

Perancangan Jaringan *Backhaul* gNodeB dan Distribusi Jaringan 5G NR di Kota Makassar

Mukhlisah Nur Fadhilah. S¹, Hamzah U. Mustakim^{2*}, Fannush Shofi Akbar³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Telekomunikasi, Telkom University Surabaya

¹mukhlisah@student.telkomuniversity.ac.id

³fannushakbar@telkomuniversity.ac.id

*Corresponding author email: hamzahmustakim@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Kota Makassar berperan sebagai pusat kegiatan industri, pusat kegiatan pemerintahan dan pusat pelayanan pendidikan dan kesehatan yang terdiri dari 15 kecamatan dan 153 kelurahan dengan luas wilayah kota Makassar pada tahun 2022 tercatat 175,77 km² dan jumlah penduduk yang setiap tahunnya terjadi perubahan dan jumlah penduduk saat ini adalah 1,432.189 jiwa. Kota Makassar pada tahun 2017-2022 terjadi perubahan populasi, sehingga untuk mendukung kinerja teknologi 5G NR dibutuhkan suatu media transmisi yang handal dengan menggunakan serat optik. Pada penelitian ini, dilakukan perancangan jaringan *backhaul* gNodeB pada jaringan 5G NR di Kota Makassar. Perancangan jaringan 5G NR dilakukan dengan melakukan kalkulasi data berdasarkan *coverage planning* untuk mengetahui jumlah gNodeB yang dibutuhkan untuk *link backhaul*, dengan menggunakan media transmisi serat optik. Hasil simulasi *link backhaul* dengan menggunakan teknologi STM-64 untuk nilai terbaik dengan *transmitted power* ≥ 5 dBm, nilai rata-rata *Q-factor* 9,84, BER $6,44 \times 10^{-21}$ dan *received power* -13,85 dBm dengan *transmitted power* 10 dBm, untuk nilai terburuk *transmitted power* < 5 dBm, nilai rata-rata *Q-factor* 3,26, BER $9,8 \times 10^{-4}$ dan *received power* -23,83 dBm dengan *transmitted power* 0 dBm.

Kata Kunci— 5G NR, gNodeB, *backhaul*, serat optik, STM-64, BER, *Q-factor*, dan *received power*

I. PENDAHULUAN

Kota Makassar berperan sebagai pusat kegiatan industri, pusat kegiatan pemerintahan dan pusat pelayanan pendidikan dan kesehatan yang terdiri dari 15 kecamatan dan 153 kelurahan dengan luas wilayah kota Makassar pada tahun 2022 tercatat 175,77 km² dan jumlah penduduk yang setiap tahunnya terjadi perubahan dan jumlah penduduk saat ini adalah 1,432.189 jiwa [1]. Kota Makassar pada tahun 2017-2022 terjadi perubahan populasi, sehingga untuk mendukung kinerja teknologi 5G NR dibutuhkan suatu media transmisi yang handal dengan menggunakan serat optik [2]. Maka dari itu, dengan menggunakan media transmisi serat optik dapat mendukung teknologi jaringan 5G NR dan diterapkan penggunaannya antar gNodeB sebagai *backhaul*.

Perkembangan jaringan teknologi dengan menggunakan *backhaul* gNodeB di Kota Makassar sebagai solusi untuk mendukung komunikasi di area cakupan dengan kecepatan yang tinggi yaitu mencapai kecepatan 1 milidetik untuk transfer data dari satu telepon ke telepon lainnya dengan menggunakan *backhaul* sebagai media transmisi yang menghubungkan *base transceiver station* dengan *base station controller* nya untuk menyalurkan data maupun informasi dari *source point* ke *destination point* [3].

Penelitian ini menggunakan analisa *coverage planning* dalam mendukung perancangan dan implementasi jaringan 5G dalam perancangan jaringan *backhaul* di Kota Makassar. Untuk mendapatkan jumlah minimum gNodeB, penelitian ini menggunakan metode perancangan 5G NR model propagasi UMa (*Urban Micro*). Kemudian melakukan pemetaan gNodeB dengan bantuan *software Atoll* dan penentuan topologi lalu dilakukan perancangan jaringan *backhaul* dengan menggunakan *software Optisystem*.

II. KAJIAN TEORI

A. Teknologi 5G NR

3GPP menggagaskan suatu teknologi baru generasi kelima yang berbasis radio dengan menggunakan spektrum radio frekuensi tinggi yang disebut 5G “*New Radio*” (NR). Teknologi jaringan seluler generasi kelima ini memiliki tujuan utama yaitu untuk memenuhi layanan komunikasi bergerak serta memberikan dukungan teknologi pada sektor ekonomi dan industri, dengan spesifikasi yang dimilikinya adalah kapasitas *bandwidth* yang lebih besar dari generasi sebelumnya (4G). Teknologi jaringan 5G dapat mengubah peran teknologi telekomunikasi di masyarakat dan memajukan pertumbuhan ekonomi serta memenuhi kebutuhan digitalisasi masyarakat. Terdapat tiga kategori utama pada jaringan 5G, yaitu mMTC (*massive Machine Type Communications*), URLLC (*Ultra Reliable and Low Latency*) dan eMBB (*Enhanced Mobile Broadband*) [4]. Teknologi 5G NR memiliki persyaratan dalam pengembangannya yaitu sebagai berikut [5]:

1. Kecepatan data berkisar 1-10 Gbps.
2. *Latency* yang rendah < 1 ms.
3. Hemat energi dan efisien.
4. Memiliki kapasitas yang lebih baik dari teknologi sebelumnya.
5. Memiliki jangkauan yang luas.
6. Konektivitas yang stabil.

B. Backhaul

Backhaul merupakan proses transportasi data dan informasi yang menghubungkan jaringan akses dan jaringan inti (*core network*), yang terdiri dari gNodeB *link*. *Core network* tahu bagaimana cara untuk merutekan suatu informasi, kemudian *backhaul* yang menyalurkan informasi dengan cara yang handal dan hemat biaya, *backhaul* juga menetapkan *circuit switch* atau *packet switch* untuk panggilan ataupun koneksi, sehingga artinya *backhaul* memiliki tanggung jawab untuk membawa atau menyalurkan informasi data seperti untuk manajemen jaringan, perutean, dan serah terima jaringan [6].

C. Perencanaan Berdasarkan Coverage Planning

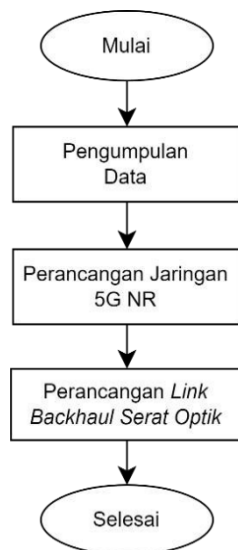
Proses perencanaan berdasarkan cakupan 5G NR yang terdiri dari beberapa langkah yaitu menghitung *link budget* untuk mengetahui MAPL (*Maximum Allowed Path Loss*), perhitungan radius *cell* menggunakan propagasi model UMA (*Urban Macro*), dan perhitungan jumlah gNodeB [7].

D. SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

SDH merupakan standar *internasional* untuk pemultipleksan sistem *transport* pada jaringan telekomunikasi yang memiliki kecepatan yang tinggi dan dapat mengirimkan sinyal dengan kapasitas yang beragam. Struktur *frame* didefinisikan dalam SDH seperti *Synchronous Transport Module Level 1* (STM-1) memiliki kecepatan *bit rate* terendah dengan 155,5 Mbps, dan *Synchronous Transport Module Level 64* (STM-64) yang memiliki kecepatan *bit rate* tertinggi mencapai 10 Gbps [8] [9].

III. METODOLOGI

Tahapan dalam perancangan *backhaul* gNodeB melalui beberapa tahapan, yang dimana sebelum melakukan perancangan *backhaul* menggunakan media transmisi serat optik, langkah awal yang dilakukan yaitu melakukan kalkulasi data jaringan 5G NR berdasarkan analisa *coverage planning* untuk mengetahui jumlah gNodeB yang akan dibutuhkan ke sistem sebagai *backhaul*. Tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar. 1 Alur Penelitian

A. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini, dikumpulkan dengan menggunakan metode sekunder. Data sekunder digunakan untuk memperoleh data yang sudah ada sebelumnya dan dikumpulkan oleh pihak lain. Dalam penelitian ini, dilakukan pengumpulan data jumlah penduduk wilayah kota Makassar tahun 2022. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I
JUMLAH PENDUDUK KOTA MAKASSAR 2022

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk
1	Mariso	57,795

2	Mamajang	56,056
3	Tamalate	182,348
4	Rappocini	144,733
5	Makassar	82,265
6	Ujung Pandang	24,541
7	Wajo	30,110
8	Bontoala	55,239
9	Ujung Tanah	36,127
10	Kepulauan Sangkarang	14,258
11	Tallo	145,908
12	Panakukang	139,759
13	Manggala	148,462
14	Biringkanaya	211,228
15	Tamalanrea	103,322
Makassar		1,432,189

B. Perancangan Jaringan 5G NR

Pada bagian ini, dilakukan perencanaan berdasarkan cakupan untuk mengetahui jumlah gNodeB 5G NR yang dibutuhkan di wilayah kota Makassar. Dengan didapatkannya jumlah gNodeB maka dapat menentukan rute yang diinginkan untuk perancangan [10] [11].

$$\begin{aligned}
 \text{Number of gNodeB} &= \frac{175770000}{6237493,8} \\
 &= 28 \text{ site}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan kalkulasi jumlah gNodeB berdasarkan

coverage planning diperoleh 28 *site* atau gNodeB 5G NR.

C. Perancangan Link Backhaul

Jaringan *link backhaul* yang digunakan pada perancangan ini adalah teknologi STM-64 karena memiliki *bit rate* hingga 10 Gbps yang dapat mencakup area luas. STM-64 dapat mendistribusikan sinyal menuju jaringan optik untuk distribusi jaringan 5G NR, perangkat STM-64 yang mengacu pada ITU-T G.652 dapat diintegrasikan menggunakan teknologi DWDM dan hanya membutuhkan satu pasang *core* optik untuk menghubungkan blok *transmitter* dengan blok *receiver* [12]. Dengan parameter yang digunakan dapat dilihat pada Tabel II.

TABEL II
PARAMETER PERANCANGAN LINK BACKHAUL

Item	Value	Unit
<i>Bit rate</i>	10	Gbps
Format modulasi	-	NRZ
<i>Wavelength</i>	1550	nm
<i>Attenuasi</i>	0,3	dB/km
<i>Ptx</i>	0 – 10	dBm
<i>Sensitivitas</i>	-28	dBm
<i>Dispersi Kromatik</i>	0,075	ps/nm.km
<i>Rise time (tx)</i>	60	ps
<i>Rise time (rx)</i>	35	ps
Lebar spektral ($\sigma\lambda$)	0,1	nm
Margin sistem	3	dB

Untuk perhitungan *power link budget backhaul* diperlukan parameter seperti Tabel II. Maka didapatkan nilai *power link*

budget backhaul sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{PLB} &= [(L \times \alpha_{fo}) + (N_c \times \alpha_e) + (N_s \times \alpha_s)] + Ms \\ &= [(79,5 \times 0,3) + (2 \times 0,25) + (29 \times 0,01)] + 3 \\ &= 27,6 \text{ dBm} \end{aligned}$$

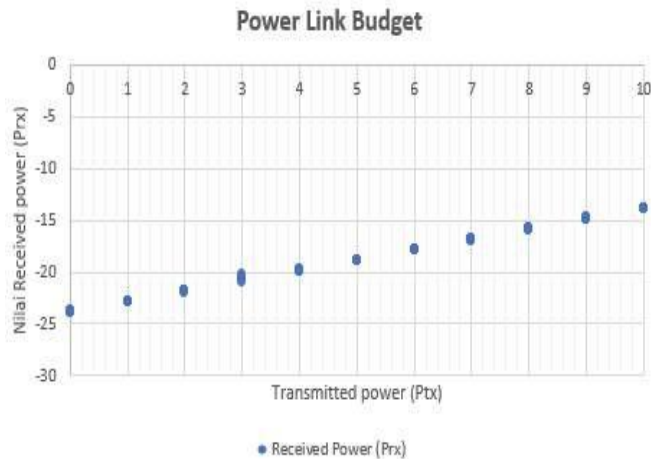
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Simulasi Pemodelan Sistem

Pada perancangan sistem *link backhaul* memiliki konfigurasi dengan model sistem, yang dimana terdapat *transmitter*, *multiplexer* (MUX), *demultiplexer* (DEMUX), media transmisi serat optik, dan *receiver*. Pada perancangan, menggunakan total jarak kabel serat optik 79,5 km yang merupakan total jarak dari jalur gNodeB dan *bit rate* yang digunakan adalah 10 Gbps [13].

B. Analisis Backhaul Link Menggunakan STM-64

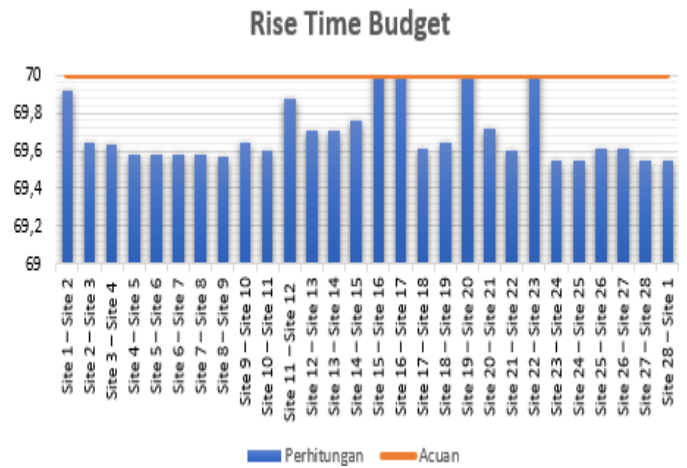
Analisis pada *backhaul link* menggunakan STM-64 dengan variasi P_{tx} 0 dBm – 10 dBm, jarak yang digunakan 79,5 km. Adapun analisis performansi dari sistem jaringan dilakukan berdasarkan ukur berupa *power link budget*, *rise time budget*, *Q-factor*, dan BER (*Bit Error Rate*). Hasil simulasi *power link budget* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar. 2 Grafik Hasil Simulasi PLB

Berdasarkan Gambar 2, hasil simulasi tersebut mengalami peningkatan dari nilai *received power* yang diterima di sisi *receiver*. Sehingga dapat dianalisa bahwa dengan menggunakan *transmitted power* yang besar dapat menghasilkan nilai *received power* yang besar juga dan sebaliknya jika menggunakan *transmitted power* yang kecil akan menghasilkan *power* disisi *receiver* semakin kecil [14].

Adapun format modulasi yang digunakan pada perancangan *link backhaul* serat optik digunakan format modulasi NRZ (*Non-return-to-zero*) sehingga *rise time* total dari acuan tidak boleh melebihi $0,7/\text{bit rate}$ [15], sehingga untuk nilai *rise time budget* untuk tiap *sublink* dapat dilihat pada Gambar 3.

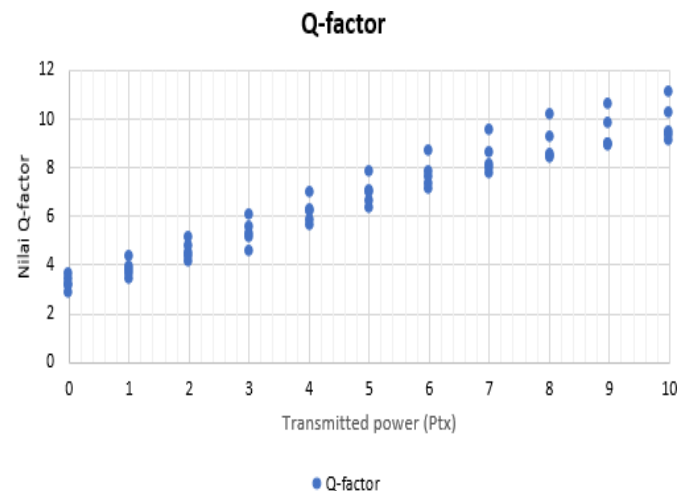


Gambar. 3 Grafik Perbandingan Nilai Rise Time Budget

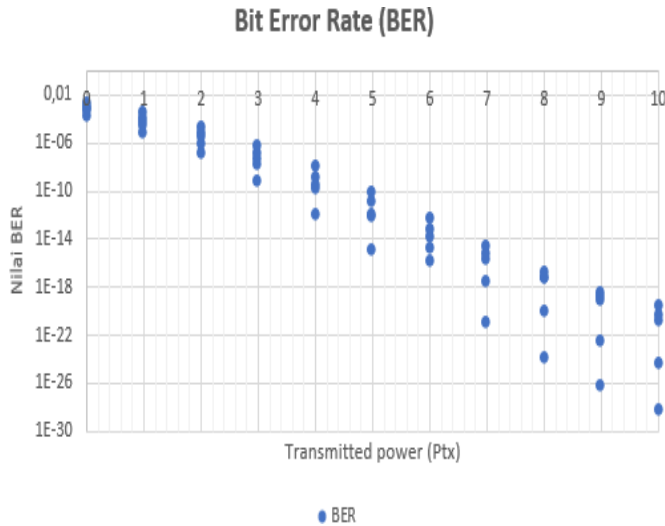
Pada Gambar 3 menunjukkan grafik perbandingan nilai *rise time budget* keseluruhan *sublink*, dapat dilihat bahwa tidak terdapat nilai *rise time* yang melebihi nilai acuan yaitu 70 ps dengan nilai rata-rata keseluruhan yaitu 69,73 ps. Setelah diperoleh nilai tersebut, dapat dianalisis bahwa dengan menggunakan format modulasi NRZ, sistem kerja jaringan mampu memenuhi kapasitas *channel* atau kanal yang digunakan.

Kemudian untuk hasil simulasi untuk nilai *Q-factor* dan BER (*Bit Error Rate*) dengan menggunakan *output port demux* 5 dari 64 *channel* yaitu *port* 1, 16, 32, 48 dan 64 dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Pada Gambar 4 menunjukkan grafik hasil simulasi nilai *Q-factor* yang relatif meningkat atau nilai *Q-factor* semakin besar dari menggunakan *transmitted power* terkecil sampai terbesar. Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa dengan menggunakan *transmitted power* ≥ 5 dBm memperoleh rata-rata hasil simulasi *Q-factor* sudah memenuhi standar nilai *Q-factor* yaitu ≥ 6 .

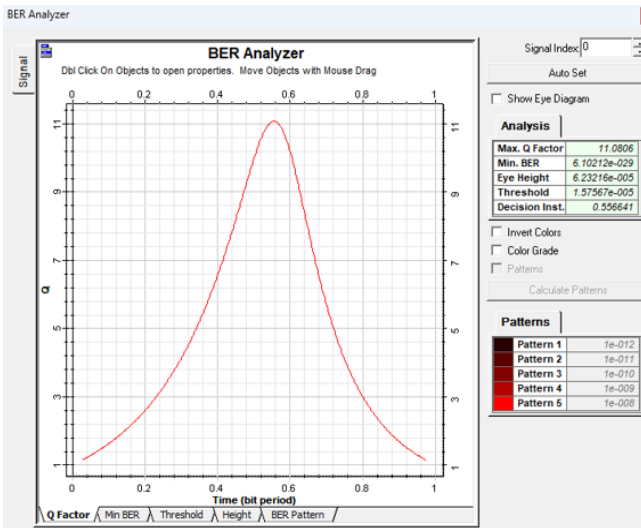


Gambar. 4 Grafik Hasil Simulasi Nilai Q-factor



Gambar 5 Grafik Hasil Simulasi Nilai BER

Dari Gambar 5 menunjukkan grafik hasil simulasi nilai BER relatif menurun atau nilai BER semakin kecil dari penggunaan *transmitted power* terkecil hingga terbesar. Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa dengan menggunakan *transmitted power* ≥ 5 dBm memperoleh rata-rata hasil simulasi BER sudah memenuhi standar nilai BER yaitu 10^{-9} . Dari rata-rata hasil simulasi BER dan *Q-factor* dapat dianalisa bahwa dengan menggunakan *transmitted power* < 5 dBm dikatakan belum memenuhi standar parameter nilai BER dan *Q-factor*. Hal ini dapat disebabkan *received power* di sisi *receiver* terlalu kecil sehingga nilai BER masih berada dibawah 6 dan *Q-factor* masih lebih besar 10^{-9} . Sehingga berdasarkan hasil simulasi, nilai yang diambil dari percobaan simulasi yaitu nilai terbaik dan terburuk yang mencakup nilai BER, *Q-factor*, dan *received power*.

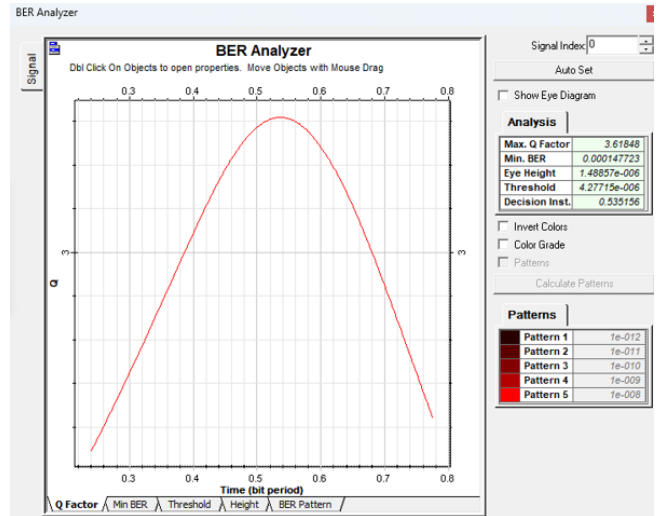


Gambar 6 Hasil BER dan *Q-factor* Terbaik Pada *Link Backhaul*

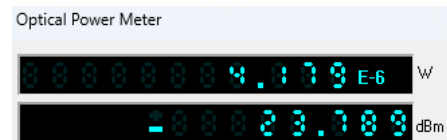


Gambar 7 Hasil *Received Power* Terbaik Pada *Link Backhaul*

Pada Gambar 6 menunjukkan hasil simulasi dengan menggunakan *transmitted power* 10 dBm mendapatkan hasil *Q-factor* 11,08, BER $6,1 \times 10^{-29}$ dan pada Gambar 7 menunjukkan hasil *received power* sebesar -13,81 dBm.



Gambar 8 Hasil BER dan *Q-factor* Terburuk Pada *Link Backhaul*



Gambar 9 Hasil *Received Power* Terburuk Pada *Link Backhaul*

Pada Gambar 8 menunjukkan hasil simulasi dengan menggunakan *transmitted power* 0 dBm mendapatkan hasil *Q-factor* 3,61, BER $1,47 \times 10^{-4}$ dan pada Gambar 9 menunjukkan hasil *received power* sebesar -23,78 dBm.

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, maka dapat dianalisis bahwa kinerja perancangan berdasarkan standar ITU-T dapat dilihat pada Tabel III.

TABEL I
RESUME PARAMETER KINERJA

Parameter Kinerja	Rata-rata Simulasi	Standar ITU-T
PLB (5 dBm)	-18,85 dBm	> -28 dBm
RTB (5 dBm)	≤ 70 ps	≤ 70 ps
<i>Q-factor</i> (5 dBm)	$2,02 \times 10^{-11}$	$< 10^{-9}$
BER (5 dBm)	6,99	≥ 6

Dari Tabel III dapat dilihat bahwa untuk perbandingan resume parameter kinerja diambil dari *transmitted power* 5 dBm, karena yang memenuhi untuk mendapatkan hasil simulasi performansi jaringan *power link budget*, BER (*Bit Error Rate*) dan *Q-factor* dimulai dari penggunaan *power* ≥ 5 dBm dengan standar ITU-T sudah dikatakan sesuai. Selain itu, pemilihan 5 dBm dikarenakan dengan menggunakan *power* tersebut saja sudah sesuai parameter kelayakan, apalagi menggunakan *transmitted power* yang paling besar yaitu 10 dBm.

V. KESIMPULAN

Dalam perancangan jaringan seluler 5G NR menggunakan kalkulasi data berdasarkan *coverage planning* untuk menentukan jumlah *site* yang dibutuhkan dalam menentukan rute *link backhaul* dengan menggunakan serat optik. Berdasarkan hasil perhitungan kalkulasi data maka diperoleh jumlah *site* atau gNodeB yang akan digunakan yaitu sebanyak 28 *site* atau gNodeB. Berdasarkan hasil simulasi pada *link backhaul* dengan menggunakan STM-64 mendapatkan nilai yang bagus berdasarkan parameter kelayakan dengan *transmitted power* ≥ 5 dBm, mendapatkan nilai terbaik dengan nilai rata-rata *Q-factor* 9,84, BER $6,44 \times 10^{-21}$ dan *received power* -13,85 dBm dengan *transmitted power* 10 dBm. Sedangkan dengan menggunakan *transmitted power* < 5 dBm memperoleh nilai terburuk dengan nilai rata-rata *Q-factor* 3,26, BER $9,8 \times 10^{-4}$ dan *received power* -23,83 dBm dengan *transmitted power* 0 dBm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada seluruh pihak yang berkontribusi dalam memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan jurnal tepat waktu.

REFERENSI

- [1] Sul-SelProv, "Kota Makassar", *accessed*: 12 Juni 2023, *from*: https://sulselprov.go.id/kota/des_kab/22
- [2] Badan Pusat Statistik Kota Makassar dalam Angka 2023, *accessed*: 13 Juni 2023, *from*: <https://makassarkota.bps.go.id>
- [3] J. B. Prakosa, A. Hambali and M. I. Maulana, "Perancangan Jaringan *Backhaul* 4G LTE Sebagai *Lastmile* Pada Kecamatan Aluh-Aluh," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 6, pp. 3637-3641, Desember 2022.
- [4] A. Wulandari, T. Supriyanto and L. Damayanti, "Perancangan Skenario *Non Stand Alone* (NSA) Jaringan 5G Untuk Menunjang Revolusi Industri 4.0," *ISAS Publishing*, vol. 7, no. 1, pp. 123-130, 2021.
- [5] A. F. S. Admaja, "Kajian Awal 5G Indonesia (5G *Indonesia Early Preview*)," *Bul. Pos dan Telekomunikasi.*, vol. 13, no. 2, p. 97, 2015, doi: 10.17933/bpostel.2015.130201.
- [6] R. A. I. Asyari, F. E. Indarto and I. Cahyani, "Perancangan Jaringan *Backbone* dan Distribusi 4G LTE Di Sleman Berbasis Jaringan Optik," *Prosiding SNATIF*, pp. 137-144, 2017.
- [7] F. K. Karo, T. Engineering, A. Hikmaturokhman, T. Engineering, M. A. Amanaf, and T. Engineering, "5G *New Radio* (NR) *Network Planning at F requency of 2 . 6 GHz in Golden Triangle of Jakarta*," pp. 278– 283, 2021.
- [8] I. P. R. Dharmasadhana, A. Hambali and M. I. Maulana, "Perancangan Jaringan *Backhaul* eNodeB Menggunakan Serat Optik Pada Kecamatan Gangga, Bayan, Dan Kayangan Kabupaten Lombok Utara Provinsi Nusa Tenggara Barat," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 9, no. 5, pp. 3725-3729, Desember 2022.
- [9] Waryani, "Penggelaran Transmisi *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH) dan Mengintegrasikanya dengan *Plesiochronous Digital Hierarchy* (PDH)," *Jurnal Teknik*, vol. 20, pp. 41- 48, Juni 2019.
- [10] P. Rahmawati, M. I. Nashiruddin, and M. A. Nugraha, "Capacity and Coverage Analysis of 5G NR Mobile Network Deployment for Indonesia's Urban Market," *Proc. - 2021 IEEE Int. Conf. Ind. 4.0, Artif. Intell. Commun. Technol. IAICT 2021*, pp. 90–96, 2021, doi: 10.1109/IAICT52856.2021.9532574
- [11] R. Mardiah, "Perancangan Dan Optimalisasi Jaringan Seluler 5G NR Frekuensi 3,5 GHz Di Kota Makassar," *Skripsi Mahasiswa Institut Teknologi Telkom Surabaya Angkatan 2019*, hal. 1-78, 2023.
- [12] ITU-T Rec.G652 (11/2016) *Characteristics of a Single-Mode Optical Fibre and Cable*, *accessed*: 8 Juni 2024, *from*: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652>
- [13] V. Putri p, "Perancangan Jaringan *Backhaul* 4G/LTE Menggunakan Serat Optik di Kecamatan Laksodo, Kandang, Dan Kalumpang," Universitas Telkom, Teknik Telekomunikasi, Bandung, 2018.
- [14] I. N. P. Mahardika, N. P. Sastra and D. m. Wiharta, "Analisis *Perfomance* Perancangan Jaringan *Fiber Optic* Pada RSUD Wangaya Kota Denpasar dengan Optisystem," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 9, no. 2, pp. 158-166, Juni 2022.
- [15] G. Cipta P, B. Prasetya and M. I. Maulana, "Perancangan Jaringan *Backhaul* 4G LTE Pada Kecamatan Cikalong," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 6, pp. 3626-3630, Desember 2022