

OPTIMALISASI DESAIN JIG VALVE SPRING COMPRESSOR DENGAN DOUBLE FLANGE UNTUK EFISIENSI PELEPASAN DAN PEMASANGAN KATUP MESIN

Renita Dewi¹, Shafa Amatullah Fatin^{1*}, Krisna Chandra Wijaya¹, Anisa Ramadhani¹, Ghany Heryana²

¹ Program Studi Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur, Politeknik Negeri Jakarta, Kota Depok, Indonesia 16425

² Program Studi Teknik Mesin, Universitas Presiden, Bekasi, Indonesia 17530

* Correspondence: shafaamatullahfatin.tm23@stu.pnj.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *Jig Valve Spring Compressor* dengan desain baru yang menggunakan double flange, menggantikan desain sebelumnya yang hanya menggunakan satu flange. Desain baru ini, yang masih dalam tahap pengembangan, berpotensi untuk meningkatkan kecepatan dan efisiensi proses overhaul cylinder head yang sebelumnya telah menunjukkan peningkatan efisiensi waktu hingga 82%. Pengembangan desain ini didasarkan pada prinsip ergonomi dengan menggunakan metode OWAS untuk meminimalkan risiko cedera muskuloskeletal dan meningkatkan kenyamanan kerja teknisi selama proses pelepasan dan pemasangan katup mesin.

Kata Kunci: Jig; Pegas katup; OWAS; Ergonomi; Cedera muskuloskeletal

Abstract

This research aims to develop a new design of Jig Valve Spring Compressor that uses double flange, replacing the previous design that only uses one flange. This new design, which is still under development, has the potential to increase the speed and efficiency of the cylinder head overhaul process which has previously shown an increase in time efficiency of up to 82%. The development of this design is based on ergonomic principles using the OWAS method to minimize the risk of musculoskeletal injuries and improve the working comfort of technicians during the engine valve removal and installation process.

Keywords: Jig; Valve spring; OWAS; Ergonomics; Musculoskeletal injuries

Received: 17 September 2024

Revised: 27 February 2025

Accepted: 16 May 2025

Published: 02 July 2025

DOI: 10.31884/jtt.v11i2.703



Copyright: © 2025 by JTT

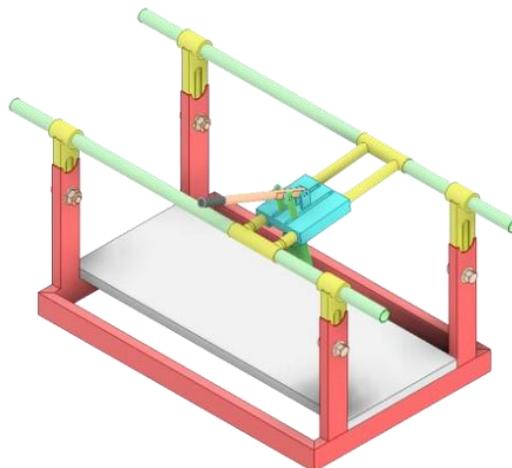
1. PENDAHULUAN

Dalam industri otomotif, terutama dalam perawatan mesin mobil, proses overhaul cylinder head merupakan salah satu tugas yang penting dan kompleks. Dalam mesin pembakaran dalam cylinder head mencakup beberapa elemen kunci, termasuk ruang bakar, intake valve dan exhaust valve dengan valve seats dan valve guides, injektor, serta sistem pendingin (Gscheidle, Studiendirektor, Winnenden-Stuttgart, no date). Cylinder head memiliki peran vital dalam memastikan proses pembakaran dan sirkulasi udara-bahan bakar berjalan secara optimal, serta memastikan pendinginan yang efisien untuk menjaga suhu mesin tetap terkendali (Nasution and Razali, 2019). Namun, proses pelepasan dan pemasangan katup mesin sering kali menghadapi kendala yang dapat menghambat efisiensi kerja teknisi, terutama dalam pelepasan dan pemasangan komponen-komponen vital seperti katup, camshaft, dan timing belt.

Jig dan fixture merupakan perangkat bantu didalam proses manufaktur yang berfungsi untuk menciptakan reproduksi bagian dengan tingkat ketepatan yang lebih baik dengan cara mengatur, menggenggam, dan menahan benda kerja selama proses produksi (Prasetyo, Rispianda and Adanda, 2016). Sebaliknya, *Special Service Tool* (SST) merupakan alat bantu yang dirancang khusus untuk melakukan tugas-tugas yang melibatkan pemasangan dan pelepasan part atau komponen yang memiliki tingkat kesulitan tinggi dan sulit dilakukan menggunakan alat tangan konvensional (Abadi *et al.*, 2021). Penggunaan *Special Service Tool* (SST) diharapkan dapat mengurangi waktu dan mempermudah pekerjaan tanpa merusak komponen (Rahayu and Romalasari, 2020), (Azhis Soleh Buchori, Oyok Yudiyanto, 2019). Namun, dalam konteks melepas dan memasang katup pada mesin mobil, khususnya dalam proses *overhaul cylinder head*, penggunaan SST, termasuk SST valve spring compression 09202-70010, sering menghadapi kesulitan yang memperlambat proses tersebut.

Valve spring compressor menggunakan *C-shaped frame* dengan piston penekan pada satu sisi rahang (Rosandi *et al.*, 2022), *valve spring compressor* dengan tuas penekan, penyangga dan palang horizontal (Guo junjun, 2019), *valve spring compressor* 4 kaki dengan mekanisme ulir, serta rancangan *poppet valve spring compressor* dengan *cylindrical hollow magnet* (Simons, Quartey and Frimpong Asante, 2020), belum dapat memenuhi kebutuhan alat karena masih butuh penyetelan berulang dan tidak dapat menyesuaikan kemiringan permukaan *valve spring engine* Toyota 4A-FE.

Untuk mengatasi tantangan ini, dirancanglah *Jig valve spring compressor* baru yang lebih fleksibel dan adjustable, seperti yang terlihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Desain Awal *Jig Valve Spring Compressor*.

Alat ini memiliki 4 tiang yang dapat diatur ketinggiannya. Sehingga apabila satu sisi tiang dinaikkan, dan satu sisi lain diturunkan maka akan membentuk kemiringan 12° . Cylinder head engine ditempatkan diatas papan kayu pada rangka utama. Proses pelepasan dan pemasangan katup dilakukan dengan menempatkan penekan pegas diatas permukaan pegas katup. Selanjutnya handle digerakkan dari atas kebawah untuk menekan. Penekanan dilakukan hingga valve cone dapat dilepaskan. Setelah itu handle dapat digeser ke pegas katup selanjutnya hingga katup pada satu sisi (*intake/exhaust*) dapat dilepaskan. Lakukan langkah yang sama untuk melepas katup pada sisi lain (*intake/exhaust*) hingga 16 katup dapat dilepaskan dari *cylinder head engine*.

Penerapan desain jig yang efisien ini menunjukkan bahwa penerapan insulasi dalam proses pengelasan titik resistansi dapat meningkatkan kualitas sambungan dan konsistensi hasil, yang relevan dalam pengembangan alat bantu seperti jig untuk meningkatkan efisiensi proses perakitan komponen mesin (Amat *et al.*, 2024). Selain itu, simulasi pengelasan titik resistansi yang mempertimbangkan ketebalan resistansi kontak listrik (ECR) dan nilai awal memberikan wawasan penting tentang pengaruh parameter material terhadap kualitas sambungan, yang dapat diadaptasi dalam desain jig untuk memastikan kekuatan dan keandalan dalam proses pelepasan dan pemasangan katup mesin (Baskoro, Amat and Arifardi, 2021). Penelitian ini menghasilkan efisiensi waktu yang meningkat drastis hingga 82%, dari yang sebelumnya 128 menit menjadi 23 menit. Selain itu, risiko kecelakaan berhasil ditekan dari 20% menjadi zero accident. Produktivitas kerja pun meningkat karena pekerjaan ini dapat dilakukan oleh satu orang teknisi saja (Renita Dewi, 2023).

Dengan menerapkan metode OWAS (*Ovako Working Posture Analysis System*), penelitian ini juga berupaya untuk mengevaluasi postur kerja teknisi selama proses tersebut. Metode ini belum banyak digunakan dalam penelitian sejenis, sehingga memberikan kontribusi baru dalam bidang ergonomi dan desain alat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan dampak ilmiah yang signifikan, dengan potensi penerapan langsung di industri otomotif, terutama dalam bengkel atau manufaktur mesin, dengan efisiensi waktu pemasangan mencapai hingga 82% dan peningkatan keamanan kerja.

Jig valve spring compressor yang telah dibuat masih dapat dioptimalisasi agar menghasilkan rancangan alat yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengatasi masalah yang ada dengan mengusulkan desain baru dari jig valve spring compressor yang dilengkapi dengan double flange. Desain ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi waktu pemasangan dan pelepasan katup mesin, serta meningkatkan kenyamanan dan keamanan kerja bagi teknisi.

2. METODE

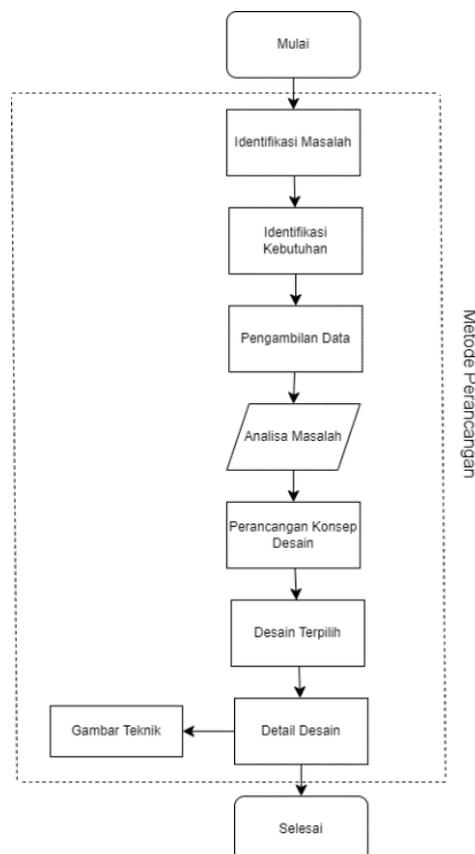
Penelitian dilaksanakan di Politeknik Negeri Jakarta pada bulan Maret 2024. Metode utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi metode French, OWAS (*Ovako Working Posture Analysis System*), dan analisis mekanika. Metode French diterapkan untuk perancangan bertahap dari *jig valve spring compressor*, sementara OWAS digunakan untuk mengevaluasi postur kerja teknisi selama proses pelepasan dan pemasangan katup mesin. Selain itu, analisis mekanika dilakukan untuk memahami gaya-gaya yang bekerja pada sistem dan memastikan desain yang diusulkan dapat berfungsi secara optimal.

Metode French merupakan pendekatan perancangan bertahap dimulai dari konsep hingga rancangan keseluruhan komponen produk (Sumarta, 2022)(Irwan *et al.*, 2021). Penelitian ini dilakukan secara sistematis dengan merujuk pada berbagai metode perancangan dan menggunakan diagram alir untuk membantu proses analisis data. Langkah awal penelitian melibatkan studi literatur dan observasi, di mana peneliti

menganalisis kekurangan alat yang dapat dioptimalisasi. Dengan menggunakan metode French, peneliti merancang jig valve spring compressor yang baru dengan penambahan double flange, sehingga dapat meningkatkan efisiensi waktu dan menghemat tenaga teknisi. Selain itu, metode OWAS (*Ovako Working Posture Analysis System*) juga digunakan untuk menilai postur tubuh dalam proses penggunaan alat (Bastuti, Zulziar and Suaedih, 2019)(Ramadhan, Achiraeniwati and Sri Rejeki, 2023) (Andrian and Renilaili, 2021).

Data untuk analisis OWAS dikumpulkan melalui observasi langsung terhadap 4 teknisi yang terlibat dalam proses pelepasan dan pemasangan katup mesin. Meskipun desain jig valve spring compressor yang baru telah diusulkan, pengujian kinerja alat belum dilakukan pada tahap ini. Namun, analisis dilakukan untuk membandingkan waktu pemasangan yang diharapkan setelah optimalisasi, sehingga dapat memberikan gambaran tentang efisiensi yang mungkin dicapai dengan penerapan desain baru. Metode ini memberikan dasar yang kuat untuk evaluasi lebih lanjut mengenai dampak dari desain baru terhadap proses kerja teknisi.

Setelah dilakukan studi literatur dan observasi, rekayasa tahapan dan metode perancangan dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini yaitu diagram alir penelitian.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian.

Melalui proses observasi, diketahui handle memiliki ukuran yang kurang panjang sehingga teknisi merasa kurang nyaman dalam mengoperasikan alat. Alat sebelumnya memiliki panjang handle 230 mm. Secara teoretis kekuatan alat dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengukuran Geometri Valve Spring.

Poin Pengukuran	Simbol	Ukuran	Satuan
Panjang pegas bebas	X	38,57	Mm
Panjang pegas terpasang	X ₁	31,7	Mm
Panjang minimum operasi	X ₂	22,7	Mm
Diameter Luar	D1	24	Mm
Diameter Dalam	Dd	9	Mm
Diameter Kawat	Dk	5	Mm
Jumlah lilitan	N	7	mm
<i>Pitch</i>	<i>p</i>	6	mm
Jarak antar titik pusat pegas		36	mm

Menurut buku referensi Repair Manual Toyota (1992) pegas katup mengalami tegangan sebesar 166 N saat terpasang pada panjang 31,7 mm.

Persamaan:

$$F = k \cdot \Delta X \quad (1)$$

$$F_B = k \cdot (X - X_1)$$

$$166 \text{ N} = k \cdot (38,57 \text{ mm} - 31,7 \text{ mm})$$

$$166 \text{ N} = k \cdot 6,87 \text{ mm}$$

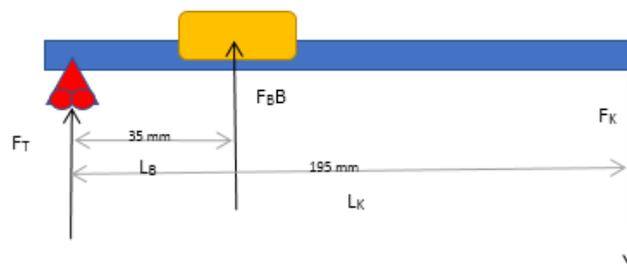
$$k = 24,16 \text{ N/mm}$$

Persamaan (1) menggambarkan perhitungan nilai konstanta pegas (James L. Meriam, L. G. Kraige, 2007), di mana:

F = Gaya

k = Konstanta Pegas

ΔX = Perubahan Panjang Pegas

**Gambar 3.** Free Body Diagram.

Gambar 3 menjelaskan bahwa diagram tersebut menunjukkan gaya-gaya yang bekerja pada sistem, termasuk gaya reaksi dan gaya yang diterapkan, serta dimensi penting yang terkait dengan posisi gaya.

Persamaan:

$$F_k = (F_B \cdot L_B) / L_K \quad (2)$$

Gaya pada lengan (F_k) dapat dihitung dengan persamaan (2), di mana:

F_B = Gaya pada Pegas,

L_B = Panjang Lengan

L_K = Panjang Tumpuan

Persamaan:

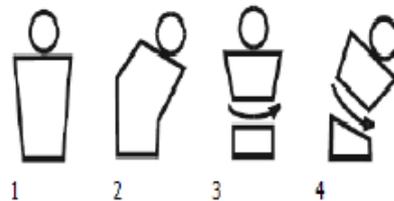
$$F_T = (F_K \cdot (L_K - L_B)) / L_B \quad (3)$$

Gaya pada tumpuan (F_T) dapat dihitung menggunakan persamaan (3).

OWAS (*Ovako Working Posture Analysis System*) adalah sebuah metode ergonomi yang digunakan untuk mengevaluasi dan mengenali postur kerja yang bisa menyebabkan gangguan muskuloskeletal (MSDs) (Bastuti, Zulziar and Suaedih, 2019). Dengan menggunakan kode postur dan skor, metode ini membantu mengidentifikasi risiko dan area di mana perbaikan dibutuhkan (Ramadhan, Achiraeniwati and Sri Rejeki, 2023). Metode OWAS (*Ovako Working Posture Analysis System*) telah diterapkan di sebuah perusahaan besi baja di Finlandia pada tahun tujuh puluhan oleh Institute of Occupational Health. Penelitian ini melibatkan analisis postur tubuh dalam posisi duduk dan berdiri, dengan memperhatikan data postur punggung, lengan, kaki, dan beban yang diangkat (Budiman and Setyaningrum, 2012). Berikut ini adalah klasifikasi postur kerja dalam metode OWAS (*Ovako Working Posture Analysis System*):

1. Postur punggung:

Untuk kode postur punggung dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini

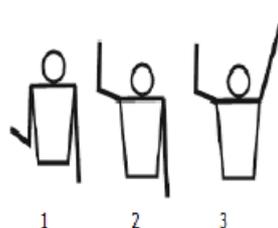


Gambar 4. Postur Punggung Metode OWAS.

Postur punggung dalam klasifikasi OWAS mencakup empat jenis, yakni punggung yang tegak ditunjukkan dengan kode 1, membungkuk ditunjukkan dengan kode 2, memiringkan atau menyamping ke kanan atau kiri ditunjukkan dengan kode 3, serta kombinasi membungkuk dengan memiringkan ke depan dan ke samping ditunjukkan dengan kode 4.

2. Postur lengan:

Untuk kode postur lengan dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini

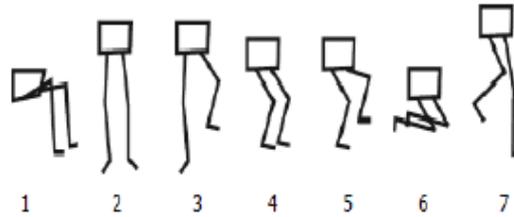


Gambar 5. Postur Lengan Metode OWAS.

Klasifikasi postur lengan dalam OWAS terdiri dari tiga jenis, yakni kedua lengan berada di bawah bahu ditunjukkan dengan kode 1, satu lengan berada pada atau di atas bahu ditunjukkan dengan kode 2, dan kedua lengan berada pada atau di atas bahu ditunjukkan dengan kode 3.

3. Postur kaki:

Untuk postur kaki dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini

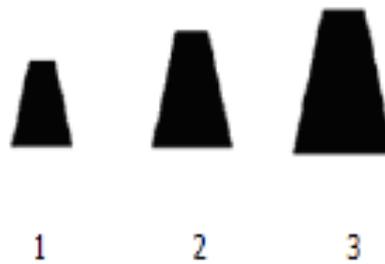


Gambar 6. Postur Kaki Metode OWAS.

Klasifikasi posisi duduk dalam metode OWAS mencakup tujuh jenis, mulai dari duduk ditunjukkan dengan kode 1, berdiri dengan kedua kaki lurus ditunjukkan dengan kode 2, berdiri dengan satu kaki lurus ditunjukkan dengan kode 3, berdiri dengan kedua kaki ditekuk ditunjukkan dengan kode 4, berdiri dengan satu kaki ditekuk ditunjukkan dengan kode 5, berlutut dengan satu atau kedua lutut ditunjukkan dengan kode 6, hingga berjalan ditunjukkan dengan kode 7.

4. Berat beban:

Untuk berat beban dapat dilihat pada Gambar 7 dibawah ini



Gambar 7. Berat Beban Metode OWAS.

Klasifikasi beban berat dalam metode OWAS terdiri dari tiga kategori yaitu, beban di bawah 10 kilogram ditunjukkan dengan kode 1, beban dalam rentang 10 kilogram sampai 20 kilogram ditunjukkan dengan kode 2, dan beban di atas 20 kilogram ditunjukkan dengan kode 3.

	Women		Men		
Shoulder height	3 kg	7 kg	10 kg	5 kg	Shoulder height
Elbow height	7 kg	13 kg	20 kg	10 kg	Elbow height
Knuckle height	10 kg	16 kg	25 kg	15 kg	Knuckle height
Mid lower leg height	7 kg	13 kg	20 kg	10 kg	Mid lower leg height
	3 kg	7 kg	10 kg	5 kg	

Gambar 8. Rekomendasi DOSH untuk Pembatasan Berat.

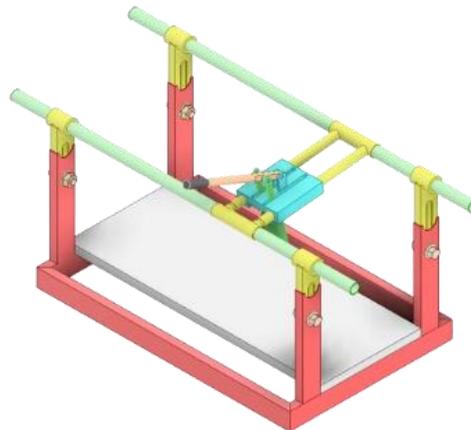
Dapat dilihat dari Gambar 8 diatas yaitu Departemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja (DOSH) telah mengusulkan penurunan berat beban yang diizinkan saat mengangkat, bergantung pada seberapa sering dan jenis gerakan, dengan penurunan hingga 30% untuk pengangkatan jarang, 50-80% untuk pengangkatan sering hingga

sangat rutin, serta penurunan 10-20% untuk gerakan rotasi, dengan tujuan mengurangi risiko cedera karena pengangkatan beban yang berat (Della, Farras and Hamid, 2019).

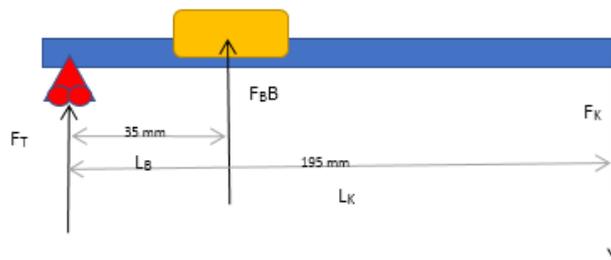
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses perancangan suatu mesin, analisis teknik diperlukan untuk memperoleh informasi konstruksi yang diperlukan dalam merancang mesin tersebut, serta untuk menilai tingkat keamanannya (Subekhi *et al.*, 2023). Untuk memastikan sesuai dengan standar ergonomi, perancangan alat harus memperhatikan kebutuhan untuk menekan pegas katup dengan kekuatan yang memadai.

Agar katup dapat dilepas, pegas harus ditekan minimal 9 mm dari posisi terpasangnya. Oleh karena itu, diperlukan gaya yang cukup untuk menekan pegas sejauh ini, yaitu:



Gambar 9. Desain baru untuk Jig Valve Spring Compressor dengan Double Flange.



Gambar 10. Free Body Diagram (single flange).

Gambar 9 menjelaskan bahwa diagram tersebut menunjukkan gaya-gaya yang bekerja pada sistem dengan satu flange, termasuk gaya reaksi dan gaya yang diterapkan (Ferdinand Beer, E. Russel Johnston Jr, 2005)

$$FB = k \cdot X_2 \quad (1)$$

$$FB = 24,16 \frac{N}{mm} \cdot 9 \text{ mm}$$

$$FB = 217,44 \text{ N}$$

Maka besar gaya pegas adalah 217,44 N.

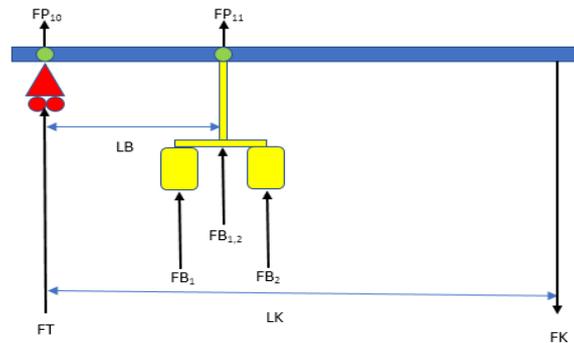
Besar gaya lengan (FK) yang dibutuhkan pada alat sebelumnya dapat diketahui melalui perhitungan berikut:

$$FK = \frac{FB \cdot LB}{LK}$$

$$FK = \frac{217,44 \text{ N} \cdot 35 \text{ mm}}{195 \text{ mm}}$$

$$FK = 39,03 \text{ N}$$

Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa gaya yang diperlukan untuk menekan pegas adalah 217,44 N, sementara menurut standar ergonomi yang direkomendasikan oleh Departemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja (DOSH), kekuatan yang dapat dihasilkan oleh lengan manusia adalah sekitar 3 kg (30 N) untuk wanita dan 5 kg (50 N) untuk pria. Oleh karena itu, dibutuhkan rancangan alat, yang kuat untuk menekan pegas katup dengan usaha yang minimal.



Gambar 11. Free Body Diagram (double flange).

Gambar 11 menjelaskan bahwa diagram tersebut menggambarkan gaya-gaya yang bekerja pada sistem dengan dua flange, menunjukkan interaksi antara gaya-gaya yang diterapkan dan reaksi di titik tumpu.

Jika menggunakan double flange maka total besar gaya pegas adalah:

$$FB_{1,2} = FB_1 + FB_2 \tag{4}$$

$$FB_{1,2} = 217,44 \text{ N} + 217,44 \text{ N}$$

$$FB_{1,2} = 434,38 \text{ N}$$

Persamaan untuk menghitung panjang handle agar kuat digunakan oleh wanita dengan beban 3 kg adalah sebagai berikut:

$$FK = \frac{FB \cdot LB}{LK} \tag{2}$$

$$30 \text{ N} = \frac{434,88 \text{ N} \times 35 \text{ mm}}{Lk}$$

$$LK = \frac{434,88 \text{ N} \times 35 \text{ mm}}{30 \text{ N}}$$

$$LK = 507,36 \text{ mm}$$

$$LK = 508 \text{ mm}$$

Besarnya gaya pada tumpuan dapat diketahui dari perhitungan berikut:

$$FT = \frac{FK \cdot (LK - LB)}{LB} \tag{3}$$

$$FT = \frac{30 \text{ N} \cdot (508 - 35)}{35}$$

$$FT = \frac{14,190}{35}$$

$$FT = 405,43 \text{ N}$$

Kesimpulan yang dapat ditarik adalah agar wanita dapat menekan 2 buah pegas katup dengan menggunakan kekuatan 30 N dibutuhkan handle dengan minimal panjang 508 mm, diperlukan gaya sebesar 405,43 N. Dengan demikian, dalam perancangan alat, penting untuk memastikan bahwa alat tersebut dapat memberikan gaya yang cukup untuk menekan pegas dengan kekuatan yang diizinkan untuk wanita.

Persamaan untuk menghitung panjang handle agar kuat digunakan oleh pria dengan beban 5 kg adalah sebagai berikut:

$$FK = \frac{FB \cdot LB}{LK} \quad (2)$$

$$50 \text{ N} = \frac{434,88 \text{ N} \times 35 \text{ mm}}{LK}$$

$$LK = \frac{434,88 \text{ N} \times 35 \text{ mm}}{50 \text{ N}}$$

$$LK = 304,41 \text{ mm}$$

Besarnya gaya pada tumpuan dapat diketahui dari perhitungan berikut:

$$FT = \frac{FK \cdot (LK - LB)}{LB} \quad (3)$$

$$FT = \frac{50 \text{ N} \cdot (304 - 35)}{35}$$

$$FT = 348,2 \text{ N}$$

Kesimpulan yang dapat ditarik adalah agar wanita dapat menekan 2 buah pegas katup dengan menggunakan kekuatan 50 N dibutuhkan handle dengan minimal panjang 304,41 mm, diperlukan gaya sebesar 348,2 N. Dengan demikian, dalam perancangan alat, penting untuk memastikan bahwa alat tersebut dapat memberikan gaya yang cukup untuk menekan pegas dengan kekuatan yang diizinkan untuk pria.

Besar Tegangan Geser Maksimum Pin 10 dan Pin 11:

$$T = \frac{1}{2} \times \sigma \quad (5)$$

$$T = \frac{1}{2} \times 980 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 490 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan geser maksimum pada Pin 10 dan Pin 11 adalah setengah dari tegangan maksimum yang diizinkan, yaitu sebesar 980 N/mm², sehingga nilainya adalah 490 N/mm².

Besar Gaya Pada Pin 10 dan Pin 11:

$$FP = \tau \times A \quad (6)$$

$$= \frac{\pi}{4} \times d^2 \times \tau \times 2$$

$$= 0,785 \times 5^2 \text{ mm} \times 490 \text{ N/mm}^2 \times 2$$

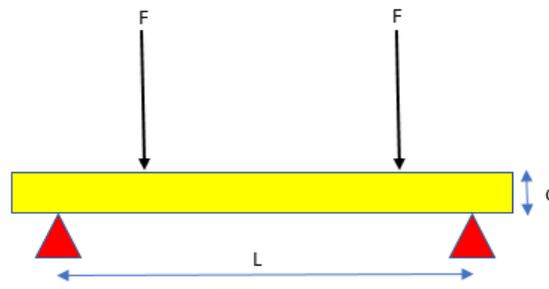
$$= 19232,5 \text{ N}$$

Dari hasil perhitungan, dapat disimpulkan bahwa besar gaya pada Pin 10 dan Pin 11 masing-masing lebih besar dari gaya yang diizinkan, yaitu:

$$F_{\text{pin 10}} > FT$$

$$F_{\text{pin 11}} > FB$$

Hal ini menunjukkan bahwa gaya yang diperlukan pada Pin 10 dan Pin 11 melebihi batas yang dianggap aman atau diizinkan.



Gambar 12. Free Body Diagram.

Gambar 12 menjelaskan bahwa diagram tersebut menunjukkan gaya-gaya yang bekerja pada elemen struktural dengan dua gaya yang diterapkan secara simetris, serta reaksi di titik tumpu.

Persamaan momen bending:

σ = tegangan bending (MPa)

F = Beban (N)

L = Panjang span (mm)

b = Lebar (mm)

d = Tebal (mm)

Perhitungan Point Momen Bending:

$$\sigma = \frac{3FL}{4bd^2} \quad (7)$$

$$\sigma = \frac{3(434,38)(233,80)}{4(55)(15)^2}$$

$$\sigma = \frac{304.674,132}{49.500}$$

$$\sigma = 6,155 \text{ MPa}$$

Maka momen bendingnya menghasilkan nilai tegangan (σ) sebesar 6,155 MPa.

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, beberapa analisis penting dapat diambil. Pertama, perhitungan kekuatan yang dibutuhkan untuk menekan pegas katup pada cylinder head engine menghasilkan nilai sekitar 434,38 N, menunjukkan besarnya beban kerja yang harus ditanggung oleh alat bantu kerja. Standar ergonomi merekomendasikan kekuatan yang dihasilkan oleh lengan manusia sekitar 3 kg untuk wanita dengan panjang handle 508 mm dan 5 kg untuk pria dengan panjang handle 304,41 mm. Ternyata, kekuatan yang dihasilkan oleh lengan manusia sudah cukup untuk menekan pegas katup dengan kekuatan yang diizinkan. Selain itu, perhitungan tegangan geser maksimum dan gaya pada komponen-komponen kunci menunjukkan bahwa desain alat bantu kerja cukup kuat untuk menahan beban yang diberikan, sesuai dengan standar keamanan yang ditetapkan. Panjang handle alat sebelumnya sebesar 230 mm, namun dalam analisis ergonomi, handle tersebut dianggap kurang panjang sehingga menurunkan kenyamanan pengguna. Penggunaan metode OWAS dalam mengevaluasi risiko postur tubuh memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang bagaimana penggunaan alat bantu kerja dapat mempengaruhi postur tubuh pekerja. Dengan memperhatikan semua hasil perhitungan dan analisis, desain jig valve spring compressor dengan double flange memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi,

keselamatan, dan kenyamanan kerja dalam proses pelepasan dan pemasangan katup mesin di industri otomotif.

Penilaian Postur Tubuh dengan Metode OWAS



Gambar 13. Kode sikap teknisi saat proses pelepasan dan pemasangan katup mesin.

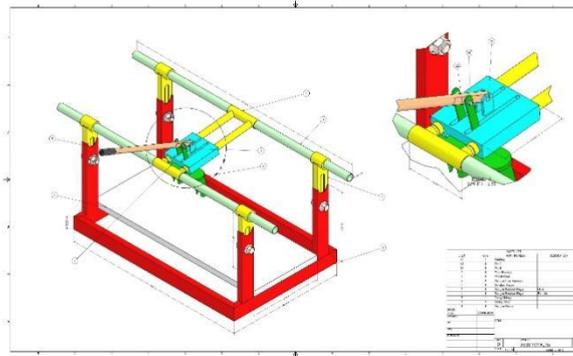
Gambar 13 merupakan penilaian kode sikap teknisi dengan metode OWAS (*Ovako Working Posture Analysis System*) adalah alat yang digunakan untuk mengevaluasi risiko postur kerja yang tidak ergonomis. Analisis dilakukan dengan mengamati postur tubuh pekerja dan beban kerja yang mereka tanggung. Nilai OWAS didasarkan pada tiga aspek utama: postur lengan, postur punggung, dan postur kaki.

Tabel 2. Penilaian Kode Postur Teknisi dengan Metode OWAS.

Orang	Postur Lengan	Postur Punggung	Postur Kaki	Beban	Total OWAS
1	1	4	5	2	11
2	1	2	4	2	8
3	2	1	2	2	5
4	1	4	6	2	12

Dari Tabel 2. di atas, dapat dilihat bahwa orang ke-4 memiliki nilai OWAS tertinggi yaitu 12, yang menunjukkan risiko postur tubuh yang lebih tinggi, terutama karena postur kaki yang kurang baik. Sementara itu, Orang 3 memiliki nilai OWAS terendah yaitu 5, menandakan postur tubuh yang lebih ergonomis dengan kombinasi postur punggung dan kaki yang baik.

Dari analisis nilai OWAS yang mengindikasikan risiko postur tubuh yang tinggi, terutama pada pekerjaan pelepasan dan pemasangan katup mesin, disadari kebutuhan akan optimasi desain alat bantu kerja. Oleh karena itu, dikembangkan desain *jig valve spring compressor* dengan *double flange* untuk mempercepat proses pelepasan dan pemasangan katup mesin. Desain ini bertujuan untuk mengurangi tekanan pada postur tubuh pekerja dengan memungkinkan mereka bekerja dengan posisi yang lebih ergonomis. Dengan adanya *double flange*, alat ini dapat memberikan dukungan yang lebih baik saat melepas dan memasang katup, mengurangi kebutuhan akan gerakan yang berulang-ulang dan meminimalkan risiko cedera otot dan sendi. Dengan demikian, optimasi desain ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan kenyamanan kerja, serta mengurangi risiko cedera yang terkait dengan pekerjaan tersebut.



Gambar 14. Hasil Optimalisasi Design Jig Valve Spring Compressor dengan Double Flange.

Dapat dilihat pada Gambar 14 di atas merupakan hasil optimalisasi design Jig Valve Spring Compressor dengan Double Flange. Desain ini mencakup double flange untuk mempercepat proses pelepasan dan pemasangan katup mesin serta penambahan hand grip untuk meningkatkan kenyamanan saat mengoperasikan alat. Penambahan hand grip bertujuan untuk memberikan pegangan yang lebih nyaman dan kuat bagi teknisi, sehingga meningkatkan efisiensi dan keamanan kerja. Sementara itu, double flange dirancang untuk memberikan dukungan yang lebih baik saat melepas dan memasang katup, mengurangi kebutuhan akan gerakan yang berulang-ulang dan meminimalkan risiko cedera otot dan sendi. Dengan demikian, hasil optimalisasi design ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan kenyamanan dalam proses perawatan mesin otomotif.

4. PENUTUP

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan *Jig Valve Spring Compressor* dengan desain baru yang menggunakan double flange, menggantikan desain sebelumnya yang hanya menggunakan satu flange. Meskipun desain baru ini masih dalam tahap pengembangan, alat ini berpotensi untuk lebih meningkatkan kecepatan dan efisiensi dalam proses overhaul cylinder head, yang sebelumnya telah menunjukkan peningkatan efisiensi waktu hingga 82%. Pengembangan desain ini didasarkan pada prinsip ergonomi, dengan penerapan metode OWAS untuk mengevaluasi postur kerja teknisi, sehingga diharapkan dapat mengurangi risiko cedera dan meningkatkan kenyamanan saat bekerja. Dengan demikian, inovasi ini tidak hanya berfokus pada efisiensi waktu, tetapi juga pada keselamatan dan kenyamanan kerja di industri otomotif.

Saran

Meskipun hasil optimalisasi desain ini berpotensi meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan kenyamanan kerja, beberapa saran dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut. Pertama, perlu dilakukan uji coba lapangan untuk menguji kinerja alat dalam kondisi nyata dan memperoleh umpan balik dari pengguna langsung. Kedua, dapat dipertimbangkan untuk memperluas penelitian terkait dengan penggunaan material yang lebih ringan namun tetap kuat untuk komponen alat, sehingga memungkinkan pengurangan berat dan peningkatan portabilitas. Terakhir, disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan penggunaan teknologi digital, seperti sensor dan kontrol otomatis, untuk meningkatkan presisi dan efisiensi proses kerja. Dengan demikian, pengembangan lebih lanjut dapat terus meningkatkan kualitas dan kinerja alat ini untuk mendukung industri otomotif secara lebih baik.

Daftar Pustaka

- Abadi, A.H. *et al.* (2021) 'DESIGN OF SPECIAL SERVICE TOOLS (SST) MOTORCYCLE TIMING GEAR', 8(2), pp. 22–30.
- Amat, M.A. *et al.* (2024) 'Pengaruh insulasi pada resistance spot weld dengan elektroda titik ganda celah paralel satu sisi', *JOURNAL OF APPLIED MECHANICAL TECHNOLOGY (JAMET)*, 3(1), pp. 1–9. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.31884/journalofappliedmechanicaltechnology.v3i1.59>.
- Andrian, D. and Renilaili, R. (2021) 'Pengukuran Tingkat Risiko Ergonomi Dengan Menggunakan Metode Ovako Working Analysis System (OWAS) Untuk Mengurangi Risiko Musculoskeletal', *Integrasi: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 6(1), p. 32. Available at: <https://doi.org/10.32502/js.v6i1.3793>.
- (1992) 'Pedoman Reparasi Mesin 4A-FE'. Jakarta : Indonesia
- Azhis Soleh Buchori, Oyok Yudiyanto, S. (2019) 'Proses Manufaktur Alat Bantu Khusus (Special Service Tools) Pelepas Seal Suspensi Depan Jenis Telescopic Fork Sepeda Motor', *Jurnal Ilmu dan Teknologi Rekayasa*, 2(1), pp. 21–25. Available at: <https://doi.org/10.31962/jiitr.v2i1.27>.
- Baskoro, A.S., Amat, M.A. and Arifardi, M.F. (2021) 'Investigation Effect of ECR's Thickness and Initial Value of Resistance Spot Welding Simulation using 2-Dimensional Thermo-Electric Coupled', *Evergreen*, 8(4), pp. 821–828. Available at: <https://doi.org/10.5109/4742127>.
- Bastuti, S., Zulziar, M. and Suaedih, E. (2019) 'Analisis Postur Kerja Dengan Metode Owas (Ovako Working Posture Analysis System) Dan Qec (Quick Exposure Checklist) Untuk Mengurangi Terjadinya Kelelahan Musculoskeletal Disorders Di Pt. Truva Pasifik', *Jitmi*, 2(2), pp. 2685–6123.
- Budiman, E. and Setyaningrum, R. (2012) 'Perbandingan Metode-Metode Biomekanika Untuk Menganalisis Postur Pada Aktivitas Manual Material Handling (Mmh) Kajian Pustaka', *Jgti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 1(3), pp. 46–52.
- Della, T.L., Farras, M.F. and Hamid, A.N. (2019) 'Evaluasi Desain Sistem Kerja Terhadap Output REBA Pengangkatan Air Minum Kemasan berdasarkan Prinsip Manual Material Handling', *Idec.Ft.Uns.Ac.Id*, (Capodaglio 2017), pp. 2–3. Available at: <https://idec.ft.uns.ac.id/wp-content/uploads/2019/05/ID132.pdf>.
- Ferdinand Beer, E. Russel Johnston Jr, dan J.T.D. (2005) *Mechanics of Materials*.
- Gscheidle, Studiendirektor, Winnenden-Stuttgart, R. (no date) *Modern Automotive Technology Fundamentals, Service, Diagnostics*. 1st Englis. Germany: Mercedes-Benz and Stansfield Motors Ltd.
- Guo junjun, Y.Y. (2019) 'Patent Model Utilitas Valve Spring Compressor', *Patent CN209954574U* [Preprint].
- Irwan, E. *et al.* (2021) 'Rancang Bangun Mesin Pemotong Kentang Berbentuk Stick', 7(1), pp. 25–29.
- James L. Meriam, L. G. Kraige, dan J.N.B. (2007) *Engineering Mechancs Dynamics*

(7th Edition).

- Nasution, S. and Razali (2019) 'Analisa Kegagalan Cylinder Head Mesin Diesel Komatsu Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di Megapower PLTD Bengkalis', *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT)*, (2012), pp. 236–262. Available at: <http://eprosiding.snit-polbeng.org/index.php/snit/article/view/88>.
- Prasetyo, H., Rispianda, R. and Adanda, H. (2016) 'Rancangan Jig Dan Fixture Pembuatan Produk Cover on-Off', *Teknoin*, 22(5), pp. 350–360. Available at: <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol22.iss5.art4>.
- Rahayu, W.E. and Romalasari, A. (2020) 'PENGUNAAN MEDIA TANAM DAN PUPUK NPK TERHADAP HASIL RUMPUT TEKI (*Cyperus rotundus*) SERTA ANALISA KANDUNGAN KERIPIK OLAHANNYA', *Jurnal Ilmiah Ilmu dan Teknologi Rekayasa*, 2(1), pp. 21–25. Available at: <https://doi.org/10.31962/jiitr.v2i1.27>.
- Ramadhan, M.R., Achiraeniwati, E. and Sri Rejeki, Y. (2023) 'Pengukuran Level Resiko pada Stasiun Kerja Pengukuran Menggunakan Kuesioner Nordic Body Map (NBM), dan Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) (Studi Kasus: CV X)Pen', *Bandung Conference Series: Industrial Engineering Science*, 3(1), pp. 426–433. Available at: <https://doi.org/10.29313/bcsies.v3i1.7037>.
- Renita Dewi (2023) *RANCANG BANGUN JIG VALVE SPRING COMPRESSOR UNTUK MEMPERCEPAT PROSES PELEPASAN DAN PEMASANGAN KATUP PADA CYLINDER HEAD ENGINE TOYOTA 4A-FE*, Politeknik Negeri Jakarta. Politeknik Negeri Jakarta.
- Rosandi, A. et al. (2022) 'Desain Alat Pemasangan Dan Pencopot Valve Spring Sederhana Dengan Menggunakan Tekanan Dari Impact Driver', *Jurnal Inovasi Mesin*, 4(2), pp. 1–9. Available at: <https://doi.org/10.15294/jim.v4i2.44232>.
- Simons, A., Quartey, G. and Frimpong Asante, N. (2020) 'Conceptual Design and Finite Element Fatigue Life Analysis of a Poppet Valve Spring Compressor', *Journal of Engineering*, 2020, pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.1155/2020/6270810>.
- Subekhi, T.U.A. et al. (2023) 'Rancang Bangun Mesin Pencacah Nangka Muda Sebagai Bahan Produksi Makanan Megono', *Journal of Applied Mechanical Technology*, 2(1), pp. 1–9. Available at: <https://doi.org/10.31884/jamet.v2i1.27>.
- Sumarta, D.M. (2022) 'Perancangan Mesin Pengupas Ceri Kopi Dengan Penggerak Mula Motor Listrik Menggunakan Metode French', *Sistemik: Jurnal Ilmiah Nasional Bidang Ilmu Teknik*, 10(2), pp. 66–71. Available at: <https://doi.org/10.53580/sistemik.v10i2.71>.