

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Implementasi Testbed Infrastruktur 5G Barcelona.....	4
Gambar 3.1 Alur Pembuatan Akun User	17
Gambar 3.2 Alur Konfigurasi Komponen RAN	18
Gambar 3.3 Alur Monitoring UE.....	19
Gambar 3.4 Alur Sniffing Wireshark	20
Gambar 3.5 Django MTV Pattern	21
Gambar 3.6 Desain Arsitektur Backend-REST API.....	22
Gambar 3.7 Desain Arsitektur Backend-Websocket	22
Gambar 3.8 Diagram Alir Inisialisasi Peran	23
Gambar 3.9 <i>Use case</i> Diagram Actor Admin	24
Gambar 3.10 <i>Use case</i> Diagram Actor User	24
Gambar 3.11 Desain Infrastruktur E2E 5G Network	26
Gambar 3.12 Arsitektur 5G Koneksi Multi gNB.....	27
Gambar 3.13 Desain Infrastruktur Aplikasi.....	27
Gambar 3.14 Desain Automasi Pengembangan Perangkat Lunak	28
Gambar 3.15 Desain Monitoring Klaster.....	29
Gambar 3.16 Desain Keseluruhan Aplikasi pada Kubernetes.....	30
Gambar 4.1 Arsitektur Kubernetes	33
Gambar 4.2 Arsitektur VM Kluster	34
Gambar 4.3 Arsitektur Monitoring	36
Gambar 4.4 Arsitektur Distributed Block Storage	38
Gambar 4.5 Arsitektur Automation	39
Gambar 4.6 Validasi Koneksi Port CU	46
Gambar 4.7 Validasi Koneksi Wireshark CU.....	46
Gambar 4.8 Validasi Koneksi Port DU	47
Gambar 4.9 Validasi Koneksi Wireshark DU	47
Gambar 4.10 Validasi Koneksi Port RFSim.....	47
Gambar 4.11 Routing Table UPF	48
Gambar 4.12 Routing Table UE	48
Gambar 4.13 Skema Komunikasi Multi Node	49
Gambar 4.14 Instalasi Django Sukses	52
Gambar 4.15 Flowchart Otentikasi Pengguna	61

Gambar 4.16 Struktur Folder	69
Gambar 4.17 File CSS	79
Gambar 4.18 Tampilan Login Page	85
Gambar 4.19 Tampilan Logout User	86
Gambar 4.20 Tampilan Create Users	86
Gambar 4.21 Tampilan Read User	87
Gambar 4.22 Tampilan Update User	87
Gambar 4.23 Tampilan Delete User	88
Gambar 4.24 Tampilan Components Lifecycle Management	88
Gambar 4.25 Tampilan Component Logging and Testing	89
Gambar 4.26 Tampilan Shell PING & CURL UE	89
Gambar 4.27 Tampilan Konfigurasi CU	90
Gambar 4.28 Tampilan Konfigurasi CU	91
Gambar 4.29 Tampilan Konfigurasi UE	91
Gambar 4.30 Tampilan Protocol Filter	92
Gambar 4.31 Tampilan File Capture Download	93
Gambar 4.32 Tampilan Grafik Monitoring	94
Gambar 4.33 Tampilan Table Value Monitoring	94
Gambar 5.1 Response API <i>Create user</i>	97
Gambar 5.2 Response API <i>Read All User</i>	98
Gambar 5.3 Response API <i>Update Password User</i>	98
Gambar 5.4 Response API <i>Delete User</i>	99
Gambar 5.5 Response API <i>Get User Info</i>	99
Gambar 5.6 Response API Login	100
Gambar 5.7 Response API Logout	101
Gambar 5.8 Response API Refresh Token	101
Gambar 5.9 Response API Verify Token	102
Gambar 5.10 API Response List Pod	103
Gambar 5.11 API Response List Deployment	104
Gambar 5.12 API Response Get Log Pod	104
Gambar 5.13 API Response Restart Deployment	105
Gambar 5.14 Proses Testing API Websocket User PING	105
Gambar 5.15 Proses Testing API Websocket User CURL	106
Gambar 5.16 Proses Testing API Websocket User KPI	106

Gambar 5.17 Proses Testing API Websocket SCTP	107
Gambar 5.18 Response API AMF Log.....	107
Gambar 5.19 Response API UPF Log.....	108
Gambar 5.20 Response API AMF Deployment	108
Gambar 5.21 Response API UPF Deployment.....	109
Gambar 5.22 Response API <i>Get Configuration Value</i>	110
Gambar 5.23 Response API <i>Post Configuration Value</i>	110
Gambar 5.24 Response API <i>Start Component</i>	111
Gambar 5.25 Response API <i>Stop Component</i>	111
Gambar 5.26 Proses Testing API Websocket Sniffing Pod	112
Gambar 5.27 Response API List PCAP File	113
Gambar 5.28 Response API Dowload PCAP File.....	113
Gambar 5.29 Response API Delete PCAP File	114
Gambar 5.30 Tampilan Admin Membuat User	115
Gambar 5.31 Tampilan Admin Melihat User	116
Gambar 5.32 Tampilan Admin Mengubah Password User	116
Gambar 5.33 Tampilan Admin Menghapus User.....	116
Gambar 5.34 Verifikasi Informasi User dari Browser.....	117
Gambar 5.35 Verifikasi Informasi User Berhasil Login.....	117
Gambar 5.36 Verifikasi Informasi Admin Berhasil Login	117
Gambar 5.37 Verifikasi User dan Admin Berhasil Logout	118
Gambar 5.38 Koneksi Topologi Terhubung.....	118
Gambar 5.39 Response API Pod Saat Topologi Terhubung	118
Gambar 5.40 Response API Deployment Saat Topologi Terhubung.....	119
Gambar 5.41 UE Berhasil Menampilkan Log	119
Gambar 5.42 UE Berhasil Di Restart	119
Gambar 5.43 AMF Berhasil Menampilkan Log.....	120
Gambar 5.44 UPF Berhasil Menampilkan Log	120
Gambar 5.45 AMF Berhasil Menampilkan State Pod	121
Gambar 5.46 UPF Berhasil Menampilkan State Pod	121
Gambar 5.47 UE Berhasil Menampilkan Hasil Ping.....	122
Gambar 5.48 UE Berhasil Menampilkan Hasil CURL	122
Gambar 5.49 User Berhasil Mendapatkan Hasil Monitoring	123
Gambar 5.50 User Berhasil Mendapatkan Key Table Value	123

Gambar 5.51 User Berhasil Mendapatkan Hasil Protocol SCTP	123
Gambar 5.52 User Berhasil Mendapatkan Hasil Value Config.....	124
Gambar 5.53 User Berhasil Mengubah Hasil Value Config	124
Gambar 5.54 User Berhasil Menghubah State UE	125
Gambar 5.55 User Berhasil Menghentikan UE	125
Gambar 5.56 User Berhasil Mendapatkan Hasil Sniffing UE	126
Gambar 5.57 User Berhasil Mendapatkan Hasil File Sniffing	126
Gambar 5.58 User Berhasil Mengunduh Hasil File Sniffing	127
Gambar 5.59 User Berhasil Menghapus Hasil File Sniffing	127
Gambar 5.60 Diagram Alir Pengujian <i>System Load Capacity</i>	128
Gambar 5.61 Daftar Pod dan Status Pod per <i>User</i>	129
Gambar 5.62 Monitoring Resource pada User	130
Gambar 5.63 Diagram Alir Pengujian E2E	131
Gambar 5.64 Proses UE Mencapai <i>PDU Establishment</i>	131
Gambar 5.65 Hasil Wireshark Saat Proses RRC Setup Request	132
Gambar 5.66 Hasil Wireshark Saat Proses RRC Setup	132
Gambar 5.67 Hasil Wireshark Saat Proses NAS Registration	132
Gambar 5.68 Hasil Wireshark Saat Proses Initial UE Message	133
Gambar 5.69 Hasil Wireshark Saat Proses NGAP & NAS Authentication Request	133
Gambar 5.70 Hasil Wireshark Saat Proses NGAP & NAS Authentication Response	133
Gambar 5.71 Hasil Wireshark Saat Proses NGAP-NAS Security Mode Command	134
Gambar 5.72 Hasil Wireshark Saat Proses NAS Security Mode Command.....	134
Gambar 5.73 Hasil Wireshark Saat Proses Initial Context Setup Request.....	135
Gambar 5.74 Hasil Wireshark Saat Proses UE Capability Enquiry	135
Gambar 5.75 Hasil Wireshark Saat Proses UE Capability Information	135
Gambar 5.76 Hasil Wireshark Saat Proses NGAP-UE Capability Info Indication.....	136
Gambar 5.77 Hasil Wireshark Saat Proses RRC Connection Reconfiguration.....	136
Gambar 5.78 Hasil Wireshark Saat Proses RRC Reconfiguration Complete	136
Gambar 5.79 Hasil Wireshark Saat Proses NGAP-Initial Context Setup Response	137
Gambar 5.80 Hasil Wireshark Saat Proses PDU Session Establishment Request	137
Gambar 5.81 Pod UE Mendapatkan Interface oaitun_ue1	138
Gambar 5.82 Flow User Plane 5G E2E	138
Gambar 5.83 Sniff Trafik pada Komponen CU.....	139
Gambar 5.84 Detail Paket GTP ICMP pada CU	139

Gambar 5.85 Index Parameter Penilaian System Usability Scale	153
Gambar 5.86 Grafik System Load Capacity	167
Gambar 5.87 Grafik End-to-End Connection	168