

**SKRIPSI**

**SIMULASI DAN ANALISIS UNJUK KERJA FREE SPACE  
OPTIC (FSO) YANG MENGGUNAKAN TEKNIK SPACE  
DIVERSITY**

*SIMULATION AND PERFORMANCE ANALYSIS OF FREE  
SPACE OPTIC (FSO) USING SPACE DIVERSITY*



Disusun oleh

**TRİYONO SUBEKTI**

**15101096**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI  
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO  
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

**2019**

**SIMULASI DAN ANALISIS UNJUK KERJA FREE SPACE  
OPTIC (FSO) YANG MENGGUNAKAN TEKNIK SPACE  
DIVERSITY**

***SIMULATION AND PERFORMANCE ANALYSIS OF FREE  
SPACE OPTIC (FSO) USING SPACE DIVERSITY***

**Skripsi ini digunakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik (S.T.)  
Di Institut Teknologi Telkom Purwokerto  
2019**

Disusun oleh

**TRİYONO SUBEKTI  
15101096**

**DOSEN PEMBIMBING**

**Dodi Zulherman, S.T., M.T.  
Dr. Anggun Fitriani Isnawati, S.T., M.Eng.**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI  
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO  
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

**2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

### SIMULASI DAN ANALISIS UNJUK KERJA FREE SPACE OPTIC (FSO) YANG MENGGUNAKAN TEKNIK SPACE DIVERSITY

### *SIMULATION AND PERFORMANCE ANALYSIS OF FREE SPACE OPTIC (FSO) USING SPACE DIVERSITY*

Disusun oleh  
TRIYONO SUBEKTI  
15101096

Telah dipertanggungjawabkan di hadapan Tim Penguji pada tanggal 14 Agustus  
2019

Susunan Tim Penguji

Pembimbing Utama : Dodi Zulherman, S.T., M.T.  
NIDN. 0617078703

Pembimbing Pendamping : Dr. Anggun Fitriani Isnawati, S.T., M.Eng.  
NIDN. 0604097801

Penguji 1 : Khoirun Ni'amah, S.T., M.T.  
NIDN. 0619129301

Penguji 2 : Solichah Larasati, S.T., M.T.  
NIDN. 0617069301

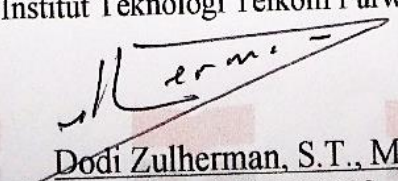


19/08-2019



**Mengetahui,**

Ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi  
Institut Teknologi Telkom Purwokerto



Dodi Zulherman, S.T., M.T.  
NIDN. 0617078703



## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya, **TRİYONO SUBEKTI**, menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**SIMULASI DAN ANALISIS UNJUK KERJA FREE SPACE OPTIC (FSO) YANG MENGGUNAKAN TEKNIK SPACE DIVERSITY**” adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan kecuali melalui pengutipan sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku. Saya bersedia menanggung risiko ataupun sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam skripsi saya ini.

Purwokerto, 5 Agustus 2019

Yang menyatakan.

  
(Triyono Subekti)

## **PRAKATA**

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan kasih dan sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ **Simulasi dan Analisis Unjuk Kerja Free Space Optic (FSO) yang Menggunakan Teknik Space Diversity** ”.

Maksud dari penyusunan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam menempuh ujian sarjana Teknik Telekomunikasi pada Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro Institut Teknologi Telkom Purwokerto.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang sangat membantu penulis dalam berbagai hal. Oleh karena itu, penulis sampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Allah swt yang telah memberikan kekuatan dan kelancaran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Diri penulis sendiri karena telah kuat dan sabar untuk mengerjakan skripsi ini.
3. Orang tua penulis yang telah memberikan do'a dan dukungan.
4. Bapak Dodi Zulherman, S.T., M.T. selaku pembimbing I.
5. Ibu Dr. Anggun Fitriani Isnawati, S.T., M.Eng. selaku pembimbing II.
6. Bapak Dr. Ali Rohman., M.Si. selaku Rektor Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
7. Puspita, Yunila, Adit, Haris, Intan dan Diwah yang saling memberikan dukungan serta membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Keluarga besar tim bola voli VOLKA yang telah memberikan bimbingan kesehatan jasmani serta asupan gizi yang sehat kepada penulis.
9. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam mengerjakan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan namanya satu per satu.

Purwokerto, 5 Agustus 2019

(Triyono Subekti)

## DAFTAR ISI

|   |   |
|---|---|
| HALAMAN PENGESAHAN .....  | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS                                   | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |
| PRAKATA .....   | 5   |
| ABSTRAK .....   | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |
| <i>ABSTRACT</i> .....   | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |
| DAFTAR ISI .....  | 6   |
| DAFTAR GAMBAR .....   | 8   |
| DAFTAR TABEL .....  | 11  |
| BAB I PENDAHULUAN .....   | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |
| 1.1 LATAR BELAKANG .....  | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |
| 1.2 RUMUSAN MASALAH .....   | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |
| 1.3 BATASAN MASALAH .....   | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |
| 1.4 TUJUAN .....  | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |
| 1.5 MANFAAT .....   | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |
| 1.6 SISTEMATIKA PENULISAN .....                                   | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |
| BAB II DASAR TEORI .....  | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |
| 2.1 KAJIAN PUSTAKA .....  | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |
| 2.2 <i>FREE SPACE OPTIC</i> (FSO) .....                           | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |
| 2.3 PANJANG GELOMBANG PADA KOMUNIKASI FSO .....                   | <b>ERROR!</b><br><b>BOOKMARK NOT DEFINED.</b> |
| 2.4 TEKNOLOGI DI FSO .....  | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |
| 2.5 <i>BASEBAND MODULATION</i> DAN <i>DIRECT DETECTION SYSTEM</i> | <b>ERROR!</b><br><b>BOOKMARK NOT DEFINED.</b> |
| 2.6 <i>DIVERSITY</i> .....  | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |
| 2.6.1 <i>SPACE DIVERSITY</i> .....                                | <i>Error! Bookmark not defined.</i>           |
| 2.7 <i>Q-FACTOR</i> DAN <i>BIT ERROR RATE</i> (BER)               | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |
| 2.8 RUGI-RUGI KARENA KONDISI CUACA                                | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>           |

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

3.1 ALAT YANG DIGUNAKAN .....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

3.2 ALUR PENELITIAN .....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

3.3 PERANCANGAN SISTEM MODULASI EKSTERNAL.....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

3.3.1 Spesifikasi Blok Diagram Penerima .....*Error! Bookmark not defined.*

3.3.2 Spesifikasi Blok Transmisi .....*Error! Bookmark not defined.*

3.3.3 Spesifikasi Blok Penerima.....*Error! Bookmark not defined.*

3.4 PERANCANGAN SISTEM DIRECT MODULATION**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

3.4.1 Spesifikasi Blok Pengirim .....*Error! Bookmark not defined.*

3.4.2 Spesifikasi Blok Transmisi .....*Error! Bookmark not defined.*

3.4.3 Spesifikasi Blok Penerima.....*Error! Bookmark not defined.*

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

4.1 PARAMETER PENELITIAN .....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

4.2 ANALISIS HASIL PENELITIAN .....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

4.2.1 Kinerja dalam Kondisi Cerah (*clear*) .....*Error! Bookmark not defined.*

4.2.2 Kinerja dalam Kondisi Hujan (*haze*) .....*Error! Bookmark not defined.*

4.2.3 Kinerja dalam Kondisi Kabut (*fog*) .....*Error! Bookmark not defined.*

4.2.4 Analisis Perbandingan .....*Error! Bookmark not defined.*

**BAB V PENUTUP .....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

5.1 KESIMPULAN.....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

5.2 SARAN .....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

DAFTAR PUSTAKA .....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

## DAFTAR GAMBAR

|                                   |     |           |                   |                         |                  |
|-----------------------------------|-----|-----------|-------------------|-------------------------|------------------|
| Gambar                            | 2.1 | FSO       | communication     | link                    | Er               |
| .....                             |     |           |                   |                         |                  |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |           |                   |                         |                  |
| Gambar                            | 2.2 | Blok      | diagram           | sistem komunikasi       | FSO              |
| .....                             |     |           |                   |                         |                  |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |           |                   |                         |                  |
| Gambar                            | 2.3 |           | <i>Direct</i>     | <i>intensity</i>        | Er               |
| .....                             |     |           |                   |                         |                  |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |           |                   |                         |                  |
| Gambar                            | 2.4 |           | Modulator         | <i>eksternal</i>        | Er               |
| .....                             |     |           |                   |                         |                  |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |           |                   |                         |                  |
| Gambar                            | 2.5 | OOK       | <i>modulation</i> | mengirimkan pesan       | 110010           |
| .....                             |     |           |                   |                         |                  |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |           |                   |                         |                  |
| Gambar                            | 2.6 | Blok      | diagram           | <i>direct detection</i> | <i>system</i>    |
| .....                             |     |           |                   |                         |                  |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |           |                   |                         |                  |
| Gambar                            | 2.7 |           | Pemrosesan        | <i>switch</i>           | Er               |
| .....                             |     |           |                   |                         |                  |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |           |                   |                         |                  |
| Gambar                            | 2.8 |           | Pemrosesan        | <i>combiner</i>         | Er               |
| .....                             |     |           |                   |                         |                  |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |           |                   |                         |                  |
| Gambar                            | 3.1 |           | Diagram           | alur                    | kerja            |
| .....                             |     |           |                   |                         |                  |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |           |                   |                         |                  |
| Gambar                            | 3.2 | Rancangan | simulasi          | modulasi                | <i>eksternal</i> |
| .....                             |     |           |                   |                         |                  |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |           |                   |                         |                  |



Gambar 3.3 Blok pengirim pada *optisystem*  
.....**Er**

**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 3.4 Blok *transmisi* pada *optisystem*  
.....**Er**

**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 3.5 Spesifikasi blok penerima  
.....**Er**

**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 3.6 Rancangan simulasi *direct modulation*  
.....**Er**

**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 3.7 Spesifikasi blok pengirim  
.....**Er**

**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 3.8 Spesifikasi blok transmisi  
.....**Er**

**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 3.9 Spesifikasi blok penerima  
.....**Er**

**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.1 Grafik perbandingan jarak dengan nilai BER menggunakan modulasi *eksternal* tanpa teknik *space diversity*  
.....**Er**

**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.2 Grafik perbandingan jarak dengan nilai BER menggunakan modulasi *eksternal* dengan teknik *space diversity*  
.....**Er**

**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.3 Grafik perbandingan jarak dengan nilai BER menggunakan *direct modulation* tanpa *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.4 Grafik perbandingan jarak dengan nilai BER menggunakan *direct modulation* dengan teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.5 Grafik perbandingan jarak dengan nilai BER menggunakan modulasi *eksternal* tanpa teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.6 Grafik perbandingan jarak dengan nilai BER menggunakan modulasi *eksternal* dengan teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.7 Grafik perbandingan jarak dengan nilai BER *menggunakan direct modulation* tanpa *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.8 Grafik perbandingan jarak dengan nilai BER menggunakan *direct modulation* dengan teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.9 Grafik perbandingan jarak dengan nilai BER menggunakan modulasi *eksternal* tanpa *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.10 Grafik perbandingan jarak dengan nilai BER menggunakan modulasi *eksternal* dengan teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.11 Grafik perbandingan jarak dengan nilai BER menggunakan *direct modulation* tanpa *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.12 Grafik perbandingan jarak dengan nilai BER menggunakan *direct modulation* dengan teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.13 Perbandingan nilai BER dengan modulasi *eksternal* saat cuaca cerah

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.14 Perbandingan nilai BER dengan *direct modulation* saat cuaca cerah

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.15 Perbandingan nilai BER dengan modulasi *eksternal* saat cuaca hujan

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.16 Perbandingan nilai BER dengan *direct modulation* saat cuaca hujan

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.17 Perbandingan nilai BER dengan modulasi *eksternal* saat cuaca kabut

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.18 Perbandingan nilai BER dengan *direct modulation* saat cuaca kabut

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.19 Hasil *eye diagram* pada jarak 700 meter dengan modulasi *eksternal* saat cuaca cerah (a) Sistem FSO tanpa *space diversity* (b) Sistem FSO dengan *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.20 Hasil *eye diagram* pada jarak 700 meter dengan *direct modulation* saat cuaca cerah (a) Sistem FSO tanpa *space diversity* (b) Sistem FSO dengan *space diversity*

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.21 Hasil *eye diagram* pada jarak 500 meter dengan modulasi *eksternal* saat cuaca hujan (a) Sistem FSO tanpa *space diversity* (b) Sistem FSO dengan *space diversity*

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.22 Hasil *eye diagram* pada jarak 500 meter dengan *direct modulation* saat cuaca hujan (a) Sistem FSO tanpa *space diversity* (b) Sistem FSO dengan *space diversity*

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.23 Hasil *eye diagram* pada jarak 300 meter dengan modulasi *eksternal* saat cuaca kabut (a) Sistem FSO tanpa *space diversity* (b) Sistem FSO dengan *space diversity*

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

Gambar 4.24 Hasil *eye diagram* pada jarak 300 meter dengan *direct modulation* saat cuaca kabut (a) Sistem FSO tanpa *space diversity* (b) Sistem FSO dengan *space diversity*

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

## DAFTAR TABEL

|                                   |     |              |                   |                   |          |           |                        |
|-----------------------------------|-----|--------------|-------------------|-------------------|----------|-----------|------------------------|
| Tabel                             | 2.1 | Kajian       | jurnal            | penelitian        | terkait  | .....     | <b>Er</b>              |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |              |                   |                   |          |           |                        |
| Tabel                             | 2.2 | klasifikasi  | <i>eye safety</i> | untuk             | pemancar | sumber    | titik                  |
| .....                             |     |              |                   |                   |          |           | <b>Er</b>              |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |              |                   |                   |          |           |                        |
| Tabel                             | 2.3 | Klasifikasi  | keamanan          | sumber            | optik    | oleh      | IEC                    |
| .....                             |     |              |                   |                   |          |           | <b>Er</b>              |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |              |                   |                   |          |           |                        |
| Tabel                             | 2.4 | Perbandingan |                   | LED               | dan      | LD        |                        |
| .....                             |     |              |                   |                   |          |           | <b>Er</b>              |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |              |                   |                   |          |           |                        |
| Tabel                             | 2.5 | Perbandingan | PIN               | <i>photodiode</i> | dan      | APD       |                        |
| .....                             |     |              |                   |                   |          |           | <b>Er</b>              |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |              |                   |                   |          |           |                        |
| Tabel                             | 2.6 | Nilai        | <i>visibility</i> | berdasarkan       | kondisi  | cuaca     |                        |
| .....                             |     |              |                   |                   |          |           | <b>Er</b>              |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |              |                   |                   |          |           |                        |
| Tabel                             | 3.1 | Spesifikasi  | blok              | diagram           |          | pengirim  |                        |
| .....                             |     |              |                   |                   |          |           | <b>Er</b>              |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |              |                   |                   |          |           |                        |
| Tabel                             | 3.2 | Spesifikasi  |                   | blok              |          | transmisi |                        |
| .....                             |     |              |                   |                   |          |           | <b>Er</b>              |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |              |                   |                   |          |           |                        |
| Tabel                             | 3.3 |              |                   | Variasi           |          | atenuasi  |                        |
| .....                             |     |              |                   |                   |          |           | <b>Er</b>              |
| <b>ror! Bookmark not defined.</b> |     |              |                   |                   |          |           |                        |
| Tabel                             | 4.1 | Nilai        | <i>Q-factor</i>   | dari              | model    | Isaac,    | model                  |
|                                   |     | menggunakan  | modulasi          | <i>eksternal</i>  | tanpa    | teknik    | <i>space diversity</i> |

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.2 Nilai BER dari model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan modulasi *eksternal* tanpa teknik *space diversity*

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.3 Nilai *Q-factor* dari model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan modulasi *eksternal* dengan teknik *space diversity*

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.4 Nilai BER dari model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan modulasi *eksternal* dengan teknik *space diversity*

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.5 Nilai *Q-factor* dari model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan *direct modulation* tanpa teknik *space diversity*

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.6 Nilai BER model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan *direct modulation* tanpa *space diversity*

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.7 Nilai *Q-factor* dari model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan *direct modulation* dengan teknik *space diversity*

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.8 Nilai BER model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan *direct modulation* dengan teknik *space diversity*

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.9 Nilai *Q-factor* dari model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan modulasi *eksternal* tanpa teknik *space diversity*



.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.10 Nilai BER dari model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan  
*modulasi eksternal* tanpa teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.11 Nilai *Q-factor* dari model Isaac, model Kim dan model Kruse  
menggunakan *modulasi eksternal* dengan teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.12 Nilai BER dari model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan  
*modulasi eksternal* dengan teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.13 Nilai *Q-factor* dari model Isaac, model Kim dan model Kruse  
menggunakan *direct modulation* tanpa teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.14 Nilai BER model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan  
*direct modulation* tanpa *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.15 Nilai *Q-factor* dari model Isaac, model Kim dan model Kruse  
menggunakan *direct modulation* dengan teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.16 Nilai BER model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan  
*direct modulation* dengan teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.17 Nilai *Q-factor* dari model Isaac, model Kim dan model Kruse  
menggunakan *modulasi eksternal* tanpa teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.18 Nilai BER dari model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan modulasi *eksternal* tanpa teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.19 Nilai *Q-factor* dari model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan modulasi *eksternal* dengan teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.20 Nilai BER dari model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan modulasi *eksternal* dengan teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.21 Nilai *Q-factor* dari model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan *direct modulation* tanpa teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.22 Nilai BER model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan *direct modulation* tanpa *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.23 Nilai *Q-factor* dari model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan *direct modulation* dengan teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.24 Nilai BER model Isaac, model Kim dan model Kruse menggunakan *direct modulation* dengan teknik *space diversity*

.....**Er**  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.25 Perbandingan nilai *jitter* dan nilai distorsi sistem FSO dengan modulasi *eksternal* saat cuaca cerah

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.26 Perbandingan nilai *jitter* dan nilai distorsi sistem FSO dengan *direct modulation* saat cuaca cerah

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.27 Perbandingan nilai *jitter* dan nilai distorsi sistem FSO dengan modulasi *eksternal* saat cuaca hujan

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.28 Perbandingan nilai *jitter* dan nilai distorsi sistem FSO dengan *direct modulation* saat cuaca hujan

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.29 Perbandingan nilai *jitter* dan nilai distorsi sistem FSO dengan modulasi *eksternal* saat cuaca kabut

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**

Tabel 4.30 Perbandingan nilai *jitter* dan nilai distorsi sistem FSO dengan *direct modulation* saat cuaca kabut

.....Er  
**ror! Bookmark not defined.**