

REVERSE ENGINEERING KATUP KOMPRESOR ANGIN KAJI DENGAN CNC ROUTER

KAJI AIR COMPRESSOR VALVE REVERSE ENGINEERING WITH CNC ROUTER

Fahrul Budiawan⁽¹⁾, Anugerah Bima Wijaya⁽²⁾, Ratih Ratna Suminar⁽³⁾, Dimas Ardiansyah Halim⁽⁴⁾

^{(1), (2), (3), (4)}Program Studi Teknik Mesin, Akademi Teknik Wacana Manunggal Semarang

Jl. Jagalan No. 8, Kel. Cebongan. Kec. Argomulyo, Salatiga 50736, Indonesia

fahrulb@atwm.ac.id

anugerahbw@atwm.ac.id

ratihrs@atwm.ac.id

dimasardiansyah@atwm.ac.id

Abstrak

Kompresor udara merupakan alat yang sering digunakan pada industri. Kendala katup kompresor udara yang sering dihadapi yaitu kebocoran dan aus. Kebocoran yang terjadi pada katup dapat mengurangi efisiensi dan mengakibatkan kehilangan tekanan udara yang dihasilkan. Keausan pada katup kompresor terjadi akibat penggunaan dan kurangnya perawatan. Kaji air compressor merupakan kompresor udara tipe lama yang sudah tidak memproduksi suku cadang. Namun, masih ada industri yang menggunakan Kaji air compressor dikarenakan kapasitas kompresor udara sampai 7 bar. Perawatan dengan penggantian suku cadang diperlukan secara berkala. Oleh karena itu, reverse engineering katup Kaji Air Compressor perlu untuk dilaksanakan. Penelitian ini dilaksanakan di Jl. Jagalan No.8, Kel. Cebongan, Salatiga pada Lab Desain dan Manufaktur kampus Akademi Teknik Wacana Manunggal Semarang. Maksud dan tujuan penelitian ini adalah untuk membuat desain, kode-G dan pembuatan purwarupa katup kompresor. Manfaat penelitian ini yaitu katup kompresor dapat dibuat dengan kemiripan dimensi sebagai suku cadang. Proses pembuatan menggunakan mesin CNC Router dengan kemampuan maksimal 24.000 RPM dan 400Hz. Hasil penelitian yaitu material yang digunakan dengan plat besi tanpa perlakuan hardening dengan ukuran ketebalan 1 mm dan diameter 72,5 mm. Parameter pemakanan pada kecepatan spindle 5.000 RPM dengan feedrate 100 mm/menit sampai 150 mm/menit. Mata pahat yang digunakan yaitu carbide diameter 1,5 mm dan 4 mm. Waktu pengerjaan 180 menit. Toleransi dimensi dari benda kerja yang dihasilkan yaitu 0,1 s.d. 0,2 mm.

Kata Kunci : Katup, Kompresor, CNC Router, *Reverse Engineering*

Abstract

Air compressor is a tool that is often used in industry. The most common air compressor valve problems are leakage and wear. Leaks that occur in the valve can reduce efficiency and result in a loss of air pressure produced. Wear and tear on compressor valves occurs as a result of use and lack of maintenance. Kaji air compressor is an old type of air compressor that no longer produces spare parts. However, there are still industries that use Kaji air compressors because the capacity of air compressors is up to 7 bar. Maintenance with the replacement of spare parts is required periodically. Therefore, Kaji Air Compressor valve reverse engineering needs to be implemented. This research was conducted on Jl. Butcher No. 8, Kel. Cebongan, Salatiga in the Design and Manufacturing Lab on the campus of the Manunggal Discourse Engineering Academy Semarang. The aim and objective of this research is to design, G-code and manufacture a compressor valve prototype. The benefit of this research is that compressor valves can be made with similar dimensions as spare parts. The manufacturing process uses a CNC Router with a maximum capacity of 24.000 RPM and 400Hz. The results of the study are the material used with iron plates without hardening treatment with a thickness of 1 mm and a diameter of 72.5 mm. Feeding parameters at a spindle speed of 5.000 RPM with a feed rate of 100 mm/min until 150 mm/min. The chisels used are carbide diameters of 1.5 mm and 4 mm. Working time 180 minutes. The dimensional tolerance of the resulting workpiece is 0.1 to 0.2mm.

Keywords : *V*alve, Compressor, CNC, *Reverse Engineering*

I. Pendahuluan

Kompresor udara merupakan alat yang sering digunakan pada industri. Kendala katup kompresor udara yang sering dihadapi yaitu kebocoran dan aus (Samsul & Yudiastoro, 2022; Solka et al., 2023; Sutrisna & Suryawan, 2022). Kebocoran yang terjadi pada katup dapat mengurangi efisiensi dan mengakibatkan kehilangan tekanan udara yang dihasilkan. Keausan pada katup kompresor terjadi akibat penggunaan dan kurangnya perawatan (Firmansah & Mursadin, 2021; Sabil & Wilastari, 2022).

Banyak sekali metode dalam penelitian yang menjadi beberapa alternatif dalam memecahkan solusi salah satunya menggunakan metode *reverse engineering* yang berfungsi dalam pedoman pemakaian mesin CNC Router pada plat baja. Hal ini dilakukan karena tidak adanya barang *spare part* produksi yang tersedia di pasaran dan mau tak harus di-*reverse* atau dikembalikan maupun dibuat ulang dengan toleransi ukuran dari barang yang dahulu sehingga tidak akan meleset jauh dari ukuran barang aslinya.(Aditya et al., 2022; Azmi, 2022; N. Firdaus, 2016; Rosyidin, 2019; Yovie et al., 2018)

Kaji *air compressor* merupakan kompresor udara tipe lama yang sudah tidak memproduksi suku cadang. Namun, masih ada industri pemotongan kayu yang menggunakan Kaji *air compressor* dikarenakan kapasitas kompresor udara sampai 7 bar. Perawatan dengan penggantian suku cadang diperlukan secara berkala (Abdurrochman & Wonoyudo, 2014). Penurunan tekanan pada kompresor mengakibatkan kinerja yang dihasilkan juga menurun. Seringkali dikarenakan adanya kebocoran akibat suku cadang yang aus. (Mafrisal et al., 2022; Widodo et al., 2020) Mesin CNC Router merupakan mesin *milling* yang digerakkan dengan bantuan komputer. Program yang digunakan adalah *g-code* untuk mengarahkan mata pisau sesuai arah gerakan yang telah ditentukan.(U. Aulia et al., 2022; Jufrizaldy et al., 2020) Mesin *milling* memiliki tiga sumbu (3 *axis*), yaitu sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z. Mesin *milling* dapat digunakan untuk meratakan permukaan, mengurangi bahan, maupun melakukan pengeboran. (Putra et al., 2022)

Pembuatan suku cadang dengan menggunakan CNC terlebih dahulu melalui beberapa tahapan, yaitu tahapan desain, CAM dan terakhir pengoperasian CNC. Pada tahap desain dilakukan pembuatan gambar teknik dengan bantuan perangkat lunak gambar (Fyona et al., 2019). Tahap CAM yaitu membuat program *g-code*. Kemudian tahap pembuatan part dengan mengoperasikan mesin CNC. Proses pengaturan titik nol dan pencekaman (*clamping*) benda kerja dilakukan sebelum memasukkan program *g-code*. (Sopyandi & Yunus,

2022)

Manfaat penelitian ini yaitu katup kompresor dapat dibuat dengan kemiripan dimensi sebagai suku cadang. Proses pembuatan menggunakan mesin CNC Router dengan kemampuan maksimal 24.000 RPM dan 400Hz. Mesin CNC Router ini mampu mengolah bahan benda kerja seperti ACP, akrilik sampai dengan plat besi yang tidak lebih dari 1cm dalam pengerjaannya. Oleh karena itu, *reverse engineering* katup Kaji *Air Compressor* perlu untuk dilaksanakan

II. Metode Penelitian

A. Jenis Penelitian

Penelitian menggunakan metode eksperimen laboratorium. Metode ini menggunakan alat dan bahan yang ada pada laboratorium dan dianggap sesuai untuk mengetahui sebab-akibat yang bertujuan untuk menjawab hipotesis. Data yang diperoleh merupakan data yang terjadi saat pengujian sehingga data yang diperoleh bersifat faktual yang sudah dinyatakan valid.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni s.d. Juli 2023. Proses penelitian dilaksanakan pada laboratorium manufaktur Akademi Teknik Wacana Manunggal Semarang.

C. Objek Penelitian

Objek penelitian yaitu katup kompresor dengan detail desain perancangan ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Objek Penelitian

NO	Objek Penelitian	Keterangan
1	Material Produk	Plat besi 0,8 mm
2	Dimensi produk	Diameter 72,5 mm



Gambar 1. Katup kompresor

D. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mesin CNC router 3 sumbu, *cutter endmill*, *vernier caliper*, seperangkat komputer dan bahan

plat baja. Penjelasan lengkap sebagai berikut :

1. Mesin CNC Router 3 sumbu

Mesin milling 3 sumbu memiliki motor di bagian atas untuk memutar mata pisau. Mesin milling memiliki tiga sumbu yaitu sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z. CNC merupakan sistem kontrol yang menggerakkan sumbu mesin milling dan kecepatan putaran mata pisau. CNC diprogram dengan menggunakan *g-code* yaitu bahasa yang memerintah mesin milling untuk bergerak sesuai koordinat (X, Y, Z) dan kecepatan yang telah ditentukan. (R. Aulia et al., 2022)

Mesin milling memerlukan alat pendukung yaitu *vernier caliper*, *dial indicator* sebagai alat ukur, *arbor* dan *collete* untuk memegang mata pisau serta peralatan untuk *clamping* benda kerja.



Gambar 2. Mesin CNC Router 3 sumbu

2. Cutter Endmill

Endmill merupakan mata pisau yang digunakan untuk melakukan pemotongan, pemakanan atau proses pelubangan benda kerja. Jenis *endmill* dapat dibedakan dari material maupun dari bentuk ujung mata pisau (Andhika et al., 2023; R. Aulia et al., 2022; F. N. Firdaus & Susanti, 2021). Pada penelitian ini digunakan endmill tipe datar (*flat*) material *carbide* dengan ukuran 1,5 mm dan 4 mm.



(a)

(b)

Gambar 3. Flat Endmill Carbide (a) 4mm, (b) 1,5mm

3. Perangkat Komputer

Perangkat komputer digunakan sebagai media untuk membuat desain 3D katup kompresor. Desain 3D tersebut kemudian dilakukan proses CAM agar menghasilkan program *g-code*. Proses desain dan CAM menggunakan perangkat lunak Autodesk Fusion 360 *student edition*.



Gambar 4. Perangkat Komputer

4. Vernier Caliper

Vernier Caliper adalah alat ukur teknik yang bisa digunakan untuk mengukur tiga jenis pengukuran sekaligus dalam satu alat menggunakan metode geser. Alat ini memiliki fungsi yang sama dengan mikrometer namun mikrometer menggunakan prinsip ulir sementara jangka sorong menggunakan metode geser. Oleh sebab itu banyak yang menyebutnya mistar geser.



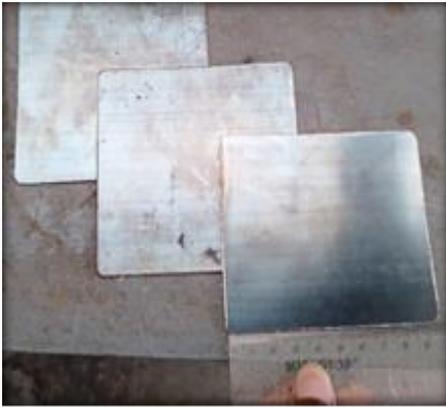
Gambar 5. Vernier Caliper

5. Plat Baja

Material katup kompresor menggunakan plat baja spring SK5 *non-hardening* dengan tujuan mendapatkan sifat lentur. Plat baja yang digunakan memiliki ketebalan 1 mm. Komposisi plat baja SK5 ditunjukkan pada tabel 2 dengan *mechanical properties* kekerasana 150-190 HV dan kuat tarik 460-625 N/mm². (JSA, 2000)

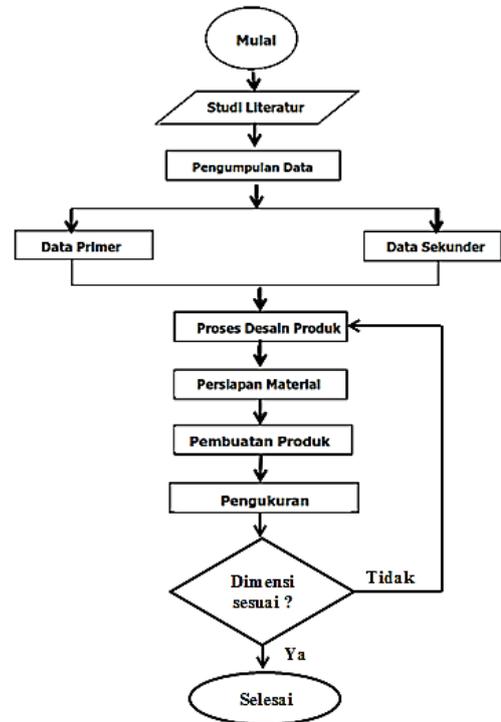
Tabel 2. Komposisi plat baja SK5

C(%)	Si(%)	Mn(%)	P(%)
0.8-0.9	0.15-0.35	0.15-0.5	≤ 0.03
S(%)	Cr(%)	Ni(%)	Cu(%)
≤ 0.03	≤ 0.3	≤ 0.25	≤ 0.25

**Gambar 6.** Plat Baja Spring SK5 Ketebalan 1 mm

E. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian memberikan gambaran langkah penelitian yang akan ditempuh. Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur yang sudah ada kemudian melakukan pengumpulan data dari studi literatur sebagai data sekunder. Pengukuran katup kompresor menggunakan *vernier clipper* sebagai data ukuran desain produk. Proses dilanjutkan dengan desain produk yaitu desain katup kompresor dalam 3D dan dilanjutkan dengan proses CAM menggunakan perangkat lunak Autodesk Fusion 360 *Student Edition*. Persiapan material plat baja dilakukan dengan melakukan pemotongan ukuran 90 x 90 mm. Pemasangan material plat baja pada meja kerja CNC Router dengan *clamping*. Proses dilanjutkan dengan memasukkan program g-code dan menjalankan mesin CNC Router untuk memotong benda kerja. Setelah usai proses pemotongan, maka dilakukan pengukuran dan tindakan *quality control* untuk mengetahui perbandingan ukuran benda kerja dengan contoh katup. Apabila dimensi sudah sesuai maka benda kerja yang dihasilkan dapat digunakan sebagai suku cadang katup kompresor. Diagram alir ditunjukkan pada gambar 6.

**Gambar 7.** Diagram Alir Penelitian

III. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Pengukuran

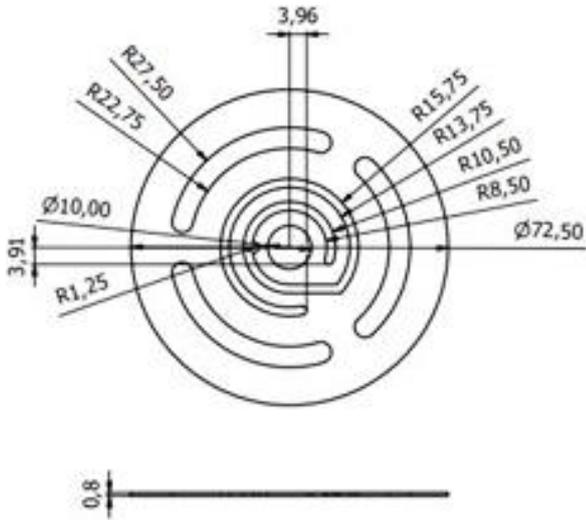
Pengukuran dan penentuan titik tengah menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm. Dimensi yang diperoleh yaitu

Tabel 3. Dimensi Katup hasil pengukuran

No	Dimensi	Nilai	Satuan
1	Diameter katup luar	72,5	mm
2	Diameter lubang tengah	10	mm
3	Diameter jalur luar	4,75	mm
4	Diameter jalur tengah	2	mm
5	Radius lubang pasak	1,25	mm
6	Tebal	0,8	mm

**Gambar 8.** Pengukuran Katup

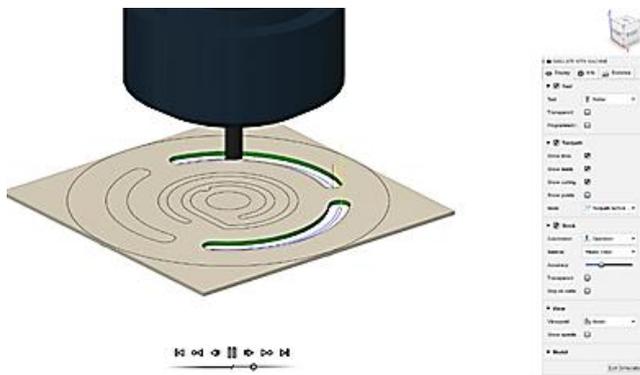
Data pengukuran dalam tabel 3 kemudian digambarkan pada perangkat lunak Autodesk Fusion 360 *Student Edition*.



Gambar 9. Desain Katup Kompresor

B. Hasil Simulasi CAM

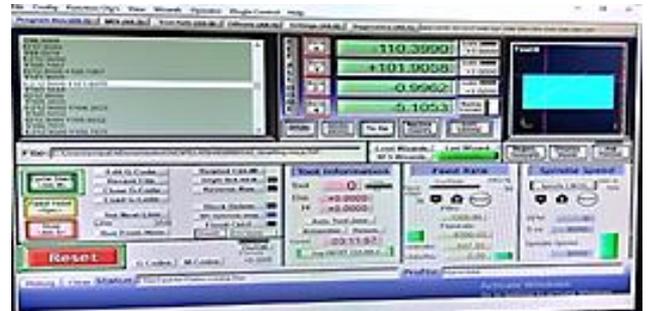
Pada pengerjaan CAM, proses simulasi dilakukan untuk mengetahui arah gerakan mata pisau dan memprediksi apabila ada kemungkinan gerakan yang salah. Hasil CAM yaitu program g-code yang sudah dicek arah gerakan dan kecepatan putar serta kecepatan pemakanan.



Gambar 10. Simulasi CAM

C. CNC Router

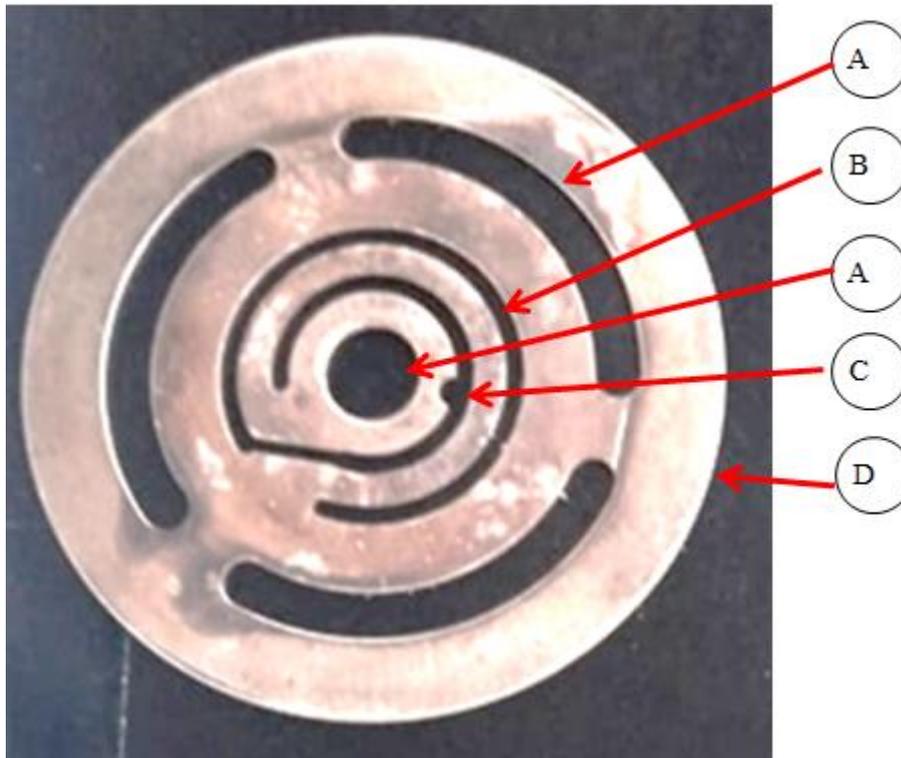
Pada proses pengaturan CNC router yaitu diantaranya penentuan titik nol benda kerja dan penckaman benda kerja di atas meja CNC. Hal ini dilakukan untuk memastikan benda kerja tidak bergeser dan dapat memperoleh hasil sesuai dengan desain yang diharapkan. Proses input g-code dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak.



Gambar 11. Input g-code

Tabel 4. Parameter pemakanan

No	Pemakanan	Feedrate (mm/menit)	Spindle Speed (RPM)	Tool	Waktu (menit)
1	Lubang tengah & jalur luar (A) <i>Roughing</i>	150	5.000	<i>Flat Endmill</i> dia. 4 mm <i>Carbide</i>	95
2	Lubang tengah & jalur luar (A) <i>Finishing</i>	100	5.000	<i>Flat Endmill</i> dia. 1,5 mm <i>Carbide</i>	6
3	Jalur tengah (B)	100	5.000	<i>Flat Endmill</i> dia. 1,5 mm <i>Carbide</i>	8
4	Lubang pasak (C)	100	5.000	<i>Flat Endmill</i> dia. 1,5 mm <i>Carbide</i>	1
5	Lingkaran luar (D) <i>Cutting</i>	100	5.000	<i>Flat Endmill</i> dia. 1,5 mm <i>Carbide</i>	15



Gambar 12. Parameter pemakanan

Detail alur Parameter pemakanan

- a) Langkah pemakanan I yaitu pemakanan kasar (*roughing*) benda kerja katup pada jalur luar yang berjumlah 3 sisi dan jalur tengah (A) *Roughing* menggunakan *tool* berjenis *flat endmill carbide* dengan ukuran 4 mm dan kedalaman (*depth*) 1 mm menggunakan acuan parameter *feedrate* di 150 mm/menit serta *stepdown* 0,2 mm karena bahan yang digunakan dari plat baja sehingga harus pelan dalam proses pemakanannya dan diikuti dengan adanya penguasaan *endmill* menggunakan *coolant* supaya *tool* tidak cepat panas dan aus (*overheat*). Untuk parameter *spindle speed* (RPM) di 5.000 rpm dikarenakan untuk mengimbangi dari laju *feedrate* yang lebih rendah. Waktu yang dibutuhkan untuk pemakanan kasar (*roughing*) benda kerja katup pada jalur luar yang berjumlah 3 sisi dan jalur tengah adalah 95 menit atau 1jam 35 menit.
- b) Langkah pemakanan II, pemakanan halus (*finishing*) pada benda kerja katup lubang tengah & jalur luar (A) *Finishing* menggunakan *tool* berjenis *flat endmill carbide* dengan ukuran 1,5 mm dan kedalaman (*depth*) 1 mm. Pemakanan langkah II ini menggunakan acuan parameter *feedrate* di 100 mm/menit diikuti dengan parameter *spindle speed* (RPM) di 5.000 rpm. Waktu yang dibutuhkan untuk langkah pemakanan benda kerja katup ini adalah 6 menit.
- c) Langkah pemakanan III sisi Jalur tengah (B) menggunakan *tool* berjenis *flat endmill carbide* dengan ukuran 1,5 mm dan kedalaman (*depth*) 1 mm menggunakan acuan parameter di 100 mm/menit serta *stepdown* 0,2 mm. Untuk parameter *spindle speed* (RPM) di 5000 rpm dikarenakan laju *feedrate* yang lebih rendah. Waktu yang dibutuhkan pada langkah pemakanan benda kerja katup sisi jalur tengah ini adalah 8 menit.
- d) Langkah pemakanan IV sisi lubang pasak (C) menggunakan *tool* berjenis *Flat endmill carbide* dengan ukuran 1,5 mm dan kedalaman (*depth*) 1 mm. Pemakanan langkah IV ini menggunakan acuan parameter *feedrate* di 100 mm/menit diikuti dengan parameter *spindle speed* (RPM) di 5.000 rpm. Proses pemakanan ini hanya untuk membuat pasak atau lubang setengah sesuai dengan gambar manufakturnya. Waktu yang dibutuhkan pada step pemakanan benda kerja katup sisi lubang pasak ini adalah 1 menit.
- e) Langkah pemakanan V sisi Lingkaran luar (D) *Cutting* menggunakan *tool* berjenis *Flat endmill carbide* dengan ukuran 1,5 mm dan kedalaman (*depth*) 1 mm. Pemakanan V ini menggunakan acuan parameter *feedrate* di 100 mm/menit diikuti dengan parameter *spindle speed* (RPM) di 5.000 rpm. Proses pemakanan ini ditahap akhir untuk memotong benda kerja supaya bisa terlepas dan sudah terbentuk hasilnya. Waktu yang dibutuhkan pada step pemakanan sisi lingkaran luar ini adalah 15 menit.

Tabel 5. Hasil pengukuran katup

No	Dimensi	Desain (mm)	Benda kerja (mm)
1	Diameter katup luar	72,5	72,5
2	Diameter lubang tengah	10	10
3	Diameter jalur luar	4,75	4,85
4	Diameter jalur tengah	2	2
5	Radius lubang pasak	1,25	1,26
6	Tebal	0,8	0,8

Terdapat selisih dimensi dari pengukuran desain dengan benda kerja yang telah dibuat sebesar 0,1 mm pada pengukuran diameter jalur luar dan 0,11 mm pada radius lubang pasak. Hal ini dikarenakan terjadi gesekan antara mata pahat 1,5 mm dengan benda kerja karena mata pahat 1,5 mm digunakan dalam alur pemakanan finishing (A), (B), (C), dan (D) sehingga mengakibatkan mata pahat semakin aus. Hal tersebut mengakibatkan pergeseran dimensi dalam proses pemakanan. Hal ini dapat dicegah dengan pengaplikasian *coolant* dan melakukan penggantian mata pahat 1,5 mm secara berkala.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses desain produk dilakukan dengan perangkat lunak Autodesk Fusion 360. Kemudian dilanjutkan penentuan *toolpath* pemakanan dan membuat program kode G. Setelah itu program kode G dimasukkan dalam mesin CNC dengan perangkat lunak Mach3.
2. Parameter pemakanan *roughing* menggunakan kecepatan *spindle* 5.000 RPM dan *feedrate* 150 mm/menit. Pemakanan *finishing* diatur *spindle speed* 5.000 RPM dan *feedrate* 100 mm/menit.
3. Pemotongan bahan plat baja agar menghasilkan potongan yang baik menggunakan pahat carbide.

Referensi

Abdurrochman, M., & Wonoyudo, B. D. (2014). Karakteristik Getaran dan Tekanan Ruang Silinder Akibat Variasi Putaran Kompresor pada Lima Model Profil Dudukan Katup Tekan Sebuah Kompresor Torak. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(1). <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/5852/1657>

Aditya, M. H., Paska, I. M., Afifah, H. R., Fairuzaman, I., Faqih, M., & Laksono, P. W. (2022). *Perancangan Alat Bantu Jig untuk Proses Drill Rangka Sandaran, Tutup*

Sandaran, dan Sandaran. 1–9.

Andhika, M., Ismail, I., Anwar, A., & Tafrant, D. (2023). Pengaruh Variasi Material Mata Pahat Endmill Terhadap Kekasaran Permukaan Resin pada CNC Router 3018. *Machinery Jurnal Teknologi Terapan*, 4(2), 76–81.

Aulia, R., A., Y., Abadi, Z., & Sari, D. Y. (2022). Analisis Pengaruh Parameter Pemesinan, Metode Penyayatan Dan Material Pisau Frais Terhadap Kekasaran Permukaan Aluminium 6061 Pada Proses End Milling Surfaces Finish. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 4(4), 70–81. <https://doi.org/10.24036/vomek.v4i4.456>

Aulia, U., Tadjuddin, M., Syahriza, S., & Alfandra, A. (2022). Perbandingan Gaya Potong Pada Pembuatan Lubang Menggunakan Kode G02 dan G03 Dengan Proses Helical Interpolation Milling. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 1–6. <https://jurnal.unsyiah.ac.id/JTM/article/view/26353>

Azmi, M. (2022). *Rancang Bangun Rangka dan Bodi pada Mesin Kompresor Udara Kering untuk Pengecatan Bodi Mobil* [Universitas Negeri Padang]. <http://repository.unp.ac.id/40087/>

Firdaus, F. N., & Susanti, N. A. (2021). Pengaruh Kecepatan Putar dan Penyayatan Endmill Cutter Type HSS terhadap tingkat Kekasaran Alumunium pada Mesin CNC. *JPTM*, 10(02), 103–110.

Firdaus, N. (2016). Reverse Engineering: Mechanical Parts. *Jurnal Teknik Mesin*, 6, 72–79.

Firmansah, I. A., & Mursadin, A. (2021). Analisis Penurunan Sistem Kompresor Pada Pembangkit PT. Indocement Tunggal Prakarsa, TBK. Kalimantan Selatan. *Rotary*, 3(2), 173–190.

Fyona, A., Hakim, R., & Afriandi, A. (2019). Desain Jig & Fixture untuk Break Shoes Sepeda Angin. *Jurnal Teknologi Dan Riset Terapan (JATRA)*, 1(2), 38–42.

JSA. (2000). JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD G-4401. In *JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD G-4401*.

Jufrizaldy, M., Ilyas, I., & Marzuki, M. (2020). Rancang Bangun Mesin CNC Milling Menggunakan System Kontrol GRBL Untuk Pembuatan Layout PCB. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 4(1), 37. <https://doi.org/10.30811/jmst.v4i1.1743>

Mafrisal, M., Risal, S., & Pratama, C. W. (2022). Analisa Menurunnya Produksi Udara Bertekanan Pada Kompresor di MT.Kurau/P.59. *Jurnal Karya Ilmiah Dosen Venus*, 10(September), 57–66.

Putra, O. P., Nurdin, H., & Rifelino, R. (2022). Pengaruh Penyayatan Up Milling Dan Down Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Baja S45C Pada Proses Pekerjaan Mesin Frais Vertikal. *Jurnal Vokasi Mekanika*

(*VoMek*), 4(4), 142–147.

- Rosyidin, A. (2019). Rancang Bangun Alat Simulator Pneumatic Dua Silinder Katup Selenoid Tunggal. *Jurnal Teknik*, 8(2), 15–21. <https://doi.org/10.31000/jt.v8i2.1452>
- Sabil, A. M., & Wilastari, S. (2022). Identifikasi Penyebab Tidak Optimalnya Kinerja Kompresor Utama Terhadap Pengisian Botol Angin di Kapal KM. Hari Baru Indonesia. *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim*, 4(1), 1–6.
- Samsul, E., & Yudiastoro, S. (2022). Monitoring Kinerja Motor Kompresor Angin dengan Komunikasi Modbus Menggunakan Outseal PLC. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 6(1), 11–16.
- Solka, G., Hidayat, N., Andrizar, A., & Lapisa, R. (2023). Analisis Coeffisient of Performance (COP) Trainer Sistem Pengkondisian Udara pada Putaran 2970 rpm. *Jurnal Teknologi Dan Pendidikan Vokasi Indonesia*, 1(1), 51–66.
- Sopyandi, C., & Yunus, R. M. (2022). Proses Pembuatan Part Shaft Drive Jetpack B4 menggunakan Mesin CNC DMC DL-8TH dan Mesin Milling. *Prosiding SENIATI*, 6(1), 93–102. <https://doi.org/10.36040/seniati.v6i1.4886>
- Sutrisna, P. O., & Suryawan, G. P. (2022). Potensi Penghematan Energi Kompresor melalui Replacement Kompresor Menuju Type AF OPC 55-10. *Bakti Saraswati*, 11(02), 81–87.
- Widodo, I. G., Supandi, A. K., Pramono, A., & Gutomo, G. (2020). Analisa Hasil Pengujian Unjuk Kerja Kompresor Torak Satu Silinder dan Dua Silinder dengan Instalasi Paralel. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat Polines*, 3, 259–268.
- Yovie, R., Wiro, B., & Bisono, F. (2018). Perancangan dan Pembuatan Jig untuk Proses Drilling pada CNC Router. *Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*, 1, 105–110. <http://journal.ppns.ac.id/index.php/CDMA/article/view/319/269>