

## DAFTAR GAMBAR

1.1	Ilustrasi persinyalan HSR dengan dua kereta cepat yang saling beroperasi dalam satu lintasan. . . . .	2
2.1	<i>Time line</i> teknologi FRMCS sampai tahun 2030. . . . .	9
2.2	Diagram konstelasi modulasi 64-QAM 5G NR. . . . .	10
2.3	Efisiensi spektrum frekuensi akibat OFDM dibandingkan dengan FDM. . . . .	11
2.4	Ilustrasi penambahan <i>cyclic prefix</i> di OFDM simbol untuk menjadikan kanal $\mathbf{H}$ menjadi matriks <i>circulant</i> . . . . .	13
2.5	Ilustrasi sudut kedatangan beberapa gelombang komunikasi kereta cepat yang menggambarkan sebaran Doppler. . . . .	16
2.6	(a) Rayleigh <i>fading envelope</i> pada 900 MHz, (b) perbandingan antara distribusi Rayleigh dan PDF <i>envelope</i> kanal simulator, (c) PDF variasi fasa yang terdistribusi secara merata. . . . .	18
2.7	(a) Spektrum daya dari <i>Doppler spread</i> dengan kecepatan 500 km/h pada frekuensi 900 MHz, (b) perbandingan antara <i>autocorrelation</i> dari simulasi <i>real-part</i> dengan referensi. . . . .	20
2.8	Blok diagram dari <i>multiple transmit</i> dan <i>multiple receive</i> dengan teknik <i>space-time block coding</i> . . . . .	22
2.9	Kinerja BER modulasi 64-QAM dengan kanal <i>Rayleigh fading</i> menurut teori. . . . .	25
2.10	Diagram blok umum perangkat USRP Ettus Research dengan sub perangkat <i>motherboard</i> dan <i>daughterboard</i> . . . . .	27
3.1	Blok <i>Doppler spread compensator</i> dengan jumlah elemen $K - 1$ . . . . .	31
3.2	Pergerakan antena dan posisi estimasi sinyal di titik $P$ selama satu durasi simbol OFDM. . . . .	32
3.3	Blok sistem MIMO-OFDM dengan penambahan teknik DSC. . . . .	43
3.4	Representatif model kanal FRMCS di kota Bandung Indonesia. . . . .	44
3.5	Blok sistem <i>transmitter</i> dan <i>receiver</i> untuk eksperimen MIMO 2x2 dengan menggunakan USRP. . . . .	45
3.6	Ilustrasi kondisi <i>real sampling</i> dan <i>ideal sampling</i> dalam proses sinkronisasi simbol. . . . .	46

3.7	Ilustrasi skema eksperimen MIMO 2x2 skala laboratorium. . . . .	48
4.1	Kinerja BER terhadap jarak antara elemen antena dengan jumlah elemen $K$ sebanyak dua. . . . .	50
4.2	Kinerja BER terhadap jarak antara elemen antena dengan jumlah elemen $K$ sebanyak empat. . . . .	51
4.3	Kinerja BER terhadap SNR pada kanal FRMCS Indonesia dengan DSC ( $K = 2$ ) dan tanpa DSC. . . . .	52
4.4	Kinerja BER terhadap SNR pada kanal FRMCS Indonesia dengan DSC ( $K = 4$ ) dan tanpa DSC. . . . .	53
4.5	Konstelasi koefisien komponen kanal untuk menganalisa <i>trade-off</i> antara jumlah elemen antena dan dominasi <i>Rayleigh fading</i> - efek Doppler dalam kondisi 500 km/h untuk: (a) $K = 2$ dan (b) $K = 4$ . . . . .	55
4.6	Kinerja BER terhadap SNR untuk sistem tanpa DSC, SISO-DSC, dan MIMO-DSC pada kanal FRMCS Indonesia. . . . .	56
4.7	Kinerja BER terhadap $f_d T_s$ di sistem SISO, SISO-DSC, dan MIMO-DSC pada level SNR $\infty$ . . . . .	57
4.8	Konstelasi sinyal dari Rx <i>channel 1</i> , Rx <i>channel 2</i> , dan combined Rx yang menunjukkan sinkronisasi dan estimasi kanal memiliki kinerja yang baik. . . . .	58
4.9	Sinyal terima dari antena 1 dan antena 2 dalam bentuk domain waktu yang menunjukkan informasi sinyal yang diterima dan <i>training sequence</i> yang digunakan. . . . .	58