



Pengaruh *Human Blockage* pada Model Kanal 5G dengan Frekuensi 28 GHz

Reni Dyah Wahyuningrum*, Feni Periwanti Saragih, M. Lukman Leksono

*Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Telkom Purwokerto,
Jl. DI Panjaitan No.128, Karangreja, Purwokerto Kidul, Kec. Purwokerto Sel., Kabupaten
Banyumas, Jawa Tengah 53147*

*Email Penulis Koresponden: reni@ittelkom-pwt.ac.id

Abstrak:

Teknologi generasi kelima (5G) diimplementasikan di Indonesia pada tahun 2021. Penggunaan frekuensi tinggi pada 5G yang mengakibatkan teknologi sensitif terhadap pengaruh disekitar pengirim dan penerima seperti pengaruh *human blockage*. Penelitian ini menguji model kanal 5G dengan dan tanpa pengaruh *human blockage* pada frekuensi 28 GHz, *bandwidth* 198 MHz, modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK), dan sistem *Cyclic Prefix-Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (CP-OFDM). Hasil menunjukkan model kanal 5G dengan dan tanpa pengaruh *human blockage* memiliki *Power Delay Profile* (PDP) *representative* sejumlah 39 *path*. Hasil kinerja *outage performances* menunjukkan bahwa kondisi kanal tanpa pengaruh *human blockage* memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan pengaruh *human blockage*, karena memiliki gap sebesar 0,2 dB. Pada hasil analisis kinerja *Frame Error Rate* (FER) gap antara kurva kinerja (FER) dan *outage performances* pada dua skenario memiliki rentang gap sebesar 21,2 dB. Penelitian ini juga menganalisis kinerja *Bit Error Rate* (BER) dengan gap antara BER pada skenario dengan dan tanpa *human blockage* dengan kurva teori BER fading QPSK memiliki rentang SNR sebesar 1,8 – 2 dB. Penelitian ini menunjukkan bahwa pada model kanal 5G di frekuensi 28 GHz dengan *human blockage* tidak akan mempengaruhi kinerja sistem 5G. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi pada perkembangan 5G di Indonesia.

This is an open access article under the [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license



Kata Kunci:

5G;
Model kanal;
Human blockage;
PDP;
Outage Performances;

Riwayat Artikel:

Diserahkan 4 Oktober 2021
Direvisi 9 Januari 2022
Diterima 9 Februari 2022
Dipublikasi 18 Agustus 2022

DOI:

10.22441/incomtech.v12i2.13501

1. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya teknologi dari generasi satu sampai kelima yang sangat cepat dan kebutuhan manusia akan internet semakin meningkat, oleh karena

itu generasi kelima (5G) diluncurkan pada tahun 2021. Teknologi 5G dibekali dengan kecepatan data hingga 20 Gbps [1]. Teknologi 5G menggunakan frekuensi tinggi diantaranya 1 GHz sampai dengan 28 GHz. Pada teknologi 5G ini mendukung beberapa skenario yang ditunjukkan pada segitiga *usage scenario International Telecommunication Union (ITU)* diantaranya *enhanced mobile broadband (eMBB)*, *ultra-reliable and low latency communications (URLLC)*, dan *massive machine type communications (mMTC)*[2].

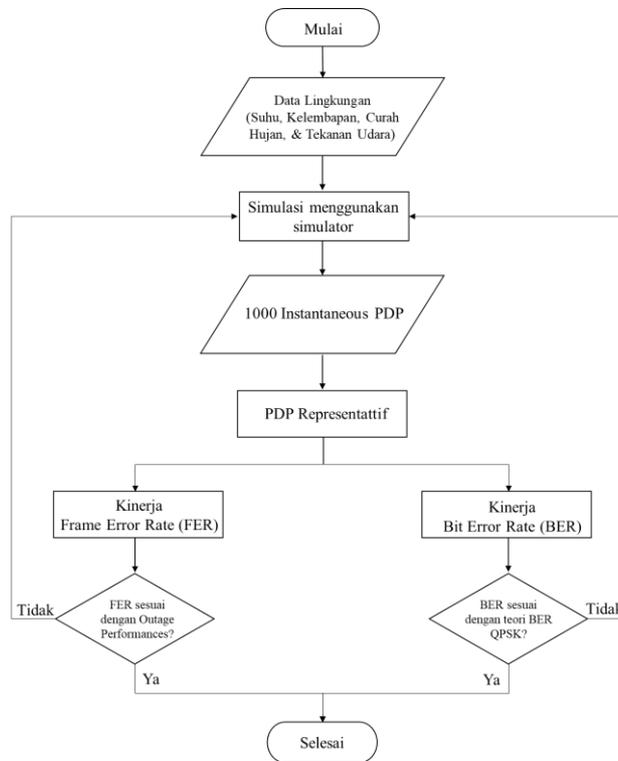
Teknologi 5G memiliki keterbatasan dari pita spektrum frekuensi yang tersedia untuk kebutuhan komunikasi nirkabel seluler (2G, 3G, dan 4G) yang menjadi salah satu faktor pendorong untuk penentuan mencari pita frekuensi yang baru untuk komunikasi nirkabel 5G [3]. Frekuensi tinggi yang sensitif terhadap pengaruh alam dan sekitarnya. Faktor yang mempengaruhi redaman pada frekuensi tinggi antara lain suhu [4], kelembapan [5], tekanan udara, curah hujan, dan ketebalan vegetasi [6]. Selain perbedaan dari keadaan alam, salah satu faktor yang harus diperhatikan juga adalah pengaruh *human blockage*. *Human blockage* disebabkan oleh adanya hambatan contohnya ada manusia yang didekat telepon seluler atau ada hambatan yang disebabkan oleh banyaknya manusia yang membuat terjadinya *shadowing loss* dalam beberapa ratus *milliseconds* [7], [8].

Oleh karena itu, penelitian memodelkan kanal menggunakan frekuensi sebesar 28 GHz, *bandwidth* sebesar 198 MHz dengan dan tanpa pengaruh *human blockage*. Kemudian menghitung dan mengevaluasi *outage performances* dari kanal 5G yang divalidasi menggunakan *Frame Error Rate (FER)* dan *bit-error rate (BER)*. Pengujian ini dilakukan dengan konsep OFDM *Numerology 2* dalam standar 5G dengan ukuran *Cyclic Prefix (CP)* dan modulasi *Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)*.

2. METODE

Penelitian ini mengusulkan skenario pengujian untuk menganalisis performansi dari OFDM *Numerology 2* pada sistem 5G dengan dan tanpa pengaruh *human blockage* yang ditunjukkan pada Gambar 1. Langkah pertama adalah mencari dan mengumpulkan data parameter lingkungan (suhu, kelembapan, curah hujan, dan tekanan udara) melalui data BMKG Jakarta. Kedua, simulasi menggunakan simulator dengan parameter masukan lingkungan, frekuensi 28 GHz, dan *bandwidth* sebesar 198 MHz dengan dan tanpa pengaruh *human blockage*. Ketiga, mendapatkan 1000 *instantaneous PDP* yang didapatkan dari simulasi. Keempat, perhitungan CDF dengan persentil 90 dari daya yang diterima di *receiver*. Kelima, *representative PDP* dengan dan tanpa pengaruh *human blockage* didapatkan dengan melakukan perhitungan *threshold*. Keenam, *outage performances* yang diperoleh akan dibandingkan diantara pengaruh dan tanpa *human blockage*. Langkah terakhir adalah, memvalidasi kinerja dengan mempertimbangkan

penggunaan ukuran FTT sebesar 128, R=1, modulasi QPSK, dan dengan CP-OFDM Numerology 2 [9].



Gambar 1. Alur Penelitian

2.1 Data Lingkungan

Parameter lingkungan seperti tekanan udara, kelembapan, suhu udara, dan *rain rate* didapat dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Stasiun Meteorologi Kemayoran, DKI Jakarta. Data periode rata-rata 1 Januari 2021 sampai 31 Mei 2021. Data parameter tersebut merupakan data rata-rata harian yang ditunjukkan pada Tabel 1. Selain parameter lingkungan, penelitian ini menggunakan frekuensi sebesar 28 GHz, *bandwidth* sebesar 198 MHz, skenario *Urban Micro* (UMi), jarak antar pemancar dan penerima diasumsikan sejauh 250 meter, kondisi *non line of sight* (NLOS), dengan dan tanpa pengaruh *human blockage*. Keluaran dari simulator adalah *instantaneous* PDP yang terdiri dari daya dan *delay* untuk setiap *path*. Penelitian ini melakukan 1000 kali percobaan *instantaneous* PDP untuk digunakan dalam penentuan *representative* PDP.

Tabel 1. Parameter Lingkungan

| Parameter | Nilai Rata-Rata |
|------------------|-----------------|
| Tekanan udara | 1008.84 mbar |
| Kelembaban udara | 47 % |
| Temperatur | 29.22 °C |
| Curah hujan | 8.073 mm/h |

2.2 Instantaneous Power Delay Profile (PDP)

Instantaneous PDP merupakan PDP sesaat yang dapat bervariasi terhadap waktu [10]. *Instantaneous* PDP dari model kanal dengan dan tanpa pengaruh *human blockage* dengan masing-masing percobaan 1000 Rx atau diasumsikan adanya 1000 penerima berada dekat dengan *transmitter*. Sehingga diperoleh 1000 *instantaneous* PDP (PDP_i) yang bertujuan pada akurasi *representative* PDP dikarenakan nilai kanal akan berubah-ubah terhadap waktu untuk perhitungan kapasitas dari kanal [11].

2.3 Representative PDP

PDP merepresentasikan daya rata-rata sebagai fungsi *delay* propagasi akibat *multipath delay* yang dialami kanal. Daya yang diterima dan dispersifitas *multipath* dalam saluran nirkabel (*wireless*) dapat diprediksi berdasarkan nilai PDP. Kanal dapat mengalami *multipath* akibat adanya refleksi (*reflection*), pembiasan (*refraction*), dan hamburan (*scattering*) sehingga menyebabkan interferensi [12].

Representative PDP adalah hasil-hasil dari perhitungan setelah mendapatkan *instantaneous* PDP dengan efek iklim kondisi alam dan dengan efek *human blockage* dari model kanal. Berikut adalah langkah-langkah yang digunakan untuk mendapatkan *representative* PDP yang sudah dilakukan pada penelitian:

1. Pembulatan *delay* pada PDPi dengan rentang pembulatan adalah $\Delta T \leq 1/B$, oleh karena itu $\Delta T \approx 5$ ns.
2. Tambahkan semua daya pada τ *delay* dengan waktu yang sama untuk semua PDPi.
3. Gunakan persentil CDF sebesar 90 dari semua daya yang sesuai PDP sebagai perwakilan daya yang sesuai.
4. Ambil *threshold* -140 dB dari *representative* PDP. *Threshold* diasumsikan sebagai perangkat sensitifitas 5G NR di Indonesia.
5. Lakukan metode penskalaan dengan ukuran FFT yang digunakan (FFT_{sim}) pada penelitian ini sebesar 128 sehingga mempertimbangkan ukuran FFT yang sebenarnya diperlukan (FFT_{ori}). Semua kanal yang diperoleh dapat memenuhi persyaratan bahwa CP panjangnya harus lebih besar atau sama dengan *path* asli ($Q \geq \sum Path_{ori}$). Perhitungan metode penskalaan dapat dinyatakan pada Persamaan 1.

$$\sum Path_{sim} = \frac{FFT_{sim}}{FFT_{ori}} \cdot \sum Path_{ori} \quad (1)$$

6. Normalisasi $Path_{ori}$ dan $Path_{sim}$ untuk mendapatkan *representative* PDP.

2.4 Outage Performances

Hasil CDF dari kapasitas kanal akan digunakan untuk memperkirakan *outage performances* dari kanal 5G Indonesia. *Outage performances* dapat diketahui dengan menghitung dan mengevaluasi *outage probability* yang diperoleh. *Outage*

probability P_{outage} adalah probabilitas ketika kapasitas kanal C di bawah coding rate R dan dinyatakan sebagai $P_{outage} = P_r(R > C)$.

Outage probability membuktikan bahwa jika $R \leq C$, maka transmisi informasi dinyatakan berhasil dengan probabilitas kesalahan (*error probability*) mendekati nol ($P_{error} \rightarrow 0$) [13]. *Outage probability* juga mengindikasikan probabilitas kesalahan deteksi pada sistem 5G NR. Kapasitas kanal dapat dihitung dengan Persamaan 2 [14].

$$P_{outage}(R) = P_r\left(R > \sum_{n=1}^N \log_2\left(1 + |\psi_n|^2 \cdot \frac{S}{N_n}\right)\right), \quad (2)$$

dengan S adalah sinyal data yang ditransmisikan dan N_n adalah *noise* yang bervariasi pada kanal *multipath fading*.

2.5 Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)

Modulasi QPSK merupakan pengembangan dari modulasi PSK dan BPSK. QPSK sering digunakan sebagai menggandakan data rate dibandingkan dengan BPSK, dengan tetap menjaga *bandwidth* yang sama dari sinyal dan menjaga tingkat data BPSK akan tetapi mengurangi separuh *bandwidth* yang dibutuhkan. QPSK bisa mentransmisikan dua kali tingkat data dalam *bandwidth* yang diberikan dibandingkan dengan BPSK pada BER yang sama. QPSK mempunyai empat bentuk sinyal termodulasi dan didapatkan dari empat macam sinyal masukan yang berbeda-beda diantaranya adalah 00, 01, 11, dan 10 [15].

2.6 Frame Error Rate (FER)

Perhitungan dan analisis pada *Frame Error Rate* (FER) dalam penelitian ini berdasarkan pada sistem *outage performances* dan QPSK. Dimana jumlah *frame* yang *error* dibagi dengan jumlah yang ditransmisikan. *Frame* dianggap *error* ketika terdapat setidaknya satu bit dalam *frame* tersebut yang *error*. *Outage performances* dari kanal dengan dan tanpa pengaruh *human blockage* dapat divalidasi menggunakan kurva FER yang diperoleh.

2.7 Bit Error Rate (BER)

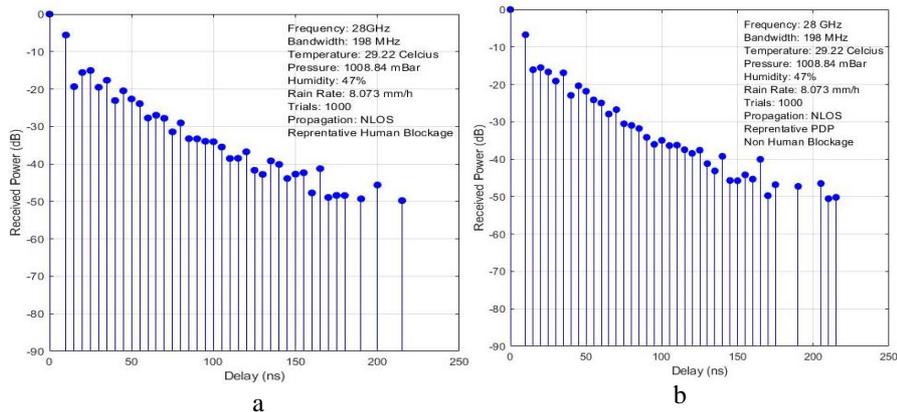
Perhitungan dan analisis *Bit Error Rate* (BER) dalam penelitian ini berdasarkan modulasi QPSK. Dimana bit *error* adalah jumlah bit yang *error* dan bit *transmitted* adalah jumlah bit yang di transmisikan. Kinerja BER pada kanal *multipath fading* akan lebih baik dibandingkan kanal *single path*. Selain itu, kinerja BER dari model kanal 5G untuk modulasi dan QPSK terhadap dengan dan tanpa pengaruh *human blockage* dianggap benar jika kurva BER memiliki gradien yang sama dengan kurva teori dari BER *fading* pada modulasi QPSK.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini menunjukkan hasil dari model kanal 5G dengan dan tanpa pengaruh *human blockage*. Bagian ini juga menganalisis *representative PDP*, *outage performances* dari kanal 5G dengan dan tanpa pengaruh *human blockage* beserta validasinya menggunakan parameter FER dan BER.

3.1 Model Kanal 5G dengan dan tanpa *Human blockage*

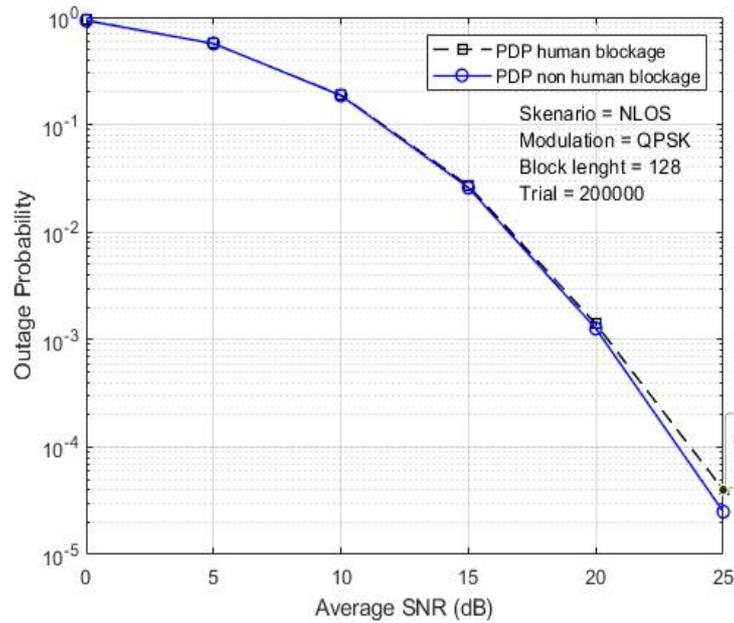
Penelitian ini menggunakan 1000 data penerima pada frekuensi 28 GHz dan *bandwidth* 198 MHz. **Gambar 2a** menunjukkan *representative Power Delay Profile* (PDP) dengan pengaruh *human blockage* memiliki 39 *path*. Tiap *path* memiliki interval *delay* 5 ns. **Gambar 2b** menunjukkan *representative* PDP tanpa pengaruh *human blockage* memiliki 39 *path* dengan interval *delay* 5 ns. Hasil *representative* PDP menunjukkan bahwa model kanal 5G tanpa pengaruh *human blockage* memiliki daya yang lebih besar dibandingkan pada daya-daya dengan pengaruh *human blockage*.



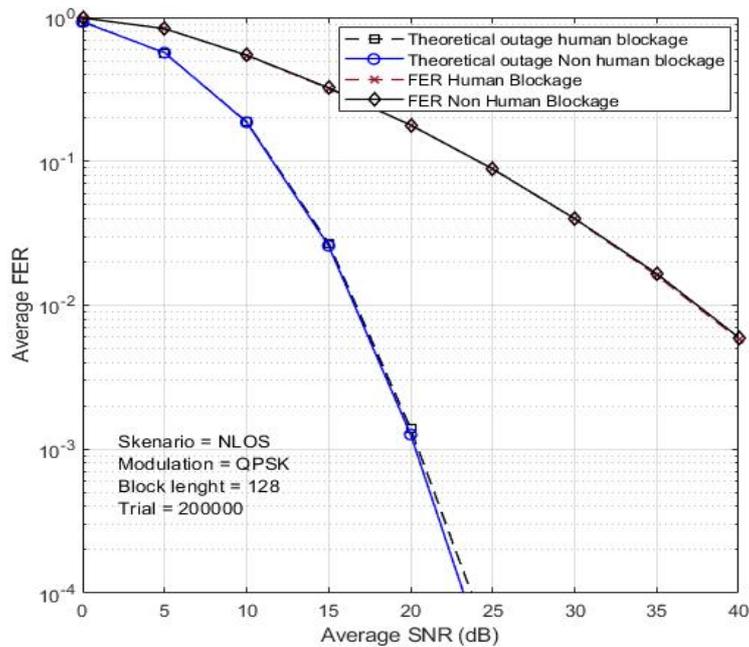
Gambar 2. *Representatives* PDP: a. dengan Pengaruh *Human Blockage*, b. Tanpa Pengaruh *Human Blockage*

3.2 Outage Performances

Perhitungan *outage performances* dilakukan setelah proses evaluasi pada hasil PDP *representative* dengan dan tanpa pengaruh *human blockage*. *Outage performances* diperoleh dari perhitungan kapasitas kanal yang mempunyai nilai di bawah *coding rate* (R). Pada penelitian ini menggunakan 200.000 percobaan pada R=1. **Gambar 3** menunjukkan hasil perbandingan *outage performances* dengan dan tanpa pengaruh *human blockage*. Pada *outage performances* dengan pengaruh *human blockage* direpresentasikan garis utuh dengan penanda bulat, saat *outage probability* mencapai 10^{-2} dibutuhkan SNR sebesar 16,8 dB. Tanpa pengaruh *human blockage* diwakilkan dengan garis putus-putus dan bertanda *diamond*, saat *outage probability* mencapai 10^{-2} dibutuhkan SNR sebesar 16,6 dB. Selisih SNR antara dengan dan tanpa pengaruh *human blockage* sebesar 0,2 dB. Hasil menunjukkan bahwa *outage performances* tanpa pengaruh *human blockage* memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan *outage performances* dengan *human blockage*. Maka, *human blockage* pada frekuensi 28 GHz tidak akan berpengaruh buruk pada kinerja sistem 5G.



Gambar 3. *Outage Performances* dengan dan tanpa Pengaruh *Human Blockage*



Gambar 4. Kinerja FER dengan dan tanpa Pengaruh *Human Blockage*

3.3 Kinerja FER

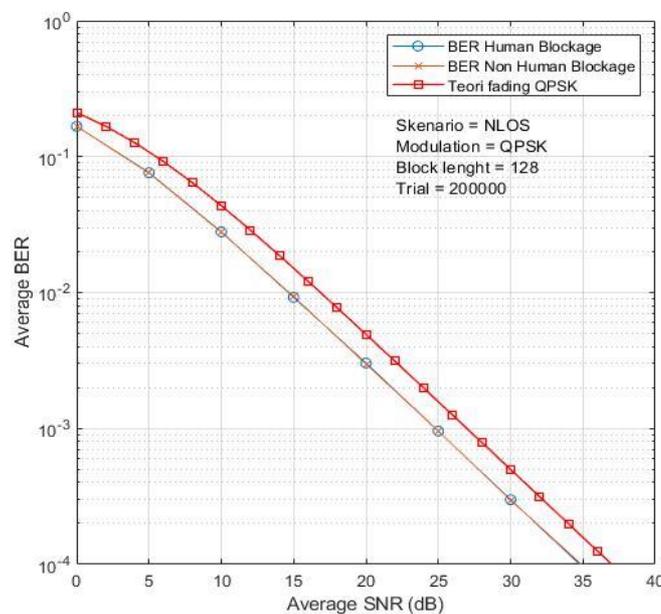
Kinerja FER pada penelitian ini dilakukan dengan mengevaluasi dan memvalidasi *outage performance* dari kanal 5G dengan kinerja FER dari kanal dengan dan tanpa *human blockage*. Kinerja FER dievaluasi dengan menggunakan

FTTsize sebesar 128, percobaan sebanyak 200.000 iterasi, serta menggunakan CP-OFDM Numerology 2 dengan R=1, dan modulasi QPSK.

Gambar 4 menunjukkan kinerja FER dengan dan tanpa pengaruh *human blockage*, dimana sumbu x merupakan *average SNR* dalam dB dan sumbu y merupakan *average FER*. Pengujian dilakukan pada SNR 0 sampai 40 dB. Pada saat FER mencapai 10^{-2} , untuk pengaruh *human blockage* memerlukan SNR sebesar 38 dB dan SNR sebesar 37,5 dB tanpa *human blockage*. Gap antara dengan dan tanpa pengaruh *human blockage* sebesar 0,5 dB. Hasil menunjukkan bahwa kinerja FER tanpa pengaruh *human blockage* memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan pengaruh *human blockage*. Tetapi, FER CP-OFDM (*uncoded*) dengan *outage performances* memiliki gap SNR sebesar 21,2 dB. Hal tersebut membuktikan bahwa *uncoded* kurang dapat meminimalkan *error* karena memiliki gap yang cukup besar. Sehingga dibutuhkan *strong codes* (*convolutional codes, repetition codes, polar codes*) untuk meminimalkan *error*.

3.4 Kinerja BER

Penelitian ini juga menampilkan kinerja BER dari kanal 5G dengan dan tanpa pengaruh *human blockage* yang ditunjukkan pada Gambar 5. Kinerja BER dihitung dengan menggunakan FTT size sebesar 128 menggunakan *trial* sebanyak 200.000 iterasi. Gambar 5 menunjukkan kinerja BER dengan dan tanpa pengaruh *human*



Gambar 5. Kinerja BER dengan dan Tanpa Pengaruh *Human Blockage*

blockage yang dibandingkan dengan BER *fading* QPSK yang diwakilkan dengan garis merah *marker square*, dimana sumbu x merupakan *average SNR* dalam dB dan sumbu y merupakan *average BER*. Pengujian dilakukan pada SNR 0 sampai 37 dB. Pada saat BER mencapai 10^{-3} , untuk pengaruh *human blockage* memerlukan SNR sebesar 25,2 dB, SNR sebesar 25 dB tanpa *human blockage*, dan SNR sebesar 27 dB untuk teori *fading* QPSK. Gap antara dengan dan tanpa pengaruh *human*

blockage sebesar 0,2 dB, sedangkan gap antara teori *fading* QPSK sebesar 1,8 – 2 dB. Hal tersebut menunjukkan bahwa kinerja BER tanpa *channel coding codes* belum mampu meminimalkan *error*. Kinerja BER pada kanal 5G dapat diperbaiki dengan cara menggunakan *channel coding* pada sistem, seperti *Low-Density-Parity-Check* (LDPC) *Codes* atau *Polar Codes* agar hasil kinerja BER yang didapatkan menjadi lebih baik.

4. KESIMPULAN

Pada model kanal 5G dengan dan tanpa pengaruh *human blockage* memiliki PDP *representative* masing-masing sejumlah 39 *path*. Pada hasil kinerja *outage performance* ini menunjukkan bahwa kondisi kanal tanpa pengaruh *human blockage* memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan pengaruh *human blockage*, karena memiliki gap sebesar 0,2 dB dari hasil *outage performances* pada $R=1$. Hasil kinerja FER dan BER menunjukkan bahwa tanpa pengaruh *human blockage* memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan pengaruh *human blockage* dan dibutuhkan *strong codes* untuk meminimalkan *error* yang terjadi pada sistem 5G, seperti LDPC atau *polar codes*. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk perkembangan 5G di Indonesia.

REFERENSI

- [1] M. Tercero, "5G systems: The mmMAGIC project perspective on Use cases and Challenges between 6-100 GHz," hlm. 6.
- [2] E. M. Alfaroby, N. M. Adriansyah, dan K. Anwar, "Study on channel model for Indonesia 5G networks," dalam *2018 International Conference on Signals and Systems (ICSigSys)*, Bali, Mei 2018, hlm. 125–130. doi: 10.1109/ICSIGSYS.2018.8372650.
- [3] A. F. S. Admaja, "Kajian Awal 5G Indonesia (5G Indonesia Early Preview)," *Bul. Pos Dan Telekomun.*, vol. 13, no. 2, hlm. 97, Des 2015, doi: 10.17933/bpostal.2015.130201.
- [4] M. N. Rahman dan K. Anwar, "Outage performances of 5G Channel Model Considering Temperature Effects at 28 GHz," hlm. 2, 2018.
- [5] R. D. Wahyuningrum, K. Anwar, dan L. O. Nur, "Humidity Effect to The Indonesia 5G Channel Model at 3.3 GHz," dalam *2019 Symposium on Future Telecommunication Technologies (SOFTT)*, Kuala Lumpur, Malaysia, Nov 2019, hlm. 1–5. doi: 10.1109/SOFTT48120.2019.9068649.
- [6] E. Christy, R. P. Astuti, dan K. Anwar, "Telkom University 5G Channel Models Under Foliage Effect and Their Performance Evaluations," dalam *2018 International Conference on ICT for Rural Development (IC-ICTRuDev)*, Badung Regency, Indonesia, Okt 2018, hlm. 29–34. doi: 10.1109/ICICTR.2018.8706848.
- [7] S. Ju, O. Kanhere, Y. Xing, dan T. S. Rappaport, "A Millimeter-Wave Channel Simulator NYUSIM with Spatial Consistency and *Human blockage*," *ArXiv190809762 Cs Eess Math*, Agu 2019, Diakses: Agu 18, 2021. [Daring]. Tersedia pada: <http://arxiv.org/abs/1908.09762>
- [8] M. Gapeyenko *dkk.*, "Analysis of Human-Body Blockage in Urban Millimeter-Wave Cellular Communications," *ArXiv160404743 Cs*, Apr 2016, Diakses: Agu 18, 2021. [Daring]. Tersedia pada: <http://arxiv.org/abs/1604.04743>
- [9] A. A. Zaidi, R. Baldemair, V. Moles-Cases, N. He, K. Werner, dan A. Cedergren, "OFDM Numerology Design for 5G New Radio to Support IoT, eMBB, and MBSFN," *IEEE Commun. Stand. Mag.*, vol. 2, no. 2, hlm. 78–83, Jun 2018, doi: 10.1109/MCOMSTD.2018.1700021.
- [10] B. Alfaresi, Z. Nawawi, R. F. Malik, K. Anwar, dan L. O. Nur, "HUMIDITY EFFECT TO 5G PERFORMANCES UNDER PALEMBANG CHANNEL MODEL AT 28 GHZ," *SINERGI*, vol. 24, no. 1, hlm. 49, Jan 2020, doi: 10.22441/sinergi.2020.1.007.

- [11] A. F. Molisch, *Wireless communications*, 2nd ed. Chichester, West Sussex, U.K: Wiley : IEEE, 2011.
- [12] C.-X. Wang, J. Bian, J. Sun, W. Zhang, dan M. Zhang, "A Survey of 5G Channel Measurements and Models," *IEEE Commun. Surv. Tutor.*, vol. 20, no. 4, hlm. 3142–3168, 2018, doi: 10.1109/COMST.2018.2862141.
- [13] M. Viswanathan, "SIMULATION OF DIGITAL COMMUNICATION SYSTEMS USING MATLAB," hlm. 258.
- [14] C. B. Schlegel dan L. C. Pérez, *Trellis and Turbo Coding*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2004. doi: 10.1002/0471667846.
- [15] T. Ran, "Source: Title: Document for: Agenda Item:," hlm. 11.