

HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI .....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
BAB I Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori .....	6
2.1 Tinjauan Pustaka .....	6
2.2 Dasar Teori .....	7
2.2.1 <i>Firmware</i> .....	7
2.2.1.1 <i>Firmware</i> pada Mikrokontroler Sistem Tertanam .....	9
2.2.1.2 Bahasa C .....	9
2.2.2 STM32.....	10
2.2.2.1 Nucleo-WL55JC1 .....	11
2.2.2.2 STLINK-V3.....	12
2.2.2.3 STM32Cube IDE .....	13
2.2.2.4 CubeMX .....	14
2.2.3 Sensor Ultrasonik HRXL-MaxSonar Maxbotix .....	15
2.2.3.1 Sensor Ultrasonik MB7388 .....	15
2.2.3.2 Sensor Ultrasonik MB7389 .....	17
2.2.3.3 Cara Kerja Sensor Ultrasonik .....	17
2.2.4 Serial Output <i>Universal Asynchronous Recevier Transmitter</i> (UART) .....	18
2.2.4.1 <i>Transistor-Transistor Logic</i> (TTL).....	19
2.2.5 <i>Pulse Width</i> .....	20

2.2.6	Analog Voltage .....	22
2.2.6.1	Analog Digital Converter (ADC) .....	23
2.2.7	Akurasi dan Presisi .....	24
2.2.8	Kalman Filter .....	26
2.2.9	Python .....	28
2.2.9.1	Pandas .....	29
2.2.9.2	Matplotlib .....	29
2.2.10	Numpy .....	29
2.3	Analisis Perbandingan Metode .....	30
2.3.1	Penentuan Kedalaman Sumur dan Penempatan Sensor Ultrasonik untuk Pengukuran Tinggi Air .....	30
2.3.1.1	Kedalaman Sumur .....	31
2.3.1.2	Deviasi Tinggi Air dalam Pipa .....	31
2.3.1.3	Penempatan Sensor Ultrasonik .....	31
2.3.2	Protokol Komunikasi Data dan Panjang Saluran Transmisi untuk Sensor Ultrasonik MaxBotix .....	32
2.4	Analisis Perambatan Gelombang Ultrasonik dalam Pipa .....	33
2.4.1	Karakteristik Gelombang Ultrasonik .....	33
2.4.2	Propagasi Gelombang dalam Pipa .....	33
2.4.3	Analisis Mode Propagasi .....	33
2.4.4	Refleksi dan Interferensi .....	34
2.4.5	Analisis Titik Interferensi untuk Gelombang Ultrasonik 42 kHz dalam Pipa Berbagai Diameter .....	35
2.4.5.1	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Akurasi .....	36
BAB III	Metode Penelitian .....	37
3.1	Alat dan Bahan Tugas akhir .....	37
3.1.1	Alat Tugas akhir .....	37
3.1.2	Bahan Tugas akhir .....	38
3.2	Metode yang Digunakan .....	38
3.3	Alur Tugas Akhir .....	39
3.4	Studi Literatur .....	40
3.5	Perancangan <i>Hardware</i> .....	40
3.5.1	Konfigurasi pada komunikasi dengan Sensor Maxbotix .....	42
3.5.1.1	Konfigurasi Serial .....	43
3.5.1.2	Konfigurasi <i>Pulse Width</i> .....	44
3.5.1.3	Konfigurasi <i>Analog Voltage</i> .....	48
3.6	Pengembangan <i>Firmware Mikrokontroler</i> .....	49
3.6.1	Input Serial .....	50
3.6.2	Input <i>Pulse Width</i> .....	54

3.6.3	Input Analog .....	59
3.6.4	Fitur Timer .....	61
3.6.5	Fitur Kalibrasi Sensor .....	65
3.6.6	Fitur Kalman Filtering .....	67
3.7	Pengolahan Data .....	70
3.7.1	Inisiasi Pustaka .....	71
3.7.2	<i>Plotting</i> Performa Sensor .....	71
3.7.3	Pengukuran Akurasi .....	73
3.7.4	Pengukuran Error .....	74
3.7.5	Pengukuran Statistik .....	74
3.7.6	Plot Histogram .....	75
BAB IV	Hasil dan Pembahasan .....	76
4.1	Persiapan Pengujian .....	76
4.2	Pengujian Komunikasi Sensor dengan Mikrokontroler .....	77
4.2.1	Pengujian Keluaran Serial .....	77
4.2.2	Pengujian Keluaran <i>Pulse Width</i> .....	81
4.2.3	Pengujian Keluaran <i>Analog Voltage</i> .....	83
4.3	Pengujian Sensor pada Penggunaan Pipa .....	85
4.3.1	Pipa Diameter 4 Inci .....	85
4.3.1.1	Pengujian Sensor MB7389 pada Pipa 4 Inci .....	86
4.3.1.2	Pengujian Sensor MB7388 pada Pipa 4 Inci .....	88
4.3.2	Pipa 3 Inch .....	90
4.3.2.1	Pengujian Sensor MB7389 pada Pipa 3 Inci .....	90
4.3.2.2	Pengujian Sensor MB7388 pada Pipa 3 Inci .....	92
4.3.3	Pipa 2 Inci .....	95
4.3.3.1	Pengujian Sensor MB7389 pada Pipa 2 Inci .....	95
4.3.3.2	Pengujian Sensor MB7388 pada Pipa 2 Inci .....	97
4.3.4	Pipa 1,5 Inch .....	100
4.3.4.1	Pengujian Sensor MB7389 pada Pipa 1,5 Inci .....	100
4.3.4.2	Pengujian Sensor MB7388 pada Pipa 1,5 Inci .....	102
4.4	Pengujian Kalman Filter dan Offset pada Sensor .....	104
4.4.1	Filter pada Pipa 4 Inch .....	104
4.4.1.1	Pengujian Kalman Filter Sensor MB7389 pada Pipa 4 Inci .....	104
4.4.1.2	Pengujian Kalman Filter Sensor MB7388 pada Pipa 4 Inci .....	106
4.4.2	Filter pada Pipa 3 Inch .....	109
4.4.2.1	Pengujian Kalman Filter Sensor MB7389 pada Pipa 3 Inci .....	109

4.4.2.2	Pengujian Kalman Filter Sensor MB7388 pada Pipa 3	
	Inci .....	112
4.4.3	Filter pada Pipa 2 Inch .....	115
4.4.3.1	Pengujian Kalman Filter Sensor MB7389 pada Pipa 2	
	Inci .....	115
4.4.3.2	Pengujian Kalman Filter Sensor MB7388 pada Pipa 2	
	Inci .....	118
4.4.4	Filter pada Pipa 1,5 Inch .....	120
4.4.4.1	Pengujian Kalman Filter Sensor MB7389 pada Pipa 1,5 Inch .....	120
4.4.4.2	Pengujian Kalman Filter Sensor MB7388 pada Pipa 1,5 Inch .....	123
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN .....	126
5.1	Kesimpulan .....	126
5.2	Saran .....	127
	DAFTAR PUSTAKA .....	128
	LAMPIRAN .....	L-1
L.1	Data 4 Inch .....	L-1
L.2	Data 3 Inch .....	L-17
L.3	Data 2 Inch .....	L-33
L.4	Data 1,5 Inch .....	L-50
L.5	Source Code Data Analisis .....	L-68
L.6	Source Code .....	L-71