# Kalibrasi Pompa Injeksi Tipe *In-Line* Dalam Persamaan Volume Bahan Bakar Motor Diesel 4 Silinder

1) Hasrul Effendi, 2) Adi Pratama Putra, 2) Dewi Sartika

# 1)*Alumni Prodi Teknik Mesin Universitas PGRI Banyuwangi*

2)*Prodi Teknik Mesin Universitas PGRI Banyuwangi,*

*Jl. Ikan Tongkol 01 Banyuwangi, Jawa Timur, Indonesia*

*Email:*

***Abstract***

*Injector is an important component in the diesel engine fuel injection system. This study aims to obtain the results of the in-line type injection pump calibration in the equation of the fuel volume of a 4 cylinder diesel motor. The research was conducted by making simple calibration equipment. Experiments were carried out for 200-300 rpm, 350-450 rpm and 550-600 rpm experimental apparatus rotation speed. Measurements are made for the volume of fuel using a measuring cup. Injection pump calibration is done by loosening the lock on the sleeve then sliding the sleeve to the left or right on each plunger to get fuel volume similarity. The results of data collection before calibration showed the volume of fuel was 26 ml, 30 ml, 30 ml, and 28 ml.*

***Keywords: calibration, injecton pump, in-line, diesel engine***

# PENDAHULUAN

Penggunaan motor diesel dalam dunia usaha sudah banyak digunakan. Kendaraan bertenaga mesin diesel banyak memakai kendaraan yang menggunakan penggerak motor diesel untuk mengangkut barang seperti material, buah, dan lain-lain. Selain itu, para nelayan juga menggunakan motor diesel silinder banyak sebagai penggerak utama perahu penangkap ikan karena dinilai selain memiliki putaran mesin yang tinggi juga memiliki tenaga yang lebih besar. Akan tetapi banyak motor diesel yang digunakan masih menggunakan teknologi lama atau konvensional.

Motor diesel termasuk mesin pembakaran dalam dengan penyalaan kompresi (*compression ignition engine*), karena penyalaan bahan bakarnya menggunakan udara kompresi. Adapun cara kerja motor diesel empat langkah yaitu mebutuhkan empat kali langkah piston, dua kali putaran poros engkol untuk menghasilkan satu kali langkah usaha. Bahan bakar disemprotkan kedalam ruang bakar berbentuk butiran-butiran cairan halus atau dalaam bentuk kabut. Butiran-butiran cairan halus tersebut akan tercampur dengan udara yang terkompresi di dalam ruang bakar yang memiliki tekanan dan suhu tinggi. Udara yang memiliki suhu tinggi tersebut menyebabkan butiran-butiran cairan bahan bakar menguap dan menyatu dengan udara di dalam ruang bakar dan terbakar. Akibat proses pembakaran, udara semakin mengembang dan mendorong piston ke bawah dengan perantaraan *connecting rod*. Gerakan piston ini diteruskan ke poros engkol dan dirubah menjadi gerak putar.

Masalah yang terjadi pada motor diesel seringkali disebabkan karena gangguan pada pompa injeksi yang dapat dilihat dari asap yang dihasilkan dari proses pembakaran. Jika asap berwarna hitam, maka saat pengapian terlalu maju, sedangkan asap yang terlalu putih berarti saat penginjeksian yang terlalu mundur [1]*.* Asap banyak pada motor diesel terjadi karena proses pencampuran bahan bakar yang kurang homogen dan pembakaran yang kurang sempurna*.* *Trouble shooting* harus dilakukan ketika terjadi gangguan pada pompa injeksi dan perawatan berkala dapat mengurangi gangguan-gangguan pada sistem injeksi bahan bakar motor diesel [2]*.*

Salah satu komponen utama dalam sistem bahan bakar diesel diantaranya adalah injektor atau pengabut atau nosel. Injektor berfungsi untuk menghantarkan bahan bakar diesel dari injection pump ke dalam ruang bakar [3]. Pompa injeksi adalah suatu komponen pada motor diesel yang berfungsi untuk mendistribusikan bahan bakar dengan tekanan tinggi ke dalam masing- masing silinder melalui injektor sesuai jumlah yang di butuhkan dan waktu yang tepat serta urutan pembakaran. Pembakaran bahan bakar solar di ruang bakar memerlukan tekanan yang cukup tinggi. Hal ini sering kali menjadi penyebab ketidak sempurnaan proses pembakaran [4]. Tekanan pompa injeksi mempengaruhi kinerja mesin diesel [5]. Sistem kerja pompa injeksi adalah bahan bakar yang telah dikirim oleh feed pump diinjeksikan ke dalam ruang bahan bakar oleh pompa injeksi dan *nozzle* dengan cara ditekan oleh plunger yang bergerak ke atas. Pergerakan naik turunnya plunger tersebut diatur oleh *camshaft* [6].

Penelitian terkait sistem injeksi mesin diesel telah banyak dilakukan. Penelitian ini antara lain dilakukan untuk mendapatkan pengaruh parameter tekanan bahan bakar terhadap kinerja mesin diesel Type 6 D M 51 SS [7]. Perbedaan variasi tekanan injektor dikaji pengaruhnya terhadap opasitas/ kepekatan asap pada Mitshubisi L300 diesel [8]. Penelitian juga dilakukan dengan menganalisis getaran inline plunger pada pompa injeksi bahan bakar motor diesel [9]. Uji kerja injektor dilakukan terhadap putaran dan jenis semprotan menggunakan alat uji injektor [10]. Uji karakteristik penyemprotan bahan bakar biodiesel dikaji pada nozel mesin diesel dengan sistem injeksi langsung [11]. Kalibrasi pompa injeksi tipe distributor dilakukan dalam persamaan aliran bahan bakar terhadap konsumsi tiap silinder engine diesel [12]. Pengaruh kalibrasi pompa injeksi sebaris dilakukan pada mesin diesel terhadap emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar [13]. Modifikasi dan pengembangan dilakukan untuk mesin bubut sebagai mesin penguji injection pump motor diesel pada kendaraan ringan [14].

Pompa injeksi bahan bakar motor diesel secara garis besar dapat dibagi menjadi dua klasifikasi yaitu pompa injeksi tipe in-line, yang mempunyai jumlah mekanisme kompresi bahan bakar yang sama dengan jumlah silinder, pompa injeksi segaris bekerja sesuai dengan urutan injeksi yang ditentukan camshaft dan Pompa injeksi tipe distributor (pompa VE) hanya mempunyai satu mekanisme kompresi bahan bakar, distributor pompa injeksi memiliki mekanisme distribusi bahan bakar yang akan mendistribusikan bahan bakar bertekanan ke tiap silinder sesuai dengan urutan injeksi [15].

Untuk mempermudah dalam langkah trouble shooting pompa injeksi maka dibuat alat uji pompa injeksi motor diesel (tipe *in-line*) yang sederhana untuk menguji kerja pompa injeksi dan mengkalibrasi pompa injeksi tersebut [16]. Pengujian kalibrasi bertujuan untuk mengetahui bagaimana cara mengkalibrasi pompa injeksi agar bahan bakar yang disemprotkan oleh *nozzle* jumlahnya sama [12]. Mahalnya alat uji pompa injeksi yang membuat bengkel-bengkel kecil kesulitan untuk memiliki alat tersebut. Saat ini, alat uji pompa injeksi pabrikan memiliki harga puluhan sampai ratusan juta rupiah. Sehingga diperlukan alat uji pompa injeksi yang lebih terjangkau untuk mempermudah pekerjaan para mekanik.

Alat uji pompa injeksi merupakan suatu alat yang berfungsi untuk menguji kinerja dari pompa injeksi dengan memisahkan dari motor diesel dengan tujuan untuk mengkalibrasi pompa injeksi. Kalibrasi bertujuan untuk menstandarkan volume penyemprotan bahan bakar ke masing-masing silinder. Alat ini sangat bermanfaat bagi bengkel-bengkel yang melayani servis motor diesel konvensional karena dapat membantu kerja para mekanik untuk meningkatkan pelayanan servis [9].

# Permasalahan yang ada untuk mengkalibrasi pompa injeksi mesin diesel adalah diperlukannya sebuah perangkat uji atau *test bench* yang harganya relatif sangat mahal. Hal ini menjadi kendala tersendiri bagi praktisi atau pengusaha bengkel, terutama di sektor usaha kecil. Maka berdasarkan uraian masalah di atas diperlukan penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan hasil kalibrasi pompa injeksi tipe *in-line* dalam persamaan volume bahan bakar motor diesel 4 silinder.

# METODOLOGI PENELITIAN

#

# Gambar 1. Kerangka pikir

Motor diesel memiliki peranan yang penting dalam dunia industri dan dunia usaha. Pada era yang modern saat ini, motor diesel berteknologi lama masih banyak digunakan. Motor diesel memiliki koponen-komponen penting yang memiliki fungsi masing-masing untuk memaksimalkan performanya salah satunya adaah pompa injeksi. Pompa injeksi memiliki peranan yang sangat penting pada motor diesel yaitu mengatur jumlah bahan bakar yang akan diinjeksikan kedalam ruang bakar. Pompa injeksi memerlukan perawatan tersendiri agar performa mesin diesel tetap maksimal yaitu dengan cara kalibrasi. Kalibrasi perlu dilakukan yang bertujuan untuk menyamakan volume bahan bakar yang dipompa oleh masing-masing elemen pompa menggunakan alat kalibrasi sehingga didapatkan volume bahan bakar yang lebih efisien untuk proses pembakaran.

# Pompa injeksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah pompa injeksi tipe *in-line* untuk mesin diesel 4 silinder. Putaran alat divariasikan sebesar 200-300 rpm, 350-450 rpm dan 550-600 rpm. Pengukuran dilakukan untuk volume bahan bakar dan kerja pompa injeksi. Peralatan penelitian dapat dilihat pada skema di gambar 2 berikut ini.

#

# Gambar 2. Skema peralatan penelitian

Keterangan gambar 2:

1. Tangki bahan bakar
2. Pompa injeksi
3. Gelas ukur
4. Roda gaya
5. Bantalan (*bearing*)
6. Puli
7. Sabuk (*v-belt*)
8. Motor listrik

Langkah – langkah pengambilan data:

1. Memasukkan bahan bakar ke dalam tangki
2. Memasang pompa injeksi pada alat uji. Pemasangan dilakukan dengan cara menghubungkan pompa injeksi dengan poros pemutar menggunakan kopling, kemudian pompa injeksi dikunci dengan baut pengunci pada alat uji.
3. Memasang selang bahan bakar dari tangki ke pompa injeksi
4. Memasang pipa bahan bakar dari pompa injeksi ke gelas ukur.
5. Memutar motor listrik dengan kecepatan putar 200-300 rpm selama satu menit.
6. Mencatat data hasil pengujian.
7. Jika terdapat perbedaan volume bahan bakar yang dipompa oleh masing-masing *plunger*, maka pompa injeksi perlu dikalibrasi.
8. Mengulangi pengambilan data dengan variasi lainnya.

Teknik pengambilan data dilakukan dengan cara melihat volume bahan bakar selama satu menit dengan menggunakan variasi putaran pengujian yang berbeda. Dari proses tersebut maka akan diketahui berapa volume bahan bakar yang di pompa oleh masing-masing *plunge*r. Pengukuran putaran mesin dan alat dilakukan menggunakan tachometer digital. Pengukuran volume bahan bakar dilakukan dengan menggunakan gelas ukur. Waktu diukur menggunakan *stopwatch*. Pengambilan data juga dilakukan dengan menggunakan peralatan permesinan seperti kunci, kunci pas, obeng, tang dan lain-lain.

**III. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

Tabel 1. Data hasil penelitian

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| PuliMotor (cm) | PuliAlat (cm) | PutaranMotor (rpm) | PutaranAlat (rpm) | Waktu(menit) | Plunger 1 | Plunger 2 | Plunger 3 | Plunger 4 |
| Volume (ml) | Volume (ml) | Volume (ml) | Volume (ml) |
| 7,5 | 20 | 1545.6 | 581.1 | 1 | 26 | 30 | 30 | 28 |
| 1550.1 | 580.9 | 1 | 28 | 30 | 30 | 32 |
| 1549.1 | 581.3 | 1 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 6,5 | 20 | 1507.7 | 490.0 | 1 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| 1504.6 | 489.0 | 1 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| 1500.7 | 490.0 | 1 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| 4,5 | 20 | 1541.3 | 346.8 | 1 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 1540.8 | 345.7 | 1 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 1536.4 | 345.7 | 1 | 20 | 20 | 20 | 20 |

Tabel 2 Data volume bahan bakar yang dihasilkan dari pengujian

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Putaran Alat (rpm) | Waktu (menit) | Plunger 1 | Plunger 2 | Plunger 3 | Plunger 4 |
| Volume (ml) | Volume (ml) | Volume (ml) | Volume (ml) |
| 581.1 | 1 | 26 | 30 | 30 | 28 |
| 580.9 | 1 | 28 | 30 | 30 | 32 |
| 581.3 | 1 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 490.0 | 1 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| 489.0 | 1 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| 490.0 | 1 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| 346.8 | 1 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 345.7 | 1 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 345.7 | 1 | 20 | 20 | 20 | 20 |

**Rasio putaran pengujian**

Data diperoleh dengan cara membandingkan putaran *input* dan putaran *output* dengan rumus N1.d1 = N2.d2. Dari hasil tersebut selanjutnya diolah untuk mencari penurunan putaran dengan cara mengurangi putaran *input* dan putaran *output*.

Contoh :

Rasio yang dihasilkan dari penelitian dengan puli motor penggerak diameter 7,5 cm, dan puli alat 20 cm, dan putaran motor penggerak 1545,6 rpm. Rasio putaran yang dihasilkan :

*N1 . d1 = N2 . d2*

*1545,6 . 7,5 = N2.2o*

*N2 = 1545,6 . 7,5*

 *20*

*N2 = 579,6 rpm*

Penurunan putaran :

N1 - N2

1545,6 – 579,6 = 966 rpm

Jadi penurunan putaran yang terjadi pada pengujian adalah 966 rpm atau 62,5 % dari putaran motor penggerak.

**Debit Aliran Bahan Bakar**

Data diperoleh dengan cara membagi volume bahan bakar yang dihasilkan dalam pengujian dengan waktu atau lama pengujian. Rumus yang digunakan untuk mencari debit aliran adalah *Q = V/t*

Contoh ;

Pengujian pompa injeksi dengan 4 buah *plunger* selama 1 menit menghasilkan volume bahan bakar sebanyak 26 ml, 30 ml, 30 ml, dan 28 ml. Debit aliran yang dihasilkan oleh masing-masing *plunger* nomer 1 adalah:

*Q = V/t*

*Q1 = 26 ml / 60 detik*

*Q1 = 0,43 ml/detik*

Debit aliran yang dihasilkan oleh masing-masing *plunger* nomer 2 adalah :

*Q = V/t*

Q2 = 30 ml / 60 detik

Q2 = 0,50 ml/detik

Debit aliran yang dihasilkan oleh masing-masing *plunger* nomer 3 adalah :

*Q = V/t*

Q3 = 30 ml / 60 detik

Q3 = 0,50 ml/detik

Debit aliran yang dihasilkan oleh masing-masing *plunger* nomer 4 adalah :

*Q = V/t*

Q4 = 28 ml/ 60 detik

Q4 = 0,47 ml/detik

Jadi debit aliran yang dihasilkan pada masing-masing plunger adalah 0,43 ml/detik, 0,50 ml/detik, 0,50 ml/detik, dan 0,47 ml/detik.

Tabel 3. Data penurunan putaran berdasarkan variasi putaran

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Diameter pulimotor (cm) | Diameter pulialat (cm) | Putaranmotor (rpm) | Putaranalat (rpm) | penurunan putaranrata-rata (rpm) | prosentase penurunanputaran (%) |
|
|
| 7,5 | 20 | 1545.6 | 581.1 | 968.5 | 62.5 |
| 1550.1 | 580.9 |
| 1549.1 | 581.3 |
| 6,5 | 20 | 1507.7 | 490.0 | 1017.0 | 67.4 |
| 1504.6 | 489.0 |
| 1500.7 | 490.0 |
| 4,5 | 20 | 1541.3 | 346.8 | 1192.0 | 77.5 |
| 1540.8 | 345.7 |
| 1536.4 | 345.7 |

Tabel 4. Data debit aliran bahan bakar pada pengujian menggunakan variasi puli 7,5 cm

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Diameter pulimotor (cm) | Diameter pulialat (cm) | Putaranmotor (rpm) | Putaranalat (rpm) | Waktu(menit) | Ujicoba | Plunger 1 | Plunger 2 | Plunger 3 | Plunger 4 |
| volume (ml) | volume (ml) | volume (ml) | volume (ml) |
| 7,5 | 20 | 1545.6 | 581.1 | 1 | 1 | 26 | 30 | 30 | 28 |
| 1550.1 | 580.9 | 1 | 2 | 28 | 30 | 30 | 32 |
| 1549.1 | 581.3 | 1 | 3 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| rata-rata volume | 28.0 | 30.0 | 30.0 | 30.0 |
| debit aliran | 0.47 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |

Tabel 5. Data debit aliran bahan bakar pada pengujian menggunakan variasi puli 6,5 cm

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Diameter pulimotor (cm) | Diameter pulialat (cm) | Putaranmotor (rpm) | Putaranalat (rpm) | Waktu(menit) | Ujicoba | Plunger 1 | Plunger 2 | Plunger 3 | Plunger 4 |
| volume (ml) | volume (ml) | volume (ml) | volume (ml) |
| 6,5 | 20 | 1507.7 | 490.0 | 1 | 1 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| 1504.6 | 489.0 | 1 | 2 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| 1500.7 | 490.0 | 1 | 3 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| rata-rata volume | 27.3 | 27.3 | 27.3 | 27.3 |
| debit aliran | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.46 |

Tabel 6. Data debit aliran bahan bakar pada pengujian menggunakan variasi puli 4,5 cm

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Diameter pulimotor (cm) | Diameter pulialat (cm) | Putaranmotor (rpm) | Putaranalat (rpm) | Waktu(menit) | Ujicoba | Plunger 1 | Plunger 2 | Plunger 3 | Plunger 4 |
| volume (ml) | volume (ml) | volume (ml) | volume (ml) |
| 4,5 | 20 | 1541.3 | 346.8 | 1 | 1 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 1540.8 | 345.7 | 1 | 2 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 1536.4 | 345.7 | 1 | 3 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| rata-rata volume | 20.7 | 20.7 | 20.7 | 20.7 |
| debit aliran | 0.34 | 0.34 | 0.34 | 0.34 |

Gambar 3. Grafik persentase penurunan putaran berdasarkan varasi puli

Gambar 3 menunjukkan penurunan putaran yang terjadi akibat perbandingan puli antara puli motor dengan puli alat. Pada grafik terlihat penurunan putaran terkecil terjadi pada variasi puli nomer 1 dengan prosentase penurunan sebesar 62,5 % (diameter puli 7,5 cm), sedangkan penurunan putaran paling besar terjadi pada puli nomer tiga yaitu sebesar 77,5 % (diameter puli 4,5 cm).

Gambar 4. Grafik debit aliran bahan bakar

Gambar 4. menunjukkan grafik debit aliran aliran bahan bakar dalam dari semua pengujian. Terlihat pada uji coba menggunakan vaiasi puli nomer 1 (diameter 7,5 cm) ada perbedaan debit aliran yaitu 0,47 ml/detik. Hal itu disebabkan karena pompa innjeksi belum terkalibrasi.

Pada penelitian ini menggunakan penggerak motor listrik dengan daya 2 hp dan memiliki kecepatan putar 1500 rpm. Penghubung yang digunakan untuk menghubungkan putaran motor penggerak ke alat menggunakan puli dengan variasi puli motor penggerak berdiameter 7,5 cm, 6,5 cm, dan 4,5 cm dan puli alat yang digunakan memiliki diameter 20 cm. Data awal pengkalibrasian pompa injeksi dilakukan dengan menggunakan puli motor penggerak diameter 7,5 cm. Variasi puli motor penggerak digunakan untuk mencapai putaran pengujian pompa injeksi yang telah ditentukan yaitu 300-350 rpm, 450-500 rpm, dan 550-600 rpm.

Dilihat dari gambar 3, pengujian dilakukan menggunakan variasi puli motor penggerak 7,5 cm, 6,5 cm, dan 4,5 cm, sedangkan puli alat yang digunakan berdiameter 20 cm. Dari variasi tersebut terjadi pereduksian putaran motor listrik (1500 rpm) menjadi putaran pengujian. Pada pengujian menggunakan puli motor berdiameter 7,5 cm terjadi penurunan putaran sebesar 62,5 %, kemudian pengujian menggunakan puli motor berdiameter 6,5 cm terjadi penurunan putaran sebesar 67,4 %, dan pengujian dilaanjutkan menggunakan puli motor berdiameter 4,5 cm sehungga terjadi penurunan putaran sebesar 77,5 %. Besar kecilnya penurunan putaran dipengaruhi oleh besar kecilnya perbandingan puli. Semakin besar perbandingan puli akan menghasilkan penurunan putaran yang besar dan putaran *output* semakin kecil. Sebaliknya, semakin kecil perbandingan puli yang digunakan akan menghasilkan penurunan putaran yang kecil dan putaran *output* semakin besar.

Gambar 4 menunjukkan debit aliran bahan bakar yang dipompa oleh pompa injeksi berdasarkan variasi putaran pengujian. Pada pengujian menggunakan puli berdiameter 7,5 cm, terlihat pada *plunger* nomer 1 memiliki debit aliran yang paling kecil yaitu 0,47 ml/detik. Hal itu disebabkan karena pompa injeksi belum terkalibrasi. Kalibrasi pompa injeksi dilakukan untuk menyamakan volume bahan bakar yang dipompa oleh masing-masing *plunger*. Pengaturan volume bahan bakar yang dipompa dilakukan dengan cara mengendorkan pengunci *sleeve*, kemudian menggeser *sleeve* kekiri dan kekanan sampai diperoleh volume bahan bakar yang sama.

Pada pengujian menggunakan puli berdiameter 6,5 cm dan 4,5 cm terlihat debit aliran bahan bakar yang sama pada semua *plunger* dalam setiap variasi pengujiannya, akan tetapi semakin kecil puli motor yang digunakan akan menghasilkan debit aliran bahan bakar yang semakin kecil. Pada pengujian menggunakan puli motor berdiameter 6,5 cm menghasilkan debit aliran 0,46 ml/detik. Sedangkan pada pengujian menggunakan puli motor berdiameter 4,5 cm menghasilkan rata-rata debit aliran 0,34 ml/detik. Besar kecilnya debit aliran yang dihasilkan dipengaruhi oleh besar kecilnya perbandingan puli yang menyebabkan naik turunnya putaran pengujian.

1. **KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

1. Proses kalibrasi dilakukan dengan cara memasang pompa injeksi pada alat yang kemudian dihubungkan pada motor penggerak AC dengan menggunakan penghubung puli. Putaran pengujian yang dihasilkan dipengaruhi oleh perbandingan antara puli motor penggerak dengan puli alat. Semakin besar perbandingan puli, maka putaran output yang dihasilkan semakin kecil, sebaliknya jika perbandingan puli semakin kecil, maka putaran output yang dihasilkan semakin besar.
2. Hasil pengambilan data sebelum dikalibrasi menunjukkan volume bahan bakar sebanyak 26 ml, 30 ml, 30 ml, dan 28 ml. Kalibrasi pompa injeksi dilakukan dengan cara mengendorkan pengunci dari *sleeve* kemudian menggeser *sleeve* ke kiri atau kanan pada masing-masing *plunger*. Setelah dilakukan penyetelan, volume bahan bakar berubah menjadi 30 ml, 30 ml, 30 ml, dan 30 ml. Hal tersebut menunjukkan bahwa pompa injeksi sudah terkalibrasi.

**Saran**

Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dalam proses kalibrasi pompa injeksi sebaiknya menggunakan *injector*. Karena dengan menggunakan *injector*, volume bahan bakar yang dipompa oleh pompa injeksi dapat diketahui lebih spesifik.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Riyadi T, 2011, Cara Kerja dan Troubleshooting Sistem Bahan Bakar Isuzu Panther 4JA1-L. Tugas Akhir, Program Studi Diploma 3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
2. Priyanto. 2007. *Analisis Ganguan Sistem Injeksi Bahan Bakar Mesin Diesel Hyundai FE 120PS dan Cara Mengatasinya*, Proyek Akhir, Program Diploma III, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
3. Akhmadi AN, Qurohman MT, 2017, *Analisis Pengaruh Ketebalan Shim Terhadap Perubahan Tekanan Pengabutan Nozzle Tipe Satu Lubang Pada Isuzu Panther C223 Turbo*, Jurnal Mesin Teknologi (SINTEK Jurnal) 11(2): 70-78
4. Pranoto A, Hidayat T, 2017, *Rancang Bangun Alat Penghemat Bahan Bakar Preheater Water System (PWS) Untuk Bahan Bakar Bio Solar*, Jurnal Teknologi 10(2): 99-107
5. Sumardiyanto D, Susilowati SE, 2018, *Pengaruh Tekanan Pompa Bahan Bakar Tekanan Tinggi Terhadap Kinerja Mesin*, Jurnal Kajian Teknik Mesin 3(2): 98-105
6. Hari Cahyono, Iskandar, 2019, *Desain Rangka Bosch Pump Tipe In – Line 4 Silinder*, JRM 05(02): 145-151
7. Saidah A, 2012, *Pengaruh Parameter Tekanan Bahan Bakar terhadap Kinerja Mesin Diesel Type 6 D M 51 SS*, Rekayasa Teknologi 3(1): 39-45
8. Nasra Z, 2013, *Perbedaan Variasi Tekanan Injektor Terhadap Opasitas/ Kepekatan Asap pada Mitshubisi L300 Diesel*, Jurnal Penelitian Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Jurusan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
9. Tentua BG, 2015, *Analisis Getaran Inline Plunger pada Pompa Injeksi Bahan Bakar Motor Diesel*, Jurnal Teknologi, 12(2): 2067-2071
10. Riyadi S, Suyatno A, Fuhaid N, 2015, *Uji Kerja Injektor Terhadap Putaran dan Jenis Semprotan Menggunakan Alat Uji Injektor*, Widya Teknika 23(1): 34-38
11. Pinto A, Kusuma IGBW, Adnyana IWB, 2015, *Uji Karakteristik Penyemprotan Bahan Bakar Biodiesel pada Nozel Mesin Diesel dengan Sistem Injeksi Langsung*, Jurnal Logic 15(1): 1-5
12. Syahyuniar R, 2017, *Kalibrasi Pompa Injeksi Tipe Distributor Dalam Persamaan Aliran Bahan Bakar Terhadap Konsumsi Tiap Silinder Engine Diesel*, Jurnal Elemen 4(2): 61-69
13. Tarigan K, Hasballah, Malau BD, 2020, *Pengaruh Kalibrasi Pompa Injeksi Sebaris pada Mesin Diesel Terhadap Emisi Gas Buang dan Konsumsi Bahan Bakar*, Jurnal Teknologi Energi Uda 9(1): 62-73
14. Karmiadji DW, 2020, *Modifikasi dan Pengembangan Mesin Bubut Sebagai Mesin Penguji Injection Pump Motor Diesel pada Kendaraan Ringan*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin 8(1): 50-56
15. Cholidin N, 2013, *Penerapan Alat Peraga Pompa Bahan Bakar Tipe In-Line Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Materi Sistem Bahan Bakar Motor Diesel pada Perkuliahan Perakitan Otomotif II*, Skripsi, Prodi Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
16. Budiyarto I. 2011, *Rancang Bangun Alat Uji Pompa Injeksi Motor Diesel Multi Silinder*, Tugas Akhir, Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang