

**ANALISIS PERBANDINGAN *POLAR CODE* DAN *LDPC CODE* PADA
TEKNOLOGI 5G UNTUK KANAL *RAYLEIGH*
(STUDI KASUS KAMPUS UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA DI
PURWAKARTA)**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik di Program Studi Sistem Telekomunikasi



Oleh

Fauziah Rhaudhatul Jannah

1904035

PROGRAM STUDI SISTEM TELEKOMUNIKASI

KAMPUS UPI DI PURWAKARTA

UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

2023

**ANALISIS PERBANDINGAN *POLAR CODE* DAN *LDPC CODE* PADA
TEKNOLOGI 5G UNTUK KANAL *RAYLEIGH*
(STUDI KASUS KAMPUS UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA DI
PURWAKARTA)**

Oleh

Fauziah Rhaudhatul Jannah

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi Sistem Telekomunikasi

© **Fauziah Rhaudhatul Jannah** 2023

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2023

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

Fauziah Rhaudhatul Jannah, 2023

*Analisis Perbandingan Polar Code Dan LDPC Code Pada Teknologi 5G Untuk Kanal Rayleigh
(Studi Kasus Kampus Universitas Pendidikan Indonesia di Purwakarta)*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | [Perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)

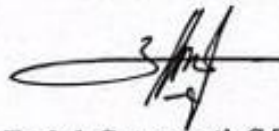
LEMBAR PENGESAHAN

Fauziah Rhaudhatul Jannah
1904035

**ANALISIS PERBANDINGAN *POLAR CODE* DAN *LDPC CODE* PADA
TEKNOLOGI 5G UNTUK KANAL *RAYLEIGH*, STUDI KASUS KAMPUS
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA DI PURWAKARTA**

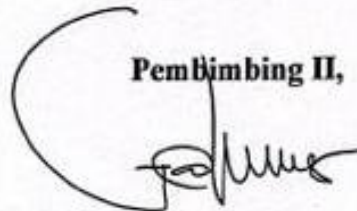
Disetujui dan Disahkan Oleh Pembimbing,

Pembimbing I,



Endah Setyowati, S.T., M.T
NIP. 920190219920908201

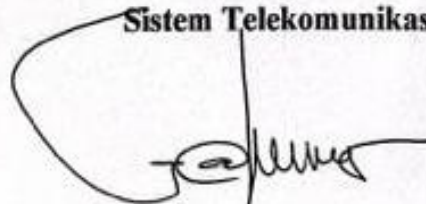
Pembimbing II,



Galura Muhammad Suranegara, S.Pd., M.T.
NIP. 920190219920111101

Mengetahui,

**Ketua Program Studi
Sistem Telekomunikasi**



Galura Muhammad Suranegara, S.Pd., M.T.
NIP. 920190219920111101

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul "*Analisis Perbandingan Polar Code Dan LDPC Code Pada Teknologi 5G Untuk Kanal Rayleigh (Studi Kasus Kampus Universitas Pendidikan Indonesia di Purwakarta)*" ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Yang menyatakan,



Fauziah Rhaudhatul Jannah

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim,

Puji syukur atas ke hadirat Allah Subhanahu Wata'ala yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "*Analisis Perbandingan Polar Code Dan LDPC Code Pada Teknologi 5G untuk Kanal Rayleigh (Studi Kasus Kampus Universitas Pendidikan Indonesia di Purwakarta)*", sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Program Studi Sistem Telekomunikasi Universitas Pendidikan Indonesia Kampus di Purwakarta.

Dengan terselesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan semua pihak baik itu secara moral dan materi yang telah diberikan kepada penulis selama perjalanan pengerjaan skripsi. Maka dari itu, perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT dengan segala rahmat serta karunia-Nya, yang selalu memberikan kesehatan, kemudahan, dan kelancaran kepada penulis selama proses penelitian.
2. Ibunda penulis, Nunung Wartini. yang selalu memberikan cinta, kasih sayang, materi dan doa. Tanpa-nya penulis tidak mungkin bisa berada diposisi ini, hingga penulis mampu menyelesaikan program sarjana ini dari awal hingga akhir.
3. Ayahanda penulis, Jajang Suhendar Komara yang selalu memberikan cinta, kasih sayang, motivasi dan doa. Tanpa-nya penulis tidak mungkin bisa berada diposisi ini, hingga penulis mampu menyelesaikan program sarjana ini dengan baik.
4. Adik penulis, Aliya Sumsumna Dewi dan Alifa Induna Dewi, yang selalu memberikan kegembiraan, kasih sayang, serta doa, hingga penulis mampu menyelesaikan program sarjana ini dengan baik.
5. Prof. Turmudi, M.Ed., M.Sc., Ph.D. selaku Direktur Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Purwakarta.
6. Dr. Idat Muqodas, M.Pd. selaku Wakil Direktur Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Purwakarta.

Fauziyah Rhaudhatul Jannah, 2023

Analisis Perbandingan Polar Code Dan LDPC Code Pada Teknologi 5G Untuk Kanal Rayleigh (Studi Kasus Kampus Universitas Pendidikan Indonesia di Purwakarta)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

7. Bapak Galura Muhammad Suranegara, S.Pd., M.T. selaku Ketua Program Studi Sistem Telekomunikasi Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Purwakarta. Serta selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan arahan, ilmu, dan motivasi dengan penuh kesabaran dan ketelitian dalam membantu penulis menyelesaikan skripsi.
8. Bapak Ahmad Fauzi, S.Si., M.T. selaku Ketua Program Studi Sistem Telekomunikasi Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Purwakarta periode 2019 - 2023.
9. Ibu Endah Setyowati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan ilmu, waktu, arahan, motivasi dan pengalaman kepada penulis dengan penuh kesabaran hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
10. Ibu Dewi Indriati Hadi Putri, S.Pd., M.T. selaku Dosen Wali Akademik penulis, yang selalu memberikan bimbingan semasa penulis melaksanakan perkuliahan.
11. Seluruh dosen dan tenaga pendidik Program Studi Sistem Telekomunikasi UPI Kampus Purwakarta yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta motivasi selama penulis berkuliah.
12. Pemilik NIM 1904035 yang telah berhasil melawan rasa malas dan takutnya hingga mampu menyelesaikan masa perkuliahannya dengan baik dan selesai pada waktunya.
13. Adisty Nurrahmah Laili, Devi Puspita Dewi, Esa Noer Fadhila, Sanni Deslia Pasaribu, Zamzam Kholidatuzzahra, Farah Wardatul Zanah, Ega Restu Gumelar dan Farhan Maulana yang senantiasa kebersamai penulis ketika berjuang bersama-sama dalam menyusun skripsi.
14. Teman-teman Sistem Telekomunikasi Angkatan 2019 yang telah kebersamai dan memberikan penulis pengalaman yang berharga dalam menjalankan masa-masa perkuliahan dan hidup di perantauan.
15. Annisa Amalia, Makna A'raaf Kautsar dan Vormes Gema Merdeka yang senantiasa memberikan dukungan serta kenangan baik selama masa perkuliahan.

16. Teman-teman Himpunan Mahasiswa Sistem Telekomunikasi yang telah kebersamai, memberikan pengalaman, dan pembelajaran yang berharga kepada penulis.
17. Teman-teman Badan Legislatif HMST UPI Purwakarta Kabinet Liderra yang telah memberikan pembelajaran yang berharga bagi penulis.
18. Semua pihak yang tidak bisa penulis tuliskan satu persatu, yang telah kebersamai penulis selama masa perkuliahan.

Penulis beranggapan bahwa skripsi ini merupakan karya terbaik yang dapat penulis persembahkan sebagai tugas akhir penulis dalam menyelesaikan masa perkuliahan. Namun penulis menyadari tentunya dalam penyusunan dan prosesnya terdapat kekurangan yang tidak disadari. Oleh karena itu, penulis amat sangat terbuka untuk menerima saran dan kritik yang membangun agar mampu menjadi suatu karya yang lebih baik ke depannya.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memiliki kebermanfaatan dan menjadi manfaat itu sendiri bagi setiap orang.

Purwakarta, Agustus 2023

Penulis,



Fauziyah Rhaudhatul Jannah

ABSTRAK**ANALISIS PERBANDINGAN *POLAR CODE* DAN *LDPC CODE* PADA
TEKNOLOGI 5G UNTUK KANAL *RAYLEIGH*
(STUDI KASUS KAMPUS UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA DI
PURWAKARTA)**

Teknologi menjadi suatu aspek kehidupan manusia yang selalu mengalami pembaharuan dari satu waktu ke waktu berikutnya. Tahun 2020 merupakan awal mulanya peluncuran teknologi 5G sebagai *upgrading* dari teknologi yang akan digunakan pada waktu berikutnya. Dengan parameternya yang lebih canggih dan unggul dibandingkan teknologi sebelumnya, 5G dibincangkan menjadi penawaran teknologi paling dibutuhkan pada saat ini. Penelitian ini akan menjabarkan mengenai penggunaan teknologi 5G yang direncanakan akan digunakan di Indonesia pada waktu mendatang. Terdapat banyak tantangan dalam menerapkan 5G yang saat ini masih menjadi kendala di beberapa daerah Indonesia, seperti teknik pengkodean atau jenis kanal yang tepat untuk setiap daerah tertentu. Melalui pengambilan sampel di lingkungan penelitian Universitas Pendidikan Indonesia Kampus di Purwakarta, penelitian ini akan membandingkan dua teknik pengkodean antara *LDPC code* dan *Polar code* menggunakan kanal *Rayleigh* yang parameternya disesuaikan dengan lingkungan penelitian. Melalui kolaborasi pemodelan kanal menggunakan NYUSIM dengan Matlab, diharapkan simulasi sistem pada penelitian ini dapat menghasilkan performansi yang baik atau memenuhi target BER sebesar 10^{-3} . Hasil tersebut diharapkan mampu menjadi referensi ketika teknologi 5G digunakan pada lingkungan penelitian di masa mendatang.

Kata kunci : ***LDPC, Polar, Rayleigh, NYUSIM***

ABSTRACT

**ANALYSIS COMPARISON OF POLAR CODE AND LDPC CODE ON 5G
TECHNOLOGY FOR RAYLEIGH CHANNEL
(CASE STUDY OF INDONESIA UNIVERSITY OF EDUCATION CAMPUS
IN PURWAKARTA)**

Technology is an aspect of human life that always experiences renewal from one time to the next. 2020 is the first time that 5G technology has been launched as an upgrade of the technology that will be used in the future. With its more sophisticated and superior parameters compared to previous technologies, 5G is being discussed as the most needed technology offering at this time. This research will describe the use of 5G technology which is planned to be used in Indonesia in the future. There are many challenges in implementing 5G which are currently still an obstacle in several regions of Indonesia, such as the correct coding technique or type of channel for each particular area. By taking samples in the research environment of the Indonesian University of Education Campus in Purwakarta, this study will compare the two coding techniques between LDPC code and Polar code using the Rayleigh channel whose parameters are adjusted to the research environment. Through the collaboration of channel modeling using NYUSIM with Matlab, it is hoped that the system simulation in this study can produce good performance or meet the BER target of 10^{-3} . These results are expected to be a reference when 5G technology is used in research environments in the future.

Keywords : LDPC, Polar, Rayleigh, NYUSIM

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Struktur Organisasi Skripsi	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Teknologi 5G	6
2.2 Teknik Pengkodean	11
2.2.1 <i>Polar Code</i>	11
2.2.2 <i>Low Density Parity Check Code</i>	12
2.3 Kanal Rayleigh Fading	13
2.3.1 <i>Efek Doppler</i>	13
2.3.2 <i>Path Delay</i>	14
2.4 Kanal Lingkungan UPI di Purwakarta	14
2.5 Matlab Software	15
2.6 NYUSIM Software	16
2.7 SNR	16

Fauziyah Rhaudhatul Jannah, 2023

Analisis Perbandingan Polar Code Dan LDPC Code Pada Teknologi 5G Untuk Kanal Rayleigh (Studi Kasus Kampus Universitas Pendidikan Indonesia di Purwakarta)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

2.8	BER	16
2.9	Modulasi	17
2.10	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>	18
2.11	Relevansi Penelitian	18
BAB III METODE PENELITIAN		20
3.1	Jenis Penelitian	20
3.2	Desain Penelitian	20
3.2.1	Diagram Alir Penelitian.....	20
3.2.2	Blok Sistem Komunikasi.....	23
3.3	Skenario Penelitian	27
3.4	Waktu, Tempat Penelitian dan Target Publikasi	30
3.5	Jadwal Penelitian	30
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Pembentukan Kanal Penelitian	32
4.2	Hasil dan Analisis Validasi Sistem	33
4.3	Hasil dan Analisis Performansi Teknik Pengkodean	35
BAB V PENUTUP		40
5.1.	Simpulan	40
5.2.	Implikasi	41
5.3.	Rekomendasi	41
DAFTAR PUSTAKA		42
LAMPIRAN		45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Peta Penyebaran Teknologi 5G di Dunia	9
Gambar 2. 2. Peta Penyebaran Teknologi 5G di Indonesia	9
Gambar 2. 3. Peta Lokasi Penelitian	10
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3. 2. Blok Sistem Komunikasi Penelitian	23
Gambar 3. 3. Rencana Pembentukan Kanal menggunakan NYUSIM v31	25
Gambar 3. 4. Validasi Sistem	27
Gambar 3. 5. Skenario Pengujian I	28
Gambar 3. 6. Skenario Pengujian II	29
Gambar 3. 7. Skenario Pengujian III	30
Gambar 4. 1. Hasil <i>Power Display Profile</i> (PDP)	32
Gambar 4. 2. Hasil <i>Small Scale PDPs</i>	33
Gambar 4. 3. Hasil Grafik Validasi Sistem	33
Gambar 4. 4. Data Transmisi (a) Bit LDPC <i>code</i> , (b) Bit <i>Polar code</i>	34
Gambar 4. 5. Tampilan Hasil BER Validasi Sistem pada <i>Command Window</i>	34
Gambar 4. 6. Hasil BER Skenario Pengujian I	35
Gambar 4. 7. Hasil BER Skenario Pengujian II	36
Gambar 4. 8. Hasil BER Skenario Pengujian III	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Parameter Teknologi 5G	7
Tabel 2. 2. Data Relevansi Penelitian	18
Tabel 3. 1. Parameter Penelitian	22
Tabel 3. 2. Parameter Cuaca Lingkungan Penelitian	26
Tabel 3. 3. Skenario Pengujian I	27
Tabel 3. 4. Skenario Pengujian II	28
Tabel 3. 5. Skenario Pengujian III	29
Tabel 3. 6. Waktu Penelitian	31
Tabel 4. 1. Nilai SNR untuk mencapai BER 10^{-3} Skenario Pengujian I	36
Tabel 4. 2. Nilai SNR untuk mencapai BER 10^{-3} Skenario Pengujian II	37
Tabel 4. 3. Nilai SNR untuk mencapai BER 10^{-3} Skenario Pengujian III	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Code Matlab	45
Lampiran 2. Surat Pengangkatan Pembimbing Skripsi.....	53
Lampiran 3. Surat Izin Penelitian.....	56
Lampiran 4. Peta Penyebaran Teknologi 5G di Dunia	57
Lampiran 5. Peta Penyebaran Teknologi 5G di Indonesia.....	58
Lampiran 6. Riwayat Hidup Penulis	59

DAFTAR ISTILAH

3GPP (*3rd Generation Partnership Project*)

Salah satu industri yang beroperasi untuk mengembangkan standar telekomunikasi seluler.

AI (*Artificial Intelligence*)

Suatu kecerdasan buatan yang dirangkai oleh manusia dengan tujuan program yang meniru beberapa aspek kemampuan manusia.

AoA (*Angle of Arrival*)

Sudut kedatangan dalam komunikasi nirkabel dengan mengacu pada sudut datangnya suatu sinyal elektromagnetik.

AoD (*Angle of Departure*)

Sudut keberangkatan dalam komunikasi nirkabel dengan mengacu pada sudut keberangkatan sinyal elektromagnetik yang meninggalkan antena *transmitter*.

AWGN (*Additive White Gaussian Noise*)

Noise tambahan yang dengan distribusi *white gaussian*, yang penggambarannya merupakan *noise* acak pada kanal komunikasi.

BER (*Bit Error Rate*)

Tingkat kesalahan pada koreksi bit yang dinyatakan *error* selama proses transmisi yang dilalui kanal komunikasi terhadap *noise* yang diberikan.

D2 (*Device to Device*)

Teknologi komunikasi nirkabel yang memungkinkan perangkat komunikasi berkomunikasi secara langsung dan saling bertukar informasi melalui jaringan yang terpusat.

Fauziah Rhaudhatul Jannah, 2023

Analisis Perbandingan Polar Code Dan LDPC Code Pada Teknologi 5G Untuk Kanal Rayleigh (Studi Kasus Kampus Universitas Pendidikan Indonesia di Purwakarta)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

FFT (*Fast Fourier Transform*)

Algoritma yang digunakan untuk mengubah sinyal dari domain waktu menjadi domain frekuensi.

IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*)

Algoritma yang digunakan untuk mengubah sinyal dari domain frekuensi menjadi domain waktu.

IoT (*Internet of Things*)

Suatu konsep yang melibatkan objek dan objek lainnya dapat terhubung satu sama lain tanpa interaksi manusia di dalamnya.

ITU (*International Telecommunication Union*)

Badan khusus Perserikatan Bangsa – Bangsa (PBB) dengan fokus pada standarisasi dan pengaturan teknologi informasi dan komunikasi di tingkat global.

Kbps (*Kilobit per second*)

Salah satu unit kecepatan transfer data untuk mengukur kecepatan transmisi data dalam sistem komunikasi.

LDPC (*Low Density Parity Check*)

Suatu jenis kode koreksi kesalahan yang digunakan pada sistem komunikasi digital untuk mendeteksi dan memperbaiki kesalahan selama transmisi data terjadi.

M2M (*Machine to Machine*)

Suatu teknologi yang berkonsep antar perangkat dapat berkomunikasi secara otomatis tanpa memerlukan interaksi manusia di dalamnya.

NLOS (*Non Line of Sight*)

Istilah pada komunikasi nirkabel yang merujuk situasi tidak adanya jalur langsung antara pengirim dan penerima.

NYUSIM (*New York University Simulator*)

Perangkat lunak simulasi yang dikembangkan oleh NYU WIRELESS untuk digunakan mensimulasikan saluran nirkabel dan memodelkan kanal sesuai dengan kondisi lingkungan tertentu.

OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*)

Teknik modulasi digital yang digunakan dalam komunikasi nirkabel dan sistem komunikasi lainnya.

PDP (*Power Delay Profile*)

Istilah pada sistem komunikasi nirkabel yang menggambarkan karakteristik perambatan sinyal radio di saluran nirkabel.

QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*)

Teknik modulasi yang digunakan dalam komunikasi digital untuk mentransmisikan data melalui sinyal gelombang radio.

SMS (*Short Message Service*)

Layanan komunikasi nirkabel dengan kemungkinan pengguna dapat mengirimkan dan menerima pesan teks pendek melalui jaringan seluler.

SNR (*Signal Noise to Rasio*)

Suatu ukuran yang menggambarkan perbandingan antara kekuatan sinyal yang diinginkan dengan kekuatan *noise* dalam suatu sistem komunikasi pada saat transmisi data dilakukan.

UMi (*Urban Micro*)

Suatu komponen dari sistem komunikasi seluler yang dirancang khusus untuk melayani daerah perkotaan yang memiliki kepadatan penduduk dengan ragam mobilitas yang terjadi.

URLLC (*Ultra Reliable Low Latency Communication*)

Salah satu layanan dari tiga layanan yang ditawarkan jaringan 5G untuk mendukung layanan yang mengharuskan nirkabel yang sangat andal dan memiliki nilai *delay* yang sangat rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulwahab, W. K., & Kadhim, A. A. (2018). Comparative Study of Channel Coding Schemes for 5G. *International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE)*, 239–243.
- Al-Shuwaili, A., & Jamel, T. M. (2021). 5G Channel Characterization at Millimeter-Wave for Baghdad City: An NYUSIM-based Approach. *2021 18th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD)*, 468–473. <https://doi.org/10.1109/SSD52085.2021.9429348>
- Aydin, O. (2019). Direction of Arrival Estimation in Multiple Antenna Arrays by Using Power Delay Profile for Random Access Performance in 5G Networks. *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, 7(2), 202–207. <https://doi.org/10.17694/bajece.537262>
- Dianto, T. W., Zulherman, D., & Khair, F. (2018). *Studi Perancangan Sistem Rof-Ofdm Polarisasi Tidak Seimbang Menggunakan Modulasi Qpsk Dan Qam*.
- Diskominfo. (2018, January 31). Iklim Purwakarta [Purwakartakab.go.id]. *Portal Resmi Pemerintah Kabupaten Purwakarta*. <https://purwakartakab.go.id/read/22>
- Hashemi, S. A., Condo, C., Ercan, F., & Gross, W. J. (2017). On the performance of polar codes for 5G eMBB control channel. *2017 51st Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers*, 1764–1768. <https://doi.org/10.1109/ACSSC.2017.8335664>
- Kharab, A., & Guenther, R. B. (2019). *An Introduction to Numerical Methods—A MATLAB Approach*. Taylor & Franciss Group.

- Mulia, Y. K. W. (2022). Pengaruh Pathloss dan Redaman Power Link Budget terhadap Efek Doppler pada Antena DVOR. *Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer*, 2(02), 261–267. <https://doi.org/10.47709/jpsk.v2i02.1557>
- nperf. (2023). 5G coverage map worldwide. *Nperf We Qualify Your Connection*. <https://www.nperf.com/id/map/5g>
- Patil, M. V., Pawar, S., & Saquib, Z. (2020). Coding Techniques for 5G Networks: A Review. *2020 3rd International Conference on Communication System, Computing and IT Applications (CSCITA)*, 208–213. <https://doi.org/10.1109/CSCITA47329.2020.9137797>
- Pohan, I. A., & Rahayu, Y. (2020). Pemodelan Kanal 38 Ghz Untuk Komunikasi 5g Menggunakan Nyusim. *Jom FTEKNIK*, 7(1), 1–6.
- Pramestiara, T. A., & Nurhayati, A. (2018). *Simulasi Modulasi Digital QAM, 8-FSK dan BPSK menggunakan Software Matlab untuk Proses Pembelajaran*. 10(17).
- Pratiwi, N. I., Muayyadi, A. A., & Usman, U. K. (2020). Perbandingan Performansi Polar Code Dan Repetition Code Terhadap Kanal Multipath Pada Sistem Komunikasi 5g. *Journal of Electrical Engineering*.
- Sharma, A., & Salim, M. (2017). Polar Code: The Channel Code contender for 5G scenarios. *2017 International Conference on Computer, Communications and Electronics (Comptelix)*, 676–682. <https://doi.org/10.1109/COMPTELIX.2017.8004055>
- Sharma, A., & Salim, M. (2019). Polar Code Appropriateness for Ultra-Reliable and Low-Latency Use Cases of 5G Systems: *International Journal of*

Networked and Distributed Computing, 7(3), 93–99.
<https://doi.org/10.2991/ijndc.k.190702.005>

Telkomsel. (2021, February 16). *Mengenal Teknologi 1G Hingga 5G*.
<https://www.telkomsel.com/about-us/blogs/mengenal-teknologi-1g-hingga-5g>

X, L. (2022). An Overview of 5G Advanced Evolution in 3GPP Release 18. *IEEE Communications Standards Magazine*, 6(3), 77–83.
<https://doi.org/10.1109/MCOMSTD.0001.2200001>.