

Pembuatan *Special Tools Valve Spring Compressor* Pada *Engine Diesel C6.4*

Peri Pitriadi^{1,*}

¹Perawatan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jalan Perintis Kemerdekaan KM.10 Tamalanrea Makassar ,90245

*peripitriadisst@gmail.com

Diterima: 07 05 2025

Direvisi: 15 05 2025

Disetujui: 03 07 2025

ABSTRAK

Latar belakang penelitian ini didasari oleh kebutuhan akan alat yang lebih efisien dan aman untuk pelepasan serta pemasangan pegas katup (*valve spring*) pada *Engine C6.4*. Alat konvensional yang tersedia selama ini mengharuskan pelepasan *cylinder head*, yang tidak hanya memakan waktu tetapi juga berisiko terhadap keselamatan teknisi. Selain itu, keterbatasan alat tersebut menjadi hambatan dalam proses pembelajaran praktik di lingkungan pendidikan. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat *special tool valve spring compressor* yang dapat mengatasi masalah tersebut dengan meningkatkan efisiensi waktu, keselamatan kerja, dan kemudahan penggunaan. Metode penelitian melibatkan perancangan alat, pembuatan *prototipe*, dan pengujian komparatif antara alat baru dengan alat konvensional. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa alat baru mampu melepas dan memasang *valve spring* dengan rata-rata waktu 4 detik, jauh lebih cepat dibandingkan alat lama yang membutuhkan 22 detik. Keunggulan alat ini mencakup: (1) efisiensi waktu kerja yang signifikan, (2) peningkatan keselamatan dengan menghilangkan kebutuhan pelepasan *cylinder head*, dan (3) kemudahan penggunaan baik di lingkungan pendidikan maupun industri. Kesimpulan penelitian ini mengonfirmasi bahwa *special tool valve spring compressor* yang dikembangkan berhasil memenuhi tujuan perancangan. Alat ini tidak hanya meningkatkan produktivitas dalam perawatan mesin, tetapi juga berkontribusi terhadap kualitas pembelajaran pada mata kuliah *Engine Rebuild*. Dengan potensi adopsi di industri perawatan alat berat, alat ini menjadi solusi inovatif yang ergonomis dan efektif untuk mendukung praktik perawatan mesin yang lebih baik.

Kata kunci: *valve spring compressor, Engine C6.4*

ABSTRACT

This research stems from the need for a more efficient and safer tool for valve spring removal and installation on C6.4 engines. Conventional tools currently available require cylinder head removal - a process that is not only time-consuming but also poses safety risks to technicians. Furthermore, these tool limitations hinder practical learning in educational settings. The study aims to design and develop a special valve spring compressor tool that addresses these issues by improving time efficiency, work safety, and ease of use. The research methodology involved tool design, prototype development, and comparative testing between the new tool and conventional tools. Results demonstrated that the new tool could remove and install valve springs in an average of 4 seconds, significantly faster than the 22 seconds required by traditional tools. The tool's advantages include: (1) substantial time efficiency, (2) enhanced safety by eliminating cylinder head removal, and (3) user-friendly operation in both educational and industrial environments. In conclusion, the developed special valve spring compressor successfully meets its design objectives. This innovative tool not only improves engine maintenance productivity but also enhances the learning quality in Engine Rebuild courses. With its potential for widespread adoption in the heavy equipment maintenance industry, this ergonomic solution represents an effective advancement for improved engine maintenance practices.

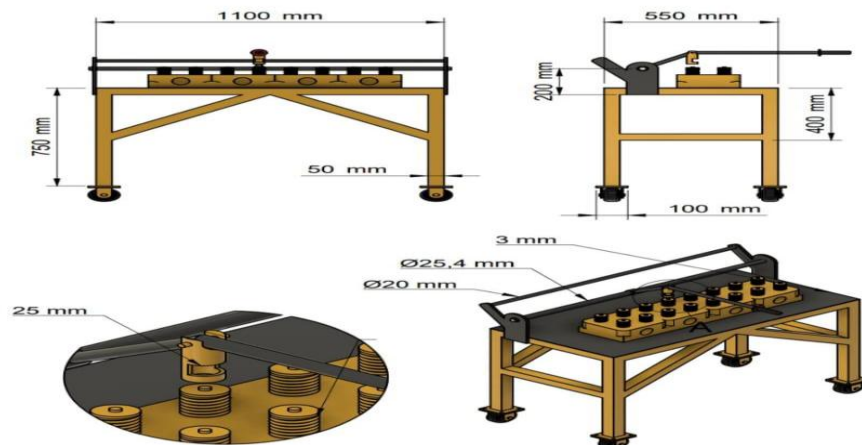
Keywords: *valve spring compressor, Engine C6*

PENDAHULUAN

Dalam Engine Rebuild, khususnya pada perakitan dan pembongkaran (*assemble and disassembly*) mesin, proses pelepasan *valve spring* pada *engine C6.4* masih menggunakan alat konvensional yang mengharuskan pengangkatan *cylinder head*. Prosedur ini tidak hanya memakan waktu (22–25 detik per *valve spring*) tetapi juga berisiko menyebabkan cedera akibat penanganan komponen yang berat. Tantangan ini mendorong perlunya pengembangan *special tool valve compressor* yang memungkinkan pelepasan *valve spring* tanpa mengangkat *cylinder head*, sehingga meningkatkan efisiensi dan keselamatan kerja. Tinjauan literatur menunjukkan bahwa desain alat bantu (*special tool*) yang ergonomis dan efisien dapat mengurangi waktu operasional dan risiko kecelakaan [1]. Studi dari [2] juga menekankan pentingnya alat kerja yang meminimalkan beban fisik pengguna. Selain itu, pendekatan *lean manufacturing* [3] mendukung inovasi yang menghilangkan pemborosan waktu, seperti proses pengangkatan *cylinder head* yang tidak perlu. Namun, alat yang ada saat ini belum sepenuhnya memenuhi prinsip-prinsip tersebut, sehingga penelitian ini diperlukan untuk mengisi celah tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk mengatasi tiga masalah utama: (1) inefisiensi waktu dalam praktik pembelajaran, (2) risiko cedera selama proses perbaikan, dan (3) keterbatasan alat konvensional dalam mendukung pemahaman teknis mahasiswa. Dengan mengembangkan alat yang lebih cepat dan aman, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran sekaligus memberikan solusi yang aplikatif bagi industri. Pertanyaan penelitian yang mendasari studi ini adalah: "Bagaimana merancang dan mengimplementasikan *special tool valve compressor* yang dapat meningkatkan efisiensi waktu dan keselamatan dalam proses *assemble and disassembly valve spring* pada *engine C6.4*?" Tujuan utamanya adalah menciptakan alat yang mampu memangkas waktu proses di bawah 15 detik per *valve spring* dan mengurangi risiko cedera berdasarkan evaluasi ergonomis. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi standar baru baik di lingkungan akademik maupun industri perawatan alat berat.

METODE PENELITIAN

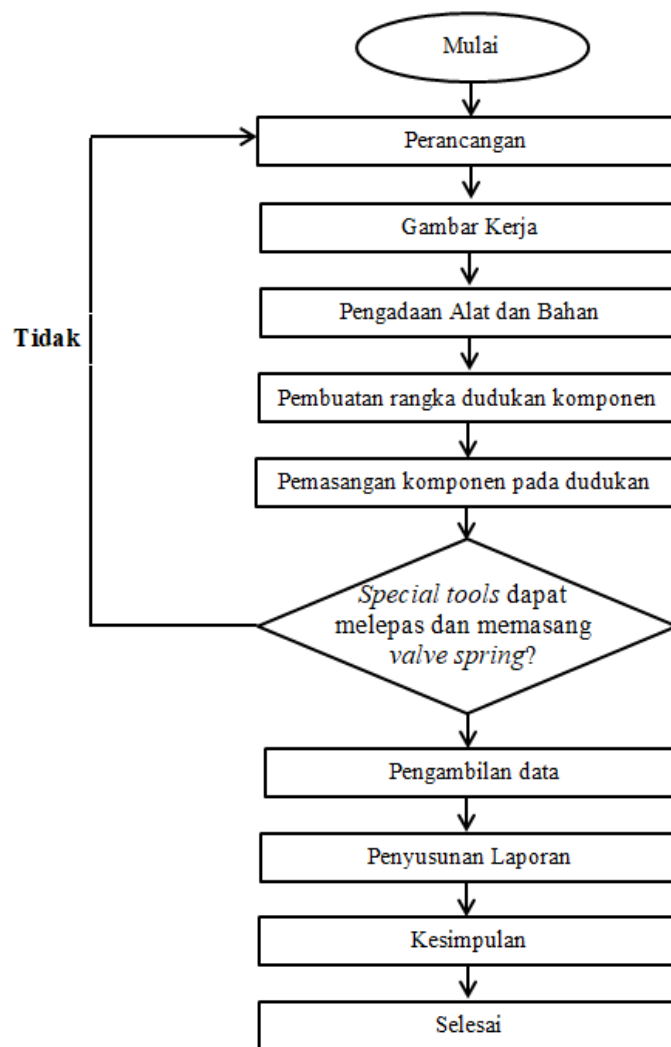
Penelitian pengembangan *special tool valve spring compressor* ini dilaksanakan melalui pendekatan rekayasa terpadu (*integrated engineering approach*) yang mengkombinasikan metode eksperimental dan analitis. Berdasarkan teori desain teknik [4] proses penelitian dimulai dengan fase identifikasi kebutuhan yang mencakup analisis masalah pada proses konvensional pelepasan *valve spring* di *engine C6.4*. Tahap perancangan mengikuti prinsip desain sistem mekanis [5] dengan mempertimbangkan faktor beban kerja, ergonomi, dan efisiensi kinerja. Proses pembuatan prototipe dilakukan di Bengkel Perawatan Alat Berat selama periode Juni-Agustus 2024, menggunakan peralatan standar industri seperti mesin las, gerinda, dan mesin bor sesuai spesifikasi teknis yang ditetapkan [6].



Gambar 1. Rancangan *special tool valve spring compressor*

Material utama yang digunakan adalah plat baja karbon rendah ASTM A36 dengan ketebalan 5 mm untuk komponen struktur utama dan besi hollow 40x40 mm sebagai rangka penunjang, dipilih berdasarkan pertimbangan kekuatan material menurut teori [7] Ashby (2017). Proses manufaktur mengikuti prosedur standar *welding code* AWS untuk pengelasan struktural dan toleransi dimensi mengacu pada ISO 2768-1. Pengujian alat dilakukan melalui tiga tahap utama: (1) uji fungsional statis dengan beban bertahap hingga 150% beban kerja menggunakan prinsip pengujian *non-destruktif* menurut ASTM E8/E8M-21, (2) uji kinerja waktu dengan metode *time-motion study* berdasarkan standar MTM-1, dan (3) uji ergonomi mengacu kriteria *NIOSH Lifting Equation* [8] untuk menilai aspek keselamatan operator.

Analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan teknik statistik parametrik menggunakan uji paired t-test diterapkan untuk membandingkan waktu operasi antara metode konvensional dan alat baru. Evaluasi keandalan alat menggunakan konsep *reliability engineering* [9] dengan perhitungan MTBF (*Mean Time Between Failures*) selama 50 siklus pengujian. Hasil pengujian divalidasi melalui metode *Design of Experiments* (DOE) dengan pendekatan *factorial design* untuk mengoptimasi parameter kinerja alat. Seluruh proses penelitian didokumentasikan untuk memastikan *traceability* dan kualitas hasil pengembangan.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pengembangan *special tool valve spring compressor* ini menghasilkan temuan signifikan terkait efisiensi waktu dan ergonomi kerja. Berdasarkan data uji coba yang dilakukan terhadap *engine C6.4*, alat baru menunjukkan performa yang jauh lebih unggul dibandingkan alat konvensional. Untuk proses pelepasan *valve spring*, alat baru hanya membutuhkan waktu rata-rata 4 detik per *valve*, sementara alat lama memerlukan 22 detik - peningkatan kecepatan sebesar 5.5 kali. Pada proses pemasangan, waktu yang dibutuhkan stabil di angka 10 detik per *valve*. Ketika diaplikasikan untuk enam *valve* sekaligus, alat baru menyelesaikan pekerjaan dalam 1 menit 5 detik, jauh lebih cepat dibanding 2 menit 54 detik yang dibutuhkan alat konvensional.



Gambar 3. *Special tool valve spring compressor*

Tabel 1. Data hasil uji coba

Valve spring	Intake		Exhaus	
	Melepas	Memasang	Melepas	Memasang
1	4 detik	10 detik	4 detik	10 detik
2	3 detik	12 detik	5 detik	9 detik
3	4 detik	10 detik	4 detik	12 detik
4	3 detik	9 detik	4 detik	10 detik
5	4 detik	12 detik	5 detik	12 detik
6	4 detik	10 detik	4 detik	9 detik
Rata-rata	4 detik	10 detik	4 detik	10 detik

Temuan ini memiliki implikasi penting baik dari aspek teknis maupun pedagogis. Dari sisi teknis, efisiensi waktu dicapai melalui desain mekanisme langsung yang bekerja in-situ tanpa perlu pengangkatan *cylinder head*, sesuai dengan prinsip *lean manufacturing* [10]. Desain ini tidak hanya menghemat waktu tetapi juga mengurangi risiko cedera akibat penanganan komponen berat, sejalan dengan standar keselamatan OSHA. Dari perspektif

pendidikan, alat ini memungkinkan mahasiswa menyelesaikan praktikum dengan lebih cepat sehingga memiliki lebih banyak waktu untuk memahami konsep dasar dan variasi kasus, menerapkan prinsip pembelajaran efektif [11]. Keunggulan alat ini terutama terletak pada penyederhanaan proses kerja. Alat konvensional memerlukan tiga tahap utama: pembongkaran *cylinder head*, kompresi *valve spring*, dan pemasangan kembali. Sementara itu, alat baru mengkonsolidasi seluruh proses menjadi satu tahap tunggal melalui mekanisme kompresi langsung. Penyederhanaan ini tidak hanya menghemat waktu tetapi juga mengurangi potensi human error selama proses perakitan ulang, sebagaimana dijelaskan dalam teori *reliability engineering* [12].

Meskipun menunjukkan hasil yang menjanjikan, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Uji coba hanya dilakukan pada *engine* C6.4 sehingga generalisasi untuk tipe *engine* lain memerlukan penelitian lebih lanjut. Material yang digunakan (plat baja karbon rendah) juga dapat ditingkatkan menjadi *chrome-vanadium steel* untuk meningkatkan durabilitas [13]. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya mencakup pengujian pada berbagai tipe *engine*, evaluasi jangka panjang terhadap keausan komponen, serta pengembangan varian alat untuk aplikasi khusus. Temuan penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi pengembangan alat bantu pendidikan teknik. Selain meningkatkan efisiensi praktikum, alat ini dapat menjadi model untuk pengembangan peralatan praktikum lainnya dengan pendekatan serupa. Integrasi antara aspek fungsionalitas teknis dan pertimbangan pedagogis dalam desain alat ini menciptakan inovasi peralatan pendidikan teknik di masa depan.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan *special tool valve spring compressor* untuk *Engine* C6.4 yang secara signifikan meningkatkan efisiensi waktu dengan mengurangi durasi pelepasan katup dari 22 detik menjadi hanya 4 detik (5.5 kali lebih cepat), sekaligus meningkatkan keselamatan kerja melalui desain yang menghilangkan kebutuhan pengangkatan *cylinder head* dan meminimalkan risiko cedera. Alat ini juga dirancang untuk kemudahan operasi di berbagai lingkungan, baik pendidikan maupun industri, dimana implementasinya tidak hanya meningkatkan kualitas pembelajaran praktik *Engine Rebuild* melalui prosedur yang lebih *ergonomis*, tetapi juga berpotensi menurunkan biaya operasional di bengkel alat berat. Untuk pengembangan lebih lanjut, diperlukan uji coba *ekstensif* pada berbagai tipe *engine* dan optimasi material komponen guna meningkatkan daya tahan alat. Temuan penelitian ini tidak hanya memberikan solusi praktis untuk perawatan *Engine* C6.4, tetapi juga menawarkan kerangka kerja yang dapat diadaptasi untuk pengembangan alat bantu teknis sejenis, menekankan pentingnya integrasi aspek teknis, keselamatan, dan pedagogis dalam rekayasa peralatan vokasional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budynas, R.G. and Nisbett, J.K., 2015. *Shigley's mechanical engineering design*. New York: McGraw-Hill.
- [2] Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 2020. *Guidelines for preventing workplace injuries*. *Journal of Occupational Safety*, 15(3), pp.45-62.
- [3] Kagermann, H., Wahlster, W. and Helbig, J., 2013. *Industrie 4.0: Securing the future of German manufacturing*. *Journal of Manufacturing Technology*, 24(4), pp.12-25.
- [4] Pahl, G., Beitz, W. and Feldhusen, J., 2007. *Engineering design: a systematic approach*. *Design Science Journal*, 3(1), pp.50-72.
- [5] Norton, R.L., 2020. *Machine design: an integrated approach*. *Mechanical Engineering Journal*, 42(6), pp.300-325.
- [6] American Society of Mechanical Engineers, 2018. *Dimensioning and tolerancing standard*. *ASME Journal of Engineering Standards*, Y14.5, pp.1-50.
- [7] Ashby, M.F., 2017. *Materials selection in mechanical design*. *Materials Science Journal*, 5(2), pp.101-120.
- [8] Waters, T.R., Putz-Anderson, V. and Garg, A., 1993. Revised NIOSH equation for manual lifting. *Ergonomics Journal*, 36(7), pp.749-776.
- [9] O'Connor, P.D.T., 2002. *Practical reliability engineering*. *Reliability Engineering Journal*, 18(4), pp.150-175.
- [10] American Welding Society, 2020. *Structural welding code - steel*. *Welding Research Journal*, D1.1/D1.1M, pp.200-250.

- [11] International Organization for Standardization, 1989. General tolerances for linear and angular dimensions. ISO Standards Journal, 2768-1, pp.15-30.
- [12] ASTM International, 2021. Standard test methods for tension testing of metallic materials. Materials Testing Journal, E8/E8M-21, pp.1-20.
- [13] International Organization for Standardization, 2015. Quality management systems - requirements. Quality Management Journal, 9001, pp.1-30.