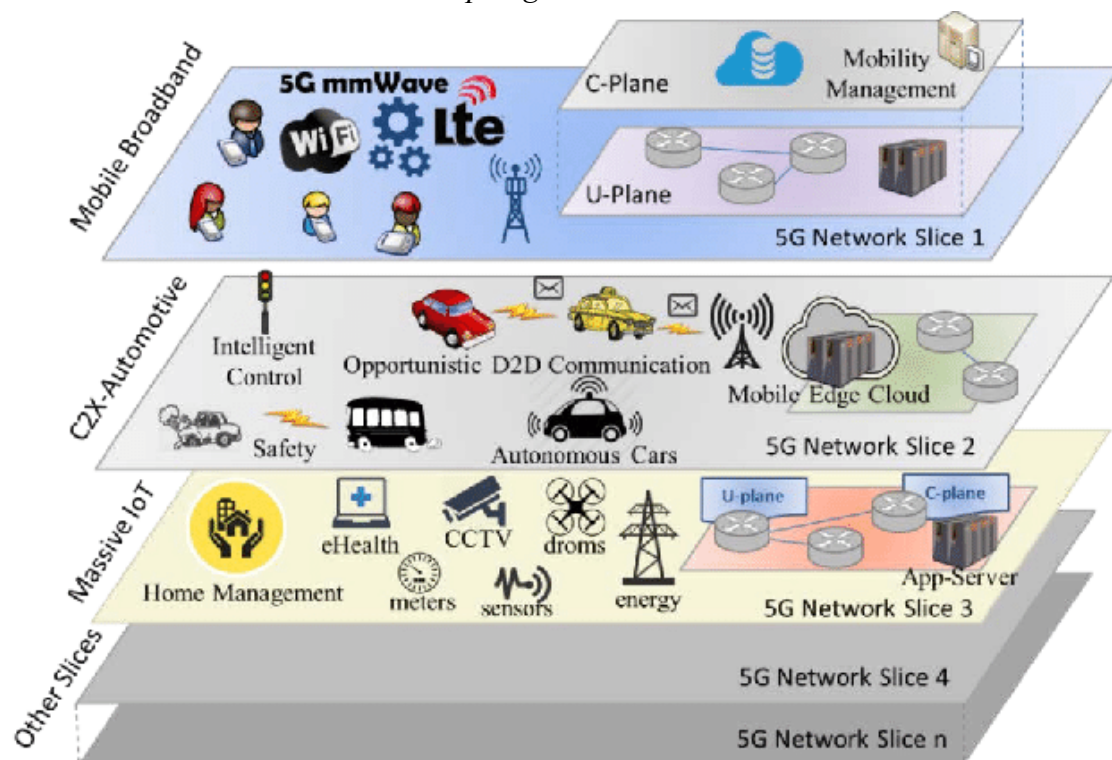
Ketika permintaan konsumen untuk data seluler meroket di akhir tahun 2000-an, keterbatasan jaringan 3G menjadi nyata. Meskipun 3G menawarkan kecepatan yang cukup untuk penjelajahan

internet dasar dan email, jaringan ini tidak lagi mampu menangani permintaan yang terus meningkat untuk aplikasi dengan *bandwidth* tinggi seperti *streaming video* dan pengunduhan file berukuran besar. Hal ini menyebabkan pengembangan jaringan 4G (Generasi Keempat), yang membawa peningkatan signifikan dalam hal kecepatan dan kapasitas. 4G, khususnya dalam varian *Long-Term Evolution* (LTE), memberikan kecepatan *internet broadband* yang sebanding dengan kecepatan internet sambungan telepon kabel kepada pengguna seluler. Hal ini memungkinkan *streaming video* secara *high definition* (HD) tanpa hambatan, pengunduhan data yang lebih cepat, dan munculnya aplikasi yang membutuhkan banyak data seperti *video conference* dan game online. Pengenalan 4G juga mendukung proliferasi aplikasi dan layanan seluler, mulai dari aplikasi layanan pemesanan jasa transportasi hingga *cloud computing*, yang telah menjadi pusat ekonomi digital modern. Transisi ke 4G juga menandai pergeseran dalam cara penggunaan jaringan seluler, dengan berpindahnya fokus kepada data seluler dari pola komunikasi suara. Ketika *smartphone* menjadi wajib di mana-mana, lalu lintas data semakin melonjak, dan operator seluler mengalihkan fokus mereka untuk meningkatkan kapasitas dan efisiensi jaringan. Hal ini menjadi sangat krusial karena perangkat seluler menjadi sarana utama untuk mengakses internet bagi miliaran orang di seluruh dunia.

TABEL 2 PERBANDINGAN 4G DAN 5G

Compared Item	4G	5G
Latency	10 ms	< 1 ms
Peak Data Rates/Max transmission speed	1 Gb/s	20 Gb/s
Available Spectrum	3 GHz	30 GHz
Connection Density	100k/km ²	1M/km ²
Allowable max mobility speed	350 km/h	500 km/h
Power efficiency	1x	8100x

E. Revolusi 5G, Perubahan Lanskap Digital



Gambar 1 Konsep *Network Slicing* dalam 5G
(sumber: researchgate.net)

Saat ini, pengenalan jaringan 5G (Generasi Kelima) disebut sebagai lompatan besar berikutnya dalam teknologi seluler. Dengan fondasi dari infrastruktur 4G, teknologi 5G menjanjikan kecepatan yang lebih tinggi, latensi yang lebih rendah, dan kapasitas jaringan yang lebih besar, sehingga memungkinkan berbagai aplikasi dan layanan baru berjalan secara bersamaan. Digadang dapat berjalan dengan kecepatan hingga 100 kali lebih cepat dari 4G, jaringan 5G memiliki potensi untuk mendukung gelombang inovasi teknologi berikutnya, mulai dari kendaraan otonom hingga *smart city* dan *Internet of Things* (IoT). Salah satu fitur utama 5G adalah kemampuannya untuk mendukung "*network slicing*", sebuah teknologi yang memungkinkan operator untuk membuat beberapa jaringan virtual dalam satu jaringan fisik. Salah satu analogi sederhana mengenai transisi 4G ke 5G adalah ibarat lalu lintas kendaraan di jalan tol. Jaringan 4G dapat diasumsikan sebagai jalan bebas hambatan, yang memungkinkan kendaraan (data) untuk melintas dengan kecepatan lebih tinggi ketimbang dengan kendaraan sejenis yang melaju di jalanan biasa. Namun, seiring bertambahnya jumlah kendaraan, kemacetan di jalan tol pun tidak bisa dihindarkan. Hal ini serupa dengan kondisi ketika terjadi penumpukan akses internet pada suatu titik sehingga pengguna sering gagal membuka laman digital, misalnya saat *war ticket* konser maupun *live streaming* situs jual beli online ataupun permainan game.

Fitur *network slicing* dalam 5G dapat dimisalkan dengan membuat jalur baru diatas jalan tol yang sudah ada, seperti halnya pada ruas jalan tol MBZ (Jakarta-Karawang). Secara otomatis, mobil pribadi diprioritaskan melaju di jalur tersebut tanpa perlu lagi berjejalan dengan bus, truk maupun kendaraan besar lainnya. Pemisahan inipun dilakukan sesuai kebutuhan dan kriteria masing-masing jaringan, sehingga memungkinkan pengiriman layanan yang disesuaikan untuk penggunaan tertentu, seperti komunikasi latensi rendah (sangat andal untuk aplikasi seperti pelayanan kesehatan sehingga para dokter di masa mendatang dapat melakukan operasi bedah secara *remote* dan fitur mengemudi secara otonom, atau komunikasi *end-to-end* untuk perangkat IoT). Latensi 5G yang sangat rendah, sering kali hanya satu milidetik, menjadi poin krusial untuk aplikasi berbasis *real time* seperti *augmented reality* (AR), *virtual reality* (VR), dan otomasi industri. Selain itu, kemampuan 5G untuk menghubungkan sejumlah besar perangkat secara bersamaan akan sangat penting dalam pengembangan *smart city*, di mana jutaan sensor, perangkat, dan kendaraan membutuhkan komunikasi secara *real-time* untuk mengoptimalkan infrastruktur dan layanan perkotaan modern.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif-analitis. Data yang dikumpulkan berasal dari berbagai sumber terbuka (*open-source*) yang dapat diakses publik, seperti artikel jurnal akademik, laporan dari pemerintah dan lembaga penelitian, serta publikasi media, sehingga memungkinkan analisa informasi yang relevan tanpa melibatkan data primer atau informasi rahasia. Fokus utama dari penelitian ini adalah mengeksplorasi bagaimana penerapan teknologi 5G dalam sektor militer mempengaruhi strategi pertahanan, keamanan siber, dan dinamika geopolitik.

Pengumpulan data dilakukan dengan cara penelusuran literatur yang sistematis (berupa dokumen-dokumen kebijakan yang berkaitan dengan keamanan siber serta laporan yang menjelaskan langkah-langkah pengelolaan risiko terkait penggunaan teknologi 5G), melibatkan studi kasus mengenai implementasi 5G di beberapa negara yang memfokuskan pada aplikasi di bidang militer, pertahanan dan keamanan. Pemilihan sumber literatur dilakukan berdasarkan kredibilitas, keterkinian, dan relevansi terhadap tema penelitian ini, khususnya dalam konteks dampak teknologi 5G terhadap domain pertahanan udara.

Selain itu, penelitian ini juga mengandalkan data sekunder dari laporan industri dan penelitian ilmiah yang telah dipublikasikan secara luas. Sumber-sumber ini memberikan gambaran mendalam mengenai manfaat teknologi 5G dalam sektor pertahanan, juga mengungkapkan sejumlah tantangan, seperti ancaman terhadap keamanan siber dan ketimpangan infrastruktur antar negara. Kajian terhadap kebijakan-kebijakan nasional dan aliansi pertahanan global juga

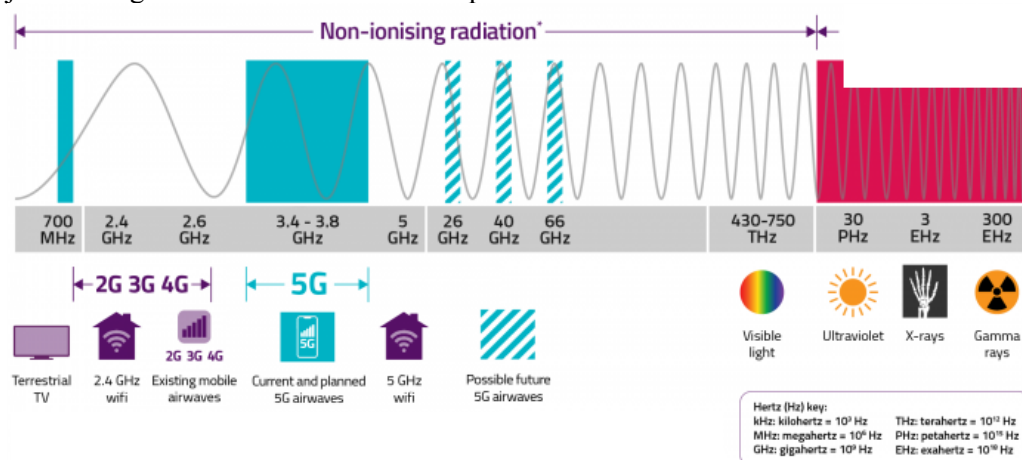
dilakukan untuk memahami langkah berbagai negara, khususnya Amerika Serikat, Cina, dan negara-negara Eropa, dalam menghadapi isu-isu terkait 5G.

Pada tahap analisis, digunakan pendekatan komparatif untuk meninjau kesamaan dan perbedaan dalam penerapan teknologi 5G di berbagai negara. Dengan membandingkan studi kasus dari beberapa wilayah, hasil analisis diprediksi akan mampu mengidentifikasi pola tantangan yang muncul, seperti ketergantungan pada teknologi asing, keamanan jaringan, dan risiko geopolitik. Analisis ini diharapkan dapat memberikan wawasan komprehensif mengenai dampak potensial 5G terhadap sektor militer, baik dari segi ancaman maupun peluang, yang kemudian dapat dijadikan sebagai dasar untuk merumuskan kebijakan yang lebih tepat dalam menghadapi perubahan teknologi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemilahan Spektrum yang Mahal

Adopsi teknologi 5G merupakan lompatan transformatif dalam kemampuan komunikasi, tetapi juga memperkenalkan serangkaian tantangan yang kompleks, terutama di bidang keamanan nasional dan aplikasi militer. Meskipun 5G menjanjikan transmisi data yang lebih cepat, latensi yang lebih rendah, dan kemampuan untuk menghubungkan beragam perangkat, fitur-fitur ini menjadikannya pedang bermata dua. Ketegangan geopolitik telah muncul ketika negara-negara bersaing untuk memonopoli infrastruktur 5G, dengan pemain utama seperti Amerika Serikat dan Cina berada di garis depan dalam perselisihan ini. Implikasi geopolitik, kesenjangan infrastruktur di dalam penggelaran 5G, dan potensi perubahan keseimbangan kekuatan di antara negara-negara menjadi tantangan keamanan utama dari implementasi 5G.



Gambar 2 Spektrum 5G saat ini dan di masa mendatang
(sumber: researchgate.net)

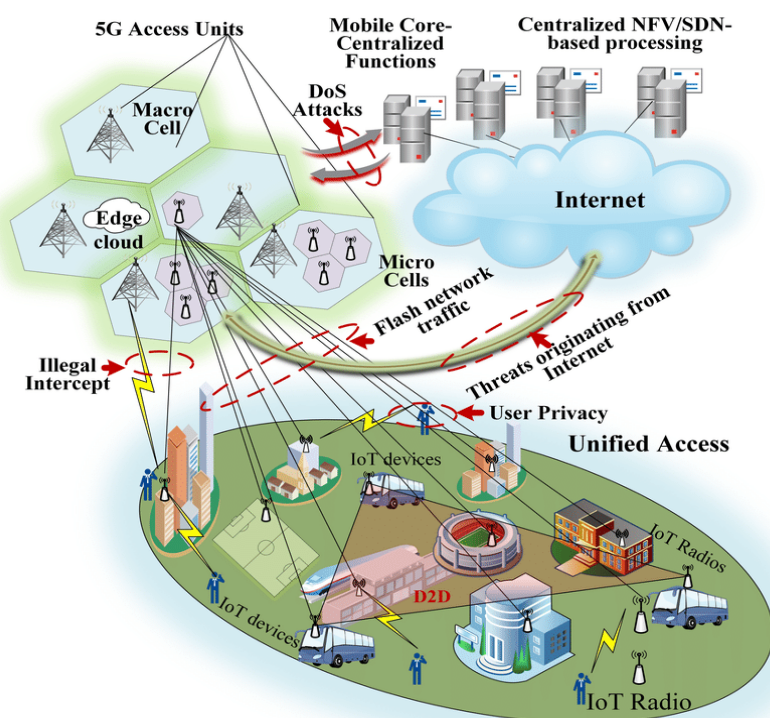
Dari pandangan teknologi, pita frekuensi yang digunakan oleh 5G berada pada spektrum frekuensi yang lebih tinggi. Namun, dengan keunggulan berupa kecepatan yang lebih tinggi ini memiliki konsekuensi dasar sesuai hukum fisika, yaitu jangkauan yang lebih pendek dan lebih rentan terhalang oleh bangunan dan rintangan lainnya. Ini berarti bahwa jaringan 5G membutuhkan infrastruktur BTS dan antena yang jauh lebih padat, sehingga menimbulkan tantangan baru di bidang logistik dan biaya. Saat ini, pionir infrastruktur 5G dari Cina, yaitu Huawei sudah mendahului dalam pemanfaatan infrastruktur 4G untuk teknologi 5G. Huawei memilih cara yang lebih murah, yaitu dengan menggunakan spektrum frekuensi dibawah 6GHz (sub-6) sehingga tidak diperlukan lagi antena tambahan. Dengan siasat ini, kita sudah dapat menikmati “sedikit” keunggulan 5G menggunakan perangkat ponsel terbaru dari penyedia layanan seluler, meskipun baru terbatas di area tertentu saja. Huawei sudah memanfaatkan celah

ini dan terus menjalankan strateginya, khususnya ke negara-negara yang belum sepadat Amerika Serikat dalam penggunaan spektrum gelombang elektromagnetik. Selain itu, ada pula kekhawatiran tentang implikasi keamanan dan privasi dari jaringan 5G, karena peningkatan konektivitas perangkat berimplikasi pada meningkatnya potensi serangan siber dan pelanggaran data.

B. Negara Produsen yang Meresahkan

Kontroversi yang sedang berlangsung antara Amerika Serikat dan Cina mengenai teknologi 5G telah menjadi perdebatan global seputar masa depan infrastruktur telekomunikasi. Inti dari perdebatan ini adalah Huawei, pemain terkemuka dalam pengembangan jaringan 5G, dituduh oleh pemerintah AS menimbulkan risiko keamanan yang signifikan. Pada tahun 2019, AS memberlakukan larangan penggunaan peralatan Huawei dalam infrastruktur penting, dengan alasan bahwa kewajiban perusahaan dengan pemerintah Cina dan ketentuannya di bawah undang-undang hukum Cina dapat memungkinkan pihak Beijing menggunakan teknologi Huawei untuk kegiatan spionase. Menurut laporan dari Departemen Pertahanan A.S. [4], risiko pengawasan dan akses tidak sah ke data sensitif pada arsitektur jaringan 5G meningkat dengan pesat, yang memungkinkan interkoneksi yang lebih besar dan kontrol atas aliran data, sehingga lebih rentan terhadap serangan siber jika berhasil disusupi.

Sebenarnya, rivalitas antara Amerika dan Huawei tidak akan muncul jika pemerintah Cina tidak menerapkan aturan baru tentang kewajiban kontrol data. Huawei sudah dipercaya untuk menyiapkan infrastruktur 5G di spektrum gelombang milimeter, yang saat itu, bahan bakunya masih menggantung dari *supply* semikonduktor olahan Amerika dan Jepang. Sebagaimana diketahui, Amerika menjadi penguasa di teknologi 4G dan Huawei secara cerdas telah mengambil langkah pendahuluan dalam konteks 5G. Dengan adanya ajakan boikot produk Huawei oleh Amerika, negara lain yang telah menandatangani perjanjian kerja sama, pada akhirnya harus memilih antara tetap bersama Huawei dengan segala risiko keamanan datanya atau menjaga hubungan baik sebagai bagian dari sekutu Amerika dengan mengambil langkah abu-abu sembari menunggu hasil pengembangan teknologi sejenis oleh perusahaan telekomunikasi raksasa dunia, seperti Alcatel, Verizon, Nokia maupun Ericson serta industri seluler dari Jepang dan Korea[5].



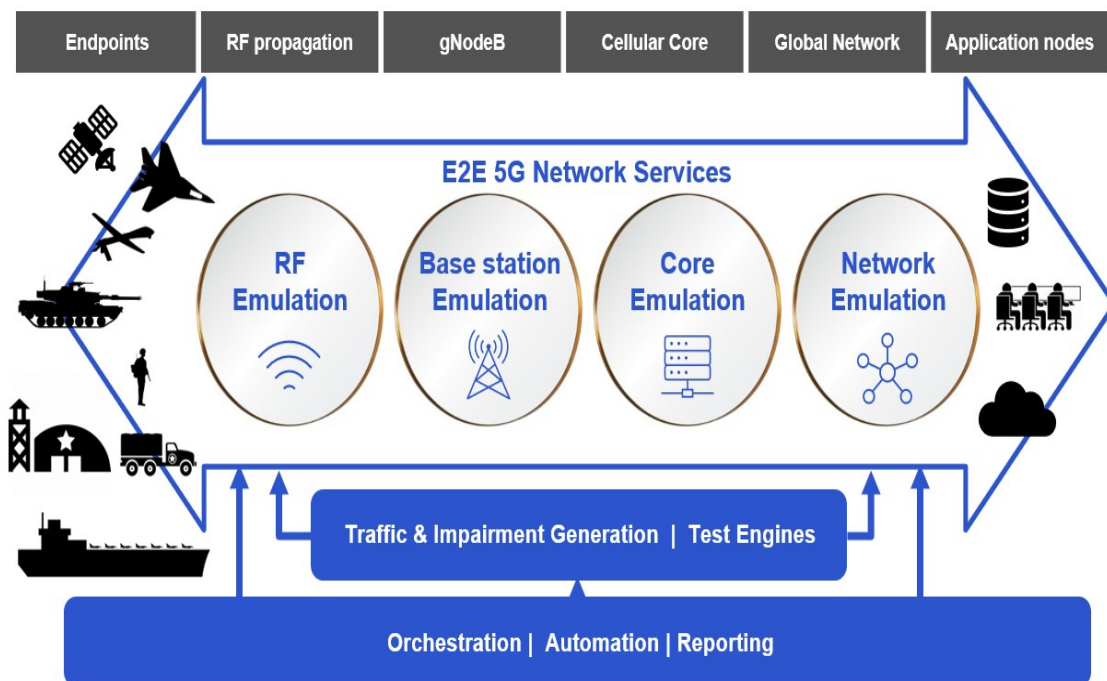
Gambar 3 Potensi Ancaman dalam Jaringan 5G
(sumber : researchgate.net)

Lebih jauh lagi, Cina menggunakan inisiatif "Digital Silk Road" sebagai alat untuk memperluas pengaruh geopolitiknya melalui infrastruktur telekomunikasi. Huawei dan ZTE, dua raksasa telekomunikasi Cina, memainkan peran kunci dalam penyediaan infrastruktur 5G bagi negara-negara berkembang, terutama di Asia, Afrika, dan Amerika Latin. Proyek-proyek ini memperkuat ketergantungan negara-negara penerima pada teknologi Cina dan membuka pintu bagi pengaruh strategis yang lebih besar dari Beijing. Meskipun tawaran tersebut menguntungkan secara ekonomi, banyak negara harus mempertimbangkan dampak jangka panjang dari keterikatan pada teknologi yang berasal dari negara dengan potensi risiko pengawasan pemerintahannya.

Dari perspektif geopolitik, dominasi Cina dalam teknologi 5G menghadirkan tantangan serius bagi negara-negara Barat. Amerika Serikat dan sekutunya, seperti Inggris, Australia, dan Jepang, mulai mengembangkan alternatif infrastruktur 5G yang lebih aman dan independen untuk menghindari dominasi Huawei. Meskipun teknologi yang diusung oleh Huawei menawarkan keunggulan biaya dan kecepatan implementasi, negara-negara ini harus mempertimbangkan apakah risiko keamanan jangka panjang—termasuk potensi pengawasan dan ketergantungan strategis—dapat diterima. Seiring dengan meningkatnya ketegangan antara dua kekuatan ekonomi global ini, pilihan yang diambil oleh negara-negara lain dalam mengadopsi teknologi 5G akan sangat memengaruhi lanskap politik dan keamanan global di masa depan.

C. Implementasi dalam militer

Implementasi teknologi 5G di bidang militer menghadirkan potensi besar dalam memperkuat berbagai aspek operasi pertahanan, khususnya pada pengembangan jaringan komunikasi yang lebih cepat dan efisien. Teknologi ini memungkinkan pengiriman data dalam volume besar dengan latensi yang sangat rendah, yang sangat penting bagi kebutuhan militer modern, seperti dalam misi intelijen, pengawasan, dan pengintaian (ISR)[6]. Kecepatan transfer data yang dimiliki oleh 5G mendukung respons *real-time* yang lebih cepat antara pusat komando dan unit lapangan, meningkatkan ketepatan dalam pengambilan keputusan di medan perang.



Gambar 4 Salah satu konsep gelar 5G dalam militer
(sumber : reserachgate.net)

Selain itu, salah satu keuntungan utama dari 5G adalah penerapan *Ultra-Reliable Low Latency Communications* (URLLC), yang memberikan kemampuan untuk mengontrol kendaraan tak berawak (drone) dan sistem robotik secara *real-time* di lapangan. Dengan kemampuan ini, operasi militer yang melibatkan kendaraan otonom dapat berjalan dengan lebih efisien, sekaligus mengurangi risiko yang dihadapi oleh personel militer. Efektivitas operasional yang ditawarkan oleh 5G ini menjadikannya teknologi yang sangat penting dalam mengoptimalkan berbagai peralatan tempur canggih di masa depan.

Namun, di balik manfaatnya, ketergantungan terhadap sistem yang sangat terhubung ini juga menciptakan potensi risiko baru, khususnya dalam aspek keamanan siber. Jaringan 5G yang lebih kompleks dan luas meningkatkan peluang bagi pihak musuh untuk mengeksploitasi kerentanan yang ada. Serangan siber terhadap sistem komunikasi 5G dapat menyebabkan gangguan besar pada operasi militer, mulai dari manipulasi data hingga pemutusan koneksi antara unit tempur dan pusat komando, yang pada akhirnya dapat melemahkan daya tempur di medan perang.

D. Kerangka Kerja Keamanan

Di satu sisi, 5G memiliki potensi untuk merevolusi operasi militer dengan memungkinkan sistem komando dan kontrol yang lebih efisien, pengumpulan intelijen secara *real-time*, dan koordinasi operasional yang lebih baik. Di sisi lain, penerapan sistem yang tersebar luas dan saling terhubung seperti itu meningkatkan risiko ancaman keamanan siber, spionase, dan kerentanan jaringan[7].

Diskusi akademis seputar konflik 5G AS-Cina sering kali menekankan dimensi geopolitik dari masalah ini, bahwa pemboikotan AS terhadap Huawei[8] bukan hanya tindakan teknis atau keamanan, tetapi juga merupakan bagian dari strategi yang lebih luas untuk membatasi pengaruh Cina yang terus meningkat dalam upaya penetapan menjadi standar teknologi global. Negara-negara Eropa, terutama yang tergabung dalam NATO[9], juga telah menyatakan keprihatinannya atas keterlibatan Huawei dalam jaringan 5G mereka, meskipun tanggapannya beragam, dengan beberapa negara memberlakukan pembatasan dan negara lainnya mengadopsi pendekatan secara lebih hati-hati. Kompleksitas masalah Huawei menyoroti perlunya kerangka kerja keamanan siber internasional yang kuat dan menggarisbawahi dampak potensial yang dapat ditimbulkan oleh teknologi 5G terhadap dinamika keamanan global. Perdebatan ini menggarisbawahi persimpangan antara inovasi teknologi dan keamanan nasional, dengan pengembangan jaringan 5G yang dipandang sebagai medan pertempuran untuk memperebutkan kekuatan dan pengaruh global.

TABEL 3 ANCAMAN KEAMANAN 5G DAN AKIBATNYA

Security Principle	Threat	Impact
Confidentiality	Authentication and Key Agreement (AKA) Attack Unsecured DNS Paging Broadcast	Spoofing Malware Dropping Location Determination
Integrity	Silent Downgrade AKA Attack	Phone/SMS Snooping Subscriber Impersonation
Availability	Spectrum Slicing Attack Botnet/Paging Attack	Performance Degradation Denial of Service

Selain itu, integrasi 5G ke dalam operasi militer diprediksi akan menghadirkan tantangan khusus terkait keamanan siber. Tidak seperti jaringan 4G, yang lebih tersentralisasi, 5G dirancang untuk menjadi sangat terdesentralisasi, dengan kemampuan *network slicing* yang memungkinkan beberapa jaringan virtual yang berbeda untuk beroperasi melalui infrastruktur fisik yang sama. Meskipun memungkinkan fleksibilitas dan penyesuaian layanan jaringan yang lebih besar, hal ini juga menciptakan tantangan keamanan yang lebih kompleks. Menurut laporan Badan Keamanan Siber Uni Eropa[10], peningkatan jumlah *access point* dan penggunaan penyedia pihak ketiga

untuk layanan jaringan dapat menyebabkan eksposur yang lebih besar terhadap serangan siber. Dalam konteks militer, hal ini dapat menyebabkan musuh mendapatkan akses ke informasi sensitif atau bahkan menyabotase operasi militer dengan melumpuhkan tautan komunikasi utama. Oleh karena itu, langkah-langkah keamanan siber yang kuat sangat penting untuk melindungi integritas jaringan 5G yang digunakan untuk tujuan pertahanan.

Di sisi yang lain, konflik Huawei, menekankan kekhawatiran yang lebih luas bahwa 5G dapat menjadi alat untuk mempengaruhi dan mengendalikan, tidak hanya di jaringan komunikasi sipil tetapi juga dalam operasi militer. Kekhawatiran tersebut adalah potensi ketegangan geopolitik yang muncul dari implementasi 5G dalam konteks militer. Penyebaran teknologi 5G telah memicu perlombaan di antara negara-negara untuk mengendalikan standar dan infrastruktur yang akan menentukan komunikasi global pada generasi berikutnya. Dalam domain militer, perlombaan ini memiliki implikasi yang luas, karena negara yang memimpin dalam pengembangan 5G dapat memperoleh keuntungan strategis yang signifikan. AS dan Cina telah berada di garis depan dalam persaingan ini, dengan kedua negara berlomba-lomba untuk mendapatkan pengaruh atas pengembangan standar 5G global[11]. Kontrol atas infrastruktur 5G tidak hanya menawarkan manfaat ekonomi tetapi juga memberikan keuntungan militer strategis, terutama di bidang intelijen dan perang siber. Akibatnya, perebutan dominasi dalam teknologi 5G kemungkinan besar akan memperburuk ketegangan geopolitik yang ada dan menciptakan titik nyala baru dalam hubungan internasional.

E. Pemilihan Strategi Infrastruktur

Terakhir, kesenjangan infrastruktur di antara negara-negara pengguna juga menimbulkan tantangan yang signifikan terhadap implementasi 5G dalam operasi militer. Meskipun negara-negara berteknologi maju seperti AS, Cina, dan Korea Selatan dengan cepat membangun infrastruktur 5G mereka, banyak negara lain yang tertinggal. Hal ini menciptakan potensi ketidakseimbangan dalam kemampuan militer, karena negara-negara yang lebih dulu memiliki akses ke jaringan 5G akan dapat menggunakan teknologi militer yang lebih canggih, seperti sistem persenjataan otonom dan alat bantu *decision making* yang diawaki oleh kecerdasan buatan (AI), sementara negara lainnya akan kesulitan untuk mengikuti[12]. Kesenjangan ini dapat semakin melebar di antara negara-negara yang maju secara teknologi dan negara-negara yang kurang berkembang, yang akan berimbas dengan mengubah keseimbangan kekuatan global.

Dalam jangka pendek, negara-negara non produsen 5G sebenarnya masih dapat memanfaatkan celah seperti yang telah dilakukan oleh Huawei, yaitu dengan memaksimalkan potensi 5G menggunakan infrastruktur 4G yang ada saat ini. Lagipula, pihak Amerika pun masih menyangsikan keunggulan spektrum gelombang milimeter jika nantinya akan digunakan dalam medan perang terbuka dibandingkan dengan kondisi saat ini, meskipun secara hitungan komputer, memiliki hasil yang cukup menjanjikan. Para penasihat militer Amerika pun telah menyerahkan hasil rekomendasi mereka kepada Kongres yang salah satunya adalah pengaturan spektrum frekuensi gelombang elektromagnetik secara lebih ketat oleh pemerintah[13].

Dalam konteks ini, jika kita sedikit melihat ke belakang pada saat awal teknologi 4G dikenalkan, Amerika sebagai pionir pada saat itu telah membuat standar tersendiri yang kemudian juga dipatuhi oleh negara-negara lainnya, termasuk Cina. Namun yang terjadi saat ini, dengan aturan yang menjadi anomali buatan pemerintah Cina serta belum adanya standar yang disepakati karena pemain lain (selain Cina) masih perlu mengejar ketertinggalan, sehingga kepastian akses yang merata terhadap teknologi 5G, sekaligus mengatasi risiko keamanan yang terkait dengan penerapannya, akan sangat penting guna menjaga stabilitas, termasuk hubungan militer internasional.

V. KESIMPULAN

Penyebaran teknologi 5G siap membawa perubahan revolusioner pada domain militer, menawarkan kemampuan yang lebih baik dalam komunikasi, intelijen, pengawasan, dan koordinasi operasional secara *real time*. Akan tetapi, kemajuan ini bukannya tanpa risiko. Seperti yang ditunjukkan di seluruh artikel ini, pengenalan 5G menghadirkan serangkaian tantangan yang kompleks, terutama dalam hal kerentanan keamanan siber, ketegangan geopolitik, dan kesenjangan yang semakin melebar dalam kemampuan infrastruktur antara negara-negara yang maju secara teknologi dan negara-negara yang kurang berkembang. Risiko keamanan siber yang terkait dengan jaringan 5G, seperti potensi spionase, sabotase, dan pelanggaran data, menimbulkan ancaman yang signifikan terhadap sistem pertahanan nasional. Selain itu, konflik geopolitik, terutama antara Amerika Serikat dan Cina, menyoroti rivalitas keduanya dalam menguasai infrastruktur 5G, dengan dinamika kekuatan global yang mungkin bergeser akibat perlombaan teknologi ini. Ketegangan ini memungkinkan terbentuknya lanskap strategis di tahun-tahun mendatang, karena negara-negara lainnya juga berusaha melindungi kepentingan mereka sambil menyerap manfaat bagi militer yang ditawarkan teknologi 5G.

Selain itu, kesenjangan infrastruktur di antara negara-negara tersebut menjadikan akses yang tidak merata terhadap aplikasi teknologi ini, sehingga berpotensi menciptakan ketimpangan dalam peningkatan kemampuan militernya. Ketika tiba saatnya teknologi 5G menjadi semakin integral dalam strategi pertahanan, negara-negara tersebut harus memprioritaskan pengamanan jaringan mereka sembari mengatasi konsekuensi geopolitik yang lebih luas. Ke depannya, kerja sama internasional dan kerangka kerja penetapan standar akan sangat penting dalam mengurangi risiko ini dan memastikan bahwa 5G dapat diimplementasikan untuk mendorong stabilitas dan keamanan, ketimbang memperburuk ketegangan yang ada. Pada akhirnya, munculnya teknologi 5G juga menghadirkan peluang dan tantangan bagi sektor militer, serta bagaimana strategi menyikapinya akan menentukan masa depan keamanan global.

Di masa mendatang, tantangan pada implementasi 5G khususnya pada rentang frekuensi dibawah 6 GHz (sub-6) juga perlu mendapatkan porsi bahasan yang lebih besar, mengingat belum munculnya kekuatan baru (negara produsen) yang mampu menggelar infrastruktur secara “ekonomis” pada frekuensi diatas 30 GHz (tanpa penambahan antenna). Berbeda dengan komunikasi militer Amerika yang saat ini jaringannya berada di spektrum 4G, pada penerapan teknologi 5G di Indonesia, khususnya untuk bidang militer, masih memiliki ruang yang cukup luas jika ditinjau dari penggunaan spektrum elektromagnetik dengan infrastruktur saat ini, sehingga dapat dijadikan bahan analisa pada penelitian di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas terbitnya naskah ini pada Seminar Nasional Sains Teknologi dan Inovasi Indonesia 2024, sekaligus sebagai bagian dalam kegiatan penelitian pada pendidikan JASDF *Commander and Staff Course*, khususnya kepada Shinohara Hide (JASDF) dan Keith Alana (USAF) atas kontribusi bimbingan dan komentar dalam penyempurnaan isi artikel ini. Penulis tidak menerima dukungan finansial untuk penelitian, kepenulisan, dan seluruh isi artikel ini tidak mencerminkan kepentingan lembaga/pihak manapun serta murni merupakan pandangan pribadi yang diperoleh dari artikel *open-source*.

REFERENSI

- [1] Bajracharya, R., et.al., "5G and Beyond Private Military Communication: Trend, Requirements, Challenges and Enablers", *IEEE Access*, Vol. 11, 2023, pp. 83996-84011.
- [2] Feakin, T., "The strategic importance of 5G: Military and geopolitical implications of next-gen technology." *Journal of Strategic Affairs*, 11(2), 2019, pp. 45-63.
- [3] Fonyi, S., "Overview of 5G Security and Vulnerabilities", *The Cyber Defense Review*, 2020, pp. 117-130.
- [4] U.S. Department of Defense, "Assessment of national security risks from Chinese telecommunications infrastructure", in *Defense Reports*, 2020.
- [5] Harold, S.W., Tsunoda, R.K., "Winning the 5G Race with Cina: A US-Japan Strategy to Trip the Competition, Run Faster, and Put the Fix In", *Asia Policy*, Vol. 16 No. 3, 2021, pp.75-103.
- [6] Campion, M., Taylor, S., & Kingsley, R., "5G and global power dynamics: Military implications of next-generation communications networks.", *Defense Technology Review*, 8(3), 2020, pp. 101-112.
- [7] Baker, J., & Waldron, K., "5G and Zero Thrust Networks", *R Street Institute*, 2020.
- [8] Creemers, R., "Cina's 5G strategy: The case of Huawei and the US boycott", in *Journal of International Affairs*, 7(2), 2020, pp. 58-73.
- [9] Kaska, K., Beckvard, H., & Minárik, T., "Huawei, 5G, and Cina as a security threat" in *NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence*, 2019.
- [10] ENISA, "Threat landscape for 5G networks: Cybersecurity challenges and recommendations.", *European Union Agency for Cybersecurity*, 2020.
- [11] Leleux D., et.al., "Fifth Generation Wireless Development in Great Power Competition", *The Cyber Defense Review*, Vol. 6 No. 1, 2021, pp. 15-32.
- [12] Gili, A., "NATO and 5G: what strategic lessons?", *NDC Policy Brief*, Vol. 13, 2020.
- [13] Lewis, J.A., "5G Supply Chain Security: Threats and Solutions", *CSIS*, 2020.