

**PENGARUH PENGGUNAAN SISTEM UJI MONITORING
GETARAN PADA RUAS JALAN TOL LAYANG (*SOFT TRACK*)
DENGAN MENGGUNAKAN *ACCELEROMETER***

TUGAS AKHIR



Irham Gusti Supartoa

1152004007

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER**

JAKARTA

2022

**PENGARUH PENGGUNAAN SISTEM UJI MONITORING
GETARAN PADA RUAS JALAN TOL LAYANG (*SOFT TRACK*)
DENGAN MENGGUNAKAN *ACCELEROMETER***

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Universitas Bakrie



Irham Gusti Supartoa

1152004007

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER**

JAKARTA

2022

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir adalah hasil karya saya sendiri, semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar dan telah saya sertakan dalam daftar pustaka.

Nama : Irham Gusti Supartoa

NIM : 1152004007

Tanda Tangan : 

Tanggal : 11 April 2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :
Nama : Irham Gusti Supartoa
NIM : 1152004007
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Sistem Uji
Monitoring Getaran pada Ruas Jalan Tol
Layang (*Soft Track*) Dengan
Menggunakan *Accelerometer*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc. (.....)

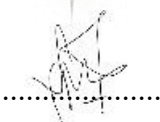
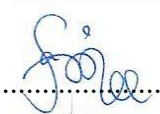
Pembimbing 2 : Fatin Adriati ST. MT. (.....)

Penguji 1 : Dr. Ir. Ade Asmi, ST, M.Sc., IPM. (.....)

Penguji 2 : Safrilah, ST., M.Sc. (.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 11 April 2022



UNGKAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas kasih karunia, berkat, dan kebaikan-Nya, tugas akhir ini dapat diselesaikan. Tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer di Universitas Bakrie. Dalam penulisan ini banyak pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh sebab itu penulis ingin berterimakasih kepada:

1. Orang tua yang sudah memberikan motivasi, doa serta bantuan secara materil dan non materil dalam menyelesaikan tugas akhir ini dan selama perkuliahan.
2. Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D. selaku Rektor Universitas Bakrie.
3. Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie serta sebagai dosen pembimbing I. Terima kasih banyak telah membimbing, memberikan ide, kritik, saran dan membantu penulis selama perkuliahan serta penyelesaian tugas akhir ini.
4. Fatin Adriati ST. MT. selaku pembimbing II. Yang sudah sangat sabar dalam membimbing, memberikan ide, kritik, saran dan membantu penulis selama perkuliahan serta penyelesaian tugas akhir ini.
5. Kepada seluruh dosen Teknik Sipil Universitas Bakrie yang sudah memberikan banyak ilmu dan perhatian selama perkuliahan.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Sipil 2015 yang berperan andil dalam pengerjaan laporan ini, walaupun pada akhirnya saya ditinggal sendiri.
7. Kepada calon pendamping hidup saya kelak, terima kasih telah memberikan lucutan agar saya menyelesaikan tugas akhir ini, karna disamping sebagai syarat kelulusan juga sebagai sayarat untuk melangkah ke jenjang pernikahan.

Jakarta, 11 April 2022



Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Irham Gusti Supartoa
NIM : 1152004007
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PENGARUH PENGGUNAAN SISTEM UJI MONITORING GETARAN PADA RUAS JALAN TOL LAYANG (*SOFT TRACK*) DENGAN MENGGUNAKAN *ACCELEROMETER*

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti, Noneklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada Tanggal : 11 April 2022

Yang menyatakan



(Irham Gusti Supartoa)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	IV
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	VI
DAFTAR ISI	VII
DAFTAR GAMBAR	XI
DAFTAR TABEL	XIV
DAFTAR NOTASI	XIV
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. BATASAN MASALAH	3
1.4. TUJUAN PENELITIAN	3
1.5. MANFAAT PENELITIAN	4
1.5.1. Manfaat Untuk Mahasiswa	4
1.5.2. Manfaat Untuk Peneliti	4
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. GETARAN	6
2.1.1. Parameter Getaran	6
2.1.1.1. Frekuensi	6
2.1.1.2. Amplitudo	7
2.1.1.3. Phase	7
2.1.2. Karakteristik Getaran	7
2.1.2.1. Frekuensi Getaran	8
2.1.2.2. Perpindahan Getaran (<i>Vibration Displacement</i>)	8
2.1.2.3. Kecepatan Getaran (<i>Vibration Velocity</i>)	9
2.1.2.4. Percepatan Getaran (<i>Vibration Acceleration</i>)	9

2.1.2.5. Phase Getaran	9
2.1.3. Jenis-jenis Getaran dan Dampaknya Terhadap Struktur	9
2.1.3.1. Getaran Bebas	10
2.1.3.2. Getaran Paksa	10
2.2. ALAT UKUR PEMANTAU GETARAN	11
2.3. SENSOR	11
2.3.1. Akselerometer	11
2.3.1.1. Akselerometer MMA 7361	13
2.4. MIKROKONTROLLER	16
2.4.1. Hardware	18
2.4.1.1. Arduino UNO	18
2.4.1.2. Modul ESP 8266	20
2.4.1.3. Catu Daya	22
2.4.1.4. Prinsip Kerja Power Supply DC	24
2.4.2. Software	25
2.4.2.1. Arduino IDE	25
2.5. ANALISA PEMBEBANAN	27
2.5.1. Beban Primer	28
2.5.1.1. Beban Mati	28
2.5.1.2. Beban Hidup	31
2.5.1.3. Beban Kejut	32
2.5.2. Beban Sekunder	32
2.5.1.4. Beban Angin	32
2.5.1.5. Beban Perbedaan Suhu	35
2.5.1.6. Beban Akibat Gempa Bumi	37
2.6. PENELITIAN TERDAHULU	43
BAB 3 METODE PENELITIAN	46
3.1. KONSEPTUAL ANALISA	46
3.2. METODE PENELITIAN	46
3.3. DATA PROPERTIES PROYEK	47
3.3.1. Dimensi Struktur Atas	47

3.3.2. Beban Mati	51
3.3.3. Beban Kendaraan	51
3.3.4. Beban Kejut	52
3.3.5. Beban Lateral	53
3.3.6. Beban Longitudinal	53
3.3.7. Beban Rem	54
3.3.8. Beban Centrifugal	54
3.3.9. Beban Jembatan Pengaman	55
3.3.10. Beban Suhu	55
3.3.11. Beban Angin	56
3.3.12. Beban Gempa	57
3.3.13. Beban Kombinasi	58
3.4. METODE ANALISA SUMBU GETAR AKSELEROMETER	61
BAB 4 PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA	62
4.1. HASIL PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM MONITORING GETARAN PADA KENDAAAN	62
4.2. PENGUJIAN PROGRAM APLIKASI	66
4.2.1. Arduino IDE	66
4.3. PENGUJIAN SENSOR PADA KONDISI DIAM	73
4.3.1. Pengujian Sensor - 3	74
4.3.2. Pengujian Sensor - 7	75
4.3.3. Pengujian Sensor - 8	76
4.4. PENGUJIAN KEMIRINGAN SENSOR	78
4.5. PENGAMBILAN DATA DENGAN KENDARAAN PADA RUAS JALAN	79
4.5.1. Pengambilan Data pada Ruas Jalan Tol JAPEK <i>ELEVATED</i> II arah Jakarta – Cikampek	80
4.5.1.1. Pengujian Sensor - 3	80
4.5.1.2. Pengujian Sensor - 7	82
4.5.1.3. Pengujian Sensor - 8	84
4.6. ANALISA PROGRAM APLIKASI	88
4.6.1. Model SAP2000	88

4.6.2. Langkah Pendesainan	90
4.6.3. Analisa Program	97
4.6.3.1. Momen	98
4.6.3.2. Geser	100
4.6.3.3. Defleksi	102
BAB 5 KEISMPULAN DAN SARAN	104
5.1. KESIMPULAN	104
5.2. SARAN	105

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2.1.	KARAKTERISTIK GETARAN	7
GAMBAR 2.2.	SENSOR AKSELEROMETER MMA 7361 (MMA 7361 DATASHEET)	13
GAMBAR 2.3.	ARDUINO UNO	19
GAMBAR 2.4.	BOX GIRDER YANG MEMBERIKAN BEBAN MATI.....	29
GAMBAR 2.5.	PERCEPATAN PUNCAK DI BATUAN DASAR PGA PROB. 10% DALAM 50 TAHUN	38
GAMBAR 2.6.	PETA RESPON SPEKTRA PERCEPATAN 0.2 DETIK PROB. 10% DALAM 50 TAHUN	38
GAMBAR 2.7.	PETA RESPON SPEKTRA PERCEPATAN 0.1 DETIK PROB. 10% DALAM 50 TAHUN	39
GAMBAR 2.8.	BENTUK TIPIKAL PERMUKAAN TANAH	41
GAMBAR 3.1.	PANJANG SPAN ANTARA PIER TO PIER	48
GAMBAR 3.2.	PROFIL BOX GIRDER	48
GAMBAR 3.3.	PROFIL DECK SLAB	49
GAMBAR 3.4.	DIMENSI PIER	50
GAMBAR 3.5.	DIMENSI PIER	50
GAMBAR 3.6.	METODE PENELITIAN	60
GAMBAR 4.1.	BOX ALAT PEMANTAU GETARAN TAMPAK ATAS	62
GAMBAR 4.2.	BOX ALAT PEMANTAU GETARAN TAMPAK SAMPING	63
GAMBAR 4.3.	BOX ALAT PEMANTAU GETARAN TAMPAK ATAS	63
GAMBAR 4.4.	BOX ALAT PEMANTAU GETARAN TAMPAK ATAS	64
GAMBAR 4.5.	TOOLS OPTION	72
GAMBAR 4.6.	POSISI SENSOR PADA KEADAAN DIAM	73
GAMBAR 4.7.	POSISI SENSOR PADA KENDARAAN	73
GAMBAR 4.8.	HASIL PENGUJIAN SENSOR 1 DALAM KONDISI DIAM	74
GAMBAR 4.9.	HASIL PENGUJIAN SENSOR 1 DALAM KONDISI DIAM	75
GAMBAR 4.10.	ASIL PENGUJIAN SENSOR 1 DALAM KONDISI DIAM	76

GAMBAR 4.11.	PERBANDINGAN HASIL PENGUJIAN SENSOR DALAM KEADAAN KONDISI DIAM	77
GAMBAR 4.12.	KENDARAAN UJI YANG TELAH DILINTASI AKSELEROMETER	79
GAMBAR 4.13.	LOKASI PENGAMBILAN DATA SECARA REAL TIME	79
GAMBAR 4.14.	NILAI SIMPANGAN GETARAN SUMBU Z PADA AKSELEROMETER – 3	81
GAMBAR 4.15.	NILAI SIMPANGAN GETARAN SUMBU Z PADA AKSELEROMETER – 7	83
GAMBAR 4.16.	NILAI SIMPANGAN GETARAN SUMBU Z PADA AKSELEROMETER – 8	85
GAMBAR 4.17.	GRAFIK HASIL GETARAN YANG DIKIBATKAN OLEH KENDARAAN UJI SAAT MELINTAS	87
GAMBAR 4.18.	MODEL PIER DAN BOX GIRDER TAMPAK 3D	88
GAMBAR 4.19.	MODEL PIER 4 TITIK	88
GAMBAR 4.20.	MODEL PIER 1 TITIK	89
GAMBAR 4.21.	MODEL BOX GIRDER	89
GAMBAR 4.22.	MEMASUKAN POLA BEBAN	90
GAMBAR 4.23.	MEMASUKAN POLA BEBAN	91
GAMBAR 4.24.	MEMASUKAN BEBAN KOMBINASI	91
GAMBAR 4.25.	MEMASUKAN BEBAN KOMBINASI	92
GAMBAR 4.26.	MEMASUKAN NILAI RESPON SPEKTRUM	92
GAMBAR 4.27.	MEMASUKAN NILAI RESPON SPEKTRUM	93
GAMBAR 4.28.	MEMASUKAN NILAI RESPON SPEKTRUM	93
GAMBAR 4.29.	MEMASUKAN NILAI RESPON SPEKTRUM	94
GAMBAR 4.30.	MEMASUKAN BEBAN YANG BERKERJA PADA PIER	94
GAMBAR 4.31.	MEMASUKAN TUMPUAN	95
GAMBAR 4.32.	STRUKTUR SETELAH DIBERIKAN TUMPUAN	95
GAMBAR 4.33.	RUN ANALYSIS	96
GAMBAR 4.34.	STRUKTUR SETELAH DIBERIKAN TUMPUAN	97
GAMBAR 4.35.	ANALISA MOMEN PADA PERMODELAN	98
GAMBAR 4.36.	ANALISA GESER	99

GAMBAR 4.37. ANALISA GESER PADA PERMODELAN	100
GAMBAR 4.38. DIAGRAM GESER	101
GAMBAR 4.39. ANALISA DEFLEKSI PADA PERMODELAN	102
GAMBAR 4.40. ANALISA GESER	103

DAFTAR TABEL

TABEL 2.1.	BERAT JENIS MATERIAL	14
TABEL 2.2.	BERAT JENIS MATERIAL	15
TABEL 2.3.	BERAT JENIS MATERIAL	30
TABEL 2.4.	MATERIAL YANG DI GUNAKAN PADA PROYEK	31
TABEL 2.5.	KETENTUAN NILAI V_0 DAN Z_0	33
TABEL 2.6.	KOMPONEN BEBAN ANGIN YANG BEKERJA PADA KENDARAAN	34
TABEL 2.7.	TEMPERATUR JEMBATAN RATA-RATA NOMINAL	36
TABEL 2.8.	SIFAT BAHAN RATA-RATA AKIBAT PENGARUH TEMPERATUR	36
TABEL 2.9.	PENJELASAN PETA GEMPA	37
TABEL 2.10.	FAKTOR AMPLIFIKASI PADA UNTUK PERIODE 0 DETIK DANM 0.2 DETIK (FPGA/FA)	40
TABEL 2.11.	BESAR FAKTOR NILAI AMPLIFIKASI UNTUK PERIODE 1 DETIK (FV) ..	40
TABEL 3.1.	BERAT MASSA JENIS MATERIAL	51
TABEL 3.2.	TABEL BEBAN AKIBAT GAYA AKSIAL KENDARAAN	51
TABEL 3.3.	FAKTOR PENGALI BEBAN KEJUT	52
TABEL 3.4.	BEBAN LATERAL BERDASARKAN NILAI PRESENTASE AKSIAL	53
TABEL 3.5.	MUAI PANAS PADA LAJUR JALAN	55
TABEL 3.6.	FAKTOR AMPLIFIKASI PADA UNTUK PERIODE 0 DETIK DANM 0.2 DETIK (FPGA/FA)	57
TABEL 3.7.	BESAR FAKTOR NILAI AMPLIFIKASI UNTUK PERIODE 1 DETIK (FV) ..	58
TABEL 3.8.	FAKTOR BEBAN KOMBINASI YANG DI GUNAKAN	59
TABEL 4.1.	PENGUJIAN KEMIRINGAN SENSOR	78
TABEL 4.2.	DATA HASIL PEMBACAAN PADA SENSOR 3	80
TABEL 4.3.	DATA HASIL PEMBACAAN PADA SENSOR 7	82
TABEL 4.4.	DATA HASIL PEMBACAAN PADA SENSOR 8	84
TABEL 4.5.	HASIL GETARAN YANG DIAKIBATKAN OLEH KENDARAAN UJI SAAT MELINTAS	86

DAFTAR NOTASI

a	= dimensi pelat dalam arah x
b	= dimensi pelat dalam arah y
c	= konstanta redaman
D_x	= kekakuan lentur pelat pada arah x
D_y	= kekakuan lentur pelat pada arah y
B	= kekakuan puntir efektif pelat
ρ	= massa jenis
h	= tebal pelat
γ	= rasio redaman
$W(x, y, t)$	= fungsi lendutan berdasarkan fungsi (posisi dan waktu)
$P(x, y, t)$	= fungsi beban berdasarkan fungsi (posisi dan waktu)
E_x	= modulus elastisitas pelat di arah x
E_y	= modulus elastisitas pelat di arah y
ν_x	= poisson's ratio pelat di arah x
ν_y	= poisson's ratio pelat di arah y
K_f	= koefisien kekakuan pondasi Pasternak
G_s	= koefisien modulus geser pondasi Pasternak
ρ	= massa jenis
u, v, w	= lendutan bidang xz, yz, dan xy dalam arah sumbu x,y, dan z
K_1	= kekakuan rotasi pelat dalam arah x
K_2	= kekakuan rotasi pelat dalam arah y
x_0, y_0	= posisi konstan dalam sistem koordinat kartesian
M_x	= momen dalam arah sumbu x
M_y	= momen dalam arah sumbu y
Q_x	= gaya geser dalam arah sumbu x
Q_y	= gaya geser dalam arah sumbu