

# DAFTAR ISI

|                                                                 |      |
|-----------------------------------------------------------------|------|
| LEMBAR PENGESAHAN BUKU CAPSTONE DESIGN .....                    | i    |
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....                            | ii   |
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....                            | iii  |
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....                            | iv   |
| ABSTRAK.....                                                    | v    |
| ABSTRACT.....                                                   | vi   |
| KATA PENGANTAR .....                                            | vii  |
| UCAPAN TERIMA KASIH .....                                       | viii |
| DAFTAR ISI.....                                                 | ix   |
| DAFTAR GAMBAR.....                                              | xiii |
| DAFTAR TABEL.....                                               | xvi  |
| DAFTAR SINGKATAN .....                                          | xvii |
| BAB 1 USULAN GAGASAN.....                                       | 1    |
| 1.1 Deskripsi Umum Masalah.....                                 | 1    |
| 1.2 Analisa Masalah.....                                        | 1    |
| 1.2.1 Aspek Teknologi dan Infrastruktur.....                    | 2    |
| 1.2.2 Aspek Pengalaman Pengguna ( <i>User Experience</i> )..... | 2    |
| 1.2.3 Aspek Keamanan .....                                      | 2    |
| 1.3 Tujuan Tugas Akhir .....                                    | 2    |
| 1.4 Batasan Tugas Akhir.....                                    | 3    |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....                                    | 4    |
| 2.1 Pendahuluan.....                                            | 4    |
| 2.2 Teknologi Komunikasi Suara Berbasis IP .....                | 4    |
| 2.2.1 Konsep Dasar Voice over Internet Protocol (VoIP) .....    | 4    |
| 2.2.2 Protokol SIP dan RTP .....                                | 5    |

|         |                                                                     |    |
|---------|---------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.3   | Infrastruktur Jaringan VoIP .....                                   | 6  |
| 2.2.3.1 | SIP <i>client</i> .....                                             | 6  |
| 2.2.3.2 | IP PBX (Asterisk) .....                                             | 7  |
| 2.2.3.3 | SBC.....                                                            | 8  |
| 2.2.3.4 | Topologi Jaringan dan Model Koneksi.....                            | 8  |
| 2.3     | Sistem IP PBX dan Integrasi Layanan Kolaborasi .....                | 9  |
| 2.3.1   | Asterisk sebagai IP PBX dan SBC.....                                | 9  |
| 2.3.2   | Microsoft Teams dan Phone System.....                               | 10 |
| 2.3.3   | <i>Direct Routing</i> untuk Integrasi dengan IP PBX.....            | 10 |
| 2.4     | Infrastruktur Pendukung Sistem .....                                | 11 |
| 2.4.1   | Virtual Machine (VM) dan <i>Cloud Platform</i> (Azure).....         | 11 |
| 2.4.2   | Sistem Operasi Server (Ubuntu Desktop).....                         | 12 |
| 2.5     | Keamanan dalam Sistem Komunikasi Berbasis IP .....                  | 13 |
| 2.5.1   | Pengamanan Komunikasi Suara .....                                   | 13 |
| 2.5.2   | Sertifikat Digital.....                                             | 13 |
| BAB 3   | SPESIFIKASI DAN DESAIN SISTEM.....                                  | 15 |
| 3.1     | Desain Sistem.....                                                  | 15 |
| 3.1.1   | Deskripsi Umum Desain .....                                         | 15 |
| 3.1.2   | Arsitektur Sistem .....                                             | 15 |
| 3.2     | Spesifikasi dan Batasan.....                                        | 18 |
| BAB 4   | IMPLEMENTASI.....                                                   | 19 |
| 4.1     | Deskripsi Umum Implementasi.....                                    | 19 |
| 4.2     | Detail Implementasi .....                                           | 19 |
| 4.2.1   | Arsitektur Sistem .....                                             | 20 |
| 4.2.2   | Mekanisme Komunikasi SIP <i>client</i> ke Teams <i>client</i> ..... | 21 |
| 4.2.3   | Mekanisme Komunikasi Teams <i>client</i> ke SIP <i>client</i> ..... | 22 |

|          |                                                                         |    |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2.4    | <i>Flow</i> Tahapan Implementasi Sistem .....                           | 23 |
| 4.2.5    | VM .....                                                                | 24 |
| 4.2.6    | Pengaturan DNS dan FQDN .....                                           | 25 |
| 4.2.7    | Penerapan Sertifikat TLS dari Let's Encrypt.....                        | 27 |
| 4.2.8    | Instalasi dan Konfigurasi Asterisk .....                                | 28 |
| 4.2.8.1  | Konfigurasi pjsip.conf .....                                            | 29 |
| 4.2.8.2  | Konfigurasi extensions.conf .....                                       | 31 |
| 4.2.8.3  | Konfigurasi rtp.conf.....                                               | 33 |
| 4.2.9    | Konfigurasi Keamanan dengan Fail2Ban .....                              | 33 |
| 4.2.9.1  | Konfigurasi Fail2Ban untuk Layanan Asterisk .....                       | 34 |
| 4.2.9.2  | Konfigurasi Fail2Ban untuk Layanan SSH .....                            | 35 |
| 4.2.10   | Konfigurasi Microsoft Teams .....                                       | 35 |
| 4.2.10.1 | Konfigurasi SBC.....                                                    | 36 |
| 4.2.10.2 | Konfigurasi <i>Voice Routes</i> dan <i>Voice Routing Policies</i> ..... | 36 |
| 4.2.10.3 | Pembuatan <i>Dial Plan</i> dan Normalisasi Nomor .....                  | 38 |
| 4.2.10.4 | <i>Assigning Number</i> .....                                           | 39 |
| 4.3      | Prosedur Pengoperasian .....                                            | 40 |
| 4.3.1    | Pengoperasian Panggilan Menggunakan <i>Softphone</i> . ....             | 40 |
| 4.3.2    | Pengoperasian Panggilan Menggunakan IP <i>phone</i> . ....              | 42 |
| 4.3.3    | Pengoperasian Panggilan Menggunakan Microsoft Teams .....               | 44 |
| BAB 5    | PENGUJIAN.....                                                          | 47 |
| 5.1      | Skema Pengujian Sistem.....                                             | 47 |
| 5.1.1    | Fungsional Sistem.....                                                  | 47 |
| 5.1.2    | Performa Sistem.....                                                    | 48 |
| 5.1.3    | Pengujian Kapasitas Maksimal Panggilan Simultan.....                    | 49 |
| 5.1.4    | Keamanan Sistem.....                                                    | 50 |

|         |                                                      |    |
|---------|------------------------------------------------------|----|
| 5.2     | Detail Pengujian.....                                | 52 |
| 5.2.1   | Pengujian Fungsional Sistem.....                     | 52 |
| 5.2.2   | Pengukuran Performa Sistem.....                      | 55 |
| 5.2.2.1 | <i>Delay</i> .....                                   | 55 |
| 5.2.2.2 | <i>Throughput</i> .....                              | 57 |
| 5.2.2.3 | <i>Packet Loss</i> .....                             | 59 |
| 5.2.2.4 | <i>Jitter</i> .....                                  | 65 |
| 5.2.3   | Pengujian Kapasitas Maksimal Panggilan Simultan..... | 66 |
| 5.2.4   | Pengujian Keamanan Sistem.....                       | 69 |
| 5.2.4.1 | Pengujian Keamanan Layanan Asterisk .....            | 69 |
| 5.2.4.2 | Pengujian Keamanan Layanan SSH .....                 | 71 |
| 5.3     | Analisa Pengujian .....                              | 73 |
| BAB 6   | KESIMPULAN DAN SARAN.....                            | 76 |
| 6.1     | Kesimpulan .....                                     | 76 |
| 6.2     | Saran .....                                          | 77 |
|         | DAFTAR PUSTAKA .....                                 | 79 |
|         | LAMPIRAN.....                                        | 83 |