

PENGUJIAN GETARAN *IN-LINE RADIAL BARREL Follower-RECTANGULAR TANGENTIAL CAM* DENGAN VARIASI PUTARAN POROS PADA *INJECTION PUMP*

Mikhael J Lampung¹⁾, Abdul Hadi²⁾, B.G. Tentua³⁾

¹⁾S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: mikhael.j.lampung@gmail.com,

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: abdulhadi123@gmail.com,

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: tentuabenny@gmail.com,

Abstrak Sebuah cam mengalami gerakan rotasi dan digerakan oleh *camshaft* di hampir semua mekanisme cam. Cam dikenai gaya dinamis *follower*, putaran *camshaft* sangat mempengaruhi getaran *plunger* dapat memberikan efek pada proses penyemprotan bahan bakar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui getaran *in-line radial barrel follower-rectangular tangential cam* dengan variasi putaran poros pada *injection pump*. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan putaran motor 700 rpm, 800 rpm, 900 rpm, 1000 rpm, 1100 rpm, kemudian dilakukan pengukuran getaran dengan menggunakan sensor *accelerometer* tipe ADXL 345. Data pengukuran getaran dalam bentuk respon frekuensi yang diambil selama 5 detik dengan pengulangan sebanyak 5 kali, untuk menentukan parameter percepatan, kecepatan, dan perpindahan dengan metode eksperimental dan perhitungan parameter dengan FFT (*fast fourier transform*). Hasil yang diperoleh dengan menggunakan *rectangular tangential cam* dengan Amplitudo percepatan pada putaran 700 rpm dengan nilai maksimum 0.1624 m/s^2 dan percepatan minimum terjadi diputaran 1000 rpm dengan nilai 0.0933 m/s^2 dengan nilai rata-rata percepatan keseluruhan 0.0035 m/s^2 Amplitudo kecepatan terjadi diputaran 1100 rpm yaitu dengan nilai 0.00040 m/s^2 dan kecepatan minimum terjadi diputaran 1100 rpm dengan nilai -0.00026 m/s^2 dengan rata-rata kecepatan keseluruhan 0 m/s^2 . Amplitudo perpindahan terjadi diputaran 800 rpm yaitu dengan nilai 0.00008926 m dan perpindahan minimum terjadi diputaran 700 dengan nilai -0.00001383 m dengan rata-rata perpindahan keseluruhan dengan nilai 0.00003775 m

Kata kunci : *injection pump, rectangular tangential cam*, putaran poros, getaran respon frekuensi, *FFT*(*fast fourier transform*)

1. 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 *deliver* 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 (Tentua & Pulu., 2016).

Fungsi pompa injeksi ditentukan oleh penggerakannya yaitu *camshaft* digunakan sebagai penggerak *plunger* di dalam *barrel* dari pompa injeksi. Gerakan rotasi dari suatu *camshaft* di

transmisikan 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).

Sebuah cam mengalami gerakan rotasi dan digerakan oleh *camshaft* di hampir semua menisme cam. Cam dikenai gaya dinamis dari *follower*, oleh karena itu, *camshaft* yang terhubung mengalami tordi dinamis. Dalam banyak kasus, kecepatan sudut *camshaft* diasumsikan konstant dan massa *follower* meningkat, besarnya torsi yang berkerja pada poros meningkat dan getaran torsi terjadi pada *camshaft*. Hal ini menyebabkan fluktuasi kecepatan sudut *camshaft* dan mempengaruhi pengoperasian sistem (Ziya & Yuksel., 1991).

2. METODE

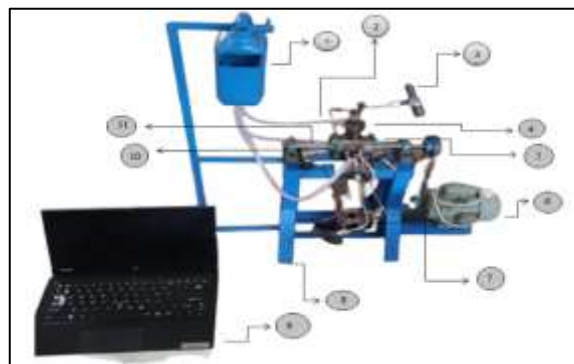
Penelitian ini dilakukan di Laboratoruim Proses Produksi Fakultas Teknik Universitas Pattimura dan Penelitian ini bersifat empiris, penelitian langsung di lakukan untuk melihat pengaruh variasi putaran *camshaft* terhadap getaran *in-line radial barrel follower-rectanguralar tangential cam* dengan variasi putaran poros pada *injecion pump*. pada putaran *camshaft* (700, 800, 900, 1000,1100) yang merupakan variabel bebas, dan yang mempengaruhi kemudian yaitu variabel terikat adalah amplitudo percepatan, kecepatan, dan perpindahan dalam pengaruh respon frekuensi (dB), *in-line barrel follower-rectanguralar tangential cam*

A. Prosedur Penelitian dan Persamaan

Dalam penelitian ini menggunakan Metode ini menggunakan metode desain eksperimen, yaitu melakukan pengujian untuk mendapatkan data dan mengolahnnya secara sistematis, dengan analisa hasil variasi putaran *camshaft* yaitu melakukan pengujian untuk mendapatkan data dan mengolahnnya secara sistimatis, dengan menggunakan sistem sensor *Accelerometer ADXL 345* yang dipasang pada pipa *delivery line* agar data tersebut dapat diteliti dengan akurat.

Data yang di ukur adalah data berupa getaran yang terjadi akibat adanya pengaruh putaran *camshaft* yang di variasikan, dengan mengatur putaran motor penggerak dari kecepatan terkecil sampai kecepatan sedang.

B. Instalasi Penelitian



Gambar 1. Skema Alat Penelitian

Keterangan Gambar :

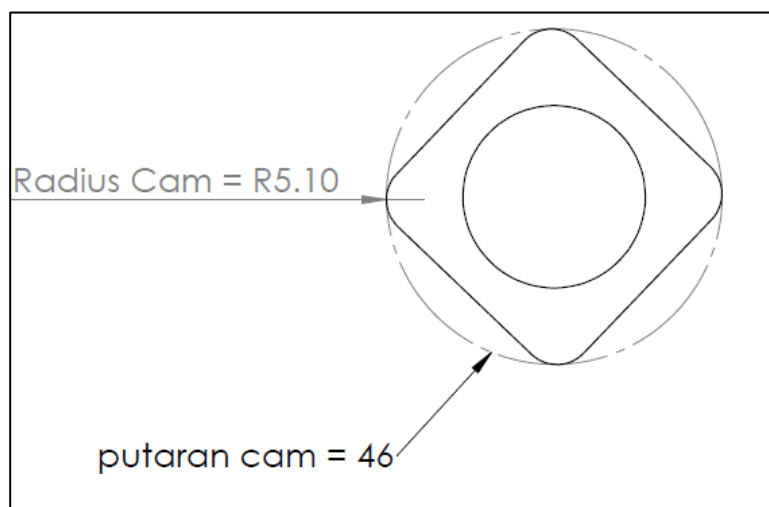
- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1. Tanki Penampung Air | 7. Pipa Kapiler |
| 2. Selang Air Ke Pompa Injeksi | 8. Rangka Alat Penelitian |
| 3. Nozzel | 9. Laptop Untuk Data Pada Sensor |
| 4. Pompa Injeksi | 10. Bearing Kodok |

5. Penutup/Pipa Tempat *CamShaft*
6. Elektro Motor

11. *CamShaft*

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

No	Alat	Bahan
1	Pompa injeksi <i>in-line</i>	Fluida/air
2	Pipa <i>delivery in-line</i>	Plat/besi hollow
3	<i>Nozzle</i>	
4	<i>Rectangular tangential cam</i>	
5	<i>Stroboscope</i>	
6	<i>3 Phase Induction Motor</i>	
7	<i>Injector</i>	
8	Tangki	
9	Arduino dan sensor <i>Accelerometer ADXL345</i>	
10	<i>Personal computer dan software</i>	
11	Kabel Jumper	
12	Vuriing/blok silinder	
13	<i>Speed control ATI-2200X (2,2 kW)</i>	



Gambar 2. Profil Cam

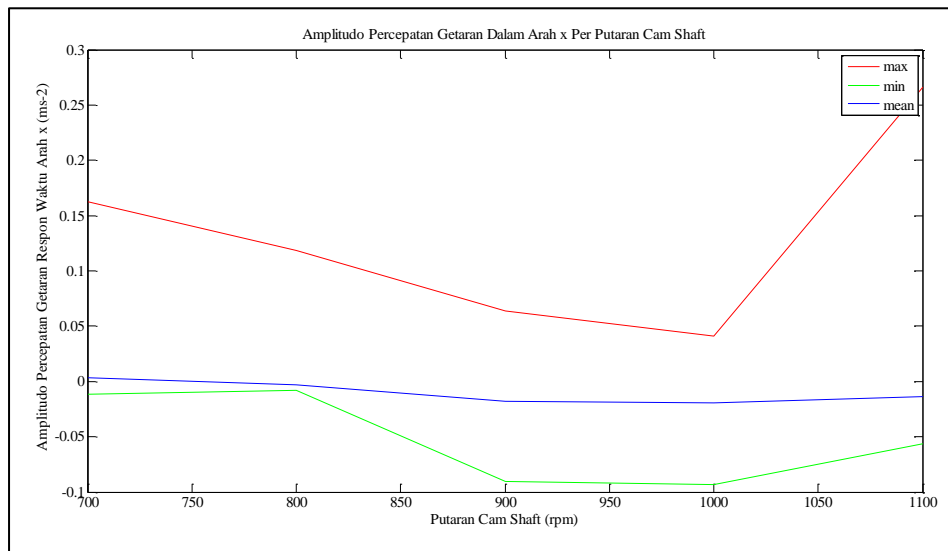
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa pengaruh getaran *in-line radial barrel* variasi putaran poros *follower-rectangular tangential cam* terhadap percepatan, kecepatan dan perpindahan (*displacement*) *individual injection pump*.

Data pengukuran pada sensor *accelerometer* ADXL 345 di tiap-tiap perlakuan terhadap sumbu x, diperoleh data min, max, dan mean pada data percepatan, kecepatan, dan perpindahan dibuat dalam grafik, kemudian data dari masing-masing perlakuan variasi putaran yang diperoleh menunjukkan bahwa respon waktu percepatan, kecepatan, dan perpindahan yang terjadi apabila dipengaruhi oleh variasi putaran poros *follower-rectangular tangential cam*. Dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Pengaruh getaran respon waktu variasi putaran pada data percepatan maksimum, minimum, dan rata-rata arah x (m/s^{-2})

No.	Putaran (rpm)	Amplitudo Percepatan Maksimum Getaran Respon Waktu Arah x (ms^{-2})	Amplitudo Percepatan Minimum Getaran Respon Waktu Arah x (ms^{-2})	Amplitudo Percepatan Rata-rata Getaran Respon Waktu Arah x (ms^{-2})
1	700	0,1624	-0,0113	0,0035
2	800	0,1186	-0,0082	-0,003
3	900	0,0640	-0,0902	-0,0182
4	1000	0,0408	-0,0933	-0,0195
5	1100	0,2659	-0,0560	-0,0139

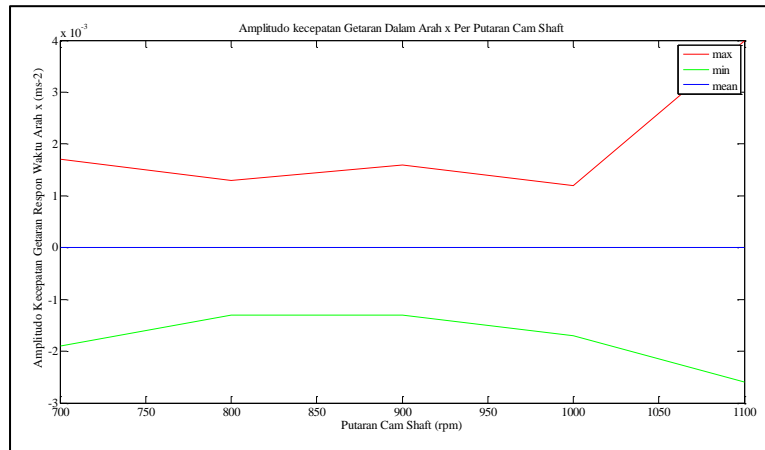


Gambar 3. Grafik Pengaruh getaran respon waktu variasi putaran pada data percepatan maksimum, minimum, dan rata-rata arah x (m/s^2)

Pada tabel 3 hasil perhitungan percepatan maksimum, minimum, dan rata-rata percepatan tiap putaran *camshaft* dapat dilihat bahwa percepatan maksimum pada putaran *camshaft* terjadi diputaran 700 rpm yaitu dengan nilai $0.1624 m/s^2$, dan percepatan minimum terjadi diputaran 1000 rpm dengan nilai $-0.0933 m/s^2$, sedangkan rata-rata percepatan keseluruhan dalam arah x dengan nilai $0,0035 m/s^2$, dari hasil perhitungan dengan metode FFT atau (*fast fourier transform*) diketahui terjadi peningkatan percepatan pada sumbu x di putaran 700 rpm.

Tabel 3. pengaruh getaran respon waktu variasi putaran pada data kecepatan maksimum, minimum, dan rata-rata arah x (m/s^{-1})

No.	Putaran (rpm)	Amplitudo Kecepatan Maksimum Getaran Respon Waktu Arah x (ms^{-1})	Amplitudo Kecepatan Minimum Getaran Respon Waktu Arah x (ms^{-1})	Amplitudo Kecepatan Rata-rata Getaran Respon Waktu Arah x (ms^{-1})* 10^{-5}
1	700	0,0017	-0,0019	0
2	800	0,0013	-0,0013	0,5128
3	900	0,0016	-0,0013	0,2564
4	1000	0,0012	-0,0017	-0,2564
5	1100	0,0040	-0,0026	0

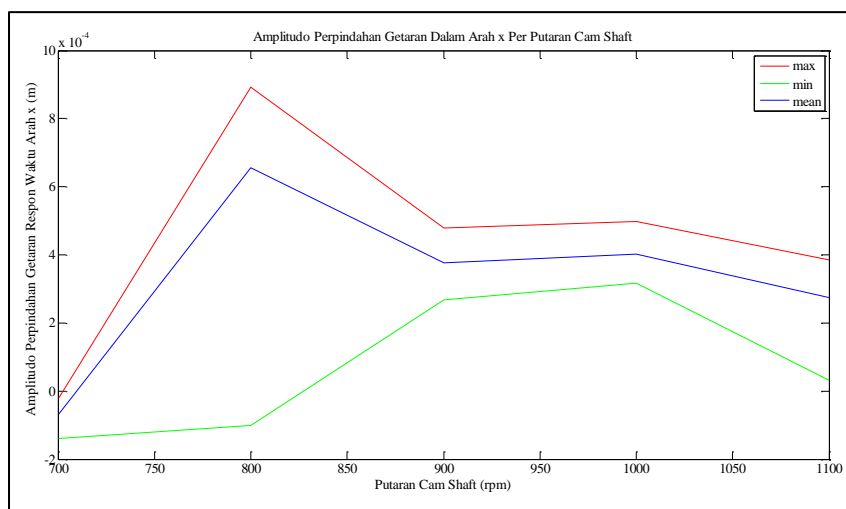


Gambar 4. Grafik Pengaruh getaran respon waktu variasi putaran pada data kecepatan maksimum, minimum dan rata-rata arah x (m/s^2)

Pada tabel 4 hasil perhitungan kecepatan maksimum, minimum, dan rata-rata kecepatan tiap putaran *camshaft* dapat dilihat bahwa percepatan maksimum pada putaran *camshaft* terjadi diputaran 1100 rpm yaitu dengan nilai $0.00040 m/s^2$, dan kecepatan minimum terjadi diputaran 1100 rpm dengan nilai $-0.00026 m/s^2$, sedangkan rata-rata kecepatan keseluruhan dalam arah x dengan nilai $0 m/s^2$

Tabel 4. pengaruh getaran respon waktu variasi putaran pada data perpindahan maksimum, minimum, dan rata-rata arah x (m)

No.	Putaran (rpm)	Amplitudo Perpindahan Maksimum Getaran Respon Waktu Arah x ($m \cdot 10^{-3}$)	Amplitudo Perpindahan Minimum Getaran Respon Waktu Arah x ($m \cdot 10^{-3}$)	Amplitudo Perpindahan Rata-rata Getaran Respon Waktu Arah x ($m \cdot 10^{-3}$)
1	700	-0,0217	-0,1383	-0,0686
2	800	0,8926	-0,1018	0,6548
3	900	0,4786	0,2673	0,3775
4	1000	0,4976	0,3171	0,4015
5	1100	0,3860	0,0319	0,2734



Gambar 5. Grafik Pengaruh getaran respon waktu variasi putaran pada data Perpindahan maksimum, minimum dan rata-rata arah x (m)

Pada tabel 5 hasil perhitungan perpindahan maksimum, minimum, dan rata-rata perpindahan tiap putaran *camshaft* dapat dilihat bahwa perpindahan maksimum pada putaran *camshaft* terjadi diputaran 800 rpm yaitu dengan nilai 0.00008926 m, dan perpindahan minimum terjadi diputaran 700 dengan nilai -0.00001383 m, sedangkan rata-rata perpindahan keseluruhan dalam arah x dengan nilai 0.00003775 m pada putaran 900 rpm

Pada grafik-grafik percepatan, kecepatan dan perpindahan diatas menunjukkan nilai yang rendah dan *peak to peak* yang tinggi hal ini berarti pompa injeksi masih dapat berfungsi dengan baik, sesuai dengan standar ISO *vibration severity* karena jika nilai sama atau lebih besar dari nilai *peak to peak* akan menyebabkan kerusakan mesin yang lebih cepat, Namun pada penelitian ini nilai *peak to 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.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa dari data getaran *rectangular tangential cam* terhadap *injection pump*:

1. Dimana amplitudo percepatan respon waktu pada putaran 700 rpm memberikan nilai *maximum* tertinggi, bila dibandingkan dengan putaran lainnya pada amplitudo percepatan respon waktu. Amplitudo kecepatan getaran respon waktu pada putaran 1100 rpm merupakan titik dimana nilai *maximum* dan rata-rata bertemu atau keadaan pada fase titik kritis hal ini menunjukkan bahwa getaran pada peralihan putan rendah mencapai putaran tinggi tidak menjamin pompa *injeksi* berfungsi secara baik begitu juga sebaliknya. kemudian dilihat bahwa perpindahan tertinggi dengan nilai 0,04786 mm, pada putaran 900 rpm dan perpindahan minimum getaran dengan nilai -138,300 mm dinilai sangat baik pada putaran 700 rpm karena tidak melebihi *stroke cam shaft*, sedangkan rata-rata perpindahan getaran dengan nilai 0,0013 m atau 0,13 mm. Jadi dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan *rectangular tangential cam* memberikan getaran yang baik pada *individual injection pump* untuk kondisi dalam *range* putaran tinggi pada *cam shaft*

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada kedua dosen pembimbing yang telah membantu penulis serta Kepala Lab Proses Produksi Fakultas Teknik Universitas Pattimura Pak Jandry lohenapessy atas seluruh bantuan pada penelitian ini, serta ucapan terimakasih pada tenaga dosen yang tidak dapat disebut namanya yang telah membantu dalam proses penelitian dan penulisan ini dan juga seluruh instruktur yang tidak dapat di tulis satu persatu namanya di lab proses produksi Fakultas Teknik Universitas Pattimura yang telah membantu penelitian dari awal sampai dengan selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W. (1983). *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Bandung: ITB.
- Darmawangsa, F. I. (2006). Analisis Pengaruh Penambahan Durasi Camshaft Terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang pada Engine Sinjai 650 CC. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1).
- Desai, H. D., & Patel, V. K. (2010). Computer Aided Kinematic And Analysis of Cam and Follower. *Proceeding of the World Congress on Engineering*, 2, 1-5.
- Feng, Y., Tang, H., Li, C., Ma, X., & Xie, M. (2015). Failure Analysis of Internal Combustion Exhaust Valve. *Atlantis Press*, 228-231.
- Hadi, A., & Tentua, B. G. (2019). Alogaritma Simulasi Numerik Getaran Dirrect Inline Harmonical Cam Follower pada Valve Train Manifold Motor Diesel. 45-51.
- Karya, T. B. (2011). *Dasar-Dasar Getaran Mekanis*. Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET.
- Khovakh, M. (1980). *Motor Vehicle Engines*. London: Central Books Ltd.

- Koster, M. P. (1974). *Vibrations of Cam Mechanisms*. London: Red Globe Press London.
- Mishra, R., & Bhowmik, D. (2021). A Brief Description Designing, Modelling, and Materials of Cam-Follower. *Materials Today*, 434-436.
- Risakota T dan kawan-kawan. (2023). Getaran In-line Radial Barrel Follower-Triangle Tangential Cam dengan Variasi Putaran Poros. *Jurnal Isometri Volume 2 (No 2)*.
- Tentua, B. G., & Pulu, A. (2016). Analisis Getaran Pada Roller Cam Dal Tangential. *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik dan Sains*, 13, 2124-2130.
- Zaka, Z., & Yuksel, Y. (1992). Torsional Vibration of Cam Shaft. *Mech. Mach. Theory*, 27, 225-233.