

## INTISARI

Perkembangan menggabungkan manufaktur aditif (AM) dan manufaktur subtraktif (SM) telah berlanjut selama bertahun-tahun. Dengan AM proses pembuatan desain yang kompleks dapat dilakukan dalam waktu singkat dengan limbah yang dihasilkan lebih sedikit. Namun kelemahan dari metode ini adalah akurasi dimensi dan karakteristik permukaan yang disebut efek tangga. Karakteristik ini dapat menyebabkan penurunan sifat mekanik pada arah tertentu sebagai sumber retakan. Untuk menghilangkan karakteristik ini, produk dari AM perlu melalui post-processing untuk mendapatkan kekasaran permukaan dan akurasi dimensi yang lebih tinggi. Sedangkan SM dikenal dengan akurasi dan kualitas permukaan yang lebih tinggi. Kelemahan dari SM adalah diperlukan perkakas khusus untuk desain yang rumit dan cenderung memiliki limbah material

Penelitian ini akan memodifikasi sistem printer 3D untuk mengakomodasi pembuatan hybrid AM dan SM. Menggabungkan dua metode manufaktur untuk mencapai hasil optimal dari produk pencetakan 3D. Printer 3D berbasis Creality CR10S V2 dan sistem berbasis Independent Dual Extruder (IDEX). Proses modifikasi dimulai dari desain modifikasi gantry hingga memperoleh dua buah gerbong sumbu X. Langkah selanjutnya adalah memodifikasi firmware. Sumber terbuka firmware Marlin akan digunakan dalam printer 3D ini. Melanjutkan pembuatan prototipe. Teknik rapid prototyping akan digunakan dalam proses ini. Setelah itu, prosedur pengujian akan dilakukan untuk menguji semua mekanisme bekerja dengan baik sebelum finalisasi desain. Selanjutnya, desain akhir akan diproduksi menggunakan plat aluminium. Untuk mengevaluasi mesin, printer 3D akan menjalani uji pembuatan benda kerja. Pada proses pengujian benda uji akan dimanufaktur dengan proses AM dan SM. Pengujian kekasaran dan akurasi dimensi akan dilakukan pada benda uji pada area yang telah ditentukan.

Setelah melakukan modifikasi dan melakukan pengujian 3D printing milling dapat menaikkan akurasi dimensi, mengurangi nilai kekasaran, dan mengurangi *staircase effect* dari proses pencetakan FDM. Nilai akurasi dimensi sebelum melakukan proses *milling* sebesar 99.50% meningkat menjadi 99.98% pada kedua spesimen dengan *layer thickness* 0.2 dan 0.1 mm. Nilai kekarasan pada juga dapat berkurang hingga 93% pada spesimen yang telah melalui proses *milling*. Pada bagian tembok nilai kekarasan turun hingga 1.022  $\mu\text{m}$ , bagian bidang miring sebesar 2.305  $\mu\text{m}$ , dan bagian permukaan sebesar 3.535  $\mu\text{m}$ . Hasil observasi pada bagian bidang miring dan lengkung terlihat berkurangnya staircase effect secara drastis yang terlihat sebagai garis tanpa undakan walaupun pada bidang lengkung luar dan dalam masih harus dioptimalkan. Dari seluruh proses ini memperlihatkan bahwa modifikasi ini pada 3D printer konvensional berhasil.

**Keywords:** *Additive Manufacturing, Subtractive Manufacturing, 3D printing, CNC machining, milling.*

## **ABSTRACT**

*The development of combining additive manufacturing (AM) and subtractive manufacturing (SM) has continued for years. With AM the manufacturing process of complex design can be done in no time with less waste produced. But the drawback of this method is the dimensional accuracy and the surface characteristic called the staircase effect. This characteristic can lead to lower mechanical properties in certain directions as the crack source. To remove this characteristic, the product from AM needs to go through post-processing to have lower surface roughness and dimension accuracy. While SM is known for its accuracy and higher surface quality. The disadvantages of SM are needed special tooling for complex design and tend to have higher material waste.*

*To overcome this problem, in this study proposed practical post processing modification system based on 3D printer platform. Combining two manufacturing method to achieve the optimum results from 3D printing product. The 3D printer based on Creality CR10S V2 and the system based on Independent Dual Extruder (IDEX). The process of modification starts from the design of gantry modification to acquire two X axis carriage. Next step is modifying the firmware. The open source of Marlin firmware will be used in this 3D printer. Continuing to the prototype making. Rapid prototyping technique will be used in this process. Afterwards, the testing procedure will be carried out to test all of mechanism working properly before design finalization. Subsequently, the final design will be manufactured using aluminium plate. To evaluate the machine, the 3D printer will be undergoing workpiece manufacturing test. The test will be combined between AM and SM. The evaluation will be carried by surface roughness testing and dimension accuracy evaluation on certain area of the parts.*

*After conducting the modification and testing the 3D printing milling can increase dimensional accuracy, reduce roughness values, and reduce the staircase effect of the FDM printing process. The dimensional accuracy value before carrying out the milling process was 99.50%, increasing to 99.98% for both specimens with layer thicknesses of 0.2 and 0.1 mm. The roughness value can also be reduced by up to 93% in specimens that have gone through the milling process. On the wall, the roughness value decreased to 1,022  $\mu\text{m}$ , on the inclined plane by 2,305  $\mu\text{m}$ , and on the surface by 3,535  $\mu\text{m}$ . The results of observations on the inclined and curved planes show a drastic reduction in the staircase effect which is visible as a line without steps, although on the outer curved planes and at night it still needs to be optimized. This entire process shows that this modification to a conventional 3D printer was successful.*

**Keywords:** *Additive Manufacturing, Subtractive Manufacturing, 3D printing, CNC machining, milling.*