

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	8
UCAPAN TERIMA KASIH.....	9
BAB I USULAN GAGASAN	18
1.1 DESKRIPSI UMUM MASALAH DAN KEBUTUHAN.....	18
1.1.1 Complex Engineering Problem	21
1.2 ANALISIS MASALAH	22
1.2.1 Aspek Teknis.....	22
1.2.2 Aspek Operasional	22
1.2.3 Aspek Keamanan	23
1.2.4 Aspek Ekonomi.....	23
1.2.5 Aspek Regulasi	23
1.3 ANALISIS SOLUSI YANG SUDAH ADA	23
1.3.1 Pemantauan Manual oleh Petugas.....	24
1.3.2 Pemantauan Menggunakan CCTV.....	24
1.3.3 Pemantauan Menggunakan Kamera Termal	24
1.4 KESIMPULAN BAB I.....	27
BAB II BATASAN DAN SPESIFIKASI.....	28
2.1 DASAR PENENTUAN SPESIFIKASI	28
2.1.1 Aturan dan Regulasi.....	28
2.1.2 Kebutuhan Teknologi.....	28
2.1.3 Integrasi dengan Sistem yang Ada.....	29
2.1.4 Spesifikasi Pertimbangan Ekonomi	29
2.1.5 Spesifikasi Keamanan dan Keandalan	30
2.2 BATASAN DAN SPESIFIKASI.....	32
2.2.1 Batasan Masalah.....	32
2.2.2 Spesifikasi Solusi	34
2.3 PENGUKURAN DAN VERIFIKASI SPESIFIKASI	38
2.4 KESIMPULAN BAB II	42
BAB III DESAIN RANCANGAN SOLUSI.....	43

3.1	ALTERNATIF USULAN SOLUSI	43
3.1.1	Solusi Berbasis Sensor LiDAR	43
3.1.2	Solusi Berbasis Radar Gelombang Mikro	43
3.1.3	Solusi Berbasis Computer Vision	43
3.2	ANALISIS DAN PEMILIHAN SOLUSI	43
3.2.1	Kriteria Pemilihan Alternatif Solusi	45
3.2.2	Analisis Model Arsitektur	46
3.2.3	Dasar Matematika Model YOLO	64
3.2.4	Analisis Alat Kamera	66
3.2.5	Analisis Alat Computer Unit	68
3.2.6	Analisis Opsi Alat Alerting	71
3.3	DESAIN SOLUSI TERPILIH	73
3.3.1	Overview dari YOLOv11	74
3.3.2	Flowchart Sistem	76
3.3.3	State Transition Diagram	79
3.3.4	Ilustrasi Implementasi Perangkat	80
3.4	JADWAL DAN ANGGARAN	82
3.4.1	Jadwal	82
3.4.2	Anggaran	84
3.5	KESIMPULAN BAB III	85
BAB IV IMPLEMENTASI		86
4.1	DESKRIPSI UMUM IMPLEMENTASI	86
4.1.1	Detil Implementasi Machine Learning	88
4.1.2	Detil Implementasi Hardware	93
4.1.3	Detil Implementasi Maket Model Lingkungan	105
4.1.4	Detil Implementasi Keadaan Lingkungan	109
4.2	PROSEDUR PENGOPERASIAN	112
4.2.1	Prosedur Pengoperasian Machine Learning	112
4.2.2	Prosedur Pengoperasian Hardware	114
4.3	KESIMPULAN BAB IV	114
BAB V PENGUJIAN SISTEM		115

5.1	SKENARIO UMUM PENGUJIAN	115
5.1.1	Pengujian Sub-Sistem Deteksi	116
5.1.2	Pengujian Sub-Sistem Alerting	119
5.1.3	Pengujian Hardware	120
5.2	DETIL PENGUJIAN	122
5.2.1	Pengujian Sub-Sistem Deteksi	123
5.2.2	Pengujian Sub-Sistem Alerting	171
5.3	ANALISA HASIL PENGUJIAN	174
5.3.1	Analisa Pengujian Dataset Dengan YOLOv11n (Ultralytic)	174
5.3.2	Analisa Pengujian Class Obstacle	175
5.3.3	Analisa Pengujian Sistem Alerting	181
5.4	KETERBATASAN DAN PENGEMBANGAN BERKELANJUTAN	182
5.5	KESIMPULAN BAB V	182
DAFTAR PUSTAKA		184