

Design of Mechanical Component of Forced Vibration Apparatus

R Heni Hendaryati^{1*}, Ardi Lesmawanto², Trihono Sewoyo³, Budiono⁴, Falah AK⁵

Kelompok Kajian Mekanika Terapan, Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Malang

*Corresponding author: hhendaryati@gmail.com

Abstract. Mechanical vibration learning requires a demonstration apparatus to make students easier to understand the subject. The equipment is a part of the basic phenomena on mechanical engineering. Unfortunately, the equipment is not available on the local market. In this paper, a design process on the mechanical components of vibration apparatus will be explained. The equipment consist of mechanical component, motor speed controller and strobe lights for amplitude and phase angle measurement. The first step of the design is making a requirement list. The equipment is intended for forced vibration experiment and to be operated by two students sitting on the chairs. The equipment itself is put on the table. The supporting structure is a U-beam steel. A beam that functions as a spring for supporting dc motor is a brass beam and has dimension 25mm x 45.5 cm with 3 mm thickness. The brass beam is simple supported (pin – roll support). A DC Motor 12 V, 1800 rpm is used.

Abstrak. Pembelajaran getaran mekanik pada jurusan teknik mesin memerlukan alat percobaan untuk mendukung pemahaman mahasiswa terhadap matakuliah ini. Alat ini termasuk dalam kelompok laboratorium fenomena dasar mesin. Sayangnya, produk ini hanya dibuat oleh perusahaan asing dan tentunya berharga mahal. Dalam penelitian ini, dilakukan rancang bangun komponen mekaniknya. Alat terdiri dari komponen mekanik, sistem kontrol putaran motor dan sistem penyalan lampu strobo untuk mengukur amplitudo getaran sekaligus mengukur sudut fase. Perancangan dimulai dengan pembuatan daftar persyaratan dari alat yang selanjutnya digunakan untuk membuat pernyataan masalah. Alat dimaksudkan untuk praktikum getaran paksa yang dioperasikan oleh dua orang mahasiswa yang duduk di kursi. Alatnya sendiri diletakkan di atas meja. Struktur penumpu berupa portal yang tersusun dari baja profil U. Batang yang berfungsi sebagai pegas berupa batang kuningan dengan ukuran 25mm x 45.5mm dengan tebal 3 mm. Batang ditumpu engsel – rol. Motor yang digunakan adalah motor DC 12V dengan putaran 1800 rpm.

Keywords: alat percobaan, getaran paksa, komponen mekanik, rancang bangun

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Salah satu peralatan laboratorium fenomena dasar mesin adalah alat percobaan getaran paksa. Alat percobaan ini dimaksudkan untuk mempermudah mahasiswa dalam memahami topik getaran paksa dalam mata kuliah getaran mekanik.

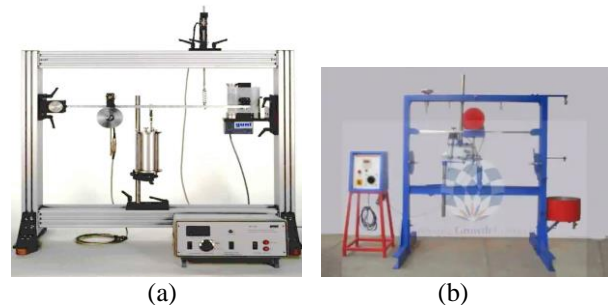
Masalah yang dihadapi institusi pendidikan teknik mesin adalah sulitnya menemui alat ini di pasaran lokal. Kalaupun ada, produk yang dijual pada umumnya buatan luar negeri dan berharga cukup mahal.

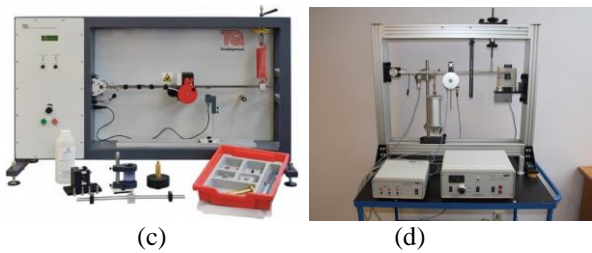
Contoh produk luar yang dijual dipasaran lokal adalah TM 155 *Free and Forced Vibration Apparatus* buatan GUNT Hamburg, Jerman [1]. Dengan demikian, rancang bangun peralatan laboratorium ini dapat dikategorikan sebagai substitusi produk import.

Beberapa contoh produk buatan luar ini terlihat di Gambar 1 (a). Buatan GUNT, Hamburg, Jerman (b). Buatan K.C. Engineers (P) LTD India [2], (c). Buatan Tecquipment UK [3] (d). Buatan Riga Technical University (RTU), Latvia [4].

Pada umumnya, alat percobaan getaran ini masih menggunakan pengaturan maupun pembacaan ukuran secara manual. Khusus buatan RTU telah menggunakan sistem akuisisi data untuk memperoleh semua parameter getaran.

Dalam kegiatan ini, akan dirancang bangun komponen mekanik sebuah alat percobaan getaran paksa yang bersifat gabungan antara manual dan menggunakan sistem akuisisi data. Tujuan utama kegiatan ini adalah memperoleh prosedur perancangan alat dan alat itu sendiri. Komponen elektronik akan dibahas secara terpisah.

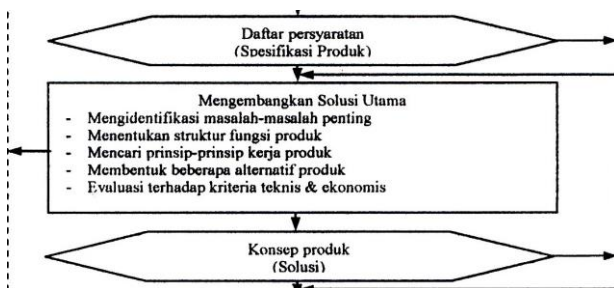




Gambar 1. Beberapa produk alat percobaan getaran paksa buatan luar negeri

Metode Penelitian

Metode perancangan, mengacu pada metode perancangan sistematis Pahl dan Beitz[5]. Dalam kegiatan ini hanya diambil bagian tahap perancangan konseptual dari prosedur tersebut. Bagian ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Perancangan konseptual Pahl dan Beitz

Perancangan dimulai dengan membuat daftar persyaratan atau menentukan spesifikasi produk. Hal ini diperoleh dari kegiatan studi kelayakan yang tidak dijelaskan disini.

Daftar persyaratan ini dapat dilihat pada Tabel 1 berikut,

Tabel 1. Daftar Persyaratan

No	Uraian Persyaratan	Sifat
1	Alat dapat menghasilkan getaran	W
2	Alat dioperasikan dengan tenaga listrik PLN	W
3	Alat dioperasikan oleh 2 orang	S
4	Ukuran maksimal alat 1m x 1m	W
5	Batang yang berfungsi sebagai pegas menggunakan batang kuningan yang telah ada di laboratorium	W
6	Motor yang digunakan untuk memutar piringan, digunakan motor DC yang telah ada di Laboratorium	W
7	Alat dapat digunakan untuk menguji rasio redaman bahan padat (karet dll) serta berbagai macam oli	S
8	Alat dapat ditaruh di atas meja dan bersifat portabel	W
9	Mudah dioperasikan	S
10	Mudah dalam bongkar pasang	S
11	Komponen alat harus tersedia di pasar lokal	S

Persyaratan dibuat berdasarkan kebutuhan *customer* yang dapat bersifat wajib (W) atau disarankan untuk dipenuhi (S). Dari keterangan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa persyaratan yang dibuat merupakan *guidance*/panduan bagi perancang untuk merancang alat.

Identifikasi Masalah

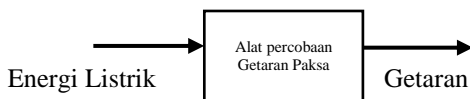
Pada tahap ini, tujuannya adalah untuk menajamkan permasalahan yang ada pada spesifikasi desain yang ada pada Tabel 1. Adapun tahapannya sebagai berikut:

- Data kuantitatif, dengan menghilangkan kesukaan/kesenangan pribadi dan menghilangkan persyaratan yang tidak berkaitan langsung dengan fungsi dan batasan-batasan penting. Dari kriteria ini diperoleh hasil sebagai berikut,
 - o Sumber energi listrik PLN 220VAC
 - o Dimensi Alat 0.75m x 0.75m (lebar x tinggi).
 - o Struktur penumpu berupa batang profil U dengan ukuran menyesuaikan dan berbentuk portal
 - o Motor yang digunakan Motor DC 12V, 1800rpm.
 - o Batang penumpu motor berukuran 455mm x 25mm dengan tebal 3mm.
 - o Piringan tak seimbang berukuran diameter 150mm dengan tebal 3mm dengan bahan aluminium paduan.
 - o Batang ditumpu engsel-rol dengan motor ada ditengah-tengah batang.
 - o Alat dioperasikan secara manual dan kecepatan motor dapat disimpan langsung pada pc (akuisisi data).
- Mengubah data kuantitatif menjadi data kualitatif dan menyatakannya menjadi kalimat yang sederhana yang mewakili. Dari kriteria ini diperoleh hasil sebagai berikut,
 - o Sumber energi Listrik PLN
 - o Batang penumpu motor berupa batang kuningan ditumpu engsel-rol
 - o Struktur penumpu berbentuk portal dan tersusun dari baja profil U
 - o Piringan tak seimbang berbahan aluminium paduan.
 - o Motor yang digunakan motor DC
 - o Alat dioperasikan semi-otomatis

- Menggeneralisasi data kualitatif. Hasilnya sebagai berikut,
 - o Sumber Energi Listrik PLN
 - o Struktur penumpu berbentuk portal
 - o Batang penumpu motor ditumpu engsel-rol
 - o Alat dioperasikan semi-otomatis.
- Langkah terakhir tahap ini adalah memformulasikan masalah. Hasil yang diperoleh dapat dinyatakan sebagai berikut: Rancang bangun alat percobaan paksa dengan struktur portal, batang penumpu motor ditumpu engsel-rol dan alat dioperasikan gabungan manual dan otomatis yang digerakkan oleh listrik PLN.

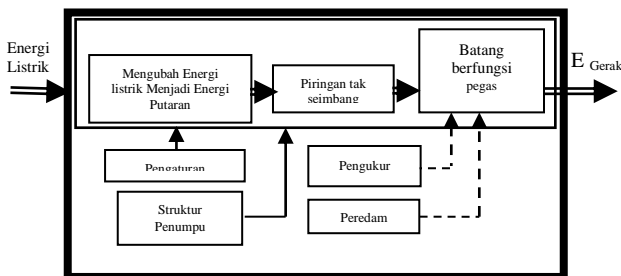
Menentukan Struktur Fungsi

Dari formulasi masalah dapat digambarkan suatu struktur fungsi berupa fungsi keseluruhan (*overall function*) dan sub-fungsi/fungsi utama. Yang didasarkan pada aliran energi, material atau sinyal dengan menggunakan diagram blok. Gambar 3 berikut menunjukkan diagram blok untuk fungsi keseluruhan.



Gambar 3. Diagram blok fungsi keseluruhan

Gambar 3 menjelaskan aliran fungsi energi pada alat percobaan getaran paksa, dimana input energi listrik ke sistem, diubah menjadi energi gerak/getaran. Pada sistem alat getaran paksa, terdapat beberapa sub-fungsi aliran energi dan aliran sinyal. Energi listrik AC masuk ke sistem penyearah sehingga menjadi listrik DC dan masuk ke motor DC dan diubah menjadi energi mekanik berupa putaran poros motor. Dengan demikian, piringan tak seimbang yang menempel pada poros motor ikut berputar dan menghasilkan getaran. Hal ini akan menghasilkan prinsip kerja alat percobaan getaran paksa dan digambarkan sebagai diagram blok fungsi seperti pada Gambar 4.



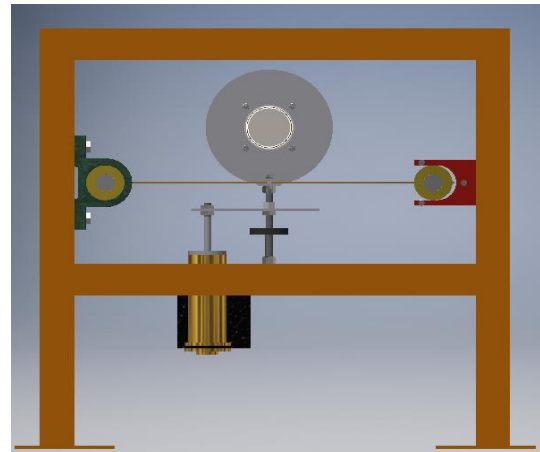
Gambar 4. Aliran energi dan sinyal pada diagram blok fungsi

Prinsip Kerja

Energi listrik sebagai masukan, diubah menjadi putaran. Putaran ini digunakan untuk memutar piringan tak seimbang yang akan menghasilkan gaya sinusoidal. Gaya ini diteruskan ke batang yang berfungsi sebagai pegas. Hasilnya adalah gerak bolak-balik. Batang pegas ini akan diukur dan diredam.

Solusi Prinsip/ Konsep Produk

Setelah diagram blok fungsi diperoleh, langkah berikutnya adalah membuat kombinasi dan susunan konsep. Pada langkah ini dibuat pilihan-pilihan pada setiap sub-fungsi yang ada pada diagram blok seperti pada Gambar 4. Hasilnya berupa solusi prinsip atau konsep produk seperti terlihat pada Gambar 5.

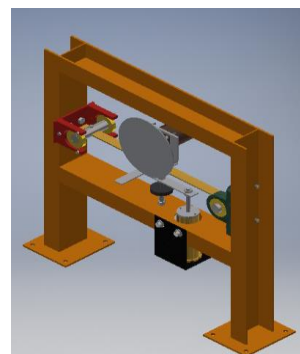


Gambar 5. Solusi prinsip/ konsep produk

Kemudian dilakukan pilihan berdasarkan kriteria ekonomi dan teknis sehingga diperoleh komponen-komponen penyusun alat yang dirancang.

Hasil dan Pembahasan

Dari solusi prinsip ini kemudian dibuat gambar teknik dan dibuat alatnya. Gambar 6 memperlihatkan gambar 3D alat, sedangkan Gambar 7 adalah alat yang telah dibuat.



Gambar 6. Gambar 3D alat



Gambar 7. Alat percobaan getaran paksa

Dari sisi perhitungan teknis, yang perlu dihitung cermat adalah frekuensi alamiah alat harus dibawah putaran operasi motor. Dalam hal ini, putaran operasi motor DC adalah 1800 rpm. Frekuensi alamiah alat dinyatakan oleh persamaan 1. berikut,

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k_{eq}}{M}} \quad (1)$$

dimana, ω_n = frekuensi alamiah, k_{eq} = kekakuan, ekivalen batang ditumpu engsel-rol = $48EI / L^3$, E = modulus elastisitas batang kuningin, I = momen inersia luasan batang, L = panjang efektif batang M = massa total motor, piringan beserta batang-batang penghubung yang menempel di bawahnya.

Data yang ada sebagai berikut,

$M = 2$ kg, $E = 115$ Gpa, $b =$ lebar batang = 25mm, $t =$ tebal batang = 3 mm, $I = bt^3/12 = 5.625 \cdot 10^{-11}$
 $L = 455$ mm.

Dengan memasukkan data-data ini ke persamaan (1) diperoleh $\omega_n = 40.6$ rad/s. Jika diubah ke rpm diperoleh $\omega_n = 388$ rpm.

Hasil ini menunjukkan bahwa frekuensi alamiah alat masih dibawah putaran operasi motor. Jadi alat dapat digunakan dan tidak perlu melakukan perubahan massa M atau memilih batang dengan bahan yang lain.

Kesimpulan

Dari kegiatan rancang bangun yang dilakukan, telah berhasil diperoleh prosedur perancangan komponen mekanik alat percobaan getaran paksa dan alat percobaan itu sendiri. Kinerja alat belum diperoleh karena belum dilakukan pengujian.

Penghargaan

Kegiatan penelitian ini dibiayai oleh DPPM Universitas Muhammadiyah Malang melalui program penelitian internal

Referensi

1. <http://www.mutiaranata.com/product/detail/tm-155-free-and-forced-vibration-apparatus>, diakses tgl 20 Agustus 2018.
2. <http://kcengineers.tradeindia.com/universal-vibration-apparatus-free-forced-vibration-system--2531291.html>, diakses tgl 28 Agustus 2018.
3. <https://www.tecquipment.com/free-and-forced-vibrations>, diakses tgl 28 Agustus 2018.
4. <https://scientificservices.eu/item/free-and-forced-vibration-apparatus-with-computerized-data-acquisition/5274>, diakses tgl 28 Agustus 2018.
5. Pahl G. and Beitz W., 'Engineering Design: A Systematic Approach', 2nd edition, Springer-Verlag 1996.