

SPECIAL TOOL VALVE SPRING COMPRESSOR UNTUK OPTIMASI WAKTU *DISASSEMBLE* DAN *ASSEMBLE* INTAKE DAN *EXHAUST VALVE* CAT DIESEL ENGINE 3400 SERIES

M. S. Effendi¹

¹Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banjarmasin, Banjarmasin
Corresponding author: msyafwsansyah@poliban.ac.id

ABSTRAK: Penggunaan *manual spring compressor* ternyata cukup rumit terutama jika dilakukan oleh satu orang saja, sehingga pekerjaan akan sedikit lebih memakan waktu. Berbeda halnya dengan penggunaan *pneumatic valve spring compressor*, karena menggunakan kekuatan angin bertekanan pekerjaan akan berlangsung lebih cepat. Namun masalah yang muncul adalah pada beberapa pengerjaan di lapangan, ternyata cukup sulit dan merepotkan karena harus mencari membawa kompresor udara dalam setiap pekerjaan sehingga pekerjaan pun juga akan memakan waktu. Perlu desain *valve spring compressor tool* yang yang dapat menghemat waktu service penggunaan dari desain ini sekecil mungkin. Hipotesa akan terjadi optimasi penghematan waktu penggunaan dari desain *valve spring compressor tool* untuk CAT engine 3408 series. Variabel uji adalah berupa data waktu penggunaan pelepasan semua valve. Pengujian langsung pada CAT Engine 3408 baik dengan tool standar dan new desain Valve Spring Compressor (VSC) . Pengujian dilakukan sepuluh kali dengan person yang berbeda yang sudah mempunyai bekal keterampilan dalam melakukan service general overhaul maupun top overhaul

Analisis data menggunakan metode deskriptif , yaitu dengan mendeskripsikan atau menggambarkan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai realita yang diperoleh selama pengujian. Data hasil penelitian yang diperoleh dimasukkan ke dalam tabel serta dianalisa dengan uji statistik *t-Test Paired Sample for Means*.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah pertama desain dari special tool valve spring compresor cukup sederhana dan berfungsi dengan baik. Karena dapat melepas 4 spring valve sekaligus dan tool sangat efektif digunakan dengan optimasi selisih penghematan waktu 24,4 detik ketika melepas spring valve, dan 22,5 detik ketika memasang melepas spring valve

Kata Kunci: *Diesel Engine, Spesial tool, Valve spring compressor, Optimasi*

ABSTRACT: *Using a manual spring compressor is quite complicated, especially if it is done by one person only, therefore the work will take more time. It is different from the case with the use of pneumatic valve spring compressors, because by using the power of pressurized wind the work will be faster. However, the problem that arises in some of the work in the field is because we have to carry an air compressor in every job making that make the work take longer time. Therefore, a valve spring compressor tool design that can save service time is needed. The hypothesis of this study is that there will be optimization of usage time savings by using the valve spring compressor tool design for CAT engine 3408. The test variable is the time data for using the release of all valves. Testings on CAT Engine 3408 were done with both standard tools and new designs. The testing was conducted ten times with different people who already have the skills to do overhaul and top overhaul general service.*

Data analysis used descriptive method, that is by describing systematically, factually, and accurately about the reality obtained during the test. The research data obtained were entered into a table, then analyzed by statistical test t-Test Paired Sample for Means.

The conclusion of this research is that the design of the special tool of valve spring compressor is quite simple and works properly because it can remove 4 spring valves at once and there is a time saving of 24.4 seconds when removing the spring valve, and 22.5 seconds when installing and removing the spring valve.

Keyword: *Diesel Engine, Spesial tool, Valve spring compressor, Optimization*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Salah satu kegiatan perawatan perbaikan engine yang paling penting dan membosankan serta berbahaya adalah pelepasan dan pemasangan katup dan pegas katup kompresi dimana pegas katup sangat kuat. Dapat dilihat bahwa jika pegas dikompresi secara manual, ada kemungkinan pegas terlepas secara tidak sengaja dan cedera parah dan serius. Dari beberapa pengamatan yang dilakukan oleh Bryan dan Bryan dalam (Sillero 2018) pekerja mengalami kesulitan untuk melepaskan dan pasang katup dan pegas katup menggunakan kompresor pegas katup mekanis. Pentingnya spesial tool untuk pekerjaan ini menjadi prioritas sebagaimana tujuan utama peralatan ini dibuat karena mekanik dapat membantu memperlancar katup pelepas dengan baik dan baik cepat sehingga efisien dalam penggunaan waktu (Burlian and Liwaldo 2016) serta keselamatan yang terjamin. Untuk beberapa atau alasan lain (Swapnil.S. Marathe 2015) menjadi wajib untuk melepas atau mengganti banyak komponen pada mesin pembakaran internal untuk alat berat yang aus seiring waktu. Komponen ini termasuk segel batang katup yang diposisikan di kepala silinder mesin. Biasanya, perbaikan seperti itu hanya dapat dilakukan dengan membuang pegas katup yang mengelilingi batang katup.

Penelitian terkait dengan *Valve Spring Compressor* memang belum banyak tapi ada diantaranya M. Razali Hanipah (M. Razali Hanipah 2019) *Design and parametric characterization of flexure bearing as automotive valve spring replacement*, Pecaso, Jimcel P (Pecaso 2016) *Combined Mechanical And Hydraulic Valve Spring Compressor For I-Head Valve Engines: An Innovation*, Pavankumar Janardan Vibhute (Vibhute 2011) *Open-Coil Retraction Spring*, Anthony Simons (Simons, Quartey, and Frimpong Asante 2020) *Conceptual Design and Finite Element Fatigue Life Analysis of a Poppet Valve Spring Compressor*, Rawool, Haresh Sunil (Rawool 2019) *Design development , and manufacturing of hydraulically operated coil spring compressor for Mac Pherson type suspension system*.

Selain dari penelitian juga ada beberapa patent terkait desain *valve spring compressor* seperti patent nya Kenneth W. Wilhelm (Kenneth W. Wilhelm 1981) berupa *Desain Valve spring compressor tool* , paten oleh S. Johnson, Troy, Mich (Joel S. Johnson, Troy 1984) *Valve spring compressor for internal combustion engine*, paten Romeo Antonio Duarte (Romeo Antonio Duarte 2010) desain *Cylinder Valve Spring Compressor*, Robey, Peter D (Robey 1997) *Valve Spring Compressor Tool*. Patennya sudah lama diatas 15 tahun dan desain-desain nya mengacu pada teknologi yang lama.

Menurut Swapnil.S Marathe (Swapnil.S. Marathe 2015) perkakas dengan rakitan kompresor katup ganda cukup besar dan sulit diguide serta dipasang pada cylinder head diesel engine. Untuk mengatasi masalah ini berdasarkan dari pengamatan pekerjaan service, ditambah review pengalaman para mekanik dalam melakukan pekerjaan *disassemble dan assemble* di

lapangan dengan menggunakan *pneumatic tool* tersebut, dan kajian beberapa penelitian terkait valve spring compressor serta beberapa model yang sudah dipaten kan maka sangat menarik untuk melakukan rancang ulang/modifikasi terhadap *manual valve spring compressor* dengan melakukan perombakan total pada sistem kompres manualnya guna meningkatkan efektifitas pekerjaan dan menurunkan level kerumitan pemakaian jika nantinya akan dilakukan oleh satu orang saja dan memiliki cara kerja yang lebih ringkas dan dapat dipakai walapun tidak tersedia sumber energi untuk *power tool*. Perlu desain *valve spring compressor tool* yang yang dapat menghemat waktu service penggunaan dari desain ini sekecil mungkin. Hipotesa akan terjadi optimasi penghematan waktu penggunaan dari desain *valve spring compressor tool engine 3408* yang efektif.

Rumusan Masalah

Dari hasil kajian pendahuluan permasalahan yang mendasar pada valve spring compressor adalah seberapa efektif dan aman tool yang didesain sebagai valve spring compressor digunakan. Sehingga permasalahan ini bisa dirangkum sebagai berikut:

1. Bagaimana desain *valve spring compressor tool* yang efektif?
2. Seberapa efektif dan efisien *valve spring compressor tool* ini ketika difungsikan

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian terapan ini adalah :

1. Mendesain dan membuat valve spring compressor tool yang efektif
2. Menguji seberapa efektif dan efisien valve spring compressor tool ini ketika difungsikan

TINJAUAN PUSTAKA

Cylinder Head

Cylinder head adalah komponen utama suatu *engine* yang berfungsi membatasi ruang bakar dan merupakan cor-an yang terpisah yang menyekat bagian atas *engine block* dimana terdapat *valve gp, injector, water jacket, valve train* dan komponen sistem bahan bakar lain. *Cylinder head* juga dirancang dengan struktur yang memiliki kekuatan dan kekakuan yang tinggi. *Cylinder head* lolos pengujian *deep thermal cycle shock* yang teliti untuk memastikan daya tahannya. Sehingga dihasilkan *Cylinder head* yang memiliki ketahanan terhadap timbulnya retak. Tergantung rancangannya, *Cylinder head* dapat berupa *single casting* (cor-an tunggal), ataupun terdiri dari beberapa cor-an yang menutup satu *cylinder* atau lebih.

Cylinder Head Valve

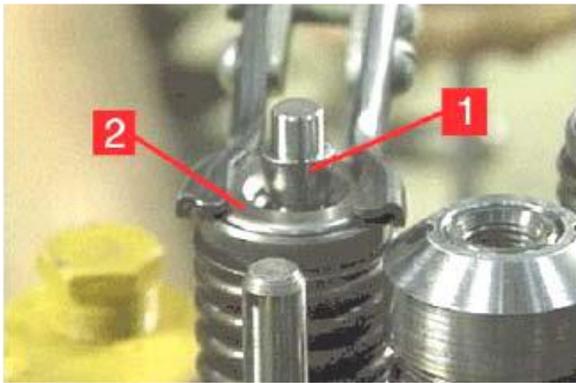
Valve berfungsi mengatur aliran udara dan gas buang dari ruang pembakaran. Saat *intake valve* membuka, udara memasuki ruang bakar dan saat *exhaust valve* membuka, gas buang keluar dari ruang bakar. *Exhaust* dan

intake valve pada kebanyakan *engine diesel* dibuat dari material anti aus agar tahan lama. Ada tiga material yang digunakan pada *exhaust valve*. *Stem* dibuat dari *stainless steel* yang dikeraskan. Campuran logam khusus digunakan untuk *head* agar tahan terhadap suhu tinggi dan *sealing face* terbuat dari *hard facing alloy* (campuran yang permukaannya dikeraskan). *Head* dan *stem* pada *intake valve* dibuat dari *stainless steel* dan dikeraskan agar tahan terhadap keausan

Valve Spring Assembly

Valve spring mempertahankan *valve* agar tertutup kembali. Komponen ini terpasang diatas *valve* dan ditahan oleh *keeper* (atau *collet*) dan *retainer* atau *rotator* gambar (2) *Valve spring* dipasang diatas *valve stem*. *Retainer* atau *rotator* mengunci *keeper* pada *valve groove* dan sebagaiudukan untuk *valve spring* agar menekan dan menutup *valve*.

Setiap *valve* memiliki *rotator*, yang akan memutar *valve* sekitar 3° relative terhadap *valve seat insert* setiap kali *valve* bekerja. Hal ini untuk memastikan agar keausan merata dan usia pakai *valve* menjadi lebih lama dan membantu mencegah terbakarnya *valve*



Gambar 1. Valve Spring Assembly

Review Penelitian Terdahulu

Pecaso, Jimcel P (Pecaso 2016) dalam penelitiannya *Combined Mechanical And Hydraulic Valve Spring Compressor For I-Head Valve Engines: An Innovation*, dimana dalam gagasan penelitiannya, merencanakan, membuat, dan menilai tingkat optimasi yang baik dari *Combined Mechanical and Hydraulic Valve Spring Compressor* untuk silinder head yang mampu melepaskan dan memasang kembali beberapa katup mesin dalam satu pengaturan. Kesimpulannya menunjukkan bahwa peralatan menunjukkan tingkat optimasi yang tinggi terkait dengan fungsionalitas, kegunaan, dan keamanan.

Simons Anthony, Quartey Gideon, Frimpong Asante dan Nathaniel (Simons, Quartey, and Frimpong Asante 2020) dalam penelitiannya *Conceptual Design and Finite Element Fatigue Life Analysis of a Poppet Valve Spring Compressor*. Pada penelitian ini berkaitan dengan kekuatan material merancang alat kompresi pegas katup poppet yang efisien dan mudah digunakan dengan massa

total 0,88 kg. Analisis menggunakan analisis elemen hingga (FEA) dilakukan pada bagian atas dan bawah alat untuk memeriksa responsnya karena beban yang bekerja padanya selama pemakaian. Diketahui dari analisis bahwa kerangka atas kompresor pegas katup mengalami tegangan von Mises tertinggi sebesar 59,77 MPa di daerah leher, sedangkan analisis kelelahan yang sesuai menunjukkan umur kelelahan maksimum sebesar $8,355 \times 10^9$ siklus.

Sillero, Thesius S (Sillero 2018) dalam penelitiannya *Desain and Development of Portable Hydraulic Valvespring Compressor*. Dimana penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan *Hydraulic Valve Spring Compressor* Portabel, dan mengujinya dan mengevaluasi kinerjanya dalam hal kemudahan penggunaan, efisiensi waktu pengerjaan, jumlah pekerja yang terlibat selama pengerjaan dan kualitas pekerjaan. Analisa data penelitian menggunakan desain deskriptif komparatif, uji-t sebagai alat statistik, angket dan pedoman observasi untuk mengumpulkan data. Berdasarkan temuan tersebut, peneliti mengungkapkan bahwa *Hydraulic Valve Spring Compressor* Portabel mudah digunakan, elemen waktu lebih sedikit, tenaga kerja lebih sedikit, dan kualitas pekerjaan lebih baik.

Burlian, Firmansyah dan Liwaldo, Oky (Burlian and Liwaldo 2016) dalam penelitiannya *Design of spring valve cylinder head opening tools*, dimana dalam tulisan ini dilakukan sebagai tahap awal untuk mendesain suatu alat, kemudian dilakukan perhitungan gaya yang dibutuhkan untuk melepas benda kerja pegas valve. Alat dibuat sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan kemudian dilanjutkan dengan pengujian alat. Setelah alat diuji, dilakukan evaluasi dan studi literatur yang akan digunakan untuk pemilihan bahan. Dari perhitungan data, gaya yang dibutuhkan untuk menekan pegas klep adalah 1942,4 N dan material yang menggunakan baja SC-42. Mekanisme kerja alat dengan menggunakan tuas atau tuas agar memudahkan penekan pegas klep.

METODOLOGI PENELITIAN

Desain Model 3D dan Detil 2D

Tahapan awal desain dengan mempertimbangkan aspek-aspek safety, ergonomis, efisien berdasarkan pada kajian kajian research terdahulu dan paten. Disamping itu juga mempertimbangkan masukan-masukan para mekanik yang berpengalaman terlibat langsung menggunakan tool standar selama ini ketika mereka melakukan general overhaul maupun top overhaul.

Desain menggunakan software Autodesk Inventor 2021 untuk model 3D yang tujuannya nantinya memudahkan visualisasi model sebelum masuk tahap fabrikasi, serta mereview dan meminimalisir kesalahan desain. Detil rancangan akan dituangkan dalam gambar 2D dengan Autocad 2021, dimana detil-detil ukuran semua komponen yang membangun tool ini yang dijadikan informasi proses machining pembuatan komponen-komponen dengan ketelitian yang tinggi.

Fabrikasi Prototipe

Semua komponen berbahan baja, yang dikerjakan dengan menggunakan milling machine, serta turning machine berdasarkan rancangan yang tertuang dalam gambar 2D. Selanjutnya akan di assemble menjadi Valve Spring Compressor yang siap untuk dilakukan pengujian.

Variabel Uji dan Rancangan Pengujian

Variabel uji adalah berupa data waktu penggunaan pelepasan semua valve. Pengujian langsung pada CAT Engine 3408 baik dengan tool standar dan new desain Valve Spring Compressor (VSC) . Pengujian dilakukan berkali kali dengan person yang berbeda yang sudah mempunyai bekal keterampilan dalam melakukan service general overhaul maupun top overhaul. Bentuk tabel data sebagai berikut :

Tabel 1 Format Tabel Data Pengujian *Disassemble Valve*

No	Penguji	Tool Standar (menit)	New VSC (menit)
1.	Penguji 1		
2.	Penguji (ke-n)		

Tabel 2 1 Format Tabel Data Pengujian Pengujian *Assemble Valve*

No	Penguji	Tool Standar (menit)	New VSC (menit)
1.	Penguji 1		
2.	Penguji (ke-n)		

Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan cara membandingkan data dua kelompok sampel berupa durasi waktu yang dibutuhkan proses *assemble dan disassemble valve*, atau membandingkan data antara kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol, atau dengan membandingkan peningkatan data kelompok eksperimen dengan peningkatan data kelompok kontrol dengan uji statistik *t-Test Paired Sample for Means*. Perhitungan statistik dengan menggunakan software SPSS versi 21.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Tool

Tool di desain dalam bentuk gambar 2D dan 3D dengan software Autocad dan Inventor. Untuk Desain 3D sebagaimana gambar (2).

Terdapat 2 buah *layer* yaitu *Upper layer (Spring disk)* dan *Lower layer (Valve disk)*. *Lower layer (Valve disk)* berbentuk lingkaran dengan diameter 137 mm dan tebal 5 mm, *Valve disk (Lower layer)* terdapat lubang dengan diameter 19 mm untuk memasukkan *Stud* dan pada bagian bawah *Valve disk (Lower layer)* terdapat *Nut* yang di las langsung dengan *lower layer* sebagai dudukan *Stud*. Panjang *stud* yang di gunakan ialah 260 mm dengan

ukuran *thread M18x20*. *Upper layer (Spring disk)* merupakan plat dengan ukuran 100 mm x 100 mm. Plat ini memiliki tebal 10 mm dan pada bagian atas palt di bor dengan diameter 22 mm di mana lubang ini nantinya ialah untuk melepas *Lock/collet* pada *valve*. Untuk bagian bawah pada *upper layer (Spring disk)*, lubang pada plat yang semula 22 mm akan di perbesar hingga berdiameter 35 mm dan dalam bor tersebut ialah 5 mm yang nantinya lubang tersebut akan digunakan untuk menahan *Valve spring* agar *Valve spring* dapat duduk secara sempurna pada alat ini. Pada *Upper layer (Spring disk)* ini juga di bor pada bagian tengah-tengahnya dengan diameter 20 mm sebagai tempat *Stud* nantinya. Jarak *Pitch /Ukuran* antar tengah lubang ialah 65 mm.



Gambar 2. Desain 3D Special Tool Valve Spring Copressor

Sistem operasi *tool* ini secara ringkas adalah sebagai berikut:

- *Lower layer (Valve disk)* diletakkan di bawah *valve face* untuk menahan turunnya *valve* saat *spring* ditekan. Caranya ialah dengan memasukkan *stud* dari bagian bawah *cylinder head* melalui lubang *injector (sleeve injector)* sudah di lepas
- *Upper layer (Spring disk)* dimasukkan ke dalam *stud* dan dipasang di atas *rotocoil valve*. Pastikan *rotocoil valve* sudah benar-benar duduk pada lubang yang terdapat pada *upper disk (spring disk)*.
- *Bearing* digunakan untuk mengurangi friksi antara *nut* dan *washer* (permukaan *tool*), pasang *nut* dan kencangkan (*track*) hingga *lock/collet* bisa dilepas. Gunakan *magnet assembly* atau *Seal pick* dalam melakukan pelepasan *lock/collet*.

Data Hasil Pengujian

dilakukan uji pada 10 *participant* atau 10 objek analisa dan di ambil waktu rata-rata dari 10 sampel tersebut untuk proses *assemble* dan *disassemble*. Untuk proses *disassemble* menggunakan mekanisme *top & bottom layer* memerlukan waktu rata-rata sekitar 1 menit 30 detik untuk melepas 4 *valve spring*, dan yang menggunakan *Pneumatic valve spring compressor*

memerlukan waktu 1 menit 15 detik untuk melepas 4 *valve spring*. Dari sini bisa kita simpulkan bahwa *tool pneumatic valve spring compressor* masih lebih unggul dari segi waktu di dibandingkan dengan mekanisme *top & bottom layer*, namun untuk proses *assemble* yang menggunakan *tool* dengan mekanisme *top & bottom layer* memerlukan waktu rata-rata 2 menit 28 detik untuk memasang 4 *valve spring* sedangkan menggunakan *pneumatic valve spring compressor* memerlukan waktu rata-rata 2 menit 59 detik untuk memasang 4 *valve spring*. Dari sini bisa di simpulkan bahwa *tool* yang kami buat dalam hal ini dengan mekanisme *top & bottom layer* masih lebih unggul dari segi waktu.

Namun sebagai catatan, karena proses pemasangan *lock /collet* sering jatuh karena posisi *cylinder head* nya miring, maka dari itu diperlukan oli untuk merekatkan atau menempelkan *collet* supaya tidak mudah jatuh. Parameter ini sedikit banyak dipastikan akan mempengaruhi durasi pemasangan *valve gp* ataupun debris yang telah mengering pada permukaan *cylinder head* . Parameter ini sedikit banyak dipastikan akan mempengaruhi durasi pelepasan *valve gp*.

Tabel 3 Data Hasil Pengujian *Disassemble Valve*

No	Penguji	New VSC (detik)	Tool Standar (detik)
1.	Penguji 1	70	105
2.	Penguji 2	66	91
3.	Penguji 3	68	89
4.	Penguji 4	64	84
5.	Penguji 5	62	81
6.	Penguji 6	80	115
7.	Penguji 7	113	134
8.	Penguji 8	87	117
9.	Penguji 9	68	85
10.	Penguji 10	69	90

Tabel 4 Data Hasil Pengujian Pengujian *Assemble Valve*

No	Penguji	New VSC (detik)	Tool Standar (detik)
1.	Penguji 1	152	181
2.	Penguji 2	124	145
3.	Penguji 3	126	175
4.	Penguji 4	140	165
5.	Penguji 5	138	163
6.	Penguji 6	160	162
7.	Penguji 7	200	237
8.	Penguji 8	186	182
9.	Penguji 9	129	179
10.	Penguji 10	148	169

Analisis Data

Tabel 5 Hasil Olah SPSS Pengujian *Disassemble Valve*

Tool	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Waktu Valve Spring Compressor	10	74,7000	15,42761	4,87864
VSC Pneumatic Standar	10	99,1000	17,73540	5,60843

Hasil menunjukkan dari output data *Independent Samples Test* bahwa nilai statistik t yang diperoleh adalah -2,098, dengan nilai sig 0,05 dan mengacu pada nilai p-value pengujian adalah 0.05927. Dengan menggunakan kaidah ini pengambilan keputusan berdasarkan p-value, maka pada $\alpha=0.05$ dapat disimpulkan bahwa pengujian menunjukkan dapat berhasil menolak H_0 . Dengan demikian dapat dijelaskan bahwa rata-rata waktu pengujian dengan special tool dan tool standar adalah berbeda atau dugaan bahwa special tool yang dirancang memberikan waktu penggunaan lebih cepat ketika melepas spring valve. Rata-rata special tool yang dirancang sebesar 74,7000 detik lebih cepat digunakan dari tool VSC Pneumatic standar 99,1000 detik, lebih cepat 24,4 detik.

Tabel 6 Hasil Olah SPSS Pengujian *Assemble Valve*

Group Statistics				
Tool	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Waktu Valve Spring Compressor	10	153,3000	23,73956	7,50711
VSC Pneumatic Standar	10	175,8000	24,23863	7,66493

Hasil menunjukkan dari output data *Independent Samples Test* bahwa nilai statistik t yang diperoleh adalah -3,282, dengan nilai sig 0,04 dan mengacu pada nilai p-value pengujian adalah 0.05927. Dengan menggunakan kaidah ini pengambilan keputusan berdasarkan p-value, maka pada $\alpha=0.05$ dapat disimpulkan bahwa pengujian menunjukkan dapat berhasil menolak H_0 . Dengan demikian dapat dijelaskan bahwa rata-rata waktu pengujian dengan special tool dan tool standar adalah berbeda atau dugaan bahwa special tool yang dirancang memberikan waktu penggunaan lebih cepat ketika melepas spring valve. Rata-rata special tool yang dirancang sebesar 153,3000 detik lebih cepat digunakan dari tool VSC Pneumatic standar 175,8000 detik, lebih cepat 22,5 detik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang diambil dari penelitian ini adalah :

1. Desain dari special tool valve spring compresor cukup sederhana dan berfungsi dengan baik, karena dapat melepas 4 spring valve sekaligus.
2. Tool sangat efektif digunakan dengan optimasi selisih penghematan waktu 24,4 detik ketika melepas spring valve, dan 22,5 detik ketika memasang melepas spring valve

Saran

Saran untuk pengembangan lebih lanjut adalah

1. Optimasi desain yang fleksibel untuk semua bentuk dam jenis cylinder head
2. Analisa bahan serta kekuatan dan faktor kelalahan

UCAPAN TERIMA KASIH

Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Negeri Banjarmasin, atas dana penelitian dengan skema penelitian terapan tahun 2021

DAFTAR PUSTAKA

- Burlian, Firmansyah, and Oky Liwaldo. 2016. "Design of Spring Valve Cylinder Head Opening Tools." *Journal of Mechanical Science and Engineering* 3(2): 1–6.
- Joel S. Johnson, Troy, Mich. 1984. "Valve Spring Compressor for Internal Combustion Engine." <https://patents.google.com/patent/US4446608A/en>.
- Kenneth W. Wilhelm. 1981. "Valve Spring Compressor Tool." <https://patents.google.com/patent/US4262403A/en>.
- M. Razali Hanipah. 2019. "Design and Parametric Characterization of Flexure Bearing as Automotive Valve Spring Replacement." *Journal of Mechanical Engineering and Sciences* 13(1): 4704–17.
- Pecaso, Jimcel P. 2016. "Combined Mechanical And Hydraulic Valve Spring Compressor For I-Head Valve Engines: An Innovation." *International Journal of Mathematic Engineering and Technology* 13 No. 1. <https://ejournals.ph/article.php?id=10272>.
- Rawool, Haresh Sunil. 2019. "Design , Development , and Manufacturing of Hydraulically Operated Coil Spring Compressor for MacPherson Type Suspension System." 5(2): 1429–31.
- Robey, Peter D. 1997. "Valve Spring Compressor Tool." <https://patents.google.com/patent/US5689870A/en>.
- Romeo Antonio Duarte. 2010. "Cylinder Valve Spring Compressor." 2(12). <https://patents.google.com/patent/US7765664B2/en>.
- Sillero, Thesius S. 2018. "Desain and Development of Portable Hydraulic Valvespring Compressor." *International Journal of Development Research* 08(06): 20889–93.
- Simons, Anthony, Gideon Quartey, and Nathaniel Frimpong Asante. 2020. "Conceptual Design and Finite Element Fatigue Life Analysis of a Poppet Valve Spring Compressor." *Journal of Engineering* 2020: 1–7.
- Swapnil.S. Marathe, N. Y. Mohite. 2015. "Design of Novel Dual Valve Spring Compressor Tool for Valve Seal Replacement." *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)* 2(7): 3136–42.
- Vibhute, Pavankumar Janardan. 2011. "Open-Coil Retraction Spring." *Case Reports in Dentistry* 2011(1): 1–7.