

## STUDI EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI *V-BELT RIBBED* TGP DAN ASPIRA DENGAN PEMBEBANAN MASSA TERHADAP ELASTISITAS DAN PERCEPATAN GETARAN

**Gusti Syahrir Iskandar Dinata**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : [gusti.19006@mhs.unesa.ac.id](mailto:gusti.19006@mhs.unesa.ac.id)

**Diah Wulandari**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : [diahwulandari@unesa.ac.id](mailto:diahwulandari@unesa.ac.id)

### Abstrak

Getaran atau osilasi gelombang berlebih pada suatu sistem dapat menimbulkan kerusakan. Getaran pada sistem berkaitan dengan kecepatan yang dihasilkan oleh mesin penggerak. *V-Belt* merupakan komponen kendaraan yang memiliki bentuk seperti ikat sabuk berbahan karet khusus dan berfungsi mengalirkan tenaga dari satu poros ke poros yang lain. *V-Belt* memiliki fleksibilitas cukup tinggi. Namun, elastisitas *V-Belt* akan berkurang bahkan hilang seiring bertambahnya intensitas penggunaan kendaraan. Kecepatan sebuah *V-Belt* pada kendaraan berpengaruh pada getaran yang dihasilkan. Selain itu, kecepatan RPM yang berbeda juga dapat menimbulkan besaran getaran yang berbeda pula.

Berdasarkan hal tersebut penulis tertarik untuk melakukan pengujian *V-Belt Ribbed* TGP dan ASPIRA dengan variasi pembebanan dan percepatan RPM menggunakan alat *Mode Shapes Analyzer* untuk mengetahui tingkat elastisitas dan mencari data berupa nilai hasil percepatan getaran. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen kuantitatif yang bertujuan mencari pengaruh dari variable bebas dengan variable terikat. Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara perbandingan secara langsung melalui grafik perbandingan dan dideskripsikan dengan kalimat yang sederhana. Selanjutnya, dilakukan uji teoritis dan uji empiris untuk memperoleh hasil yang diinginkan penulis.

Hasil penelitian ini menunjukkan grafik *V-Belt Ribbed* TGP dan ASPIRA untuk variasi tanpa beban, 1 beban, dan 2 beban, garis grafiknya hampir sejajar dan bersinggungan di semua RPM. Dimana waktu tempuh suatu gelombang berbanding lurus dengan getaran yang dihasilkan. Pada grafik *V-Belt Ribbed* TGP menghasilkan posisi grafik yang berbeda dengan *V-Belt Ribbed* ASPIRA untuk variasi tanpa beban, 1 beban, dan 2 beban pada masing-masing RPM. Dimana dihasilkan hubungan bahwa nilai pembebanan massa berbanding terbalik dengan percepatan getaran yang dihasilkan. Sedangkan nilai rata-rata *V-Belt Ribbed* TGP memiliki nilai lebih rendah dari nilai rata-rata *V-Belt Ribbed* ASPIRA. Hal tersebut karena pada saat pengujian *V-Belt Ribbed* ASPIRA memiliki tingkat travelling (simpangan terjauh titik lembah dan titik puncak) yang cukup tinggi karena tingkat kelenturan *V-Belt Ribbed* ASPIRA lebih tinggi dibanding *V-Belt Ribbed* TGP. Hal tersebut dikarenakan berat dan tebal *V-Belt Ribbed* ASPIRA lebih kecil daripada *V-Belt Ribbed* TGP. Sehingga menunjukkan bahwa massa dan percepatan getaran berbanding lurus dengan modulus elastisitas suatu bahan. Namun, massa benda berbanding terbalik dengan percepatan getaran.

**Kata Kunci:** Getaran, *Mode Shapes Analyzer*, *V-belt*

### Abstract

Excessive vibrations or wave oscillations in a system can cause damage. Vibration in the system is related to the speed generated by the driving engine. A V-belt is a vehicle component shaped like a special rubber belt and functions to transmit power from one axle to another. V-belts have quite high flexibility. However, the elasticity of a V-belt will decrease or even disappear with increasing vehicle usage. The speed of a V-belt in a vehicle affects the vibrations it produces. Furthermore, different RPM speeds can also produce different vibration magnitudes.

Based on this, the author is interested in testing the TGP and ASPIRA ribbed V-belts with varying loading and RPM acceleration using the Mode Shapes Analyzer tool to determine the level of elasticity and obtain data in the form of vibration acceleration results. This study uses a quantitative experimental research method to determine the effect of the independent variables on the dependent variable. Data collection in this study was conducted through direct comparisons using comparison graphs and described in simple sentences. Next, theoretical and empirical tests were conducted to obtain the author's desired results.

The results of this study show that the V-Belt Ribbed TGP and ASPIRA graphs for variations with no load, 1 load, and 2 loads, the graph lines are almost parallel and intersect at all RPMs. Where the travel time of a wave is directly proportional to the vibration produced. In the V-Belt Ribbed TGP graph, it produces a different graph position than the V-Belt Ribbed ASPIRA for variations with no load, 1 load, and 2 loads at each RPM. Where a relationship is produced that the mass loading value is inversely proportional to the resulting vibration acceleration. While the average value of the V-Belt Ribbed TGP has a lower value than the average value of the V-Belt Ribbed ASPIRA. This is because during the test the V-Belt Ribbed ASPIRA has a fairly high traveling rate (the furthest deviation of the valley point and peak point) because the flexibility level of the V-Belt Ribbed ASPIRA is higher than the V-Belt Ribbed TGP. This is because the weight and thickness of the ASPIRA Ribbed V-Belt are smaller than those of the TGP Ribbed V-Belt. This indicates that mass and vibration acceleration are directly proportional to the elastic modulus of a material. However, the mass of an object is inversely proportional to vibration acceleration

**Keywords:** Vibration, Mode Shapes Analyzer, V-Belt

## PENDAHULUAN

Getaran merupakan salah satu tanda adanya masalah atau *trouble* yang terjadi pada suatu mesin. Apabila getaran pada suatu mesin melebihi pada batas wajar, maka akan mengakibatkan mesin mudah aus sehingga membutuhkan perbaikan agar tidak menyebabkan kerusakan yang lebih parah pada mesin.

Suatu sistem dengan penggerak *V-Belt* akan memiliki kekompakan karena jarak antar poros puli relatif kecil. Daya yang ditransmisikan oleh *V-Belt* cenderung lebih besar, sehingga sudut kontak, tegangan dan koefisien gesek penggerak sistem akan saling mempengaruhi. Variabel tersebut yang akan meminimalisir noise dan slip dengan puli kecil, meskipun sistem bekerja pada rasio kecepatan putaran yang tinggi (Purnomo, 2022).

Konstruksi sebuah *Belt* biasanya dikategorikan berdasarkan struktural, material, dan teknik manufakturnya. Faktor yang memengaruhi masa pakai *Belt* adalah ketahanan material terhadap pembengkokan dan disipasi energi karena gesekan internal. Selain itu, masa pakai sabuk bergantung pada ketahanan material terhadap deformasi permanen selama pengoperasian transmisi *Belt*.

*V-belt* terpasang pada poros hubungan (*camshaft*) dan katup (*valve*) yang terhubung dengan ruang pembakaran. Dengan *v-belt*, maka katup pun dapat membuka dan menutup seiring dengan pergerakan poros. Tanpa adanya *v-belt*, katup tidak dapat bergerak sesuai dengan timing. Bahkan katup akan bertabrakan dengan piston. Tabrakan ini akan menimbulkan kerusakan yang fatal karena dapat merusak komponen internal pada mesin.

*V-Belt Ribbed* merupakan generasi baru atau versi modern dari *V-Belt*. *V-Belt Ribbed* dapat

ditemukan dalam komponen mobil keluaran terbaru. Ribbed Belt memiliki alur memanjang di sepanjang sisinya. Inilah perbedaan dengan *V-Belt* bila dilihat dari fisiknya. Semakin banyak alur, semakin kecil kemungkinan munculnya gejala slip, getar dan berisik (Putra, 2015).

Penelitian ini penulis akan menggunakan material *V-belt* yang disimulasikan pada alat praktikum *Mode of Shapes* di laboratorium. Penulis telah mempertimbangkan untuk menggunakan *V-belt* yang terbuat dari bahan dasar *Chloroprene Rubber* untuk diaplikasikan pada alat praktikum *Mode of Shapes* karena harga yang relatif lebih murah sehingga meringankan biaya penelitian. Selain itu, *CR Rubber* mempunyai kualitas lebih unggul, yaitu memiliki daya ketahanan terhadap minyak dan bahan kimia yang baik, fleksibilitas tinggi, sifat peredam yang baik, tahan terhadap suhu dari  $-50^{\circ}\text{C}$  sampai  $120^{\circ}\text{C}$ .

Penelitian ini menggunakan beberapa komponen elektronik pendukung, antara lain sensor piezo disk yang dapat mendeteksi getaran dan menciptakan noise, serta mikrokontroler yang mampu melakukan proses berpikir berdasarkan program yang telah diberikan. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan PLX-DAQ (*Parallax Data Acquisitions*) yang merupakan add-on dari data yang dikeluarkan oleh mikrokontroler *parallax* untuk Microsoft Excel, dan arduino yang dihubungkan ke sensor dan port PC yang kemudian mengirim data secara otomatis ke Excel. Hasil dari penelitian akan dianalisis berdasarkan nilai-nilai dari arduino yang kemudian di *input* pada microsoft excel menggunakan PLX-DAQ. Nilai tersebut selanjutnya diubah menjadi grafik *output* arduino. Adapun beberapa satuan yang digunakan

dalam penelitian ini adalah tegangan dan regangan, percepatan getaran, dan persamaan getaran.

Penelitian ini melanjutkan penelitian terdahulu, yaitu penelitian dari Aviansyah & Wulandari (2021) dengan judul analisa perbandingan getaran pada alat *Mode Shape Analyzer* berdasarkan data empiris dan simulasi, dimana penelitian tersebut membahas tentang “pengaplikasian alat sederhana dengan tujuan mengetahui elastisitas pegas dan fenomena bentuk getaran”, pada penelitian yang dilakukan oleh Galih & Wulandari (2022) dengan judul studi eksperimen perbedaan getaran pada *V-Belt Mobil Canter* menggunakan alat *Mode Shapes Analyzer*, penelitian tersebut menjelaskan “perbedaan getaran pada *V-Belt Mobil Canter*”.

Berdasarkan hal tersebut penulis tertarik melakukan studi eksperimen untuk (1) mengetahui perbandingan nilai percepatan getaran yang terjadi pada *V-Belt Ribbed* dengan variasi TGP dan ASPIRA yang diberikan pembebanan 1 massa, 2 massa, serta tanpa massa, serta (2) menganalisa hasil pengaruh beban massa terhadap elastisitas *V-Belt* dan percepatan getaran pada sistem.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi *V-belt ribbed* dan pembebanan terhadap percepatan getaran pada alat *Mode Shapes Analyzer* dalam kondisi terkendali. Penelitian dilaksanakan pada Mei–Juni 2023 di Laboratorium Fisika Dasar Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya. Objek penelitian berupa massa baja St.37 seberat 233 gram dengan variasi *V-belt ribbed* merek TGP dan ASPIRA sebagai variabel bebas, sedangkan variabel terikat meliputi percepatan getaran yang diukur pada sumbu X, Y, dan Z menggunakan sensor accelerometer ADXL345. Variabel kontrol dalam penelitian ini meliputi putaran motor stepper, panjang *V-belt*, serta pengaruh massa terhadap sistem. Eksperimen dilakukan dengan variasi pembebanan (tanpa beban, 1 massa, dan 2 massa) serta variasi kecepatan putaran motor dari 120 RPM hingga 960 RPM.

Prosedur penelitian meliputi tahap persiapan, pengujian, dan pengambilan data menggunakan alat *Mode Shapes Analyzer* yang terintegrasi dengan Arduino Uno dan perangkat lunak PLX-DAQ untuk akuisisi data secara real-time. Data percepatan getaran yang diperoleh kemudian direkam selama periode tertentu dan diolah dalam bentuk grafik menggunakan Microsoft Excel. Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan hasil percepatan getaran pada setiap variasi perlakuan, sehingga diperoleh gambaran mengenai pengaruh pembebanan dan kecepatan putaran terhadap elastisitas serta karakteristik getaran *V-belt*. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah interpretasi serta penarikan kesimpulan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

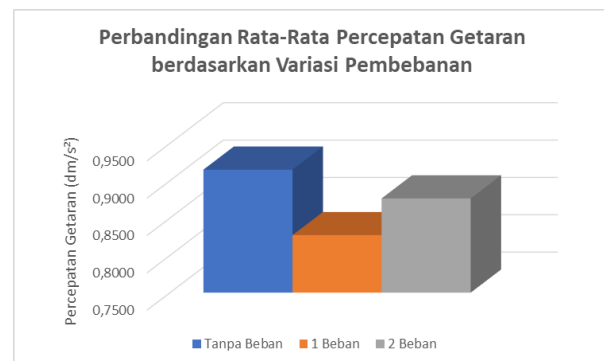
Penelitian ini menghasilkan olahan data perbandingan dalam pengujian menggunakan jenis *v-belt ribbed* TGP dan ASPIRA dengan variasi tanpa beban, 1 beban, dan 2 beban melalui alat uji *Mode Shape Analyzer*.

Berdasarkan data hasil penelitian, gambar grafik *V-Belt Ribbed* TGP dan ASPIRA pada penggunaan variasi 1 beban menunjukkan garis grafik hampir sejajar dan bersinggungan pada 120 RPM-960 RPM. Pada *V-Belt Ribbed* TGP dan ASPIRA variasi 2 beban memiliki garis grafik dibawah garis grafik tanpa beban pada 120 RPM-960 RPM. Pada grafik *V-Belt Ribbed* TGP dan ASPIRA 120 RPM-720 RPM dengan variasi 1 beban garis grafiknya cenderung flat berada di tengah-tengah antara grafik variasi tanpa beban dan 2 beban. Untuk grafik 840 RPM-960 RPM variasi tanpa beban dan 2 beban membentuk grafik yang titik lembah dan titik puncaknya saling berjauhan.

Hasil analisa tersebut dapat diuji oleh penulis melalui olah data dengan cara membandingkan rata-rata percepatan getaran berdasarkan variasi pembebanan sebagai berikut.

### Gambar 1. Grafik perbandingan rata-rata percepatan getaran berdasarkan variasi pembebanan di semua RPM

Berdasarkan grafik tersebut, dapat dilihat bahwa nilai percepatan getaran di semua RPM yang paling rendah pada variasi 1 beban, kemudian diatasnya ada variasi 2 beban, dan paling tinggi adalah variasi tanpa beban. Untuk memperjelas nilai grafik tersebut, penulis menambahkan grafik olah data rata-rata sebagai berikut.



### Gambar 2. Grafik perbandingan rata-rata percepatan getaran berdasarkan variasi pembebanan

Gambar grafik di atas semakin memperjelas bahwa percepatan getaran terendah dicapai ketika *V-Belt Ribbed* diberikan beban sedikit, yaitu 1 beban. Sementara saat diberikan pembebanan 2 beban juga rendah, namun tidak lebih rendah dari variasi 1 beban. Dan pada variasi tanpa beban mencapai nilai percepatan paling tinggi.

Hal tersebut disebabkan penggunaan variasi 2 beban mengakibatkan perputaran poros engkol kurang optimal, karena posisi beban yang diberi sensor saat digerakkan oleh poros engkol tidak kondusif (misal pada saat tanpa beban berada di atas, beban 2 masih berada di bawah) untuk mendapat nilai yang maksimal tidak seperti penggunaan variasi 1 beban.

Pada gambar grafik *V-Belt Ribbed* TGP menghasilkan grafik yang berbeda dengan *V-Belt Ribbed* ASPIRA variasi tanpa beban dan 2 beban, dimana variasi tanpa beban pada 120 RPM-480 RPM memiliki grafik yang berada di atas garis 1 beban dan 2 beban. Pada 600 RPM-720 RPM variasi tanpa beban dan 1 beban memiliki posisi grafik ditengah dan dibawah variasi 2 beban. Untuk grafik *V-Belt Ribbed* TGP pada 840 RPM-960 RPM variasi tanpa beban dan 2 beban memiliki bentuk grafik yang hampir sama dengan *V-Belt Ribbed* ASPIRA yang membentuk grafik titik lembah dan titik puncaknya saling berjauhan. Terlebih pada *V-Belt Ribbed* ASPIRA 960 RPM variasi tanpa beban mengalami penyimpangan rentang nilai titik puncak paling tinggi dari grafik lainnya.

Pada pengujian *V-Belt Ribbed* TGP dan ASPIRA dapat dilihat bahwa garis grafik cenderung naik turun, dimana garis grafik tersebut menandakan adanya perbedaan percepatan getaran setiap 0,5 detiknya. Pada penggunaan *V-Belt Ribbed* ASPIRA menghasilkan tren (garis grafik) yang lebih rendah (berdekatan) dibandingkan dengan penggunaan *V-Belt Ribbed* TGP yang memiliki tren (garis grafik) yang lebih tinggi (titik puncak dan lembah berjauhan). Hal tersebut menandakan fenomena getaran yang terjadi pada *V-Belt Ribbed* ASPIRA lebih rendah dibandingkan dengan *V-Belt Ribbed* TGP yang memiliki fenomena getaran yang tinggi.

Dalam penelitian ini, penulis melakukan uji validitas secara teoritis melalui pembuktian dan menghubungkan hasil eksperimen penelitian ini dengan kajian teori di bab sebelumnya sesuai dengan judul yang diangkat penulis dalam penelitian ini.

Penulis mengulas dari data hasil penelitian yang diperoleh, yaitu percepatan getaran ( $dm/s^2$ ) untuk variasi *V-Belt Ribbed* TGP dan *V-Belt Ribbed* ASPIRA, kemudian ditarik hubungan dengan rumus empiris percepatan getaran dan rumus elastisitas, dimana terdapat variabel massa ( $kg$ ) di dalam nya.

Berdasarkan rumus persamaan percepatan getaran ( $Y''$ ) pada pengujian ini yang merupakan turunan dari persamaan simpangan getaran harmonik, sebagai berikut.

$$Y''(t) = A\omega' (-\sin)\omega t \cdot \omega'' \quad (1)$$

Dari persamaan rumus di atas dapat dilihat bahwa waktu ( $s$ ) berbanding lurus dengan percepatan getaran ( $dm/s^2$ ). Hal tersebut dapat dibuktikan pada tabel dan grafik hasil eksperimen di semua RPM, dimana

semakin lama waktu yang ditempuh suatu gelombang, maka percepatan getaran yang dihasilkan oleh gelombang tersebut juga akan bertambah nilainya (Effendi, 2015).

Selanjutnya, pengaruh pembebanan massa terhadap elastisitas dan percepatan getaran dapat ditarik berdasarkan persamaan rumus berikut.

$$\Sigma F = m(x)'' \quad (2)$$

$$F - kx = mx'' \quad (3)$$

$$mx'' + kx = F \quad (4)$$

Dari persamaan rumus di atas diperoleh variable  $F$  atau gaya yang bekerja pada suatu benda ( $N$ ), dimana gaya yang bekerja pada suatu benda berbanding lurus dengan massa benda ( $m$ ), namun massa benda berbanding terbalik dengan percepatan getaran ( $a$ ).

Hal tersebut dapat dibuktikan dalam setiap grafik dan tabel hasil eksperimen, dimana nilai percepatan yang dihasilkan untuk variasi *V-Belt Ribbed* TGP dan *V-Belt Ribbed* ASPIRA paling tinggi sering dicapai ketika percobaan tanpa beban, kemudian nilai relative stabil dengan nilai dibawahnya, yaitu pada percobaan 1 beban, dan terakhir nilai percepatan getaran paling rendah pada percobaan dengan 2 beban.

Maka dihasilkan hubungan bahwa semakin tinggi nilai pembebanan massa, maka percepatan getaran yang dihasilkan semakin rendah, begitu juga sebaliknya, namun dengan catatan pembebanan harus ideal agar meminimalisir percepatan getaran.

Kemudian, dari persamaan sebelumnya, dapat dihubungkan dengan *Hukum Hooke*, yang mana persamaannya dapat dinyatakan secara matematis sebagai berikut.

$$F = -kx \quad \text{atau}$$

$$F = kx \quad (5)$$

Hukum Hooke menyatakan bahwa gaya yang bekerja pada suatu benda elastis sebanding dengan perubahan bentuknya, selama tersebut masih dalam batas elastisnya. Dengan kata lain, semakin besar gaya yang diberikan, semakin besar pula pertambahan panjang (regangan) yang terjadi, tetapi hanya selama benda belum melebihi batas elastisnya. Ketika beban dihilangkan dalam rentang ini, benda akan kembali ke bentuk awalnya (OpenStax, 2022).

Dalam konteks tegangan-regangan pada benda elastis, hukum ini juga dinyatakan sebagai hubungan linear antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) sehingga membentuk dasar konsep modulus elastisitas seperti *Young's modulus* ( $\gamma$ ), sebagai berikut.

$$\text{Modulus Elastisitas} = \text{Tegangan/Regangan} \quad (6)$$

dimana tegangan berbanding lurus dengan regangan (Young dan Freedman, 2004).

Penjabaran dari rumus tegangan dan regangan, sebagai berikut (Anggry A, 2021).

$$\sigma = P/A \quad (7)$$

$$\varepsilon = \delta/l \quad (8)$$

Sehingga, dapat dimasukkan ke dalam rumus modulus elastisitas, sebagai berikut.

$$\gamma = \sigma/\varepsilon = (P/A)/(\delta/l) \quad (9)$$

Maka, dari persamaan di atas dapat ditarik hubungan bahwa massa dan percepatan getaran berbanding lurus dengan modulus elastisitas suatu bahan. Semakin tinggi nilai tegangan tarik suatu bahan, maka semakin tinggi juga nilai modulus elastisitasnya (Young dan Freedman, 2004).

Hasil analisa menunjukkan bahwa pembebanan massa berpengaruh signifikan terhadap elastisitas dan percepatan getaran *V-belt*. Semakin besar beban, semakin besar regangan yang terjadi dan hubungan gaya-regangan cenderung linear sesuai Hukum Hooke pada batas tertentu, namun mulai menyimpang saat mendekati batas elastis. Dari sisi getaran, kondisi tanpa beban menghasilkan percepatan tertinggi, diikuti 2 beban, dan terendah pada 1 beban yang menunjukkan kondisi kerja paling stabil. Selain itu, *V-belt ribbed* TGP memiliki elastisitas lebih tinggi sehingga menghasilkan deformasi dan getaran yang lebih besar, sedangkan ASPIRA lebih kaku dengan kemampuan redaman lebih baik sehingga menghasilkan getaran yang lebih rendah dan stabil.

Secara keseluruhan, terdapat hubungan searah antara elastisitas dan percepatan getaran, di mana material yang lebih elastis cenderung menghasilkan getaran lebih besar. Perbedaan karakteristik ini dipengaruhi oleh material dan struktur *V-belt*. Dalam aplikasinya, pemilihan *V-belt* harus disesuaikan dengan kebutuhan sistem, di mana TGP lebih cocok untuk fleksibilitas tinggi, sementara ASPIRA lebih unggul dalam kestabilan, getaran rendah, serta umur pakai yang lebih panjang.

## PENUTUP

### Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi pembebanan massa dan jenis *V-belt* berpengaruh terhadap percepatan getaran dan elastisitas. Percepatan getaran terendah terjadi pada variasi 1 beban dan tertinggi pada kondisi tanpa beban. *V-belt ribbed* ASPIRA menghasilkan getaran yang lebih rendah dan stabil dibandingkan TGP, yang menunjukkan perbedaan karakteristik material dan struktur.

Pembebanan massa meningkatkan deformasi *V-belt* dan mengikuti *Hukum Hooke* pada batas tertentu,

namun pada beban tinggi mulai mendekati batas elastis. *V-belt* TGP lebih elastis sehingga menghasilkan getaran lebih besar, sedangkan ASPIRA lebih kaku dan mampu meredam getaran. Oleh karena itu, pemilihan *V-belt* harus disesuaikan dengan kebutuhan, di mana TGP cocok untuk fleksibilitas, sementara ASPIRA lebih optimal untuk kestabilan dan umur pakai yang lebih panjang.

## Saran

Penulis menyarankan bagi pengguna mobil *Xenia* untuk menggunakan *V-belt ribbed* ASPIRA karena memiliki kekakuan lebih tinggi, getaran lebih rendah, serta umur pakai yang lebih panjang dibandingkan TGP. Sementara itu, bagi peneliti selanjutnya disarankan melakukan uji validitas dengan pengambilan data berulang pada setiap variasi pembebanan dan RPM agar hasil penelitian lebih akurat dan dapat dipercaya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggry, A. (2021). Kekuatan Bahan : Tegangan Dan Regangan Pada Batang. *Skripsi*.
- Aviansyah, A. H., & Wulandari, D. (2021). "Analisa Perbandingan Getaran Pada Alat *Mode Shapes Analyzer* Berdasarkan Data Empiris Dan Simulasi". *JTM*. Vol. 9 (1): hal. 27–36.
- Bakrie, M.R, & Wulandari, D. (2019). "Rancang Bangun Alat *Mode Shapes Analyzer*". Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Effendi, H. (2015). "Karakteristik Getaran Sistem 2 Dof Dengan Penambahan Single Dynamic Vibration Absorber (Dva) Penambahan Single Dynamic Vibration Absorber". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Endriatno, N. (2021). "Analisis Getaran Akibat Massa yang Tidak Seimbang pada Motor yang Berputar". *Dinamika : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. Vol. 12 (2): hal. 58-64.
- Fachri, M. R., Sara, I. D., & Away, Y. (2015). "Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time". *Jurnal Rekayasa Elekrika*. Vol. 11 (4): hal. 123.
- Fahmi, M.I., & Wulandari, D. (2019). Pengaruh Variasi Material Pegas Pada Rancang Bangun Alat *Mode shapes analyzer*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Galih, R. (2022). Studi Eksperimen Perbedaan Getaran Pada *V-belt* Mobil Canter Menggunakan Alat *Mode Shapes Analyzer*. *Skripsi*.
- Istanta, D. (2013). "Analisis Pengaruh Texture Serat Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Aramid Epoksi Prepreg". *Indept*. Vol. 3 (1): hal. 52–80.
- Iwan A, A., & Hatidin, M. F. (2017). "Perancangan Pemanfaatan Energi Peredaman Getaran Paksa

- Akibat Eksitasi Massa Tak Balance Menjadi Energi Listrik". Makalah disajikan dalam *Seminar Nasional – XVI Rekayasa Dan Aplikasi Teknik Mesin Di Industri*. Hal. 63–68.
- Kalatiku, P. P. (2011). "Pemrograman Motor Stepper Dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman C". *Mektek*. Vol. 13 (1): hal. 7.
- Krawiec, Piotr, et. al. (2022). "Development trends in belt transmissions with V-Belt". Makalah disajikan dalam *MATEC Web of Conferences* 357, 01003. Hal. 1-12.
- Mochtiarsa, Y., & Supriadi, B. (2016). "Rancangan Kendali Lampu Menggunakan Mikrokontroler ATmega328 Berbasis Sensor Getar". *Jurnal Informatika SIMANTIK*. Vol. 1 (1): hal. 40–44.
- Nurnaningsih, D. (2018). "Pendeteksi Kebocoran Tabung LPG Melalui SMS Gateway Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis Arduino Uno". *Jurnal Teknik Informatika*. Vol. 11 (2): hal. 121–126.
- OpenStax. (2022). *College Physics 2e*. OpenStax CNX. <https://openstax.org/books/college-physics-2e/pages/5-3-elasticity-stress-and-strain>
- Purnomo, C. (2022). *Elemen Mesin*. Magelang : Pustaka Rumah C1nta.
- Putra, A. K. (2015.) "Rancang Bangun Mesin Centrifugal Casting Horizontal Untuk Pengecoran Aluminium Skala Laboratorium". *Skripsi*, 16(1994), 1–27.
- Rosa, A.S. dan Shalahuddin, M. (2014). *Rekayasa Perangkat Lunak*. Bandung : Informatika.
- Saputra I.J. (2017). "Uji Tarik pada Timing Belt Mobil L300". *Surya Teknika*. Vol. 1 (2): hal. 69 – 73.
- Sugiyono. (2005). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung : Alfabeta, CV.
- Sugiyono. (2020). *Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D*. Alfabeta, CV.
- Wati, E. K. (2020). "Rekayasa Vibrasi Sistem Peredam Getaran". Makalah disajikan dalam *LP\_UNAS, Jakarta*, hal. 1-206.
- Ghozali, I. (2009). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Progam SPSS*. Semarang : UNDIP
- Young, D.H & Freedman, R.A. (2004). *University Physics*. United States : Addison Wesley Longman, Inc.