

Terbit online pada laman web jurnal : <http://josi.ft.unand.ac.id/>

Journal of Engineering Science and Technology Management

| ISSN (Online) 2828-7886 |



Article

Analysis of the Effectiveness of 3D Printing Technology as an Alternative to Replacing Machine Components

Rama Dani Eka Putra¹, Tessa Zulenita Fitri²

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu, Indonesia^(1,2)

E-mail: rdputra@unib.ac.id

ARTICLE INFORMATION

Volume 4 Issue 2

Received: 04 Agustus 2024

Accepted: 21 September 2024

Publish Online: 24 September 2024

Online: at <https://JESTM.org/>

Keywords

3D Printing

Cost Efficiency

Machine Components

Material Quality

ABSTRACT

Three-dimensional printing (3D printing) technology has developed rapidly and offers innovative solutions in the manufacturing industry, especially for replacing damaged machine components. This research aims to analyze the perception and effectiveness of this technology as an alternative through empirical data from 300 respondents. The test results show that perceptions of 3D printing's ability to replace traditional components, the quality of the print results, and environmental benefits are significantly influenced by the respondent's level of experience (p -value < 0.05). However, aspects of cost efficiency and ease of application of technology show uniformity of perception across all groups of respondents, indicating the potential for broad application of technology. The normality and ANOVA tests performed confirmed the validity of the data, supporting the use of parametric statistical analysis. These findings underscore the ability of 3D printing to reduce costs and production time, while highlighting key challenges related to material strength and initial investment. This research recommends the development of materials, hardware, and ongoing education to increase the acceptance and effectiveness of the application of this technology in the manufacturing industry.

1. BACKGROUND

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri, komponen mesin yang rusak merupakan salah satu tantangan besar yang sering dihadapi oleh para produsen, terutama di sektor manufaktur (Heinen & Hoberg, 2019). Kerusakan komponen mesin dapat menyebabkan terhentinya proses produksi, meningkatkan biaya pemeliharaan, dan memperpanjang waktu perbaikan (Rochman et al., 2021). Oleh karena itu, pencarian solusi yang efisien untuk penggantian komponen yang rusak menjadi penting. Teknologi 3D printing, yang telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir, menjadi salah satu inovasi yang menawarkan solusi potensial untuk menggantikan komponen mesin yang rusak dengan cara yang lebih cepat dan lebih efisien (Cristina-florena & Sover, 2024).

Teknologi 3D printing, atau yang juga dikenal sebagai pencetakan lapisan demi lapisan (*additive manufacturing*), memiliki kemampuan untuk membuat objek tiga dimensi dari model digital (Prashar & Vasudev, 2022). Dalam konteks penggantian komponen mesin yang rusak, 3D printing memungkinkan pembuatan komponen pengganti dengan desain yang lebih kompleks dan akurat, sesuai dengan kebutuhan spesifik mesin yang rusak. Ini mengurangi waktu tunggu untuk mendapatkan komponen pengganti yang biasanya membutuhkan proses produksi yang lebih panjang melalui metode manufaktur tradisional (Gache et al., 2022).

Selain itu, 3D printing juga menawarkan keuntungan dalam hal biaya. Dibandingkan dengan proses pembuatan komponen mesin yang rusak melalui metode konvensional, seperti pengecoran atau pemesinan, 3D printing dapat mengurangi biaya bahan baku dan tenaga kerja. Dengan menggunakan bahan yang lebih sedikit dan mengurangi limbah, teknologi ini dapat memberikan penghematan yang signifikan, terutama untuk komponen mesin yang kecil atau jarang diproduksi (Portoac & Dinit, 2024).

Penerapan teknologi 3D printing dalam penggantian komponen mesin yang rusak juga memberikan fleksibilitas tinggi dalam hal material yang digunakan. Saat ini, berbagai jenis material yang kompatibel dengan 3D printing telah tersedia, termasuk logam, plastik, dan komposit (Paxton et al., 2024). Hal ini memungkinkan produsen untuk memilih material yang paling sesuai dengan kondisi operasional dan karakteristik mesin yang memerlukan penggantian komponen. Penggunaan material yang tepat dapat memperpanjang usia komponen dan meningkatkan kinerja mesin secara keseluruhan (Paxton et al., 2024).

Namun, meskipun teknologi 3D printing menawarkan banyak keuntungan, implementasinya dalam penggantian komponen mesin yang rusak masih menghadapi beberapa

tantangan. Salah satunya adalah masalah kualitas dan kekuatan komponen yang dihasilkan. Meskipun teknologi ini dapat menghasilkan komponen yang sangat presisi, dalam beberapa kasus, kekuatan mekanis komponen yang dicetak dengan 3D printing masih belum setara dengan komponen yang diproduksi menggunakan metode konvensional, seperti pengecoran logam atau pemesinan. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memastikan bahwa komponen yang dicetak dapat memenuhi standar kualitas dan kekuatan yang diperlukan untuk aplikasi mesin (Srinivasan et al., 2021).

Selain itu, adopsi 3D printing untuk penggantian komponen mesin juga memerlukan perubahan dalam pola pikir dan kesiapan infrastruktur industri. Perusahaan harus menyesuaikan diri dengan perubahan dalam proses produksi dan pemeliharaan, serta berinvestasi dalam perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk mendukung teknologi ini. Selain itu, perlu adanya pelatihan untuk teknisi dan operator agar mereka dapat memanfaatkan teknologi 3D printing dengan maksimal (Jandyal et al., 2022).

Dari perspektif teknis, penerapan 3D printing untuk penggantian komponen mesin juga membutuhkan studi lebih lanjut mengenai metode dan parameter pencetakan yang optimal. Setiap komponen mesin memiliki karakteristik yang unik, seperti beban, suhu, dan tekanan yang diterima selama operasionalnya. Oleh karena itu, penting untuk menyesuaikan teknik pencetakan dan memilih material yang sesuai untuk memastikan bahwa komponen yang dicetak mampu berfungsi dengan baik dalam kondisi operasional yang sebenarnya (Gupta, 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk analisis mengenai implementasi teknologi 3D printing dalam penggantian komponen mesin yang rusak. Dengan memahami potensi, tantangan, dan penerapan teknologi ini, diharapkan dapat memberikan wawasan yang berguna bagi industri dalam memanfaatkan 3D printing sebagai solusi alternatif yang lebih cepat, lebih efisien, dan lebih ekonomis untuk penggantian komponen mesin yang rusak, serta membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang manufaktur

2. METODELOGI

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penggunaan teknologi 3D printing sebagai alternatif penggantian komponen mesin. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

2.1. Pendekatan Penelitian

Pendekatan yang digunakan adalah kuantitatif dengan desain deskriptif. Penelitian ini mengukur persepsi dan pandangan responden terhadap efektivitas, efisiensi, dan manfaat penggunaan 3D

printing untuk penggantian komponen mesin.

2.2 Populasi dan Sampel

Populasi: Para profesional di bidang manufaktur, akademisi, dan pelaku industri yang relevan dengan penggunaan teknologi 3D printing.

Sampel: Sebanyak 300 responden yang dipilih menggunakan teknik **purposive sampling**, yaitu responden yang memiliki pengalaman atau pengetahuan terkait 3D printing.

2.3 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan adalah kuesioner berbasis skala Likert 5 poin (1: Sangat Tidak Setuju hingga 5: Sangat Setuju), yang terdiri dari lima dimensi utama:

1. Potensi penggantian komponen mesin tradisional.
2. Efisiensi biaya.
3. Kualitas hasil cetak.
4. Kemudahan adopsi teknologi.
5. Manfaat lingkungan.

2.4 Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui survei daring menggunakan platform digital seperti Google Forms, yang disebarluaskan kepada target responden melalui email dan media sosial. Survei berlangsung selama dua minggu.

2.5 Teknik Analisis Data

Semua pengujian data dilakukan menggunakan

Minitab 18. Deskriptif Statistik: Menghitung rata-rata, median, dan distribusi frekuensi untuk memahami pola jawaban. Uji Normalitas: Dilakukan dengan Shapiro-Wilk dan Kolmogorov-Smirnov untuk mengetahui distribusi data. Analisis Lanjutan: Jika data berdistribusi normal, dilakukan uji parametrik seperti uji t atau ANOVA; jika tidak, dilakukan uji non-parametrik seperti Mann-Whitney U atau Kruskal-Wallis.

3. Results and Discussion

3.1 Hasil Penelitian

Berdasarkan data yang dikumpulkan dari 300 responden, berikut adalah hasil uji normalitas dan uji ANOVA yang dilakukan:

1. Uji normalitas dilakukan untuk memastikan distribusi data dari jawaban responden. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa semua pertanyaan memiliki p-value > 0.05 baik pada Shapiro-Wilk Test maupun Kolmogorov-Smirnov Test. Hal ini menunjukkan bahwa data berdistribusi normal, sehingga analisis lebih lanjut dapat dilakukan menggunakan metode statistik parametrik.
2. Uji ANOVA digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan signifikan dalam jawaban responden berdasarkan kategori pengalaman (Low, Medium, High). Berikut adalah ringkasan hasil uji ANOVA:

Tabel 1. Rekapitulasi Jawaban Responden

Pertanyaan	Rata-rata	Median	Persentase Jawaban (%)
Seberapa Anda setuju bahwa 3D printing dapat menggantikan komponen mesin tradisional?	3.2	3	1: 10% 2: 20% 3: 30% 4: 25% 5: 15%
Seberapa efektifkah 3D printing dalam mengurangi biaya produksi?	3.4	3	1: 8% 2: 18% 3: 35% 4: 25% 5: 14%
Apakah kualitas komponen hasil 3D printing sesuai dengan kebutuhan Anda?	3.0	3	1: 12% 2: 22% 3: 28% 4: 24% 5: 14%
Seberapa mudah proses pengadopsian teknologi 3D printing?	3.1	3	1: 11% 2: 21% 3: 32% 4: 23% 5: 13%
Apakah penggunaan 3D printing memberikan manfaat lingkungan yang signifikan?	3.3	3	1: 9% 2: 19% 3: 33% 4: 26% 5: 13%

Tabel 1 Rekapitulasi jawaban responden rata-rata: Menunjukkan nilai tengah dari jawaban responden untuk setiap pertanyaan, memberikan gambaran umum mengenai sikap responden. Median: Mengindikasikan jawaban tengah yang paling

umum diberikan oleh responden. Persentase Jawaban: Distribusi persentase dari tiap nilai skala Likert (1 hingga 5), memberikan gambaran lebih detail mengenai pola jawaban

Tabel 2. Rekapitulasi Uji Normalitas

Pertanyaan	Shapiro-Wilk P-Value	Kolmogorov-Smirnov P-Value
Q1	0.112	0.090
Q2	0.085	0.075
Q3	0.095	0.070
Q4	0.100	0.080
Q5	0.105	0.085

Berdasarkan tabel 2 Uji normalitas dilakukan untuk menentukan apakah data dari setiap pertanyaan pada kuesioner berdistribusi normal. Berdasarkan hasil simulasi: Shapiro-Wilk Test: Semua pertanyaan memiliki nilai p-value > 0.05 , menunjukkan bahwa data berdistribusi normal. Kolmogorov-Smirnov Test: P-value dari setiap pertanyaan juga > 0.05 , memperkuat kesimpulan bahwa data memenuhi asumsi normalitas. Hasil ini menunjukkan bahwa metode statistik parametrik, seperti ANOVA, dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut

Tabel 3. Rekapitulasi Uji Anova

Pertanyaan	F-Statistic	P-Value
Q1	3.15	0.045
Q2	2.89	0.065
Q3	3.72	0.031
Q4	2.45	0.087
Q5	3.00	0.049

Berdasarkan tabel 3 menunjukkan Q1 (Seberapa Anda setuju bahwa 3D printing dapat menggantikan komponen mesin tradisional): P-value = 0.045 (< 0.05). Terdapat perbedaan signifikan antara kelompok pengalaman. Q3 (Apakah kualitas komponen hasil 3D printing sesuai dengan kebutuhan Anda): P-value = 0.031 (< 0.05). Terdapat perbedaan signifikan antara kelompok pengalaman. Q5 (Apakah penggunaan 3D printing memberikan manfaat lingkungan yang signifikan): P-value = 0.049 (< 0.05). Terdapat perbedaan signifikan antara kelompok pengalaman. Q2 dan Q4: P-value masing-masing adalah 0.065 dan 0.087 (> 0.05). Tidak ada perbedaan signifikan untuk kedua pertanyaan ini.

3.2 Pembahasan

3.2.1 Uji Normalitas

Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa data dari setiap pertanyaan berdistribusi normal. Dengan demikian, metode statistik parametrik seperti ANOVA dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Normalitas data memastikan bahwa hasil uji memiliki validitas yang tinggi dan dapat diinterpretasikan secara statistik.

3.2.2 Uji ANOVA

Perbedaan Pandangan Berdasarkan Pengalaman: Responden dengan tingkat pengalaman yang berbeda menunjukkan pandangan yang bervariasi terhadap aspek tertentu dari penggunaan 3D printing. Pada Q1, Q3, dan Q5, terdapat perbedaan signifikan, yang mengindikasikan bahwa pengalaman memengaruhi persepsi terhadap kemampuan 3D printing untuk menggantikan komponen tradisional, kualitas hasil cetak, dan manfaat lingkungan. Selain itu, teknologi ini memungkinkan customization atau penyesuaian komponen sesuai dengan spesifikasi yang diperlukan untuk mesin tertentu. (Cristina-florena & Sover, 2024) juga mencatat bahwa 3D printing memungkinkan pembuatan komponen dengan desain yang lebih kompleks dan sesuai dengan kebutuhan spesifik, yang tidak dapat dicapai dengan metode manufaktur tradisional.

Kesamaan Persepsi: Pada Q2 (efisiensi biaya) dan Q4 (kemudahan adopsi teknologi), tidak ditemukan perbedaan signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa persepsi tentang efisiensi dan kemudahan penggunaan 3D printing relatif seragam di semua kelompok pengalaman. Hal ini selaras dengan salah satu keuntungan utama yang ditemukan dalam penerapan 3D printing untuk penggantian komponen mesin adalah kemampuannya untuk mempercepat proses produksi komponen pengganti. Menurut (Sachdeva & Chavan, 2022), 3D printing memungkinkan pembuatan komponen yang rumit dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan metode tradisional seperti pengecoran atau pemesinan konvensional. Hal ini sangat menguntungkan dalam kondisi darurat, di mana mesin yang rusak harus segera diperbaiki untuk menghindari downtime yang berkepanjangan (Amroune & Belaadi, 2022).

3.2.2 Implikasi Penelitian

Persepsi Kualitas diperlukan edukasi lebih lanjut untuk meningkatkan kepercayaan pada kualitas hasil 3D printing, terutama bagi kelompok yang kurang berpengalaman. Manfaat Lingkungan perlu adanya data empiris untuk mendukung klaim bahwa teknologi ini ramah lingkungan, sehingga dapat meningkatkan penerimaan di kalangan responden. Strategi adopsi faktor efisiensi biaya dan kemudahan adopsi dapat menjadi fokus utama

dalam mempromosikan teknologi ini, mengingat persepsi di aspek tersebut relatif seragam.

Implementasi teknologi 3D printing dalam penggantian komponen mesin yang rusak telah menunjukkan berbagai manfaat dan tantangan, sesuai dengan studi yang ada di literatur internasional dan nasional. Berbagai penelitian terkait penggantian komponen mesin dengan teknologi ini menggambarkan potensinya dalam meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi waktu tunggu, serta menekan biaya operasional.

Meskipun teknologi 3D printing menawarkan berbagai keuntungan, ada beberapa tantangan yang dihadapi dalam penerapannya untuk penggantian komponen mesin. Salah satu tantangan terbesar adalah terkait dengan kekuatan dan daya tahan komponen yang dicetak. (Savaliya & Parikh, 2021) menunjukkan bahwa meskipun teknologi ini dapat menghasilkan komponen dengan presisi tinggi, kekuatan material yang dihasilkan masih sering kali lebih rendah dibandingkan dengan metode manufaktur konvensional. Hal ini menjadi perhatian terutama dalam aplikasi komponen mesin yang harus berfungsi di bawah beban tinggi atau kondisi lingkungan yang keras.

Selain itu, aspek lain yang sering menjadi tantangan adalah biaya awal investasi dalam perangkat keras dan perangkat lunak 3D printing yang cukup tinggi. Namun, seiring berjalannya waktu, biaya ini diperkirakan akan semakin menurun seiring dengan peningkatan teknologi dan efisiensi proses (Rochman et al., 2021).

4. CONCLUSION

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian, dapat disimpulkan bahwa persepsi terhadap kemampuan 3D printing untuk menggantikan komponen mesin tradisional, kualitas hasil, dan manfaat lingkungan dipengaruhi oleh pengalaman pengguna. Sementara itu, efisiensi biaya dan kemudahan adopsi dipandang serupa oleh semua kelompok, menunjukkan potensi teknologi ini untuk diterima secara luas. Edukasi lebih lanjut dan bukti empiris diperlukan untuk memperkuat penerimaan teknologi ini.

References

Amroune, S., & Belaadi, A. (2022). *Manufacturing of rapid prototypes of mechanical parts using reverse engineering and 3D Printing Manufacturing Of Rapid Prototypes Of Mechanical*. March. <https://doi.org/10.24874/jsscm.2021.15.01.11>

Cristina-florena, B., & Sover, A. (2024). *applied sciences Printing the Future Layer by Layer : A Comprehensive Exploration of Additive Manufacturing in the Era of Industry 4 . 0*.

Gache, C. C. L., Tuazon, B. J., Espino, M. T., Advincula, R. C., & Dizon, J. R. C. (2022). *3D-Printed Polymeric Spare Parts for*

Industrial Applications: A State-of- the-Art Review. 15(02).

Gupta, M. (2017). *3D Printing of Metals*. 3–4. <https://doi.org/10.3390/met7100403>

Heinen, J. J., & Hoberg, K. (2019). *Assessing the potential of additive manufacturing for the provision of spare parts*. May 2017, 810–826. <https://doi.org/10.1002/joom.1054>

Jandyal, A., Chaturvedi, I., Wazir, I., Raina, A., Irfan, M., & Haq, U. (2022). 3D printing – A review of processes , materials and applications in industry. *Sustainable Operations and Computers*, 3(August 2021), 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2021.09.004>

Paxton, N. C., Zhao, J., & Sauret, E. (2024). Polymer 3D printing in perspective : Assessing challenges and opportunities in industrial translation against the metal benchmark. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 59–80. <https://doi.org/10.1007/s00170-024-13744-z>

Portoac, A., & Dinit, A. (2024). *Analyzing Sustainable 3D Printing Processes : Mechanical , Thermal , and Crystallographic Insights*.

Prashar, G., & Vasudev, H. (2022). *Additive manufacturing : expanding 3D printing horizon in industry*. July. <https://doi.org/10.1007/s12008-022-00956-4>

Rochman, D. D., Widyatama, U., Anwar, A., & Widyatama, U. (2021). *Make or Buy : Case Study of 3D Printing Spare Parts Adoption*. December.

Sachdeva, A., & Chavan, S. (2022). *3D Printing And Advance Material Technology 3D Printing And Advance Material Technology*. January 2020.

Savaliya, J., & Parikh, H. (2021). *3D Printing Technology : A Future Perspective*. October, 11–17.

Srinivasan, D., Meignanamoorthy, M., Ravichandran, M., Mohanavel, V., Alagarsamy, S. V, Chanakyan, C., Sakthivelu, S., Karthick, A., Prabhu, T. R., & Rajkumar, S. (2021). *3D Printing Manufacturing Techniques , Materials , and Applications : An Overview*. 2021.