

Analisis Perbandingan Kekerasan Produk Mesin 3D Printing Ender 3 Pro Dengan Ender 5 Max Pada Filamen TPU-95A

M. Rizki Septapati^{1*}, Dani Mardiyana², Rizal Lesmana³

^{1,2,3} Program Studi Teknik mesin, Universitas Nusa Putra, Jawa Barat, 43152, Indonesia

* Email : m.rizki_tm22@nusaputra.ac.id

ABSTRAK

Seiring berkembangnya industry manufaktur, Produk lain yang semakin populer seiring pertumbuhan industri manufaktur adalah printer 3D. Teknologi pencetakan 3D menggunakan komputer dengan format gambar tiga dimensi untuk membuat objek fisik, yang kemudian objek fisik tersebut dicetak menggunakan mesin 3D printer. Studi ini bertujuan untuk membandingkan nilai kekerasan produk dari/ mesin Ender 3 Pro dan Ender 5 Max serta material TPU-95A. Berdasarkan hasil hardness test pada mesin 3D printer Ender 3 Pro menghasilkan kekerasan antara 71,7 dan 73,3 HA, sementara Ender 5 Max menghasilkan kekerasan antara 85,1 dan 88 HA. Hasilnya menunjukkan bahwa Ender 5 Max mencapai kinerja lebih tinggi di semua parameter, yang menunjukkan korelasi signifikan antara kualitas dan konstruksi mesin dengan hasil yang diperoleh.

KEYWORDS

Hardness test
Kekerasan
Ender 3 Pro
Ender 5 Max
TPU-95A

1. Pendahuluan

Seiring berkembangnya industry manufaktur, beragam peralatan manufaktur diciptakan. Salah satu jenis mesin produksi yang semakin populer belakangan ini adalah Mesin 3D Pinter. Teknologi ini memungkinkan individu untuk menciptakan prototipe atau komponen fisik dengan merancanginya menggunakan komputer dalam format file 3 dimensi, lalu mencetaknya dengan printer 3 dimensi [1]. Teknik umum yang digunakan pada printer 3D disebut Fused Deposition Modelling (FDM). Pada tahun 1989, Sebuah perusahaan di Amerika bernama Stratasys pertama kali memperkenalkan FDM, dan kemudian diakuisisi pada tahun 1992 [2].

Cara kerja 3D printer yaitu membuat objek 3D dibuat menggunakan pipa yang mengeluarkan material polimer [3] dan Printer terus menambahkan material lapis demi lapis, secara bertahap membangun objek [4]. mesin-mesin 3D printer yang digunakan memiliki paling tidak 5 motor stepper, yaitu sumbu X 1 buah, sumbu Y 1 buah, sumbu Z 2 buah serta motor ekstruder 1 buah [5]. 3D Printer ini biasanya mempunyai meja kerja berbentuk segi empat [6].

Kekerasan merupakan salah satu sifat mekanik suatu bahan [7]. Parameter pencetakan seperti kecepatan cetak (print speed) dan ketebalan lapisan (layer height), dapat mempengaruhi kekuatan dan kekerasan produk yang dicetak. kekerasan permukaan merujuk pada ketidakrataan atau tidak halusya permukaan pada objek yang dicetak [8]. Mengukur kekerasan memiliki sejumlah manfaat dalam membandingkan bahan dan memberikan kontrol kualitas dalam proses manufaktur dan pengerasan [9].

Penelitian tentang perbedaan nilai kekerasan produk berdasarkan variasi parameter print speed dan layer height pencetakan 3D printing sebelumnya dilakukan oleh Rizal Lesmana (2025), Dilakukan pencetakan menggunakan mesin Ender 3 Pro dengan 4 variasi print speed dari 70 – 80 mm/s, dipadukan dengan layer height 0,15 dan 0,2 mm. Didapatkan nilai kekerasan 73,7, 73,3, 73,1, 71,2 HA [10]. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi Print Speed dan Layer Height maka dapat menurunkan nilai kekerasan produk.

Namun demikian, masih terdapat pertanyaan apakah hasil tersebut akan serupa jika digunakan mesin cetak 3D printer dengan spesifikasi yang berbeda, seperti Ender 5 Max. Mesin ini memiliki rangka yang lebih stabil dan volume cetak yang lebih besar dibandingkan Ender 3 Pro, yang mungkin berpengaruh terhadap kualitas hasil cetak. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis perbandingan terhadap nilai kekerasan produk dari kedua mesin tersebut dengan parameter yang sama, guna mengetahui konsistensi dan performa masing-masing printer dalam menghasilkan produk yang kuat dan berkualitas. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang bermanfaat mengenai pengaruh jenis mesin terhadap kekerasan produk 3D Printing.

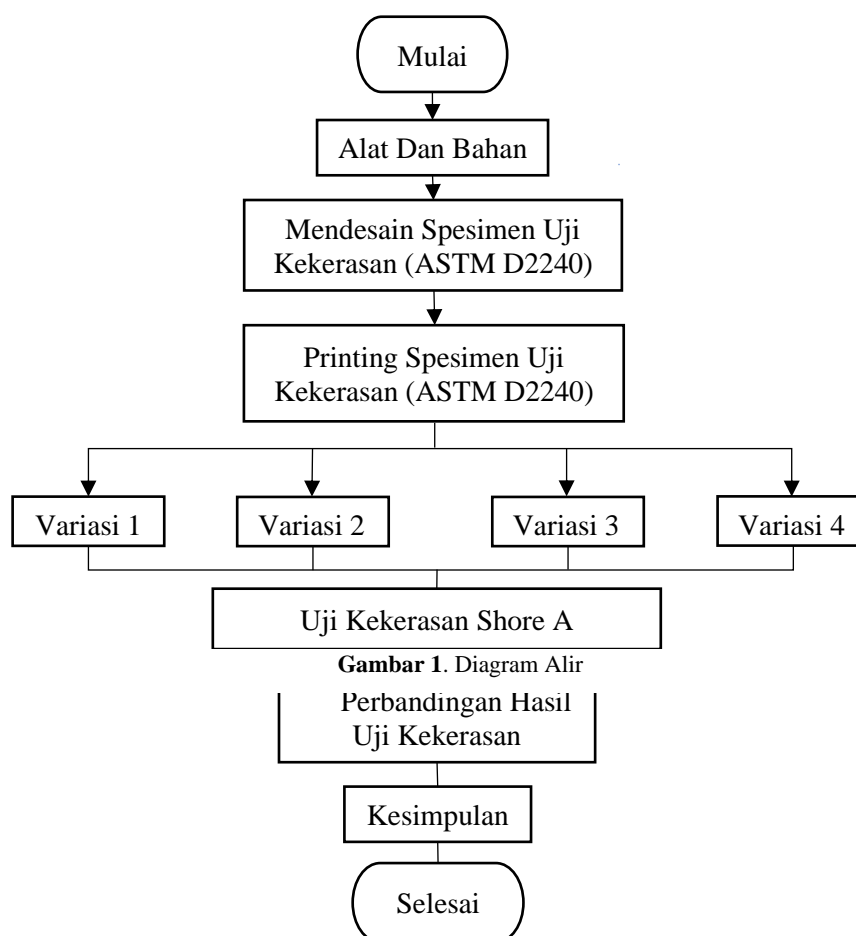
2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan nilai kekerasan produk hasil cetakan mesin 3D printer Ender 3 Pro dan Ender 5 Max dengan menggunakan parameter pencetakan yang sama. Berikut ini Adalah Alur Penelitian digambarkan pada diagram alir di bawah ini.

2.1. Alat Dan Bahan

Berikut ini adalah alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Komputer dengan spesifikasi cukup untuk slicing dan kontrol printer



Gambar 1. Diagram Alir

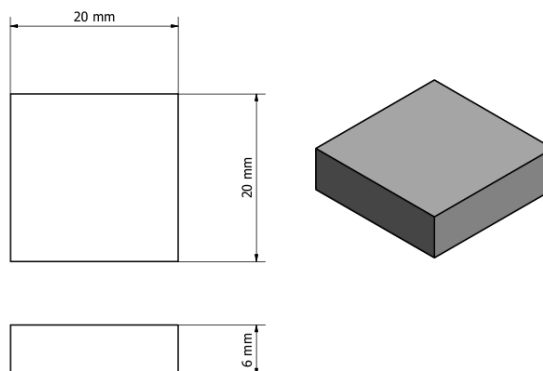
Perbandingan Hasil Uji Kekerasan

2. Software Autodesk Inventor
3. Software Crealty Print Versi 6.1
4. Mesin 3D Printer Ender 5 Max
5. Filamen TPU95-A Diameter 1.75 mm, warna Transparan
6. Alat ukur kekerasan (Durometer Shore A)

2.2. Pembuatan Spesimen

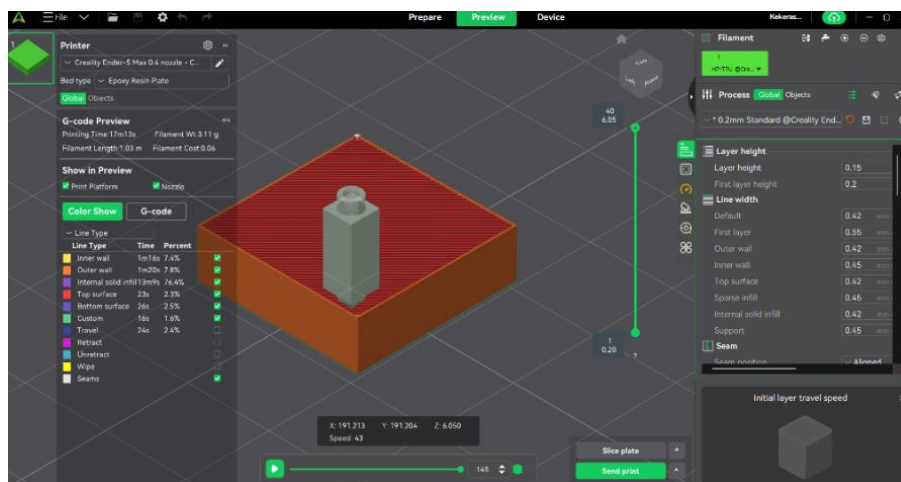
2.2.1. Desain Spesimen Uji Kekerasan

Spesimen uji kekerasan di desain dengan software autodesk inventor dengan standar ASTM D2240 untuk material polimer campuran [11]. Berikut adalah gambar dimensi dari spesimen uji kekerasan pada gambar.



Gambar 2. Dimensi Spesimen Uji Kekerasan

Setelah gambar spesimen uji kekerasan selesai dibuat langkah selanjutnya yaitu mengekspor file dengan format stl, Kemudian buka file di software Creality Print untuk mengatur variasi parameter dan lakukan Slicing. Slicing merupakan cara yang digunakan untuk mengatur pencetakan 3D dengan beberapa parameter yang terkandung di dalamnya, seperti suhu nozzle. Pengaturan ini mengatur suhu nosel yang kemudian akan digunakan untuk mengeluarkan filamen selama proses pencetakan 3D. Fill Density, digunakan untuk mengatur tingkat kepadatan bagian tengah objek yang akan dicetak [12].



Gambar 3. Proses Slicing Software Creality Print

2.2.2. Variasi Parameter

Setelah file berformat stl tersebut dibuka pada software creality print, langkah selanjutnya yaitu kita harus setting beberapa pengaturan pada software creality print tersebut, parameter yang paling berpengaruh terhadap hasil cetak yaitu print speed, layer height dan juga nozzle temperatur [13]. untuk mendapatkan hasil yang bervariasi maka variasi parameter untuk spesimen diatur seperti pada tabel berikut ini.

Table 1. Variasi Parameter Spesimen

Spesimen	Print Speed (mm/s)	Layer Height
1	70	0.15
2	70	0.2

Spesimen	Print Speed (mm/s)	Layer Height
3	80	0.15
4	80	0.2

2.2.3. Printing Spesimen Dengan 3D Printer

Berikutnya setelah pengaturan pada software Creality Print selesai selanjutnya masuk ke tahap printing dengan mesin 3d Printer Ender 5 Max. Untuk pengaturan suhu pada mesin Ender 5 Max disetting dengan Temperatur cetak mencetak filamen TPU dengan Nozzle Temperatur Sebesar 230°C kerana Suhu yang paling optimal untuk printing material TPU 95-A [14], Sedangkan Bed Temperatur disetting sebesar 60° C. Proses printing dan pengaturan suhu pada monitor dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Proses Printing Pada Ender 5 Max

Setelah proses printing selesai, angkat produk hasil print dari bed dan buang sisa – sisa material yang menempel pada bed dan spesimen. Berikut adalah hasil printing menggunakan ender 5 Max.



Gambar 5. Hasil Print Spesimen Uji Kekerasan

2.3. Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dapat dilakukan dengan menggunakan alat digital Shore A Durometer Hardness [15]. Proses pengujian kekerasan mengacu pada standar ASTM D2240, di mana uji kekerasan dilakukan sebanyak 5 kali pada satu spesimen atau sampel dengan satu variasi parameter [11].



Gambar 6. Hardness Test Shore A

Cara penggunaan durometer digital ini yaitu dengan menyalakan tombol on di tengah, kemudian mengkalibrasi dengan menekan tombol Zero di bagian kanan. Lalu mengarahkan jarum pada material yang akan diuji setelah mendapatkan hasilnya tekan tombol H untuk mengunci hasilnya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Uji Kekerasan

Berikut adalah hasil dari uji kekerasan produk hasil cetak dengan 3D Printer Ender 5 Max.

Table 2. Hasil Uji Kekerasan Shore A

Spesimen	Layer Height (mm/s)	Print Speed (mm)	Hardness Test					Rata-Rata (HA)
			1	2	3	4	5	
1	70	0,15	82,5	86,5	86,5	87,5	82,5	85,1
2	70	0,2	85,5	87,5	87,5	89,5	82,5	86,5
3	80	0,15	87	88,5	87,5	89,5	87,5	88
4	80	0,2	82,5	87,5	89,5	89,5	87,5	87,3

Dari hasil uji kekerasan menggunakan durometer digital didapatkan hasil kekerasan didapatkan nilai kekerasan dengan rata – rata 85,1, 86,5, 88, 87,3 HA. Ini menunjukkan nilai kekerasan yang cukup tinggi, Skala shore a khusus digunakan untuk mengukur kekerasan material karet yang lebih lunak dengan nilai kekerasan 30 (paling lunak) sampai 90 (paling keras) [16].

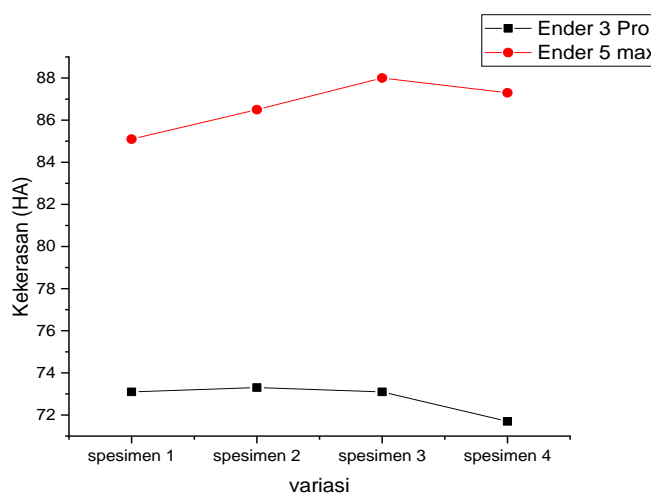
3.2. Perbandingan Hasil Uji Kekerasan

Berikut ini Adalah Tabel Perbandingan Hasil Dari Uji Kekerasan Shore A Menggunakan Durometer Digital.

Table 3. Perbandingan Nilai Kekerasan

Spesimen	Layer Height (mm/s)	Print Speed (mm)	Hasil Hardness Test (HA)	
			Ender 3 Pro	Ender 5 Max
1	70	0,15	73,1	85,1
2	70	0,2	73,3	86,5
3	80	0,15	73,1	88
4	80	0,2	71,7	87,3

Berdasarkan hasil uji kekerasan menggunakan metode Shore A untuk printer 3D Ender 3 Pro dan Ender 5 Max, dapat disimpulkan dari data di tabel tersebut bahwa printer Ender 5 Max didapatkan nilai kekerasan yang lebih tinggi untuk setiap parameter yang diuji. Grafik berikut juga menggambarkan perbandingan hasil kekerasan yang telah disebutkan sebelumnya.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan

Selisih nilai kekerasan antara kedua data ini menunjukkan bahwa ada perbedaan yang signifikan antara kedua mesin, Dengan variabel pencetakan yang sama. Meskipun hasil yang sangat signifikan, namun dapat dilihat dari hasilnya mesin ender 3 pro dengan nilai kekerasan mulai dari 71,7-73,3 HA dan mesin ender 5 max dengan nilai kekerasan dari 85,1-88 HA. Nilai kekerasan antara masing-masing mesin tersebut memiliki skala nilai kekerasan dengan perbedaannya yang cukup stabil dari variasi 1 sampai 4. Hal ini menunjukkan jenis dan kualitas mesin printer berpengaruh besar terhadap sifat mekanik hasil cetakan, khususnya nilai kekerasan permukaan pada material TPU 95A.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, printer 3D Ender 3 Pro menghasilkan hasil dengan kekerasan 71,7 hingga 73,3 HA, sedangkan printer 3D Ender 5 Max menghasilkan hasil dengan kekerasan 85,1 hingga 88 HA. Hal ini menunjukkan bahwa printer 3D Ender 5 Max dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih tinggi dan perbedaan yang signifikan jika dibandingkan dengan Ender 3 Pro, meskipun kedua mesin tersebut menggunakan parameter kalibrasi yang sama. Faktor lain seperti konstruksi mesin, stabilitas rangka, dan volume cetak memiliki dampak yang signifikan terhadap

kualitas hasil yang diperoleh dengan mesin Ender 5 Max. Hal ini menggambarkan bahwa spesifikasi mesin dan kualitas konstruksi sangat penting dalam menentukan kekuatan mekanis produk akhir.

5. Referensi

- [1] S. adi Nugroho and A. A. Magriyanti, “Perkembangan Teknologi Dalam Proses Percetakan 3 Dimensi Dan Aplikasinya,” *Pixel J. Ilm. Komput. Graf.*, vol. 13, no. 1, pp. 61–68, 2020, doi: 10.51903/pixel.v13i1.194.
- [2] R. A. Wicaksono, E. Kurniawan, M. K. Syafrianto, R. F. Suratman, and M. R. Sofyandi, “Rancang Bangun dan Simulasi 3D Printer Model Cartesian Berbasis Fused Deposition Modelling,” *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 5, no. 2, p. 53, 2021, doi: 10.30588/jeemm.v5i2.895.
- [3] R. Sonya, M. Haerdy, and F. Nurzannah, “Potensi dan Kendala Penerapan Teknologi 3D printing dalam Penyediaan Hunian Layak dan Terjangkau di Indonesia,” vol. XI, no. 3, pp. 15–22, 2023.
- [4] V. R. Yadavalli, A. K. Myadam, and S. B. Telu, “FDM 3D-Print on Thermoplastic Polyurethane (TPU) with Different Process Parameters Using Gyroid and Zigzag Infill Patterns,” *J. 2024*, vol. 11, p. 11203, 2024, doi: 10.4236/oalib.1111203.
- [5] D. Andriyansyah, Sriyanto, and A. Jamaldi, “Perancangan Dan Pembuatan Mesin 3D Printer Tipe Cantilever,” *Abdi Masya*, vol. 1, no. 2, pp. 108–114, 2021, doi: 10.52561/abma.v1i2.139.
- [6] H. D. Nugraha and D. P. Kosasih, “Perancangan Mesin 3D Printing Model Cartesian,” *J. Tek. Mesin ITI*, vol. 5, no. 1, p. 29, 2021, doi: 10.31543/jtm.v5i1.557.
- [7] С. А. Крыжановский, И. А. Мирошкина, and Е. О. Ионова, “Роль Сигма-1 Рецепторов В Регуляции Деятельности Сердца. Часть 2. Роль Сигма-1 Рецепторов В Кардиопротекции,” *Физиология Человека*, vol. 47, no. 4, pp. 124–134, 2021, doi: 10.31857/s0131116462104007x.
- [8] A. R. Fachrudin and F. A. F. Astuti, “Pengaruh Layer Height Dan Printing Speed Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Hasil Additive Manufacturing,” *Majamecha*, vol. 6, no. 1, pp. 46–57, 2024, doi: 10.36815/majamecha.v6i1.2971.
- [9] A. Afrizal, Eko Martono, and S. Suaip, “Pengaruh Kekerasan Material Polimer Silicon Rubber Paduan Resin Epoxy Dengan Metode Regresi Aplikasi Bahan Lift Seal Bucket Excavator,” *J. Inov.*, vol. 7, no. 2, pp. 84–89, 2024, doi: 10.37338/inovator.v7i2.403.
- [10] R. Lesmana, D. Mardiyana, and D. I. Sumarno, “Analysis of the Effect of Print Speed and Layer Height on the Hardness of TPU-95A Filament 3D-Printed Products,” *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 10, no. 1, pp. 18–24, 2025, doi: 10.21009/jkem.10.1.2.
- [11] J. Pratama and A. Z. Adib, “Pengaruh Parameter Cetak Pada Nilai Kekerasan Serta Akurasi Dimensi Material Thermoplastic Elastomer (TPE) Hasil 3D Printing,” *J. Ilm. Giga*, vol. 25, no. 1, p. 35, 2022, doi: 10.47313/jig.v25i1.1712.
- [12] M. Alfidera, A. Finali, C. Anam, A. Fauzi Hanafi, and P. Bhisma Wisnu Wardhana, “Pengaruh Parameter Eksternal Proses 3D Printing terhadap Kekuatan Tarik Hasil Cetak Filament PLA +,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 24, no. 2, pp. 71–76, 2024, doi: 10.36706/jrm.v24i2.556.
- [13] S. Y. Lubis, A. Riza, A. H. Wijaya, and S. Ariyanti, “Optimasi Parameter 3D Printing Terhadap Kualitas Produk Bahan Acrylonitrile Butadiene Styrene,” *J. PASTI (Penelitian dan Apl. Sist. dan Tek. Ind.)*, vol. 17, no. 1, p. 58, 2023, doi: 10.22441/pasti.2023.v17i1.006.
- [14] H. Delima, Y. Mardiyati, H. Andami, S. Steven, and S. Rizkiawan, “Optimasi Parameter Pencetakan dan Evaluasi Sifat Mekanis Filamen Poliuretan Termoplastik dalam Pencetakan 3D,” *Mesin*, vol. 30, no. 2, pp. 96–107, 2025, doi: 10.5614/mesin.2025.30.2.2.
- [15] P. Low, D. Polythylene, and D. Metode, “DENGAN METODE EKSTRUSI,” no. July, 2024.
- [16] K. P. Widiatmika, “No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title,” *Etika Jurnalisme Pada Koran Kuning Sebuah Stud. Mengenai Koran Lampu Hijau*, vol. 16, no. 2, pp. 39–55, 2015.