

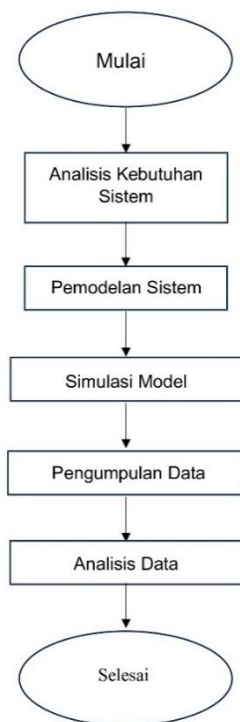
BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen. Pada penelitian ini, penulis akan melakukan uji coba untuk mengetahui kebutuhan jaringan 5G NR pada Kecamatan Purwakarta berdasarkan jumlah penduduk dan arsitektur jaringan yang sudah ada. Menggunakan analisa *coverage planing* proses perencanaan yang bertujuan bahwa jaringan telekomunikasi atau 5G NR pada penelitian ini dapat memberikan sinyal yang kuat dan stabil ke seluruh area yang di inginkan.

3.1 Alur Penelitian

Proses perancangan dan pengujian performansi diukur dan dianalisis menggunakan perangkat lunak OptiSystem dan perhitungan manual. Lalu, didapatkan hasil berupa nilai *Q-factor*, BER, SNR, *power link budget*, *rise time budget*. Gambar 3.1 merupakan alur penelitian dari Perancangan dan Analisis Kinerja Jaringan *Backhaul* gNodeB di Kecamatan Purwakarta



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Analisis Kebutuhan Model

3.2.1 Spesifikasi Perangkat Keras

Penelitian ini dilakukan disebuah perangkat keras dengan spesifikasi sebagai berikut

<i>Processor</i>	: Intel Core I5-12400F
<i>RAM</i>	: 16 RAM
<i>System Type</i>	: 64-bit <i>Operating System</i> , x64-based processor
<i>Storage</i>	: 512 Gb
<i>Operation System</i>	: Windows 11

3.2.2 Perangkat lunak yang digunakan

Penelitian ini dilakukan pada perangkat lunak OptiSystem, yaitu perangkat lunak simulasi optik berbasis GUI yang digunakan untuk perancangan dan analisis sistem komunikasi serat optik. OptiSystem mampu mensimulasikan berbagai komponen jaringan optik, seperti *receiver*, *fiber optic link*, serta parameter performansi kualitas sinyal seperti BER, SNR dan *optical power meter*.

3.3 Perancangan Jaringan 5G NR

Perancangan berdasarkan cakupan untuk mengetahui jumlah gNodeB 5G *optical backhaul* yang dibutuhkan di Kecamatan Purwakarta. Dengan menentukan rute yang diinginkan untuk perancangan. Berdasarkan data jumlah menara dan operator layanan komunikasi telepon seluler sudah ada sejumlah 37 dari 9 *site* dan jarak dari pusat ke *site* yang bervariasi seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.1, dengan jumlah penduduk Kecamatan Purwakarta pada tahun 2020 berjumlah 174.740 jiwa. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah gNodeB yang dibutuhkan dan jumlah gNodeB permenara dapat dilihat pada persamaan 3.1 dan 3.2. Dengan data jumlah populasi penduduk Kecamatan Purwakarta dan jumlah menara dari semua *site* maka jumlah gNodeB 5G *Optical backhaul* dan gNodeB permenara ada pada hasil perhitungan persamaan 3.3 dan 3.4.

$$\text{Jumlah gNodeB} = \frac{\text{Total Populasi}}{\text{Pengguna per gNodeB}} \quad (3.1)$$

$$\text{Jumlah gNodeB per menara} = \frac{\text{Jumlah gNodeB}}{\text{Jumlah menara}} \quad (3.2)$$

$$\text{Jumlah gNodeB} = \frac{174.740}{1.500} = 116,49 \quad (3.3)$$

$$\text{Jumlah gNodeB per menara} = \frac{116,49}{37} = 3,14 \quad (3.4)$$

Tabel 3. 1 Jumlah *Site*, Jarak, dan Menara Telekomunikasi

No	<i>Site</i>	Jarak Pusat Ke <i>Site</i> (km)	Total Menara Telekomunikasi
1	Sindangkasih	2 km	4 Menara
2	Nagrikidul	1,9 km	4 Menara
3	Nagritengah	1,4 km	3 Menara
4	Nagrikaler	1,6 km	4 Menara
5	TegalMunjul	1,6 km	3 Menara
6	Citalang	3,7 km	3 Menara
7	Munjuljaya	4,8 km	3 Menara
8	Cisereuh	4,5 km	10 Menara
9	Purwamekar	2,4 km	3 Menara

3.4 Perancangan *Link Backhaul*

Perancangan *link backhaul* sudah menyesuaikan dengan kondisi tempat penelitian untuk spesifikasi dari *link backhaul* bisa dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3. 2 Spesifikasi Jaringan *Backhaul*

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

2. Pengaturan Parameter Komponen

- Mengatur parameter teknis dari setiap komponen sesuai dengan spesifikasi *backhaul* pada tabel 3.2.
- Perancangan komponen sudah menyesuaikan dengan kebutuhan trafik dan cakupan jaringan di wilayah simulasi.

3. Menambahkan *Noise*

- Memberikan pengaruh *noise figure* menggunakan *optical amplifier* sebesar 5 dB , guna memperoleh nilai SNR dan BER dalam kondisi realistis.

4. Running Simulasi

- Menjalankan simulasi dengan skenario yang sudah dibangun dan parameter yang sudah ditentukan.

5. Analisis Hasil Performa Jaringan

- Mengumpulkan data hasil berupa *Q-factor*, BER, SNR, *power link budget*, dan *rise time budget*.
- Menganalisis hasil menggunakan visualiasi tabel dan gambar dari OptiSystem.

3.6 Parameter Analisis Performa Jaringan

3.6.1 *Power Link Budget*

Power link budget adalah perhitungan menyeluruh tentang keuntungan dan kerugian daya pada komunikasi sinyal dalam suatu sistem telekomunikasi. perhitungan mencakup daya yang dikirim, diredam, dan sensitivitas selama transmisi menggunakan media serat optik. Seluruh perhitungan dalam *power link budget* bertujuan untuk memastikan bahwa daya yang diterima oleh penerima berada di angka cukup untuk mendeteksi sinyal dengan kualitas yang memadai. Nilai *power link budget* akan didapatkan melalui perhitungan teoritis karena tidak bisa didapatkan pada perangkat lunak OptiSystem versi 7. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung *power link budget* dapat dilihat pada persamaan 3.5 dan 3.6 (Jeffri, 2024).

$$L_{Fiber} = \text{Jarak} \cdot \text{Attenuasi} \quad (3.5)$$

$$\text{Power link budget} = P_{Tx} - (L_{Fiber} + L_{Margin}) \quad (3.6)$$

Keterangan

L_{Fiber}	= Total loss kabel <i>fiber optic</i> dB
Jarak	= Jarak pusat ke <i>site</i> (Panjang kabel)
Attenuasi	= Redaman sejumlah 0,3 dB
P_{Tx}	= <i>Transmitter Power</i> 0 dBm
L_{Margin}	= Margin sistem 3 dB sesuai spesifikasi

3.6.2 *Q-factor*, *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) dan *Bit Error Rate* (BER)

Quality Factor (*Q-factor*) adalah parameter pengukur kualitas sinyal optik digital dalam sistem komunikasi serat optik. *Q-factor* sangat penting dalam menilai kinerja transmisi. *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) Adalah perbandingan antara daya sinyal yang diinginkan dengan daya *noise* yang menyertai dalam system komunikasi. Dalam komunikasi nilai SNR yang tinggi menandakan bahwa sinyal lebih dominan dibandingkan dengan *noise*, yang berarti juga bahwa kualitas transmisi lebih baik. *Bit Error Rate* (BER) adalah rasio jumlah bit yang diterima dengan kesalahan terhadap total bit yang dikirimkan selama periode waktu tertentu. BER bisa digunakan sebagai indikator kinerja sistem komunikasi karena semakin rendah nilai BER nya maka semakin baik juga kualitas transmisi data. Ketiga hal ini antara *Q-factor*, SNR, dan BER memiliki hubungan yang berkesinambungan, peningkatan SNR biasanya akan menurunkan nilai BER, dan peningkatan nilai *Q-factor* juga. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung *Q-factor* ke SNR dan BER (Stamatiou, 2008) dapat dilihat pada persamaan 3.7 dan 3.8.

$$SNR = 20 \cdot \text{Log}_{10} (Q) \quad (3.7)$$

$$BER = \frac{1}{2} \cdot \text{erfc} \left(\frac{Q}{\sqrt{2}} \right) \quad (3.8)$$

Keterangan

Q	= Nilai <i>Q-factor</i>
erfc	= <i>complementary error function</i> , erfc digunakan untuk menghitung <i>Bit Error Rate</i> (BER)

3.6.3 Rise time budget

Rise time budget adalah analisis yang digunakan untuk menentukan nilai batasan dispersi dalam suatu *link* serat optik digital. Analisis ini sangat diperlukan dengan tujuan memastikan bahwa sistem dapat mendukung kecepatan data yang diinginkan tanpa mengalami distorsi sinyal yang signifikan akibat dispersi. Komponen pada *rise time budget* ada tiga yaitu *rise time* pemancar (T_{tx}), *rise time* akibat dispersi dalam serat optik (T_{disp}), dan *rise time* penerima (T_{rx}). ketiga komponen ini akan ditotalkan dihitung sebagai nilai akar kuadrat dari jumlah kuadrat *rise time* dari masing masing komponen yang berkontribusi terhadap degradasi *rise time* pulsa. Nilai *rise time budget* akan didapatkan melalui perhitungan teoritis karena tidak bisa didapatkan pada perangkat lunak OptiSystem versi 7. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung *rise time budget* dengan menghitung waktu dispersi terlebih dulu lalu ke total *rise time* pada persamaan 3.9 dan 3.10 (Rijadi dkk., 2021).

$$T_{disp} = D \cdot \sigma\lambda \cdot \text{Jarak} \quad (3.9)$$

$$T_{total} = \sqrt{T_{tx}^2 + T_{rx}^2 + T_{disp}^2} \quad (3.10)$$

Keterangan

T_{disp}	= Waktu dispersi
T_{total}	= <i>Total rise time</i>
$\sigma\lambda$	= Lebar spektral sumber cahaya 0,1
Jarak	= Jarak pusat ke <i>site</i> (panjang kabel)
T_{tx}	= <i>Transmitter rise time</i> , perangkat pemancar dengan nilai 60 ps sesuai spesifikasi
T_{rx}	= <i>Receiver rise time</i> , perangkat penerima dengan nilai 35 ps sesuai spesifikasi

3.7 Analisis dan Interpretasi Hasil

Hasil yang dianalisis akan ada dua jenis yaitu simulasi berupa parameter *Q-factor*, BER, SNR dan hasil perhitungan teori menggunakan rumus yaitu parameter *rise time budget* dan *power link budget* yang diperoleh dianalisis untuk menilai

sejauh mana sistem jaringan *backhaul* yang dirancang mampu memenuhi standar kualitas layanan jaringan 5G STM-64 dengan kecepatan 9.953 Gbps untuk mendukung implementasi gNodeB. Analisis terhadap parameter performa sebagai berikut:

1. *Q-factor*, SNR, dan BER dianalisis bersamaan untuk melihat tingkat gangguan *noise* dan seberapa besar *error* yang dihasilkan. Akan dua bagian nilai yang diambil yaitu dengan *noise* dan tanpa *noise*. tanpa *noise* sistem akan normal sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditentukan lalu ketika diberi *noise* akan dilihat pengaruh *noise* terhadap perubahan nilai yang terjadi. Sistem bisa dikatakan layak jika memiliki nilai *Q-factor* tinggi, SNR tinggi dan BER berada di bawah batas (*Q-factor* minimal > 7 , SNR dengan nilai > 20.4 dB, dan nilai BER yang baik $< 10^{-9}$)
2. *Rise time budget* menggambarkan kemampuan sistem dalam merespon perubahan sinyal, terutama dalam kecepatan transmisi tinggi. Hasil perhitungan rise time total kemudian dibandingkan dengan batas maksimum *rise time* sistem sesuai standar STM-64, yaitu < 70 ps untuk kecepatan transmisi 9,953 Gbps. Jika *rise time* total masih berada di bawah nilai tersebut, maka sistem dianggap mampu mentransmisikan sinyal dengan baik.
3. *Power link budget* menunjukan apakah daya optik yang diterima sudah mencukupi dibandingkan dengan sensitivitas perangkat penerima. Hasil perhitungan *power link budget* kemudian dibandingkan dengan batas sensitivitas sinyal diterima umumnya berkisar pada -28 dB untuk standar STM-64. Sistem dianggap layak beroperasi apabila daya sinyal yang diterima masih lebih tinggi dari sensitivitas minimum.