



## Rancang Bangun SST Pembuka Pegas Katup Berbasis Pneumatik Tanpa Melepas Kepala Silinder

### *Design And Development Of A Pneumatic Based Valve Spring Opener SST Without Removing The Cylinder Head*

Fharizal Fadhil<sup>1\*</sup>, Iffarial Nanda<sup>1</sup>, Donny Fernandez<sup>1</sup>, Milana<sup>1</sup>

#### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *Special Service Tool* (SST) pembuka pegas katup berbasis pneumatik yang memungkinkan penggantian *seal* katup tanpa perlu melepas kepala silinder dari mesin kendaraan, khususnya pada mesin mobil Avanza K3-Ve. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model DDD-E (*Decide, Design, Develop, Evaluate*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *Special Service Tool* (SST) pembuka pegas katup berbasis pneumatik untuk penggantian *seal* katup secara signifikan menurunkan waktu pengerjaan dari rata-rata 412 menit menggunakan metode konvensional menjadi 279 menit. Efisiensi waktu yang dicapai sebesar 32,28%. Dengan demikian, alat ini dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam proses perawatan mesin kendaraan.

#### Kata Kunci

*Special Service Tool* (SST), Pneumatik, Penggantian *Seal* Katup

#### Abstract

*This research aims to develop a pneumatic-based valve spring opener Special Service Tool (SST) that allows valve seal replacement without the need to remove the cylinder head from the vehicle engine, especially on the Avanza K3-Ve car engine. This research uses a Research and Development (R&D) approach with the DDD-E model (Decide, Design, Develop, Evaluate). The results showed that the use of a pneumatic-based valve spring opener Special Service Tool (SST) for valve seal replacement significantly reduced the processing time from an average of 412 minutes using conventional methods to 279 minutes. The time efficiency achieved was 32.28%. Thus, this tool can increase efficiency and effectiveness in the vehicle engine maintenance process.*

#### Keywords

*Special Service Tool* (SST), Pneumatic, Valve Seal Replacement

<sup>1</sup>Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang  
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang Sumatera Barat, Indonesia

\* [fharizalfadil@gmail.com](mailto:fharizalfadil@gmail.com)

Dikirimkan: 07 Mei 2025. Diterima: 01 Juni 2025. Diterbitkan: 14 Juli 2025.



## PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor memiliki peran penting dalam mendukung mobilitas dan sarana angkutan bagi masyarakat. Hal ini dapat dilihat dari peningkatan jumlah penggunaan kendaraan bermotor setiap tahunnya, seperti sepeda motor dan mobil. Pemeliharaan dan perbaikan kendaraan bermotor merupakan bagian penting dalam menjaga performa dan keandalan kendaraan [1]. Tingkat efisiensi dan efektifitas pekerjaan pemeliharaan dan perbaikan kendaraan juga sangat ditentukan oleh penggunaan peralatan kerja [2]. Penggunaan peralatan kerja seperti SST, dapat meningkatkan efisiensi dan efektifitas pekerjaan pemeliharaan dan perbaikan kendaraan bermotor. Untuk itu, pengembangan *Spesial Service Tool (SST)* terus dilakukan untuk mempermudah pekerjaan teknisi, mempercepat, dan membuat pekerjaan lebih efisien. SST biasanya dibuat berdasarkan oleh jenis kendaraan, model, spesifikasi kendaraan, dan diperuntukkan khusus untuk pekerjaan pada salah satu komponen atau beberapa komponen mesin saja [2].

Salah satu pekerjaan pemeliharaan dan perbaikan pada kendaraan, bagian yang sering mengalami kerusakan dan sering diperbaiki adalah pada bagian *engine*. Pemeliharaan dan perbaikan pada *engine* dilakukan dengan memeriksa, melakukan *overhaul*, atau mengganti komponen-komponen *engine* [3]. Salah satu mekanisme yang sering dibongkar dalam *overhaul engine* adalah mekanisme katup. Kerusakan pada mekanisme katup menyebabkan terjadinya berbagai gangguan pada kendaraan antara lain tekanan kompresi ruang bakar lemah, kendaraan mengeluarkan asap putih, pemakaian oli boros dan mesin sulit dinyalakan [4]. Kerusakan pada mekanisme katup disebabkan adanya kontak, gesekan, dan tumbukan terus menerus saat mekanisme katup beroperasi.

Mekanisme katup terdiri dari beberapa komponen yang terletak di bagian kepala silinder [4]. Mekanisme katup terdiri dari pegas katup, katup, batang penekan, dudukan katup, penghantar katup, *seal* katup, pengangkat katup, *camshaft* dan *rocker arm* [5]. Salah satu indikasi kerusakan komponen mekanisme katup yang perlu diganti adalah *seal* katup. *Seal* katup dapat mengalami keausan dan kerusakan serta pada pemakaian yang lama menyebabkan kualitas dan kinerja dari *seal* katup menurun. Umumnya kerusakan *seal* katup ini ada di angka 30-50 ribu kilometer pemakaian [6].

Penggantian *seal* katup, umumnya dilakukan dengan cara melepas kepala silinder dari mesin, kemudian melepas katup dari silinder. Kegiatan melepas katup dari kepala silinder umumnya menggunakan SST pembuka katup manual baik yang menggunakan sistem ulir atau menggunakan sistem tekan manual [4]. Untuk melepas katup menggunakan SST pembuka katup manual membutuhkan waktu selama 1,5 – 2 menit/katup atau diperlukan waktu sekitar 24-32 menit untuk melepas seluruh katup dari kepala silinder sebuah mesin yang memiliki 16 katup [7]. Untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas dalam melepas katup dari silinder, Upaya yang telah dilakukan diantaranya adalah dirancang bangun alat penekan pegas katup sistem pneumatik yang dilengkapi dengan penopang kepala silinder, kemudian hasil pengujian menunjukkan efisiensi waktu melepas katup sebesar 50% atau lebih singkat 9 menit dari SST pembuka katup manual [4]. Upaya lain juga dilakukan dengan merancang alat pembuka katup menggunakan mekanisme tuas, kemudian hasil pengujian menunjukkan efisiensi waktu melepas katup sebesar 76,28% atau lebih singkat 21 menit dari SST pembuka katup manual.

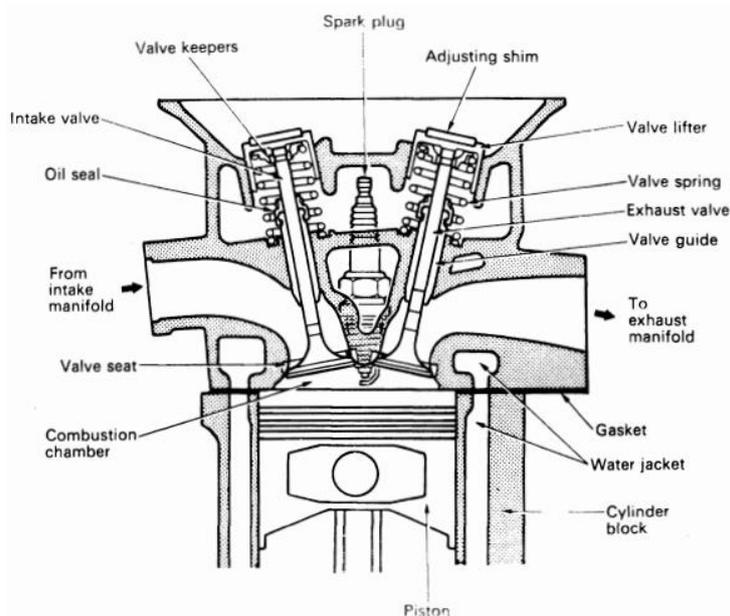
SST pembuka katup manual dan beberapa alat yang telah dibuat termasuk alat penekan katup sistem pneumatik dan alat pembuka katup mekanisme tuas hanya bisa dipakai dalam keadaan kepala silinder terlepas dari mesin, sehingga katup dapat ditahan langsung oleh salah satu lengan penahan pada SST, kemudian dilakukan penekanan pada *retainer* katup untuk melepas pengunci katup. Namun, pada beberapa kondisi, pekerjaan penggantian *seal* katup pada mesin kendaraan tidak memerlukan pelepasan kepala silinder agar dapat menghemat waktu dan efisiensi kerja. Untuk itu, perlu dirancang dan dibuat SST pembuka pegas katup yang

bisa dioperasikan tanpa melepas kepala silinder dengan memanfaatkan tekanan pneumatik untuk menahan katup sehingga pegas katup dapat ditekan tanpa melepas kepala silinder.

Konsep yang digunakan dalam mengembangkan alat pembuka pegas katup tanpa melepas kepala silinder ini dengan memanfaatkan sistem pneumatik yaitu udara bertekanan yang dikompresikan kedalam ruang silinder melalui lubang busi, sehingga dengan adanya udara bertekanan ini bisa menahan katup saat pegas katup ditekan untuk melepas pengunci katup. Untuk itu, pegas katup dapat dilepas tanpa melepas kepala silinder dan memudahkan pekerjaan penggantian seal katup. Tujuan penelitian ini adalah melakukan rancang bangun *Special Service Tool* (SST) pembuka pegas katup berbasis pneumatik untuk mempermudah penggantian seal katup tanpa melepas kepala silinder, dan menganalisis waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian seal katup menggunakan SST pembuka pegas katup berbasis pneumatik ini.

### Mekanisme Katup

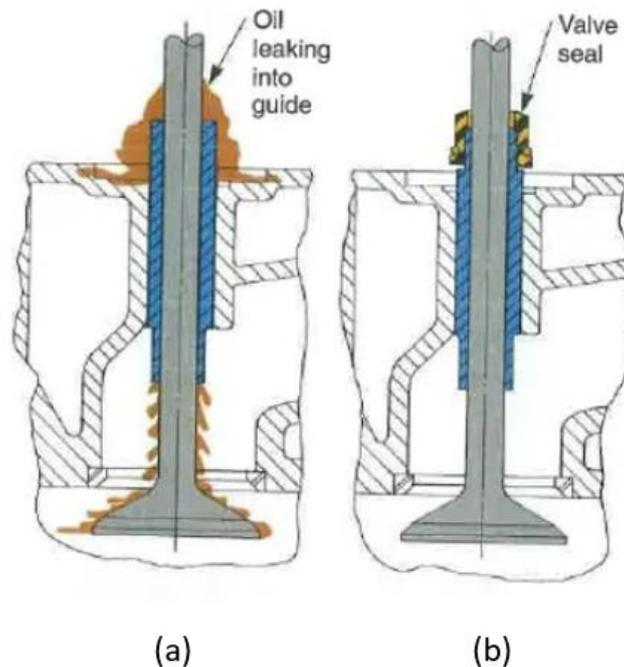
Mekanisme katup adalah suatu mekanisme yang mengatur waktu terbuka dan tertutup katup masuk dan katup keluar pada suatu mesin [8]. Komponen-komponen mekanisme katup seperti terlihat pada potongan kepala silinder pada Gambar 1.



Gambar 1. Potongan Kepala Silinder [9]

### Seal Katup

*Seal* katup merupakan komponen penting dalam mekanisme katup mesin kendaraan yang berfungsi untuk mencegah kebocoran oli dari kepala silinder ke ruang bakar [10]. *Seal* katup dipasang di atas batang katup dan mencegah oli masuk melalui jarak bebas antara batang dan pemandu katup. Tanpa *seal* katup, oli dapat masuk ke dalam silinder mesin dan terbakar selama pembakaran. Kondisi ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. (a) Tanpa Seal Katup, (b) Dengan Seal Katup [11]

*Seal* katup terkadang menjadi rapuh seiring bertambahnya usia dan mulai bocor. Karena jarak antara penghantar dan batang katup sangat kecil, penghantar akan lebih cepat aus setelah seal mulai bocor. Beberapa tanda-tanda umum kerusakan *seal* katup yaitu pada knalpot mengeluarkan asap keabu-abuan saat mesin hidup [11], oli mesin cepat berkurang, mesin mengalami *misfire*, munculnya banyak kerak pada busi.

### Spesial Service Tool (SST)

*Spesial Service Tool* (SST) adalah alat khusus yang dirancang untuk melakukan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan tertentu. SST tidak dapat digantikan oleh alat konvensional karena memiliki bentuk dan fungsi yang spesifik sesuai dengan kebutuhan suatu pekerjaan [12]. Dengan adanya SST, waktu perbaikan dapat dipersingkat karena alat ini mempermudah akses ke bagian-bagian yang sulit dijangkau dengan alat konvensional [13].

### Sistem Pneumatik

Pneumatik berasal dari bahasa Yunani yang berarti udara atau angin. Secara sederhana, sistem pneumatik merupakan tekanan udara yang dinaikkan oleh kompresor sehingga mampu menggerakkan berbagai alat [14]. Tekanan udara ini akan menggerakkan suatu silinder kerja di mana silinder inilah yang nantinya akan mengubah tenaga atau tekanan udara menjadi tenaga mekanik [12]. Keuntungan menggunakan sistem pneumatik diantaranya fluida kerja mudah didapat dan disalurkan dari suatu tempat ke tempat lain, dapat disimpan dengan baik, bersih dan kering, tidak peka terhadap suhu, aman terhadap kebakaran dan ledakan, sistemnya sederhana, dan murah.

## METODE PENELITIAN

Jenis metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan (*research and development*) [15], [16]. Penelitian ini menggunakan model penelitian DDD-E, secara umum tahapan dalam model DDD-E ini terdapat empat Langkah, yakni *Decide, Design, Develop, Evaluate* [17]. Dalam penelitian ini, peneliti membatasi penelitian hingga tahap *develop* (pengembangan) [18]. Penelitian dan pengujian alat pembuka katup

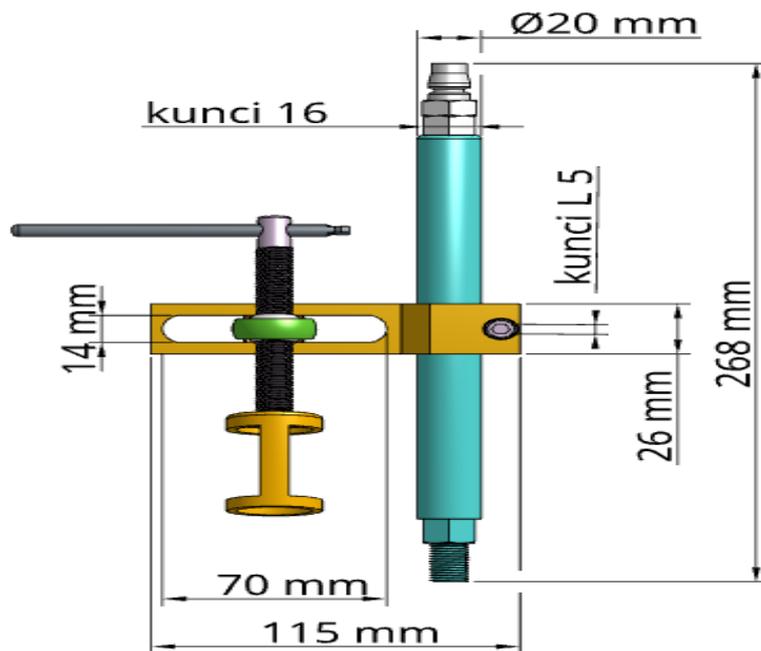
berbasis pneumatik dilakukan pada unit kendaraan dengan mesin Avanza K3-Ve dengan spesifikasi 4 silinder inline, DOHC 16 katup, VVT-i.

**Tahap Decide (Menentukan)**

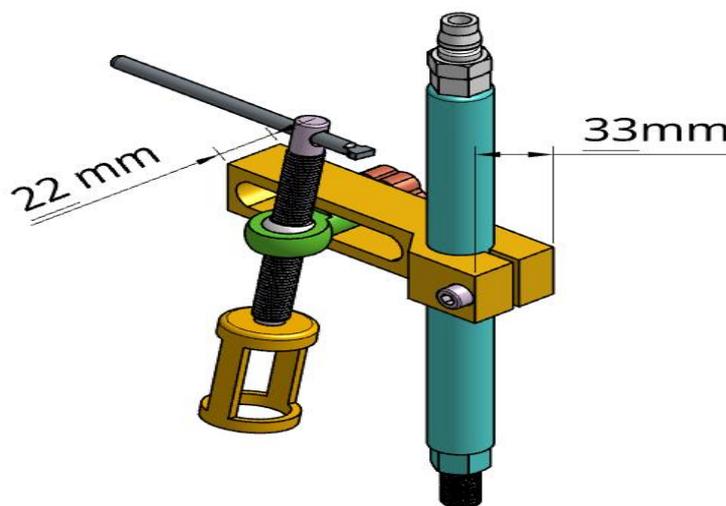
Tahap ini bertujuan mengidentifikasi kebutuhan dan tujuan pengembangan SST pembuka pegas katup berbasis pneumatik melalui literatur, wawancara teknis, dan pengamatan terhadap proses penggantian *seal* katup metode konvensional.

**Tahap Design (Merancang)**

Tahap ini merupakan proses desain SST pembuka pegas katup berbasis pneumatik menggunakan *software design*. Desain SST pembuka pegas katup berbasis pneumatik dapat dilihat pada Gambar 3. dan Gambar 4.



Gambar 3. Desain SST Pembuka Pegas Katup Berbasis Pneumatik (Tampak Depan)



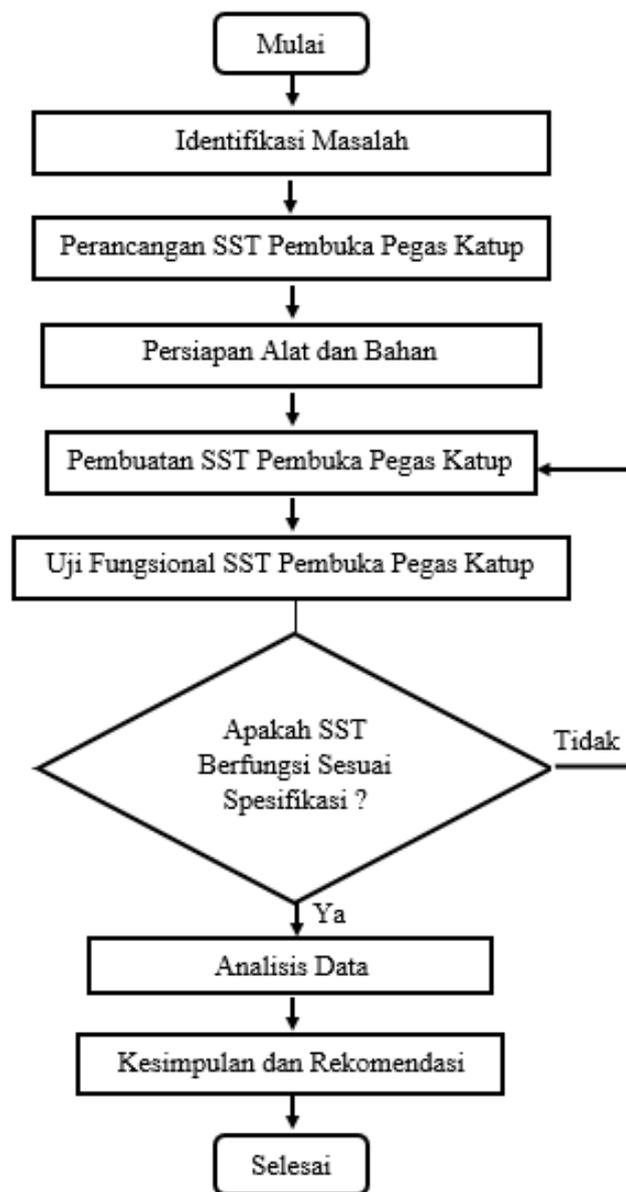
Gambar 4. Desain SST Pembuka Pegas Katup Berbasis Pneumatik (Tampak Samping)

### Tahap Develop (Mengembangkan)

Tahap ini adalah proses implementasi dari tahap *design* dimana SST pembuka pegas katup berbasis pneumatik yang sudah dirancang, kemudian dibuat sesuai spesifikasi yang telah ditentukan. Tahapan *Develop* termasuk dalam proses pembuatan alat serta pengujian alat untuk memastikan alat tersebut bekerja sesuai dengan tujuan [19].

### Tahapan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Tahapan Penelitian

### Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Dalam penelitian ini, teknik pengumpulan data dilakukan secara kuantitatif dengan pendekatan eksperimen langsung untuk mengukur waktu pengerjaan dan performa alat yang dikembangkan. Data yang dikumpulkan berupa pengukuran waktu pengerjaan penggantian seal katup menggunakan metode konvensional dan menggunakan SST pembuka pegas katup berbasis pneumatik. Kemudian teknik analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif

kuantitatif [20]. Setelah data diperoleh, dilakukan pengolahan menggunakan teknik statistik deskriptif seperti perhitungan rata-rata (*mean*), persentase performa alat, serta penyajian data dalam bentuk tabel. Rata-rata waktu pengerjaan digunakan untuk memberikan gambaran umum mengenai kecepatan kerja alat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Bagian ini merupakan hasil rancang bangun dari SST yang dilakukan.

### Proses Rancang Bangun

Hasil rancang bangun dan spesifikasi *special service tool* (SST) pembuka pegas katup berbasis pneumatik dapat dilihat pada Gambar 6. dan Tabel 1.



Gambar 6. Hasil Rancang Bangun SST Pembuka Pegas Katup Berbasis Pneumatik

Tabel 1. Spesifikasi *Special Service Tool* (SST) Pembuka Pegas Katup Berbasis Pneumatik

No	Komponen	Spesifikasi
1	Tabung Kompresi	Baja Seamless OD 20 mm x ID 15 mm. Panjang 241 mm
2	Lengan Penahan	Plat Baja S45C, ukuran 115 mm x 33 mm x 26 mm
3	Pengunci	Baut M10 x 1.5 panjang 15 mm
4	<i>Quick Coupler</i>	PM20 atau ¼"
5	<i>Bearing Ball Joint</i>	PHS10 ulir kanan
6	Baut Penekan	Baut M11.5 x 1.5
7	Penekan <i>Retainer</i>	Ø 25 mm

No	Komponen	Spesifikasi
8	Batang Pengikat	-
9	Baut Pengunci	Baut M8 x 1.25

### Pengujian Fungsi Alat

Pengujian dilakukan dengan membandingkan metode konvensional dan metode menggunakan SST pneumatik, masing-masing dilakukan sebanyak tiga kali percobaan. Hasil pengujian disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian

No	Langkah Pekerjaan	Metode Konvensional			Menggunakan SST Pneumatik		
		Percobaan ke- (Menit)					
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 1	Uji 2	Uji 3
1	Persiapan Alat & Tools	5	5	5	5	5	5
2	Lepas Cover Saringan Udara	10	10	10	10	10	10
3	Lepas Throttle Body Assy	11	10	10	0	0	0
4	Lepas Bracket Throttle Body	9	8	8	0	0	0
5	Lepas Fuel Delivery Pipe	10	9	10	0	0	0
6	Lepas Intake Manifold	18	16	17	0	0	0
7	Lepas Exhaust Manifold	15	17	15	0	0	0
8	Lepas Radiator	33	32	30	30	31	29
9	Lepas Koil Pengapian	5	4	4	5	4	4
10	Lepas Tutup Kepala Silinder	16	15	17	16	15	16
11	Lepas Crankshaft Pulley	10	8	9	11	9	10
12	Lepas Cover Timing Chain	21	22	19	20	22	20
13	Lepas Timing Chain	10	11	9	9	10	9
14	Lepas Camshaft	9	11	8	9	8	8
15	Lepas Kepala Silinder	20	17	18	0	0	0
16	Lepas Pengunci & Penahan Pegas	14	11	12	26	24	23
17	Lepas Katup	5	4	4	0	0	0
18	Ganti Seal Katup	10	9	9	15	15	13
19	Pasang Katup & Valve Lifter	23	20	20	35	33	33
20	Pasang Gasket & Kepala Silinder	21	19	20	0	0	0

No	Langkah Pekerjaan	Metode Konvensional			Menggunakan SST Pneumatik		
		Percobaan ke- (Menit)					
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 1	Uji 2	Uji 3
21	Pasang <i>Camshaft</i>	11	9	9	11	9	9
22	Pasang <i>Timing Chain</i>	12	10	10	11	9	10
23	Pasang <i>Cover Timing Chain</i>	20	21	19	21	20	19
24	Pasang <i>Crankshaft Pulley</i>	7	5	5	7	6	5
25	Pasang Tutup Kepala Silinder	10	10	9	10	8	9
26	Pasang <i>Intake Manifold</i>	17	18	17	0	0	0
27	Pasang <i>Exhaust</i>	15	16	15	0	0	0
28	Pasang Radiator	33	32	30	31	29	28
29	Pasang <i>Fuel Delivery &amp; Injectors</i>	15	15	13	0	0	0
30	Pasang <i>Throttle Body</i>	7	6	5	0	0	0
31	Pasang <i>Cover</i> Saringan udara	10	9	9	10	9	9
<b>Total Waktu</b>		432	409	395	292	276	269
<b>Rata-Rata</b>		412			279		

Tabel 2. data hasil pengujian menggunakan metode konvensional yang dilakukan sebanyak tiga kali percobaan, diperoleh rata-rata waktu pengerjaan sebesar 412 menit. Sementara itu, untuk metode menggunakan SST pneumatik pada pekerjaan yang sama, diperoleh rata-rata waktu pengerjaan sebesar 279 menit. Pada metode konvensional, total langkah kerja yang harus dilalui sebanyak 31 langkah, sedangkan dengan menggunakan SST pneumatik, jumlah langkah kerja dapat dipangkas menjadi 19 langkah.

### Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, terdapat perbedaan signifikan dalam waktu pengerjaan antara metode konvensional dan metode menggunakan SST pneumatik. Rata-rata waktu pengerjaan dengan metode konvensional adalah 412 menit, sedangkan menggunakan SST pneumatik hanya memerlukan waktu rata-rata 279 menit. Artinya, terdapat penghematan waktu sebesar 133 menit. Penggunaan *Special Service Tool* (SST) pembuka pegas katup berbasis pneumatik secara signifikan mempercepat proses penggantian seal katup. Hal ini dikarenakan metode ini menghilangkan kebutuhan untuk membongkar beberapa komponen seperti *throttle body*, *intake manifold*, *exhaust manifold*, dan kepala silinder, yang biasanya memakan waktu cukup lama. Persentase peningkatan performa alat dalam hal efisiensi pengerjaan berdasarkan rata-rata waktu pengerjaan penggantian *seal* katup menggunakan SST pembuka pegas katup berbasis pneumatik berbanding metode konvensional adalah 32,28%.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Hasil rancang bangun alat berupa *Special Service Tool* (SST) pembuka pegas katup berbasis pneumatik telah berhasil dikembangkan menggunakan model DDD-E (*Decide, Design, Develop*). Alat ini dirancang untuk memungkinkan proses pelepasan dan pemasangan pegas katup tanpa harus melepas kepala silinder dari mesin. Alat ini terdiri atas 9 komponen utama, yaitu: tabung kompresi, lengan penahan, pengunci, *quick coupler*, *bearing ball joint*, baut penekan, penekan *retainer*, batang pengikat, dan baut pengunci. Penggunaan *special service tool* (SST) pembuka pegas katup berbasis pneumatik menunjukkan efektivitas waktu yang signifikan dibandingkan metode konvensional. Rata-rata waktu pengerjaan dengan metode konvensional sebesar 412 menit, sedangkan dengan *Special Service Tool* (SST) pembuka pegas katup berbasis pneumatik hanya membutuhkan waktu 279 menit, sehingga terdapat penghematan waktu rata-rata sebesar 133 menit. Hasil perhitungan efisiensi waktu menunjukkan bahwa penggunaan alat SST pneumatik mampu meningkatkan efisiensi proses kerja sebesar 32,28% dibandingkan dengan metode konvensional

### Saran

Pemanfaatkan *Special Service Tool* (SST) dalam kegiatan pembuka pegas katup berbasis pneumatik sebagai alternatif alat bantu dalam proses penggantian *seal* katup. Perlu penyempurnaan dengan penambahan fitur pengaturan tekanan otomatis dan sistem pengunci yang lebih ergonomis guna meningkatkan kenyamanan dan keamanan dalam penggunaannya.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] S. C. R. H. Haliza and A. Qoiriah, "Predictive Maintenance untuk Kendaraan Bermotor dengan Menggunakan Support Vector Machine (SVM)," *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, vol. 2, no. 03, pp. 159–168, 2021, doi: 10.26740/jinacs.v2n03.p159-168.
- [2] A. Solihin, "Pembuatan Alat Bantu Teknisi Dalam Penyetelan Semprotan Air Washer Di PT. Wahana Sumber Baru Yogya," 2018.
- [3] A. Jaya, Akbar., Ikhzan, A. A. M., "Overhaul engine c.64 laporan tugas akhir," *Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Padang, Makassar*, p. BAB II(PAGE 5), 2021.
- [4] L. D. Anjiu and I. F. B. N, "Referensi Alat Mekanisme Tuas," vol. 5, no. 2, pp. 45–52, 2021.
- [5] F. D. Prasetya, "Analisis Sistem Mekanisme Katup pada Toyota Kijang 5K," 2009.
- [6] Uje and I. Wijaya, "Seal Klep Motor Perlu Diganti, Umumnya Kerusakan Tiap Berapa Kilometer?," *Otomotif.net*. Accessed: Nov. 09, 2024. [Online]. Available: [https://otomotifnet.gridoto.com/read/232468725/seal-klep-motor-perlu-diganti-umumnya-kerusakan-tiap-berapa-kilometer#google\\_vignette](https://otomotifnet.gridoto.com/read/232468725/seal-klep-motor-perlu-diganti-umumnya-kerusakan-tiap-berapa-kilometer#google_vignette)
- [7] R. S. Mulyono, W. Jatiarso, F. Anjasmara, G. F. Achyar, R. Ardhiansyah, and S. A. Pratama, "Rancang Bangun Alat Penekan Pegas Katup Sistem Pneumatik Dan Penopang Cylinder Head," *Jurnal Poli-Teknologi*, vol. 15, no. 3, pp. 257–262, 2017, doi: 10.32722/pt.v15i3.860.
- [8] D. P. Tampubolon, "Mekanisme Katup Kerja Kendaraan Roda Empat Pada Motor Bakar Bensin," *repository.uma.ac.id*, 2013.
- [9] Toyota Step 1, "New Step 1 Training Manual," 1995.
- [10] A. Aksenov and K. Iliine, "Influence of Interaction Between Oil and Rubber on Valve Stem Seal Oil Leakage," *ABAQUS Users' Conference*, pp. 1–16, 2006.
- [11] J. Erjavec, *410924632-Modern-AutoMotive-Technology-7th-Edition-pdf*, 7th ed. Tinley Park, IL: Goodheart-Willcox, 2014.
- [12] F. A. Setiawan, *Dasar - dasar Teknik Otomotif*, vol. 1. 2022.

- [13] A. Aryadi, R. F. Armas, and B. U. Wisesa, "Design and Development of a Special Service Tools Sliding Hammer for Removing Injector Nozzles on the SAA4D125E Diesel Engine," *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, vol. 5, no. 3, pp. 513–522, 2023, doi: 10.46574/motivection.v5i3.265.
- [14] M. H. Choiri, "Perancangan Sistem Otomasi pada Proses Pengemasan di Industri Air Botol Mineral PLC," no. December, 2022.
- [15] Fayrus and A. Slamet, *Model Penelitian Pengembangan (R n D)*. 2022.
- [16] M. Badri, D. Fernandez, and N. Hidayat, "Rancang Bangun Tempat Pengecatan Body dan Part Sepeda Motor," 2023.
- [17] R. Rahmat, "Gambar 3.1 Diagram Prosedur Penelitian R & D 23," <http://repository.upi.edu/>, pp. 23–30, 2014.
- [18] M. Azani, W. Purwanto, D. S. Putra, and H. Nasrullah, "Rancang Bangun Alat Penstabil Tegangan pada Generator Turbin Angin Sepeda Motor Modifikasi Injeksi," 2024.
- [19] R. Mesra, *Research & Development Dalam Pendidikan*. 2023.
- [20] Ardiansyah, Risnita, and M. S. Jailani, "Teknik Pengumpulan Data Dan Instrumen Penelitian Ilmiah Pendidikan Pada Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif," *Jurnal IHSAN: Jurnal Pendidikan Islam*, vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2023, doi: 10.61104/ihsan.v1i2.57.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan.