



## DAFTAR ISI

SKRIPSI .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
INTISARI .....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	2
1.5. Batasan Masalah.....	2
1.6. Metodologi Penelitian .....	3
1.7. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
BAB III LANDASAN TEORI.....	11
3.1. Gelombang .....	11
3.1.1. Macam – macam gelombang .....	11
3.2. Karakteristik Gelombang .....	12
3.3. Gelombang Ultrasonik .....	13
3.4. Interaksi Gelombang Ultrasonik dengan Materi .....	13
3.4.1. Impedansi Akustik .....	13
3.4.2. Pemantulan (Refleksi).....	14
3.4.3. Pembiasan (Refraksi).....	15
3.4.4. Hamburan (Scattering).....	15
3.4.5. Atenuasi .....	16
3.5. Sensor .....	16
3.6. Sensor Ultrasonik .....	17
3.7. Non Destructive Testing (NDT).....	18
3.8. Operational Amplifier (Op-Amp) .....	22
3.8.1. Op-amp sebagai penguat pembalik.....	23
3.8.2. Op-amp sebagai penguat non pembalik.....	24
3.8.3. Op-amp sebagai integrator.....	25
3.8.4. Op-amp sebagai diferensiator .....	26
BAB IV METODE PENELITIAN .....	27
4.1. Rancangan Penelitian .....	27
4.2. Rancangan Perangkat Keras .....	28
4.2.1. Rancangan Bagian Transmitter.....	29
4.2.2. Rancangan Bagian Receiver .....	30
4.2.3. Rancangan Penguat.....	31
4.3. Rancangan Objek Uji .....	31



4.4.	Pengujian dan Pengambilan Data.....	33
<b>BAB V</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
5.1.	Pengujian Transmitter .....	35
5.2.	Menghitung nilai amplitudo awal.....	36
5.3.	Pengujian receiver .....	37
5.4.	Pengujian lebar cacat beton .....	38
5.4.1.	Pengujian pada beton tanpa cacat .....	39
5.4.2.	Pengujian pada beton dengan lebar cacat 1 cm .....	40
5.4.3.	Pengujian pada beton dengan lebar cacat 2 cm .....	41
5.4.4.	Pengujian pada beton dengan lebar cacat 3 cm .....	42
5.4.5.	Pengujian pada beton dengan lebar cacat 4 cm .....	43
5.4.6.	Pengujian pada beton dengan lebar cacat 5 cm .....	44
5.4.7.	Pengujian pada beton dengan lebar cacat 6 cm .....	46
5.4.8.	Pengujian pada beton dengan lebar cacat 7 cm .....	47
5.4.9.	Pengujian pada beton dengan lebar cacat 8 cm .....	48
5.4.10.	Pengujian pada beton dengan lebar cacat 9 cm .....	49
5.4.11.	Pengujian pada beton dengan lebar cacat 10 cm .....	50
5.5.	Analisis Data .....	52
<b>BAB VI</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>58</b>
6.1.	Kesimpulan.....	58
6.2.	Saran .....	58
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>.....</b>	<b>59</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>.....</b>	<b>61</b>
Lampiran 1.	Gambar amplitudo pengukuran beton tanpa cacat .....	61
Lampiran 2.	Gambar amplitudo pengukuran beton dengan lebar cacat 1 cm....	63
Lampiran 3.	Gambar amplitudo pengukuran beton dengan lebar cacat 2 cm....	65
Lampiran 4.	Gambar amplitudo pengukuran beton dengan lebar cacat 3 cm....	67
Lampiran 5.	Gambar amplitudo pengukuran beton dengan lebar cacat 4 cm....	69
Lampiran 6.	Gambar amplitudo pengukuran beton dengan lebar cacat 5 cm....	71
Lampiran 7.	Gambar amplitudo pengukuran beton dengan lebar cacat 6 cm....	73
Lampiran 8.	Gambar amplitudo pengukuran beton dengan lebar cacat 7 cm....	75
Lampiran 9.	Gambar amplitudo pengukuran beton dengan lebar cacat 8 cm....	77
Lampiran 10.	Gambar amplitudo pengukuran beton dengan lebar cacat 9 cm..	79
Lampiran 11.	Gambar amplitudo pengukuran beton dengan lebar cacat 10 cm	81



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Gelombang transversal .....	12
Gambar 3.2 Gelombang longitudinal .....	12
Gambar 3.3 Blok fungsional sensor/transduser (Setiawan, 2009) .....	17
Gambar 3.4 Cara kerja sensor ultrasonik (Santoso, 2015).....	17
Gambar 3.5 <i>Visual inspection</i> dengan boroskop (aeroblog, 2007) .....	19
Gambar 3.6 <i>Liquid Penetrant Testing</i> (aeroblog, 2007) .....	20
Gambar 3.7 <i>Magnetic Particle Testing</i> (aeroblog, 2007) .....	21
Gambar 3.8 <i>Eddy Current Testing</i> (aeroblog, 2007).....	21
Gambar 3.9 <i>Ultrasonic testing</i> (aeroblog, 2007) .....	22
Gambar 3.10 Simbol Op-amp (Putranto, 2014).....	23
Gambar 3.11 Rangkaian op-amp penguat pembalik (Jatnika, 2012).....	24
Gambar 3.12 Rangkaian penguat non pembalik (Jatnika, 2012) .....	25
Gambar 3.13 Rangkaian <i>integrator</i> (Jatnika, 2012).....	26
Gambar 3.14 Rangkaian <i>diferensiator</i> (Jatnika, 2012) .....	26
Gambar 4.1 Diagram blok rancangan penelitian.....	27
Gambar 4.2 Diagram <i>fishbone</i> prosedur kerja .....	28
Gambar 4.3 Implementasi perangkat keras tampak depan.....	29
Gambar 4.4 Implementasi perangkat keras setelah dikemas .....	29
Gambar 4.5 Rangkaian Skematik Bagian <i>Transmitter</i> .....	30
Gambar 4.6 Skematik rangkaian bagian <i>receiver</i> dan osiloskop .....	30
Gambar 4.7 Rangkaian Penguat dengan IC LMC6032.....	31
Gambar 4.8 Objek uji.....	32
Gambar 4.9 Dimensi dari objek uji .....	33
Gambar 4.10 Ilustrasi pengujian objek uji .....	33
Gambar 4.11 Pengujian pada beton dengan lebar cacat 3 cm.....	34
Gambar 5.1 Frekuensi (a), tegangan minimal (b), dan tegangan maksimal (c) pada AFG .....	35
Gambar 5.2 Hasil keluaran setelah trafo <i>step up</i> .....	36
Gambar 5.3 Nilai amplitudo awal .....	37
Gambar 5.4 Gelombang yang diterima <i>receiver</i> tanpa penguatan .....	37
Gambar 5.5 Keluaran dari <i>receiver</i> setelah penguatan .....	38
Gambar 5.6 Amplitudo gelombang pada beton tanpa cacat .....	39
Gambar 5.7 Amplitudo gelombang pada beton dengan lebar cacat 1 cm.....	40
Gambar 5.8 Amplitudo gelombang pada beton dengan lebar cacat 2 cm.....	41
Gambar 5.9 Amplitudo gelombang pada beton dengan lebar cacat 3 cm.....	42
Gambar 5.10 Amplitudo gelombang pada beton dengan lebar cacat 4 cm.....	43
Gambar 5.11 Amplitudo gelombang pada beton dengan lebar cacat 5 cm.....	45
Gambar 5.12 Amplitudo gelombang pada beton dengan lebar cacat 6 cm.....	46
Gambar 5.13 Amplitudo gelombang pada beton dengan lebar cacat 7 cm.....	47
Gambar 5.14 Amplitudo gelombang pada beton dengan lebar cacat 8 cm.....	48
Gambar 5.15 Amplitudo gelombang pada beton dengan lebar cacat 9 cm.....	49



Gambar 5.16 Amplitudo gelombang pada beton dengan lebar cacat 10 cm.....	51
Gambar 5.17 Grafik lebar cacat vs rata-rata amplitudo .....	53
Gambar 5.18 Ilustrasi Titik Pantulan Gelombang Ultrasonik.....	53
Gambar 5.18 Grafik hubungan lebar cacat vs atenuasi.....	57
Gambar 10.1.1 Pengujian ke 1 dan 2 pada beton tanpa cacat .....	61
Gambar 10.1.2 Pengujian ke 3 dan 4 pada beton tanpa cacat .....	61
Gambar 10.1.3 Pengujian ke 5 dan 6 pada beton tanpa cacat .....	61
Gambar 10.1.4 Pengujian ke 7 dan 8 pada beton tanpa cacat .....	62
Gambar 10.1.5 Pengujian ke 9 dan 10 pada beton tanpa cacat .....	62
Gambar 10.2.1 Pengujian ke 1 dan 2 pada beton dengan lebar cacat 1 cm .....	63
Gambar 10.2.2 Pengujian ke 3 dan 4 pada beton dengan lebar cacat 1 cm .....	63
Gambar 10.2.3 Pengujian ke 5 dan 6 pada beton dengan lebar cacat 1 cm .....	63
Gambar 10.2.4 Pengujian ke 7 dan 8 pada beton dengan lebar cacat 1cm .....	64
Gambar 10.2.5 Pengujian ke 9 dan 10 pada beton dengan lebar cacat 1cm .....	64
Gambar 10.3.1 Pengujian ke 1 dan 2 pada beton dengan lebar cacat 2cm .....	65
Gambar 10.3.2 Pengujian ke 3 dan 4 pada beton dengan lebar cacat 2cm .....	65
Gambar 10.3.3 Pengujian ke 5 dan 6 pada beton dengan lebar cacat 2cm .....	65
Gambar 10.3.4 Pengujian ke 7 dan 8 pada beton dengan lebar cacat 2cm .....	66
Gambar 10.3.5 Pengujian ke 9 dan 10 pada beton dengan lebar cacat 2cm .....	66
Gambar 10.4.1 Pengujian ke 1 dan 2 pada beton dengan lebar cacat 3cm .....	67
Gambar 10.4.2 Pengujian ke 3 dan 4 pada beton dengan lebar cacat 3cm .....	67
Gambar 10.4.3 Pengujian ke 5 dan 6 pada beton dengan lebar cacat 3cm .....	67
Gambar 10.4.4 Pengujian ke 7 dan 8 pada beton dengan lebar cacat 3cm .....	68
Gambar 10.4.5 Pengujian ke 9 dan 10 pada beton dengan lebar cacat 3cm .....	68
Gambar 10.5.1 Pengujian ke 1 dan 2 pada beton dengan lebar cacat 4cm .....	69
Gambar 10.5.2 Pengujian ke 3 dan 4 pada beton dengan lebar cacat 4cm .....	69
Gambar 10.5.3 Pengujian ke 5 dan 6 pada beton dengan lebar cacat 4cm .....	69
Gambar 10.5.4 Pengujian ke 7 dan 8 pada beton dengan lebar cacat 4cm .....	70
Gambar 10.5.5 Pengujian ke 9 dan 10 pada beton dengan lebar cacat 4cm .....	70
Gambar 10.6.1 Pengujian ke 1 dan 2 pada beton dengan lebar cacat 5cm .....	71
Gambar 10.6.2 Pengujian ke 3 dan 4 pada beton dengan lebar cacat 5cm .....	71
Gambar 10.6.3 Pengujian ke 5 dan 6 pada beton dengan lebar cacat 5cm .....	71
Gambar 10.6.4 Pengujian ke 7 dan 8 pada beton dengan lebar cacat 5cm .....	72
Gambar 10.6.5 Pengujian ke 9 dan 10 pada beton dengan lebar cacat 5cm .....	72
Gambar 10.7.1 Pengujian ke 1 dan 2 pada beton dengan lebar cacat 6cm .....	73
Gambar 10.7.2 Pengujian ke 3 dan 4 pada beton dengan lebar cacat 6cm .....	73
Gambar 10.7.3 Pengujian ke 5 dan 6 pada beton dengan lebar cacat 6cm .....	73
Gambar 10.7.4 Pengujian ke 7 dan 8 pada beton dengan lebar cacat 6cm .....	74
Gambar 10.7.5 Pengujian ke 9 dan 10 pada beton dengan lebar cacat 6cm .....	74
Gambar 10.8.1 Pengujian ke 1 dan 2 pada beton dengan lebar cacat 7cm .....	75
Gambar 10.8.2 Pengujian ke 3 dan 4 pada beton dengan lebar cacat 7cm .....	75
Gambar 10.8.3 Pengujian ke 5 dan 6 pada beton dengan lebar cacat 7cm .....	75
Gambar 10.8.4 Pengujian ke 7 dan 8 pada beton dengan lebar cacat 7cm .....	76
Gambar 10.8.5 Pengujian ke 9 dan 10 pada beton dengan lebar cacat 7cm .....	76
Gambar 10.9.1 Pengujian ke 1 dan 2 pada beton dengan lebar cacat 8cm .....	77
Gambar 10.9.2 Pengujian ke 3 dan 4 pada beton dengan lebar cacat 8cm .....	77



Gambar 10.9.3 Pengujian ke 5 dan 6 pada beton dengan lebar cacat 8cm .....	77
Gambar 10.9.4 Pengujian ke 7 dan 8 pada beton dengan lebar cacat 8cm .....	78
Gambar 10.9.5 Pengujian ke 9 dan 10 pada beton dengan lebar cacat 8cm .....	78
Gambar 10.10.1 Pengujian ke 1 dan 2 pada beton dengan lebar cacat 9cm .....	79
Gambar 10.10.2 Pengujian ke 3 dan 4 pada beton dengan lebar cacat 9cm .....	79
Gambar 10.10.3 Pengujian ke 5 dan 6 pada beton dengan lebar cacat 9cm .....	79
Gambar 10.10.4 Pengujian ke 7 dan 8 pada beton dengan lebar cacat 9cm .....	80
Gambar 10.10.5 Pengujian ke 9 dan 10 pada beton dengan lebar cacat 9cm .....	80
Gambar 10.11.1 Pengujian ke 1 dan 2 pada beton dengan lebar cacat 10cm .....	81
Gambar 10.11.2 Pengujian ke 3 dan 4 pada beton dengan lebar cacat 10cm .....	81
Gambar 10.11.3 Pengujian ke 5 dan 6 pada beton dengan lebar cacat 10cm .....	81
Gambar 10.11.4 Pengujian ke 7 dan 8 pada beton dengan lebar cacat 10cm .....	82
Gambar 10.11.5 Pengujian ke 9 dan 10 pada beton dengan lebar cacat 10cm .....	82



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rangkuman beberapa penelitian terkait .....	8
Tabel 2.1 Rangkuman beberapa penelitian terkait (lanjutan) .....	9
Tabel 2.1 Rangkuman beberapa penelitian terkait (lanjutan) .....	10
Tabel 4.1 Rancangan objek uji penelitian .....	32
Tabel 5.1 Hasil pengujian beton tanpa cacat.....	39
Tabel 5.2 Hasil pengujian beton dengan lebar cacat 1 cm.....	40
Tabel 5.2 Hasil pengujian beton dengan lebar cacat 1 cm (lanjutan) .....	41
Tabel 5.3 Hasil pengujian beton dengan lebar cacat 2 cm.....	41
Tabel 5.3 Hasil pengujian beton dengan lebar cacat 2 cm (lanjutan) .....	42
Tabel 5.4 Hasil pengujian beton dengan lebar cacat 3 cm.....	43
Tabel 5.5 Hasil pengujian beton dengan lebar cacat 4 cm.....	44
Tabel 5.6 Hasil pengujian beton dengan lebar cacat 5 cm.....	45
Tabel 5.7 Hasil pengujian beton dengan lebar cacat 6 cm.....	46
Tabel 5.8 Hasil pengujian beton dengan lebar cacat 7 cm.....	47
Tabel 5.8 Hasil pengujian beton dengan lebar cacat 7 cm (lanjutan) .....	48
Tabel 5.9 Hasil pengujian beton dengan lebar cacat 8 cm.....	48
Tabel 5.9 Hasil pengujian beton dengan lebar cacat 8 cm (lanjutan) .....	49
Tabel 5.10 Hasil pengujian beton dengan lebar cacat 9 cm.....	50
Tabel 5.11 Hasil pengujian beton dengan lebar cacat 10 cm.....	51
Tabel 5.12 Hasil keseluruhan amplitudo rata-rata objek uji .....	52
Tabel 5.13 Nilai <i>error</i> dari objek uji.....	55
Tabel 5.14 Data hasil perhitungan nilai atenuasi gelombang .....	56