



**OPTIMASI DESAIN *BATTERY PACK* TERHADAP  
SPEKTRUM VIBRASI UNTUK KENDARAAN LISTRIK  
RODA DUA**



UNIVERSITAS  
OLEH  
MOHAMAD ARDY FIRMANSYAH

**55822120004**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA**



**OPTIMASI DESAIN *BATTERY PACK* TERHADAP  
SPEKTRUM VIBRASI UNTUK KENDARAAN  
LISTRIK RODA DUA**

**TESIS**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan  
Program Studi Magister Teknik Mesin**

**OLEH**

**MOHAMAD ARDY FIRMANSYAH**

**55822120004**

**MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA**

## HALAMAN PENGESAHAN


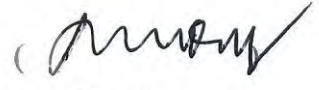
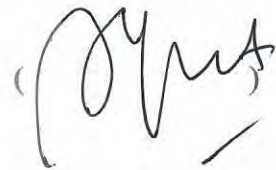
Laporan Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Mohamad Ardy Firmansyah  
NIM : 55822120004  
Program Studi : Magister Teknik Mesin  
Judul Tesis : Optimasi Desain *Battery Pack* Terhadap Spektrum Vibrasi  
Untuk Kendaraan Listrik Roda Dua

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata S2 pada Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan Oleh :

Pembimbing : Dafit Feriyanto, S.T, M.Eng., Ph.D  
NIDN : 0310029004  
Ketua Penguji : Hadi Pranoto, S.T, M.T, Ph.D  
NIDN : 0302077304  
Anggota Penguji : I Gusti Ayu Arwati, Dra, M.T, Ph.D  
NIDN : 0010046408

()  
()  
()

UNIVERSITAS

Jakarta, 19 November 2024  
MERCUBUANA

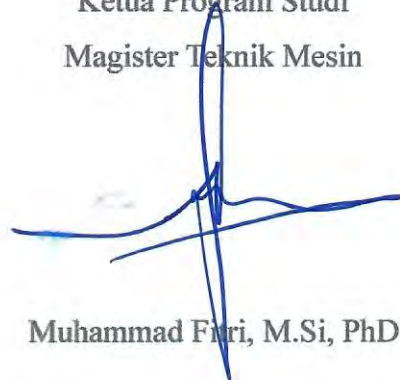
Mengetahui,

Dekan  
Fakultas Teknik

Ketua Program Studi  
Magister Teknik Mesin



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T



Muhammad Fitri, M.Si, PhD

## SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah atas nama :

Nama : Mohamad Ardy Firmansyah  
NIM : 55822120004  
Program Studi : Magister Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir / Tesis : Optimasi Desain *Battery Pack* Terhadap Spektrum Vibrasi Untuk Kendaraan Listrik Roda Dua

Telah dilakukan pengecekan similarity menggunakan aplikasi/sistem Turnitin pada 30 November 2024 dengan hasil presentase sebesar 11% dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya

Jakarta, 30 November 2024

Administrator Turnitin,

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA



Saras Nur Pratica, S.Psi., MM

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa semua pernyataan dalam Thesis ini :

Judul : Optimasi Desain *Battery Pack* Terhadap Spektrum Vibrasi Untuk Kendaraan Listrik Roda Dua

Nama : Mohamad Ardy Firmansyah

NIM : 55822120004

Program Studi : Magister Teknik Mesin

Tanggal : 30 November 2024

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian lapangan, dan karya saya sendiri dengan bimbingan Komisi Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Program Studi Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Karya ilmiah ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data dan hasil pengolahannya yang digunakan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 30 November 2024



(Mohamad Ardy Firmansyah)

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji dan Syukur kita panjatkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala atas segala pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul “ OPTIMASI DESAIN BATTERY PACK TERHADAP SPEKTRUM VIBRASI UNTUK KENDARAAN LISTRIK RODA DUA”.Vibrasi merupakan fenomena yang tidak terhindarkan pada struktur yang bergerak maupun yang diam. Vibrasi yang diterima oleh kendaraan divalidasi dan diteliti seberapa besar pengaruhnya. Penulis meneliti pengaruh vibrasi pada kendaraan listrik dan melakukan optimasi desain sehingga pengaruh vibrasi dapat diminimalisir.

Penulis dengan penuh hormat mengucapkan terima kasih dan apresiasi kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Andi Adriansyah, ST, MT, selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Ibu Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Muhamad Fitri, M.Si, Ph.D selaku Ketua Prodi Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Dafit Feriyanto, M.Eng, Ph.D selaku pembimbing penulis dalam menyelesaikan Tesis ini.
5. Dosen-dosen Prodi Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana
6. Direktur Manajemen Talenta BRIN, Kepala Pusat PRTPS BRIN dan Bapak Himma Firdaus, Ph.D yang telah mengizinkan utilisasi laboratorium vibrasi dan telah memberikan bantuan UKT dan dana penelitian melalui Program BARISTA BRIN 2024.
7. Segenap Dewan penguji Tesis Prodi Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
8. Segenap rekan sejawat keluarga terdekat dan tersayang yang telah memberikan dukungan moril maupun materiil.

Terimakasih penulis juga haturkan untuk semua pihak yang telah membantu peneliti dalam menyelesaikan Tesis ini yang tidak dapat peneliti sebutkan satu persatu.

Penulis masih melakukan kesalahan dalam penyusunan Tesis dan meminta maaf yang sedalam-dalamnya atas kesalahan yang dilakukan penulis. Peneliti berharap semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi demi pengembangan ke arah yang lebih baik.

Jakarta,      Oktober 2024

Penulis

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimasi desain *battery*. Optimasi desain dicapai dengan cara meningkatkan parameter – parameter tertentu sesudah optimasi. Parameter tersebut meliputi menurunnya nilai *transmissibility* yang didapat saat pengujian *battery pack* serta menurunnya nilai *Fast Fourier Transformation* (FFT) saat pengujian vibrasi langsung di jalan raya. Parameter tersebut merupakan parameter yang dianggap sebagai gangguan terhadap struktur yang mengalami vibrasi. Optimasi desain dilakukan meliputi 2 cara yaitu variasi nilai kekakuan dan nilai redaman elastic foundation serta penambahan mekanisme suspensi sebagai dudukan *battery pack*. Dilakukan pengujian terhadap *battery pack* di atas *table shaker*, dengan percepatan di angka 10-80 mm/s<sup>2</sup> dan frekuensi 5 – 200 Hz, terjadi resonansi di frekuensi sekitar 28 Hz, dengan nilai *transmissibility* di angka 1.4. Penelitian dilanjutkan dengan pengujian vibrasi secara dinamis di jalan. Hasil yang didapat melalui 2 variasi kecepatan, dengan masing – masing kecepatan dilakukan percobaan sebanyak 3 kali menghasilkan nilai rata – rata FFT maksimal di angka 2.35 G dan 1.98 G pada kecepatan 10 dan 15 km/jam. Optimasi dilakukan dengan penggantian elastic foundation menjadi *thermoplastic poly urethane* (TPU) dengan metode 3D printing dengan variasi infill 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%. Sedangkan untuk optimasi yang ada di luar *battery pack* dilakukan dengan penambahan mekanisme pegas dengan bahan SS304 dengan variasi diameter pegas 2, 3 dan 4 mm dan jumlah pegas 4 dan 6 buah pegas. Hasil optimasi menunjukkan nilai *transmissibility* yang diharapkan turun justru nilainya meningkat berturut – turut 2.4, 4.4, 3.9, 4.5 dan 4.2. Namun demikian, frekuensi resonansi berhasil digeser ke nilai berturut – turut 58 Hz, 88 Hz, 115 Hz, 140 Hz dan 126 Hz. Hal ini menunjukkan bahwa TPU infill 80% menggeser frekuensi natural paling jauh dari rentang frekuensinya 0 – 75 Hz. Lalu dengan penambahan mekanisme pegas, menunjukkan hasil optimasi dengan penggunaan diameter pegas 2 mm sebanyak 6 pegas berhasil memperkecil nilai FFT maksimal menjadi hanya 9.04E-03 G.

Kata kunci : *Battery* kendaraan listrik, *thermoplastic poly urethane*, *transmissibility*, *fast fourier transformation*, optimasi desain.

## ABSTRACT

This research aims to optimize battery design by improving specific performance parameters. Key objectives include reducing the transmissibility value obtained during battery pack testing and decreasing the Fast Fourier Transformation (FFT) value during direct vibration testing on highways. Both parameters are considered disturbances to structures subjected to vibrations. Design optimization is approached in two ways: by varying the stiffness and damping values of the elastic foundation, and by incorporating a suspension mechanism to hold the battery pack. The battery pack was tested on a table shaker, where we applied accelerations of 10-80 mm/s<sup>2</sup> and frequencies ranging from 5 to 200 Hz. Resonance occurred around 28 Hz, with a resultant transmissibility value of 1.4. Following this, dynamic vibration testing was conducted on the road. Results from testing at two speeds, each repeated three times, revealed an average maximum FFT value of 2.35 G at 10 km/h and 1.98 G at 15 km/h. Optimization was further pursued by replacing the elastic foundation with thermoplastic polyurethane (TPU) using 3D printing, with infill percentages of 20%, 40%, 60%, 80%, and 100%. Additionally, we optimized the battery pack by adding a spring mechanism made from SS304 material, experimenting with spring diameters of 2, 3, and 4 mm, and using either 4 or 6 springs. The results indicated that the anticipated decrease in transmissibility was observed, with values recorded at 2.4, 4.4, 3.9, 4.5, and 4.2, respectively. The resonant frequency also shifted accordingly to 58 Hz, 88 Hz, 115 Hz, 140 Hz, and 126 Hz, indicating that the 80% TPU infill achieved the greatest shift from its original frequency range of 0-75 Hz. Additionally, with the introduction of the spring mechanism, the combination of 2 mm diameter springs (using 6 springs) reduced the maximum FFT value to just 9.04E-03 G.

Keywords : *Electric vehicle battery, thermoplastic polyurethane, transmissibility, Fast Fourier Transformation, design optimization.*



## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL DEPAN	
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT KETERANGAN HASIL <i>SIMILARITY</i> .....	iii
HALAMAN LEMBAR PERNYATAAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL .....	xv
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Novelty .....	5
1.5 Batasan Masalah.....	6
1.6 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	8
2.1 Gambaran Umum Kendaraan Listrik Roda Dua .....	8
2.2 Pengujian Vibrasi <i>Battery</i> Kendaraan Listrik.....	10
1. <i>Transmissibility</i> .....	14
2. Pemodelan Suspensi .....	17
2.3 <i>Road Profiling</i> .....	18
2.4 Optimasi Desain .....	22
BAB III METODE PENELITIAN .....	28
3.1. Blok Diagram dan Alur Penelitian .....	28

3.2. Penggunaan Alat dan Bahan Penelitian.....	29
3.3 Metode Optimasi Desain .....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	43
4.1. Pengaruh Vibrasi Terhadap Battery Kendaraan Bermotor Roda	43
1. Pengaruh vibrasi terhadap <i>battery pack</i> melalui pengujian di atas <i>table shaker</i> .....	43
2. Pengaruh vibrasi terhadap <i>battery pack</i> melalui pengujian road profiling .....	49
4.2. Optimasi Desain .....	53
4.3 Hasil Optimasi Desain.....	56
BAB V PENUTUP .....	70
5.1. Kesimpulan .....	70
5.2. Saran .....	71
DAFTAR PUSTAKA .....	72
LAMPIRAN .....	76

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Berbagai Keadaan <i>Transmissibility</i> Hasil Pengukuran Kenyamanan Pada Traktor Pertanian. ....	14
Gambar 2.2 <i>Transmissibility Graph</i> .....	15
Gambar 2.3 Pemodelan Suspensi 1 DoF .....	17
Gambar 2.4 Perbandingan Nilai PSD Sumbu X dan Sumbu Y dari hasil pengukuran vibrasi secara langsung pada profil jalan .....	21
Gambar 2.5 Blok Fungsi Ubahan PSD .....	22
Gambar 2.6 Desain <i>Battery pack</i> Dalam Penelitian Terdahulu .....	24
Gambar 2.7 Optimasi Desain Cover <i>Battery pack</i> .....	25
Gambar 3.1 <i>Flow Chart</i> Penelitian Eksisting .....	29
Gambar 3.2 (a) Exploded View Spesimen Uji <i>Battery</i> 72 V 20 Ah dan (b) Front View dan Section View Spesimen Uji <i>Battery</i> 72 V 20 Ah .....	30
Gambar 3.3 Foto Tampak Spesimen Uji <i>Battery</i> 72 V 20 Ah .....	31
Gambar 3.4 a. <i>Set up battery</i> dan jig di atas <i>table shaker</i> , b. pemasangan <i>transducer</i> pada CoG <i>battery</i> , c. <i>Transducer</i> Bruel Kjaer, d. Pelaksanaan Pengujian Vibrasi .....	35
Gambar 3.5 a. <i>Set up</i> Rion VA 12 di kendaraan uji b. <i>Set up</i> accelerometer di dalam <i>battery</i> kendaraan c. <i>Set up</i> accelerometer saat belum terpasang d. Produksi dudukan accelerometer di <i>battery</i> dengan cara 3D Printing .....	36
Gambar 3.6 Lokus Pengambilan Data <i>Road profile Vibration</i> .....	37
Gambar 3.7.a Kerusakan Jalan Jenis Keretakan Pada Beton .....	37
Gambar 3.7.b Kerusakan Jalan Jenis Jalan Bergelombang .....	38
Gambar 3.7.c Kerusakan Jalan Jenis Jalan Berlubang .....	38
Gambar 3.8.a Pengukuran Kekakuan Pegas Dengan Menggunakan Metode Pengukuran Perbedaan Panjang Pegas .....	39
Gambar 3.8b Pengukuran Kekakuan Pegas Dengan Menggunakan Metode Pemberian Impuls Pada Pegas .....	40
Gambar 4.1.a Resonansi Pada Frekuensi 912 Hz .....	44
Gambar 4.1.b Resonansi Pada Frekuensi 1006 Hz .....	44

Gambar 4.1.c Resonansi Pada Frekuensi 1174 Hz .....	45
Gambar 4.1.d Resonansi Pada Frekuensi 1295 Hz .....	45
Gambar 4.1.e Resonansi Pada Frekuensi 1748 Hz .....	45
Gambar 4.2.a Plot Grafik <i>Transmissibility</i> Pengujian 1 .....	46
Gambar 4.2.b Plot Grafik <i>Transmissibility</i> Pengujian 2 .....	46
Gambar 4.2.c Plot Grafik <i>Transmissibility</i> Pengujian 3 .....	46
Gambar 4.2.d Plot Grafik <i>Transmissibility</i> Pengujian 4 .....	47
Gambar 4.2.e Plot Grafik <i>Transmissibility</i> Pengujian 5 .....	47
Gambar 4.2.f Plot Grafik <i>Transmissibility</i> Pengujian 6.....	47
Gambar 4.3 Data Pengujian Vibrasi Dinamis Pada Kecepatan 10 km/jam : a. Pengujian Pertama, b. Pengujian Kedua dan c. Penguji Ketiga.....	50
Gambar 4.4 Data Pengujian Vibrasi Dinamis Pada Kecepatan 15 km/jam : a. Pengujian Pertama, b. Pengujian Kedua dan c. Penguji Ketiga.....	51
Gambar 4.5 Plot Grafik FFT Pengujian Dinamis <i>Road profile</i> Pada Kecepatan 10 km/jam .....	52
Gambar 4.6 Plot Grafik FFT Pengujian Dinamis <i>Road profile</i> Pada Kecepatan 15 km/jam .....	52
Gambar 4.7.a Desain Optimasi Mekanisme Pegas .....	54
Gambar 4.7.b Variasi infill untuk pencetakan 3 dimensi.....	54
Gambar 4.8 Pemasangan TPU untuk Pengujian Ulang Vibrasi .....	57
Gambar 4.9.a Grafik Transmisibility Untuk Elastic Foundation TPU Infill 20% .....	57
Gambar 4.9.b Grafik Transmisibility Untuk Elastic Foundation TPU Infill 40% .....	57
Gambar 4.9.c Grafik Transmisibility Untuk Elastic Foundation TPU Infill 60% .....	58
Gambar 4.9.d Grafik Transmisibility Untuk Elastic Foundation TPU Infill 80% .....	58
Gambar 4.9.e Grafik Transmisibility Untuk Elastic Foundation TPU Infill 100% .....	58

Gambar 4.10 Pergeseran Frekuensi Alami Struktur Asli Ke Struktur yang Telah Dioptimasi Dengan Resonance Changer Pada Struktur Kapal .....	60
Gambar 4.11 Pergeseran Frekuensi Alami Struktur Asli Ke Struktur yang Telah Dioptimasi Dengan TPE dan PBT Pada Struktur Vacuum Cleaner . .....	61
Gambar 4.12 Hasil Optimasi Desain Mekanisme Pegas di Bagian Bawah Battery Pack (kiri), Struktur Asli (kanan).....	62
Gambar 4.13.a Grafik FFT untuk Optimasi Pegas Diameter 2 mm .....	62
Gambar 4.13.b Grafik FFT untuk Optimasi Pegas Diameter 3 mm .....	63
Gambar 4.13.c Grafik FFT untuk Optimasi Pegas Diameter 4 mm .....	63
Gambar 4.14.a Simulasi FFT untuk Pegas 2 mm Jumlah Pegas 4 Buah .....	65
Gambar 4.14.b Simulasi FFT untuk Pegas 2 mm Jumlah Pegas 6 Buah .....	65
Gambar 4.14.c Simulasi FFT untuk Pegas 3 mm Jumlah Pegas 4 Buah .....	66
Gambar 4.14.d Simulasi FFT untuk Pegas 3 mm Jumlah Pegas 6 Buah .....	66
Gambar 4.14.e Simulasi FFT untuk Pegas 4 mm Jumlah Pegas 4 Buah .....	67
Gambar 4.14.f Simulasi FFT untuk Pegas 4 mm Jumlah Pegas 6 Buah .....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Matriks Perbedaan Umum Kendaraan Konvensional ICE dengan KBLBB .....	9
Tabel 2.2 State of the Art Penelitian Vibrasi <i>Battery</i> Kendaraan Listrik .....	11
Tabel 2.3 State of the Art Penelitian Survey <i>Road Profiling</i> .....	19
Tabel 2.4 State of the Art Penelitian Optimasi Desain <i>Battery pack</i> .....	23
Tabel 2.5 Daftar Paten Yang Membahas Usaha Untuk Meminimalisir Efek .....	26
Tabel 3.1 Model Informasi Simulasi <i>Jig fixture</i> .....	31
Tabel 3.2 Material Properti Simulasi <i>Jig fixture</i> .....	32
Tabel 3.3 <i>Boundary condition</i> Simulasi <i>Jig fixture</i> .....	32
Tabel 3.4 a. Mesh Information Simulasi <i>Jig fixture</i> .....	32
Tabel 3.4 b. Mesh Information Detail Simulasi <i>Jig fixture</i> .....	33
Tabel 3.5 Spesifikasi Table Shachker LDS V850 – 440 .....	34
Tabel 3.6 Spesifikasi <i>Transducer</i> Bruel Kjaer KB 4508-B .....	34
Tabel 4.1 Hasil Simulasi <i>Jig fixture</i> .....	44
Tabel 4.2 Analisis Harga Untuk Setiap Variasi Optimasi .....	55
Tabel 4.3 Perbandingan Transmissibility Struktur Asli dengan Struktur Optimasi .....	59
Tabel 4.4 Rekapitulasi Akhir Penurunan Nilai Akselerasi FFT Pada Masing – Masing Struktur Optimasi .....	64
Tabel 4.5 Rekapitulasi Nilai Akselerasi Maksimal Untuk Simulasi FFT di Matlab.....	68
Tabel 4.6 Penilaian Optimasi .....	69

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Analisa Data Tabel 4.2 untuk mencari nilai kekakuan rata – rata... 76



## DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

### Daftar Singkatan

Singkatan	Kepanjangan	Muncul Pertama Pada Halaman
SDG	<i>Sustainable Development Goals</i>	1
NZE	<i>Net Zero Emission</i>	1
MEMR	<i>Ministry of Energy and Mineral Resource</i>	1
KBLBB	Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis <i>Battery</i>	1
ICE	<i>Internal Combustion Engine</i>	1
CT	<i>Computerized Tomograph</i>	3
DC	<i>Direct Current</i>	2
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>	3
DOF	<i>Degree of Freedom</i>	2
PSD	<i>Power Spectral Density</i>	4
VRLA	<i>Valve Regulated Lead Acid</i>	11
LIB	<i>Lithium Ion Battery</i>	11
NMC	<i>Nickel Mangan Cobalt</i>	11
LFP	<i>Lithium Ferro Phosphate</i>	11
TPASM	<i>Three-Phase AC Synchronous Motor</i>	11
PWM	<i>Pulse Wide Modulation</i>	11

### Daftar Simbol

Simbol	Besaran	Satuan
TR	<i>Transmissibility Ratio</i>	-
PSD	<i>Power Spectral Density</i>	ms <sup>-2</sup> /hz
f <sub>0</sub>	Frekuensi Operasi	Hz
f <sub>n</sub>	Frekuensi Alami	Hz
ξ	<i>Damping Ratio</i>	-
c	Koefisien Redaman	Ns/m
c <sub>cri</sub>	Redaman Kritis	-
k	Koefisien Kekakuan	N/m
m	Massa	kg
x	Perpindahan Linear	m
ẋ	Kecepatan Linear	m/s
ẍ	Percepatan Linear	m/s <sup>2</sup>