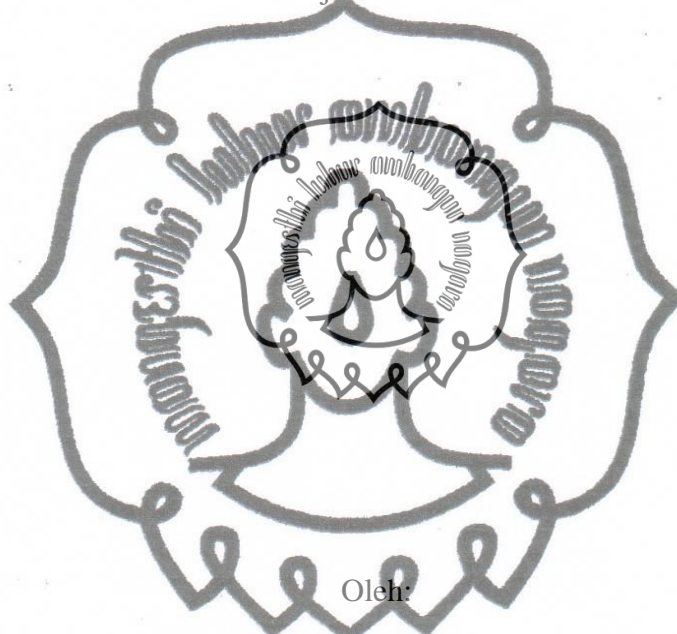


**STUDI NUMERIK RANGKA PROFIL ALUMINIUM UNTUK
ALAT UJI DINAMIS BERKAPASITAS 5 KN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Teknik



Oleh:

IBNU MAAHIRA MUTAFAA'ILA

I0416039

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2020
commit to user



**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN
PEDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS
SEBELAS MARET FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN**

Jl Ir Sutami No. 36A Kentingan Surakarta Telp. 0271 632163 web: mesin.ft.uns.ac.id

**SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI
TUGAS AKHIR PROGRAM SARJANA TEKNIK
MESIN UNS**

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Nomor : 0956/TA/S1/01/2020

| | |
|--------------|---|
| Nama | : IBNU MAAHIRA M |
| NIM | : I0416039 |
| Bidang | : Konstruksi Desain |
| Pembimbing 1 | : FYTRIAN IMADUDDIN, S.T., M.Sc., Ph.D./198506152018101 |
| Pembimbing 2 | : Ubaidillah, ST., M.Sc., Ph.D./198408252010121004 |
| Penguji | : 1. Dr.Eng. ADITYA RIO PRABOWO, S.T., M.T., M.Eng/ 199209152019031016 2. HERU SUKANTO, ST,MT/ 197207311997021001 |

Mata Kuliah Pendukung

1. Perancangan dan Pengembangan Produk (MS05043-15)
2. Teknik Permodelan Empirik (MS03093-15)

Judul Tugas Akhir

**"STUDI NUMERIK RANGKA PROFIL ALUMINIUM
UNTUK ALAT UJI DINAMIS BERKAPASITAS 5 kN"**

Surakarta, 2020-01-20 11:25:07

*Kepala Program Studi S1 Teknik
Mesin,*

commit to user **Dr. EKO SUROJO., ST,MT**
NIP. 196904112000031006

PERNYATAAN INTEGRITAS PENULIS

Saya mahasiswa Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ibnu Maahira Mutafaa'ila
NIM : I0416039
Judul tugas akhir : Studi Numerik Kekakuan Rangka Profil Aluminium Untuk Alat Uji Dinamis Berkapasitas 5 kN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir atau skripsi yang saya susun tidak mencontoh atau melakukan plagiat dari karya tulis orang lain. Jika terbukti tugas akhir yang saya susun tersebut dinyatakan batal dan gelar sarjana yang saya peroleh dengan sendirinya dibatalkan atau dicabut. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan apabila dikemudian hari terbukti melakukan kebohongan maka saya sanggup menanggung segala konsekuensinya.

Surakarta, Desember 2020



Ibnu Maahira M

NIM. I0416039

STUDI NUMERIK KEKAKUAN RANGKA PROFIL ALUMINIUM UNTUK ALAT UJI DINAMIS BERKAPASITAS 5 KN

Disusun Oleh

IBNU MAAHIRA M
NIM : 10416039

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



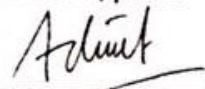
FITRIAN IMADUDDIN, S.T., M.Sc., Ph.D
NIP. 198506152018101



Ubaidillah, ST., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198408252010121004

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal **20-01-2021**, pukul **10:00:00**, bertempat di online.

1. Dr.Eng. ADITYA RIO PRABOWO, S.T., M.T., M.Eng
199209152019031016
2. HERU SUKANTO, ST,MT
197207311997021001
- 3.



Kepala Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta



Dr. EKO SUROJO., ST,MT
NIP. 196904112000031006

Koordinator Tugas Akhir



DR. NURUL MUHAYAT, ST,MT
NIP. 197003231998021001

STUDI NUMERIK RANGKA PROFIL ALUMINIUM UNTUK ALAT UJI DINAMIS BERKAPASITAS 5 KN

Ibnu Maahira Mutafaa'ila

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Surakarta, Indonesia

E-mail: Ibnu.maahira@gmail.com

ABSTRAK

Alat uji dinamis adalah alat pengujian yang penting dalam ilmu keteknikan khususnya dalam berbagai bidang industri, dimana spesimen akan diberikan gaya dinamis untuk mengetahui karakter dari material tersebut. Dalam pengujian dinamis bisa juga digunakan untuk menganalisis kelelahan (*fatigue*) yang berfungsi untuk mengetahui umur suatu produk. Dalam melakukan uji dinamis diperlukannya sebuah alat uji yang dapat memberikan gaya yang dapat menimbulkan tegangan yang berfluktuasi, salah satu komponen penting pada alat uji dinamis adalah konstruksi rangka. Konstruksi rangka alat uji dinamis yang sudah beredar di pasaran menggunakan material *solid steel* yang membuat harganya mahal dan berat, hal ini akan mengurangi mobilitas dan menambah biaya distribusi dari alat uji dinamis. Salah satu solusi yang bisa digunakan adalah dengan mengganti material rangka dengan material yang ringan, mudah di bongkar pasang, dan mudah untuk dicari di pasaran. Seiring berjalannya waktu sistem rangka struktural aluminium telah digunakan untuk membuat rangka mesin karena memberikan *stiffness to weight ratio* yang tinggi, perakitan cepat, dan konfigurasi ulang yang mudah. Dengan latar belakang tersebut, dirasa diperlukannya penelitian untuk mengetahui efek dari penggantian rangka menggunakan aluminium profile. Analisis yang digunakan adalah simulasi rangka yang digunakan untuk menahan beban maksimal 5 kN dari aktuator. Rangka divariasikan dengan cara penambahan dimensi *crosshead* dan *loadframe* untuk mengetahui rasio berat terhadap *stiffnes* rangka.

Kata kunci: *Alat uji dinamis, Rangka profil aluminium, Finite element method
commit to user*

NUMERICAL STUDY OF ALUMINUM PROFILE FOR DYNAMIC TESTING MACHINE FRAME WITH 5 KN CAPACITY

Ibnu Maahira Mutafaa'ila

Mechanical Engineering Department of Sebelas Maret University,
Surakarta, Central Java, Indonesia

E-mail: Ibnu.maahira@gmail.com

ABSTRACT

Dynamic testing machine is an important testing tool in engineering, especially in various industrial sector, where the specimen will be given dynamic force to determine the character of the material. In dynamic testing, it can also be used to analyze the fatigue which has functions to determine the age of the product. In a dynamic test, it is necessary to have a test instrument that can exert a force that can cause fluctuating stresses. One of the important components of a dynamic testing machine is frame construction. The frame construction of dynamic testing machine that is already on the market uses solid steel material which makes it expensive and heavy, this will reduce mobility and increase distribution costs of dynamic testing machine. One solution that can be used is to replace the frame material with a material that is lightweight, easy to assemble, and easy to find on the market. As time goes by, aluminum structural frame systems have been used to build machine frames as they provide high stiffness to weight ratio, fast assembly and easy reconfiguration. Considering those issues, research is needed to determine the effect of replacing the frame using an aluminum profile. The simulation used to analyze when the frame is applied with a maximum load (5 kN) from the actuator. The frames are varied by adding the crosshead and loadframe dimensions to determine the stiffness to weight ratio of the frame.

Keywords: *Dynamic testing machine, Aluminium profile frame, Finite element method*

commit to user

KATA PENGANTAR

Segala puji dan rasa syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan segala kemudahan-Nya hingga akhirnya penulis mampu menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “Studi Numerik Kekakuan Rangka Profil Aluminium Untuk Alat Uji Dinamis Berkapasitas 5 kN”.

Selama penulisan laporan Tugas Akhir ini, penulis menyadari sepenuhnya bahwa kemampuan dan pengetahuan penulis sangat terbatas. Namun, berkat dorongan serta masukan-masukan yang positif dari berbagai pihak sangat membantu penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Eko Surojo S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Bapak Fitriani Imaduddin, ST., M.Sc., Ph.D. selaku Pembimbing I dan Bapak Ir. Ubaidillah, ST., M.Sc., Ph.D. selaku Pembimbing II yang selalu memberikan arahan, dukungan dan saran yang membangun kepada penulis. Tentunya, karena saran positif yang diberikan sangat membantu penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr.Eng. Aditya Rio Prabowo, S.T., M.T., dan Bapak Heru Sukanto, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran bagi penulis.
4. Seluruh Dosen Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta yang telah memberikan ilmu pengetahuan serta bimbingan kepada penulis selama mengikuti kegiatan perkuliahan.
5. Staf Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta yang telah memberi kemudahan dalam pembuatan surat-surat dan sertifikat.
6. Laboran Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta yang telah memberikan izin untuk menggunakan laboratorium selama kegiatan perkuliahan dan penelitian.
7. Keluarga tersayang Bapak Ibnu Jamil, Ibu Sri Rahayu, Kakak Rully Irawati, Kakak Chandra Monalisa, Kakak Fanny, Kakak Nadhifa serta keponakanku yang selalu mendoakan, memberikan kasih sayang, dan dukungan ketika penulis sedang jatuh dan tetap sabar menemani penulis sampai terselesaikannya laporan

Tugas Akhir ini. Tak henti-hentinya mereka selalu mendoakan agar penulis diberikan yang hasil yang terbaik serta terus memotivasi penulis dalam mengejar cira-cita.

8. Asri Sukmawati, Hamid, Fawzi, Satria, Arfan, Wahyu, Azizun, Gracya V yang selalu memberikan semangat, membantu ketika penulis jatuh, dan selalu menggandeng tangan penulis ketika penulis merasa tertinggal.
9. Teman-teman seperjuangan di Laboratorium Otomasi: Rivananda, Angga, Ikhtiar, Steva, Hashfi, dan Vio yang telah bersedia memberikan bantuan kepada penulis ketika penulis menghadapi kesulitan.
10. Seluruh teman-teman S1 Teknik Mesin 2016 yang juga tengah berjuang dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Terimakasih untuk 4 tahun yang telah berlalu, setiap momen dan perjuangan tentunya akan selalu membekas dan menjadi saksi bisu perjuangan kita. Tanpa kalian, saya bukanlah apa-apa.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Surakarta, Desember 2020

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|-------------------------------------|----------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| SURAT PENUGASAN TUGAS AKHIR | ii |
| PERNYATAAN INTEGRITAS PENULIS | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN | xiv |
| ABSTRAK | v |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI | xix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR RUMUS | xv |
| DAFTAR NOTASI | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah | 3 |
| 1.5 Manfaat | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 4 |
| BAB II LANDASAN TEORI | 5 |
| 2.1 Sistem Suspensi | 5 |
| 2.2 Gaya Dinamis | 6 |
| 2.2 Uji Dinamis | 7 |
| 2.3 Alat Uji Dinamis | 9 |
| 2.4 Unit Rangka | 12 |
| 2.5 Pembebanan Pada Rangka | 15 |

| | |
|--|-----------|
| 2.6 Kekakuan..... | 16 |
| 2.7 Metode Elemen Hingga..... | 17 |
| 2.8 Persamaan Dasar | 18 |
| 2.8.1 Persamaan Statika Struktur | 18 |
| 2.8.2 Persamaan Tegangan dan Regangan..... | 19 |
| 2.8.3 Persamaan Defleksi | 20 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 23 |
| 3.2 Diagram Alir Penelitian | 23 |
| 3.3 Penggantian Material Rangka | 26 |
| 3.4 <i>Meshing</i> | 29 |
| 3.5 Kondisi Batas | 29 |
| 3.6 <i>Post Processing</i> | 31 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 32 |
| 4.1 Verifikasi..... | 32 |
| 4.2 Hasil Simulasi | 33 |
| 4.3 Penambahan Penguat Pada Rangka | 35 |
| 4.4 Hasil Simulasi Setelah Penambahan Penguat | 37 |
| 4.5 Post processing..... | 48 |
| 4.6 Analisis <i>Stiffness</i> terhadap Kriteria Referensi..... | 55 |
| BAB V PENUTUP..... | 56 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 56 |
| 5.2 Saran..... | 56 |
| DAFTAR PUSTAKA | 58 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Skema sistem suspensi | 6 |
| Gambar 2.2 Grafik jenis gaya dinamis..... | 8 |
| Gambar 2.3 Skema <i>load train</i> pada <i>electrohydraulic axial fatigue machine</i> | 10 |
| Gambar 2.4 Alat uji dinamis dengan aktuator hidrolis..... | 11 |
| Gambar 2.5 Alat uji dinamis dengan aktuator elektro magnetik | 12 |
| Gambar 2.6 <i>slider-crank mechanism</i> | 13 |
| Gambar 2.7 Alat uji dinamis | 14 |
| Gambar 2.8 Jenis profil aluminium..... | 15 |
| Gambar 2.9 Mesin yang menggunakan rangka profil aluminium..... | 16 |
| Gambar 2.10 Jenis Pembenan Pada Rangka..... | 16 |
| Gambar 2.11 Hubungan gaya dengan defleksi | 17 |
| Gambar 2.16 Defleksi pada batang | 24 |
| Gambar 2.17 Defleksi pada tumpuan jepit..... | 25 |
| Gambar 3.1 Diagram alir penelitian..... | 28 |
| Gambar 3.2 MTS 359..... | 30 |
| Gambar 3.3 Desain alat uji dinamis setelah penggantian rangka..... | 31 |
| Gambar 3.4 <i>Meshing</i> pada alat uji dinamis..... | 32 |
| Gambar 3.5 <i>Fixed support</i> pada rangka | 33 |
| Gambar 3.3 Beban yang diberikan pada rangka | 33 |
| Gambar 4.1 Aluminium dengan tumpuan jepit jepit..... | 35 |
| Gambar 4.2 Hasil simulasi pada aluminium profil untuk verifikasi | 36 |
| Gambar 4.3 Hasil simulasi variasi pertama arah beban keatas pada sumbu y..... | 37 |
| Gambar 4.4 Hasil simulasi variasi pertama arah beban kebawah pada sumbu y.. | 37 |
| Gambar 4.5 Hasil defleksi pada simulasi rangka variasi pertama | 38 |
| Gambar 4.6 Hasil tegangan pada simulasi rangka variasi pertama..... | 38 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.7 Hasil faktor keamanan pada simulasi rangka variasi pertama | 38 |
| Gambar 4.8 Hasil <i>displacement</i> pada simulasi rangka variasi kedua | 39 |
| Gambar 4.9 Hasil tegangan pada simulasi rangka variasi kedua..... | 39 |
| Gambar 4.10 Hasil faktor keamanan pada simulasi rangka variasi kedua..... | 39 |
| Gambar 4.11 Hasil <i>displacement</i> pada simulasi rangka variasi ketiga | 40 |
| Gambar 4.12 Hasil tegangan pada simulasi rangka variasi ketiga..... | 40 |
| Gambar 4.13 Hasil faktor keamanan pada simulasi rangka variasi ketiga | 41 |
| Gambar 4.14 Hasil <i>displacement</i> pada simulasi rangka variasi keempat | 41 |
| Gambar 4.15 Hasil tegangan pada simulasi rangka variasi keempat..... | 42 |
| Gambar 4.16 Hasil faktor keamanan pada simulasi rangka variasi keempat..... | 42 |
| Gambar 4.17 Hasil simulasi defleksi pada rangka variasi kelima | 43 |
| Gambar 4.18 Hasil tegangan pada simulasi rangka variasi kelima..... | 43 |
| Gambar 4.19 Hasil faktor keamanan pada simulasi rangka variasi kelima | 43 |
| Gambar 4.20 Hasil simulasi defleksi pada rangka variasi keenam..... | 44 |
| Gambar 4.21 Hasil simulasi tegangan pada rangka variasi keenam | 44 |
| Gambar 4.22 Hasil simulasi faktor keamanan pada rangka variasi keenam..... | 44 |
| Gambar 4.23 Hasil simulasi defleksi pada rangka variasi ketujuh | 45 |
| Gambar 4.24 Hasil simulasi tegangan pada rangka variasi ketujuh..... | 45 |
| Gambar 4.25 Hasil simulasi faktor keamanan pada rangka variasi ketujuh | 45 |
| Gambar 4.26 Hasil simulasi defleksi pada rangka variasi kedelapan | 46 |
| Gambar 4.27 Hasil simulasi tegangan pada rangka variasi kedelapan | 46 |
| Gambar 4.28 Hasil simulasi faktor keamanan pada rangka variasi kedelapan | 46 |
| Gambar 4.29 Hasil simulasi defleksi pada rangka variasi kesembilan | 47 |
| Gambar 4.30 Hasil simulasi tegangan pada rangka variasi kesembilan | 47 |
| Gambar 4.31 Hasil simulasi faktor keamanan pada rangka variasi kesembilan ... | 47 |
| Gambar 4.32 Hubungan nilai stiffness terhadap variasi penambahan dimensi crosshead dan loadframe | 52 |

Gambar 4.33 Hubungan rasio stiffness per kg rangka terhadap tambahan dimensi pada crosshead dan loadframe 53

Gambar 4.34 Hubungan tegangan rangka terhadap tambahan dimensi pada crosshead dan loadframe 54

Gambar 4.35 Hubungan faktor keamanan rangka terhadap tambahan dimensi pada crosshead dan loadframe 55



DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 3.1 Spesifikasi MTS 359 | 27 |
| Tabel 3.2 <i>properties</i> material aluminium 6061SS-T6 | 28 |
| Tabel 4.1 Rasio perhitungan simulasi dengan perhitungan matematis | 33 |
| Tabel 4.2 Hasil perhitungan <i>stiffness</i> dari rangka alat uji. | 34 |
| Tabel 4.3 Variasi penambahan penguat pada crosshead dan loadframe | 36 |
| Tabel 4.4 Bobot rangka berdasar variasi | 37 |
| Tabel 4.5 Nilai deformasi pada tiap variasi rangka..... | 49 |
| Tabel 4.6 Nilai <i>stiffness</i> pada tiap variasi rangka..... | 49 |
| Tabel 4.7 Nilai tegangan pada tiap variasi rangka..... | 49 |
| Tabel 4.8 Nilai faktor keamanan pada tiap variasi rangka..... | 50 |
| Tabel 4.9 Perbandingan <i>stiffness</i> hasil simulasi dengan <i>stiffness</i> referensi..... | 50 |
| Tabel 4.10 Perbandingan <i>stiffness</i> hasil simulasi terhadap berat rangka..... | 51 |
| Tabel 4.11 Perbandingan <i>stiffness</i> hasil simulasi terhadap berat rangka..... | 51 |
| Tabel 4.12 Perbandingan <i>stiffness</i> hasil simulasi terhadap berat rangka..... | 51 |

DAFTAR RUMUS

| | |
|---|----|
| Rumus 2.1 Persamaan gelombang | 11 |
| Rumus 2.2 Kecepatan gelombang..... | 11 |
| Rumus 2.3 Percepatan gelombang | 11 |
| Rumus 2.4 Hubungan gaya dengan defleksi | 16 |
| Rumus 2.5 Rasio kekakuan torsional terhadap massa | 17 |
| Rumus 2.6 Persamaan metode elemen tak hingga | 18 |
| Rumus 2.7 Persamaan simulasi statik elemen tak hingga..... | 18 |
| Rumus 2.8 Persamaan defleksi elemen tak hingga | 18 |
| Rumus 2.9 Persamaan defleksi elemen tak hingga | 18 |
| Rumus 2.10 Persamaan dasar untuk deformasi pada batang kantilever | 21 |
| Rumus 2.11 Persamaan gaya sama dengan nol..... | 21 |
| Rumus 2.12 Persamaan gaya pada sumbu y | 21 |
| Rumus 2.13 Persamaan gaya pada sumbu x | 21 |
| Rumus 2.14 Persamaan momen sama dengan nol | 22 |
| Rumus 2.15 Persamaan momen kopel | 22 |
| Rumus 2.16 Persamaan tegangan normal | 22 |
| Rumus 2.17 Persamaan tegangan geser | 22 |
| Rumus 2.18 Persamaan regangan | 22 |
| Rumus 2.19 Persamaan modulus elastisitas | 22 |
| Rumus 2.20 Persamaan defleksi | 24 |
| Rumus 2.21 Persamaan defleksi dari turunan Persamaan kurva..... | 24 |
| Rumus 2.22 Persamaan defleksi pada tumpuan jepit jepit..... | 24 |

DAFTAR NOTASI

| | | | |
|-----------|---|---|---------|
| A | = | <i>Acceleration</i> | m/s^2 |
| E | = | Modulus Elastisitas | Mpa |
| I | = | Momen Inersia | mm^4 |
| M_{max} | = | Momen Maksimal | Nm |
| t | = | <i>Time</i> | s |
| V | = | <i>Velocity</i> | m/s |
| X | = | <i>Damper displacement</i> | m |
| X_0 | = | <i>Initial Displacement / Amplitudo</i> | m |
| m | = | massa benda | kg |
| g | = | percepatan gravitasi | m/s^2 |
| a | = | percepatan linier | m/s^2 |
| F_y | = | gaya yang bekerja pada sumbu y | N |
| F_x | = | gaya yang bekerja pada sumbu x | N |
| M | = | Momen kopel | N |
| F | = | Vektor gaya | N |
| l | = | Jarak gaya dengan titik pusat | m |
| P | = | Beban gaya | N |

Simbol Yunani

| | | | |
|----------|---|--|-----------|
| ω | = | <i>Radian Frequency</i> | rad/s |
| δ | = | Lendutan/defleksi Maksimal | mm |
| ρ | = | Panjang kurva lentur dari titik pusat kelenturan | mm^{-1} |
| σ | = | Tegangan normal | N/m^2 |
| τ | = | Tegangan geser | N/m |

commit to user