



# JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering)

Available online <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jite> DOI: 10.31289/jite.v6i1.7310

Received: 27 May 2022

Accepted: 27 June 2022

Published: 23 July 2022

## Broadband Channel Based on Polar Codes At 2.3 GHz Frequency for 5G Networks in Digitalization Era

Khoirun Ni'amah1)\*, Reni Dyah Wahyuningrum1) & Solichah Larasati1)

1)Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Indonesia

\*Corresponding Email: [irun@ittelkom-pwt.ac.id](mailto:irun@ittelkom-pwt.ac.id)

### Abstrak

Penelitian ini memodelkan kanal broadband berbasis kode polar dan tanpa kode polar yang dipengaruhi oleh human blockage menggunakan frekuensi jaringan seluler 5G yaitu 2,3 GHz, bandwidth 99 MHz, Fast Fourier Transform (FFT) sebesar 128 block dengan Cyclic prefix-Orthogonal Frequency Division Multiplexing (CP-OFDM) dan modulasi Binary Shift Keying (BPSK). Penggunaan frekuensi yang tinggi mengakibatkan teknologi sensitif terhadap lingkungan sekitar dan redaman seperti human blockage. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui hasil kinerja dan menganalisis parameter BER yang menggunakan kode polar dan tanpa kode polar pada kanal broadband jaringan 5G yang dipengaruhi oleh human blockage. Pemodelan kanal broadband pada jaringan 5G dipresentasikan dalam representative Power Delay Profile (PDP) dengan pengaruh human blockage yang didapatkan sebanyak 41 path yang memiliki berkelipatan 10 ns pada setiap path nya. Penelitian ini juga menggunakan metode scaling pada representative PDP karena pada penggunaan FFT nantinya akan menghasilkan sebesar 128 block, dan hasil scaling ini menunjukkan bahwa terdapat 9 path dengan delay berkelipatan 50 ns. Hasil dari penelitian ini dievaluasi pada average Bit Error Rate (BER) 10<sup>-4</sup>. Kinerja BER tanpa kode polar dipengaruhi oleh human blockage membutuhkan Signal to Noise (SNR) sebesar 30 dB, untuk teori BER pada modulasi BPSK membutuhkan SNR sebesar 34,5 dB dan kinerja BER dengan menggunakan kode polar hanya membutuhkan SNR sebesar 23 dB. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan kode polar mampu memperkecil atau menghemat pemakaian daya sebesar 7 dB dengan tanpa kode polar. Kode polar dapat meminimalkan kesalahan pada sistem jaringan 5G, karena kode polar merupakan salah satu strong codes dan menjadi salah satu channel coding yang direkomendasikan oleh ITU untuk diterapkan pada sistem jaringan 5G.

**Kata Kunci:** Jaringan 5G, Kanal Broadband, Kanal Polar, Power Delay Profile (PDP).

### Abstract

This research using a polar code and without polar codes -based broadband channel that is affected by human blockage using one of the 5G cellular network frequencies at 2.3 GHz, 99 MHz bandwidth, 128 blocks of Fast Fourier Transform (FFT) with Cyclic prefix-Orthogonal Frequency Division Multiplexing (CP-OFDM) and Binary Shift Keying (BPSK) modulation. The use of high frequencies causes the technology to be sensitive to the surrounding environment and attenuation such as human blockage. The purpose of this research is to determine the performance results and analyze the BER parameters that use polar codes and without polar codes on 5G network broadband channels that are affected by human blockage. Broadband channel modeling on a 5G network is presented in a representative Power Delay Profile (PDP) with the influence of human blockage, which is obtained as many as 41 paths which have multiple delays of 10 ns on each path. This research also uses the scaling method on representative PDP because the use of FFT will produce 128 blocks, and the results of this scaling show that there are 9 lanes with multiple delays of 50 ns. The results of this study are close to the average Bit Error Rate (BER) of 10<sup>-4</sup>. BER performance without polar code is affected by human blockage requires Signal to Noise (SNR) of 30 dB, for theory BER on BPSK modulation requires SNR of 34.5 dB and BER performance using polar code only requires SNR of 23 dB. These results indicate that using a polar code can reduce or save power usage by 7 dB without a polar codes. Polar codes can minimize errors in the 5G network system, because polar codes are one of the strong codes and are one of the channel coding recommended by ITU to be applied to 5G network systems.

**Keywords:** 5G Channel, Broadband Channel, Polar Channel, Power Delay Profile (PDP)

**How To Cite :** Ni'amah, K., Wahyuningrum, R. D., & Larasati, S. (2022). Broadband Channel Based on Polar Codes At 2.3 GHz Frequency for 5G Networks in Digitalization Era. JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering), 6(1), 247-257.

## I. PENDAHULUAN

Kondisi pandemi COVID 19 menyebabkan semua sektor penunjang perekonomian di dalam negeri maupun luar negeri mengalami kerugian, namun sektor teknologi telekomunikasi justru semakin berkembang sangat pesat serta kebutuhan akan komunikasi mendorong pertumbuhan teknologi khususnya di bidang komunikasi seluler untuk berkembang demi terpenuhinya kebutuhan layanan internet yang mobile. Masyarakat sekarang memiliki kecenderungan untuk memanfaatkan layanan internet dengan kecepatan yang tinggi serta bandwidth yang lebar untuk dapat mengakses layanan seperti Video Streaming, Video Conference dan layanan semacam nya yang membutuhkan koneksi yang stabil serta kehandalan yang tinggi sehingga dibutuhkan layanan komunikasi seluler yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Layanan telekomunikasi internet tersebut akan lebih optimal dengan mulai mengimplementasikan jaringan seluler 5G.

Perkembangan teknologi seluler saat ini sudah mencapai generasi kelima (5G), yang sudah dirilis dari tahun 2020 dan sampai saat sekarang masih terus dilakukan riset untuk implementasi teknologi 5G. Implementasi teknologi 5G tentunya membutuhkan persiapan yang baik dari segi infrastruktur maupun rancangan parameter berdasarkan model kanal broadband (Evander Cristy & Rina Puji Astuti, 2018). Kanal broadband menerapkan sistem pengenalan yang memiliki kanal yang sangat lebar sehingga kapasitas yang dapat ditampung lebih besar jika dibandingkan dengan kanal narrowband yang digunakan pada sistem berkecepatan rendah (Arikan, 2009). Teknologi 5G menggunakan pita spektrum yang sangat tinggi, yaitu menggunakan frekuensi di antara 1 GHz sampai 100 GHz (Admaja & Awangga Febian Surya, 2015). Implementasi frekuensi 5G yang diterapkan di Indonesia adalah 2,3 GHz, maka penelitian ini menggunakan frekuensi tersebut untuk menjadi salah satu parameter inputan pada simulasi kinerja jaringan 5G. Penggunaan frekuensi yang tinggi sangat sensitif terhadap pengaruh alam dan sekitarnya. Faktor yang mempengaruhi redaman pada frekuensi tinggi antara lain suhu, kelembapan, tekanan udara, curah hujan, dan ketebalan vegetasi. Selain dari faktor keadaan alam, salah satu faktor yang tidak kalah penting yaitu human blockage, yang disebabkan oleh adanya hambatan dari manusia yang berada didekat telepon seluler dan hambatan yang disebabkan oleh gedung dan bangunan yang membuat terjadinya shadowing loss dalam beberapa ratus millisecond (Reni Dyah Wahyuningrum et al., 2019).

Penelitian terkait dengan pemodelan kanal pada jaringan 5G sebelumnya telah dilakukan oleh peneliti (Evander Cristy & Rina Puji Astuti, 2018) dimana melakukan pemodelan kanal terhadap pengaruh dedaunan dimana hasilnya menunjukkan bahwa semakin tebal dedaunan pada pohon maka kinerja dari sistem jaringan 5G menjadi lebih buruk dibandingkan tanpa pengaruh ketebalan dari dedaunan pada pohon. Penelitian (Reni Dyah Wahyuningrum et al., 2021) melakukan pemodelan kanal pada jaringan 5G menggunakan frekuensi 3,3 GHz dengan bandwidth 99 MHz dan mengkaji kinerja sistem dengan pengaruh kelembapan di kota Bandung. Teknik multiplexing yang digunakan yaitu OFDM numerology 1 dengan menggunakan channel coding convolutional codes. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kelembapan yang tinggi dapat memperburuk kinerja sistem dan penggunaan convolutional codes dapat mengoptimalkan error pada komunikasi jaringan 5G. Penelitian (Khoirun Ni'amah et al., 2020) suatu performansi kanal pada sistem komunikasi 5G dipengaruhi oleh suhu maksimum dan minimum di suatu kota dan setiap kota mempunyai data parameter environment yang berbeda-beda begitu juga dengan pemilihan coding rate mempengaruhi kinerja dari suatu sistem jaringan 5G. Hasil penelitian ini penggunaan coding rate yang lebih kecil memiliki performansi yang kanal lebih efisien dan optimal pada jaringan 5G.

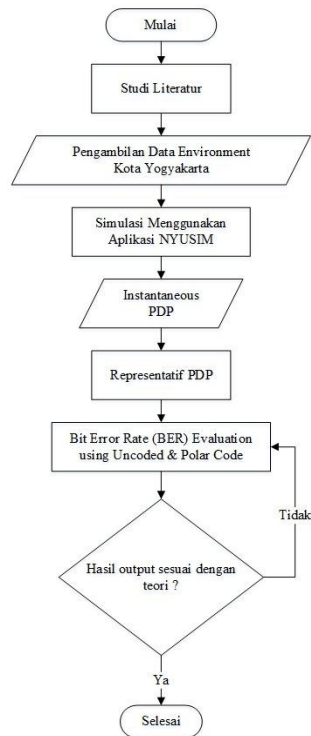
Penelitian (Alfaroby & Nachwan Mufti, 2018) menganalisis kinerja sistem 5G dengan menggunakan channel coding jenis convolutional codes, teknik multiplexing OFDM numerology 2, frekuensi sebesar 28 GHz dan bandwidth 200 MHz yang menghasilkan bahwa kode convolutional mampu memperbaiki kesalahan lebih handal dibandingkan sistem dengan tanpa channel coding. Penelitian (Matsna Nuraini Rahman et al., 2019) menganalisis sistem 5G dengan pengaruh suhu maksimum dan minimum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin meningkat suhu udara maka akan memperburuk kinerja dari sistem jaringan 5G.

Penelitian ini memodelkan kanal broadband jaringan 5G menggunakan frekuensi 2,3 GHz dan penggunaan bandwidth sebesar 99 MHz sesuai dengan yang diterapkan di negara Indonesia. Pada penelitian sebelumnya belum ada yang mengkaji kinerja sistem jaringan 5G dengan melihat pengaruh human blockage, maka pada penelitian ini disempurnakan dengan melihat pengaruh human blockage menggunakan simulator NYUSIM. Pengujian kinerja sistem dilakukan dengan konsep multiplexing OFDM numerology dalam standar jaringan 5G dan ukuran cyclic prefix (CP) sebesar 128 serta menggunakan jenis modulasi BPSK. Performansi dari kanal broadband jaringan 5G dilakukan dengan mengevaluasi parameter Bit Error

Rate (BER) yang diuji dengan menggunakan pengkodean polar yang dapat mengoreksi kesalahan pada pengiriman data sehingga keandalan dari sistem komunikasi seluler 5G dapat meningkat.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu tahap perancangan sistem, tahap simulasi, dan tahap pengujian simulasi serta analisis. Gambar 1 menunjukkan diagram alir memodelkan kanal broadband jaringan 5G pada penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Alir Memodelkan Kanal *Broadband* pada Jaringan 5G.

### A. Perancangan Sistem Model Kanal *Broadband*

Data yang dibutuhkan untuk dapat memodelkan kanal broadband pada jaringan 5G yaitu data environment berupa curah hujan, tekanan udara, suhu dan kelembaban kota Yogyakarta. Data environment ini diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) sebagai parameter inputan pada simulator NYUSIM. Penelitian ini menggunakan frekuensi 2,3 GHz dengan bandwidth sebesar 99 MHz, jarak antara pemancar dan penerima 100 meter dan kanal broadband yang dipengaruhi oleh human blockage untuk komunikasi seluler 5G di daerah Yogyakarta. Data lingkungan diambil dari bulan Januari-Mei dengan nilai suhu rata-rata sebesar 26,5°C, tekanan udara sebesar 990,1 mbar, kelembapan udara sebesar 82,5% dan curah hujan sebesar 10,08 mm/hr yang sudah diperoleh dari BMKG akan menjadi inputan pada simulator dengan mengambil nilai rata-rata setiap parameter lingkungan. Tabel 1 menunjukkan parameter masukan pada simulator NYUSIM.

Tabel 1. Parameter Masukan Simulator NYUSIM

<i>Channel Parameter</i>	<i>Nilai</i>
<i>Frequency (GHz)</i>	2,3 GHz
<i>Radio Frequency (RF) Bandwidth</i>	99 MHz
<i>Scenario</i>	<i>Urban Microcell (UMi)</i>
<i>Environment</i>	<i>Non Line of Sight (NLOS)</i>

<i>Tx Power</i>	30 dBm
<i>Tx-Rx Separation Distance Lower dan Upper Bound</i>	100 meter
Tekanan Udara ( <i>Air pressure</i> )	990,1 mbar
Kelembapan ( <i>Humidity</i> )	82,5 %
Suhu Udara ( <i>Temperature</i> )	26,5°C
Curah Hujan ( <i>Rain Rate</i> )	10,08 mm/hr
<i>Polarization</i>	Co-Pol (Co-Polarization)
<i>Foliage Loss</i>	-
<i>Distance Within Foliage</i>	0 m
<i>Foliage Attenuation</i>	0,4 dB/m
<i>Number of Rx Location</i>	1000

## B. Perancangan Model Kanal Broadband

Instantaneous PDP merupakan PDP sesaat yang bervariasi terhadap delay tertentu dari model kanal dengan skenario human blockage, karena human blockage diprediksi dapat mempengaruhi kinerja sistem dari jaringan 5G (Shihao Ju et al., 2019). Masing – masing percobaan 1000 Rx sehingga diperoleh 1000 Instantaneous PDP yang bertujuan pada akurasi representatif PDP dikarenakan nilai channel akan berubah-ubah terhadap waktu untuk perhiungan kapasitas dan channel (Reni Dyah Wahyuningrum et al., 2022). Berdasarkan simulasi menggunakan simulator dapat dihasilkan instantaneous PDP pada sumbu x menunjukkan delay (ns) pada tiap path dan sumbu y menunjukkan daya (dBm).

Representatif PDP adalah intensitas berasal dari sinyal yang diterima receiver melalui multipath channel dengan waktu delay. Representatif PDP pada penelitian ini adalah hasil – hasil dari perhitungan setelah mendapatkan instantaneous PDP (Hasan & Anwar, 2015). Berikut langkah – langkah yang dilakukan dalam mempresentasikan PDP yang sudah dilakukan pada penelitian (Reni Dyah Wahyuningrum et al., 2021):

1. Pembulatan untuk setiap PDPi dengan rentang pembulatan adalah  $\Delta T \leq 1/B$  penelitian menggunakan *bandwidth* (B) sebesar 99 MHz, oleh karena itu  $\Delta T \approx 10$  ns.
2. Tambahkan semua jalur  $\tau$  tunda waktu yang sama untuk semua PDPi.
3. Menggunakan persentil *Cumulative Distribution Function* (CDF) sebesar 90 dari power semua yang sesuai PDP.
4. Menggunakan threshold -140 dB dari PDP *representative*. Threshold diasumsikan sebagai perangkat sensitifitas 5G NR masa depan di Indonesia.
5. Menggunakan *scaling method* untuk mendapatkan ukuran FFTsize yang dibutuhkan (FFTo<sub>ri</sub>) agar semua *path* yang diperoleh dapat memenuhi persyaratan panjang CP harus lebih besar atau sama dengan total *path* asli ( $Q \geq \Sigma Path_{ori}$ ). Pada penelitian ini menggunakan FFTsize sebesar 128 maka, *scaling method* dihitung dengan (1)

$$\begin{aligned} \Sigma Path_{modif} &= \frac{FFT_{modif}}{FFT_{real}} \cdot PDP_{real} \\ &= \frac{128}{570} \cdot 41 \\ &= 9.20 \approx 9 path \end{aligned} \tag{1}$$

### C. Pengujian Sistem Kanal Broadband Jaringan 5G

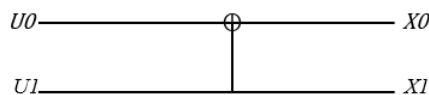
#### 1. Validasi Bit Error Rate (BER)

Dalam transmisi digital, rasio *error* adalah rasio jumlah *bit*, elemen, karakter ataupun blok yang dikirim sepanjang interval waktu tertentu. Jumlah *bit error* ( $\sum Bit_{error}$ ) adalah jumlah *bit* yang diterima yang telah berubah pada saluran komunikasi karena *noise*, *distorsi*, *fading*, *interferensi* atau *bit synchronization redundancy* (Purwita & Anwar, 2016). Persaman (2) untuk menentukan nilai BER.

$$BER = \frac{\sum Bit_{error}}{\sum Bit_{transmitted}} \quad (2)$$

#### 2. Polar Codes

Polar Codes diklarifikasikan dalam linear block codes berdasarkan fenomena yang dikenal sebagai polarisasi kanal. Polar codes pertama kali diketahui mampu mencapai kapasitas Shannon untuk input Binary Discreate Memoryless Channel (BDMC) (A. Sharma, 2017). Gambar 2 menunjukkan struktur polar codes jika memiliki panjang block sebanyak 2 bit.  $U_0, U_1$  merupakan bit yang dikirim yang akan dioperasikan dengan  $X \oplus R$  dan menghasilkan output bit  $X_0, X_1$ . Polar codes menjadi salah satu kandidat channel coding yang digunakan untuk implementasi sistem jaringan 5G (Valerio Bioglio et al., 2020).



Gambar 2. Struktur Polar Code dengan Panjang blok 2 (Kythe & Kythe, 2017)

#### 3. Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

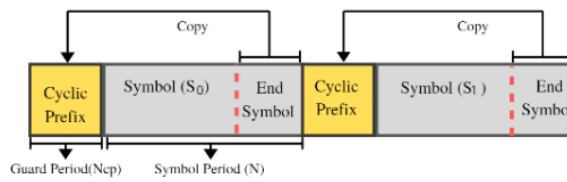
OFDM mempunyai toleransi antar sub channel yang satu dengan yang lainnya tidak saling mengganggu. Setiap data dikirim dengan CP untuk menghindari inter-symbol interference (ISI) dan inter-channel interference (ICI) (Anwar et al., 2019). Penerapan teknologi radio akses 5G NR mempunyai opsi kategori frekuensi dibawah 6 GHz maka dibutuhkan support layanan yang beda. Teknik multiplexing OFDM menjadi salah satu teknik yang direkomendasikan untuk digunakan pada sistem jaringan 5G (PATHURI LAVANYA et al., n.d.). Tetapi OFDM tidak dapat memenuhi kebutuhan dari performansi semua rentang frekuensi yang diimplementasikan sehingga diperlukannya numerology OFDM untuk 5G radio access technology (RAT) yang dikeluarkan oleh 3GPP yang diperlihatkan pada tabel 2. Pada penelitian ini menggunakan OFDM numerology 1 (P.Guan, 2017).

Tabel 2. Numerology OFDM pada 5G

Parameter/Nurmerology ( $\mu$ )	0	1	2	3	4
Subcarrier Spacing (KHz)	15	30	60	120	240
OFDM Symbol Duration ( $\mu s$ )	66.67	33.33	16.67	8.33	4.17
Cylic Prefix Duration ( $\mu s$ )	4.69	2.34	1.17	0.57	0.29
OFDM Symbol incl. CP ( $\mu s$ )	71.35	35.68	17.84	8.92	4.46
Bandwidth minimum (MHz)	4.32	8.64	17.28	34.56	69.12
Bandwidth minimum (MHz)	49.5	99	198	396	397.44

*Cyclic prefix* juga dapat melakukan penggandaan sebagai simbol prefix pada bagian akhir simbol OFDM yang ditunjukkan pada Gambar 3. Dengan adanya *cyclic prefix* dapat menghilangkan inter symbol interference (ISI) dengan syarat durasi CP lebih besar dari *delay spread* atau dengan kata lain panjang CP

diusahakan lebih besar atau sama dengan jumlah *path* dalam *Power Delay Profile* (PDP) agar sistem terbebas dari ISI (J. Yli-Kaainen, 2021).



Gambar 3. Ilustrasi *Cyclic prefix*

#### 4. Modulasi Binary Shift Keying (BPSK)

Modulasi adalah proses perubahan suatu gelombang periodik sehingga menjadikan suatu sinyal mampu membawa suatu informasi (Niramah et al., 2018). Modulasi BPSK merubah bit yang ditransmisikan menjadi bentuk simbol – simbol yang dinyatakan oleh (3) dan (4)

$$S(t) = m(t)c(t) \quad (3)$$

$$S_i(t) = \begin{cases} S_1(t) = -A \cos(2\pi f_c t), & t = 0 \\ S_2(t) = +A \cos(2\pi f_c t), & t = 1 \end{cases} \quad (4)$$

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

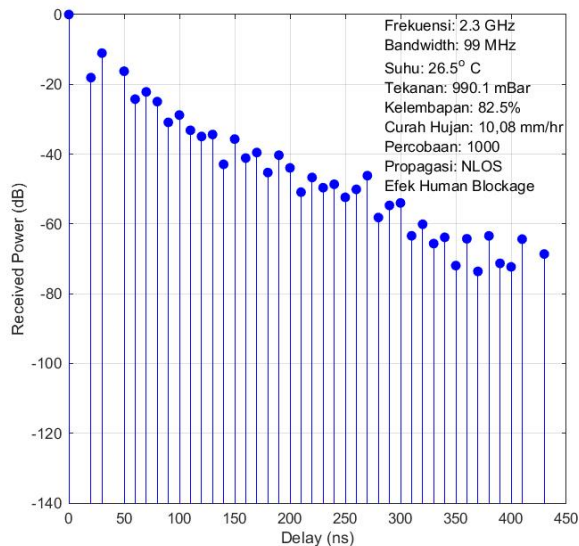
#### A. Kanal Broadband pada Jaringan 5G

Kanal broadband pada jaringan 5G merupakan kanal multipath fading yang disimulasikan menggunakan frekuensi kerja sebesar 2,3 GHz dan bandwidth sebesar 99 MHz. Kanal direpresentasikan dengan Power Delay Profile (PDP) dimana menggunakan skenario kanal yang dipengaruhi oleh human blockage dan kondisi lingkungan sekitar receiver. Parameter lingkungan yang digunakan diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Kota Yogyakarta dari rentang waktu Bulan Januari – Mei 2021. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa nilai rata-rata dari empat bulan yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Rata-rata *Environment*

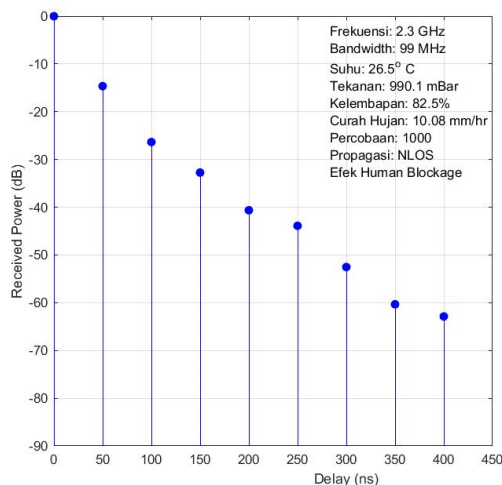
Parameter	Nilai Rata-Rata
Suhu	26,5°C
Kelembapan	82,5 %
Tekanan Udara	990,1 mbar
Curah Hujan	10,08 mm/hr

Hasil data yang diperoleh dari simulasi dengan 1000 receiver pada aplikasi NYUSIM didapatkan instantaneous PDP1 sampai dengan PDP1000 dengan skenario dipengaruhi oleh human blockage, sementara pada penelitian sebelumnya tidak memperhatikan pengaruh dari human blockage pada jaringan 5G. Penelitian ini mendapatkan representatif PDP sejumlah 41 path pada kanal yang dipengaruhi oleh human blockage. Pada setiap path memiliki delay dengan rentang 10 ns yang ditunjukkan pada Gambar 4. Sinyal yang diterima oleh receiver dengan dipengaruhi oleh human blockage ini menimbulkan efek multipath fading yang mengakibatkan sinyal tidak langsung sampai ke receiver.



Gambar 4. *Representative PDP* kanal *broadband* jaringan 5G di pengaruhi *human blockage*.

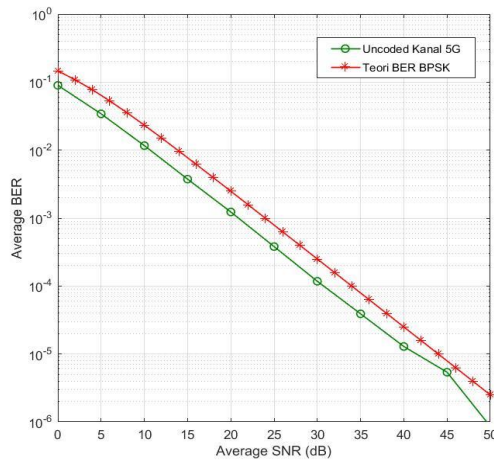
Pada hasil *PDP representative* dengan 41 *path* ini seharusnya membutuhkan FFT sebesar 570, namun pada penelitian ini dibatasi dengan menggunakan ukuran FFT sebesar 128 agar dapat melihat kinerja sistem dari ukuran FFT terkecil, sehingga metode *scalling* dapat digunakan untuk menyesuaikan jumlah *path* pada representatif *PDP*. Gambar 5 menunjukkan *PDP* hasil *scalling* menjadi sejumlah 9 *path*. *Delay* pada *PDP scalling* tiap *path*nya memiliki kelipatan 50 ns.



Gambar 5. *PDP* modifikasi kanal *broadband* jaringan 5G dipengaruhi *human blockage*.

### B. Kinerja BER tanpa Polar Codes (CP-OFDM)

Penelitian ini menganalisis kinerja BER terhadap nilai Signal to Noise ratio (SNR) dengan teknik CP-OFDM atau tanpa kode polar dari kanal broadband jaringan 5G di bawah pengaruh human blockage. Penelitian ini menggunakan coding rate sebesar R=1, ukuran FFT sebesar 128, modulasi BPSK. Gambar 6 menunjukkan kinerja BER tanpa kode polar pada kanal jaringan 5G menggunakan skenario di bawah pengaruh human blockage.

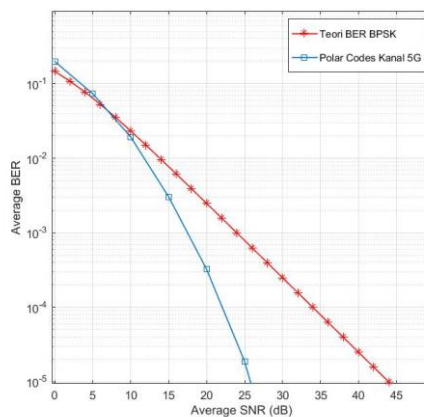


Gambar 6. Perbandingan kinerja BER tanpa kode polar dengan teori BPSK

Hasil dari kinerja teori BER BPSK membutuhkan SNR sebesar 34,5 dB ketika BER sebesar  $10^{-4}$ . Pada saat BER tanpa kode polar sebesar  $10^{-4}$  dengan skenario human blockage membutuhkan SNR sebesar 30 dB. Jadi gap antara kurva kinerja BER tanpa polar pada skenario di bawah pengaruh human blockage dengan kurva teori BER BPSK memiliki rentang SNR sebesar 4,5 dB. Kondisi ini menunjukkan bahwa kinerja BER tanpa kode polar pada skenario di bawah pengaruh human blockage mempunyai hasil kinerja yang lebih bagus dari pada kinerja teori BER BPSK. Hal tersebut dikarenakan adanya penggunaan teknik multiplexing OFDM. Penggunaan teknik multiplexing OFDM ini dapat memperkecil atau menghemat konsumsi daya pada sistem jaringan 5G.

### C. Kinerja BER menggunakan Kode Polar

Penelitian sebelumnya belum mengkaji terkait kinerja BER pada penggunaan kode polar yang dipengaruhi *human blockage*, maka penelitian ini menganalisis kinerja BER terhadap *Signal to Noise ratio* (SNR) dengan teknik pengkodean polar *codes* dari kanal *broadband* jaringan 5G di bawah pengaruh *human blockage*. Penelitian ini menggunakan *coding rate*  $R=1/2$  berbeda dengan tanpa kode polar menggunakan  $R=1$  karena sistem tersebut tidak menggunakan *channel coding*, ukuran FFT sebesar 128, modulasi BPSK, panjang CP sebanyak 9 berdasarkan ketentuan OFDM numerology 1. Pengujian BER dilakukan sebanyak 500.000 iterasi untuk menghasilkan kinerja sistem yang lebih akurat. Penelitian ini membandingkan antara hasil kinerja BER polar *codes* dengan teori BER *fading* BPSK dalam grafik *average Signal to Noise ratio* (SNR) dengan *average BER*. Kurva kinerja BER polar *codes* yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 7 dengan sumbu x adalah *average SNR* dan sumbu y adalah *average BER*. Polar *codes* pada kanal 5G diwakilkan dengan garis biru utuh dengan *marker* kotak, sedangkan teori BER BPSK diwakilkan dengan garis merah utuh *marker* '\*'



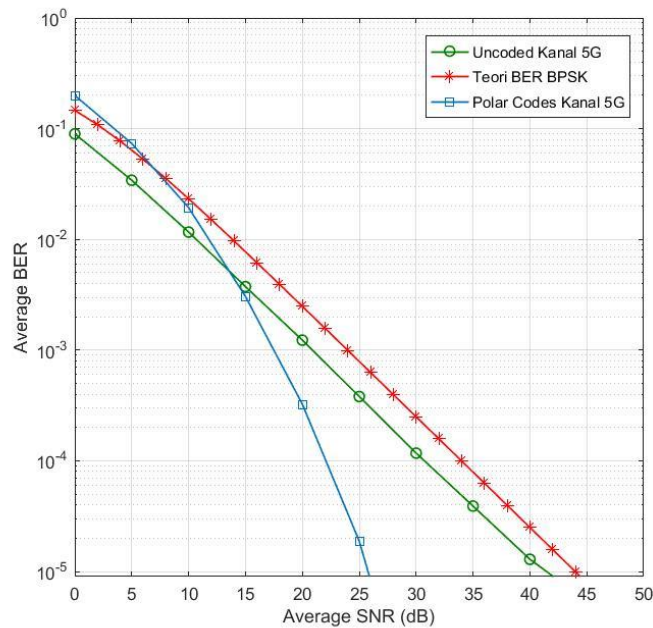
Gambar 7. Perbandingan kinerja BER menggunakan kode polar dengan teori BPSK



Hasil kinerja BER polar codes pada kanal jaringan 5G skenario human blockage. Saat average BER  $10^{-4}$ , hasil kinerja BER polar codes menunjukkan nilai SNR sebesar 23 dB. Sedangkan untuk teori BER BPSK pada saat average BER  $10^{-4}$  nilai SNR sebesar 34,5 dB. Hasil ini menunjukkan bahwa gap antara kurva BER polar codes pada skenario human blockage dengan kurva teori BER BPSK memiliki rentang SNR sebesar 11,5 dB, jika dilihat dari penggunaan average BER yang dibutuhkan pada titik  $10^{-4}$ . Kondisi ini menunjukkan bahwa kinerja BER pada polar codes mempunyai hasil kinerja yang lebih bagus dibandingkan hasil kinerja teori BER BPSK, hal tersebut dikarenakan sistem jaringan 5G telah menggunakan kode polar dengan teknik multiplexing OFDM yang dapat menghindari Intersymbol Intereference (ISI) dan meminimalisir kesalahan informasi pada penerima. Kontribusi pada penelitian ini dapat membuktikan bahwasannya kode polar memiliki kinerja yang bagus sehingga dapat diterapkan pada sistem jaringan 5G.

#### D. Perbandingan Kinerja BER tanpa dan menggunakan Kode Polar

Penelitian ini mengevaluasi dan menampilkan hasil kinerja BER dari kanal jaringan 5G dengan skenario di bawah pengaruh human blockage. Penelitian ini membandingkan antara hasil kinerja BER tanpa kode polar dengan hasil kinerja BER yang sudah ditambahkan channel coding yaitu kode polar. Gambar 8 menunjukkan hasil kurva kinerja BER tanpa kode polar, dengan menggunakan kode polar, dan teori BER BPSK. Sumbu x mewakili average SNR dari 0 – 50 dB dan sumbu y mewakili average BER dari  $10^0$  –  $10^{-5}$ . Dalam kurva tersebut dimana masing - masing memiliki nilai average SNR yang berbeda-beda. Garis merah utuh dengan marker '\*' mewakili teori BER BPSK, garis hijau utuh dengan marker bulat mewakili grafik BER tanpa kode polar, dan garis biru utuh dengan marker kotak mewakili grafik BER polar codes.



Gambar 8. Perbandingan Kinerja BER tanpa dan menggunakan Kode Polar

Hasil perbandingan kinerja BER CP-OFDM tanpa kode polar (uncoded) dan menggunakan kode polar pada skenario di bawah pengaruh human blockage ketika average BER  $10^{-4}$ , hasil kinerja BER tanpa kode polar menunjukkan nilai average SNR sebesar 30 dB. Sedangkan untuk hasil kinerja BER menggunakan polar codes pada saat mencapai titik average BER  $10^{-4}$ , menunjukkan nilai average SNR sebesar 23 dB. Hasil ini menunjukkan bahwa gap antara kurva BER tanpa kode polar dan kode polar pada titik BER  $10^{-4}$  memiliki rentang SNR sebesar 7 dB. Kondisi ini menunjukkan bahwa hasil kinerja BER dengan polar codes lebih bagus dibandingkan hasil kinerja BER tanpa kode polar. Kinerja BER dengan penambahan channel coding yaitu polar codes mampu untuk menghemat atau memperkecil nilai SNR dibandingkan kinerja BER tanpa kode polar dan teori BER BPSK. Polar codes merupakan jenis strong coding yang dapat menghemat SNR dan mengurangi kesalahan (error) sehingga dapat diterapkan pada sistem jaringan 5G.

#### IV. SIMPULAN

Penelitian ini memodelkan kanal *broadband* pada jaringan 5G untuk melihat pengaruhnya terhadap human blockage baik menggunakan kode polar maupun tanpa kode polar (uncoded). Kanal broadband menunjukkan bahwa pada average BER 10<sup>-4</sup>, hasil kinerja BER tanpa kode polar membutuhkan nilai SNR sebesar 30 dB. Sedangkan untuk hasil kinerja BER menggunakan kode polar membutuhkan nilai SNR sebesar 23 dB. Hasil kinerja pada BER teori BPSK sebesar 34,5 dB. Hasil ini menunjukkan bahwa gap antara kurva kinerja BER tanpa kode polar dan BER polar codes memiliki rentang SNR sebesar 7 dB. Kondisi ini menunjukkan bahwa hasil kinerja BER menggunakan kode polar lebih bagus dibandingkan hasil kinerja BER tanpa kode polar. Hal ini dikarenakan kinerja BER kode polar sudah ada penambahan channel coding yaitu polar codes yang berguna untuk memperkecil nilai SNR dan dapat mengurangi error dibandingkan hasil kinerja tanpa kode polar dan teori BER BPSK. Penelitian ini masih memerlukan pengembangan evaluasi sistem pada modulasi selain BPSK pada polar codes.

#### V. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi yang telah mendukung penuh penelitian ini melalui hibah penelitian skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun anggaran 2022.

#### DAFTAR PUSTAKA

- A. Sharma. (2017). Polar Code: The Channel Code Contender for 5G Scenarios. *Journal of Communication*, 676–682.
- Admaja & Awangga Febian Surya. (2015). Kajian Awal 5G Indonesia (5G Indonesia Early Preview). *Buletin Pos Dan Telekomunikasi*, 97–114.
- Alfaroby, & Nachwan Mufti. (2018). Study on channel model for Indonesia 5G networks. *International Conference on Signals and Systems (ICSigSys)*.
- Anwar, K., Christy, E., & Astuti, R. P. (2019). Indonesia 5G Channel Model Under Foliage Effect [Model Kanal 5G Indonesia dengan Pengaruh Dedaunan]. *Buletin Pos Dan Telekomunikasi*, 17(2), 75. <https://doi.org/10.17933/bpostel.2019.170201>
- Arikan, E. (2009). Channel Polarization: A Method for Constructing Capacity-Achieving Codes for Symmetric Binary-Input Memoryless Channels. *IEEE Transactions on Information Theory*, 55(7), 3051–3073. <https://doi.org/10.1109/TIT.2009.2021379>
- Evander Cristy, & Rina Puji Astuti, K. A. (2018). Telkom University 5G Channel Model Under Foliage Effect and Their Performance Evaluations. *International Conference on ICT for Rural Development (IC-ICTRuDev)*.
- Hasan, M. N., & Anwar, K. (2015). Massive uncoordinated multiway relay networks with simultaneous detections. *2015 IEEE International Conference on Communication Workshop (ICCW)*, 2175–2180. <https://doi.org/10.1109/ICCW.2015.7247504>
- J. Yli-Kaakinen. (2021). Frequency-Domain Signal Processing for Spectrally-Enhanced CP-OFDM Waveforms in 5G New Radio. *IEEE Trans. Wirel. Communication*, 1–7.
- Khoirun Ni'amah, Shelly Nurjannah, & Achmad Rizal Danisya. (2020). Model Kanal 5G Frekuensi 28 GHz dengan Pengaruh Suhu di Kota Yogyakarta. *ELKOMIKA*, 8(2), 276–287.
- Kythe, D. K., & Kythe, P. K. (2017). *Algebraic and Stochastic Coding Theory* (0 ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11707>
- Matsna Nuraini Rahman, Khoirul Anwar, & Levy Olivia Nur. (2019). Indonesia 5G Channel Model Considering Temperature Effects at 28 GHz. *2019 Symposium on Future Telecommunication Technologies (SOFTT)*. <https://doi.org/10.1109/SOFTT48120.2019.9068606>
- Niramah, K., Ramatryana, I. N. A., & Anwar, K. (2018). Coded Random Access Prioritizing Human Over Machines for Future IoT Networks. *2018 2nd International Conference on Telematics and Future Generation Networks (TAFGEN)*, 19–24. <https://doi.org/10.1109/TAFGEN.2018.8580480>
- PATHURI LAVANYA, PENKE SATYANARAYANA, & AFAQ AHMAD. (n.d.). Suitability of OFDM in 5G Waveform—A Review. *Oriental Journal of Computer Science and Technology*, 12(3), 66–75.

- P.Guan. (2017). 5G field trials: OFDM-based waveforms and mixed numerologies. *IEEE J. Sel. Areas Communication*, 35(6), 1234–1243.
- Purwita, A., & Anwar, K. (2016). Massive Multiway Relay Networks Applying Coded Random Access. *IEEE Transactions on Communications*, 1–1. <https://doi.org/10.1109/TCOMM.2016.2600562>
- Reni Dyah Wahyuningrum, Dikko Pramudya, & Indah Permatasari. (2022). 5G Channel Model Under the Effect of Human Blockage at 3.5 GHz Frequency. *Journal of Computer Engineering, System and Science*, 7(1), 31–42. <https://doi.org/10.24114/cess.v7i1.27291>
- Reni Dyah Wahyuningrum, Khoirul Anwar, & Levy Olivia. (2019). Humidity Effect to The Indonesia 5G Channel Model at 3.3 GHz. *Symposium on Future Telecommunication Technologies (SOFTT)*.
- Reni Dyah Wahyuningrum, Khoirun Ni'amah, & Solichah Larasati. (2021). Model Kanal 5G dengan Pengaruh Kelembaban pada Frekuensi 3,3 GHz dan Bandwidth 99 MHz Berbasis Convolutional Codes. *ELKOMIKA*, 9(4), 878–887.
- Shihao Ju, Ojas Kanhere, & Theodore S. Rappaport. (2019). A Millimeter-Wave Channel Simulator NYUSIM with Spatial Consistency and Human Blockage. *2019 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, 1–6.
- Valerio Bioglio, Carlo Condo, & Ingmar Land. (2020). Design of Polar Codes in 5G New Radio. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 23(1), 29–40. <https://doi.org/10.1109/COMST.2020.2967127>