

Implementasi Dan Pengembangan 5g Menggunakan Solusi Perangkat Lunak Sumber Terbuka

1st Salsabila Isnandyagitas
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

salsabilagts@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Dhoni Putra Setiawan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

setiawandhoni@telkomuniversity.ac.id

3rd Radial Anwar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

radialanwar@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pada proyek akhir ini, akan dilakukan implementasi jaringan 5G dengan menggunakan antena MIMO, open source 5G core network, NTPNG, serta peningkatan kualitas user plane pada 5G Core Network melalui Data Plane Development Kit (DPDK) dan Vector Packet Processing (VPP). Implementasi ini bertujuan untuk mempermudah pengembangan teknologi dengan menggunakan open source software sebagai fondasi awal. Core Network akan menggunakan software Open5Gs, DPI dengan NTPNG, dan peningkatan user plane menggunakan DPDK dan VPP. Diharapkan, penggunaan open source software dan peningkatan kualitas user plane dapat meningkatkan kualitas jaringan 5G untuk pengguna massal. Antena MIMO 4x4 dengan logo TIP akan digunakan untuk komunikasi 5G, sementara UPF dengan dukungan DPDK akan meningkatkan efisiensi dan kualitas jaringan 5G. Dengan menggunakan antena MIMO 4x4 dengan logo TIP, antena dapat memancarkan gelombang elektromagnetik yang dibutuhkan untuk komunikasi 5G dengan hasil nilai Return Loss -15.49 dB, VSWR 1.40, bandwidth 228 MHz dan mutual coupling kurang dari -20 pada frekuensi kerja 2.6 GHz. UPF dengan dukungan DPDK dapat meningkatkan efisiensi 5G Core Network, serta dapat meningkatkan bandwidth hingga > 900Mbps dengan limitasi bandwidth physical layer (NIC) sebesar 1Gbps pada jaringan 5G.

Kata kunci— MIMO, 5G, Core, DPDK, VPP, DPI

I. PENDAHULUAN

Seperti yang kita ketahui teknologi selalu berkembang dari waktu ke waktu. Untuk menerapkan teknologi telekomunikasi seperti 5G dilakukan perubahan untuk memenuhi kebutuhan dan menentukan wilayah mana yang dapat digunakan. Saat ini, banyak operator telekomunikasi di Indonesia masih menggunakan solusi RAN (Radio Access Network) yang didominasi oleh vendor-vendor perangkat keras tertentu[1]. Hal ini dapat menghambat inovasi dan mempersulit pengembangan 5G yang lebih fleksibel. Implementasi RAN berbasis open source dapat memungkinkan komunitas yang lebih luas untuk berkontribusi dan berinovasi, yang dapat mempercepat perkembangan 5G di Indonesia. Pada open source RAN, tidak terikat pada satu vendor melainkan bisa menggunakan beberapa vendor, karena bersifat open source, RAN open

source lebih hemat biaya daripada RAN konvensional karena tidak terikat pada satu vendor[2].

Meskipun demikian, Open Source RAN belum banyak diimplementasikan di operator Indonesia[3]. Implementasi Open RAN di Indonesia masih dalam tahap perancangan yang sudah dilakukan oleh berbagai kalangan ilmuwan Indonesia yang tergabung dalam Indonesia 5G Forum. Oleh karena itu, perlu adanya upaya untuk mengembangkan teknologi open source RAN di Indonesia agar dapat memaksimalkan potensi teknologi 5G[1]. Seperti RAN, core network terbuka (Open-Source Core Network) adalah hal penting untuk perkembangan 5G yang berkelanjutan. Implementasi solusi inti yang lebih terbuka dapat meningkatkan fleksibilitas jaringan, mengurangi ketergantungan pada vendor tertentu, dan memungkinkan lebih banyak inovasi. Indonesia masih menghadapi kesulitan dalam mengadopsi solusi inti terbuka ini.

Maka dari itu proposal tugas akhir kami yang berjudul “Implementasi dan Pengembangan 5G Menggunakan Solusi Perangkat Lunak Sumber Terbuka” akan menjadi solusi untuk mengatasi masalah tersebut dalam mengimplementasikan 5G di Indonesia. Harapan kami kedepannya supaya dapat mengembangkan sendiri jaringan 5G di Indonesia.

II. KAJIAN TEORI

A. 5G Core Network

5G core network adalah komponen utama dari jaringan seluler generasi kelima yang menyediakan layanan dan fungsionalitas yang diperlukan untuk mendukung komunikasi dan aplikasi di jaringan tersebut. Ini menggunakan arsitektur berbasis layanan (Service-Based Architecture, SBA) yang memungkinkan fleksibilitas dan skalabilitas yang lebih baik, mendukung virtualisasi fungsi jaringan (Network Functions Virtualization, NFV) untuk mengurangi biaya dan meningkatkan fleksibilitas, serta memisahkan pesawat kontrol dan pengguna (Control and User Plane Separation, CUPS) untuk pengelolaan yang lebih efisien dan peningkatan kinerja. 5G core mendukung berbagai layanan dengan persyaratan berbeda, termasuk IoT, AR, VR, dan komunikasi kendaraan ke kendaraan (V2V),

serta memiliki mekanisme keamanan yang canggih dan mendukung network slicing untuk membuat beberapa jaringan virtual di atas infrastruktur fisik yang sama. Ini dirancang untuk mendukung permintaan akan konektivitas yang lebih cepat, andal, dan fleksibel, serta memungkinkan inovasi dalam berbagai industri dan aplikasi. Pada penelitian kali ini akan digunakan beberapa platform yang berbasis opensource diantaranya Open5GS dibagian Control Plane dan OpenAirInterface dibagian User Plane.

B. Open Radio Access Network

OpenRAN adalah konsep yang didasarkan pada interoperabilitas dan standarisasi elemen RAN untuk hardware dan software yang bersifat Opensource dari vendor yang terbuka. Pada OpenRAN (Open Radio Access Network) di jelaskan bahwa antarmuka antara BBU dan RRU / RRH adalah antarmuka terbuka (Open interface), sehingga perangkat lunak dari vendor mana pun dapat bekerja pada RRU/RRH yang terbuka[2]. Pada penelitian ini akan digunakan perangkat RAN komersial, namun disimulasikan terlebih dahulu menggunakan OpenAirInterface yang akan berfungsi sebagai User Plane pada Core Network.

C. Antena Microstrip MIMO

Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki beban yang ringan, mudah disesuaikan bentuknya dan dapat terintegrasi dengan mudah. Dalam bentuknya yang paling dasar, sebuah antena mikrostrip terdiri dari sebuah bidang (patch) memancar di salah satu sisi lapisan (substrat) dielektrik yang memiliki bidang dasar (ground plane). Patch pada umumnya terbuat dari bahan seperti tembaga atau emas dan dapat mengambil banyak kemungkinan bentuk[4]. multiple-input multiple-output (MIMO) adalah sistem antena yang menggunakan jumlah jamak baik pada transmitter (Tx) maupun receiver (Rx). MIMO digunakan dalam teknologi wireless karena memiliki kemampuan signifikan dalam meningkatkan data throughput tanpa adanya tambahan bandwidth maupun transmit power (daya pemancar).

D. Deep Packet Inspection (DPI)

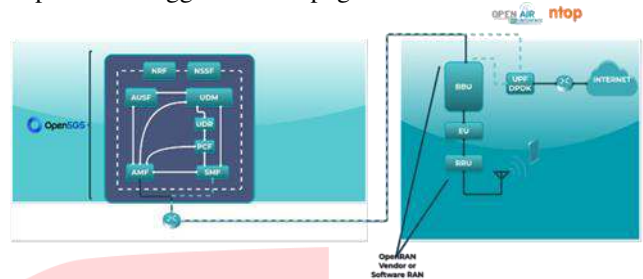
Deep Packet Inspection (DPI) adalah sebuah teknologi yang memungkinkan seseorang dalam sebuah jaringan untuk menganalisis traffic internet yang terjadi dalam jaringan tersebut secara real-time berdasarkan payload yang dimiliki[5]. Pada penelitian ini, akan digunakan ntopng, sebuah aplikasi berbasis web yang menyediakan tampilan lalu lintas jaringan secara real-time di jaringan besar, sambil menyediakan analisis dinamis yang mampu menunjukkan indikator kinerja utama dan analisis akar penyebab kemacetan[6]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuktikan bahwa IP yang diberikan oleh UPF telah berhasil mengakses internet. IP tersebut akan melewati ntopng sebelum menuju internet, sehingga memungkinkan untuk memantau lalu lintas, aplikasi, dan situs web yang diakses oleh UE.

III. IMPLEMENTASI

A. Singkatan dan Akronim

Proses penerapan teknologi 5G dengan memanfaatkan solusi perangkat lunak sumber terbuka bertujuan supaya dapat mengoptimalkan infrastruktur jaringan telekomunikasi

dengan menggunakan teknologi 5G yang baru dan inovatif. Dalam implementasi dan pengembangan 5G menggunakan solusi perangkat lunak sumber terbuka ini menggunakan beberapa sub-sistem antara lain, yaitu Open source Radio Access Network, Platform Open5GS Core Network, Antena MIMO 4x4 dengan pencatatan Probe-Feed, dan Deep Packet Inspection menggunakan ntopng.



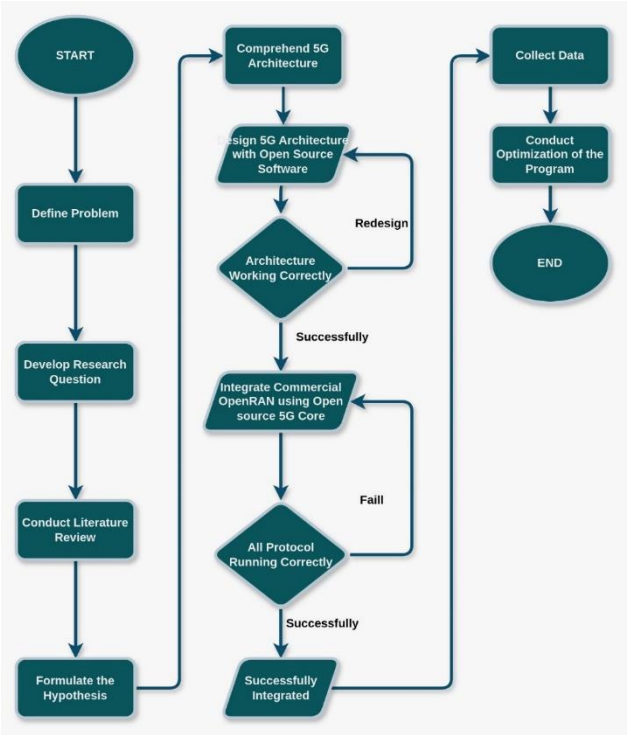
GAMBAR 1
Skenario Implementasi Sistem

Pada arsitektur ini yang dipilih adalah Radio Access Network (RAN) komersial yang menggunakan standar Open RAN. RAN komersial yang digunakan dalam proyek ini terdiri dari tiga komponen utama yaitu Integrated Control Unit (CU) dan Distributed Unit (DU), sedangkan Radio Unit (RU) terpisah dengan terminasi pada Extension Unit (EU). Core Network yang digunakan adalah 5G Core Network open source yang disebut Open5GS. Open5GS dengan UPF (User Plane Function) yang dikustomisasi untuk mendapatkan data yang lebih baik. Monitoring juga akan diimplementasikan pada arsitektur ini, yaitu dengan menggunakan software ntopng sebagai deep packet inspection (DPI) yang akan memonitoring serta menganalisis data lalu lintas jaringan secara mendalam saat penggunaan data pada User Equipment (UE). Antena yang digunakan pada sistem ini adalah Antena Mikrostrip MIMO 4x4. Antena ini didesain dengan bentuk patch yang unik, yang menyerupai logo Laboratorium Telecom Infra Project (TIP). Desain patch ini dibuat menggunakan teknik pencatatan probe-feed.

Definisikan singkatan dan akronim saat pertama kali digunakan dalam teks, bahkan setelah didefinisikan dalam abstrak. Jangan menggunakan singkatan dalam judul kecuali jika tidak dapat dihindari.

B. Diagram Alir

Proyek ini akan diimplementasikan sebuah arsitektur sistem jaringan 5G end-to-end berbasis Open RAN dan open source 5G Core Network. Proses perancangan dan implementasi dapat dilihat pada gambar 3.2. Diagram alir tersebut menunjukkan proses perancangan dan implementasi arsitektur jaringan 5G dari awal hingga akhir. Pada tahap awal akan dilakukan proses definisi masalah yang akan diselesaikan pada proyek capstone ini. tahap selanjutnya adalah membuat pertanyaan riset dan membuat hipotesis terkait masalah yang ditentukan, setelah melakukan hipotesis akan dilakukan studi komprehensif terkait solusi untuk jaringan 5G. Kemudian akan dilakukan perencanaan arsitektur jaringan 5G yang akan diimplementasikan pada sistem dan yang terakhir adalah integrasi end-to-end sistem jaringan 5G mulai dari Core Network hingga penyambungan antena.



GAMBAR 1
Alur Pengerjaan Sistem Open Source RAN

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Antena Microstrip

Setelah dilakukan proses pengujian, hasil pengukuran parameter antena MIMO 4x4 diperoleh dan dibandingkan dengan hasil simulasi serta spesifikasi yang diinginkan. Hasil tersebut ditampilkan dalam tabel perbandingan antara spesifikasi awal, hasil simulasi, dan hasil pengukuran.

Analisis terhadap tabel perbandingan ini menunjukkan bahwa antena MIMO 4x4 setelah dipabrikasi dapat berfungsi dengan baik dalam jaringan 5G. Nilai return loss yang diperoleh memenuhi spesifikasi yang diinginkan, yaitu ≤ 10 dB. Selain itu, nilai Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) yang dihasilkan juga memenuhi spesifikasi yang diinginkan, yaitu ≤ 2 .

Namun, analisis terhadap bandwidth menunjukkan bahwa hasil simulasi belum sepenuhnya memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Hal ini disebabkan oleh jarak antar titik port yang belum optimal. Meski demikian, saat antena dipabrikasi dan diukur menggunakan Vector Network Analyzer (VNA), terjadi pelebaran bandwidth yang memenuhi spesifikasi. Perbedaan antara hasil pengukuran dan hasil simulasi pada setiap parameter dapat dijelaskan oleh beberapa faktor, antara lain:

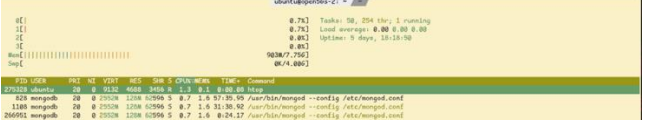
1. Atenuasi Sinyal: Sinyal mengalami atenuasi di ruang bebas, yang mengurangi kekuatannya seiring dengan jarak tempuh.
2. Interaksi dengan Lingkungan: Sinyal dipantulkan maupun diserap oleh objek di sekitar lokasi pengukuran, yang mempengaruhi kinerja antena.

Kesimpulan dari analisis ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat perbedaan antara hasil simulasi dan pengukuran, antena MIMO 4x4 yang dipabrikasi tetap memenuhi spesifikasi kinerja yang diinginkan untuk jaringan 5G. Optimalisasi lebih lanjut pada jarak antar titik port dapat

dilakukan untuk meningkatkan kesesuaian antara hasil simulasi dan pengukuran.

B. UPF VPP

Hasil pengujian penggunaan UPF VPP yang memanfaatkan DPDK memberikan pengaruh yang cukup signifikan. Pengaruh yang ditimbulkan adalah efisiensi dalam sisi Control Plane pada Core Network. Di mana nilai CPU dan RAM pada Core Network tidak menunjukkan beban yang besar pada Core Network.



Selain menunjukkan efisiensi pada Control Plane, penggunaan UPF dengan dukungan DPDK juga meningkatkan kualitas bandwidth pada User Plane. Hal ini dihasilkan akibat paket-paket User Plane tidak lagi diproses oleh Linux Kernel, namun langsung di proses oleh Network Interface Card (NIC) sehingga pengiriman paket lebih cepat karena tanpa mengalami proses pembukaan dan penutupan paket.

C. Hasil Pengujian Radio Pada User Equipment (UE)

Pengujian radio pada UE dilakukan berdasarkan perbedaan jarak UE dengan Antena, dimana jarak yang digunakan sebagai data pengujian yaitu pada jarak 1 meter, 2 meter dan 3 meter.

TABEL 1
Data Range RSRP

RSRP (dBm)	Range Kategori RSRP
≥ -90 dan < 0	Bagus
< -90 dan > -110	Cukup
≤ -110 dan ≥ -150	Kurang

TABEL 2
Data Range SINR

SINR(dB)	Range Kategori SINR
≥ 10	Bagus
< 10 dan ≥ 0	Cukup
< 0	Kurang

TABEL 3
Hasil Pengujian RSRP

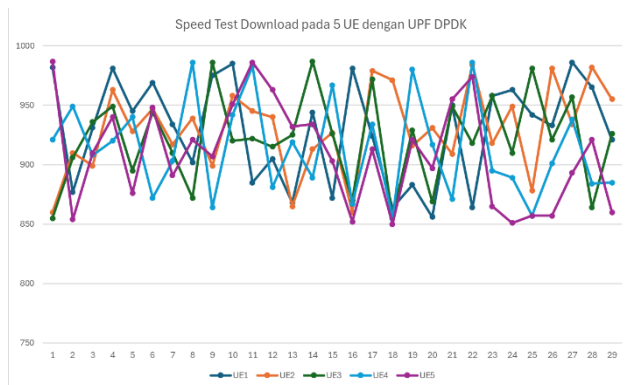
Jarak	Hasil Pengukuran	Keterangan
1 Meter	-76.5	Bagus
2 Meter	-82.0	Bagus
3 Meter	-83.25	Bagus

TABEL 4
Hasil Pengujian SINR

Jarak	Hasil Pengukuran	Keterangan
1 Meter	29.5	Bagus
2 Meter	29.0	Bagus
3 Meter	30.5	Bagus

Dari hasil pengujian di atas, dapat dilihat bahwa sinyal radio untuk pancaran jaringan 5G menggunakan antenna microstrip MIMO 4x4 dengan logo Telecom Infra Project dapat menghasilkan kualitas sinyal yang baik.

D. Hasil Testing Load Testing



Pengujian ini melibatkan CU, DU, UE emulation dan RF Simulator menggunakan *software OpenAirInterface* sebagai tester. Dapat dilihat pada gambar di atas bahwa penggunaan alokasi resource pada sisi Core Network lebih efisien tanpa mengurangi reliability dari jaringan 5G. Proses *upip_ip_interface* merupakan bukti bahwa UE telah sukses melakukan PDU Session, yang mana berarti UE telah dapat mengakses data ke internet. Pada UPF CPU 1 hingga 5 dalam kondisi 100% dikarenakan itu merupakan alokasi CPU yang dikhususkan untuk menjalankan UPF DPDK sehingga tidak akan mengganggu proses dari layanan sistem yang lain. Dilakukan pula testing menggunakan *iperf3* untuk menguji pengaruh multiple UE pada throughputnya.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi jaringan inti (Core Network) berbasis perangkat lunak sumber terbuka (open source) dapat secara efektif mendukung operasional jaringan 5G. Penggunaan perangkat lunak open source memungkinkan pengembangan dan penyesuaian komponen jaringan 5G, seperti yang diilustrasikan oleh pengembangan Unit Pemrosesan Pengguna (UPF) dalam proyek capstone ini. Melalui pemanfaatan Infrastruktur Berbasis Layanan pada Jaringan Inti 5G, pengembangan UPF dapat dilakukan tanpa mengganggu integritas komponen lain dalam Jaringan Inti. Untuk meningkatkan efisiensi, Data Plane Development Kit (DPDK) digunakan dalam optimasi sisi User Plane, yang secara signifikan mengurangi beban pada Jaringan Inti. Dari perspektif pemantauan, penerapan Deep Packet Inspection

(DPI) efektif dalam mengumpulkan data pengguna untuk keperluan perencanaan jaringan. Selain itu, antenna sebagai perangkat pasif untuk transmisi sinyal dapat dirancang secara estetis tanpa mengorbankan fungsionalitasnya, seperti yang ditunjukkan oleh desain antenna tipe MIMO 4x4 berbentuk logo Telecom Infra Project.

REFERENSI

- [1] D. Andalisto, Y. Saragih, and Ibrahim, "ANALISIS KUALITATIF TEKNOLOGI 5G PENGANTI 4G DI INDONESIA," *JEE (Jurnal Edukasi Elektro)*, vol. 06, no. 1, pp. 01–09, May 2022.
- [2] L. Damayanti, Damelia, S. Regina, A. Wulandari, A. Hikmaturokhman, and A. Hiayatullah, "Design and Build 4G Open Radio Access Network at SmartLab," *JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering)*, vol. 6, no. 2, pp. 414–423, Jan. 2023.
- [3] Ray Le Maistre, "Indonesian operators put Open RAN to the test," TELECOM TV. Accessed: Oct. 26, 2023. [Online]. Available: <https://www.telecomtv.com/content/open-ran/indonesian-operators-put-open-ran-to-the-test-40766/>
- [4] A. Setya Nugraha and Y. Christyono, "Perancangan dan Analisa Antena Mikrostrip dengan Frekuensi 850 MHz untuk Aplikasi Praktikum Antena," 2011, [Online]. Available: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/transmisi>
- [5] I. Putu, A. E. Pratama, and P. A. Dharmesta, "IMPLEMENTASI TEKNIK DEEP PACKET INSPECTION DENGAN MENGGUNAKAN WIRESHARK PADA SISTEM OPERASI UBUNTU (STUDI KASUS: INTRANET JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI UNIVERSITAS UDAYANA)," Online, Oct. 2018. [Online]. Available: <http://jurnal.stiki-indonesia.ac.id/index.php/jurnalresistor>
- [6] L. Deri, M. Martinelli, and A. Cardigliano, *Open access to the Proceedings of the 28th Large Installation System Administration Conference (LISA14) is sponsored by USENIX Realtime High-Speed Network Traffic Monitoring Using ntopng*. 2014. [Online]. Available: <https://www.usenix.org/conference/lisa14/conference-program/presentation/deri-luca>