

TUGAS AKHIR

**PENGARUH CACAT PADA BATANG BAJA TERHADAP
NILAI FREKUENSI ALAMI**



Disusun oleh:

RAFID ANANTA PANGESTU

20200110064

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2024

TUGAS AKHIR

**PENGARUH CACAT PADA BATANG BAJA TERHADAP
NILAI FREKUENSI ALAMI**

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik
di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



RAFID ANANTA PANGESTU

20200110064

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rafid Ananta Pangestu
NIM : 20200110064
Judul : Pengaruh Cacat Pada Batang Baja Terhadap Nilai Frekuensi Alami

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul “Pengaruh Cacat Pada Batang Baja Terhadap Nilai Frekuensi Alami” dan didanai melalui skema hibah pada tahun 2023/2024 oleh Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2023/2024 dengan nomor hibah 50/R-LRI/XII/2023.

Yogyakarta, 24 Juni 2024

Penulis,

Dosen Peneliti,



Rafid Ananta Pangestu



Dr. Ir. Guntur Nugroho, S.T., M.Eng

HALAMAN PERNYATAAN

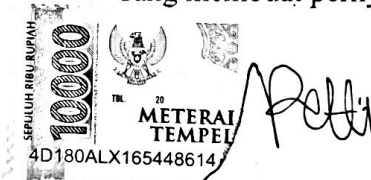
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rafid Ananta Pangestu
NIM : 20200110064
Judul : Pengaruh Cacat Pada Batang Baja Terhadap Nilai
Frekuensi Alami

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 26 Juni 2024

Yang membuat pernyataan



Rafid Ananta Pangestu

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Rabbil'Alamin, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat dan karunia-Nya sehingga saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tidak lupa shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

Cinta pertama, panutan dan pintu surgaku, Ayahanda tercinta Sofari dan Ibunda tercinta Lisnawati. Terima kasih atas kepercayaannya dalam memberikan kesempatan yang sangat luar biasa untuk putra tercintanya merantau, menempuh pendidikan di kota terbaik Yogyakarta. Pengorbanan, cinta, do'a, motivasi, moral, material dan nasihat yang telah diberikan kepada penulis sehingga saat ini penulis dapat menyelesaikan studinya dan mendapatkan gelar sarjana. Semoga Allah SWT selalu menjaga kalian dalam kebaikan dan kemudahan aamiin.

Abang tercinta, Sofyan Aryo Pangestu beserta istrinya Ikke Isnaini Muti. Terimakasih sudah ikut serta dalam proses penulis menempuh pendidikan selama ini. Segala bantuan moral dan material yang kalian berikan, tak kan pernah penulis lupakan. Tetaplah menjadi keluarga yang Sakinah, Mawaddah, Warohmah. Semoga keberkahan selalu kebersamai kakak sekeluarga dan semoga keponakan – keponakan tercinta tumbuh menjadi pribadi yang baik dan berguna bagi bangsa agama dan negara tercinta ini.

Bapak Dr. Ir. Guntur Nugroho, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir, yang selalu mendukung dan membimbing penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga keberkahan selalu menyertai bapak sekeluarga.

Sahabat penulis yang tidak bisa disebutkan satu per satu. Terima kasih atas segala bantuan, waktu, support, dan kebaikan yang diberikan kepada penulis selama ini. Semoga kesuksesan adalah jalan berikutnya yang kita temui bersama.

Diri saya sendiri, Rafid Ananta Pangestu atas segala usaha serta semangat sehingga tidak pernah menyerah dalam mengerjakan tugas akhir hingga selesai.

PRAKATA



Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT yang menguasai segala sesuatu. Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh cacat pada batang baja terhadap nilai frekuensi alami.

Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Dr. Ir. Guntur Nugroho, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Ir. Taufiq Ilham Maulana, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

Wallahu a'lam bi Showab.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 26 Juni 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rafid'.

Rafid Ananta Pangestu

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
DAFTAR ISTILAH	xvii
ABSTRAK.....	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Lingkup Penelitian	1
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II.....	3
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	3
2.1 Tinjauan Pustaka.....	3
2.1.1 Penelitian Terdahulu.....	3
2.1 Dasar Teori	25
2.2.1 Getaran dan Gelombang.....	25
2.2.2 Frekuensi Alami Terhadap Balok.....	26
2.2.3 Uji Tarik Baja	27
2.2.4 Momen Inersia Penampang.....	28
BAB III.	29
METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Bahan dan Materi	29

3.1.1	Materi	29
3.1.2	Bahan.....	29
3.2	Alat	30
3.3	Tempat dan Waktu Pelaksanaan	38
3.4	Tahap Penelitian	38
3.4.1	Studi Literatur	39
3.4.2	Persiapan Alat dan Bahan.....	39
3.4.3	Pengujian Material	40
3.4.4	<i>Setting</i> dan Pembuatan Benda Uji.....	40
3.4.5	Pengujian Frekuensi Alami	41
3.4.6	Pengujian Eksperimen.....	41
3.4.7	Perhitungan Analitik	41
3.4.8	Hasil Analisis	41
BAB IV.....		42
HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Uji Tarik Baja	42
4.2	Pengaruh Momen Inersia Balok Baja.....	42
4.3	Pengaruh Panjang Cacat Pada Balok Baja	45
4.3.1	Benda Uji Pertama Dengan Cacat Pada 1 Sisi 4 cm	45
4.3.2	Benda Uji Kedua Dengan Cacat Pada 2 Sisi 4 cm.....	46
4.3.3	Benda Uji Ketiga Dengan Cacat Pada 2 Sisi 8 cm.....	47
4.3.4	Perbandingan Benda Uji Pertama dan Benda Uji Kedua Pada Sisi 4 cm	49
4.3.5	Perbandingan Benda Uji Kedua dan Benda Uji Ketiga Pada Sisi 8 cm	50
BAB V.....		52
KESIMPULAN DAN SARAN.....		52
5.1	Kesimpulan.....	52
5.2	Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA		53
LAMPIRAN.....		55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Model CAD balok kantilever (Ansari dan Tiwari, 2021).....	3
Gambar 2. 2 Model balok kantilever bertautan (Ansari dan Tiwari, 2021)	3
Gambar 2. 3 Bentuk modus frekuensi natural balok kantilever ke-1 (Ansari dan Tiwari, 2021).....	4
Gambar 2. 4 Bentuk modus frekuensi alami ke-2 berkas kantilever (Ansari dan Tiwari, 2021).....	4
Gambar 2. 5 Bentuk modus frekuensi alami ke-3 balok kantilever (Ansari dan Tiwari, 2021).....	4
Gambar 2. 6 Bentuk modus kantilever frekuensi natural ke-4 balok (Ansari dan Tiwari, 2021).....	4
Gambar 2. 7 Bentuk modus frekuensi natural balok kantilever ke-5 (Ansari dan Tiwari, 2021).....	5
Gambar 2.8 Deformasi vs lebar retak (Ansari dan Tiwari, 2021).....	5
Gambar 2.9 Deformasi vs tinggi retak (Ansari dan Tiwari, 2021).....	5
Gambar 2.10 (A) Pemodelan balok tidak retak, (B) Kondisi <i>meshing</i> balok tidak retak (Sawant dkk., 2017)	6
Gambar 2. 11 (A) Geometri balok rusak, (B) Penyatuan dekat kerusakan (Sawant 7	
Gambar 2. 12 Empat modus pertama balok sehat (Sawant dkk., 2017)	8
Gambar 2. 13 Empat modus pertama balok retak (Sawant dkk., 2017).....	8
Gambar 2. 14 Kurva pergeseran empat frekuensi natural pertama. (Sawant dkk., 2017)	9
Gambar 2. 15 Balok kantilever yang retak (Miaa dkk., 2016).....	9
Gambar 2. 16 Tampilan jarak dekat pada titik retakan dengan seluruh elemen (Miaa dkk., 2016).....	10
Gambar 2. 17 (a) Perbandingan frekuensi alami dengan lokasi retak dengan kedalaman retak 0.1 m di mode 1 (Miaa dkk., 2016)	11
Gambar 2. 18 Perbandingan frekuensi alami dengan kedalaman retakan untuk lokasi retakan 1,0 m (Miaa dkk., 2016)	12
Gambar 2. 19 Spesimen percobaan balok ditunjukkan pada diagram (Kumar dkk., 2019)	13
Gambar 2. 20 Modus bentuk balok tidak retak pada saat bentuk tidak terdeformasi (Kumar dkk., 2019).....	13
Gambar 2. 21 Perpindahan bentuk balok retak yang berubah bentuk (Kumar dkk., 2019)	13
Gambar 2. 22 Diagram blok pengaturan eksperimental (Shinde dkk., 2014).....	15
Gambar 2. 23 Perbandingan kedalaman retakan untuk retakan pada jarak 100 mm (Shinde dkk., 2014).....	15
Gambar 2. 24 Perbandingan kedalaman retakan untuk retakan pada jarak 200 mm (Shinde dkk., 2014).....	16
Gambar 2. 25 Perbandingan kedalaman retakan untuk retakan pada jarak 300 mm (Shinde dkk., 2014).....	16
Gambar 2. 26 Perbandingan kedalaman retakan untuk retakan pada jarak 400 mm (Shinde dkk., 2014).....	16

Gambar 2. 27 Sistem pengumpulan data (Jia dkk., 2011).....	17
Gambar 2. 28 <i>Setting</i> benda uji (Jia dkk., 2011)	17
Gambar 2. 29 Variasi FRF pada balok retak (Jia dkk., 2011)	17
Gambar 2. 30 <i>Setting</i> benda uji (Vader dkk., 2017).....	18
Gambar 2. 31 Lapisan yang ditumpuk di ANSYS (Vader dkk., 2017)	18
Gambar 2. 32 Model balok kantilever komposit bertautan (Vader dkk., 2017)....	18
Gambar 2. 33 Metode <i>impact echo</i> (Orhan dkk., 2004).....	19
Gambar 2. 34 Balok dengan retakan buatan (Orhan dkk., 2004).....	20
Gambar 2. 35 Percobaan balok kantilever retak (Sayyad dkk., 2010).....	21
Gambar 2. 36 Grafik hubungan teoritis dan eksperimen (Sayyad dkk., 2010)....	21
Gambar 2. 37 Geometri balok retak (Tufisi dkk., 2019).....	22
Gambar 2. 38 Garis plot antara frekuensi dan lokasi retakan (Tufisi dkk., 2019)	22
Gambar 3. 1 Baja PSR persegi	29
Gambar 3. 2 Tumpuan sendi	30
Gambar 3. 3 Aplikasi <i>accelerometer</i>	30
Gambar 3. 4 Menu <i>spectrum</i>	31
Gambar 3. 5 Ponsel diletakkan diatas benda uji	31
Gambar 3. 6 Pilih sumbu z.....	31
Gambar 3. 7 Benda uji dipukul menggunakan tangan	32
Gambar 3. 8 <i>Save data</i>	32
Gambar 3. 9 Simpan data dengan format txt.....	33
Gambar 3. 10 <i>Input data pada Microsoft excel</i>	33
Gambar 3. 12 Meteran rol	35
Gambar 3. 13 Gerinda Potong.....	35
Gambar 3. 14 Mesin las	36
Gambar 3. 15 Mesin <i>Micro Computer Universal Testing Machine</i>	37
Gambar 3. 16 Sarung Tangan	37
Gambar 3. 17 Timbangan	38
Gambar 3. 18 Alur Penelitian (lanjutan)	39
Gambar 3. 19 <i>Setting</i> benda uji.....	40
Gambar 3. 20 Benda uji pertama.....	40
Gambar 3. 21 Benda uji kedua	40
Gambar 3. 22 Benda uji ketiga.....	41
Gambar 4. 1 Benda uji sebelum pengujian	42
Gambar 4. 2 Benda uji setelah pengujian.....	42
Gambar 4. 3 Hasil frekuensi alami baja PSR persegi momen inersia $8,2195 \times 10^{-8}$ dengan metode eksperimen pada sumbu I_x	43
Gambar 4. 4 Hasil frekuensi alami baja PSR persegi momen inersia $2,42496 \times 10^{-7}$ dengan metode eksperimen pada sumbu I_y	43
Gambar 4. 5 Perbandingan nilai frekuensi alami dengan pengaruh momen inersia	44
Gambar 4. 6 Tampilan benda uji pertama	45
Gambar 4. 7 Hasil frekuensi alami pada pengujian eksperimen dan perhitungan analitik pada baja dengan panjang cacat horizontal pada 1 sisi 4 cm	45
Gambar 4. 8 Tampilan benda uji kedua.....	46

Gambar 4. 9 Hasil frekuensi alami pada pengujian eksperimen dan perhitungan analitik pada baja dengan panjang cacat horizontal pada 2 sisi 4 cm	47
Gambar 4. 10 Tampilan benda uji ketiga	48
Gambar 4. 11 Hasil frekuensi alami pada pengujian eksperimen dan perhitungan analitik pada baja dengan panjang cacat horizontal pada 2 sisi 8 cm	48
Gambar 4. 12 Benda uji pertama dengan cacat 1 sisi	49
Gambar 4. 13 Benda uji kedua dengan cacat 2 sisi.....	49
Gambar 4. 14 Perbandingan benda uji pertama dan kedua pada sisi 4 cm	49
Gambar 4. 15 Benda uji kedua dengan cacat 2 sisi.....	50
Gambar 4. 16 Benda uji ketiga dengan cacat 2 sisi.....	50
Gambar 4. 17 Perbandingan baja kedua dan ketiga dari arah I_x	50
Gambar 4. 18 Perbandingan baja kedua dan baja ketiga dari arah I_y	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai \bar{y} dan frekuensi natural untuk empat mode pertama (Sawant dkk., 2017)	6
Tabel 2. 2 Persentase kesalahan antara frekuensi alami teoritis dan simulasi (Sawant dkk., 2017)	8
Tabel 2. 3 Model geometri dan properti (Miaa dkk., 2016).....	10
Tabel 2. 4 Perbandingan hasil untuk berbagai jenis <i>meshing</i> (Miaa dkk., 2016)...	11
Tabel 2. 5 Frekuensi untuk ukuran bukaan retakan yang berbeda (Miaa dkk., 2016)	11
Tabel 2. 6 Frekuensi keretakan pada lokasi berbeda dengan kedalaman retakan 0.1m (Miaa dkk., 2016).....	11
Tabel 2. 7 Frekuensi alami pada kedalaman retakan yang berbeda untuk lokasi retakan 0,1 m (Miaa dkk., 2016)	12
Tabel 2. 8 Variasi mode dan frekuensi untuk balok tidak retak (Kumar dkk., 2019)	14
Tabel 2. 9 Variasi mode dan frekuensi untuk balok retak. (Kumar dkk., 2019)....	14
Tabel 2. 10 Perbandingan nilai frekuensi eksperimen dan simulasi (Kumar dkk., 2019)	15
Tabel 2. 11 Geometri dan Material (Shinde dkk., 2014).....	15
Tabel 2. 12 Hasil uji modal (Shinde dkk., 2014)	16
Tabel 2. 13 Frekuensi natural untuk balok kantilever komposit tidak retak dan retak (Vader dkk., 2017).....	20
Tabel 2. 14 Lokasi retakan dan kekakuan pada balok (Orhan dkk., 2004)	21
Tabel 2. 15 Frekuensi alami pertama, kedua dan ketiga serta amplitudo dan retak yang sesuai kedalaman (Orhan dkk., 2004)	21
Tabel 2. 16 Perbandingan analisis dan eksperimental lokasi retakan (e) dan ukuran retakan (a/h) (Sayyad dkk., 2010)	22
Tabel 2. 17 Sifat fisik balok (Tufisi dkk., 2019)	23
Tabel 2. 18 Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian saat ini	24
Tabel 2. 19 Nilai K (Stokey, 1998)	28
Tabel 3. 1 Analisis Perhitungan.....	34
Tabel 4. 1 Hasil uji tarik baja	42
Tabel 4. 2 Pengaruh momen inersia terhadap nilai frekuensi alami	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Grafik hasil uji tarik baja	55
Lampiran 2. Contoh perhitungan analitik	56
Lampiran 3. Hasil pengujian eksperimen benda uji pertama	57
Lampiran 4. Grafik panjang cacat pada benda uji pertama	58
Lampiran 5. Hasil perhitungan analitik benda uji pertama	65
Lampiran 6. Hasil pengujian eksperimen benda uji kedua	66
Lampiran 7. Grafik panjang cacat benda uji kedua	67
Lampiran 8. Hasil perhitungan analitik benda uji kedua	74
Lampiran 9. Hasil pengujian eksperimen benda uji ketiga	75
Lampiran 10. Grafik panjang cacat benda uji ketiga	76
Lampiran 11. Hasil perhitungan analitik benda uji ketiga	83
Lampiran 12. Hasil pengujian eksperimen benda uji pertama dan kedua	84
Lampiran 13. Hasil pengujian eksperimen benda uji kedua dan ketiga dari arah I_x	85
Lampiran 14. Hasil pengujian eksperimen benda uji kedua dan ketiga dari arah I_y	86

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
f_n	Hz	Frekuensi alami
E	$[M][L]^{-1} [T]^{-2}$	Modulus Young (N/mm ²)
I	$[M][L]^2$	Inersia (m ⁴)
g	$[M]^{-1} [L]^3 [T]^{-2}$	Gravitasi (m/s)
γ	$[M][L]^{-3}$	Massa jenis (kg/m ³)
S	$[L]^3$	Luas penampang (m ²)

DAFTAR SINGKATAN

ASTM : *American Standard Testing And Material*

FEA : *Finite Element Analysis*

FEM : *Finite Element Method*

FRF : *Frequency Response Function*

PSR : *Penampang Struktur Berongga*

UTM : *Universal Testing Machine*

DAFTAR ISTILAH

1. Frekuensi Alami
Frekuensi dimana suatu benda bergetar ketika mengalami getaran bebas
2. Momen Inersia Penampang
Ukuran kekakuan sebuah benda terhadap pembengkokan ketika dikenai beban
3. Modulus Elastisitas
Modulus elastisitas merupakan ukuran kekakuan suatu material
4. Tumpuan
Elemen struktur yang mendukung dan menahan beban suatu struktur dan memungkinkan untuk membatasi struktur tersebut ke arah tertentu.