

# PERENCANAAN 5G NR PADA FREKUENSI 3,5 GHZ : STUDI KASUS UNTUK PENERAPAN SMART PORT TANJUNG PRIOK INDONESIA MENGGUNAKAN SU-MIMO DAN MU-MIMO

Brylliant Raiseviolla Mintoro<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Telkom University Purwokerto; Jl. DI Panjaitan No.128, Karangreja, Purwokerto, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah, Indonesia; (0281) 641629

## Keywords:

5G NR, Multi User, Single User, Smart Port.

## Correspondent Email:

Brylliantrais@gmail.com@gmail.com

**Abstrak.** Penelitian ini dilakukan di wilayah Pelabuhan Tanjung Priok. Terdapat dua *scenario* yang diuji: *Single User Multiple Input Multiple Output* (SU-MIMO) dengan skema *Downlink* (DL) dan *Multi-User Multiple Input Multiple Output* (MU-MIMO) dengan skema *Downlink* (DL). Metodologi penelitian mencakup perhitungan Maximum Allowable Path Loss (MAPL), cakupan area, jumlah site yang diperlukan, pemetaan site, serta simulasi menggunakan perangkat lunak Perencanaan jaringan seluler. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *scenario* SU-MIMO memiliki cakupan sinyal SS-RSRP yang sangat baik dengan nilai  $\geq -70$  dBm di area tersebut. Meskipun perbedaan antara kedua *scenario* tidak signifikan, *scenario* MU-MIMO menunjukkan kualitas sinyal SS-SINR yang sedikit lebih baik untuk multi-user, dengan persentase nilai SS-SINR di bawah -10 dB.



JITET is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

**Abstract.** This research was conducted in the Tanjung Priok Port area. Two scenarios were tested: *Single User Multiple Input Multiple Output* (SU-MIMO) with *Downlink* (DL) scheme and *Multi-User Multiple Input Multiple Output* (MU-MIMO) with *Downlink* (DL) scheme. The research methodology includes Maximum Allowable Path Loss (MAPL) calculation, coverage area, number of sites required, site mapping, and simulation using Perencanaan jaringan seluler software. The simulation results show that the SU-MIMO scenario has excellent SS-RSRP signal coverage with values  $\geq -70$  dBm in the area. Although the difference between the two scenarios is not significant, the MU-MIMO scenario shows slightly better SS-SINR signal quality for multi-users, with a percentage of SS-SINR values below -10 dB.

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat untuk mengakses internet semakin hari semakin meningkat. Perkembangan teknologi di bidang telekomunikasi khususnya di bidang seluler mengalami kemajuan yang pesat. Perkembangan teknologi seluler saat ini

dibutuhkan untuk senantiasa memberikan data yang unggul dan memuaskan pengguna dalam proses pengiriman dan penerimaan layanan telekomunikasi. Hal ini menyebabkan munculnya teknologi generasi ke-5 (5G) untuk meningkatkan layanan telekomunikasi khususnya di bidang teknologi seluler. Layanan

5G *New Radio* (NR) yang membutuhkan kecepatan, jangkauan, dan keandalan, memerlukan berbagai solusi jaringan, baik dari segi jaringan yang ada maupun jaringan baru yang potensial. Persyaratan teknis yang diharapkan untuk 5G NR adalah kecepatan data tinggi serta latensi yang rendah [1].

Hal-hal yang tersedia dari kombinasi tiga fitur berikut: throughput tinggi, latensi sangat rendah, dan konektivitas daya rendah. Meningkatnya kecepatan, latensi rendah, dan konektivitas akan membantu operator telekomunikasi menyediakan koneksi internet super cepat untuk streaming video *High Definition* (HD), *cloud gaming*, dan konten interaktif berbasis augmented reality dan *virtual reality* (AR/VR) bagi pelanggan mereka [2].

5G NR IMT-2020 mendukung berbagai *scenario* penggunaan dengan bandwidth ratusan MHz hingga 1 GHz, menggunakan tiga pita spektrum: pita rendah (di bawah 1 GHz), pita menengah (1-6 GHz), dan pita tinggi (di atas 24 GHz). Pita tinggi, atau gelombang milimeter, sensitif terhadap parameter lingkungan seperti tekanan udara, kelembaban, suhu, vegetasi, dan curah hujan [3].

Kelurahan Tanjung Priok di Jakarta Utara memiliki luas 5,54 km<sup>2</sup>, terdiri dari 158 RT dan 16 RW, berbatasan dengan Kabupaten Kepulauan Seribu di utara, Kelurahan Ancol di barat, Kelurahan Koja Utara di timur, serta Kelurahan Papanggo, Warakas, Kebon Bawang, dan Sungai Bamb di selatan [4].



Gambar 1. Peta Tanjung Priok

Untuk mengatasi masalah ini, revolusi industri 4.0 mendorong digitalisasi sektor transportasi laut, didorong oleh faktor teknologi, ekonomi, dan sosial budaya [5].

Transformasi digital mengotomatisasi dan mengintegrasikan sumber daya fisik ke dalam Internet global, yang memungkinkan kita mengakses berbagai informasi secara real-time, yang menghasilkan peningkatan produktivitas dan keberhasilan bisnis yang signifikan. Selain itu, pelabuhan pintar membutuhkan platform digital, yang terdiri dari komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang tepat untuk mengubah data dari berbagai sumber dari bagan ke bagan [6].

Prediksi menunjukkan peningkatan besar dalam penggunaan Internet seluler, karena pertumbuhan eksponensial aplikasi M2M dan IoT, serta teknologi otonom, membuat permintaan spektrum meningkat. Upaya badan standarisasi, industri telekomunikasi, dan akademisi berkonsentrasi pada pengembangan 5G. Kesuksesan 5G bergantung pada komunikasi M2M dan IoT, karena menangani lalu lintas M2M memerlukan kemajuan sistem komunikasi konvensional [7].

Otomatisasi industri dan kendaraan otonom serta jaringan nirkabel dan *Internet of Things* (IoT) vertikal mendukung masyarakat cerdas, mengkonsolidasikan aplikasi IoT, proses pabrik pintar, dan meningkatkan konektivitas antara publik dan bisnis [8].

Kementerian Komunikasi dan Informasi Republik Indonesia memperkirakan bahwa 5G akan menggunakan 3300–3400 MHz untuk mendukung koneksi internet cepat, streaming HD, game cloud, dan konten interaktif. ITU dan CEPT bekerja pada frekuensi 3,3-4,2 GHz. Operator 5G akan melayani hingga 250 pengguna dan meningkatkan adopsi *Internet of Things* di berbagai bidang, seperti transportasi, logistik, dan pemerintahan [2].

Kekuatan sinyal dapat diukur dengan parameter Synchronization *Signal-Reference Signal Received Power* (SS-RSRP), di mana *User Terminal* (UT) mengukur kekuatan sinyal yang diterima pada *Signal Synchronization Secondary* (SSS) untuk setiap sel transmisi terdekat.

Tabel 1 Parameter RSRP [9]

Range	Condition
0 to -85 dBm	Sangat Bagus
-85 to -92 dBm	Bagus
-92 to -102 dBm	Normal
-102 to -110 dBm	Kurang Bagus
> -110 dBm	Sangat Kurang Bagus

Tabel 2 menunjukkan range Kualitas sinyal frekuensi dapat diukur dengan SINR. RSRP dan SINR minimum yang sesuai tergantung pada bandwidth frekuensi [10]

Tabel 2 Parameter RSRP [9]

Range	Condition
<0	Sangat buruk
0 s/d 5	Buruk
5 s/d 10	Cukup
10 s/d 20	Baik
20 s/d 30	Sangat Baik

Pada penelitian ini *coverage* planning dilakukan menggunakan Outdoor to Outdoor Line of Site (O2O LOS) serta dengan 2 pengujian yaitu *Single User Multiple Input Multiple Output* (SU-MIMO), dan *Multi User Multiple Input Multiple Output* (MU-MIMO) yang hasilnya adalah kualitas sinyal dari kedua pengujian tersebut yang di tunjukan dengan parameter SS-RSRP dan juga SS-SINR

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Smart Port

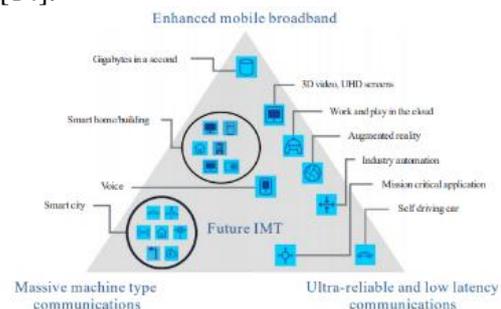
Smart port mengintegrasikan teknologi 5G, IoT, big data, dan AI dengan layanan pelabuhan untuk menciptakan elemen pelabuhan yang otonom, terhubung luas, dan produksi otomatis. Ini meningkatkan manajemen, pengambilan keputusan, dan layanan pelanggan. Untuk integrasi sumber daya pelabuhan, diperlukan batas properti, berbagi terbuka, efisiensi sistem, perlindungan lingkungan, dan pengembangan berkelanjutan [11].

Automatisasi adalah bagian penting dari smart port, yang melibatkan integrasi 5G memungkinkan penggunaan robotika untuk otomatisasi tugas-tugas pelabuhan dan AI untuk optimalisasi rute, jadwal pengiriman, serta

deteksi dan pencegahan anomali operasional [12]. Sebagai contoh, derek otomatis memiliki kemampuan yang sangat baik untuk mengangkat dan memindahkan kontainer, dan kendaraan otonom memiliki kemampuan untuk mengangkut barang tanpa campur tangan manusia [13].

### 2.2. 5G New Radio (NR)

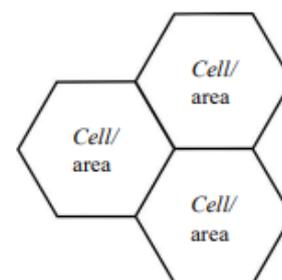
5G, standar teknologi seluler IMT 2020, mendukung pertumbuhan data dan konektivitas IoT, memungkinkan miliaran perangkat terhubung. Ini mendukung otomatisasi pabrik melalui jaringan seluler pribadi. GSMA memprediksi 25%-40% UKM akan menggunakan jaringan seluler mandiri pada 2023-2025. Tiga *scenario* penggunaan 5G adalah mMTC, URLLC, dan eMBB, yang berbeda dalam bandwidth, latency, data rates, dan density. seperti yang terdapat pada Gambar 2 [14].



Gambar 2. Skema NB-IoT [15]

### 2.3. Cell

Pembagian beberapa cell dalam sistem seluler berbentuk heksagonal. Cell merupakan gambaran dari cakupan area (*coverage*). Tiap cellnya mengacu pada satu frekuensi kanal dan setiap masing-masing kanal tidak boleh memiliki frekuensi yang berdekatan atau sama agar tidak terjadi gangguan pada sinyal [10].



Gambar 3. Cell Hexagonal

Ukuran cell pada sistem komunikasi seluler dapat dipengaruhi oleh:

- a. Kepadatan pada traffic.
- b. Daya pemancar, seperti *Base Station* (BS) dan *Mobile Station* (MS).
- c. Faktor alam mempengaruhi sinyal antara *Base Station* (BS) dan *Mobile Station* (MS).

#### 2.4. Coverage Planning

*Coverage Planning* merupakan suatu perencanaan dalam membangun jaringan di suatu wilayah cakupan *coverage*. *Coverage planning* digunakan untuk perencanaan dengan memperhitungkan sinyal yang terjadi di sepanjang jalur rambatan sinyal baik dari sisi uplink maupun sisi *downlink* dan juga menentukan jumlah sesuai dengan luas wilayah yang di butuhkan [16].

#### 2.5. SU – MIMO

Konsep MU-MIMO, terutama untuk *downlink* atau *Broadcasting* (BC), adalah tantangan utama dalam teori informasi. Strategi optimal melibatkan Direct Power Control (DPC), penjadwalan pengguna, dan pemuatan daya. Alternatif praktis mencakup precoding linier dan non linier, umpan balik status kanal, dan penerima multi user, serta berbagai algoritma penjadwalan dan pemilihan pengguna [17].

#### 2.6. MU-MIMO

Transmisi *downlink* sangat menantang dalam *scenario* MU-MIMO karena lokasi geografis dari penerima bersifat acak dan deteksi bersama tidak dapat dilakukan. Tujuan utamanya adalah untuk menyampaikan aliran data independen ke sekumpulan pengguna yang dipilih dengan benar, mencapai penguatan multiplexing spasial yang ditawarkan oleh MU-MIMO [18].

*Multiuser multiple-input multiple-output* (MU-MIMO) adalah salah satu teknologi utama untuk memungkinkan throughput yang tinggi di jaringan 5G dan jaringan lainnya. Penggunaan sejumlah besar antena pemancar dan penerima dalam jumlah besar memastikan efisiensi spektral yang tinggi dan karena itu tinggi throughput.

Salah satu masalah yang menantang dalam sistem MUMIMO uplink adalah merancang detektor stasiun pangkalan yang praktis yang dapat mencapai kinerja keandalan yang tinggi dengan adanya *multi-user interference* (MUI) yang kuat. MUI disebabkan

oleh beberapa antena pengguna yang secara bersamaan mengirimkan informasi ke beberapa antena stasiun pangkalan. Praktis dan canggih detektor MU-MIMO berkinerja tinggi dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori: linear, non-linear, dan *neural network* (NN) [19].

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada wilayah pelabuhan tanjung priok. Sumber data yang terdiri dari data sekunder. Dimana data yang diperoleh dari literatur dengan referensi buku, jurnal, paper dan hasil browsing di internet yang menunjang analisa selama penelitian berlangsung. Dalam penelitian ini menggunakan 2 *scenario* yang akan di uji yaitu untuk pertama yaitu SU-MIMO dan ke dua MU-MIMO serta langkah-langkah yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1. Langkah awal yang dilakukan adalah menentukan parameter yang akan digunakan serta menghitung *Maximum Allowable Pathloss* (MAPL) untuk melihat estimasi yang akan di dapatkan. Selanjutnya menghitung, menghitung *coverage*, menghitung jumlah site yang akan digunakan di Pelabuhan tanjung priok, dan pemetaan site di Pelabuhan tanjung priok tersebut lalu dilakukannya percobaan simulasi menggunakan software simulasi radio planner

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian kali ini akan membahas mengenai perencanaan *coverage* pada area pelabuhan Tanjung Priok khusus pada kawasan yang memiliki aktivitas alat pekerjaan pada pelabuhan dengan menggunakan beberapa parameter yaitu SS-RSRP, dan SS-SINR serta menggunakan 2 *scenario* yaitu Single User (SU) sebagai *scenario* 1 dan juga Multi User (MU) sebagai *scenario* 2.

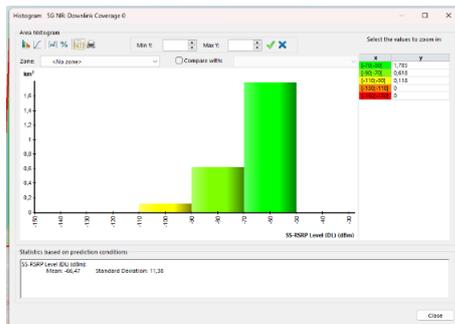
#### 4.1. Hasil Simulasi

Pada penelitian ini dapat dilihat hasil simulasi dengan menggunakan *scenario* pertama pada Gambar 4 di mana menunjukkan bagaimana 12 site tersebut bekerja.



Gambar 4 Hasil Simulasi SS-RSRP SU-MIMO

Gambar 4 menunjukkan hasil simulasi SU-MIMO dengan menggunakan 12 site dapat mengcover cukup baik untuk wilayah pelabuhan Tanjung Priok khususnya untuk pusat alat – alat berat bekerja, dikarenakan tidak terdapat wilayah kosong atau blank spot.



Gambar 5 Hasil Rata Rata SS-RSRP SU-MIMO

Pada Gambar 5 menunjukkan hasil SS-RSRP didapat rata ratanya adalah -66,67 dBm yang dinyatakan bahwa hasil tersebut termasuk kedalam kategori baik dikarenakan nilainya diatas dari 70 dBm.



Gambar 6 Hasil Rata Rata SS-RSRP SU-MIMO

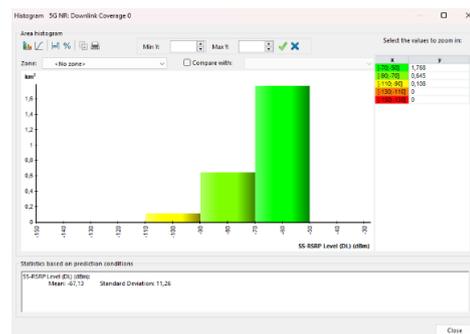
Pada Gambar 6 menunjukkan hasil SS-SINR didapat rata ratanya adalah -5,76 dBm yang dinyatakan bahwa hasil tersebut termasuk kedalam kategori buruk dikarenakan nilainya dibawah dari 0 dBm.

Pada hasil diatas dapat dilihat bahwa hasil SS-SINR didapat rata ratanya adalah -5,76 dBm yang dinyatakan bahwa hasil tersebut termasuk kedalam kategori buruk dikarenakan nilainya dibawah dari 0 dBm.



Gambar 7 Hasil Simulasi SS-RSRP MU-MIMO

Pada gambar 7 menunjukkan bahwa ada 12 site yang bekerja berbeda dengan *scenario* pertama untuk 2 ini terdapat wilayah – wilayah yang lebih bagus yang di tandai dengan warna hijau yang lebih luas dari *scenario* 1.



Gambar 8 Hasil Rata Rata SS-RSRP MU-MIMO

Pada Gambar 8 menunjukkan hasil simulasi ini didapatkan nilai SS-RSRPnya janganlah bagus dengan nilai -67,19 dBm yang menandakan dalam kategori sangat bagus.



Gambar 9 Hasil Rata Rata SS-RSRP MU-MIMO

Pada Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai dari SS-SINR untuk *scenario* 2 dikatakan jelek karena nilainya dibawah 0 dBm.

## 4.2. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh melalui penggunaan simulasi perangkat lunak Perencanaan jaringan seluler, nilai SS-RSRP pada *scenario* 1 menunjukkan cakupan yang sangat baik, dengan 35,1% area memiliki nilai SS-RSRP  $\geq -70$  dBm. Selain itu, nilai SS-SINR berada dalam kategori jelek, dengan 98,214% pada rentang 0 dB hingga -10 dB dan 1,766% pada rentang lebih dari -10 dB. Nilai SINR yang lebih tinggi menandakan kualitas sinyal yang jelek, yang mencerminkan gangguan besar. Secara keseluruhan, hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai SS-RSRP yang dihasilkan bagus tetapi untuk nilai dari SS-SINR yang dihasilkan jelek, kondusif untuk layanan komunikasi yang handal, untuk *scenario* 1 dan 2 tidak ada perbedaan yang signifikan hanya saja pada *scenario* yang ke 2 nilai persentase SS-SINR yang lebih dari -10 dB lebih besar dikarenakan akan pada *scenario* ke dua menggunakan multi user untuk yang di akses oleh node.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Brylliant Raiseviolla Mintoro selaku mentor selama proses pengerjaan penelitian ini, bantuan, bimbingan, serta semangat yang diberikan sangat berarti dalam menyelesaikan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Riviel Ernesto Ríos, "5G Network Planning And Optimization Using Atol," *Estuar Coast Shelf Sci*, vol. 2020, no. 1, pp. 473–484, 2019.
- [2] S. H. Komariah, R. Rohmat Saedudin, R. Y. Arumsari, and Y. Ksp, "Implementation of 5G Telecommunication Network Services in Indonesia based on Techno-economic Analysis," vol. 7, no. December 2018, pp. 2569–2577, 2023, [Online]. Available: [www.joiv.org/index.php/joiv](http://www.joiv.org/index.php/joiv)
- [3] A. Hikmaturokhman, M. Suryanegara, and K. Ramli, "A Comparative Analysis of 5G Channel Model with Varied Frequency: A Case Study in Jakarta," *2019 7th International Conference on Smart Computing and Communications, ICSCC 2019*, pp. 1–5, 2019, doi: 10.1109/ICSCC.2019.8843632.
- [4] M. Al Fatih, A. Hermawan, E. Firdaus, and D. Hantono, "Dampak Pelanggaran Izin Mendirikan Bangunan (IMB) Terhadap Permukiman Tepian Rel Kereta Api di Tanjung Priok Jakarta," *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2021*, no. November 2021, pp. 1–6, 2021.
- [5] A. Mutiara Dewi and F. Hanty, "Kualitas Sumber Daya Manusia Transportasi Laut Di Revolusi Industri 4.0 Menuju Era Pelabuhan Pintar," *Majalah Ilmiah Bahari Jogja*, vol. 20, no. 2, pp. 204–210, 2022, doi: 10.33489/mibj.v20i2.298.
- [6] A. Bouhlal, R. Aitabelouahid, and A. Marzak, "The internet of things for smart ports," *Procedia Comput Sci*, vol. 203, pp. 819–824, 2022, doi: 10.1016/j.procs.2022.07.123.
- [7] Y. Mehmood, N. Haider, M. Imran, A. Timm-Giel, and M. Guizani, "M2M Communications in 5G: State-of-the-Art Architecture, Recent Advances, and Research Challenges," *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 9, pp. 194–201, 2017, doi: 10.1109/MCOM.2017.1600559.
- [8] S. R. Pokhrel, J. Ding, J. Park, O. S. Park, and J. Choi, "Towards Enabling Critical mMTC: A Review of URLLC within mMTC," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 131796–131813, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3010271.
- [9] A. Rosyada, J. Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang, and D. Chandra, "Analisis Kualitas Handover 4G LTE Berdasarkan Parameter Drive Test Di Jalur Kereta Api Padang-Pariaman," 2022.
- [10] M. M. Ahamed and S. Faruque, "5G network coverage planning and analysis of the deployment challenges," *Sensors*, vol. 21, no. 19, 2021, doi: 10.3390/s21196608.
- [11] H. Yao, T. Xue, D. Wang, Y. Qi, and M. Su, "Development Direction of Automated Terminal and Systematic Planning of Smart Port," *2021 IEEE 2nd International Conference on Big Data, Artificial Intelligence and Internet of Things Engineering, ICBAIE 2021*, no. Icbaie, pp. 708–712, 2021, doi: 10.1109/ICBAIE52039.2021.9389884.
- [12] Y. Yang, M. Zhong, H. Yao, F. Yu, X. Fu, and O. Postolache, "Internet of Things for Smart Ports :," *IEEE Instrum Meas Mag*, no. February, 2018.
- [13] G. Knatz, T. Notteboom, and A. A. Pallis, "Container terminal automation: revealing distinctive terminal characteristics and operating parameters," *Maritime Economics and Logistics*, vol. 24, no. 3, pp. 537–565, 2022, doi: 10.1057/s41278-022-00240-y.

- [14] A. Wulandari, T. Supriyanto, A. H. Mayanti, and R. Nugroho, "Perancangan Private 5G Network Kawasan Industrial Jababeka untuk Mendukung Revolusi Industri 4.0," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, pp. 110–115, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/sntei/article/view/3562/0>
- [15] K.F Muteba, K Djouani, and T.O Olwal, *Opportunistic Resource Allocation for Narrowband Internet of Things: A Literature Review*. IEEE, 2020.
- [16] H. P. Hibatullah *et al.*, "Perancangan Jaringan Long Term Evolution ( Lte ) Di Kecamatan Pontianak Barat , Kecamatan Pontianak Timur Dan Kecamatan Pontianak Utara Pada Frekuensi 1800 Mhz," vol. 10, no. 5, pp. 4342–4346, 2023.
- [17] Signals Research Group, "A Third-Party Benchmark Study Of 5g Down- Link And Uplink Mu-Mimo In A Commercial Network," 2024.
- [18] E. Castañeda, A. Silva, A. Gameiro, and M. Kountouris, "An Overview on Resource Allocation Techniques for Multi-User MIMO Systems," *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 19, no. 1, pp. 239–284, 2017, doi: 10.1109/COMST.2016.2618870.
- [19] A. Kosasih, V. Onasis, V. Miloslavskaya, W. Hardjawana, V. Andrian, and B. Vucetic, "Graph Neural Network Aided MU-MIMO Detectors," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 40, no. 9, pp. 2540–2555, 2022, doi: 10.1109/JSAC.2022.3191344.