

**SKRIPSI**

**DETEKSI KERUSAKAN STRUKTUR BALOK  
MENERUS MENGGUNAKAN METODE *CURVATURE*  
*DAMAGE FACTOR* (CDF)**



**MOCH. DEMO MAULANA  
NPM : 2017410216**

**PEMBIMBING: Dr. -Ing. Dina Rubiana Widarda**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan SK BAN-PT No. 1788/SK/BANPT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
JANUARI 2021**



**SKRIPSI**

**DETEKSI KERUSAKAN STRUKTUR BALOK  
MENERUS MENGGUNAKAN METODE *CURVATURE*  
*DAMAGE FACTOR* (CDF)**



**MOCH. DEMO MAULANA  
NPM : 2017410216**

**PEMBIMBING:**

**Dr. -Ing. Dina Rubiana Widarda**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan SK BAN-PT No. 1788/SK/BANPT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
JANUARI 2021**



**SKRIPSI**

**DETEKSI KERUSAKAN STRUKTUR BALOK  
MENERUS MENGGUNAKAN METODE *CURVATURE*  
*DAMAGE FACTOR* (CDF)**



**MOCH. DEMO MAULANA  
NPM : 2017410216**

**BANDUNG, 22 JANUARI 2021**

**PEMBIMBING:**

**Dr. -Ing. Dina Rubiana Widarda**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan SK BAN-PT No. 1788/SK/BANPT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
JANUARI 2021**

# PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Moch. Demo Maulana

NPM : 2017410216

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / ~~tesis / disertasi~~ dengan judul:

DETEKSI KERUSAKAN STRUKTUR BALOK MENERUS MENGGUNAKAN METODE  
*CURVATURE DAMAGE FACTOR (CDF)*

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala risiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 22 Januari 2021



Moch. Demo Maulana

2017410216

# **DETEKSI KERUSAKAN STRUKTUR BALOK MENERUS MENGGUNAKAN METODE *CURVATURE DAMAGE FACTOR (CDF)***

**MOCH. DEMO MAULANA**

**NPM: 2017410216**

**Pembimbing: Dr. -Ing. Dina Rubiana Widarda**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan SK BAN-PT No. 1788/SK/BANPT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
JANUARI 2021**

## **ABSTRAK**

Belakangan ini deteksi kerusakan pada struktur semakin populer dalam dunia ketekniksipilan. Hal ini karena dengan sistem deteksi kerusakan struktur yang baik akan mengurangi biaya perawatan pada struktur tersebut. Secara umum, deteksi kerusakan struktur mempunyai 4 tingkatan, yaitu: (1) mendeteksi apakah struktur mengalami kerusakan atau tidak, (2) menentukan lokasi kerusakan dari struktur, (3) menentukan lokasi serta memprediksi penurunan kekakuan elemen, (4) memprediksi sisa umur yang dapat dicapai oleh elemen. Skripsi ini membahas deteksi kerusakan tingkat kedua yaitu dengan metode *Curvature Damage Factor (CDF)*. Metode ini membandingkan respons dinamik dari pemodelan kondisi awal dan kondisi rusak yang didapatkan dari program Midas FEA. Kemudian proses perhitungan analisis menggunakan program MATLAB. Ditinjau satu dimensi balok menerus dengan tiga bentang. Lokasi kerusakan dan besarnya dimodelkan menjadi 5 skema kerusakan.

Hasil yang diperoleh dalam skripsi ini sudah menunjukkan lokasi kerusakan yang sesuai pemodelan, ditandai puncak grafik indeks CDF. Meskipun masih ada beberapa *noise* data, tetapi *noise* data relatif kecil sehingga tidak mengganggu pembacaan hasil indeks CDF. Metode CDF dapat mengetahui lokasi tepat kerusakan ditandai dengan puncak grafik rata bila kerusakan berada pada tengah elemen, puncak grafik curam dan muncul lebih dekat ke salah satu *node* dari elemen tersebut, bila lokasi retakan lebih dekat dengan *node* tersebut. Dengan metode ini juga dapat diketahui bahwa semakin banyak *mode* yang diperhitungkan akan semakin baik hasil grafik yang didapatkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode deteksi kerusakan *Curvature Damage Factor (CDF)* dapat diaplikasikan pada struktur sebenarnya.

Kata kunci : Deteksi Kerusakan, Frekuensi Alami, Ragam Getar, CDF









# **STRUCTURAL DAMAGE DETECTION ON CONTINUOUS BEAMS WITH *CURVATURE DAMAGE FACTOR (CDF) METHOD***

**MOCH. DEMO MAULANA**

**NPM: 2017410216**

**Advisor: Dr. -Ing. Dina Rubiana Widarda**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING  
(Accredited By SK BAN-PT No. 1788/SK/BANPT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
JANUARY 2021**

## **ABSTRACT**

Recently, the detection of damage to structures has become popular in civil engineering. Early damage detection will save the maintenance costs structures. In general, structural damage detection has 4 levels, that are detecting whether the structure is damaged; determining the location of the damage; determining the location and predicting element stiffness decrement; and predicting the remaining service life time of structure. This study discusses the second level of damage detection by means of Curvature Damage Factor (CDF) method. This method compares the dynamic response of the modeling of the initial conditions to its damage conditions obtained from the Midas FEA simulation. The calculation of damage location is performed by MATLAB program. One dimensional beams with three span are taken as case studies. The damage location and extend are varied in 5 structural models.

The results of this study have shown the peak of the CDF index plot are fit to the location of the modeled damage element. Even though there are still some noise data, it is relatively small compared to CDF index of damage elements. The slope of CDF index plot indicates closer location of damage as follow: flat peak indicates damage location in the element's midspan, positif slope indicates damage location in the right handside of element's span. It is shown that the number of modes involved are significant to improve CDF index, as a result better damage location. It can be concluded that the damage detection Curvature Damage Factor (CDF) method can be applied to the real structure.

**Keywords:** Damage detection, Natural frequency, Mode shape, CDF







## PRAKATA

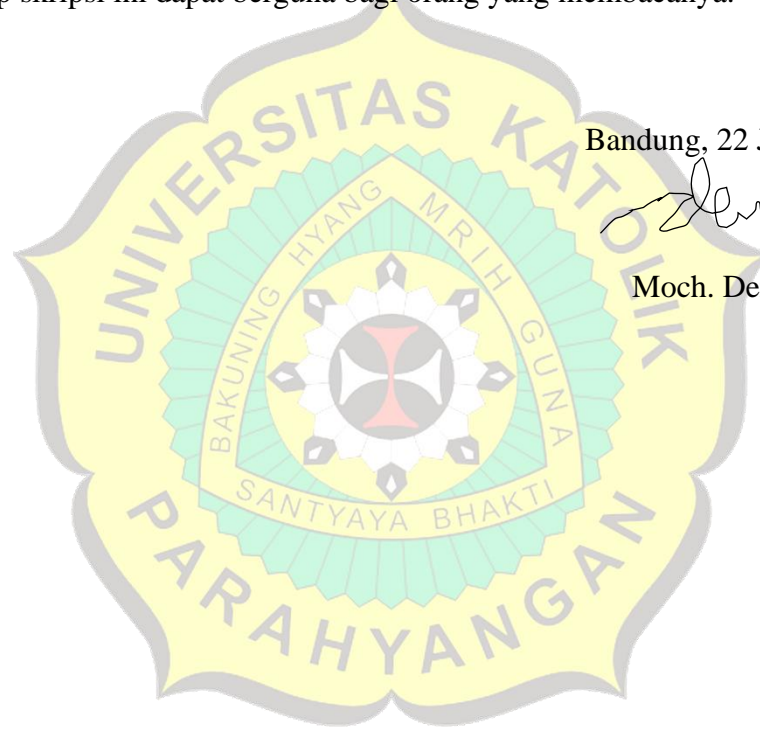
Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Deteksi Kerusakan Struktur Balok Menerus Menggunakan Metode Curvature Damage Factor (CDF)*. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat S-1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak tantangan dan hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Orang tua penulis yang telah memberi dukungan semangat dan mendoakan penulis dengan penuh kasih sayang.
2. Ibu Dr. –Ing. Dina Rubiana Widarda selaku dosen pembimbing dalam pembuatan skripsi ini yang telah membimbing penulis hingga skripsi ini selesai.
3. Seluruh dosen di lingkungan Universitas Katolik Parahyangan yang sudah memberikan kritik serta masukan kepada penulis untuk menyempurnakan skripsi ini.
4. Adam Felix sebagai rekan skripsi yang telah memberi semangat dan sebagai teman berdiskusi dalam pembuatan skripsi ini.
5. Teman-teman kosan Bukit Jarian 52, yang telah memberikan semangat, dukungan, dan masukan kepada penulis dalam pembuatan tugas-tugas maupun skripsi ini.

6. Teman-teman di Malang yang selalu memberikan semangat, dukungan, serta waktunya selama pembuatan skripsi ini.
7. Teman-teman Sipil Unpar 2017 yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam pembuatan skripsi ini.
8. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah berkontribusi dalam pembuatan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, namun penulis berharap skripsi ini dapat berguna bagi orang yang membacanya.



Bandung, 22 Januari 2021

Moch. Demo Maulana

2017410216



# DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR KONOTASI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1-1
1.1 Latar Belakang Permasalahan .....	1-1
1.2 Inti Permasalahan .....	1-2
1.3 Tujuan Penelitian .....	1-2
1.4 Pembatasan Masalah .....	1-2
1.5 Metodologi Penelitian .....	1-3
1.6 Diagram Alir Penelitian .....	1-4
1.7 Sistematika Penulisan .....	1-5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	2-1
2.1 Dinamika Struktur .....	2-1
2.2 Kekakuan Struktur Balok .....	2-2
2.3 Massa Konsisten .....	2-9
2.4 Frekuensi dan Ragam Getar .....	2-12
2.5 Jenis Jenis Kerusakan Pada Beton .....	2-13
2.5.1 Scaling .....	2-13
2.5.2 Spalling .....	2-14
2.5.3 Curling .....	2-15
2.5.4 Cracking .....	2-15
2.6 Metode Deteksi Kerusakan .....	2-16
2.6.1 Vektor Beban Penentu Lokasi Kerusakan (VBPLK) .....	2-16

2.6.2 Deteksi Kerusakan Dengan Analisis Sensitivitas Modal .....	2-17
2.6.3 Mode Shape Curvature Method (MSCM).....	2-21
2.6.4 Curvature Damage Factor (CDF).....	22
<b>BAB 3 STUDI KASUS.....</b>	<b>3-1</b>
3.1. Pemodelan Balok Menerus .....	3-1
3.1.1 Data Struktur Balok Menerus.....	3-1
3.1.2 Spesifikasi Material.....	3-2
3.1.3 Dimensi Balok Menerus.....	3-2
3.1.4 Pembebanan Balok Menerus .....	3-3
3.2 Validasi Hasil Program Matlab dengan Midas FEA .....	3-4
3.3 Pemodelan Balok Menerus Kondisi Rusak .....	3-5
3.3.1. Pemodelan Skema Kerusakan 1 .....	3-5
3.3.2 Pemodelan Skema Kerusakan 2 .....	3-6
3.3.3 Pemodelan Skema Kerusakan 3 .....	3-7
3.3.4 Skema Kerusakan 4 .....	3-8
3.3.4 Skema Kerusakan 5 .....	3-9
3.3.5 Rasio Kerusakan.....	3-10
<b>BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>4-1</b>
4.1 Analisis Frekuensi Alami.....	4-1
4.1.1 Perbedaan Frekuensi Alami Skema Kerusakan 1.....	4-1
4.1.3 Perbedaan Frekuensi Alami Skema Kerusakan 3.....	4-2
4.1.4 Perbedaan Frekuensi Alami Skema Kerusakan 4.....	4-3
4.1.4 Perbedaan Frekuensi Alami Skema Kerusakan 5.....	4-3
4.2 Analisis Ragam Getar .....	4-4
4.2.1 Ragam Getar Struktur Awal .....	4-4
4.2.2 Ragam Getar Struktur Skema Kerusakan 1 .....	4-5
4.2.3 Ragam Getar Struktur Skema Kerusakan 2.....	4-5
4.2.4 Ragam Getar Struktur Skema Kerusakan 3.....	4-6
4.2.5 Ragam Getar Struktur Skema Kerusakan 4.....	4-7

4.2.6 Ragam Getar Struktur Skema Kerusakan 5.....	4-8
4.3 Analisis Deteksi Kerusakan .....	4-10
4.3.1 Analisis Deteksi Kerusakan Skema 1 .....	4-10
4.3.2 Analisis Deteksi Kerusakan Skema 2.....	4-12
4.3.3 Analisis Deteksi Kerusakan Skema 3.....	4-14
4.3.4 Analisis Deteksi Kerusakan Skema 4.....	4-16
4.3.5 Analisis Deteksi Kerusakan Skema 5.....	4-18
4.4 Pembahasan Lokasi Tepat Kerusakan .....	4-20
4.5 Pembahasan Banyaknya Mode yang Diperhitungkan .....	4-20
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>5-1</b>
5.1 Kesimpulan .....	5-1
5.2 Saran .....	5-2
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xvi</b>
<b>LAMPIRAN 1 Matlab Perhitungan Frekuensi Alami .....</b>	<b>L1-1</b>
<b>LAMPIRAN 2 Matlab Perhitungan Deteksi Kerusakan Metode CDF.....</b>	<b>L2-1</b>
<b>LAMPIRAN 3 Ragam Getar Struktur Balok Menerus Setiap Kondisi .....</b>	<b>L3-1</b>



## DAFTAR KONOTASI

$a_i$	:	Ragam Getar ke- $i$
$c$	:	Redaman Struktur
$c_j$	:	Nilai Maksimum dari Tegangan Karakteristik
$C$	:	Redaman
$C_i$	:	Konstanta Integrasi
$d\theta$	:	Perpindahan Sudut Inkremental
$E$	:	Modulus Material Elastis
$f_c'$	:	Kuat Tekan atau Mutu Beton (Mpa)
$F(t)$	:	Beban Dinamik Sebagai Fungsi Waktu
$\{F\}$	:	Faktor Gaya
$\Delta F$	:	Matriks Fleksibilitas
$F_U$	:	Matriks Fleksibilitas Struktur Kondisi Awal
$F_D$	:	Matriks Fleksibilitas Struktur Kondisi Rusak
$h$	:	Jarak Konstan yang Memisahkan Dua Node yang Berurutan
$i$	:	Jumlah Elemen
$I$	:	Momen Penampang Inersia
$k$	:	Kekakuan Struktur
$k_{ij}$	:	Koefisien kekakuan akibat perpindahan koordinat $j$
$[K]$	:	Matriks Kekakuan
$L$	:	Panjang Elemen
$m$	:	Massa Struktur
$m_{ij}$	:	Massa Konsisten
$M(x)$	:	Momen Lentur pada Bagian $x$
$[M]$	:	Matriks Massa
$n$	:	Jumlah Derajat Kebebasan
$nm$	:	Jumlah Ragam Getar yang Diperhitungkan
$ns_i$	:	Tegangan Normalisasi
$N(x)$	:	Defleksi yang Berhubungan dengan Perpindahan Satuan
$\Omega$	:	Matriks Kuadrat Frekuensi Natural

$p(x)$	:	Beban Balok Per Unit Panjang
$P_t$	:	Hubungan Antara Gaya Statis dan Momen
$\sigma_i$	:	Tegangan yang Ditinjau Pada Elemen
$\sigma_{max}$	:	Tegangan Maksimum dari Seluruh Elemen
$\Phi$	:	Matriks <i>Mode Shape</i> atau Ragam Getar
$\phi''(x)$	:	Kelengkungan Ragam Getar di lokasi x
$\phi''$	:	Kelengkungan Ragam Getar dari mode ke- <i>i</i>
$\phi_{i,j}$	:	Komponen Ragam Getar dari <i>node</i> ke- <i>i</i> pada <i>mode</i> ke- <i>j</i>
$\delta_i$	:	Perpindahan Linier dan Sudut
$\delta$	:	Perpindahan dalam Matriks
R	:	Beban Statis yang Bekerja Pada Struktur
s	:	Nilai Singular
$svn$	:	Nilai Indeks Setiap Vektor Beban V
u	:	Peralihan Struktur Fungsi Waktu
$\dot{u}$	:	Kecepatan Sebaifai Fungsi Waktu
$\ddot{u}$	:	Percepatan Sebagai Fungsi Waktu
V	:	Vektor Beban
$V(x)$	:	Gaya Geser
$\omega$	:	Frekuensi Alami
$W_i$	:	Gaya eksternal
x	:	Koordinat
$\ddot{y}$	:	Vektor Percepatan
$\dot{y}$	:	Vektor Kecepatan
y	:	Vektor Perpindahan
$CDF_i$	:	Nilai <i>Curvature Damage Factor</i> pada node ke- <i>i</i>
$nCDF_i$	:	Nilai <i>Curvature Damage Factor</i> Ternormalisasi
$mean(CDF_i)$	:	Nilai Rata-Rata <i>CDF</i> pada <i>node</i> ke- <i>i</i>
$std(CDF_i)$	:	Nilai Standar Deviasi <i>CDF</i> pada <i>node</i> ke- <i>i</i>

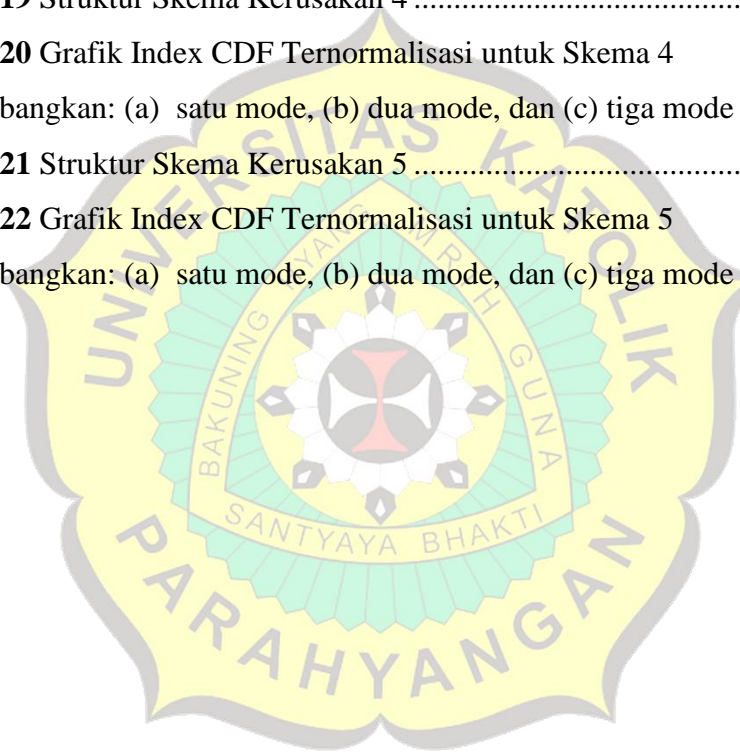
## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Diagram Alir.....	1-4
<b>Gambar 2.1</b> Penampang balok menunjukkan gaya dan perpindahan pada koordinat nodal.....	2-2
<b>Gambar 2.2</b> Elemen balok menunjukkan kurva defleksi statik akibat perpindahan unit pada satu dari koordinat nodal .....	2-4
<b>Gambar 2.3</b> (a) Elemen balok dengan massa terdistribusi menunjukkan koordinat nodal. (b) Elemen yang menopang beban inersia akibat percepatan $\delta_2=1$ , mengalami perpindahan virtual $\delta_1=1$ .....	2-9
<b>Gambar 2.4</b> <i>Scaling</i> .....	2-13
<b>Gambar 2.5</b> <i>Spalling</i> .....	2-14
<b>Gambar 2.6</b> <i>Curling</i> .....	2-15
<b>Gambar 2.7</b> <i>Cracking</i> .....	2-16
<b>Gambar 2.8</b> Elemen Balok dengan Enam Derajat Kebebasan .....	2-19
<b>Gambar 3.1</b> Struktur Balok Menerus.....	3-1
<b>Gambar 3.2</b> Spesifikasi Material .....	3-2
<b>Gambar 3.3</b> Properti Penampang Balok .....	3-3
<b>Gambar 3.4</b> <i>Analysis Control</i> .....	3-3
<b>Gambar 3.5</b> Pemodelan Balok Menerus Kondisi Awal.....	3-4
<b>Gambar 3.6</b> 3D Pemodelan Balok Menerus Kondisi Awal.....	3-4
<b>Gambar 3.7</b> Pemodelan Struktur Balok Menerus Kondisi Rusak (Skema Kerusakan 1) .....	3-6
<b>Gambar 3.8</b> Tampak 3 Dimensi Pemodelan Struktur Balok Kondisi Rusak (Skema Kerusakan 1) .....	3-6
<b>Gambar 3.9</b> Pemodelan Struktur Balok Menerus Kondisi Rusak (Skema Kerusakan 2) .....	3-7
<b>Gambar 3.10</b> Tampak 3 Dimensi Pemodelan Struktur Balok Kondisi Rusak (Skema Kerusakan 2) .....	3-7
<b>Gambar 3.11</b> Pemodelan Struktur Balok Menerus Kondisi Rusak (Skema Kerusakan 3) .....	3-8



<b>Gambar 3.12</b> Tampak 3 Dimensi Pemodelan Struktur Balok Kondisi Rusak (Skema Kerusakan 3) .....	3-8
<b>Gambar 3.13</b> Pemodelan Struktur Balok Menerus Kondisi Rusak (Skema Kerusakan 4) .....	3-9
<b>Gambar 3.14</b> Tampak 3 Dimensi Pemodelan Struktur Balok Kondisi Rusak (Skema Kerusakan 4) .....	3-9
<b>Gambar 3.15</b> Pemodelan Struktur Balok Menerus Kondisi Rusak (Skema Kerusakan 5) .....	3-9
<b>Gambar 3.16</b> Tampak 3 Dimensi Pemodelan Struktur Balok Kondisi Rusak (Skema Kerusakan 5) .....	3-10
<b>Gambar 4.1</b> Grafik Ragam Getar Struktur Awal Peralihan (Y) .....	4-4
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Ragam Getar Struktur Awal Rotasi (Z).....	4-4
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Ragam Getar Struktur Rusak Peralihan (Y) (Skema Kerusakan 1) .....	4-5
<b>Gambar 4.4</b> Grafik Ragam Getar Struktur Rusak Rotasi (Z) (Skema Kerusakan 1) .....	4-5
<b>Gambar 4.5</b> Grafik Ragam Getar Struktur Rusak Peralihan (Y) (Skema Kerusakan 2) .....	4-6
<b>Gambar 4.6</b> Grafik Ragam Getar Struktur Rusak Rotasi (Z) (Skema Kerusakan 2) .....	4-6
<b>Gambar 4.7</b> Grafik Ragam Getar Struktur Rusak Peralihan (Y) (Skema Kerusakan 3) .....	4-7
<b>Gambar 4.8</b> Grafik Ragam Getar Struktur Rusak Rotasi (Z) (Skema Kerusakan 3) .....	4-7
<b>Gambar 4.9</b> Grafik Ragam Getar Struktur Rusak Peralihan (Y) (Skema Kerusakan 4) .....	4-8
<b>Gambar 4.10</b> Grafik Ragam Getar Struktur Rusak Rotasi (Z) (Skema Kerusakan 4) .....	4-8
<b>Gambar 4.11</b> Grafik Ragam Getar Struktur Rusak Peralihan (Y) (Skema Kerusakan 5) .....	4-9
<b>Gambar 4.12</b> Grafik Ragam Getar Struktur Rusak Rotasi (Z) (Skema Kerusakan 4) .....	4-9

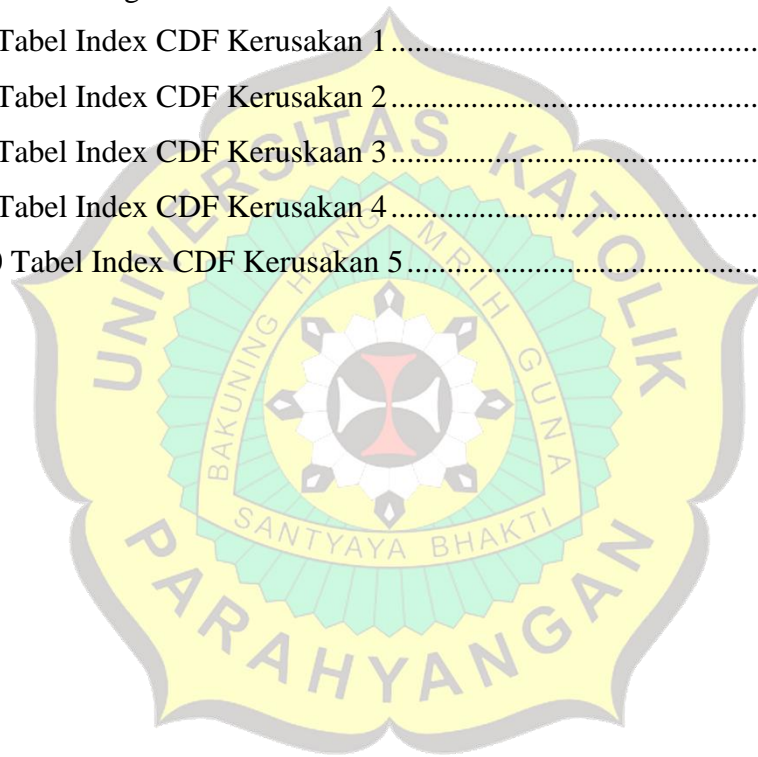
<b>Gambar 4.13</b> Struktur Skema Kerusakan 1 .....	4-10
<b>Gambar 4.14</b> Grafik Index CDF Ternormalisasi untuk Skema 1 mempertimbangkan: (a) satu mode, (b) dua mode, dan (c) tiga mode .....	4-11
<b>Gambar 4.15</b> Struktur Skema Kerusakan 2 .....	4-12
<b>Gambar 4.16</b> Grafik Index CDF Ternormalisasi untuk Skema 2 mempertimbangkan: (a) satu mode, (b) dua mode, dan (c) tiga mode .....	4-13
<b>Gambar 4.17</b> Struktur Skema Kerusakan 3 .....	4-14
<b>Gambar 4.18</b> Grafik Index CDF Ternormalisasi untuk Skema 3 mempertimbangkan: (a) satu mode, (b) dua mode, dan (c) tiga mode .....	4-15
<b>Gambar 4.19</b> Struktur Skema Kerusakan 4 .....	4-16
<b>Gambar 4.20</b> Grafik Index CDF Ternormalisasi untuk Skema 4 mempertimbangkan: (a) satu mode, (b) dua mode, dan (c) tiga mode .....	4-17
<b>Gambar 4.21</b> Struktur Skema Kerusakan 5 .....	4-18
<b>Gambar 4.22</b> Grafik Index CDF Ternormalisasi untuk Skema 5 mempertimbangkan: (a) satu mode, (b) dua mode, dan (c) tiga mode .....	4-19





## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Hasil Analisis Nilai Eigen dengan Midas FEA.....	3-4
<b>Tabel 3.2</b> Validasi pemrograman Matlab .....	3-5
<b>Tabel 3.3</b> Ratio Kerusakan .....	3-10
<b>Tabel 4.1</b> Perbandingan Nilai Frekuensi Alami .....	4-1
<b>Tabel 4.2</b> Perbandingan Nilai Frekuensi Alami .....	4-2
<b>Tabel 4.3</b> Perbandingan Nilai Frekuensi Alami .....	4-2
<b>Tabel 4.4</b> Perbandingan Nilai Frekuensi Alami .....	4-3
<b>Tabel 4.5</b> Perbandingan Nilai Frekuensi Alami .....	4-3
<b>Tabel 4.6</b> Tabel Index CDF Kerusakan 1 .....	4-10
<b>Tabel 4.7</b> Tabel Index CDF Kerusakan 2 .....	4-12
<b>Tabel 4.8</b> Tabel Index CDF Kerusakan 3 .....	4-14
<b>Tabel 4.9</b> Tabel Index CDF Kerusakan 4 .....	4-16
<b>Tabel 4.10</b> Tabel Index CDF Kerusakan 5 .....	4-18



## DAFTAR LAMPIRAN

Matlab Mencari Frekuensi Alami dan Ragam Getar.....	L1-1
Matlab Deteksi Kerusakan Metode CDF.....	L2-1
Ragam Getar Struktur Balok Menerus Setiap Kondisi.....	L3-1







# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Permasalahan**

Bangunan secara umum direncanakan dengan fungsi dan masa layan tertentu. Hal itu dapat tercapai apabila dalam proses perencanaan, pelaksanaan hingga perawatan dan pemeliharaan telah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Namun selama masa layan, bangunan dapat mengalami berbagai kerusakan. Kerusakan dapat terjadi akibat penyusutan, akibat ulah manusia sendiri, maupun akibat faktor alam seperti kebakaran, gempa bumi, dan sebagainya. Kerusakan tersebut dapat mengurangi masa layan dari struktur. Oleh karena itu harus dilakukan evaluasi kondisi kesehatan struktur.

Deteksi kerusakan struktur merupakan salah satu usaha perawatan struktur. Deteksi kerusakan struktur dilakukan dengan tujuan untuk (1) Menganalisis struktur untuk mendapatkan frekuensi alami struktur dan ragam getar struktur menggunakan program Midas FEA dan Matlab. (2) Menganalisis perubahan frekuensi pada model struktur dan mencari korelasi perubahan kekakuan terhadap perubahan frekuensi alami. (3) Menentukan lokasi kerusakan struktur yang ditinjau. Dengan hasil tersebut maka usaha perbaikan serta perkuatan struktur dapat dilakukan untuk mencegah kegagalan struktur.

Metode identifikasi kerusakan pada struktur ada beberapa macam salah satunya adalah dengan pengamatan secara langsung. Metode ini kurang memberikan hasil yang akurat karena mengandalkan unsur subjektivitas dari pengamat. Maka dari itu diperlukannya pengembangan metode identifikasi kerusakan struktur yang lebih akurat.

Sebagian besar kerusakan struktur menyebabkan pengurangan kekakuan, dengan asumsi bahwa perubahan massa karena kerusakan diabaikan maka frekuensi alami akan berubah karena pengurangan kekakuan. Setiap lokasi yang berbeda dapat menyebabkan pola yang berbeda dalam perubahan frekuensi alami. Oleh karena itu, salah satu metode untuk deteksi kerusakan struktur adalah dengan

melihat perubahan antara frekuensi alami struktur awal dan frekuensi alami struktur rusak.

### **1.2 Inti Permasalahan**

Penurunan masa layan pada struktur dapat disebabkan karena adanya kerusakan. Kerusakan pada lokasi tertentu pada struktur akan mengakibatkan penurunan kekakuan pada struktur, perubahan kekakuan juga akan mengakibatkan perubahan frekuensi alami pada struktur. Selanjutnya dengan menganalisis perubahan frekuensi alami diharapkan didapatkan lokasi kerusakan pada struktur. Oleh karena itu permasalahan yang dibahas dalam skripsi ini adalah mendeteksi kerusakan struktur berdasarkan perilaku dinamik.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk:

1. Menganalisis struktur untuk mendapatkan frekuensi alami struktur dan ragam getar struktur dalam kondisi awal dan kondisi mengalami kerusakan.
2. Menganalisis perubahan frekuensi pada model struktur dan mencari korelasi perubahan kekakuan terhadap perubahan frekuensi alami.
3. Menentukan lokasi kerusakan struktur yang ditinjau dengan metode Curvature Damage Factor (CDF).

### **1.4 Pembatasan Masalah**

Berikut merupakan pembatasan masalah dalam penelitian ini:

1. Struktur yang ditinjau adalah balok menerus yang dimodelkan satu dimensi.
2. Perhitungan deteksi kerusakan dilakukan dengan bantuan program Matlab.
3. Pemodelan struktur dan analisis struktur dilakukan dengan bantuan perangkat lunak MIDAS FEA dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Midas FEA.

4. Material yang digunakan adalah beton  $f_c' = 30$  MPa yang memiliki Modulus Elastisitas,  $E = 25.742$  MPa.
5. Spesifikasi Struktur balok menerus yang ditinjau adalah sebagai berikut:
  - Dimensi Balok = 200/300
  - Panjang Bentang = 3 m
  - Total Bentang = 3 Bentang
  - Di antara 4 perletakan sendi
  - Ditinjau per 0.6m

### 1.5 Metodologi Penelitian

Adapun metodologi penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

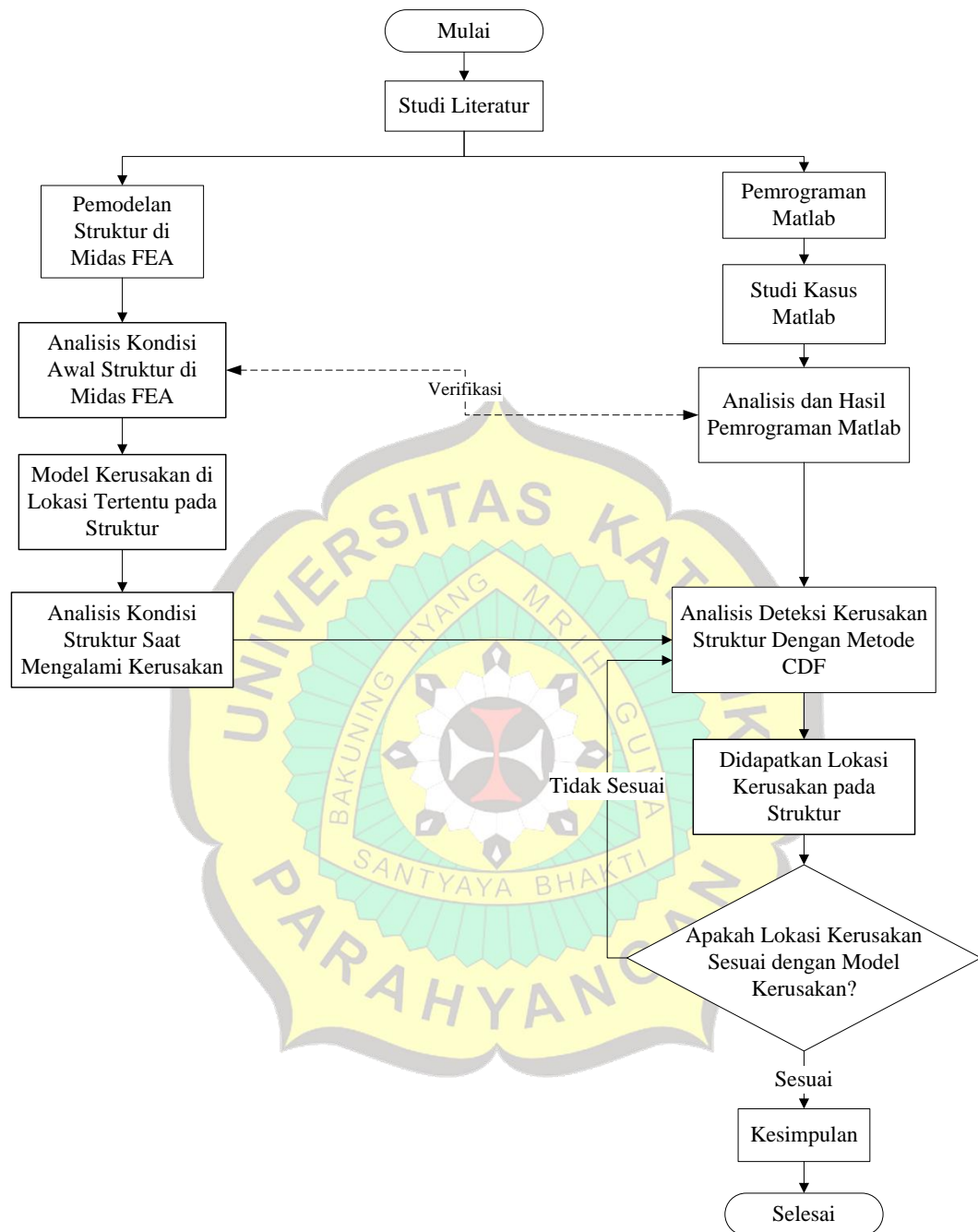
1. Studi Literatur

Sumber-sumber yang digunakan dalam studi literatur ini didapat dari sejumlah jurnal, *textbook*, dan artikel-artikel yang terdapat di internet.

2. Studi Analisis

Desain dan pemodelan struktur dalam skripsi ini menggunakan perangkat lunak Midas FEA. Sedangkan untuk proses analisis menggunakan bantuan perangkat lunak Matlab

## 1.6 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 1.1** Diagram Alir



## 1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada skripsi ini adalah :

### BAB 1 Pendahuluan

Bab ini berisi tentang latar belakang permasalahan, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metodologi penelitian, diagram alir penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.

### BAB 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang tinjauan teori-teori yang dijadikan acuan dalam desain pemodelan dan analisis deteksi kerusakan pada struktur pada skripsi ini.

### BAB 3 Desain dan Pemodelan Struktur

Bab ini berisi tentang perencanaan model struktur balok beserta frekuensi alami dari struktur pada kondisi awal dengan bantuan perangkat lunak Midas FEA dan Matlab.

### BAB 4 Analisis dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang frekuensi dari struktur saat mengalami kerusakan dan metode analisis struktur sehingga didapatkan hasil analisis berupa lokasi kerusakan pada struktur dengan bantuan perangkat lunak Midas FEA dan Matlab.

### BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang ditarik dari hasil analisis yang telah dilaksanakan. Selain itu, ada saran terkait permasalahan yang dibahas yang didasarkan pada hasil analisis.

### BAB 6 Daftar Pustaka

Daftar Pustaka berisi sumber dan literatur yang digunakan untuk menunjang proses penyusunan skripsi.



