PENGARUH *NOZZLE SPRING INITIAL TENSION* TERHADAP GETARAN *IN-LINE TAPPET PLUNGER* PADA *INJECTION PUMP*

Angga Arya Pradana[1)] , Abdul Hadi[2)], Benjamin Golfin Tentua[3)]

[1)]S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik,Universitas Pattimura
Email: angga_pln27@yahoo.co.id
[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 Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui getaran pada tappet plunger single cam pompa injeksi bahan bakar motor diesel dengan putaran standart 1000 rpm. Tappet plunger berfungsi untuk menekan bahan bakar yang keluar dari pompa injeksi yang memliki tekanan dengan gerakan rotasi dari camshaft yang dapat menggerakan plunger dalam arah inline. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan perubahan putaran berapa derajat sudut pada spanning bolt, kemudian dilakukan pengukuran getaran dalam bentuk respon waktu yang diambil setiap 30 detik. Dari hasil penelitian yang dilakukan, dapat di peroleh getaran respon waktu pada radius kurvatur dengan variasi putaran derajat spanning bolt 0°, 36°,72°, 108°, 144°, 180° yang diambil setiap 30 detik. Dengan karakteristik getaran respon waktu pada spanning bolt dengan sudut 144° yang mempunyai data tertinggi atau terbesar dengan nilai 0,4022 m yang menggambarkan kondisi semakin baik atau efektif yang artinya minim getaran yang akan timbul.

Kata kunci : *Injection pump, Tappet plunger dan Spanning bolt*

1. PENDAHULUAN

Sistem injeksi bahan bakar merupakan salah satu bagian utama dari suatu motor diesel. Sistem ini memiliki tiga komponen penting yaitu Injection pump, delivery line dan injector nozzle. Secara mekanik, kerja dari suatu injection pump adalah sedemikian hingga gerakan rotasi cam dengan putaran tertentu ditransfer menjadi reciprocal linear oleh elemen tappet plunger (dengan roller atau tanpa roller) di dalam sebuah barrel. Gerakan tappet plunger ini tidak saja berlangsung secara ideal dalam bentuk oskilasi kinematik tetapi secara real juga dapat mengalami oskilasi dinamik atau getaran. Fenomena getaran ini terjadi sebagai respons ketidakseimbangan gaya-gaya eksitasi torsi dari cam atau gaya-gaya linear dari cam follower (termasuk tappet plunger itu sendiri).

Sebagai suatu unit injection system: injection pump, delivery line dan injector nozzle memiliki matching yang saling berkaitan. Gaya-gaya fluida kerja dalam bentuk gelombang mekanik yang terjadi pada ketiga sistem ini dapat berlangsung secara reverse transfer dan back reverse transfer, yaitu dalam arah dari injection pump ke injector nozzle dan dari injector nozzle ke injection pump dengan delivery line sebagai media penghubung. Oleh karena itu perubahan geometrik pada salah satu dari ketiga komponen sistem injeksi ini dapat mempengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Akhmadi dan Quraman (2017) dan Andini (2021) dapat diketahui bahwa modifikasi atau perubahan geometrik kontruksi dari spring nozzle injector akan berpengaruh terhadap tekanan injeksi. Sementara dari fakta yang terjadi dapat dilihat bahwa makin besar initial spanning dari spring nozzle, makin besar sudut dan

jarak penetrasi aliran fluida pengabutan setelah injector nozzle. Ini menunjukkan bahwa

besar sudut initial spanning dari spring nozzle berpengaruh terhadap tekanan injeksi. Namun konsekuensinya perubahan ini juga dapat berpengaruh terhadap tekanan injeksi di dalam delivery line dan injection pump sebagai back pressure. Perubahan back pressure aliran fluida pada suatu injection pump akibat Initial Tension dimungkinkan dapat mempengaruhi gaya eksitasi getaran in-line tappet plunger dari injection pump tersebut.

Berdasarkan pertimbangan ini maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang dituangkan dalam satu karya tulis Skripsi dengan judul: Pengaruh Nozzle Spring Initial Tension Terhadap Getaran In-line Tappet Plunger Pada Injection Pump.

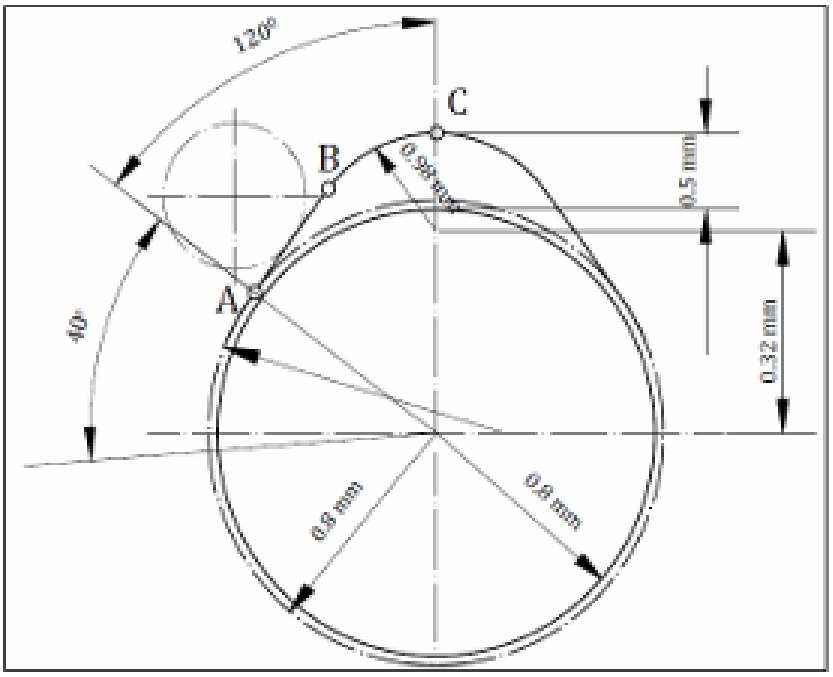
2. METODE

Metode ini menggunakan metode desain eksperimen, yaitu melakukan pengujian untuk mendapatkan data dan mengolahnya secara sistematis, dengan analisa hasil variasi putaran derajat pada spring bolt dengan putaran konstan camshaft yaitu melakukan pengujian untuk mendapatkan data dan mengolahnya 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 dari putaran derajat pada spring bolt yang di variasikan dengan putaran konstan pada camshaft, dengan mengatur putaran spring bolt dari derajat 00, 360, 720, 1080, 1440, 1800 yang dapat mempengaruhi juga terhadap hasil tekanan dan pengabutan bahan bakar (media yang digunakan air).

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura Ambon, sedangkan penelitian di laksanakan setelah seminar proposal. Penelitian ini bersifat empiris, penelitian langsung di lakukan untuk melihat "Pengaruh Nozzle Spring Initial Tension Terhadap Getaran In-Line Tappet Plunger Pada Injection Pump.

A. Rancangam dan Prosedur Penelitian

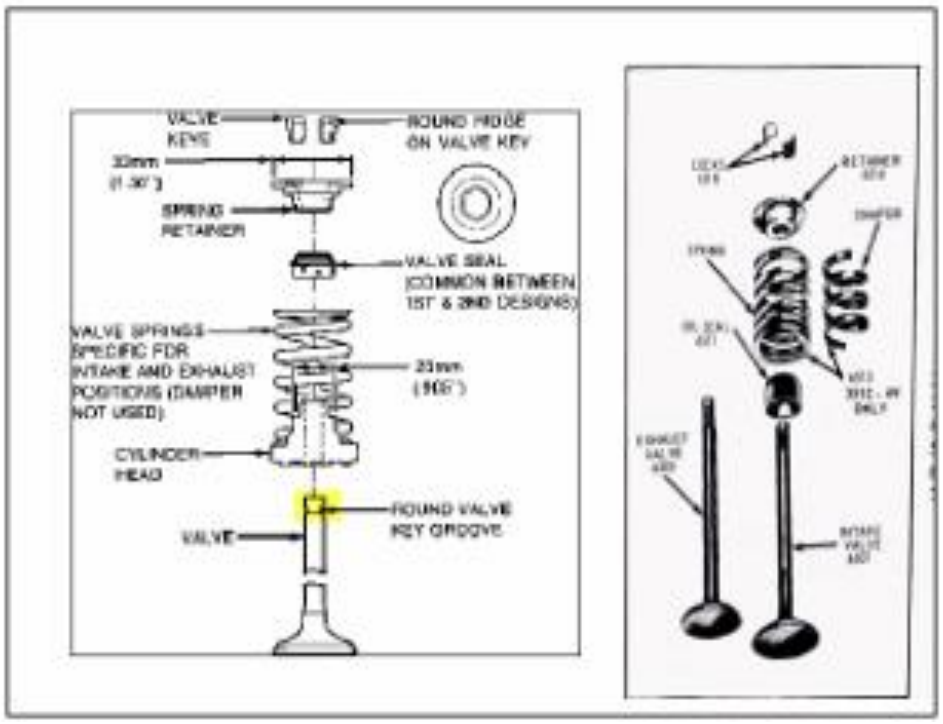


Gambar 1. Geometri *single cam*

Keterangan Gambar :

A = follower overhang, in

B = follower bearing length, in
d = hub diameter, in
dh = shaft diameter, in



Gambar 2. Komponen dari mekanisme klep gas buang

Keterangan Gambar :

1. Valve Disc
2. Spindel Valve
3. Spring Valve
4. Locking
5. Seating Valve
6. Push Rod
7. Conical Ring
8. Locking Plate
9. Tensioning Disc

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa pengaruh *Initial Tension* terhadap getaran *in-line Tappet Plunger* variasi putaran sudut derajat *Spanning Bolt* terhadap percepatan, kecepatan dan perpindahan (*displacement*) *individual injection pump*.

Dari data pengukuran pada sensor accelerometer ADXL 345 di tiap - tiap perlakuan terhadap sumbu x diperoleh data min, max dan mean pada data percepatan, kecepatan, perpindahan (displacement) dibuat dalam grafik, kemudian data dari masing-masing perlakuan variasi besar sudut yang diperoleh menunjukan bahwa respon waktu percepatan, kecepatan dan perpindahan (displacement) yang terjadi apabila dipengaruhi oleh variasi putaran besar sudut derajat Spanning Bolt.

Waktu Pengukuran Amplitudo kercepatan Getaran *1000/110 (s)	A mplitudo kecepatan getaran respon waktu dalam arah per putaran sudut derajat *Spanning Bolt* (m.s^-2)					
	0°	36°	72°	108°	144°	180°
1	-0,0047	-0,0041	-0,0030	-0,0045	0,0063	0,0027
2	-0,0061	-0,0021	-0,0030	-0,0045	0,0071	0,0012
3	-0,0069	-0,0020	-0,0020	-0,0049	0,0084	0,0008
4	-0,0040	-0,0024	-0,0016	-0,0070	0,0060	0,0003
5	-0,0055	-0,0026	-0,0008	-0,0052	0,0047	-0,0014
6	-0,0062	-0,0008	-0,0004	-0,0051	0,0065	-0,0005
7	-0,0063	-0,0022	0,0025	-0,0059	0,0058	0,0006
8	-0,0059	-0,0021	0,0022	-0,0060	0,0061	0,0009
9	-0,0050	-0,0025	0,0034	-0,0044	0,0079	0,0013
10	-0,0035	-0,0034	0,0037	-0,0034	0,0094	-0,0004
11	-0,0024	-0,0055	0,0061	-0,0013	0,0062	0,0001
12	-0,0031	-0,0055	0,0041	-0,0005	0,0038	-0,0001
13	-0,0038	-0,0070	0,0065	-0,0028	0,0056	-0,0017
14	-0,0043	-0,0064	0,0041	-0,0037	0,0052	0,0003
15	-0,0027	-0,0088	0,0038	-0,0046	0,0037	0,0012
16	0,0002	-0,0080	0,0024	-0,0064	0,0033	0,0023
17	0,0001	-0,0099	0,0023	-0,0044	0,0027	0,0012
18	-0,0013	-0,0078	0,0027	-0,0028	0,0041	0,0015
19	-0,0013	-0,0101	0,0025	-0,0029	0,0018	-0,0006
20	-0,0024	-0,0106	0,0029	-0,0010	0,0017	-0,0011
21	-0,0027	-0,0124	0,0025	0,0000	0,0026	-0,0007
22	-0,0042	-0,0128	0,0012	0,0000	0,0016	-0,0015
23	-0,0034	-0,0152	0,0041	-0,0004	0,0014	-0,0013
24	-0,0022	-0,0139	0,0047	-0,0024	0,0014	-0,0006
25	-0,0035	-0,0146	0,0041	-0,0014	0,0017	-0,0007
26	-0,0053	-0,0130	0,0053	-0,0003	0,0005	-0,0006
27	-0,0055	-0,0142	0,0052	-0,0004	-0,0013	-0,0016
28	-0,0038	-0,0143	0,0039	0,0012	0,0000	0,0018
29	-0,0039	-0,0157	0,0028	0,0006	-0,0022	0,0029
30	-0,0049	-0,0133	0,0024	-0,0006	-0,0005	0,0021
31	-0,0045	-0,0145	0,0008	-0,0015	-0,0003	0,0031
32	-0,0035	-0,0122	0,0018	-0,0005	0,0004	0,0041
33	-0,0040	-0,0147	-0,0009	-0,0033	0,0003	0,0033
34	-0,0037	-0,0147	-0,0024	-0,0010	-0,0001	0,0016
35	-0,0043	-0,0181	-0,0023	-0,0013	-0,0009	0,0015
36	-0,0015	-0,0183	-0,0031	-0,0010	-0,0021	0,0008
37	-0,0005	-0,0208	-0,0028	0,0013	-0,0025	0,0018
38	-0,0011	-0,0176	-0,0033	0,0009	-0,0022	0,0034
39	-0,0027	-0,0189	-0,0022	0,0001	-0,0026	0,0039
40	-0,0030	-0,0198	-0,0017	0,0003	-0,0003	0,0033
41	-0,0029	-0,0246	-0,0020	0,0016	-0,0014	0,0028
42	-0,0034	-0,0201	-0,0011	-0,0004	-0,0013	0,0016
43	-0,0033	-0,0322	0,0002	-0,0012	-0,0008	0,0014
44	-0,0042	0,0095	0,0014	-0,0005	0,0001	0,0017
45	-0,0050	0,0517	0,0007	0,0008	-0,0007	0,0030
46	-0,0044	0,0414	0,0004	0,0003	-0,0025	0,0021
47	-0,0048	0,0447	0,0008	0,0006	-0,0032	0,0046
48	-0,0031	0,0397	0,0000	-0,0003	-0,0033	0,0041
49	-0,0026	0,0419	0,0012	0,0030	-0,0021	0,0033
50	-0,0024	0,0390	0,0012	0,0030	-0,0027	0,0020

Gambar 3. Hasil perhitungan percepatan maksimum, minimum dan rata – rata percepatan

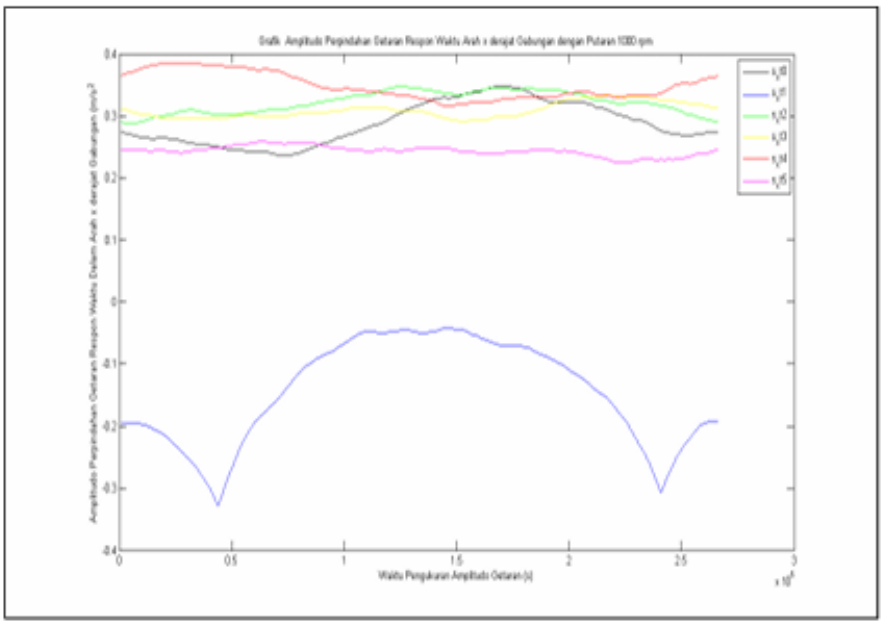
Pada Gambar 3 hasil perhitungan percepatan maksimum, minimum dan rata-rata percepatan tiap putaran sudut derajat Spanning Bolt dapat dilihat bahwa percepatan maksimum pada putaran sudut Spanning Bolt terjadi pada 36° yaitu dengan nilai sebesar 249,143 m/s , dan percepatan minimum keseluruhan dengan nilai sebesar -19,62 m/s pada 36° , sedangkan rata-rata percepatan keseluruhan dalam arah x dengan nilai sebesar 0,8940 m/s pada 36°. Dari hasil perhitungan dengan metode FFT atau (fast fourier transform) diketahui terjadi peningkatan percepatan pada sumbu x di putaran sudut Spanning Bolt 36°.

Pada tabel 4.5 hasil perhitungan kecepatan maksimum,minimum dan rata-rata kecepatan tiap putaran sudut Spanning Bolt arah x dapat dilihat bahwa kecepatan maksimum keseluruhan dengan nilai 0,0517 m/s pada 36° dan kecepatan minimum dengan nilai -0,0452 m/s , sedangkan kecepatan rata-rata dengan nilai 0,1880 m/s pada putaran sudut 180°.

Pada tabel 4.6 hasil perhitungan perpindahan maksimum, minimum dan rata rata getaran respon waktu arah x dapat dilihat bahwa perpindahan tertinggi dengan nilai sebesar 0,3855 m atau 385,5 mm pada putaran sudut Spanning Bolt 144° . Dilihat pada grafik 4.6 terdapat titik pertemuan amplitudo perpindahan getaran respon waktu dimana dalam fase kritis atau dengan

kata lain berada pada titik pertemuan nilai maximum, minimum dan mean dimana ini merupakan titik akhir dari kurva kesetimbangan, kemudian perpindahan minimum getaran dengan nilai 0,3163 m atau 316,3 mm yang mana dapat dinilai sangat baik pada putaran sudut Spanning Bolt 144° karena tidak melebihi stroke cam shaft, sedangkan rata-rata perpindahan getaran dengan nilai 0,3481 m atau 348,1 mm juga terletak pada putarn sudut Spanning Bolt 144°, sehingga proses pengaliran fluida dalam pengabutan dikatagorikan cukup baik dengan semakin panjang langkah radius jauh dari putaran terhadap cam artinya aliran fluida berjalan mulus dan minimnya getaran.

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



Gambar 4. Grafik amplitudo perpindahan getaran respon waktu arah x (m)

Pada grafik diatas pengaruh putaran sudut derajat spanning bolt pada radius kurvatur getaran, menunjukkan bahwa pada derajat putaran Spanning Bolt di sudut 0°, 72°, 108°, 180° dikatakan berada dikondisi normal sesuai dengan nilai yang ada dirata – rata di 0,1000 – 0,3000 m, kemudian pada derajat putaran Spanning Bolt di sudut 36° terlihat kondisi tidak stabil sehingga ada data extrim yang mempengaruhi pola pada grafik. Untuk derajat putaran Spanning Bolt di sudut 144° menunjukkan nilai tertinggi 0,4022 m, yang mana mengambarkan kondisi semakin baik atau efektif artinya jika nilai radius kurvatur semakin besar maka pola geometrik pergerakan roler pada cam berjalan dengan mulus karna semakin tinggi jarak atau pergerakan roler maka pergerakan roler minim getaran sehingga pengaliran fluida dalam pengabutan dikatagorikan cukup baik.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa dari data getaran single cam terhadap injection pump:

1) Dimana amplitudo percepatan putaran derajat Spanning Bolt pada sudut 36° memberikan nilai maximum tertinggi dengan nilai rata – rata sebesar 0,8940 m/s, bila dibandingkan dengan putaran lainnya pada amplitudo percepatan respon waktu.
2) Amplitudo kercepatan putaran derajat Spanning Bolt pada sudut 36° memberikan nilai maximum tertinggi dengan nilai rata – rata sebesar 0,1880 m/s , dalam arti keadaan pada fase titik kritis hal ini menunjukan bahwa getaran pada peralihan putaran rendah mencapai putaran tinggi tidak menjamin pompa injeksi berfungsi secara baik begitu juga sebaliknya.
3) Kemudian dilihat bahwa perpindahan tertinggi dengan nilai 0,3855 mm, pada putaran sudut Spanning Bolt 144° dan rata-rata perpindahan getaran dengan nilai 0,3481 m atau 348,1 mm juga terletak pada putarn sudut Spanning Bolt 144°, sehingga proses pengaliran fluida dalam pengabutan dikatagorikan cukup baik dan aliran fluida berjalan mulus dan minimnya getaran. Jadi dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan single cam masih dikatagorikan dapat memberikan getaran yang baik pada individual injection pump untuk kondisi dalam range putaran menengah.
4) Percepatan, kecepatan dan perpindahan pada putaran sudut spanning bolt untuk nilai RMS masih dikatagorikan nilai terendah dan tertingginya dalam kondisi stabil hal ini berarti pompa injeksi masih dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan standar ISO vibration severity. Untuk mencegah dari setiap getaran agar tidak overload dapat dilakukan penelitian atau bercobaan lebih lanjut untuk ISO yang akan digunakan untuk mengetahui umur pemakaian mesinnya.
5) Radius qurvature Percepatan, Kecepatan dan Perpindahan Getaran pada sudut derajat Spanning bolt menunjukkan nilai tertinggi pada sudut 144° jika mana nilai radius kurvatur semakin besar maka pola geometrik pergerakan roler pada cam berjalan dengan mulus karena semakin tinggi jarak atau pergerakan roler. Pada putaran dan tekanan yang diberikan pada nozel akibat pengaturan sudut spanning bolt, berhubungan dengan getaran yang diberikan / daya akibat pukulan cam dengan roler. Didapatkan dari hasil pembahasaan untuk pengaturan pada sudut spanning bolt dapat memberikan tekanan pada nozel untuk mengalirkan fluida yang timbul dari gaya dan dorongan nok cam shaft ke roler, hal ini pasti akan memberikan impack yang besar dalam hal ini getarannya. Terlihat dalam radius kurvatur nilai bahwa terdapat nilai putaran cam yang baik artinya di siklus radiusnya tanpa hambatan sebelum nok mengenai roler atau cam, dengan mengasumsikan semakin tinggi nilai radius kurvatur dalam (m) maka gaya yang disebarkan akibat tumbukan nok dan cam setara atau seimbang artinya minim getaran yang di timbulkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada kedua dosen pembimbing yang telah memebantu penulis serta Kepala Lab Proses Produksi Fakultas Teknik Universitas Pattimura Pak Jandry lohenapessy ats 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

B. Hunt, R. Lipsman, J. Rosenberg, K. Coombes, J. Osborn, G. Stuck., 2001. A Guide to
Matlab, for Beginners and Experienced Users, Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York.

Hadi. A , Tentua B. G., 2019. Algoritma Simulasi Numerik Getaran Dirrect Inline Harmonical Cam Follower Pada Valve Train Manifold Motor Diesel. Prosiding Seminar Nasional, Ale Archipelago Engineering, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura Ambon, ISSN: 2620-3995.

P.,45-51.
Ishihama et al. “Camshaft Sebagai penggerak Alat Pengukur pada Tenaga Putaran Chain Sproket”.2010.
Iffa. Darmawangsa., 2016. “ Analisa pengaruh Penambahan Durasi cam shaft terhadap unjuk kerja dan emisi gas buang “ Universitas Brawijaya.
Khovakh M., 1971. Motor Vehicle Engines, Mir Publishers, Moscow.
Koster M.P.,1970. Vibration of Cam Mechanism, Macmillan, London.
Machmud, Alif, 2013. Pengaruh Modifikasi Camshaft Terhadap Daya Dan Torsi Pada
Honda supra X 125D. Tugas akhir dipublikasukan. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
Nurten Vardar, Ahmet Ekerim, 2010. “Investigation of Exhaust Valve Failure in Heavy- duty Diesel Engine”, Gazi University Journal of Science 23(4):493-499.
Peter I. Kattan, 2009.MATLAB for Beginners: A Gentle Approach, Revised Edition
Rothbart Harold A., 2004. Cam Design Handbook, McGraw-Hill, New York.
Richard Blocher 2009, Dasar Elektronika, Penerbit Andi, Jogyakarta.
Serridge, Mark. Torben R. Licht.1987. Piezoelectric Accelerometer and Vibration Preamplifier Handbook, Bruel & Kjaer.
Yanpeng Fenga, Haijun Tang, Chunguang Li, Xiaoming Ma and Mingli xie, 2015. Failure Analysis of Internal Combustion Exhaust Valve. China Academy of Civil Aviation Science and Technology.