

DAFTAR GAMBAR

1.1	<i>Possible implementations</i> kriptografi kuantum dalam evolusi jaringan seluler 6G.	4
1.2	<i>Usage scenarios of IMT-2030 for 6G communication system.</i>	6
1.3	<i>Palette diagram recommendation ITU-R M.2160.</i>	8
1.4	Manajemen proyek untuk membangun sistem 6G cerdas.	15
2.1	<i>LOS and NLOS case ITU.</i>	20
2.2	QKD pada sistem komunikasi kuantum.	23
2.3	Kriptorafi simetris untuk protokol E91.	28
2.4	Depolarisasi pada kanal kuantum yang probabilitas error $p = p_X + p_Y + p_Z$ dengan $p_X = p_Y = p_Z = \frac{p}{3}$	28
3.1	Protokol E91 berdasarkan <i>entanglement</i> dalam sistem komunikasi kuantum.	35
3.2	Skenario simulasi saluran untuk (a) kinerja dengan intersepsi <i>eavesdropper</i> pada saluran sempurna dan (b) kinerja dengan intersepsi <i>eavesdropper</i> pada <i>erroneous channels</i>	36
3.3	<i>MSE calculation of machine learning for channel estimation.</i>	37
3.4	Diagram blok SISO-OFDM untuk ilustrasi <i>main research area</i> dari penelitian <i>machine learning for channel estimation</i>	37
3.5	Tata letak pengukuran yang menggambarkan skenario eksperimen untuk pengumpulan data path loss. Pemancar (Tx STN1) ditempatkan di atap gedung TULT dengan ketinggian 48 m, sementara penerima (Rx STN2) digeser secara bertahap sepanjang jalur Line-of-Sight (LOS) pada jarak antara 50 m hingga 500 m, dengan ketinggian antenna penerima 1 m.	38
4.1	Model sistem SISO-OFDM untuk <i>machine learning for channel estimation</i>	42
4.2	<i>Comb-type Pilot pattern for OFDM communication systems.</i>	44

4.3	Perangkat keras: (a) <i>spectrum analyzer</i> , (b) antenna OAIBOX 40 sebagai <i>receiver</i> , dan (c) antenna AH-118 sebagai <i>transmitter</i>	47
4.4	Perangkat keras: (a) <i>USRP N210</i> dan (b) <i>UBX</i>	47
4.5	<i>Set up</i> pengukuran perangkat eksperimen <i>path loss</i> eksponen 6G.	48
4.6	Titik pengujian pengukuran untuk <i>path loss</i> eksponen 6G.	49
4.7	<i>Eavesdropper interception</i> pada protokol E91.	50
4.8	Depolarisasi pada kanal kuantum yang probabilitas error $p = p_X + p_Y + p_Z$ dengan $p_X = p_Y = p_Z = \frac{p}{3}$	51
4.9	Tampilan depan indikator <i>USRP N210</i>	52
4.10	Tampilan <i>setting network</i> untuk <i>USRP N210</i>	53
4.11	Pembuatan dan pengiriman qubit dari Charlie.	56
4.12	Spin projection untuk: (a) Alice: $a_1 = 0^\circ$, $a_2 = 45^\circ$, $a_3 = 90^\circ$ dan (b) Bob: $b_1 = 45^\circ$, $b_2 = 90^\circ$, $b_3 = 135^\circ$	57
4.13	Contoh hasil measurement untuk Alice dan Bob.	58
5.1	Ilustrasi pengujian: (a) <i>probability of resulted key</i> dari protokol E91, (b) skenario dengan <i>eavesdropper interception under perfect channels</i> , dan (c) skenario dengan <i>eavesdropper interception combined under the erroneous channels</i>	62
5.2	<i>Flowchart WP 1: machine learning for channel estimation in 5G-Advanced and beyond</i>	63
5.3	<i>Flowchart WP 3: proses pengujian untuk estimasi path loss exponent pada frekuensi 4.4–4.8 GHz</i>	64
5.4	Flowchart proses pengujian pada: (a) <i>Probability of resulted keys</i> dari E91, (b) Skenario dengan <i>eavesdropper interception under perfect channels</i> , dan (c) Skenario dengan <i>eavesdropper interception combined under the erroneous channels</i>	66
5.5	<i>The FDNN-based channel estimation architecture for OFDM communication systems</i>	71
5.6	<i>R2 score</i> dan <i>loss</i> hasil training <i>FDNN-based channel estimation</i> pada SNR rendah.	72
5.7	<i>R2 score</i> dan <i>loss</i> hasil training <i>FDNN-based channel estimation</i> pada SNR tinggi.	73
5.8	<i>R2 score</i> dan <i>loss</i> hasil training <i>FDNN-based channel estimation</i> pada various SNRs.	73
5.9	<i>The LSTM cell that represents the process of long short-term memory in a time series sequence</i>	74

5.10	<i>The proposed DL-based channel estimation architecture for OFDM communication systems.</i>	77
5.11	<i>R2 score dan loss hasil training the proposed DL-based channel estimation pada various SNRs.</i>	77
5.12	<i>FER performances analysis of different Pilot values for channel estimation in OFDM systems.</i>	80
5.13	<i>FER performances of various DL approaches for channel estimation.</i>	82
5.14	<i>BER performances analysis of different Pilot values for channel estimation in OFDM systems.</i>	83
5.15	<i>BER performances of various DL approaches for channel estimation.</i>	84
5.16	<i>with the same number of Rayleigh signal samples in each quadrant.</i>	85
5.17	<i>Histogram magnitude plot of 760 Rayleigh channels, showing that the sample channels we use meet the characteristics of a Rayleigh distribution.</i>	86
5.18	<i>FER performances of perfect vs practical multipath Rayleigh to obtain perfect channel estimation in 5G-Advanced and beyond.</i>	87
5.19	<i>BER performances of perfect vs practical multipath Rayleigh to obtain perfect channel estimation in 5G-Advanced and beyond.</i>	88
5.20	<i>The proposed DLCE architecture in multipath Rayleigh fading channels.</i>	89
5.21	<i>Comb-type pilot pattern-1 with 2 pilots in the subcarriers 0 and 4 for channel estimation in multipath Rayleigh fading channels.</i>	91
5.22	<i>Comb-type pilot pattern-2 with 3 pilots in the subcarriers 0, 3, and 6 for channel estimation in multipath Rayleigh fading channels.</i>	92
5.23	<i>Comb-type pilot pattern-3 with 3 pilots in the subcarriers 0, 2, 4, and 6 for channel estimation in multipath Rayleigh fading channels.</i>	93
5.24	<i>FER performances of the proposed DLCE in multipath Rayleigh in 5G-Advanced and beyond.</i>	94
5.25	<i>BER performances of the proposed DLCE in multipath Rayleigh in 5G-Advanced and beyond.</i>	95
5.26	<i>Hasil pengukuran skenario LOS untuk Frekuensi 4.4 GHz.</i>	106
5.27	<i>Hasil pengukuran skenario NLOS untuk Frekuensi 4.4 GHz.</i>	107
5.28	<i>Hasil pengukuran skenario LOS untuk Frekuensi 4.5 GHz.</i>	108
5.29	<i>Hasil pengukuran skenario NLOS untuk Frekuensi 4.5 GHz.</i>	109
5.30	<i>Hasil pengukuran skenario LOS untuk Frekuensi 4.6 GHz.</i>	110
5.31	<i>Hasil pengukuran skenario NLOS untuk Frekuensi 4.6 GHz.</i>	111
5.32	<i>Hasil pengukuran skenario LOS untuk Frekuensi 4.7 GHz.</i>	112

5.33	Hasil pengukuran skenario NLOS untuk Frekuensi 4.7 GHz.	113
5.34	Hasil pengukuran skenario LOS untuk Frekuensi 4.8 GHz.	114
5.35	Hasil pengukuran skenario NLOS untuk Frekuensi 4.8 GHz.	115
5.36	Skenario simulasi kanal untuk (a) kinerja dengan <i>eavesdropper interception under a perfect channel</i> dan (b) kinerja dengan <i>eavesdropper interception under the erroneus channels</i>	115
5.37	<i>Probability of resulted keys from E91 protocol</i>	116
5.38	<i>Probability of resulted keys from BB84 protocol</i>	116
5.39	<i>The performances of secret key rate to total probability of intercept under perfect channels</i>	118
5.40	<i>The performances of secret key rate to total probability of both interception and erroneus channels</i>	121