

# JURNAL TEKNOLOGI

(Journal of Technology)

JURNAL ILMU TEKNIK DAN SAINS

## Daftar Isi

### MESIN

Analisa Getaran *Inline Plunger* Pada Pompa Injeksi Bahan Bakar Motor Diesel

*Benjamin, G. Tentua*

Analisa Pengaruh Ketebalan *Orifice* Terhadap *Discharge* Dan *Dynamic Loss Coefficient* Aliran Udara Pada *System Contraction*

*Abdul Hadi, Benjamin.G. Tentua,*

Mendesain Sistem Informasi Pada Program Kerja Komputer

*A.H. Latupeirissa.Halomoan marthin muskita*

### SIPIL

Estimasi Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Keterlambatan Proyek Konstruksi Dengan Model *Path Analysis* (Studi Kasus Pembangunan Gedung Di Kota Makassar)

*Imran Opier*

Studi Mekanisme Transfer Beban Pada Tiang Bor Berinstrumen Berdasarkan Uji Laboratorium Dan Data Lapangan

*Mansye Ronal Ayal*

Analisis Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (Smk3) Pada Proyek Pembangunan Jembatan Merah Putih Ambon Pendekat Hative Kecil

*Ruben Kumbangila*

Analisa karakteristik Agregat Halus (limbah Stone Crusher) bahan campuran beton

*Musper David Soumokil*

### MANAJEMEN PANTAI DAN PERENCANAAN WILAYAH

Kajian Penyimpangan Tata Bangunan Terhadap Tata Ruang Pada Satuan Wilayah Pengembangan Amahusu dan Pusat Kota Ambon

*Willem D Nanlohy*

# ANALISIS GETARAN *INLINE PLUNGER* PADA POMPA INJEKSI BAHAN BAKAR MOTOR DIESEL

Benjamin, G. Tentua<sup>\*)</sup>

## Abstract

The purpose of this study was to determine the vibration inline plunger in the frequency response of the roller - dual tangential cam fuel injection pump diesel engine. serves asa roller tappet, so that the rotational movement of the cam can be transferred into a movement of the plunger in the direction inline. This research was done experimentally using a measuring instrument Hand Hald Analyzer for measuring vibration, frequency response on the inline plunger fuel injection pump diesel engine. Research variables used motor rotation is 979 rpm, 1093 rpm and 1300 rpm. The result shows that the condition of the fuel injection pump diesel motor can function properly, in accordance with ISO standards. It can be shown from a comparison of the value of the characteristic vibration frequency response inline plunger RMS, Peak and peak-peak at 1300 rpm motor rotation is still in a stable condition.

**Keyword:** vibration, inline plunger, injection pump.

## 1. PENDAHULUAN

Kinerja pada motor diesel tergantung pada proses pembakaran. Untuk menghasilkan proses pembakaran yang sempurna, banyak sekali faktor yang mempengaruhinya. Proses pembakaran sempurna ini diantara dapat di capai dengan mengatur jumlah bahan bakar yang diperlukan sesuai putaran mesinnya, yaitu dengan menggunakan pompa injeksi. pompa injeksi bahan bakar ini berfungsi untuk menaikkan tekanan dan menakar kebutuhan bahan bakar pada motor diesel.

Agar suatu pompa injeksi dapat melakukan fungsinya, suatu *cam shaft* digunakan sebagai penggerak *plunger* di dalam *barrel* dari pompa tersebut. Mekanismenya diatur dimana gerakan rotasi dari suatu *cam shaft* ditransmisikan pada suatu *roller-tappet* sedemikian hingga *plunger* di dalam *barrel* dapat bergerak secara *linear* untuk memompa bahan-bakar ke pipa *delivery*. *Cam shaft* ini memiliki berbagai bentuk profil dan ukuran geometrik. Beberapa model profil *cam lobe* yang biasa digunakan pada pompa injeksi bahan bakar antara lain: *eccentric cam*, *dual tangent cam*, *arc tangent cam* dan *hold back cam* [(DensO, 1974)]. Berdasarkan hubungan kinematika *roller-tappet plunger* dan *cam* dapat dilihat bahwa bentuk profil dan ukuran diameter *cam* berpengaruh terhadap karakteristik getaran gerakan *linear* dari *plunger* pompa injeksi.

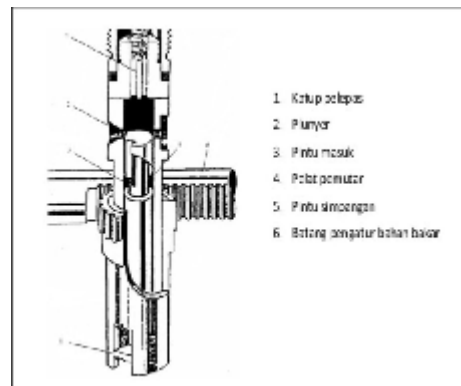
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pompa Injeksi

Pompa injeksi dalam motor diesel memiliki peran yang sangat penting terutama dalam menyediakan bahan bakar yang dibutuhkan untuk proses

pembakaran yang menghendaki bahan bakar memiliki jumlah yang tepat, waktu yang tepat, kualitas yang baik dan tekanan yang tinggi agar mudah dikabutkan oleh nozzle. Oleh karenanya konstruksi pompa injeksi dibuat lebih rigid dan kuat, rumah pompa dibuat dari bahan aluminium tuang (atau besi tuang). Agar mampu menghasilkan tekanan bahan bakar yang tinggi dan memiliki keandalan tinggi pula.

Pompa bahan bakar tekanan tinggi dipakai untuk menekan bahan bakar kedalam ruang bakar pada saat yang telah ditentukan dalam jumlah sesuai dengan daya yang harus dihasilkan. Di dalam sebuah silinder terdapat sebuah plunyer yang digerakkan oleh poros nok dari pompa tersebut

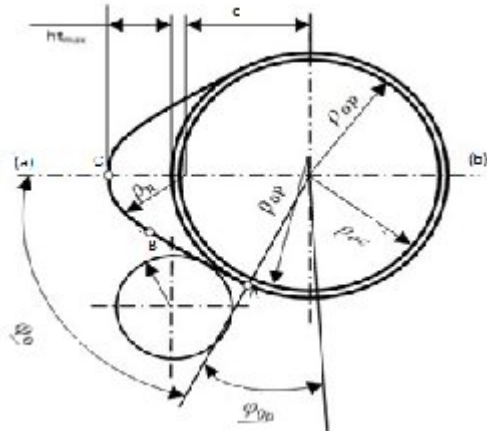


### 2.2. Cam Contours

*Cam contours* yang digunakan secara luas untuk pompa injeksi biasanya *cam* dengan model *cosine* atau *tangential lcontour*. Suatu *tangential*

<sup>\*)</sup>Benjamin G Tentua; Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unpatti

contour dibentuk oleh 2 garis tangensial AB dan busur dengan radius pada bagian lain, dari contour tersebut sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.8. :



Gambar 2.5. Roller Tappet - Tangential Cam Profile

Dengan :

$$\begin{aligned}
 1 &= -1 \frac{\sin \theta_0}{\theta_0} ; \\
 &= +h - ; \\
 &= +h \frac{1 - \cos \theta_0}{\cos \theta_0} ; \\
 &= - ;
 \end{aligned}$$

**2.3. Getaran Roller Tappet dan Plunger Dalam Respon Waktu**

Persamaan getaran osilasi horizontal roller tappet dan plunger dalam respon waktu untuk sistem closed track cam hasil reduksi dari model 4-dof kedalam model 1-dof dikemukakan oleh Koster (1975) dan Rothbart (2004) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \ddot{x} + (\dot{h} - \dot{c}) + (h - c) &= 0 \quad (a) \\
 &= \frac{1}{1 + (\frac{1}{c}h)^2} \quad (b) \\
 (c) &= +h - h(c) \quad (c)
 \end{aligned}$$

Dengan  $\ddot{x}$ ,  $\dot{x}$ ,  $x$  masing-masing menyatakan tinggi angkatan, kecepatan dan percepatan plunger aktual

dalam respon waktu. Sedangkan  $h$ ,  $\dot{h}$  dan  $\ddot{h}$  masing-masing menyatakan tinggi angkatan, kecepatan dan percepatan plunger ideal dalam respon waktu.

- = kekakuan pegas vertikal ekuivalen.
- = kekakuan pegas tangensial ekuivalen.
- ( ) = jarak antara titik pusat roller tappet dan titik pusat lingkaran cam sebagai fungsi sudut
- = massa ekuivalen bagian-bagian cam follower yang bergerak turun-naik.
- = koefisien viscous damper

Dapat dilihat bahwa bergantung pada waktu (*untime invariant*) dan oleh karena konstanta-konstanta, dan tidak diketahui maka persamaan (2.8a) sulit diselesaikan secara eksak. Sinyal-sinyal respon getaran itu dapat diukur secara langsung dengan menggunakan instrument *displacemeter*, *velocitimeter*, atau *accelerometer*. Tampilan sinyal dalam respon waktu,  $\ddot{x}(t)$ ,  $\dot{x}(t)$ ,  $x(t)$  dapat dilihat melalui *oscilloscope* sementara dalam respon frekuensi  $\hat{x}(\omega)$ ,  $\hat{\dot{x}}(\omega)$  dan  $\hat{\ddot{x}}(\omega)$  dapat dilihat melalui *analyzer*. Suatu *analyzer* biasanya bekerja dengan satuan *deci Bell* (dB)

**2.4. Respon dinamik roller tappet dan Plunger**

Dalam hal ini jika  $\hat{x}(\omega)$  adalah sinyal respon waktu ke  $\hat{x}(t)$  dari suatu sinyal maka koefisien  $\hat{x}(\omega) = \mathcal{F}(\hat{x}(t))$  diberikan oleh : [Kwakernaak et al (1991)]

$$\hat{x}(\omega) = \sum_{n \in \mathbb{N}} \hat{x}(n) \exp(-j\omega n) \quad \hat{x} \in \mathbb{N}$$

Dimana :  $\hat{x} = -$

Dengan demikian jika  $\hat{x}(\omega)$ ,  $\hat{\dot{x}}(\omega)$  dan  $\hat{\ddot{x}}(\omega)$

menyatakan *complex amplitude* atau respon frekuensi atau FFT masing-masing dari tinggi angkatan, kecepatan dan percepatan roller tappet dan plunger secara aktual atau dinamik yaitu  $\hat{x}(\omega)$ ,  $\hat{\dot{x}}(\omega)$  dan  $\hat{\ddot{x}}(\omega)$ , maka dari persamaan (2.22) dapat ditulis:

$$\hat{\ddot{x}}(\omega) = \hat{x}(\omega) \exp(-j\omega) \quad \hat{x} \in \mathbb{N}$$

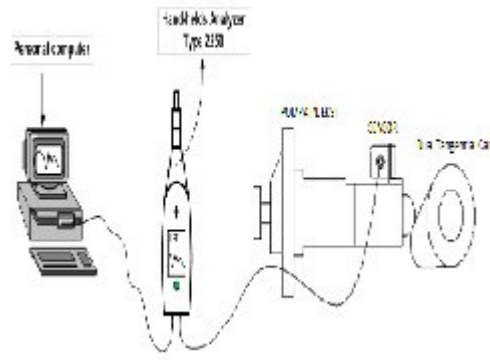
$$\hat{\dot{x}}(\omega) = \hat{x}(\omega) \exp(-j\omega) \quad \hat{x} \in \mathbb{N}$$

$$\hat{\ddot{x}}(\omega) = \hat{\ddot{x}}(\omega) \exp(-j\omega) \quad \hat{x} \in \mathbb{N}$$

Dengan menggunakan defenisi dB dari suatu sinyal respon frekuensi di atas dapat dituliskan :

$$\begin{aligned} \hat{X}(\omega) &= 20 \log \text{mod}\{\hat{X}(\omega)\} \\ &= 10 \log [\text{Re} \{\hat{X}(\omega)\} + \text{Im} \{\hat{X}(\omega)\}] \quad (a) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{dB } \hat{X}(\omega) &= 20 \log \text{mod} \hat{X}(\omega) \\ &= 10 \log \text{Re} \hat{X}(\omega) + \text{Im} \hat{X}(\omega) \\ \hat{X}(\omega) &= 20 \log \text{mod} \hat{X}(\omega) \\ &= 10 \log \text{Re} \hat{X}(\omega) + \text{Im} \hat{X}(\omega) \end{aligned}$$



Gambar 3.1. mekanisme alat pengujian

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu dengan melakukan pengujian untuk mendapatkan data dan mengolahnya secara sistematis. Data diperoleh dengan menggunakan *Hand Haldz Analyzer* yang dihubungkan dari pompa injeksi ke computer.

Data yang diukur adalah data respon frekuensi dari getaran plunyer pompa injeksi. Dimana getaran plunyer terjadi karena adanya putaran *cam shaft* yang divariasikan, dengan mengatur putaran motor penggerak. Pengambilan data disesuaikan dengan spesifikasi alat ukur sehingga variabel bebas dalam penelitian ini seperti yang ditampilkan dalam tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variasi Eksperimen dan Akuisisi Data

No	$\Delta$ /detik	Periode per siklus /detik	$\Delta$ /Hz	Frekuensi per siklus /Hz	Faktor skala
1	$1,5325 \cdot 10^{-4}$	0,0613	16,3133	6525,3	0,3263
2	$1,3725 \cdot 10^{-4}$	0,0549	18,2150	7286,0	0,3643
3	$1,1550 \cdot 10^{-4}$	0,0462	21,4650	8586,0	0,4293

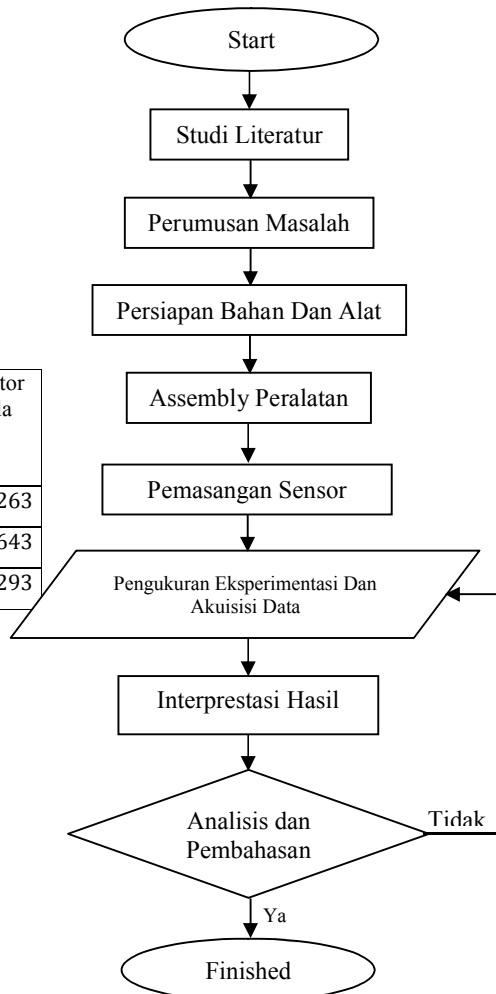
Untuk faktor skala | |, misalkan bahwa  $\hat{X}(\omega)$  adalah Fourier Transform dari  $x(t)$  atau  $\mathcal{F}\{x(t)\} = \hat{X}(\omega)$ , Dengan demikian diperoleh dB modulus dari  $\mathcal{F}\{|x(t)|\}$  yaitu  $\mathcal{F}\{|x(t)|\} = 20 \log \frac{|x(t)|}{1} + \text{dB}\{\hat{X}(\omega)\}$ .

#### 3.2 Rangkaian Penelitian

Prosedur dalam pengambilan data dapat terlihat dalam gambar berikut ini

#### 3.3. Diagram alir Penelitian

Untuk memudahkan jalannya proses penelitian ini dibuat langkah-langkah skematik sebagai berikut :

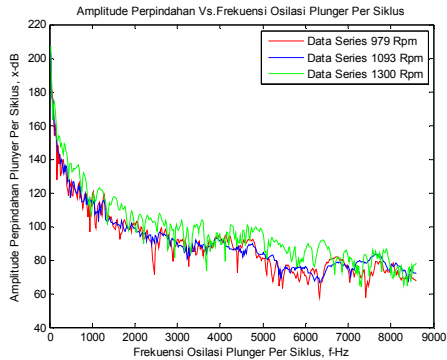


Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

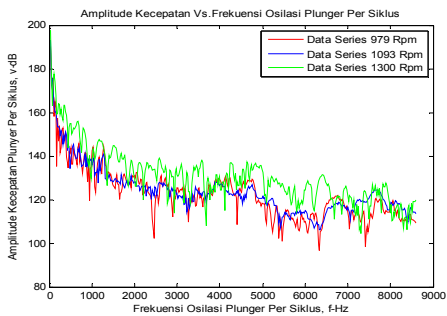
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Grafik Hasil Pengukuran.

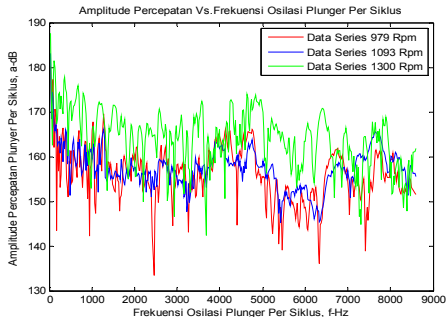
Hasil pengukuran terhadap : perlakuan dari berbagai variasi putaran dengan melihat pengaruh karakteristik getaran respon frekuensi pada *Displacement*, *Velocity*, dan *Acceleration*, pengukuran dilakukan dalam selang waktu 4 detik.



Gambar 4.1. Grafik Amplitude perpindahan vs frekuensi osilasi plunger per siklus

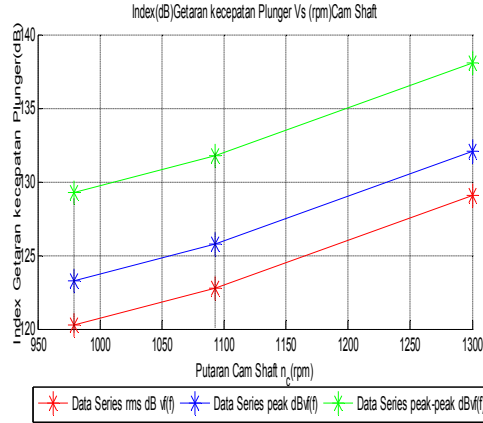


Gambar 4.2. Grafik Amplitude kecepatan vs frekuensi osilasi plunger per siklus

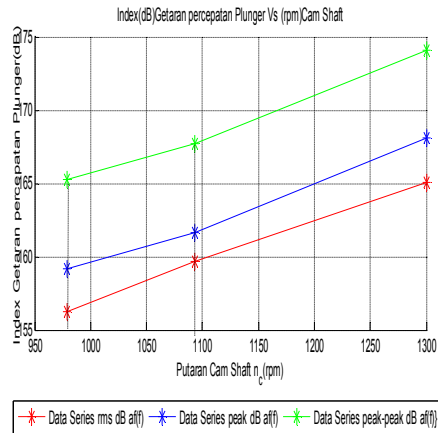


Gambar 4.3. Grafik Amplitude percepatan vs frekuensi osilasi plunger per siklus.

Gambar 4.4. Grafik index (dB) Getaran perpindahan plunger vs (rpm) cam shaft.



Gambar 4.5. Grafik index (dB) Getaran kecepatan plunger vs (rpm) cam shaft



Gambar 4.6. Grafik index (dB) Getaran percepatan plunger vs (rpm) cam shaft.

4.2. Pembahasan

Data *handheld analyzer* yang diperoleh dari tiap - tiap perlakuan diperoleh data *displacement*, *velocity* dan *acceleration* dibuat dalam grafik. Berdasarkan grafik yang diperoleh tersebut menunjukkan bahwa respon getaran yang terjadi pada *Inline Plunger* pompa injeksi bahan bakar motor diesel ini dipengaruhi putaran poros, semakin cepat putaran semakin cepat getaran yang ditimbulkan.

Pada grafik 4.1, 4.2 dan 4.3 diatas menunjukkan bahwa pengaruh putaran memberikan efek yang besar bagi getaran respon frekuensi itu

sendiri. Pengaruhnya terlihat jelas ada pada grafik 4.3, yang menunjukkan bahwa respon getaran *acceleration* yang paling kuat dan sangat ekstrim, artinya bahwa getaran yang kuat tak akan menjamin pompa injeksi akan berfungsi dengan sangat baik, karena pada tingkatan ekstrim dapat menyebabkan *unbalance* (ketidakseimbangan) dari setiap bagian – bagian mesin yang berputar. Begitu juga dengan getaran yang lemah, tak akan menjamin pompa injeksi akan bekerja dengan sangat buruk.

Pada grafik 4.4, 4.5, dan 4.6 diambil dari nilai RMS, Peak dan Peak – Peak getaran respon frekuensi (perpindahan, kecepatan dan percepatan) dari setiap putaran poros (979 rpm, 1093 rpm dan 1300 rpm) sesuai penelitian yang dilakukan.

Pada grafik – grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai RMS yang paling rendah, dan Peak - Peak yang paling tinggi, ini berarti kondisi pompa injeksi masih dapat berfungsi dengan baik, sesuai dengan standar ISO, karena menurut standar ISO, jika nilai RMS sama atau lebih besar dari nilai Peak atau Peak – Peak akan menyebabkan kerusakan mesin yang lebih cepat. Namun pada penelitian ini nilai RMS, Peak dan Peak – Peak masih dalam kondisi yang stabil. Untuk itu dalam melakukan penelitian atau percobaan standar ISO lah yang di gunakan, untuk melakukan pencegahan dari setiap getaran agar tidak *overload* yang menyebabkan umur pakai mesin yang sangat cepat rusak.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin besar putaran, akan memberikan respons getaran yang dihasilkan oleh plunger pompa bahan bakar motor diesel semakin besar pula.
2. Respons getaran yang paling ekstrim ada pada percepatan plunger pompa injeksi yang menunjukkan bahwa getaran yang kuat getaran yang besar tak akan menjamin pompa injeksi akan berfungsi dengan sangat baik.
3. perbandingan nilai karakteristik getaran respon frekuensi inline plunger RMS, Peak dan peak-peak pada putaran motor 1300 rpm masih dalam keadaan stabil.

## Daftar Pustaka

- Carlucci et al., **Block Vibration As Indicator Of Combustion Behaviour In A Direct Injection Diesel Engine**. 2005.
- Chan Jefri, **Diktat Getaran Mekanik**. Universitas Darma Persada.

- Headdquarters, **Sound & Vibration Measurement Technical Documentation**, Denmark, Bruel & Kjaer. 2010.
- Ishihama et al. “**Camshaft Drive Torque Measuring Device Built in a Chain Sprock**”. 2010.
- Khovakh, M. **Motor Vehicle Engines**, MIR Publisher, Moscow, 1979.
- Koster, M.p., **Vibration of Cam Mechanisms**, Macmillan, London, 1970.
- Mitchel, D, B., “**Tests On Dynamic Response Of cam-Followers-Systems,**” Mechanical Engineering, June 1950.
- Rothbart, H., “**Cam Dynamics**”Proc. Int. Conference Mechanisms, conn, 1961
- .Shigley, J., and Mischke, C., **Standart Handbook of Machine Design**, Chap 18, D. Curtis, McGraw-Hill, New York, 1996.
- Szakallas, L. E., and Savage, M., “**The Characterization of Cam drive System Windup,**” *Trans, ASME., J. Mech. Des.*, 102, 1980.