PENGEMBANGAN STRUKTUR RANGKA *DESKTOP* 3D *PRINTING FILAMENT EXTRUDER*

Aryasatya Wicaksono[1)], Azam Milah Muhamad[1)], dan Bayun Matsaany[1)]

[1]Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, Jawa Barat 16425

E-mail: aryasatya.wicaksono.tm22@mhsw.pnj.ac.id

Abstract

The growing adoption of 3D printing technology has increased demand for desktop filament extruders that are compact, portable, and efficient. The machine used in this study had a total mass of 25 Kg with a 16 Kg frame, causing machine relocation to become a non value added activity that added an average of 1.4 minutes per cycle and increased operator workload. This study applied DMAIC to identify the root cause, redesign the frame to reduce mass and non value added activity, and evaluate filament production performance afterward. The scope was limited to mass reduction and portability; frame strength validation is proposed for future research. Mass, dimensions, and relocation time were collected through repeated Measurement, root causes were Analyzed using 5 Why analysis, and the frame was rebuilt using 20×20 mm galvanized hollow steel, 1.2 mm thick. This reduced the machine dimensions from 1000×250×200 mm to 660×250×230 mm and total mass from 25 Kg to 17 Kg (32%), while relocation time dropped from 4.4 to 2.05 minutes (53%). Trials using Polypropylene, Recycled Polypropylene, and High-Density Polyethylene showed the machine operated well and produced filament consistently, though diameter (0.9-1.2 mm) remained below the 1.75 mm standard. The trial verified after redesign functionality, not filament quality optimization.

Keywords: *Desktop 3D printing filament extruder, DMAIC, non value added, frame redesign, filament*

Abstrak

Perkembangan teknologi 3D *printing* meningkatkan kebutuhan mesin *desktop filament extruder* yang ringkas, portabel, dan efisien. Mesin pada penelitian ini memiliki massa total 25 Kg dengan massa rangka 16 Kg, sehingga *machine relocation* menjadi *non value added activity* yang menambah waktu rata-rata 1,4 menit per siklus dan meningkatkan beban operator. Penelitian menggunakan pendekatan DMAIC untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah, mengembangkan struktur rangka untuk mengurangi massa dan aktivitas *non value added*, serta mengevaluasi kemampuan produksi *filament* setelah pengembangan. Ruang lingkup dibatasi pada pengurangan massa dan portabilitas. Validasi kekuatan struktural rangka diusulkan sebagai penelitian selanjutnya. Data massa, dimensi, dan waktu *relocation* dikumpulkan melalui pengukuran berulang, akar masalah dianalisis menggunakan 5 *Why analysis*, kemudian rangka dibangun ulang menggunakan *hollow steel galvanis* 20×20 mm tebal 1,2 mm. Pengembangan menurunkan dimensi mesin dari 1000×250×200 mm menjadi 660×250×230 mm dan massa total dari 25 Kg menjadi 17 Kg (turun 32%), sementara waktu *relocation* turun dari 4,4 menit menjadi 2,05 menit (turun 53%). Uji coba *filament* menggunakan *Polypropylene*, *Polypropylene Recycle*, dan *High-Density Polyethylene* menunjukkan mesin tetap beroperasi baik dan memproduksi *filament* konsisten, meskipun diameter (0,9-1,2 mm) masih di bawah standar 1,75 mm. Pengujian bertujuan memverifikasi fungsi mesin setelah redesign, bukan mengoptimalkan kualitas *filament*.

Kata kunci: *Desktop 3D printing filament extruder, DMAIC, non value added, pengembangan struktur rangka, filament*

PENDAHULUAN

Teknologi *additive manufacturing* atau 3D *printing* kini banyak diterapkan pada sektor manufaktur, pendidikan, kesehatan, otomotif, hingga kegiatan penelitian dan pengembangan produk. Salah satu komponen kuncinya adalah *filament*, yaitu material *thermoplastic* berbentuk kawat berdiameter standar 1,75 mm atau 2,85 mm yang dilelehkan melalui *nozzle* untuk membentuk objek sesuai desain digital (Nafisah & Hedrawan, 2023). Permintaan *filament* pun ikut tumbuh seiring meluasnya adopsi 3D *printing*; Precedence Research (2026) mencatat nilai pasar globalnya naik dari USD 29,29 miliar (2025) menjadi USD 34,85 miliar (2026) dan diproyeksikan mencapai USD 152,72 miliar pada 2035, dengan Compound Annual Growth Rate (CAGR) sebesar 17,96% sepanjang periode 2025-2035.

Kebutuhan tersebut menuntut mesin *desktop* 3D *printing filament extruder* yang berkinerja optimal, mudah dipindahkan, dan efisien. Penelitian terdahulu Firmansyah dkk. (2025) dengan rangka aluminium profile 355×605 mm, Dzaikra dkk. (2025) berbasis *quality function deployment* dengan rangka *hollow steel* 50×25 mm (1,6 mm) berdimensi 1000×250×200 mm, dan Filho dkk. (2022) dengan *extruder open source* berfokus pada fungsi mekanis mesin tanpa mengevaluasi massa maupun waktu *relocation*, sehingga aspek mobilitas mesin menjadi research gap yang di bahas pada penelitian ini.

Observasi terhadap mesin yang digunakan pada penelitian ini menemukan massa total 25 Kg, dengan rangka *hollow steel* 50×25 mm tebal 1,6 mm seberat 16 Kg dan dimensi keseluruhan 1000×250×200 mm. Bobot tersebut membuat aktivitas pengangkatan dan pemindahan mesin (*machine relocation*) menjadi *non value added activity*, menambah waktu rata-rata 1,4 menit dan membebani operator. Salomon dkk. (2024) menunjukkan bahwa penerapan *lean manufacturing* efektif menekan aktivitas *non value added* dan meningkatkan efisiensi produksi. Penelitian ini karena itu menerapkan strategi DMAIC (*Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, *Control*) secara sistematis, sejalan dengan penelitian perbaikan kualitas lainnya seperti Hartoyo dkk. (2013), Nugroho dkk. (2024), serta Imtihan dan Revino (2017) yang berhasil meningkatkan sigma level dari 3,14σ menjadi 4,32σ melalui redesign alat tambahan pada mesin produksi komponen otomotif.

Rumusan masalah penelitian meliputi cara mengidentifikasi permasalahan mesin melalui DMAIC, cara pengembangan struktur rangka menurunkan massa dan *non value*

added, serta hasil pengukuran diameter *filament* pasca-pengembangan. Tujuan penelitian mengikuti rumusan tersebut: mengidentifikasi permasalahan melalui DMAIC, mengembangkan struktur rangka untuk mengurangi massa dan *non value added*, serta mengevaluasi kemampuan produksi *filament* setelah pengembangan.

Penelitian dibatasi pada pengurangan massa mesin dan dimensi rangka untuk meningkatkan portabilitas serta menekan waktu *machine relocation*. Analisis kekuatan atau validasi struktural rangka berada di luar ruang lingkup penelitian ini, karena fokus pengembangan diarahkan pada efisiensi bobot dan kemudahan mobilitas mesin.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan strategi DMAIC (*Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, *Control*) sebagai kerangka sistematis proses perbaikan. Objek penelitian adalah mesin *desktop* 3D *printing filament extruder* bermassa total 25 Kg dan berdimensi 1000×250×200 mm yang digunakan memproduksi *filament* berbahan dasar *thermoplastic*.

Sampel ditentukan melalui *purposive sampling* bukan dari populasi manusia—mencakup pemilihan material uji (*Polypropylene*, *Polypropylene Recycle*, *High-Density Polyethylene*) berdasarkan ketersediaan dan relevansinya, serta parameter mesin yang diamati (massa total, massa rangka, dimensi, dan waktu *handling*) pada objek yang sama.

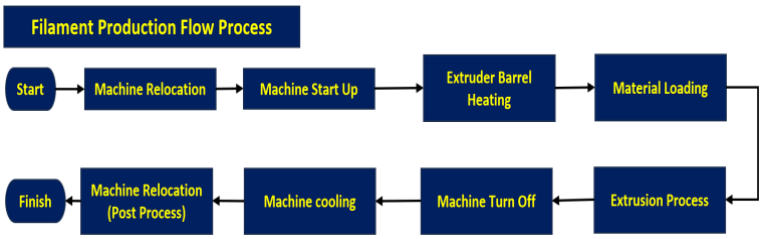
Data primer diperoleh melalui observasi langsung, pengukuran, dan pengujian, meliputi waktu *non value added*, waktu pengangkatan dan pemindahan mesin, perbandingan massa serta dimensi mesin sebelum dan sesudah perbaikan, dan data diameter hasil uji coba *filament*, dengan pengukuran berulang agar hasilnya representatif. Data sekunder diperoleh dari studi literatur mengenai material plastik, *filament* 3D *printing*, dan metode DMAIC.

Tahap *Define* mengidentifikasi permasalahan utama pada *flow process* produksi *filament*. Tahap *Measure* mengukur waktu setiap aktivitas produksi menggunakan diagram pareto untuk menentukan kontributor waktu terbesar. Tahap *Analyze* menggunakan 5 *Why Analysis* dan pendekatan 4M+1E (*Man, Machine, Method, Material, Environment*) untuk menemukan akar penyebab permasalahan. Tahap *Improve* mengganti material rangka dari *hollow steel* 50×25 mm tebal 1,6 mm menjadi *hollow steel galvanis* 20×20 mm tebal 1,2 mm serta meredesain dimensi rangka. Tahap *Control*

membandingkan kondisi mesin sebelum dan sesudah perbaikan meliputi massa, dimensi, dan waktu *machine relocation* serta menguji kemampuan mesin memproduksi *filament* menggunakan PP, PP *Recycle*, dan HDPE.

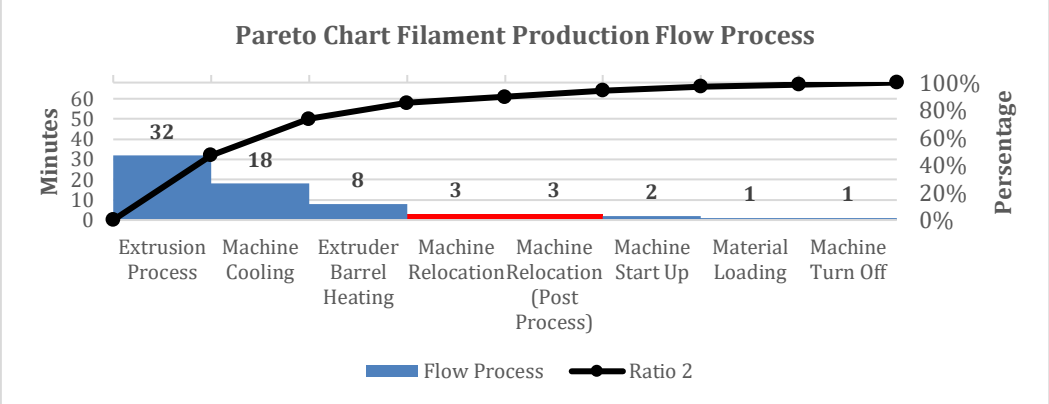
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap *Define* mengidentifikasi bahwa permasalahan utama pada *flow process* produksi *filament* (gambar 1) terletak pada aktivitas *machine relocation*, dengan waktu *non value added* rata-rata 1,4 menit. Penyebabnya adalah massa mesin 25 Kg berdimensi 1000×250×200 mm dengan rangka *hollow steel* 50×25 mm tebal 1,6 mm seberat 16 Kg.



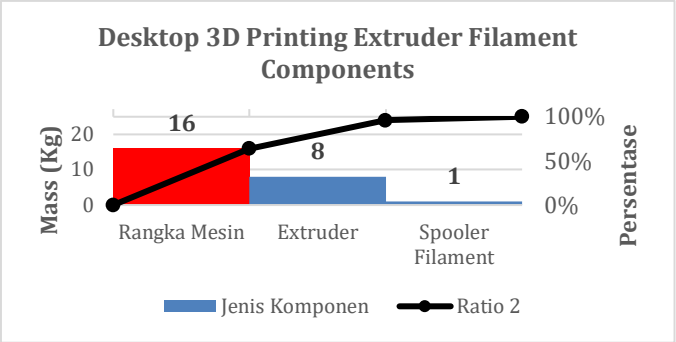
Gambar 1. *Filament Production Flow Process*

Pada tahap *Measure*, waktu *flow process* produksi *filament* dari awal hingga akhir tercatat sebesar 68 menit, dengan *machine relocation* sebagai kontributor *non value added* terbesar berdasarkan diagram pareto pada gambar 2.



Gambar 2. *Pareto Chart Filament Production Flow Process*

Pengukuran massa komponen mesin menunjukkan rangka mesin (16 Kg) sebagai kontributor massa terbesar, diikuti komponen *extruder* (8 Kg) dan spooler (1 Kg), sebagaimana terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. *Desktop* 3D *Printing Extruder Filament Components*

Tahap *Analyze* menggunakan 5 *Why Analysis* dan pendekatan 4M+1E pada tabel 1 menemukan bahwa akar penyebab utama permasalahan adalah tidak adanya pertimbangan massa mesin dan kemudahan mobilitas pada perancangan rangka sebelumnya. Faktor material menjadi penyebab dominan, karena dimensi dan ketebalan rangka dipilih berdasarkan kekuatan struktural tanpa mempertimbangkan efisiensi bobot.

Tabel 1. 5 *Why Analysis*

Problem	Factor	WHY 1	WHY 2	WHY 3	WHY 4	WHY 5
Proses Pemindahan Mesin Desktop Filament Sebelum dan Sesudah Produksi Lama	Man	Butuh 2 operator dalam memindahkan mesin	Mesin terlalu berat dan besar untuk dipindahkan sendiri	Massa mesin 25 Kg dengan dimensi 1000 x 250 x 200 mm	Rangka mesin menggunakan material hollow steel 50 x 25 mm tebal 1,6 mm	Tidak ada pertimbangan massa mesin dan kemudahan mobilitas
	Machine	kabel dalam rangkaian mesin berantakan	Komponen dan kabel tidak tertata karena ruang dalam rangka sempit	Dimensi rangka terlalu kecil untuk menampung komponen listrik dan kabel	-	-
	Method	Proses pemindahan mesin memerlukan lebih dari satu operator	Perancangan mesin tidak mempertimbangkan aspek kemudahan pemindahan	-	-	-
	Material	Rangka mesin terlalu berat (16 Kg) meningkatkan total bobot mesin	Rangka terbuat dari hollow steel 50 x 25 mm tebal 1,6 mm	Pemilihan material berdasarkan kekuatan struktural bukan efisiensi bobot	-	-
	Environment	Lokasi area kerja sempit dan panas	Mesin berukuran besar ditempatkan di area yang tidak sesuai	-	-	-

Berdasarkan hasil analisis tersebut, tahap *Improve* dilakukan dengan meredesain rangka mesin menggunakan material *hollow steel galvanis* 20×20 mm tebal 1,2 mm menggantikan *hollow steel* 50×25 mm tebal 1,6 mm, serta mengubah dimensi rangka dari 1000×250×200 mm menjadi 660×250×230 mm. Perbandingan kondisi mesin sebelum dan sesudah pengembangan disajikan pada gambar 4 dan tabel 2.



Gambar 4 Perbandingan Mesin Awal dan Terbaru

Tabel 2 Perbandingan Kondisi Mesin Sebelum dan Sesudah Pengembangan Struktur Rangka

Parameter	**Sebelum**	**Sesudah**
Dimensi mesin	1000×250×200 mm	660×250×230 mm
Material rangka	*Hollow steel* 50×25 mm (1,6 mm)	*Hollow steel galvanis* 20×20 mm (1,2 mm)
Massa total	25 Kg	17 Kg
Waktu *machine relocation*	4,4 menit (NVA 1,4 menit)	2,05 menit (NVA hilang)

Tabel 2 menunjukkan pengembangan rangka menurunkan massa total mesin dari 25 Kg menjadi 17 Kg (turun 32%) dan waktu *machine relocation* dari 4,4 menit menjadi 2,05 menit (turun 53%) tanpa *non value added* tambahan. Penurunan massa yang mempercepat *relocation* ini turut meningkatkan produktivitas dan meringankan beban kerja operator, sejalan dengan Salomon dkk. (2024) tentang efektivitas *lean manufacturing* menekan *non value added*, serta Imtihan dan Revino (2017) mengenai redesign berbasis DMAIC yang meningkatkan kualitas proses tanpa mengubah prinsip kerja mesin.

Tahap *Control* menguji kemampuan mesin memproduksi *filament* setelah redesign menggunakan PP, PP *Recycle*, dan HDPE, menghasilkan diameter berturut-turut 0,9–1,2 mm, 1,0–1,2 mm, dan 0,9–1,1 mm. Karena pengujian ini memverifikasi fungsi mesin bukan mengoptimalkan kualitas *filament* diameter yang belum memenuhi standar 1,75 mm bukan indikasi kegagalan redesign, melainkan peluang penelitian lanjutan pada parameter ekstrusi (suhu, kecepatan *screw*, sistem pendinginan). Mesin tetap beroperasi baik dan memproduksi *filament* secara konsisten, sehingga layak menjadi dasar penelitian berikutnya.

Perlu ditekankan bahwa penelitian ini tidak mencakup analisis kekuatan atau validasi struktural terhadap rangka hasil redesign, sesuai batasan penelitian yang diarahkan pada

pengurangan massa mesin dan redesign dimensi untuk meningkatkan portabilitas. Validasi kekuatan struktural rangka terhadap beban operasional jangka panjang disarankan menjadi topik penelitian lanjutan untuk memastikan keamanan penggunaan mesin secara berkelanjutan.

SIMPULAN

Penerapan metode DMAIC mengidentifikasi bahwa permasalahan utama mesin *desktop* 3D *printing filament extruder* adalah *machine relocation* yang tergolong *non value added*, akibat massa mesin besar (25 Kg) dan rangka yang kurang mempertimbangkan mobilitas. Redesain rangka menggunakan *hollow steel galvanis* 20×20 mm (1,2 mm) menurunkan dimensi mesin dari 1000×250×200 mm menjadi 660×250×230 mm, massa total dari 25 Kg menjadi 17 Kg (turun 32%), dan waktu *relocation* dari 4,4 menit menjadi 2,05 menit (turun 53%). Uji coba dengan PP, PP *Recycle*, dan HDPE menunjukkan mesin tetap beroperasi baik meski diameter *filament* (0,9–1,2 mm) masih di bawah standar 1,75 mm, karena pengujian ini menyasar fungsi mesin, bukan kualitas *filament*. Penelitian selanjutnya disarankan: (1) validasi kekuatan struktural rangka, (2) optimasi parameter ekstrusi (suhu, kecepatan screw, sistem pendinginan), (3) penerapan SOP pemindahan mesin dan pengecekan berkala rangka, serta (4) pengujian sifat mekanik pada *filament*.

DAFTAR PUSTAKA

Damayanti, A. M., Muttaqin, K. I., & Balqis, H. S. (2025). Studi komparatif karakteristik *filament* 3D *printing* berbasis *Polypropylene* (PP) dan *High-Density Polyethylene* (HDPE) melalui proses ekstrusi. 12(9), 506–513.

Dzaikra, M. A., Rahman, H., & Garjati, N. (2025). Rancang bangun *desktop* 3D *printer filament extruder* menggunakan metode *Quality Function Deployment*. 1078–1085.

Filho, M. D. O., De Jesus, M. C., Nakazato, A. Z., Kondo, M. Y., Rogerio, L., & Hein, D. O. (2022). Instrumented *open-source filament extruder* for research and education. HardwareX, 12. https://doi.org/10.1016/j.ohx.2022.e00362

Firmansyah, I., Sateria, A., & Pranandita, N. (2025). Rancang bangun mesin *extruder filament* 3D *printing*. Jurnal Inovasi Teknologi Terapan, 3(1), 90–95. https://doi.org/10.33504/jitt.v3i1.262

Hartoyo, F., Yudhistira, Y., Chandra, A., & Chie, H. H. (2013). Penerapan metode DMAIC dalam meningkatkan *acceptance rate* untuk ukuran panjang produk bushing. ComTech, 4(1), 381–393.

Imtihan, M., & Revino. (2017). Redesign alat tambahan pada mesin produksi komponen otomotif Body Inner dalam meningkatkan kualitas melalui st*rate*gi DMAIC. Journal of Industrial Engineering Management, 2(2), 56–65.

Nafisah, A. J., & Hedrawan, A. (2023). Pemanfaatan teknologi 3D *printing* dengan menggunakan *filament* Polylactic Acid pada lembaran tekstil. 10(3), 3904–3920.

Nugroho, I., Anas, A., Nugroho, A., & Prastyo, Y. (2024). Evaluasi penerapan metode DMAIC dalam industri manufaktur: Kajian literatur. 2(6), 201–219.

Precedence Research. (2026). 3D *printing* market size, share, and growth report.

Salomon, L. L., Kosasih, W., Lam, E. C., & Putri, S. (2024). Penerapan *lean manufacturing* untuk meningkatkan efisiensi produksi kemasan plastik. 2(2), 147–156.