

DAFTAR ISI

TESIS	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	x
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah.....	5
1.3. Tujuan	5
1.4. Batasan Masalah.....	5
1.5. Manfaat penelitian.....	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	7
BAB III. LANDASAN TEORI.....	14
3.1. Material Beton.....	14
3.1.1. Tipe semen portland dan nilai kuat tekan beton	14
3.1.2. Perubahan warna beton terhadap perlakuan temperatur	15
3.1.3. Perubahan sifat beton terhadap perlakuan temperatur	16
3.2. Pemahaman sinar-X	18
3.2.1. Pembangkit sinar-X	18
3.2.2. Spektrum sinar-X.....	20
3.2.3. Interaksi sinar-X dengan material.....	21
3.2.4. Efek fotolistrik	21
3.2.5. Efek Compton.....	22
3.2.6. Hamburan Rayleigh	24
3.2.7. Koefisien atenuasi linear.....	24
3.3. Tomografi Komputer.....	26
3.4. Rekonstruksi Citra	29
3.4.1. Proyeksi balik sederhana (<i>simple back projection</i>)	29
3.4.2. Metode analitik rekonstruksi proyeksi balik terfilter	30
3.5. Faktor yang mempengaruhi kualitas citra	32
3.6. Koreksi dan Analisis Citra	33
3.6.1. Koreksi Citra.....	33
3.6.2. Massa Pusat Citra	34
3.6.3. Porositas.....	34
BAB IV. METODE PENELITIAN.....	36
4.1. Tempat Penelitian.....	36

4.2.	Alat dan Bahan Penelitian	36
4.2.1.	Alat penelitian.....	36
4.2.2.	Bahan penelitian	38
4.3.	Metode pengambilan sampel Citra dan alat bantu analisis	39
4.4.	Skema penelitian dan pengambilan sampel.....	42
4.4.1.	Skema penelitian.....	42
4.4.2.	Skema pengambilan dan analisis sampel citra.....	43
4.5.	Metode analisis Citra.....	44
4.4.1.	Analisis koefisien atenuasi linear	44
4.4.2.	Analisis porositas material.....	45
BAB V.	PEMBAHASAN	46
5.1.	Proses analisis visual dan perbandingan resolusi spasial	46
5.2.	Proses pengolahan citra radiografi dan profil sinogram	47
5.2.1.	Koreksi citra	47
5.2.2.	Analisis sampel uji pada perilaku ketebalan dan temperatur.....	50
5.2.3.	Pengukuran jumlah citra kebutuhan rekontruksi	52
5.2.4.	Pengukuran nilai ketebalan Sampel.....	54
5.2.5.	Konsentrasi relatif kepadatan beton (bahan campuran semen).....	55
5.2.6.	Citra radiograf dan profil sinogram	57
5.3.	Proses Analisis Fisis Citra (Interpretasi Hasil).....	59
5.3.1.	Analisis koefisien atenuasi linier	59
5.3.2.	Analisis koefisien atenuasi linier berdasarkan citra tomografi	63
5.4.	Analisis Porositas Material Berdasarkan Citra Tomografi.....	69
5.5.	Sistem sinar-X dalam memetakan kualitas material	71
5.5.1.	Analisis citra sampel terhadap pengaruh temperatur	73
5.5.2.	Kualitas material sistem radiograf	74
5.5.3.	Kualitas material sistem tomografi	75
BAB VI.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	77
6.1.	Kesimpulan	77
6.2.	Saran.....	79
	DAFTAR PUSTAKA	80
	LAMPIRAN.....	87
Lampiran A.	Dokumentasi Pembuatan Sampel Dan Alat pendukung Penelitian.....	87
Lampiran B.	Analisis sampel Beton dan sampel baja	90
Lampiran C.	Analisis Citra Radiogaf dan Tomografi	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pertumbuhan infrastruktur produksi semen, baja, dan kayu per kapita (Monteiro et al., 2017).	1
Gambar 1.2 Perbandingan ukuran pori dan pengukuran yang memungkinkan (Elsen, 2002).	3
Gambar 3.1 Perubahan visual dan fisik beton pengaruh temperatur (Georgali & Tsakiridis, 2005).	16
Gambar 3.2 Menggambarkan hubungan antara kekuatan baja dan beton dalam konteks struktur beton bertulangan (Li, 2011).	17
Gambar 3.3 Contoh faktor reduksi baja dan beton sebagai fungsi penurunan temperatur (Yang et al., 2023).	18
Gambar 3.4 Skema umum pembangkit sinar-X (Beiser, 2003).	19
Gambar 3.5 Skema proses (1) sinar-X Bremstrahlung energi tinggi (2) sinar-X Bremstrahlung energi rendah (3) sinar-X Bremstrahlung energi maksimal, dan (4) sinar-X Karakteristik (Seibert, 2004).	20
Gambar 3.6 Simulasi Efek fotolistrik, (a) foton datang, (b) kekosongan dan transisi elektron (Bushberg et al., 2012).	22
Gambar 3.7 Simulasi Hamburan Compton (Bushberg et al., 2012).	23
Gambar 3.8 Simulasi Hamburan Rayleigh (Bushberg et al., 2012).	24
Gambar 3.9 Koefisien atenuasi linear (Buzug, 2008).	25
Gambar 3.10 Skema tomografi komputer generasi pertama (Buzug, 2008).	26
Gambar 3.11 Proses akuisisi data pada Tomografi komputer generasi pertama (Widiarini, 2015).	26
Gambar 3.12 Proses Susunan nilai proyeksi (Buzug, 2008).	28
Gambar 3.13 Proyeksi Sederhana sinar X (Buzug, 2008).	30
Gambar 3.14 Perbandingan <i>back projection</i> (kiri) dan <i>filtered back projection</i> (kanan) (Buzug, 2008).	31
Gambar 4.1 Simulasi pemanas Objek.	36
Gambar 4.2 Simulasi pembuatan sampel uji.	38
Gambar 4.3 Simulasi pengambilan data sampel uji Proyeksi radiografi 2D	39
Gambar 4.4 Simulasi pengambilan data sampel uji Proyeksi radiografi CT	39
Gambar 4.5 Tampilan Software Madeena DRCT Industri	40
Gambar 4.6 Tampilan Project Jupyter	40
Gambar 4.7 Tampilan Software Avizo	41
Gambar 4.8 Tampilan Software ImageJ	41
Gambar 4.9 Skema Penelitian.	42
Gambar 4.10 Skema Pengambilan Sampel.	43
Gambar 4.11 Pengukuran nilai intensitas citra beton.	44

Gambar 5.1 Pengukuran Koreksi Citra (1) Citra <i>Gain</i> , (2a) Citra <i>Gain</i> , (2b) Citra <i>Dark</i> dengan nilai keabuan latar 0, dan (3a) Hasil Koreksi dan (3b) Plot Profile Citra.	48
Gambar 5.2 Pengukuran Koreksi Citra <i>Gain</i> (1a) Output Gain (1b) Plot Profile keluaran citra no 1, (2a) Output Gain (2b) Plot Profile keluaran citra no 5, dan (3a) Output Gain (3b) Plot Profile keluaran citra no 11.....	48
Gambar 5.3 Pengukuran Koreksi Citra (1) Citra, (2a) Citra <i>Gain</i> , (2b) Citra <i>Dark</i> dengan nilai keabuan latar 0, dan (3a) Hasil Koreksi dan (3b) Inversi Citra + dikonversi menjadi 16-bit.	49
Gambar 5.4 Nilai koreksi pada sinar-X Industry	50
Gambar 5.5 Analisis profil (a1) dan (a2) plot profil garis citra, (2a) dan (2b) plot profil Area Citra.	51
Gambar 5.6 Simulasi hasil rekontruksi Beton tulangan dengan variasi ketebalan	52
Gambar 5.7 Pengukuran jumlah citra kebutuhan Rekontruksi	53
Gambar 5.8 Pengukuran nilai ketebalan Sampel dengan Software	54
Gambar 5.9 Pengukuran nilai koefisien atenuasi sampel Beton Kalibrasi	55
Gambar 5.10 Analisis distribusi dan koreksi sampel Beton Kalibrasi.....	56
Gambar 5.11 Nilai koefisien atenuasi (mm^{-1}) sampel kalibrasi pasca perlakuan temperatur ($^{\circ}\text{C}$).....	57
Gambar 5.12 Perbandingan Sinogram rekontruksi Proyeksi balik sederhana dan proyeksi balik terfilter	58
Gambar 5.13 Pengukuran nilai atenuasi sampel beton bertulang baja.....	59
Gambar 5.14 Analisis distribusi dan koreksi pada baja 12 mm perlakuan temperatur 500 derajat.....	60
Gambar 5.15 Koefisien atenuasi (mm^{-1}) sampel beton bertulang baja pasca perlakuan temperatur ($^{\circ}\text{C}$).....	61
Gambar 5.16 Pembagian segmentasi citra dan plot profile citra	63
Gambar 5.17 Nilai koefisien atenuasi (mm^{-1}) sampel beton tulangan baja sebelum perlakuan temperatur kasus tomografi	64
Gambar 5.18 Nilai koefisien atenuasi (mm^{-1}) sampel tulangan beton pasca perlakuan temperatur kasus tomografi	65
Gambar 5.19 Nilai koefisien atenuasi (mm^{-1}) sampel tulangan baja pasca perlakuan temperatur kasus tomografi	67
Gambar 5.20 rekontruksi sampel beton bertulang baja menggunakan FBP	69
Gambar 5.21 Hasil rekontruksi sampel beton dan hasil <i>interactive thresholding</i> 70	
Gambar 5.22 citra radiograf sampel pasca pengaruh temperatur.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian beton terhadap pengaruh temperatur.	7
Tabel 2.2 Kajian <i>computed tomography citra projection</i>	10
Tabel 2.3 Kajian NDT Sinar-X CT pada bahan concrete.	11
Tabel 2.4 Kajian Sistem Radiografi dan CT-Scan digital sinar-X.	12
Tabel 3.1 Komposisi Kimia (Irawan, 2013).	14
Tabel 3.2 Referensi kuat tekan beton dengan rasio 1:4.	15
Tabel 3.3 Referensi <i>physical properties</i> baja (Head, 2022).	15
Tabel 3.4 Jenis artefak dan solusi kualitas citra.	32
Tabel 4.1 Spesifikasi Dandong Zhongyi Directional X-Ray Flaw Detector	37
Tabel 4.2 Parameter waktu eksposi terhadap variasi pengambilan data.	37
Tabel 5.1 Perbandingan nilai sampel dengan pengambilan citra Gambar 4.3	46
Tabel 5.2 Perbandingan nilai sampel dengan pengambilan citra Gambar 4.4	46
Tabel 5.3 Pengukuran jumlah citra kebutuhan Rekontruksi	53
Tabel 5.4 Nilai koefisien atenuasi (mm^{-1}) sampel kalibrasi	56
Tabel 5.5 Nilai Koefisien atenuasi (mm^{-1}) sampel beton bertulang baja pasca perlakuan	60
Tabel 5.6 Nilai koefisien atenuasi (mm^{-1}) baja pasca perlakuan temperatur	62
Tabel 5.7 Nilai koefisien atenuasi (mm^{-1}) beton tulangan baja sebelum perlakuan temperatur	65
Tabel 5.8 Nilai koefisien atenuasi (mm^{-1}) beton pasca perlakuan temperatur	66
Tabel 5.9 Nilai koefisien atenuasi (mm^{-1}) baja sebelum perlakuan temperatur	67
Tabel 5.10 Nilai koefisien atenuasi (mm^{-1}) baja pasca perlakuan temperatur	68
Tabel 5.11 Analisis porositas sampel beton pada ketebalan 200 Slice	70
Tabel 5.12 Nilai koefisien atenuasi kalibrasi pasca perlakuan temperatur	74
Tabel 5.13 Nilai koefisien atenuasi beton sebelum perlakuan temperatur	75
Tabel 5.14 Nilai koefisien atenuasi baja sebelum perlakuan temperatur	76

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

f	=	Fungsi
g	=	Fungsi output
θ	=	Sudut
μ	=	Koefisien atenuasi
σ	=	Standar Deviasi
I	=	Intensitas
Avg	=	<i>Average</i>
$1D$	=	1 Dimensi
$2D$	=	2 Dimensi
$3D$	=	3 Dimensi
(x, y)	=	Koordinat Spasial
(u, v)	=	Koordinat Frekuensi Spasial
(ξ, η)	=	Pergeseran Koordinat Spasial
nm	=	Nano meter
μm	=	Mikro meter
mm	=	Mili meter
COI	=	Center of Intensity
CaO	=	<i>Calcium oxide</i>
HO_2	=	<i>Hydrogen superoxide</i>
CMOS	=	<i>Complementary Metal-Oxide Semiconductor</i>
CT	=	<i>Computed Tomography</i>
DT	=	<i>Destructive Test</i>
FDD	=	<i>Focus Detector Distance</i>
FSD	=	<i>Focus Sensor Distance</i>
HP	=	<i>Hewlett-Packard</i>
NDT	=	<i>Non-Destructive Test</i>
ROI	=	<i>Region of Interest</i>
SBP	=	<i>Simple Back Projection</i>
SCBP	=	<i>Summation Convolved Back Projection</i>
SNR	=	<i>Signal to Noise Ratio</i>