

Rancang Bangun Mesin 3D Printer dan Laser Engraver Berbasis Arduino

Yosef Teddy Budianto, Arka Dwinanda Soewono, Marten Darmawan*

Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

Jl. Raya Cisauk Lapan, Cisauk, Tangerang, Banten 15345

*E-mail: marten.darmawan@atmajaya.ac.id

Diterima: 12-10-2020; Direvisi: 05-12-2020; Dipublikasi: 28-12-2020

Abstrak

Dalam industri manufaktur *modern*, *3D Printer* dan *Laser Engraver* merupakan dua fungsi dasar yang dapat mewujudkan objek rancangan 3D sesuai dengan fungsi yang diinginkan secara cepat dan ekonomis. Meskipun demikian, secara umum dalam prakteknya seringkali kedua fungsi tersebut hanya dapat dipenuhi oleh dua jenis alat berbeda. Tentu saja hal ini akan berdampak pada tingginya biaya-biaya yang dikeluarkan oleh pelaku-pelaku industri manufaktur, baik dari segi biaya operasional, biaya pengadaan, waktu produksi dan lain sebagainya. Oleh karena itu, diperlukan perancangan alat berbiaya rendah yang dapat mengintegrasikan dua fungsi yaitu *3D Printer* dan *Laser Engraving*. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan sistem alat yang dapat mengintegrasikan fungsi *3D printer* dan *Laser Engraver* dengan hanya memvariasikan *head* sehingga dalam penggunaannya, *head* dapat diganti dari *3D Printer* ke *Laser Engraver* dan juga sebaliknya. Pengujian fungsi *3D printer* dilakukan berdasarkan fenomena *bridging*, *overhang*, dan *oozebane* melalui variasi parameter sehingga dihasilkan pengaturan optimal pada suhu *hotend* 185°C, suhu *heated bed* 50°C dan *feedrate* cetak 25 mm/min sehingga didapat akurasi dan kepresisian pada proses *3D Printer* dengan material PLA sebesar 0,1 mm. Sedangkan pada pengujian fungsi *Laser Engraver* didapat penandaan (*marking*) yang optimal pada jarak *head* laser 75 mm, sedangkan kecepatan gerak optimum pada material kardus sebesar 400 mm/min, dan material triplek pada 300 mm/min.

Kata kunci: *laser engraver; multifunction CNC; 3D printer*

Abstract

In the modern manufacturing industries, 3D Printer and Laser Engraver are two basic functions that can realize a 3D design object according to the desired function quickly and economically. However, in general and in practice these two functions can only be fulfilled by two different types of tools. Of course, this will have an impact on the high costs incurred by manufacturing industry players, both in terms of operational costs, procurement costs, production time, and so on. Therefore, it is necessary to design a low-cost device that can integrate two functions, namely 3D Printer and Laser Engraving. In this research, the design of a system tool that can integrate the functions of a 3D printer and Laser Engraver is carried out by only varying the head so that in use, the head can be replaced from a 3D Printer to a Laser Engraver and vice versa. Testing of 3D printer functions was carried out based on the phenomenon of bridging, overhang, and oozebane through various parameters so that the optimal settings were produced at temperature hot end 185 ° C, heated bed 50 ° C and a feed rate print of 25 mm / min so that the accuracy and precision of the process 3D Printer with PLA material was 0.1 mm. Meanwhile, in testing the function of the Laser Engraver, the marking was optimal at a distance head laser of 75 mm, while the optimum speed of movement for material kardus was 400 mm / min, and material triplek was 300 mm / min.

Keywords: *laser engraver; multifunction CNC; 3D printer*

1. Pendahuluan

Pada era modern saat ini, perancangan alat sudah berkembang dengan pesat. Perancangan yang dahulu hanya menggunakan cara manual dalam permodelan 2D saat ini sudah berubah menggunakan perangkat lunak / komputer dalam permodelan 2D hingga 3D. *3D Printer* hadir sebagai alat yang dapat mewujudkan objek rancangan sehingga sebuah rancangan dapat direalisasikan sesuai dengan fungsi yang sebenarnya secara cepat dan ekonomis. *3D Printer* tujuan awalnya digunakan untuk pembuatan purwarupa secara cepat saat ini secara progresif mengambil bagian yang lebih penting dalam proses manufaktur [1]. *3D Printer* sudah banyak digunakan bukan hanya sebatas purwarupa namun

hasil cetaknya dapat langsung digunakan. Dengan adanya *3D Printer* objek yang rumit jika dikerjakan melalui proses *milling* dan *turning* dapat menjadi lebih mudah direalisasikan.

Kerajinan berbahan dasar kulit banyak menggunakan proses penandaan panas untuk memberikan pola berupa gambar, tulisan, dan merk pada bahan kulit. Proses penandaan dengan prinsip penorehan panas secara manual memerlukan keahlian dan keahlian dalam proses pengerjaannya karena beresiko pola yang digambar dapat meleset. Saat ini dengan adanya mesin *CNC Laser Engraver*, penggunaannya dapat dilakukan pada kerajinan berbahan dasar kulit. Mesin *CNC Laser Engraver* dapat digunakan untuk menggambar pola pada objek sehingga dapat menambahkan unsur ketepatan tanpa mengurangi estetika. Dengan alasan tersebut mesin *CNC Laser Engraver* adalah solusi teknologi yang dapat membuat proses penandaan panas dengan lebih cepat dan berkualitas sehingga mengurangi barang NG (Not Good) [2].

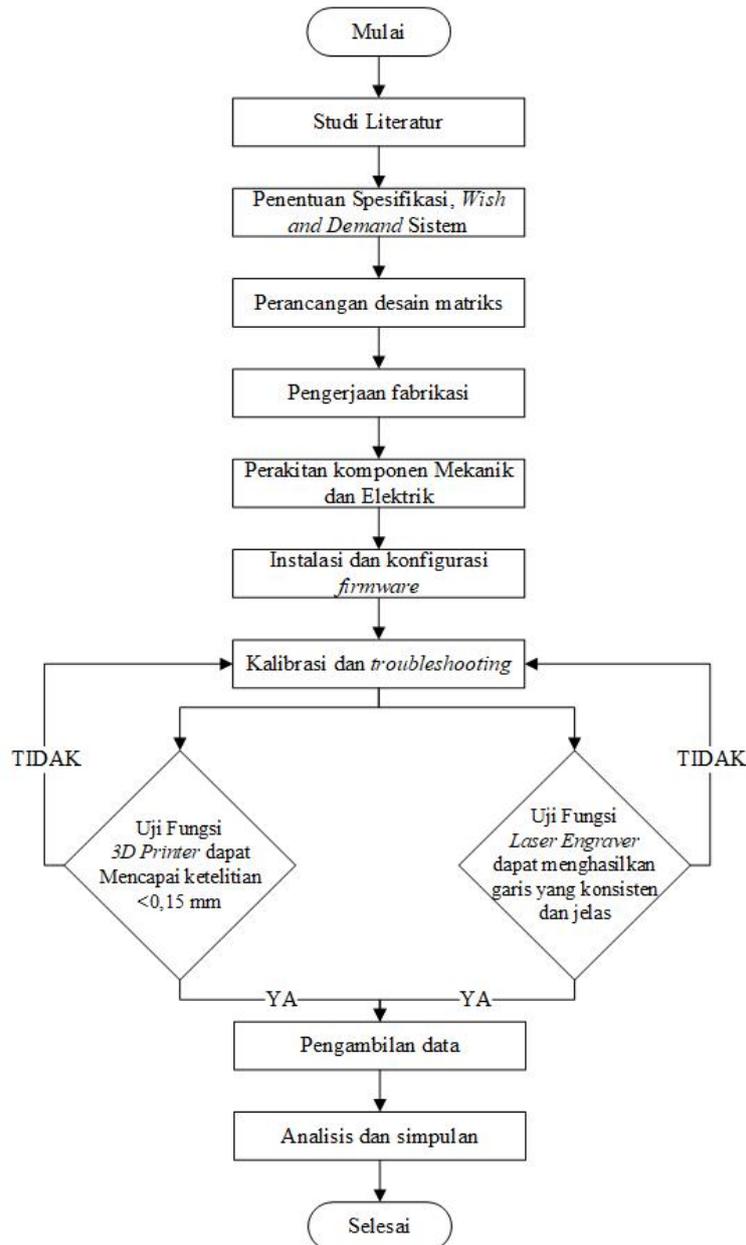
Pelaku usaha jasa *3D Printer* yang saat ini juga merambah ke jasa lain seperti jasa *router* dan *laser* untuk menambah produktifitas usaha yang masih tergolong dalam sektor usaha yang sama yaitu sektor manufaktur. Pelaku usaha memilih *Laser Engraver* dibandingkan *router* karena dapat digabungkan dengan mesin *3D Printer* dan merupakan salah satu jenis *subtractive manufacturing* yang tidak menghasilkan material *chip* dan suara layaknya *router* [3]. Berdasarkan kebutuhan tersebut dibuatlah mesin dimana mekanisme mekaniknya sama dan terdiri dari dua *head* berbeda. Sehingga dalam penggunaannya *head* dapat diganti dari *3D Printer* ke *Laser Engraver* dan juga sebaliknya. *Laser Engraver* yang dijadikan satu dengan *3D Printer* memiliki beberapa keuntungan diantaranya dengan adanya sumbu *Z*, *Laser Engraver* dapat melakukan penandaan pada objek dengan ketebalan variatif, lebih hemat tempat, dapat menekan biaya sehingga lebih terjangkau dan mesin menjadi multifungsi.

Dalam penelitian ini dilakukan proses rancang bangun *3D Printer* yang memiliki beberapa keuntungan dibandingkan membeli mesin *3D Printer* komersil. Dalam proses rancang bangun, komponen yang digunakan dapat dipastikan ketersediaannya di Indonesia dan perancangan komponen kontrol dilakukan secara mandiri sehingga ketika terjadi *maintenance* akan lebih mudah dibandingkan untuk melakukan penelusuran kerusakan dan perbaikan mesin. Selain itu, *3D printer* yang dirancang memiliki keunggulan pada sisi fungsionalnya yaitu dapat digunakan sebagai laser engraver melalui penggantian unit kepala ekstruder dengan unit kepala laser. Mesin *3D Printer* maupun *Laser Engraver* termasuk dalam mesin *CNC* yang didesain untuk mampu bekerja terus menerus dan minim akan *downtime*. Maka dari itu ketika terjadi kerusakan komponen harus dapat dengan mudah dilakukan penggantian serta komponennya tersedia dipasaran. Sedangkan pada mesin *3D Printer* yang dijual dipasaran tidak ada jaminan akan ketersediaan komponen-komponennya karena *machine maker* biasanya menjual satu set mesin. Apabila sudah demikian maka mesin yang dibeli dari *machine maker* dan mengalami kerusakan dikemudian hari akan menjadi tidak dapat berfungsi kembali dan berakibat pada pembengkakan biaya untuk pengadaan mesin baru.

2. Material dan metode penelitian

Proses perancangan untuk pembuatan mesin *3D Printer* dan *Laser Engraver* berbasis Arduino dimulai dengan menentukan *wish and demand* yang sesuai dengan kebutuhan (Gambar 1). Setelah didapati *wish and demand* yang sesuai maka selanjutnya dibuat desain matriks dengan beberapa opsi sehingga komponen-komponen penting pada mesin dapat sesuai dan tidak *over specification* dilihat berdasarkan *wish and demand*. Komponen yang telah dipilih dilakukan fabrikasi dan dirakit baik untuk komponen mekanik maupun elektrik. Sebelum pengujian, instalasi *firmware* pada kontroler dan konfigurasi sesuai dengan aktuator yang digunakan dilakukan terlebih dahulu.

Langkah selanjutnya yaitu melakukan uji fungsi *3D Printer* dan *Laser Engraver* apakah sudah berfungsi sesuai dengan kebutuhan. Pada uji fungsi *3D Printer* dilakukan beberapa pengaturan parameter untuk memaksimalkan hasil dan kepresisian mesin hingga mencapai ketelitian $<0,15$ mm. Sedangkan pada uji fungsi *Laser Engraver* akan dilakukan pengaturan jarak dan kecepatan gerak pengukiran hingga menghasilkan garis penandaan yang tegas dan konsisten. Data penelitian diambil secara paralel saat melakukan uji fungsi untuk dilakukan analisis apakah pengaturan yang diuji berpengaruh terhadap hasil objek dan juga untuk menentukan karakteristik pada mesin yang dibuat.



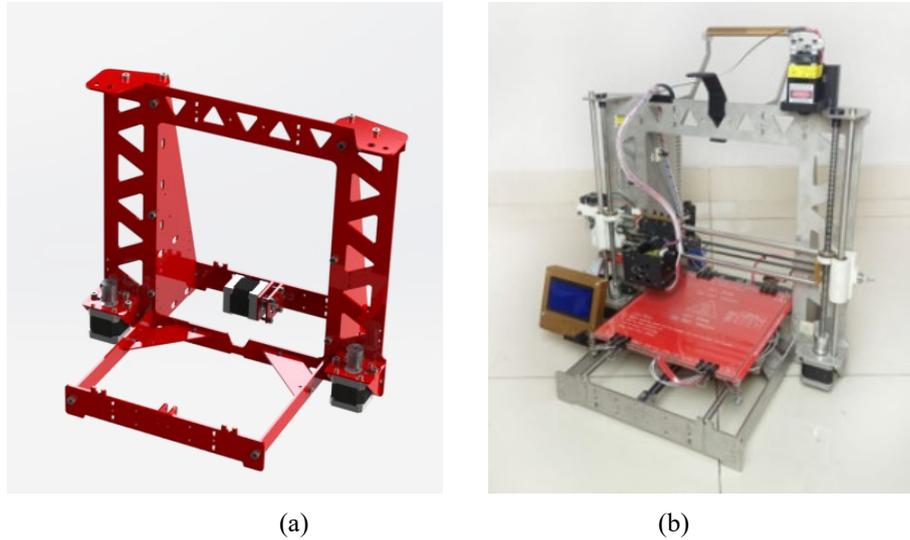
Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Data penelitian diambil secara paralel saat melakukan uji fungsi untuk dilakukan analisis apakah pengaturan yang diuji berpengaruh terhadap hasil objek dan juga untuk menentukan karakteristik pada mesin yang dibuat baik untuk fungsi *3D Printer* maupun *Laser Engraver*.

3.1 Perwujudan Alat

Hasil desain dan perwujudan alat yang telah dirancang ditunjukkan pada Gambar 2, dimana alat yang dirancang memiliki fungsi sebagai 3D Printer maupun Laser Engraver. Alat yang telah dirancang dapat dengan mudah dan murah untuk diperbaiki dan dimodifikasi untuk keperluan manufaktur benda dengan spesifikasi-spesifikasi yang lain.



Gambar 2. (a) Desain alat dan (b) Perwujudan alat

3.2 Bridging

Bridging adalah kondisi dimana ketika filamen yang dicetak menyambungkan dua titik secara horizontal yang tidak terdapat filamen diantara dua titik tersebut. Untuk memaksimalkan *bridging* dapat dilakukan dengan menurunkan *bridge flow ratio* dan menaikkan *bridge feedrate*. Berikut merupakan nilai pengaturan yang digunakan pada pengujian *bridging* (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil Pengujian *Bridging*

No.	Parameter	Hasil
1	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bridge feedrate</i> = 30 mm/min • <i>Bridge flow ratio</i> = 100% • <i>Hotend temperature</i> = 185°C • <i>Bed temperature</i> = 50°C 	
2	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bridge feedrate</i> = 60 mm/min • <i>Bridge flow ratio</i> = 100% • <i>Hotend temperature</i> = 185°C • <i>Bed temperature</i> = 50°C 	
3	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bridge feedrate</i> = 60 mm/min • <i>Bridge flow ratio</i> = 75% • <i>Hotend temperature</i> = 185°C • <i>Bed temperature</i> = 50°C 	

Bridge feedrate merupakan parameter yang mengatur kecepatan cetak pada saat terdapat bagian *bridging*. Pada pengujian ke-1 dengan pengaturan *bridge feedrate* 30 mm/min terdapat filamen yang terjatuh. Setelah itu pengujian ke-2 nilai *bridge feedrate* dinaikan menjadi 60 mm/min dan terlihat lebih sedikit filamen saja yang masih terjatuh kebawah. Dapat dilihat dari hasil pengujian, kecepatan yang terlalu rendah dapat mengakibatkan filamen terjatuh. Hal ini

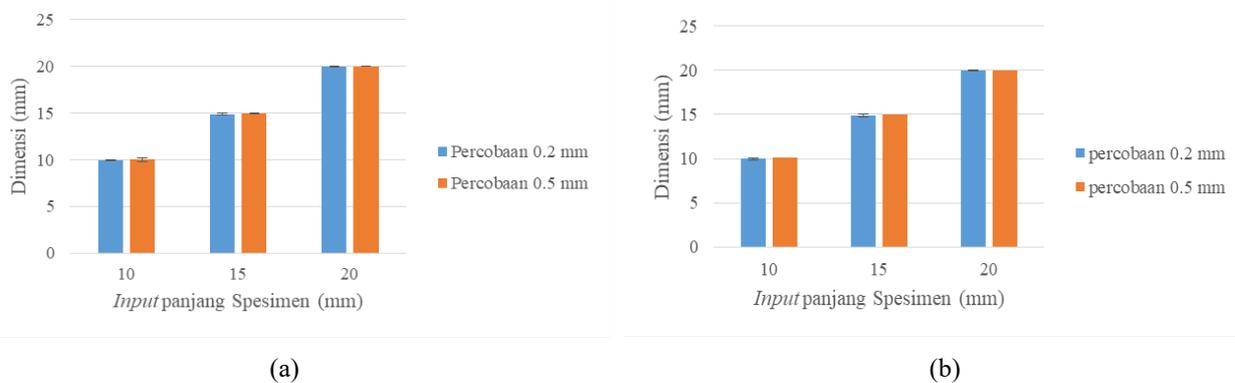
disebabkan saat *nozzle* bergerak terlalu lambat filamen yang di *extrude* akan tergantung di udara terlalu lama dan akan jatuh kebawah.

Bridge flow ratio merupakan pengaturan rasio filamen yang dikeluarkan oleh ekstruder saat mencetak bagian *bridging*. Selanjutnya pada pengujian ke-3 dilakukan pengurangan nilai *bridge flow ratio* menjadi 75% dan dihasilkan objek cetak *bridging* yang paling baik dibandingkan sebelumnya. Untuk menghasilkan celah *bridging* yang baik filamen harus *set* dalam waktu yang cepat, sehingga ketika terlalu banyak filamen leleh mengalir dari *nozzle* dapat menyebabkan hasil cetak seperti jembatan yang menggantung kebawah. Atur *bridge flow ratio* sampai *nozzle* mengeluarkan filamen dengan stabil dan lebih mudah dingin sehingga menghasilkan *bridging* baik.

PLA 4032D memiliki T_m (suhu leleh) 170°C . Pada pengujian digunakan suhu cetak 185°C ($T_m+15^{\circ}\text{C}$) untuk memastikan semua filamen yang melewati *nozzle* sudah dalam fase leleh, apabila proses cetak dilakukan dibawah suhu tersebut dapat menyebabkan material tidak seluruhnya meleleh sehingga terjadi penyumbatan pada *nozzle*. Proses cetak tidak divariasikan suhu cetaknya dikarenakan suhu leleh minimal yang direkomendasikan untuk material PLA4032D adalah 185°C . Meningkatkan suhu cetak pada material PLA dapat mengakibatkan perubahan karakteristik seperti modulus elastisitas yang dapat bertambah ataupun berkurang dimana enis PLA 4032D akan bertambah modulus elastisitasnya ketika dinaikan suhunya [4].

3.3 Perimeter Width

Pada pengujian *perimeter width* dilakukan cetak objek dengan bentuk balok dan dimensi memiliki 3 variasi (10 mm, 15 mm, dan 20 mm). setelah proses cetak dilakukan pengukuran dimensi dan dihitung *error* yang terjadi pada sumbu X dan Y. Dapat dilihat dari grafik (Gambar 3) bahwa hasil rata-rata dimensi terukur baik pada pengujian *perimeter width* 0,2 mm dan 0,5 mm tidak terdapat pengaruh yang signifikan.

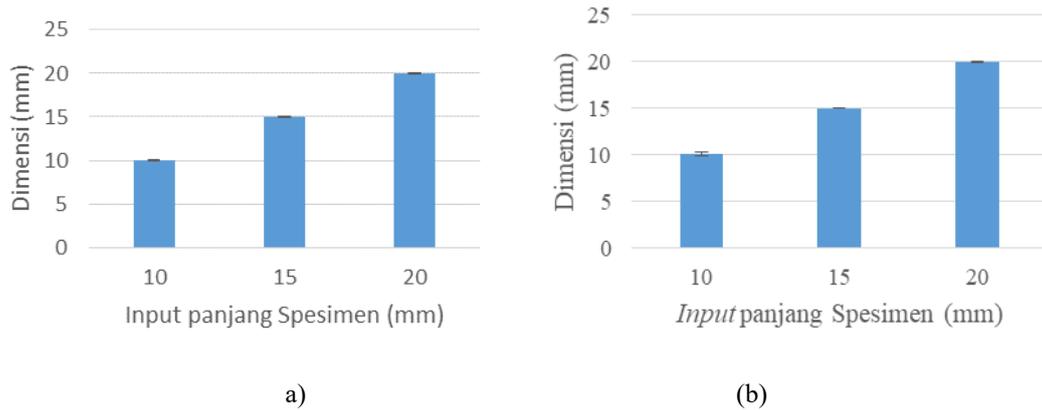


Gambar 3. Grafik Pengujian *Perimeter width* (a) Sumbu X, (b) Sumbu Y

3.4 Akurasi dan kepresisian 3D Printer

Setelah serangkaian kalibrasi dilakukan, pengujian terakhir adalah mengukur tingkat akurasi dan kepresisian 3D Printer (Gambar 4). Akurasi menunjukkan kedekatan nilai pengukuran dari nilai yang seharusnya dan Kepresisian menunjukkan seberapa besar penyimpangan nilai pengukuran saat dilakukan perulangan pengukuran pada objek berbeda dengan dimensi sama.

Pengujian dilakukan dengan cara melakukan pengulangan cetak untuk tiap variasi panjang sebanyak 5 kali. Dilakukan pengukuran terhadap objek yang sudah dicetak dan membandingkan dengan *input* panjangnya. Dari pengujian ini ditunjukkan hasil dari objek cetak sudah sesuai dengan *input* panjang yang diinginkan.



Gambar 4. Hasil Pengujian Akurasi dan Kepresisian (a) Sumbu X, (b) Sumbu Y

Dapat dilihat melalui grafik diatas bahwa sistem telah berfungsi dengan sangat baik berdasarkan nilai *error* yang terjadi. Jangkauan *error* terbesar adalah $\pm 0,06$ mm dan *error* terkecil adalah $\pm 0,02$ mm. Hasil cetak yang sangat baik pada pengujian ini merupakan hasil yang didapat dari kalibrasi yang telah dilakukan terlebih dahulu seperti kalibrasi motor stepper, *bed leveling*, kalibrasi step ekstruder, *layer height*, *bridging*, *overhang*, *oozebane*, dan *perimeter width*.

Setelah dilakukan serangkaian kalibrasi untuk memaksimalkan fungsi dari *3D Printer* dan hasil cetak sudah menunjukkan hasil yang sangat baik. *3D Printer* sudah memenuhi capaian fungsi berdasarkan perhitungan dari hasil pengujian diperoleh pembulatan akurasi dan kepresisian *3D Printer* sebesar 0,1 mm dimana nilai ini masih berada pada jangkauan *error* yang dihasilkan oleh alat 3D peinter komersial seperti Makerbot [5].

3.5 Jarak Laser

Pengujian dilakukan dengan memberikan daya maksimal ($s=255$) dan memberikan variasi jarak laser pada 2 jenis material, yaitu Kardus dan Triplek. Untuk mengetahui efek dari jarak laser terhadap hasil proses *laser engraver*. Kecepatan gerak laser ditetapkan pada 300 mm/min.

Tabel 2. Hasil Pengujian Jarak Laser pada Kardus

No.	Material	Jarak Head Laser (mm)	Kecepatan Gerak (mm/min)	Input	Hasil
1	Kardus	45	300	Teks	
2	Kardus	55	300	Teks	
3	Kardus	65	300	Teks	

No.	Material	Jarak <i>Head</i> Laser (mm)	Kecepatan Gerak (mm/min)	<i>Input</i>	Hasil
4	Kardus	75	300	Teks	
5	Kardus	85	300	Teks	

Pada material kardus (Tabel 2), garis dengan ketebalan yang dihasilkan terlihat secara visual berbeda-beda pada tiap variasi jarak. Jarak terbaik pertama didapat pada jarak 75 mm dengan garis yang dihasilkan tegas dan besarnya seragam. Jarak terbaik kedua didapat pada jarak 65 mm dengan garis yang dihasilkan besarnya seragam namun garis terlihat lebih tipis dibandingkan pada jarak 75 mm.

Tabel 3. Hasil Pengujian Jarak Laser pada Triplek

No.	Material	Jarak <i>Head</i> Laser (mm)	Kecepatan Gerak (mm/min)	<i>Input</i>	Hasil
1	Triplek	45	300	Teks	
2	Triplek	55	300	Teks	
3	Triplek	65	300	Teks	
4	Triplek	75	300	Teks	
5	Triplek	85	300	Teks	

Pada material Triplek dengan ketebalan 5mm jarak divariasikan dari 45 mm sampai 85 mm, dapat dilihat dari Tabel 3 garis yang dihasilkan pada pengaturan jarak 45 mm dan 85 mm tidak dapat terlihat secara utuh dan buram. Jarak terbaik didapat pada pengaturan jarak *head* laser 75 mm.

Berdasarkan kedua material yang digunakan dalam pengujian jarak laser pada material memiliki pengaruh terhadap hasil penandaan, dari kejelasan penandaan, kedalaman penandaan dan fokus dari garis penandaan. Penyebab dari perbedaan hasil garis ini dapat dilihat dari 2 faktor, yang pertama dari sisi *laser diode* dan yang kedua dari sisi material

yang diproses. *Laser diode* yang digunakan memiliki lensa sehingga juga jangkauan fokus tertentu dilihat dari hasil penandaan yang berbeda-beda ketika dilakukan variasi jarak *head* laser dari 45 mm sampai 85 mm. Setiap material memiliki komponen kimia penyusun material yang berbeda-beda. Dilihat pada pengujian dengan jarak *head* laser 85 mm, hasil pada material kardus dan triplek tidak sama meskipun kecepatan gerak pemakanan dan daya laser nya sama. Pada kardus dan triplek komponen kimia penyusunnya mengandung karbon sehingga lebih mudah terjadi penandaan karena terjadi oksidasi ketika dilakukan penandaan dengan *laser diode* yang menggunakan prinsip radiasi dari intensitas cahaya yang dihasilkan [6].

4. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol mesin dengan fungsi *3D Printer* dan *Laser Engraver* berhasil diwujudkan dan penggantian fungsi dari *3D Printer* ke *Laser Engraver* begitu juga sebaliknya dapat dilakukan dengan mengganti *head* pada mesin. Pengujian *bridging* telah dilakukan dengan pengaturan optimal pada suhu *hotend* 185°C, suhu *heated bed* 50°C dan *feedrate* cetak 25 mm/min sehingga didapat akurasi dan kepresisian pada proses *3D Printer* dengan material PLA sebesar 0,1 mm. Pengujian jarak *head* laser telah dilakukan untuk menentukan pengaturan optimal pada fungsi *Laser Engraver* dengan jarak terbaik pada 75 mm. Pengujian kecepatan gerak telah dilakukan untuk menentukan kecepatan efektif pada fungsi *Laser Engraver* dengan hasil penandaan terbaik pada material kardus 400 mm/min, pada material triplek 300 mm/min.

Daftar Pustaka

- [1] Rayna, T., Striukova, L., (2016), From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation, *Technological Forecasting and Social Change*. 2016; 102; p. 214 – 224.
- [2] Munadi, Rancang-bangun prototipe mesin CNC Laser Engraving dua sumbu menggunakan diode laser, *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*. 2018 April; 13 (1): p.32-37.
- [3] Hsieh, C. Development of an integrated system of 3D printer and laser carving, 11th International Microsystems, Packaging, Assembly and Circuits Technology Conference (IMPACT), Taipei. 2016: pp. 420-423.
- [4] Coppola, B., Cappetti, N., Di Maio, L., Scarfato, P., Incarnato, L. 3D Printing of PLA/clay Nanocomposites: Influence of Printing Temperature on Printed Samples Properties. *Materials*, Department of Industrial Engineering, University of Salerno, Italy. 2018.
- [5] Pei, E. Evaluation of dimensional accuracy and material properties of the MakerBot 3D desktop printer. *Rapid Prototyping Journal*. 2015.
- [6] Lichovník, J., Malotová, Š., Zelinka, J. Effect of Laser Processing Parameters on Cut Quality after Engraving, *Technological Engineering*. 2019; 16(1): p. 11-15.