

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| LEMBAR PERNYATAAN..... | iv |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iv |
| KATA PENGANTAR | ivi |
| DAFTAR ISI..... | vi |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xiii |
| INTISARI | xv |
| ABSTRACT | xvi |
| BAB 1 PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 6 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 7 |
| 1.4 Batasan Penelitian | 7 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 8 |
| 1.6 Keaslian Penelitian | 8 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA..... | 14 |
| 2.1 <i>Standard Instrument Arrival</i> (STAR) sebagai Prosedur dalam Manajemen Lalu Lintas Penerbangan Kedatangan | 14 |
| 2.2 RNAV merupakan Spesifikasi Navigasi pada <i>Performance Based Navigation</i> (PBN)..... | 15 |
| 2.3 Penerapan RNAV-1 pada <i>Standard Instrument Arrival</i> (STAR)..... | 17 |
| 2.4 Beban Kerja petugas <i>Air Traffic Controller</i> (ATC) | 19 |
| 2.4.1 Beban kerja dimensi eksternal..... | 19 |
| 2.4.2 Beban kerja dimensi internal | 20 |
| 2.5 Iklim Kerja Petugas <i>Air Traffic Controller</i> (ATC) | 21 |
| 2.6 Stres Kerja Petugas <i>Air Traffic Controller</i> (ATC) | 22 |
| 2.7 <i>Point Merge System</i> (PMS)..... | 23 |
| 2.8 Penerapan <i>Point Merge System</i> pada Prosedur <i>Standard Instrument Arrival</i> | 24 |
| BAB 3 LANDASAN TEORI | 26 |
| 3.1 Analisis Regresi Linear | 26 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1.1 | Regresi linear berganda untuk analisis hubungan beban kerja dimensi eksternal dan iklim kerja terhadap stres kerja petugas ATC | 26 |
| 3.1.2 | Regresi linear sederhana untuk analisis pengaruh aktivitas ATC pada prosedur STAR saat ini terhadap beban kerja dimensi internal ATC | 27 |
| 3.1.3 | Uji normalitas | 28 |
| 3.1.4 | Uji multikolinearitas | 28 |
| 3.1.5 | Uji linearitas | 29 |
| 3.1.6 | Uji heteroskedastisitas | 29 |
| 3.1.7 | Uji simultan (Uji F) | 30 |
| 3.1.8 | Uji t | 30 |
| 3.1.9 | Koefisien determinasi (<i>R Square</i>) | 30 |
| 3.2 | Analisis Beban Kerja Dimensi Internal ATC dengan Penilaian Subjektif NASA-TLX | 31 |
| 3.3 | Penyusunan Konsep Desain <i>Point Merge System</i> (PMS) pada Prosedur STAR di TMA Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai | 34 |
| 3.3.1 | Penyusunan desain prosedur penerbangan | 34 |
| 3.3.2 | Penyusunan konsep desain struktur <i>Point Merge System</i> | 36 |
| 3.4 | Teknik Pengumpulan Data dan Pengujian Data | 40 |
| 3.4.1 | Teknik <i>sampling</i> | 40 |
| 3.4.2 | Penentuan jumlah sampel | 42 |
| 3.4.3 | Uji validasi data | 42 |
| 3.4.4 | Uji reliabilitas | 42 |
| BAB 4 | METODE PENELITIAN | 43 |
| 4.1 | Alur Penelitian | 43 |
| 4.2 | Lokasi Penelitian | 45 |
| 4.3 | Data Penelitian | 46 |
| 4.3.1 | Data primer | 46 |
| 4.3.2 | Data sekunder | 46 |
| 4.4 | Alat Penelitian | 47 |
| 4.5 | Metode Pengumpulan Data | 47 |
| 4.5.1 | Survei data pergerakan lalu lintas penerbangan kedatangan | 47 |
| 4.5.2 | Survei jumlah instruksi ATC sebagai aktivitas dalam mengendalikan kompleksitas lalu lintas penerbangan kedatangan | 48 |
| 4.6 | Pengambilan Sampel | 48 |
| 4.7 | Variabel Penelitian dalam Analisis Regresi Linear Berganda | 49 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4.7.1 | Variabel beban kerja dimensi eksternal petugas ATC..... | 49 |
| 4.7.2 | Variabel iklim kerja | 50 |
| 4.7.3 | Variabel stres kerja | 50 |
| 4.7.4 | Kisi-kisi instrumen kuesioner | 51 |
| 4.8 | Variabel Penelitian dalam Analisis Regresi Linear Sederhana | 52 |
| 4.9 | Penyusunan Konsep <i>Point Merge System</i> pada Prosedur Penerbangan STAR | 52 |
| 4.10 | Analisis Penerapan Konsep PMS menggunakan <i>Real Time Simulator</i> ATC | 53 |
| BAB 5 | HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... | 54 |
| 5.1 | Analisis Pergerakan Lalu lintas Penerbangan Kedatangan pada Prosedur STAR saat ini | 54 |
| 5.1.1 | Struktur rute pada prosedur STAR saat ini..... | 54 |
| 5.1.2 | Karakteristik lalu lintas penerbangan kedatangan di wilayah TMA Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai..... | 58 |
| 5.1.3 | Penerapan prosedur STAR saat ini | 61 |
| 5.1.4 | Volume dan data pergerakan lalu lintas penerbangan kedatangan | 64 |
| 5.1.5 | Penggunaan <i>runway</i> | 66 |
| 5.2 | Analisis Hubungan Beban Kerja Dimensi Eksternal, Iklim Kerja Terhadap Stres Kerja Petugas ATC..... | 66 |
| 5.2.1 | Gambaran umum responden | 67 |
| 5.2.2 | Data hasil kuesioner beban kerja, iklim kerja dan stres kerja petugas ATC | 68 |
| 5.2.3 | Uji validitas dan reliabilitas kuesioner | 71 |
| 5.2.4 | Uji normalitas | 73 |
| 5.2.5 | Uji multikolinearitas | 74 |
| 5.2.6 | Uji heteroskedastisitas | 74 |
| 5.2.7 | Analisis regresi linear berganda | 74 |
| 5.2.8 | Uji simultan (Uji F) | 76 |
| 5.2.9 | Uji t parsial | 77 |
| 5.2.10 | Koefisien determinasi pada variabel <i>independent</i> | 79 |
| 5.3 | Analisis Pengaruh Aktivitas ATC pada Prosedur Saat ini Terhadap Beban Kerja Dimensi Internal ATC | 79 |
| 5.3.1 | Analisis beban kerja mental ATC dengan NASA-TLX | 81 |
| 5.3.2 | Analisis aktivitas ATC pada penerapan prosedur STAR saat ini | 85 |
| 5.3.3 | Uji normalitas | 88 |

| | | |
|----------------|--|-----|
| 5.3.4 | Uji linearitas | 88 |
| 5.3.5 | Uji heteroskedastisitas | 89 |
| 5.3.6 | Analisis regresi linear sederhana | 89 |
| 5.3.7 | Uji t | 91 |
| 5.4 | Penyusunan Konsep Desain <i>Point Merge System</i> (PMS) Pada Prosedur STAR..... | 92 |
| 5.4.1 | Inisiasi desain prosedur penerbangan | 92 |
| 5.4.2 | Data yang diperlukan untuk desain prosedur penerbangan | 92 |
| 5.4.3 | Kriteria desain prosedur penerbangan | 94 |
| 5.4.4 | Penyusunan konsep desain | 95 |
| 5.5 | Analisis Penerapan <i>Konsep Point Merge System</i> pada Prosedur STAR..... | 103 |
| 5.5.1 | Pembangunan model di <i>Real Time Simulator</i> ATC | 104 |
| 5.5.2 | Skenario simulasi lalu lintas dalam <i>Real Time Simulator</i> ATC | 111 |
| 5.5.3 | Hasil analisis penerapan <i>Point Merge System</i> | 114 |
| 5.6 | Pembahasan Hasil Penelitian..... | 120 |
| 5.6.1 | Penerapan konsep <i>Point Merge System</i> pada prosedur STAR..... | 121 |
| 5.6.2 | Hubungan beban kerja dimensi internal petugas ATC dengan aktivitas petugas ATC pada penerapan prosedur saat ini..... | 122 |
| 5.6.3 | Hubungan beban kerja dimensi eksternal petugas ATC terhadap stres kerja | 123 |
| BAB 6 | KESIMPULAN DAN SARAN | 125 |
| 6.1 | Kesimpulan..... | 125 |
| 6.2 | Saran..... | 126 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 127 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------|---|----|
| Gambar 1.1. | Penerapan RNAV pada <i>ATS Route</i> | 2 |
| Gambar 2.1. | Konsep PBN dalam Konsep Ruang Udara..... | 15 |
| Gambar 2.2. | Perbandingan konsep navigasi dengan konvensional dan PBN..... | 16 |
| Gambar 2.3. | Area Operasi dalam Konsep Ruang Udara | 16 |
| Gambar 2.4. | Struktur <i>Point Merge System</i> | 23 |
| Gambar 3.1. | Tahapan AirNav dalam Penyusunan Desain Prosedur Penerbangan | 35 |
| Gambar 3.2. | Struktur Rute <i>Point Merge</i> | 37 |
| Gambar 3.3. | Pilihan Desain Bentuk <i>Sequencing Leg</i> | 38 |
| Gambar 3.4. | Desain <i>Point Merge</i> dengan 3 <i>Entry Point</i> | 39 |
| Gambar 4.1. | Alur Penelitian..... | 44 |
| Gambar 5.1. | STAR Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai <i>Runway 09</i> | 56 |
| Gambar 5.2. | STAR Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai <i>Runway 27</i> | 57 |
| Gambar 5.3. | Persentase Lalu lintas Penerbangan Kedatangan di <i>Entry Point</i> | 59 |
| Gambar 5.4. | Perbandingan <i>Entry Point</i> dan Karakteristik Lalu lintas Kedatangan Sebelum dan Setelah Adanya Penerapan <i>ATS Route RNAV-2</i> | 60 |
| Gambar 5.5. | <i>Direct Instruction</i> dan <i>Radar Vectoring</i> dari ATC kepada CAL771 | 62 |
| Gambar 5.6. | <i>Radar Vectoring</i> dari ATC untuk <i>separation</i> dan <i>sequencing</i> | 63 |
| Gambar 5.7. | <i>Holding</i> dan <i>Radar Vectoring</i> dari ATC untuk <i>sequencing</i> | 64 |
| Gambar 5.8. | Posisi Petugas ATC berdasarkan Fase Penerbangan..... | 67 |
| Gambar 5.9. | Masa Kerja Petugas ATC di Unit APP Berdasarkan Masa <i>Qualified Controller</i> | 68 |
| Gambar 5.10. | Daerah Penerimaan Hipotesis Uji t..... | 78 |
| Gambar 5.11. | Wilayah <i>Terminal Maneuvering Area (TMA) West</i> dan <i>East</i> Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai | 80 |
| Gambar 5.12. | Persentase Kategori Beban Kerja Mental Petugas ATC..... | 84 |
| Gambar 5.13. | Persentase Indikator NASA-TLX Petugas ATC APP | 85 |
| Gambar 5.14. | <i>Minimum Radar Vector Altitude</i> | 94 |
| Gambar 5.15. | Konfigurasi <i>Point Merge System</i> | 95 |
| Gambar 5.16. | Karakteristik Pergerakan Lalu lintas Kedatangan di TMA..... | 96 |
| Gambar 5.17. | Persentase Penggunaan <i>Runway</i> | 96 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 5.18. Konsep Desain Prosedur STAR dengan <i>Point Merge System</i> | 97 |
| Gambar 5.19. Desain <i>Path Stretching</i> | 99 |
| Gambar 5.20. Konsep Desain <i>Point Merge System Runway 09</i> | 100 |
| Gambar 5.21. Konsep Desain <i>Point Merge System Runway 27</i> | 103 |
| Gambar 5.22. Input Data <i>Airfield</i> | 104 |
| Gambar 5.23. Input Data <i>Runway 09</i> | 105 |
| Gambar 5.24. Input Data <i>Runway 27</i> | 105 |
| Gambar 5.25. Input Data <i>Navigation Aid</i> | 106 |
| Gambar 5.26. Input Data <i>Waypoint</i> dan <i>Entry point</i> | 106 |
| Gambar 5.27. Input Data <i>Airways</i> | 107 |
| Gambar 5.28. Pembangunan <i>Point Merge System</i> | 108 |
| Gambar 5.29. <i>Point Merge System</i> pada <i>Real Time Simulator ATC</i> | 108 |
| Gambar 5.30. Proses <i>Running</i> pada <i>Real Time Simulator ATC</i> | 109 |
| Gambar 5.31. Proses Input Data <i>Flight Plan</i> | 110 |
| Gambar 5.32. Proses Input Data Skenario 1 | 113 |
| Gambar 5.33. Proses Input Data Skenario 2 | 114 |
| Gambar 5.34. Perbandingan Jumlah Komunikasi Petugas ATC <i>Terminal West</i> .117 | |
| Gambar 5.35. Perbandingan Jumlah Komunikasi Petugas ATC <i>Terminal East</i> .117 | |
| Gambar 5.36. Pergerakan Lalu Lintas Kedatangan pada <i>Point Merge System</i> ...118 | |
| Gambar 5.37. Perbandingan <i>Descent Profile</i> | 120 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabel 1.1. | Jumlah Lalu lintas Penerbangan di Indonesia..... | 1 |
| Tabel 1.2. | Pemilihan sistem RNAV/RNP..... | 3 |
| Tabel 1.3. | Jumlah Pergerakan Lalu Lintas Penerbangan Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai | 4 |
| Tabel 1.4. | Rekapitulasi Keaslian Penelitian..... | 11 |
| Tabel 3.1. | Deskripsi dimensi pada NASA-TLX | 32 |
| Tabel 3.2. | Indikator NASA-TLX yang Diperbandingkan | 33 |
| Tabel 3.3. | Skor NASA-TLX | 34 |
| Tabel 4.1. | Kisi-Kisi Instrumen Kuesioner | 51 |
| Tabel 5.1. | <i>Entry Point</i> Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai | 54 |
| Tabel 5.2. | Data Lalu lintas Penerbangan Bulan Juni – Agustus 2019 | 58 |
| Tabel 5.3. | Persentase Lalu lintas Kedatangan di <i>Entry Point</i> | 59 |
| Tabel 5.4. | Volume Lalu lintas Kedatangan Selama Survei | 65 |
| Tabel 5.5. | Persentase Penggunaan <i>Runway</i> selama 4 Tahun | 66 |
| Tabel 5.6. | <i>Crosstabulation</i> Responden Kombinasi Jenis Kelamin, Usia, dan <i>Qualified Controller</i> | 67 |
| Tabel 5.7. | Data Statistik Dekriptif Variabel Beban Kerja, Iklim Kerja dan Stres Kerja Petugas ATC | 69 |
| Tabel 5.8. | Kategori Skor Beban Kerja Dimensi Eksternal Petugas ATC | 69 |
| Tabel 5.9. | Kategori Skor Iklim Kerja Petugas ATC | 70 |
| Tabel 5.10. | Kategori Skor Stres Kerja Petugas ATC..... | 70 |
| Tabel 5.11. | Hasil Uji Validitas Variabel Beban Kerja Berdasarkan Dimensi Eksternal Petugas ATC | 71 |
| Tabel 5.12. | Hasil Uji Validitas Variabel Iklim Kerja Petugas ATC..... | 72 |
| Tabel 5.13. | Hasil Uji Validitas Variabel Stres Kerja Petugas ATC | 72 |
| Tabel 5.14. | Hasil Uji Reliabilitas Variabel Beban Kerja, Iklim Kerja dan Stres Kerja Petugas ATC | 73 |
| Tabel 5.15. | Hasil Uji Normalitas | 73 |
| Tabel 5.16. | Hasil Uji Multikolinearitas | 74 |
| Tabel 5.17. | Hasil Uji Heteroskedastisitas | 74 |
| Tabel 5.18. | Hasil Koefisien Determinasi..... | 75 |
| Tabel 5.19. | Hasil Regresi Linear Berganda..... | 75 |
| Tabel 5.20. | Hasil Uji F..... | 76 |
| Tabel 5.21. | Hasil Uji t parsial | 78 |

| | |
|---|-----|
| Tabel 5.22. Koefisien Determinasi Variabel Beban Kerja Dimensi Eskternal..... | 79 |
| Tabel 5.23. Koefisien Determinasi Variabel Iklim Kerja | 79 |
| Tabel 5.24. Hasil Penilaian Kuesioner NASA-TLX..... | 82 |
| Tabel 5.25. Hasil Interpretasi Skor NASA-TLX | 83 |
| Tabel 5.26. Hasil Data Komunikasi Petugas ATC Sektor <i>Terminal West</i> | 86 |
| Tabel 5.27. Hasil Data Komunikasi Petugas ATC Sektor <i>Terminal East</i> | 87 |
| Tabel 5.28. Hasil Uji Normalitas | 88 |
| Tabel 5.29. Hasil Uji Linearitas | 89 |
| Tabel 5.30. Hasil Uji Heteroskedastisitas | 89 |
| Tabel 5.31. Koefisien Determinasi Jumlah Komunikasi Terhadap Beban Kerja .. | 89 |
| Tabel 5.32. Interpretasi Nilai Koefisien Korelasi | 90 |
| Tabel 5.33. Tabel ANOVA..... | 90 |
| Tabel 5.34. Koefisien Regresi Sederhana | 90 |
| Tabel 5.35. Data Koordinat <i>Runway</i> di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai | 93 |
| Tabel 5.36. Data Koordinat Alat Navigasi di Wilayah TMA | 93 |
| Tabel 5.37. Data Koordinat <i>Entry Point</i> di wilayah TMA | 93 |
| Tabel 5.38. Persentase dan <i>Entry Point</i> pada <i>Point Merge System</i> | 98 |
| Tabel 5.39. Hasil perhitungan MAPE..... | 110 |
| Tabel 5.40. Rekapitulasi Volume Lalu lintas Kedatangan Hasil Survei..... | 111 |
| Tabel 5.41. Data Lalu lintas Kedatangan Skenario 1..... | 112 |
| Tabel 5.42. Data Lalu lintas Kedatangan Skenario 2..... | 113 |
| Tabel 5.43. Perbandingan Jumlah Komunikasi Petugas ATC..... | 115 |
| Tabel 5.44. Perbandingan <i>Flying Time</i> | 119 |