

ISSN 1693-9425

JURNAL TEKNOLOGI

(Journal of Technology)

JURNAL ILMU TEKNIK DAN SAINS

Penanggung Jawab:

Dekan Fakultas Teknik Universitas Pattimura

Penerbit:

Fakultas Teknik
Universitas Pattimura - Ambon

TEKNOLOGI

Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik dan Sains
Volume 13. No 1 April 2016

D a f t a r I s i

Analisis Getaran Pada Roller Cam Dual Tangensial Pompa Injeksi Bahan Bakar Motor Diesel Dengan Variasi Putaran.	Benjamin G. Tentua Apriandi Pulu	2124-2130
Laser Semikonduktor Gaas Jenis Double Heterojunction Sebagai Sumber Cahaya Dalam Komunikasi Optik	Samy J. Litololy	2131-2137
Design Dan Asesmen Karakteristik Model Francis Turbin Kecepatan Rendah	Wulfilla M. Rumaherang J. Louhenapessy A.I. Laboki	2138-2144
Studi Numerik Pengaruh Variasi Bilangan Reynolds Dan Bilangan Prandlt Terhadap Karakteristik Aliran Fluida Dan Perpindahan Panas Melintasi Silinder Sirkular Tunggal	Cendy S.E Tupamahu	2145-2149
Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Keterlambatan Waktu Persediaan Material Pada Proyek Konstruksi Jalan Di Maluku	Felix Taihuttu Christy G. Buyang	2151-2155
Pengaruh Sifat Mekanis Kekuatan Tarik Fraksi Volume Komposit Serat Ijuk Aren Dengan Matriks Polyester	Arthur Y Leiwakabessy	2156-2159

ANALISIS GETARAN PADA ROLLER CAM DUAL TANGENSIAL POMPA INJEKSI BAHAN BAKAR MOTOR DIESEL DENGAN VARIASI PUTARAN.

Benjamin G. Tentua¹, Apriandi Pulu²

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pattimura

Jl. Ir.M. Putuhena, Kampus Poka Ambon.

E-mail: tentuabenny@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui getaran pada roller cam dual tangensial pompa injeksi bahan bakar motor diesel dengan memvariasikan putaran. Roller berfungsi sebagai tapet sehingga gerakan rotasi dari cam dapat menggerakkan plunger dalam arah inline. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan putaran motor 979 rpm, 1093 dan 1300 rpm, kemudian dilakukan pengukuran getaran dengan menggunakan hand held analyser. Data pengukuran getaran dalam bentuk respons frekuensi yang diambil setiap 4 detik. Dari hasil penelitian yang dilakukan, dapat diperoleh getaran respon frekuensi pompa injeksi bahan bakar motor diesel. Untuk putaran pertama 979 rpm, putaran kedua 1093 rpm dan putaran ketiga 1.300 rpm, dengan waktu 4 detik. Putaran tertinggi yaitu 1300 rpm yang mempunyai data tertinggi atau terbesar, dan karakteristik getaran respon frekuensi yang paling besar ada pada *acceleration* (percepatan), namun yang paling ekstrim.

Kata kunci : *Injection Pump, roller tappet plunger, dual tangential cam, putaran poros, getaran respon frekuensi.*

I. PENDAHULUAN

Kinerja motor diesel tergantung pada proses pembakaran. Pembakaran yang sempurna dipengaruhi oleh berapa factor seperti, jenis bahan bakar yang digunakan, tekanan kompresi dari motor dan jumlah bahan bakar yang disemprotkan dalam silinder.

Salah satu alat yang berfungsi untuk menaikkan tekanan bahan bakar dan mengatur jumlah bahan bakar pada motor diesel adalah pompa injeksi. Pompa ini dalam pengoperasiannya dapat menghasilkan tekanan bahan bakar yang relatif tinggi dalam pipa *delivery* sehingga bahan bakar yang disemprotkan dari *nozzle* dapat terbakar dengan sendirinya di dalam ruang bakar motor pada kondisi tekanan dan temperatur kompresi udara motor yang sesuai.

Fungsi suatu pompa injeksi ditentukan oleh penggerakannya yaitu cam shaft. Cam shaft digunakan sebagai penggerak *plunger* di dalam *barrel* dari pompa injeksi. Gerakan rotasi dari suatu *cam shaft* ditransmisikan pada suatu *roller-tappet* sehingga *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)].

Putaran *cam shaft* sangat mempengaruhi getaran *plunger* itu sendiri, karena getaran yang ditimbulkan *plunger* dapat memberikan efek pada proses penyemprotan bahan bakar. Bentuk *cam dual tangensial* yang tidak semetri sangat mempengaruhi keseimbangan dinamika cam pada saat beroperasi, dimana terjadi penyimpangan gerakan linear plunger pompa dari kondisi idealnya yang mengakibatkan plunger akan bergetar sebagai respons dari ketidakseimbangan gaya-gaya tersebut. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui Pengaruh *Roller – Dual Tangential Cam* Dengan Variasi Putaran Poros Terhadap Getaran *Inline Plunger* Respon Frekuensi Pada Pompa Injeksi Bahan Bakar Motor Diesel.

II. LANDASAN TEORI.

2.1 Sistem Injeksi dan Pompa Injeksi

Sistem bahan bakar (fuel system) pada motor diesel memiliki peranan yang sangat penting dalam menyediakan dan mensupply sejumlah bahan bakar yang dibutuhkan sesuai dengan kapasitas mesin, putaran motor dan pembebanan motor. Oleh karenanya *performance fuel system* sangat menentukan kinerja dari motor diesel. Sistem bahan bakar pada motor diesel terdiri dari beberapa komponen utama diantaranya tanki bahan bakar,

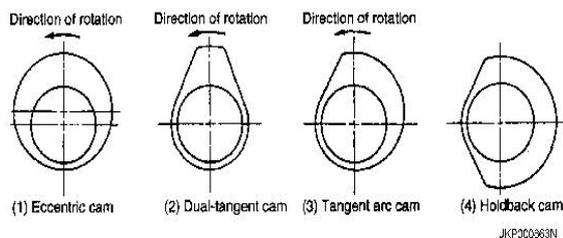
feed pump atau pompa penyalur, filter bahan bakar, pompa injeksi dan pengabut (nozzle). Pompa injeksi dalam motor diesel memiliki peran yang sangat penting terutama dalam menyediakan bahan bakar yang dibutuhkan. Proses pembakaran membutuhkan jumlah bahan bakar dan waktu penyemprotan yang sesuai dengan urutan penyalaan, kualitas bahan bakar dan tekanan pengabutan bahan bakar. Oleh sebab itu konstruksi pompa injeksi dibuat lebih rigid dan kuat, dimana rumah pompa dibuat dari bahan aluminium tuang (atau besi tuang) sehingga mampu menghasilkan tekanan bahan bakar yang tinggi dan memiliki keandalan tinggi pula.

2.2. Poros Cam.

Camshaft adalah salah satu bagian pada mesin yang mengatur durasi buka tutup klep. Camshaft berbentuk poros berputar yang mengatur kapan udara dan bahan bakar masuk untuk melakukan pembakaran dalam mesin, sekaligus menentukan kapan waktunya untuk membuang sisa pembakaran tersebut. Cara kerjanya, dengan menekan klep agar bergerak naik turun. Pergerakan Camshaft harus senada dengan Crankshaft, karena mereka berkerja berkesinambungan, ketika Camshaft mengatur masuknya udara dan bensin, piston harus mengatur gerakan crankshaft.

Durasi dalam camshaft adalah berapa lama cam dapat menahan katup pada saat keadaan terbuka. Pada spesifikasi camshaft umumnya tertulis pada satuan derajat.

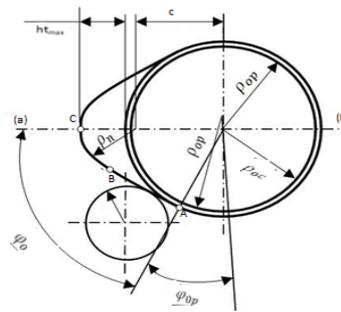
Jika durasi menentukan berapa lama cam dapat menahan bukaan katup, maka Lift adalah yang menentukan seberapa besar bukaan katup pada ruang bakar. Bukaan yang besar menyebabkan meningkatnya konsumsi bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam mesin, namun hal ini biasanya dibarengi dengan peningkatan performa.



Gambar 2.1. Bentuk Dasar Cam Sumber (Denso 2008:20)

2.3. Cam Contours

Cam contours yang digunakan secara luas untuk pompa injeksi biasanya cam dengan model cosine atau tangential lcontour. Suatu tangential contour dibentuk oleh 2 garis tangensial AB dan busur dengan radius r_1 dan r_2 pada bagian lain, dari contour tersebut sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.2, Dengan :



Gambar 2.2. Roller Tappet - Tangential Cam Profile.

2.4. Getaran Roller Tappet dan Plunger Dalam Respon Waktu

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

$$m \ddot{x} + \beta (\dot{h} - \dot{x}) + k_{eq} (h - x) = 0 \dots\dots 2.1$$

dimana :

$$k_{eq} = \frac{k_c}{1 + \frac{k_c}{k_t} (\frac{1}{\omega_{cam} R(\varphi)} h)^2}$$

$$R(\varphi) = \rho_{bc} + \rho + h_{tmax} - h(\varphi)$$

Dengan x, \dot{x}, \ddot{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.

- k_{eq} = kekakuan pegas vertikal ekuivalen.
- k_c = kekakuan pegas tangensial ekuivalen.
- $R(\varphi)$ = jarak antara titik pusat roller tappet dan titik pusat lingkaran cam sebagai fungsi sudut φ
- m = massa ekuivalen bagian – bagian cam follower yang bergerak turun - naik.
- β = koefisien viscous damper

Dapat dilihat bahwa k_{eq} bergantung pada waktu (*untime invariant*) dan oleh karena konstanta – konstanta m , k_c dan k_t tidak diketahui maka persamaan (2.1) sulit diselesaikan secara eksak. Sinyal – sinyal respon getaran itudapat diukur secara langsung dengan menggunakan instrument *displacemeter*, *velocitimeter*, atau *accelerometer*. Tampilan sinyal dalam respon waktu x, \dot{x}, \ddot{x} dapat dilihat melalui *ossilloscope* sementara dalam respon frekuensi $\hat{x}(\omega)$, $\dot{\hat{x}}(\omega)$ dan $\ddot{\hat{x}}(\omega)$ dapat dilihat melalui *analyzer*. Suatu *analyzer* biasanya bekerja dengan satuan *deci Bell* (dB).

2.5. Respon dinamik roller tappet dan plunger J

Jika $x(n)$ adalah sinyal respon waktu ke n dari suatu sinyal maka koefisien *Fourier* $\hat{y} = \mathcal{F}_{DD}(x(n))$ diberikan oleh : [Kwakernaak et al (1991)]

$$\hat{y}(\hat{u}) = \sum_{n=0}^{N-1} y(n) \exp(-j\hat{u}t) \quad \hat{u} \in \underline{N}(F), F = \frac{1}{N} \dots\dots (2.2)$$

Dengan demikian jika $\hat{x}(\hat{u}), \dot{\hat{x}}(\hat{u})$ dan $\ddot{\hat{x}}(\hat{u})$ 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 $x(t), \dot{x}(t)$ dan $\ddot{x}(t)$, maka dari persamaan (2.2) dapat ditulis:

$$\hat{x}(\hat{u}) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \exp(-j\hat{u}t), \quad \hat{u} \in \underline{N}(F), F = \frac{1}{N} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\dot{\hat{x}}(\hat{u}) = \sum_{n=0}^{N-1} \dot{x}(n) \exp(-j\hat{u}t), \quad \hat{u} \in \underline{N}(F), F = \frac{1}{N} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\ddot{\hat{x}}(\hat{u}) = \sum_{n=0}^{N-1} \ddot{x}(n) \exp(-j\hat{u}t), \quad \hat{u} \in \underline{N}(F), F = \frac{1}{N} \dots\dots\dots (2.5)$$

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

$$dB \{ \hat{x}(\hat{u}) \} = 20 \log | \text{mod} \{ \hat{x}(\hat{u}) \} | \dots\dots\dots (2.6) = 10 \log [\text{Re}^2 \{ \hat{x}(\hat{u}) \} + \text{Im}^2 \{ \hat{x}(\hat{u}) \}]$$

$$dB \{ \dot{\hat{x}}(\hat{u}) \} = 20 \log | \text{mod} \{ \dot{\hat{x}}(\hat{u}) \} | \dots\dots\dots (2.7) = 10 \log [\text{Re}^2 \{ \dot{\hat{x}}(\hat{u}) \} + \text{Im}^2 \{ \dot{\hat{x}}(\hat{u}) \}]$$

$$dB \{ \ddot{\hat{x}}(\hat{u}) \} = 20 \log | \text{mod} \{ \ddot{\hat{x}}(\hat{u}) \} | \dots\dots\dots (2.8) = 10 \log [\text{Re}^2 \{ \ddot{\hat{x}}(\hat{u}) \} + \text{Im}^2 \{ \ddot{\hat{x}}(\hat{u}) \}]$$

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan sifat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada Lab Pengujian Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura setelah selesai seminar proposal. Penelitian ini bersifat empiris, penelitian langsung dilakukan untuk melihat pengaruh pengaruh *Roller – dual tangential Cam* Dengan Variasi Putaran Poros Terhadap Getaran *Inline Plunger* respon Frekuensi Pada Pompa Injeksi Bahan Bakar Motor Diesel.

3.2. Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini adalah Variabel bebas adalah putaran cam shaft, yaitu 975, 1093 dan 1300 rpm. Dan variabel terikat adalah *Amplitude* perpindahan, kecepatan, dan percepatan *inline plunger* pada kondisi ideal atau aktual (dB).

3.3. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode Desain Eksperimen yaitu melakukan pengujian untuk mendapatkan data dan mengolahnya secara sistematis, dengan menggunakan *Hand Haldz Analyzer* yang dihubungkan dari pompa injeksi ke computer agar data tersebut dapat diteliti dengan akurat.

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 dari kecepatan terkecil sampai yang terbesar.

3.4. Pelaksanaan Penelitian

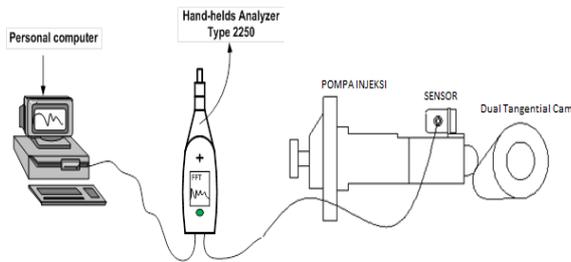
Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah :

- Alat :
1. *Hand Haldz Analyzer* (b) (2.23)
 2. Personal komputer dan software
 3. Pompa injeksi bahan bakar
 4. *Dual Tangential Cam*
 5. *Tachometer*
 6. Mesin Diesel
 7. Jangka sorong
 8. Blok motor diesel satu silinder dengan *fly wheel, crank shaft* dan sistim transmisi *cam gear*-nya.
 9. Motor bensin (merek *Max Tech*) sebagai penggerak pompa injeksi bahan bakar motor diesel.
 10. Pulli dan sabuk
 11. Lena kuningan
- Bahan :
1. Solar
 2. Bensin

3. Minyak pelumas

3.5. Prosedur penelitian

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan-bahan penelitian yang diperlukan
2. Memotong besi siku menggunakan alat potong besi menjadi beberapa bagian untuk dudukan mesin penggerak dan mesin diesel
3. Mengelas potongan besi siku tersebut menjadi empat sama sisi
4. Membakar lempengan besi profil (10kg) untuk pembuatan *cam*
5. Pembubutan besi profil untuk pembuatan *dual tangential cam*
6. Pengambilan data menggunakan *Hand Hald Analyzer*
7. Pemindahan data ke Microsoft excel
8. Pemindahan data dari excel ke Matlab
9. Pengolahan data pada Matlab

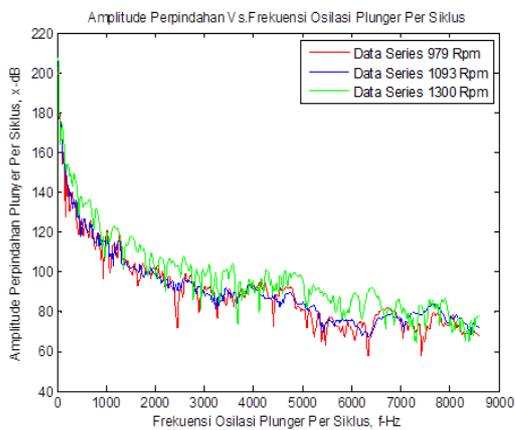


Gambar 3.2. mekanisme alat pengujian

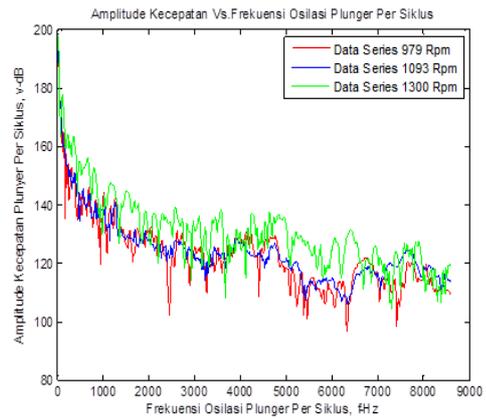
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

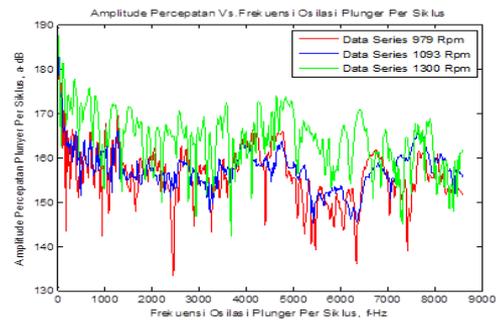
Hasil pengukuran terhadap : perlakuan dari berbagai variasi putaran dengan melihat pengaruh karakteristik getaran respon frekuensi pada *Displacement*, *Velocity*, dan *Acceleration*, pengukuran dilakukan dalam selang waktu 4 detik.



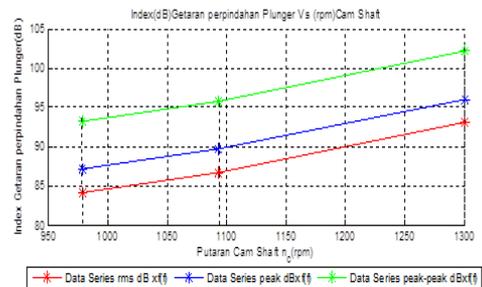
Gambar 4.1. grafik Amplitude perpindahan vs frekuensi osilasi plunger per siklus



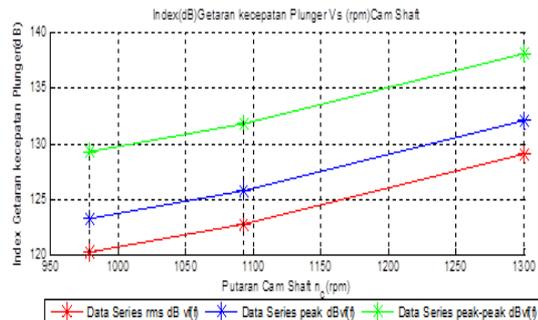
Gambar 4.2. Grafik Amplitude kecepatan vs frekuensi osilasi plunger per siklus.



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.

4.2. Pembahasan

Hasil data *handheld analyzer* yang diperoleh dengan memvariasikan putaran diperoleh data *displacement*, *velocity* dan *acceleration*. Hasilnya menunjukkan bahwa respon getaran yang terjadi pada *Inline Plunger* pompa injeksi bahan bakar motor diesel dipengaruhi putaran poros, semakin tinggi putaran maka getaran yang dihasilkan semakin besar.

Pada grafik 4.1, 4.2 dan 4.3 diatas menunjukkan bahwa pengaruh putaran memberikan efek yang besar bagi respon getaran. Efek yang terlihat jelas ada pada grafik 4.3, yang menunjukkan bahwa respon getaran berupa percepatan yang paling besar. Hal ini menunjukkan bahwa getaran yang kuat tidak 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, dan 4.5 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.

V. Penutup

5.1. Kesimpulan.

Berdasarkan hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Respon getaran pada putaran 1300 memberikan nilai tertinggi, jika disbanding dengan variasi putaran lainnya.
2. karakteristik getaran respon frekuensi yang paling besar ada pada *acceleration* (percepatan), namun yang paling ekstrim. Hal ini menunjukkan bahwa getaran yang

kuat tak akan menjamin pompa injeksi akan berfungsi dengan sangat baik. Dan sebaliknya.

3. Nilai RMS yang paling rendah, dan Peak - Peak yang paling tinggi pada getaran respon frekuensi (penelitian ini). 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. Untuk itu penelitian ini masih dalam kondisi yang aman untuk dilakukan.

5.2. Saran

Melalui penelitian ini dapat diberikan beberapa saran, yaitu:

- a. Pengukuran viscositas bahan bakar sehingga dapat dianalisa pengaruhnya.
- b. Untuk membandingkan karakteristik respons getaran yang dihasilkan maka perlu dilakukan penelitian lanjut untuk berbagi jenis cam.
- c. Instrumen *hand hald analyzer* ini memiliki sistim pengukuran SPL, sebaiknya penelitian ini dilanjutkan untuk melihat SPL dari aliran bahan bakar pipa *delivery*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aburass et al. *Investigasi Dari Efek Campuran Biodiesel Pada Pompa Injeksi Bahan Bakar Untuk Pengukuran Getaran Dan Tekanan*. 2014.
- Bhushan, B., ed., *Handbook of micro/Nano Tribology*, Boca Raton, Fla., 1999.
- Budio Sugeng P., *Buku Ajar Dinamika Sturktur*. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil. Universitas Brawijaya. 2010.
- Carlucci et al., *Efek Getaran Sebagai Indikator Di Dalam Ruang Pembakaran Pada Pompa Injeksi Bahan Bakar Motor Diesel*. 2005.
- Chan Jefri, *Diktat Getaran Mekanik*. Universitas Darma Persada.
- Headdquarters, *Sound & Vibration Measurement Technical Documentation*, Denmark, Bruel & Kjaer. 2010.
- Ishihama et al. “*Camshaft* sebagai penggerak Alat Pengukur pada Tenaga Putaran *Chain Sprocket*”. 2010.
- Koster, M.p., *Vibration of Cam Mechanisms*, Macmillan, London, 1970.
- Kovacs, G. T. A., *Micromachined Transducers Sourcebook*, WCB McGraw-Hill, Boston, 1998.
- Madou, M., *Fundenmental of Microvabrication*, CRC Press, Boca Raton., Fla., 1998.

- Mitchel, D. B., "*Tests On Dynamic Response Of cam-Followers-Systems,*" Mechanical Engineering, June 1950.
- Petersen., K., "*Silico as a Mechanical Material,*" Proceeding of thr IEEE, 1982.
- 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.
- Yipeng et al. *Perbandingan Dari Intensitas Getaran Pompa Injeksi Bahan Bakar Motor Diesel Dengan Memvariasikan Cam Yang Membedakan Gaya Eksitas Mekanik Dan Fluida.* Beijing, China, 2014