



### Desain dan Simulasi Uji Tekan pada *Jigs* Pin Piston Diameter Ø13 mm

Safri<sup>a,\*</sup>, Muhammad Iqbal Harapan Muslim Siregar<sup>b</sup>, Mohamad Wirandi<sup>a</sup>, Dibyo Setiawan<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Teknologi Rekayasa Otomotif, Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian, Republik Indonesia. Letjend Suprpto, Cempaka Putih, Kota Jakarta Pusat, DKI Jakarta 10510

<sup>b</sup>Politeknik STTT Bandung, Teknik Tekstil, Kementerian Perindustrian, Republik Indonesia. Jl. Jakarta No. 31, Bandung 40272

<sup>c</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Mpu Tantular. Jl. Cipinang Besar, Cipinang Besar Sel., Kecamatan Jatinegara, Kota Jakarta Timur, DKI Jakarta 13410

#### INFO ARTIKEL

Histori artikel:

Diajukan 24 Mei 2021

Diterima 31 Juli 2021

Tersedia Online 31 Juli 2021

#### ABSTRAK

*Jigs and fixture* merupakan alat perkakas bantu yang berfungsi untuk memegang dan atau mengarahkan benda kerja sehingga proses manufaktur suatu produk dapat lebih efisien. Dalam proses melepas pin dari rumah piston, masih terdapat industri otomotif mikro yang melepas pin piston secara manual, dengan cara memukul pin piston menggunakan palu. Hal ini, mengakibatkan kerugian waktu dan kecelakaan kerja yang tinggi terhadap pekerja. Paper ini, bertujuan untuk meminimalisir kerugian waktu dan melakukan simulasi uji tekan pada *jigs* pin piston. Penerapan metode simulasi digunakan dalam menentukan kekuatan material dan metode empiris untuk menentukan tingkat efisiensi waktu. *Jigs* pin piston diperuntukan untuk melepaskan pin Ø 13 mm dari rumah piston dan jenis material *jigs* piston yang digunakan adalah Aluminum 5052 H32. Simulasi uji tekan dilakukan pada tekanan 0,32 N, 0,44 N, 0,55 N, 0,72 N dan 0,86 N, hasil simulasi dengan pemberian tekanan 0,86 N memberikan *Safety Factor* 1,90 Kgf dengan kategori aman. Hasil perhitungan secara empiris efisiensi waktu penggunaan *jigs* piston sebesar 59.49% dan estimasi peningkatan produktivitas sebesar 83.59%, maka dapat dinyatakan layak untuk digunakan.

**Kata kunci:** *Jigs*; Pin Piston; Simulasi; Uji Tekan

#### E – MAIL

Safri<sup>a</sup>@kemenperin.go.id\*

iqbal-s@kemenperin.go.id

wirandi13@kemenperin.go.id

dibyosetiawan@mputantular.ac.id

#### ABSTRACT

*Jigs and fixtures* are additional tools that function to hold and or direct workpieces so that the manufacturing process can be more efficient. In the process of removing the pin from the piston housing, there is still a micro automotive industry that releases the piston pin manually, by hitting the piston pin using a hammer. This results in high time losses and work accidents for workers. This paper aims to minimize time losses and work accidents by designing and simulating a pressure test on a piston pin jig. The application of the simulation method is used to determine the strength of the material and an empirical approach to determine the level of time efficiency. The piston pin jigs are intended to remove the Ø 13 mm pin from the piston housing and The type of *jigs* piston material used is Aluminum 5052 H32. The pressure test simulation was carried out at pressures of 0.32 N, 0.44 N, 0.55 N, 0.72 N and, 0.86 N, the simulation results by applying a pressure of 0.86 N gave a *Safety Factor* of 1.90 Kgf with a safe category. The results of the empirical calculation of the time efficiency of using piston jigs are 59.49% and the estimated productivity increase is 83.59%, which can be stated as feasible for us.

**Keywords:** *Jigs*; Piston Pin; Simulation; Press Test

#### I. PENDAHULUAN

*Jigs and fixtures* merupakan alat perkakas bantu yang berfungsi untuk memegang dan atau mengarahkan benda kerja sehingga proses manufaktur suatu produk dapat lebih efisien [1], dan merupakan bagian dari peningkatan berkelanjutan [2]. Kebutuhan *jigs and fixtures* setiap tahunnya meningkat disebabkan perkembangan varian atau pengembangan tipe dan jenis komponen dari produk otomotif tersebut [3], [4]. Beberapa faktor penting dibutuhkan *jigs and fixtures* adalah untuk mengurangi biaya produksi masal [5]. Kebutuhan *jigs*, bukan hanya pada skala industri otomotif makro, namun dibutuhkan juga pada industri otomotif mikro. Industri otomotif makro dapat didefinisikan sebagai penyuplai utama komponen otomotif, sedangkan industri otomotif mikro dapat diklasifikasikan penyuplai sub komponen sampai dengan level bengkel otomotif pinggir jalan. Dalam hal ini, kebutuhan *jigs* pin piston dibutuhkan untuk proses pelepasan pin dari rumah piston. Saat ini, berdasarkan pengamatan terhadap industri otomotif mikro melepas pin piston tersebut masih menggunakan tenaga manusia, yang artinya untuk melepaskan pin dari rumah piston masih dilakukan secara manual dengan cara memukul menggunakan palu terhadap pin agar pin tersebut keluar dari rumah piston. Pada kasus ini, sering terjadinya kesulitan untuk melepaskan pin. Salah satu sulitnya pin dilepaskan atau dikeluarkan adalah disebabkan atas pengaruh pelumas terhadap pelepasan pin yang memiliki peran yang sangat penting [6], hal ini menyebabkan terhambatnya atau sulit dikeluarkan pin dari rumah piston. Selain itu, tidak adanya pelumas juga mempengaruhi struktur pin maupun piston [7], yang pada dasarnya pin memiliki peran penting terhadap kinerja piston [8]. Efektifitas pelumas berkurang karena adanya proses pembakaran di ruang *engine* [9], dan terjadinya perpindahan panas pada bagian blok *engine*, batang torak dan termasuk pin piston [10, 11]. Gerakan sekunder piston [12, 13] dan perpindahan panas inilah yang menyebabkan keausan pada pin piston [14], dan berdampak negatif terhadap pin, sehingga sulit dikeluarkan dari rumah piston. Keausan pin piston juga diakibatkan adanya konstur dari dinding silinder yang berubah [15, 16], baik itu mengalami deformasi maupun transformasi perubahan bentuk akibat beda potensial suhu [17], yang dihasilkan dari pergerakan piston yang bergerak dari Titik

Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB) atau sebaliknya [18]. Faktor usia pin maupun piston juga berpengaruh signifikan [19], terhadap sulitnya pin piston dikeluarkan dari rumah piston.

Pemrosesan melepaskan pin dari rumah piston yang dilakukan secara manual, masih dianggap efektif namun belum tentu efisien [20]. Melepaskan pin dari rumah piston dibutuhkan investigasi terhadap karakteristik piston [21]. Hal ini, dilakukan untuk dapat menentukan metode dan desain yang tepat [22]. Perencanaan juga diperlukan untuk menentukan teknologi dengan merumuskan atas dasar fakta lapangan. Secara *safety* juga dapat dinilai secara mendasar yang berdampak pada kerugian, dimana terindikasi rentannya terjadi kecelakaan kerja. Selanjutnya, pekerjaan yang dilakukan secara manual akan berdampak pada penggunaan waktu, dimana waktu sangat dibutuhkan dalam penilaian dan peningkatan daya saing serta sebagai upaya meningkatkan nilai kepercayaan konsumen dengan tanpa mengurangi kualitas produk. Dimana diketahui, untuk melakukan pekerjaan manual dengan menggunakan palu, membutuhkan gaya 4,95 Newton untuk memberikan efek pergeseran pada pin sebesar 0,009 meter dengan waktu 0,11 menit pada jarak rata-rata objek 0,3 meter [23].

Dalam hal ini, penelitian bertujuan untuk melakukan desain, berdasarkan permasalahan yang dihadapi industri otomotif mikro yaitu untuk mempermudah untuk mengeluarkan pin dari rumah piston dan selanjutnya melakukan uji tekan terhadap desain tersebut. Kalkulasi waktu juga dihitung untuk mendapatkan nilai efisiensi dan estimasi peningkatan produktivitas pada desain tersebut.

## II. MATERIAL DAN METODE

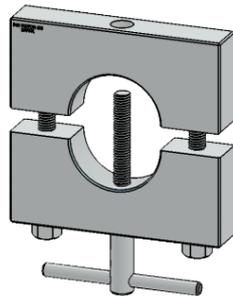
### 2.1 Material dan Cara Kerja

Pada *jigs* pin piston didesain *portable* memungkinkan digunakan untuk industri otomotif mikro. Material dipilih berdasarkan ketahanan [24] dan kemampuan deformasi minimal dibuktikan dengan simulasi pada *software Fusion 360*. Material aluminium *alloy* secara spesifik mampu mengurangi deformasi [25], dan defleksi yang kemungkinan terjadi akibat gesekan pada momen puntir pada *shaft* pendorong pin piston. Hal ini, menjadi rujukan dimana plat *upper* dan *lower* yang digunakan adalah aluminium 5052 H32, dapat

dilihat pada Gambar 1. Sedangkan untuk baut pengikat tipe M10.1.5 dengan material *steel*, baut pengikat ini bertujuan sebagai *safety* pada proses pelepasan pin, untuk spesifikasi material dapat dilihat pada . Desain tampak isometri dapat dilihat pada Gambar 2. Cara kerja dari *jigs* pin piston sangatlah sederhana, yaitu: (a) Piston yang sudah dikeluarkan dari blok silinder diletakkan diantara plat *upper* dan *lower*; (b) Piston direkatkan dengan mengencangkan baut pengikat; (c) Pada bagian *shaft* diputar searah dengan arah jarum jam dan akan mendorong pin keluar dari rumah piston; (d) Pin piston akan keluar melalui rongga Ø14mm pada plat *upper*.

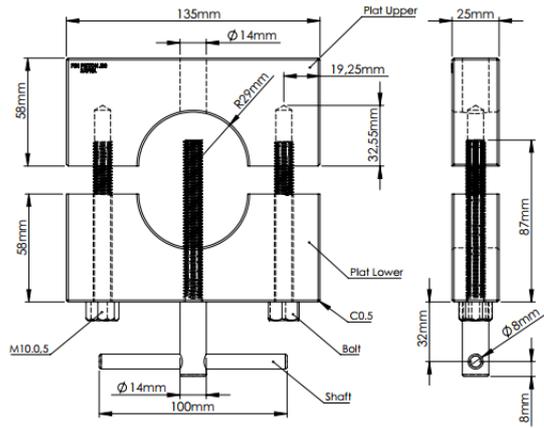
Density	2.68E-06 kg / mm <sup>3</sup>
Young's Modulus	69000 MPa
Poisson's Ratio	0.33
Yield Strength	167 MPa
Ultimate Tensile Strength	231 MPa
Thermal Conductivity	0.138 W / (mm C)
Thermal Expansion Coefficient	2.57E-05 / C
Specific Heat	880 J / (kg C)

**Gambar 1.** Spesifikasi Material Aluminium 5052 H32



**Gambar 2.** Tampak Isometri *Jigs* Pin Piston

Pada Gambar 2. menunjukkan dimensi dari *jigs* pin piston, dimana jari-jari pada plat *upper* dan *lower* masing-masing 29 mm. Hal ini bertujuan memastikan piston tidak bergerak dengan tingkat kepresisian 0.02 mm. Pada *shaft* pendorong bagian berulir sepanjang 87 mm dan panjang tuas 32 mm, dan untuk panjang total *shaft* 119 mm, maka dapat dipastikan pin piston dengan Ø13 mm dengan panjang 29 mm dapat dikeluarkan dengan gaya puntir dari rumah piston. Pada bagian plat *upper* didesain berongga dengan Ø14 mm, dengan tujuan pin piston dapat keluar.



**Gambar 3.** Dimensi *Jigs* Pin Piston

## 2.2 Metode

*Jigs* pin piston didesain berdasarkan pemanfaatan sesuai kebutuhan yang mendasar pada permasalahan yang dihadapi oleh industri otomotif mikro, dimana masih terdapat kesulitan dalam melakukan pelepasan pin piston pada keadaan tertentu. Dalam hal ini, akar permasalahan diambil dari 8 (delapan) sampel bengkel dengan klasifikasi industri otomotif mikro. Dapat didefinisikan operasional variabel dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Variabel Operasional

Variabel	Dimensi	Indikator	Skala Penelitian
Desain <i>jigs</i> pin piston	1. Desain <i>jigs</i>	1. Hasil desain	Ordinal
	2. Efisiensi desain	2. Hasil pengujian	
	3. Kalkulasi waktu	3. Hasil kalkulasi	
	4. Peningkatan Produktivitas	4. Estimasi peningkatan produktivitas	

Dari hasil definisi variabel pada table 1. terbatas pada penilaian simpulan statistik deskriptif kebutuhan *jigs* pin piston. Dimana hasil penilaian dinilai dengan 5 level ordinal (5: sangat setuju; 4 : setuju; 3 : netral; 2: tidak setuju; 1 : sangat tidak setuju)[26], pengolahan distribusi frekuensi kebutuhan *jigs* pin piston menggunakan *software IBM SPSS Statistik 21* dapat dilihat pada tabel 2. Pada tabel 2. menunjukkan kebutuhan *jigs* pin piston sangat dibutuhkan pada industri otomotif mikro dengan total nilai persentasi kumulatif 82,4% pada variasi validitas tertinggi terdapat pada 42-44 dengan persentasi 37.5%.

**Tabel 2.** Hasil penilaian distribusi frekuensi kebutuhan *jigs* pin piston

<i>Valid</i>	<i>Frequency</i>	<i>Percent</i>	<i>Valid Percent</i>	<i>Cumulative Percent</i>
<= 32	1	12.5	12.5	12.5
36 - 38	1	12.5	12.5	25.0
39 - 41	1	12.5	12.5	37.5
42 - 44	3	37.5	37.5	75.0
45+	2	25.0	25.0	100.0
Total	8	100,0	100,0	

Dalam penyelesaian masalah ini, peneliti melakukan perancangan desain *jigs* pin piston, yang selanjutnya menerapkan metode simulasi uji tekan menggunakan *software Fusion 360*, dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan material pada desain tersebut. Hasil penelitian ini, tidak hanya berlandaskan pada material dan desain, namun juga memperhitungkan kelayakan menggunakan metode kalkulasi empiris untuk menentukan efisiensi waktu dan estimasi peningkatan produktivitas. Metode kalkulasi empiris, dilakukan dengan menerapkan acuan penelitian sebelumnya yang selanjutnya di komparasi dengan perhitungan empiris untuk mendapatkan estimasi waktu perhitungannya adalah jumlah gaya dikali dengan waktu setting alat dapat dilihat pada persamaan 1 (satu). Sedangkan untuk menentukan estimasi peningkatan produktifitas dilakukan perhitungan empiris, yaitu jumlah estimasi waktu dibagi dengan produk yang dihasilkan dengan menggunakan *jigs* pin piston dapat dilihat pada persamaan 2 (dua).

Persamaan 1. Estimasi waktu

$$EW = \frac{G+Ws}{\text{menit}} \tag{1}$$

EW = Estimasi Waktu

G = Gaya (pergerakan memukul)

Ws = Waktu Setting

Persamaan 2. Estimasi peningkatan produksi (Ep)

$$EP = \frac{Mn-Jp}{Jp} \times 100\% \tag{2}$$

Ep = Estimasi peningkatan Produksi

Mn = Manual (Manual pada pemasangan)

Jp = *Jigs* Pin Piston (*Jigs* pada pemasangan)

Dengan begitu, akan memberikan masukan yang spesifik terhadap industri otomotif mikro dalam pemanfaatan *jigs* pin piston.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Simulasi *statistic stress*

Pada langkah awal penelitian ini adalah melakukan simulasi uji simulasi menggunakan *software Fusion 360*, dimana dihasilkan dari simulasi uji tekan dapat dilihat pada Tabel 3. Simulasi pengujian kekuatan material aluminium 5052 H32 dengan cara memberikan gaya tekan yang bervariasi yaitu, 0.32 N, 0,44 N, 0,55 N, 0.72 N dan 0.86.N. Dengan begitu, akan memberikan efek gaya yang berbeda sesuai dengan gaya yang diberikan pada material *jigs* pin piston. Dapat dilihat pada *von mises* yang diberi gaya tekan 0.86 N menghasilkan tegangan *von mises* terhadap material plat *upper* dan *lower* sebesar 0.00412 MPa. Pada *Displacement* saat diberi gaya sebesar 0.86 N menunjukkan hasil perpindahan atau pergerakan material sebesar 6.632E-07 mm. Selanjutnya total *Reaction Force and Contact Pressure* yang dihasilkan dari pemberian gaya 0.86 N masing-masing sebesar 0.0204 N dan 0.004931 MPa. Pada persamaan (3) menunjukkan hasil kalkulasi nilai *safety factor* masih dianggap aman, jika nilainya diatas 1 (satu) [27]. Dari hasil perhitungan nilai terendah pada simulasi untuk *factor safety* terdapat pada *load force* 0.86 N dengan nilai 1.90 Kgf, namun masih dinyatakan aman, dapat dilihat pada tabel 3.

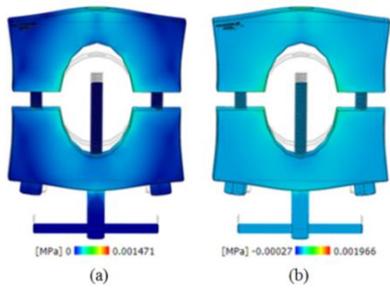
Persamaan 3. *Factor safety*(FS)

$$FS = \text{Yield Strenght/Load Force} \tag{3}$$

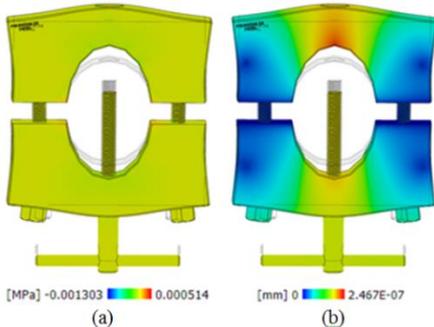
**Tabel 3.** Hasil Simulasi *statistic stress* pada *Jigs* Pin Piston

<i>Load Force (N/mm2)</i>	<i>Von Mises (Mpa)</i>	<i>Displacement (mm)</i>	<i>Reaction Force (N)</i>	<i>Contact Pressure (Mpa)</i>	<i>Safety Factor (Kgf)</i>
0.32	0.00147	2.47E-07	0.007591	0.001758	5.12
0.44	0.00201	3.39E-07	0.01044	0.002404	3.72
0.53	0.00260	4.24E-07	0.01305	0.003109	3.09
0.72	0.00344	5.55E-07	0.01708	0.004109	2.27
0.86	0.00412	6.63E-07	0.0204	0.004931	1.90

Simulasi yang dihasilkan dari uji tekan memberikan gambaran spesifik yang memberikan informasi ketahanan dari setiap material. Pada gambar 4. (a) *von mises* (b) *1<sup>st</sup> Principal* dengan pemberian gaya tekan sebesar 0.32 N. Pada gambar 4.(a) besar reaksi maksimum yang dihasilkan sebesar 0.001471 Mpa dan pada gambar 4. (b) reaksi maksimum yang dihasilkan sebesar 0.001966 Mpa.

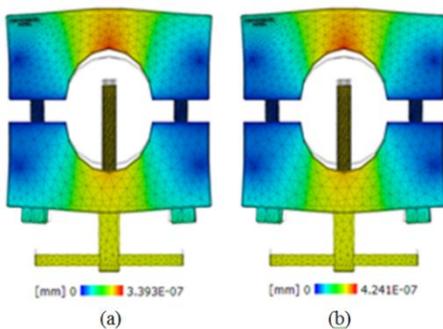


**Gambar 4.** (a) Von mises (b) 1<sup>st</sup> Principal dengan pemberian gaya tekan 0.32 N



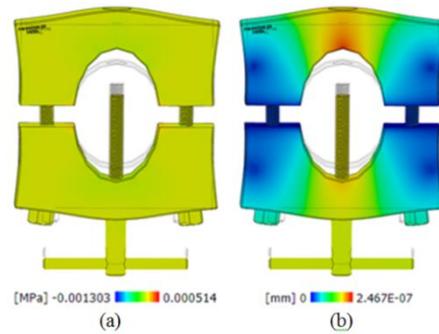
**Gambar 5.** (a) 3<sup>rd</sup> Principal (b) Displacement dengan pemberian gaya tekan 0.32 N

Pada gambar 5. (a) 3<sup>rd</sup> Principal dan (b) Displacement dengan diberi gaya tekan sebesar 0.32 N. Gambar 5.(a) menunjukkan reaksi minimum yang dihasilkan sebesar Minimum -0.0013.03 Mpa dan Maksimum sebesar 0.000514 MPa. Sedangkan pada Gambar 5.(b) menunjukkan hasil simulasi dengan reaksi displacement yang dihasilkan sebesar 2.467E-07 mm.



**Gambar 6.** (a) Displacement dengan pemberian gaya tekan 0.44 N dan (b) 0.55 N

Selanjutnya pada Gambar 6. (a) Displacement dengan pemberian gaya tekan 0.44 N dan (b) 0.55 N, dimana reaksi displacement maksimum yang dihasilkan masing-masing sebesar 3.393E-07 mm dan 4.241E-07 mm.



**Gambar 7.** (a) Displacement dengan pemberian gaya tekan 0.72 N dan (b) 0.86 N

Gambar 7.(a) Displacement dengan pemberian gaya tekan 0.44 N dan (b) 0.55 N, dimana reaksi displacement maksimum yang dihasilkan masing-masing sebesar 5.553E-07 mm dan 6.632E-07 mm. Pada Tabel 4. Menunjukkan hasil pengamatan dan estimasi waktu untuk melepas pin dari rumah piston. Dengan menerapkan metode empiris, jumlah pukulan, jarak dan pergeseran serta waktu yang dibutuhkan.

**Tabel 4.** Hasil Pengamatan dan Estimasi Waktu

Jumlah gaya	Jarak Objek (mm)	Geser Pin (mm)	Output Gaya (N)	Estimasi Waktu (menit)		Total Waktu
				Gaya	Setting (menit)	
<b>Melepas pin secara manual</b>						
1.0	29.00	0.87	0.01	0.002	0.11	0.11
13.0	29.00	11.31	0.08	0.024	1.41	1.43
16.0	29.00	13.92	0.09	0.029	1.73	1.76
18.5	29.00	16.10	0.11	0.034	2.00	2.04
21.5	29.00	18.71	0.13	0.039	2.33	2.37
24.5	29.00	21.32	0.14	0.045	2.65	2.70
28.0	29.00	24.36	0.17	0.051	3.03	3.08
31.0	29.00	26.97	0.18	0.057	3.36	3.42
33.4	29.00	29.06	0.20	0.061	3.62	3.68
<b>Melepas pin menggunakan jigs pin piston</b>						
1.0	29.00	1.50	0.01	0.002	0.08	0.08
10.2	29.00	15.30	0.06	0.019	0.77	0.78
13.5	29.00	20.25	0.08	0.025	1.01	1.04
15.4	29.00	23.10	0.09	0.028	1.16	1.18
17.6	29.00	26.40	0.10	0.032	1.32	1.35
19.4	29.00	29.10	0.11	0.036	1.46	1.49

Merujuk pada penelitian (Haryanto dkk, 2020) jumlah gaya yang dimaksud pada bagian sub kolom melepas pin secara manual adalah jumlah pukulan yang diberikan kepada pin piston dengan menggunakan palu pada objek 0,3 m waktu yang dibutuhkan 0,11 detik dengan pergeseran 0,009m sehingga gaya yang dikeluarkan sebesar 4,95N dan gaya yang dibutuhkan 14,3 pukulan untuk

melepaskan pin piston [23]. Selanjutnya dikalkulasikan secara empiris dengan menggunakan persamaan (1) untuk mendapatkan estimasi waktu. Pada sub kolom melepas pin menggunakan *jigs* pin piston adalah jumlah gerak memutar searah jarum jam, maka dapat dilihat jika membuka piston secara manual yaitu dengan memukul palu maka dibutuhkan 33.4 kali pukulan, untuk dapat mengeluarkan pin dari rumah piston dengan gaya (*output*) yang dikeluarkan sebesar 0.20 N dan waktu yang dibutuhkan saat memukul sebesar 0.061 menit ditambah dengan pergerakan untuk mengembalikan posisi awal piston (*setting*) dengan estimasi yaitu sebesar 3.62 menit sehingga total waktu yang dibutuhkan untuk mengeluarkan pin piston dari rumah piston sebesar 3.68 menit.

Sedangkan melepaskan pin dari rumah piston dengan menggunakan *jigs* pin piston, kalkulasi *bitch* pada baut tipe M.10 adalah sebesar 1.5 dengan gerak memutar 360 derajat dan panjang pin 29 mm, maka butuh 19.4 kali gerak memutar searah jarum jam, dengan total estimasi waktu yang digunakan untuk melepas pin menggunakan *jigs* pin piston sebesar 1.49 menit. Jika dibandingkan dengan cara melepaskan pin secara manual dan menggunakan *jigs* pin piston, maka dapat dipastikan terdapat efisiensi berdasarkan kalkulasi perbandingan waktu, yaitu didapatkan nilai sebesar 59.49%.

**Tabel 5.** Estimasi Peningkatan Produktivitas

Waktu Per Hari	Estimasi Pemanfaatan Waktu		Estimasi Jumlah Produk		Estimasi Peningkatan Produktivitas (%)
	Manual	<i>Jigs</i> Pin Piston	Manual	<i>Jigs</i> Pin Piston	
1	122.3	301.9	33.2	202.5	83.59
5	611.5	1,509.5	166.2	1,012.7	83.59
15	1,834.5	4,528.5	498.6	3,038.1	83.59
24	2,935.1	7,245.6	797.7	4,860.9	83.59

Dari Tabel 5. menunjukkan hasil, jika dalam industri otomotif mikro hanya memproses kegiatan tersebut, maka didapatkan hasil estimasi peningkatan produktivitas. Dalam hal ini, rumus persamaan (3) berlaku, dimana untuk membuka pin piston secara manual menghasilkan estimasi dalam satu hari dengan waktu yang dapat dimanfaatkan 122.3 menit dan menghasilkan jumlah produk 33.2 pin yang dikeluarkan dari rumah piston. Sedangkan dengan menggunakan *jigs* pin piston waktu yang dapat dimanfaatkan dalam satu hari sebesar 301.9 menit dan menghasilkan 202.5 pin piston. Jika dikalkulasi selama 24 hari maka pemanfaatan *jigs* pin piston

dapat mengeluarkan pin sebanyak 4.860,9 pin piston. Maka dapat dikalkulasi dengan metode empiris perbandingan melepaskan pin piston secara manual dan melepas piston dengan menggunakan *jigs* pin piston dapat dihasilkan estimasi peningkatan produktivitas sebesar 83.59%.

#### IV. KESIMPULAN

*Jigs* pin piston dirancang secara *portable* dan memperhatikan tingkat *safety* serta memberikan solusi atas kebutuhan *jigs* pin piston berdasarkan penilaian deskriptif ordinal. Dalam hal desain, dilakukan dengan melakukan simulasi uji tekan untuk memastikan desain dapat menahan gaya tekan terhadap penggunaan *jigs* pin piston, diketahui dari hasil simulasi dilakukan dengan memberikan gaya tekan terhadap *jigs* pin piston secara variatif dengan gaya tekan terbesar yang diberikan adalah sebesar 0.86 N dengan hasil *factor safety* 1,90 Kgf dikategorikan aman, sedangkan pada hasil kalkulasi empiris gaya tekan yang diberikan dari pergerakan momen puntir sebesar 0.11 N, maka dapat dinyatakan desain dengan material aluminium 5052 H32 layak digunakan. Selanjutnya untuk memastikan kelayakan lebih dalam, maka dilakukan kalkulasi secara empiris efisiensi waktu dan estimasi peningkatan produktivitas. Dapat diketahui dari hasil kalkulasi menunjukkan hasil yang positif, dimana efisiensi waktu terhadap penggunaan *jigs* pin piston adalah 59.49%, dan estimasi peningkatan produktivitas juga menunjukkan hasil yang positif yaitu sebesar 83.59%. dalam hal ini, dapat disimpulkan *jigs* pin piston layak untuk diterapkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Siva, B. Siddardha, S. Yuvaraja, and P. Karthikeyan, "Improving the productivity and tool life by fixture modification and renishaw probe technique," *Mater. Today Proc.*, vol. 24, pp. 782–787, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.04.386.
- [2] S. Kumar, R. D. S. G. Campilho, and F. J. G. Silva, "Rethinking modular *jigs*' design regarding the optimization of machining times," *Procedia Manuf.*, vol. 38, no. 2019, pp. 876–883, 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.169.
- [3] V. B. Kamble, "Design and Analysis of Gudgeon Pin to Minimize Stress Concentration: A Review," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 6, no. 3, pp. 2098–2101, 2018, doi: 10.22214/ijraset.2018.3326.
- [4] S. Gupta, R. Saini, A. Kumar, and P.

- Shrivastava, "Performance Analysis of Gudgeon Pin of Various Cross Sections by FEM," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 5, pp. 4569–4573, 2020, doi: 10.35940/ijrte.e6746.018520.
- [5] S. R. Kumar, S. Dinesh Krishnaa, K. K. Gowthamaan, D. C. Mouli, K. C. Chakravarthi, and T. Balasubramanian, "Development of a Re-engineered fixture to reduce operation time in a machining process," *Mater. Today Proc.*, vol. 37, no. Part 2, pp. 3179–3183, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.09.056.
- [6] M. Milani, L. Montorsi, and M. Venturelli, "A combined numerical approach for the thermal analysis of a piston water pump," *Int. J. Thermofluids*, vol. 7–8, 2020, doi: 10.1016/j.ijft.2020.100050.
- [7] X. Deng, H. Chen, Q. Xin, J. Lei, D. Jia, and X. Yang, "Flexible section-profile design of a cooling gallery inside a diesel engine piston," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 176, no. May, p. 115372, 2020, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2020.115372.
- [8] K. Satyanarayana, S. V. Uma Maheswara Rao, A. K. Viswanath, and T. V. Hanumanta Rao, "Quasi-dynamic and thermal analysis of a diesel engine piston under variable compression," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 2, pp. 5103–5109, 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2017.12.090.
- [9] L. Wu, Y. Bi, L. Shen, J. Lei, L. Zhang, and F. Zhou, "Study on the effect of piston skirt profile on the vibration behavior of non-road high pressure common rail diesel engine," *Appl. Acoust.*, vol. 148, pp. 457–466, 2019, doi: 10.1016/j.apacoust.2019.01.007.
- [10] A. Akhiiardinov, E. Pereyra, and C. Sarica, "Experimental and theoretical analysis of a pressure-driven logging piston during the liquid displacement process," *Exp. Therm. Fluid Sci.*, vol. 115, no. January, p. 110090, 2020, doi: 10.1016/j.expthermflusci.2020.110090.
- [11] V. R. Deulgaonkar, N. Ingolikar, A. Borkar, S. Ghute, and N. Awate, "Failure analysis of diesel engine piston in transport utility vehicles," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 120, no. xxxx, p. 105008, 2021, doi: 10.1016/j.engfailanal.2020.105008.
- [12] J. Guo, R. B. Randall, P. Borghesani, W. A. Smith, M. D. Haneef, and Z. Peng, "A study on the effects of piston secondary motion in conjunction with clearance joints," *Mech. Mach. Theory*, vol. 149, p. 103824, 2020, doi: 10.1016/j.mechmachtheory.2020.103824.
- [13] X. Peiyu *et al.*, "Influence of piston pin hole offset on cavity erosion of diesel engine cylinder liner," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 103, no. April 2018, pp. 217–225, 2019, doi: 10.1016/j.engfailanal.2019.04.022.
- [14] D. Niu, J. Zhang, P. Xiong, G. Hao, S. Liu, and W. Guo, "High temperature fatigue and oxidation characteristics of forged steel piston materials," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 97, no. January, pp. 220–226, 2019, doi: 10.1016/j.engfailanal.2019.01.014.
- [15] P. Venkateswara Babu, I. Syed, and S. Benbeera, "Experimental investigation on effects of positive texturing on friction and wear reduction of piston ring/cylinder liner system," *Mater. Today Proc.*, vol. 24, pp. 1112–1121, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.04.424.
- [16] Tristanto Prasetya, Sarifuddin, and Budi Joko Raharjo, "Keausan Crank Pin Journal Crankshaft Pada Diesel Engine Generator Di Mv. Kartini Baruna," *Din. Bahari*, vol. 9, no. 1, pp. 2126–2136, 2018, doi: 10.46484/db.v9i1.81.
- [17] M. Schmidt *et al.*, "Numerical Study of the Three-Dimensional Oil Flow Inside a Wrist Pin Journal," *Tribol. Trans.*, vol. 63, no. 3, pp. 415–424, 2020, doi: 10.1080/10402004.2019.1701163.
- [18] E. Wróblewski, A. Iskra, and M. Babiak, "Geometrical Structures of the Stepped Profile Bearing Surface of the Piston," *Procedia Eng.*, vol. 192, pp. 965–970, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.06.166.
- [19] Q. Zhaoju, L. Yingsong, Y. Zhenzhong, D. Junfa, and W. Lijun, "Diesel engine piston thermo-mechanical coupling simulation and multidisciplinary design optimization," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 15, no. August, p. 100527, 2019, doi: 10.1016/j.csite.2019.100527.
- [20] K. Wittek, F. Geiger, and M. G. Justino Vaz, "Characterization of the system behaviour of a variable compression ratio (VCR) connecting rod with eccentrically piston pin suspension and hydraulic moment support," *Energy Convers. Manag.*, vol. 213, no. April, p. 112814, 2020, doi: 10.1016/j.enconman.2020.112814.
- [21] G. Venkatachalam and A. Kumaravel, "Experimental investigations on the failure of diesel engine piston," *Mater. Today Proc.*, vol. 16, pp. 1196–1203, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2019.05.214.
- [22] Safril, T. A. Gunawan, A. I. Ramadhan, Sukarman, and I. B. K. Rahardja, "Design and simulation analysis on airless tires to off-road vehicles," *J. Crit. Rev.*, vol. 7, no. 13, pp. 938–945, Jul. 2020, doi: 10.31838/jcr.07.13.158.
- [23] E. Ichsan Haryanto, S. Rabati, and M. Al-Asyari, "Rancangan Alat Pelepas Pin Piston pada Motor Piston Continental IO-470 and Lycoming O-360 degnan Menggunakan Pompa Hidrolik di Program Studi Teknik Pesawat udara STPI," *Airman J. Tek. dan Keselam. Transp.*, vol. 3, no. 1, pp. 57–64, 2020, doi: 10.46509/ajtk.v3i1.53.
- [24] I. Etsion, G. Halperin, and E. Becker, "The effect of various surface treatments on piston pin scuffing resistance," *Wear*, vol. 261, no. 7–8, pp. 785–791, 2006, doi: 10.1016/j.wear.2006.01.032.
- [25] R. Sabarish and M. P. Jeya Kumar, "The design and analysis of piston - Steady state thermal analysis using 'ansys,'" *Int. J. Mech. Prod. Eng. Res. Dev.*, vol. 9, no. 3, pp. 197–204, 2019, doi: 10.24247/ijmperdjun201921.
- [26] Sugiyono, "Metode penelitian kuantitatif , kualitatif dan R & D," 2013.

- [27] F. A. Bumilimantara and Nur Raybian, "Uji Tegangan (Stress) Pada Engine Stand Trainer HINO 6 Silinder Menggunakan Aplikasi Autodesk Fusion 360," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., vol. 07, no. April, pp. 15–23, 2019.