

PENGARUH ORIENTASI OBJEK PADA PROSES 3D PRINTING BAHAN POLYMER PLA DAN ABS TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KETELITIAN DIMENSI PRODUK

Sobron Lubis, Sofyan Djamil, Yolanda

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara

Jl. S.Parman No. 1, Jakarta 11400

E-mail: sobron_lbs@yahoo.com

Abstrak -- Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh posisi objek dalam pembuatan protipe cepat (*rapid prototyping*) dengan menggunakan 3D printing untuk bahan polymer PLA dan ABS terhadap kekuatan tarik maupun ketelitian dimensi yang dihasilkan. Untuk mencapai objektif penelitian ini dilakukan percobaan dengan membuat prototype spesimen ujitarik berdasarkan ASTM dengan menggunakan 3D printer. Produk yang dihasilkan dilakukan pengukuran dimensi untuk melihat akurasi peroduk melalui perubahan dua posisi variasi orientasi objek yakni secara vertikal dan horizontal. Setelah proses pengukuran dimensi, dilakukan pengujian tarik spesimen dengan menggunakan alat uji tarik. Dari eksperimen yang dilakukan diketahui bahwa posisi orientasi dan besar layer pada proses printing memberi efek terhadap kualitas permukaan, efisiensi waktu dan kekuatan dari benda. Produk material PLA dengan orientasi posisi objek horizontal memiliki kualitas dimensi yang paling baik. Jumlah kesalahan akurasi material ini tidak melebihi 1 mm pada setiap layer. Material ABS dengan posisi orientasi objek vertikal dan tebal layer sebesar 0,10 mm menghasilkan kekuatan tegangan tarik yang terkecil sebesar 8,62 MPa dan material PLA dengan orientasi posisi objek horizontal dengan dan tebal layer sebesar 0,40 mm menghasilkan kekuatan tegangan tarik terbesar 35,57 MPa

Kata kunci : 3D Printing, uji tarik, bahan polymer, PLA, ABS

Abstrak -- Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh posisi objek dalam pembuatan protipe cepat (*rapid prototyping*) dengan menggunakan 3D printing untuk bahan polymer PLA dan ABS terhadap kekuatan tarik maupun ketelitian dimensi yang dihasilkan. Untuk mencapai objektif penelitian ini dilakukan percobaan dengan membuat prototype spesimen ujitarik berdasarkan ASTM dengan menggunakan 3D printer. Produk yang dihasilkan dilakukan pengukuran dimensi untuk melihat akurasi peroduk melalui perubahan dua posisi variasi orientasi objek yakni secara vertikal dan horizontal. Setelah proses pengukuran dimensi, dilakukan pengujian tarik spesimen dengan menggunakan alat uji tarik. Dari eksperimen yang dilakukan diketahui bahwa posisi orientasi dan besar layer pada proses printing memberi efek terhadap kualitas permukaan, efisiensi waktu dan kekuatan dari benda. Produk material PLA dengan orientasi posisi objek horizontal memiliki kualitas dimensi yang paling baik. Jumlah kesalahan akurasi material ini tidak melebihi 1 mm pada setiap layer. Material ABS dengan posisi orientasi objek vertikal dan tebal layer sebesar 0,10 mm menghasilkan kekuatan tegangan tarik yang terkecil sebesar 8,62 MPa dan material PLA dengan orientasi posisi objek horizontal dengan dan tebal layer sebesar 0,40 mm menghasilkan kekuatan tegangan tarik terbesar 35,57 MPa

Kata kunci : 3D Printing, uji tarik, bahan polymer, PLA, ABS

PENDAHULUAN

Persaingan dalam industri global yang semakin ketat, efisiensi dalam proses dan ketepatan/akurasi dimensi produk merupakan suatu hal yang sangat penting. Hal tersebut tentunya memberi pengaruh yang signifikan terhadap biaya yang dikeluarkan dalam menghasilkan produk yang berkualitas. Sebelum sebuah produk dibuat dalam jumlah massal, terlebih dibuat model / prototipe produk untuk mengetahui bentuk, dimensi, dan

ergonominya, agar dapat dilakukan evaluasi. Pembuatan prototype dapat dilakukan melalui metode menghilangkan sebagian material pada benda kerja tersebut, melakukan proses penekanan material, atau dengan metode penambahan material pada produk yang dikenal dengan *additive manufacturing* atau *layer manufacturing*. Pembuatan prototype cepat (*rapid prototyping*) dewasa ini perkembangannya sangat cepat. Salah satu diantaranya adalah penggunaan mesin

pencetak tiga dimensi, bahan yang digunakan adalah jenis polymer PLA dan ABS. Pada proses pengerjaan metode 3D printer, faktor posisi orientasi objek memegang peranan penting dalam menentukan kualitas produk dan juga kekuatan material yang dihasilkan, karena membentuk susunan material secara berlapis berdasarkan posisi orientasi yang dirancang. Penelitian ini dilakukan mengetahui pengaruh posisi orientasi pada proses 3D printing terhadap kekasaran produk dan kekuatan tarik material yang dihasilkan.

TINJAUAN PUSTAKA

Rapid Prototyping memungkinkan visualisasi suatu gambar tiga dimensi menjadi benda tiga dimensi asli yang mempunyai volume. Selain itu produk-produk *rapid prototyping* juga dapat digunakan untuk menguji suatu part tertentu. Salah satu aplikasi pada bidang teknik penggunaan *rapid prototyping* adalah pembuatan lengan robot berkaki yang dilakukan di laboratorium mekatronika Universitas Tarumanagara untuk pembuatan robot dalam ajang kompetisi robot beberapa waktu yang lalu. Lengan robot berkaki ini digunakan pada bagian lengan robot untuk menggerakkan robot dengan fungsi sebagai sendi robot sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lengan Robot Berkaki

Selain dalam bidang teknik, *3D printing* juga digunakan dalam bidang medikal. Salah satu contohnya adalah pembuatan organ untuk hewan yang mengalami kecacatan. Seperti pembuatan kaki untuk seekor itik yang mengalami kecacatan. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembuatan Kaki Untuk Hewan

Rapid Prototyping (RP) dapat didefinisikan sebagai metode-metode yang digunakan untuk membuat model berskala (*prototipe*) dari mulai bagian suatu produk (*part*) ataupun rakitan produk (*assembly*) secara cepat dengan menggunakan data *computer aided design (CAD)* tiga dimensi. Metode RP pertama ditemukan pada tahun 1986 di California, USA yaitu dengan metode *Stereolithography*. Setelah penemuan metode tersebut berkembanglah berbagai metode lainnya yang memungkinkan pembuatan *prototipe* dapat dilakukan secara cepat (Widyanto, 2007).

Saat ini, pembuatan *prototipe* menjadi syarat tersendiri pada beberapa perusahaan dalam upaya penyempurnaan produknya. Beberapa alasan mengapa *rapid prototyping* sangat berguna dan diperlukan dalam dunia industri adalah: meningkatkan efektifitas komunikasi lingkungan industri atau dengan konsumen, mengurangi kesalahan-kesalahan produksi yang mengakibatkan meningkatnya biaya produksi, mengurangi waktu pengembangan produk baru, meminimalisasi perubahan-perubahan mendasar serta memperpanjang jangka pakai produk misalnya

dengan menambahkan beberapa komponen fitur atau mengurangi fitur-fitur yang tidak diperlukan dalam desain.

Proses *Rapid Prototyping* diawali dengan validasi model CAD 3D produk. Model yang sudah *valid* kemudian diorientasikan kepada ruang pembuatan (*part orientation*). Konsep dari *rapid prototyping* adalah dengan membagi benda dengan ketebalan yang kecil sesuai dengan penampang dari benda tersebut. Selanjutnya, mesin *rapid prototyping* membuat produk tiga dimensi dengan menambahkan bahan/material secara lapis demi lapisan sesuai dengan pembagian penampang benda. Kualitas dari permukaan benda tergantung pada tebal lapisan dari mesin *rapid prototyping*. Semakin kecil tebal lapisan maka kualitas permukaan semakin baik (Chua et al. 2003).

Beberapa metode *Rapid Prototyping* yang berkembang saat ini antara lain:

Stereolithography (SLA)

Dalam teknik SLA, sebuah *prototype* dibuat dengan cara menembakkan sinar laser ke permukaan sebuah wadah (*vat*) yang berisi cairan *photopolymer (resin)*. Cairan ini akan langsung mengeras saat laser mengenai permukaannya. Setelah satu *layer* selesai dikerjakan, sebuah *platform* digerakkan turun beberapa milimeter, sebuah penyapu (*recoater blade*) membersihkan sisa-sisa *resin* di permukaan dan *layer* berikutnya dikerjakan di atas *layer* yang telah diselesaikan (Chua et al. 2003).

Selective Laser Sintering (SLS)

Laminated Object Manufacturing (LOM)

Kerja LOM menggunakan material berupa kertas khusus yang digerakkan melewati sebuah *platform*. Sinar laser ditembakkan menurut bentuk *layer*, memotong kertas pada *platform*. *Platform* akan bergerak turun dan material baru dilewatkan di atas *layer* yang telah terbentuk dan proses diulangi lagi sampai semua *layer* selesai dikerjakan. Sebuah *roller* pemanas (*heated roller*) memanaskan *layer* yang telah terbentuk agar menyatu dengan *layer* di bawahnya (Amin, 2007).

Fused Deposition Modelling (FDM)

Fused Deposition Modeling adalah metode pembuatan prototipe dengan proses pelelehan material termoplastik dengan menggunakan mekanisme ekstruder. Kemudian proses pembuatan prototipe melalui proses lapis demi lapis (Rafiq, 2006).

Pada dasarnya penggunaan *rapid prototyping* dapat dibagi atas 3 bagian

berdasarkan bahan yang digunakan antara lain: *rapid prototyping* berbahan dasar padat, *rapid prototyping* berbahan dasar cair dan *rapid prototyping* berbahan dasar serbuk.

Susilo Adi Widyanto (2007) telah melakukan penelitian tentang pengembangan teknologi *Rapid Prototyping* untuk pembuatan produk-produk multi material, hasil penelitiannya menyatakan bahwa dengan menggunakan mekanisme *hopper work nozzle* sebagai perangkat pendeposisi serbuk produk dan *slot feeder counter rolling cylinder* untuk *supporting powder* berbagai karakteristik produk multi material dapat dibuat (Widyanto, 2007).

Perkembangan dalam teknologi *rapid prototyping* telah banyak membantu dalam beberapa bidang keilmuan, pada bidang medical, penggunaan *rapid prototyping* sangat membantu untuk membentuk organ-organ yang rusak.

Dari penelitian yang dilakukan (Amin, 2007) diketahui secara keseluruhan dapat terlihat bahwa teknologi *rapid prototyping* telah memberikan pengaruh yang sangat berarti di bidang medis, dan dengan riset dan pengembangan lebih lanjut teknologi ini akan terus berkontribusi pada pengembangan yang cepat, tidak mahal dan efektif. Hingga kini kajian tentang penggunaan *rapid prototyping* masih terus dilakukan untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang baik, dan bentuk sesuai dengan dimensi aslinya (Bijarimi et al., 2012).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan yang Digunakan

Untuk melakukan penelitian ini diperlukan bahan sebagai berikut *Filament cartridges* material PLA dan *Filament cartridges* material ABS.



Gambar 3. *Filament cartridge*

Peralatan

Peralatan printer 3D yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 4.



(a)



(b)

Gambar 4. (a) Mesin 3D printer UP+2 dan (b) Mesin 3D printer UPBOX

Pengujian kekuatan tarik spesimen dilakukan menggunakan alat ujitarik *Shimadzu* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

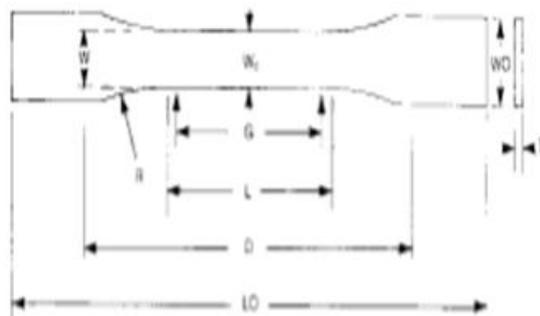


Gambar 5. Alat Uji Tarik Shimadzu

Prosedur Eksperimen

Prosedur eksperimen dalam penelitian ini ada beberapa langkah. Langkah pertama adalah melakukan proses 3D modeling dengan bentuk standar uji kekuatan tarik.(ASTM D 638).

Kemudian, melakukan proses *3D printing* dengan dasar model standar uji tarik dan melakukan proses *printing* dengan 3 tingkat ketebalan *layer* pada *3D print* yaitu sebesar 0,10 mm, 0,20 mm, dan 0,40 mm dan juga dua orientasi posisi objek yaitu horizontal dan vertical. Dimensi ketebalan diperlihatkan pada Gambar 6. Sementara proses diperlihatkan pada Gambar 7.

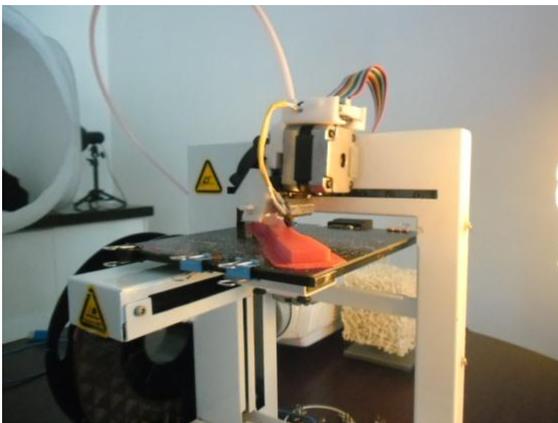


(a)

Dimensions (see drawings)	7 (0.28)
	Type I
W —Width of narrow section ^{E,F}	13 (0.50)
L —Length of narrow section	57 (2.25)
W_0 —Width overall, min ^G	19 (0.75)
W_0 —Width overall, min ^G	...
L_0 —Length overall, min ^H	165 (6.5)
G —Gage length ^I	50 (2.00)
G —Gage length ^I	...
D —Distance between grips	115 (4.5)
R —Radius of fillet	76 (3.00)
R_0 —Outer radius (Type IV)	...

(b)

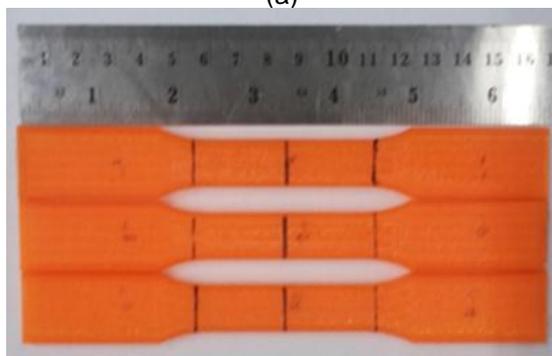
Gambar 6. Desain Spesimen Uji Tarik



Gambar 7. Proses 3D Printing



(a)

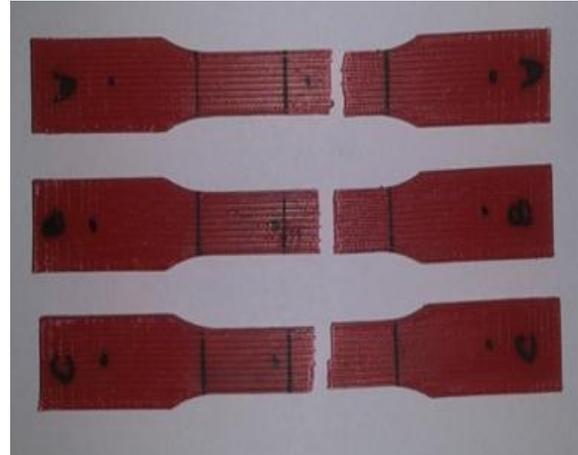


(b)

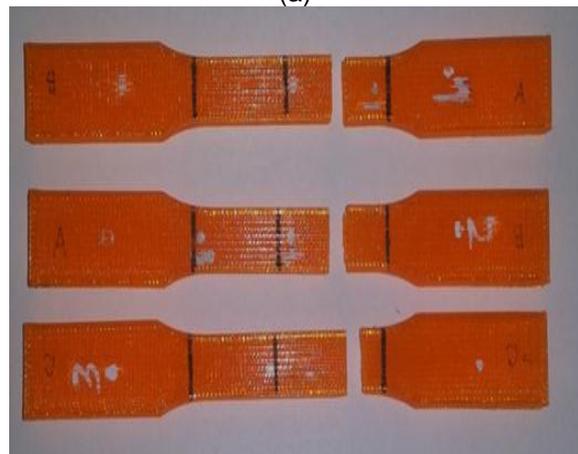
Gambar 8. Spesimen Polymer Hasil 3D Printing
(a) Spesimen ABS.dan (b) Spesimen PLA

Langkah berikutnya adalah melakukan pengukuran dimensi spesimen bahan polymer PLA dan ABS, seperti terlihat pada Gambar 8.

Setelah itu adalah melakukan uji tarik terhadap masing-masing sample menggunakan standar ASTM D 638 dan diambil nilai rata-rata hasil dari pengujian tarik. Hasil uji tarik ditampilkan pada Gambar 9.



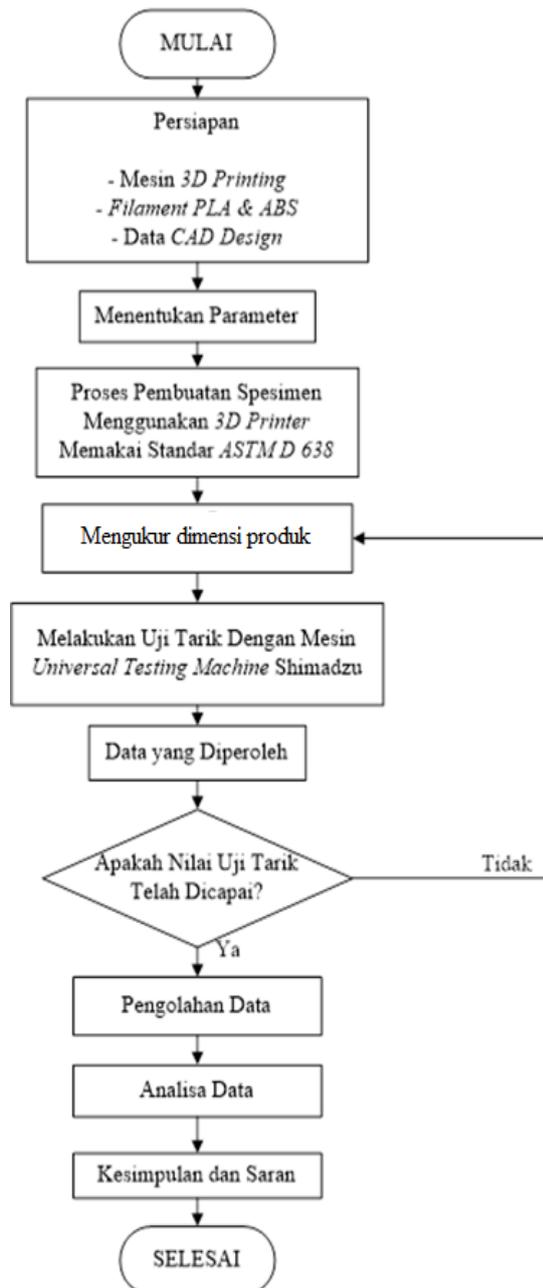
(a)



(b)

Gambar 9. Spesimen setelah uji Tarik
(a) Spesimen ABS.(b) Spesimen PLA

Proses eksperimen secara keseluruhan ditampilkan dalam bentuk diagram alir, sebagaimana terlihat pada Gambar 10.



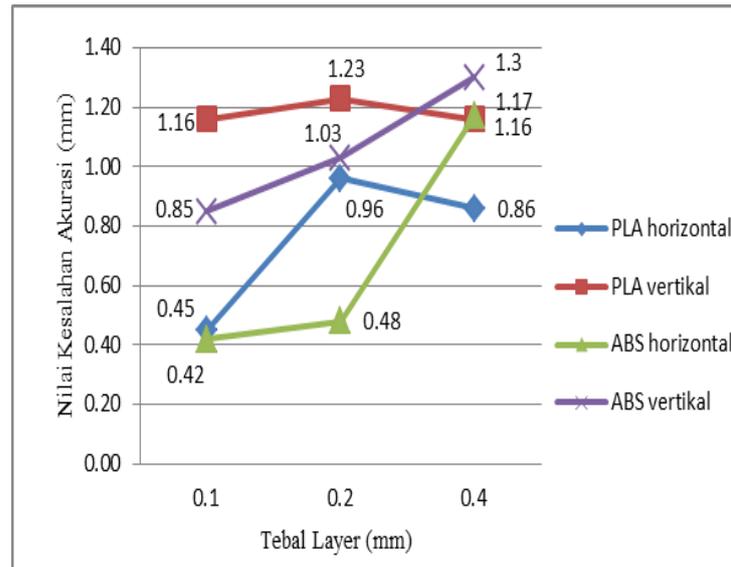
Gambar 10. Diagram Alir Proses Eksperimen

Spesimen yang dihasilkan dari proses 3D printing kemudian dilakukan pengukuran dimensinya dengan menggunakan alat ukur jangka sorong. Pengukuran dilakukan terhadap dimensi dari panjang, lebar luar, lebar dalam, dan tebal dari spesimen. Hasil pengukuran tersebut dibandingkan terhadap ukuran dari data ASTM dimana untuk masing-masing dimensi yaitu panjang keseluruhan (L_0) 165 mm, lebar luar (W_0) 19 mm, lebar dalam (W) 13 mm, dan tebal (t) 7 mm. Nilai kesalahan akurasi material PLA dan ABS pada Proses 3D Printing ditampilkan pada Gambar 11.

Analisis Data Penelitian Ketelitian Dimensi kualitas dan Efisiensi Produk.

Secara keseluruhan, material PLA dan ABS memiliki efisiensi yang hampir sama dalam hal waktu printing. Proses printing dengan orientasi vertikal membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan dengan orientasi horizontal. Material ABS merupakan material dengan efisiensi waktu printing yang lebih baik dibandingkan dengan PLA. Hal ini ditunjukkan pada proses printing dengan besar layer 0.1 mm. dari Gambar 11 dapat diketahui bahwa material ABS memiliki jumlah kesalahan akurasi dimensi yang cenderung bergerak naik berbanding lurus dengan besar layer.

Sedangkan material PLA memiliki kecenderungan penurunan kesalahan akurasi ketika tebal layer 0.4 mm. Pada posisi objek orientasi horizontal diketahui bahwa nilai kesalahan akurasi material ABS lebih kecil dibanding material PLA. Pada posisi orientasi vertical, nilai kesalahan akurasi material ABS lebih kecil dibanding PLA. Peningkatan tebal layer menunjukkan peningkatan nilai kesalahan pada kedua jenis material tersebut. Posisi orientasi objek horizontal untuk material ABS menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang terkecil dibanding dengan jenis material lain dan posisi yang berbeda.



Gambar 11. Nilai Kesalahan Akurasi Material PLA dan ABS pada Proses 3D Printing

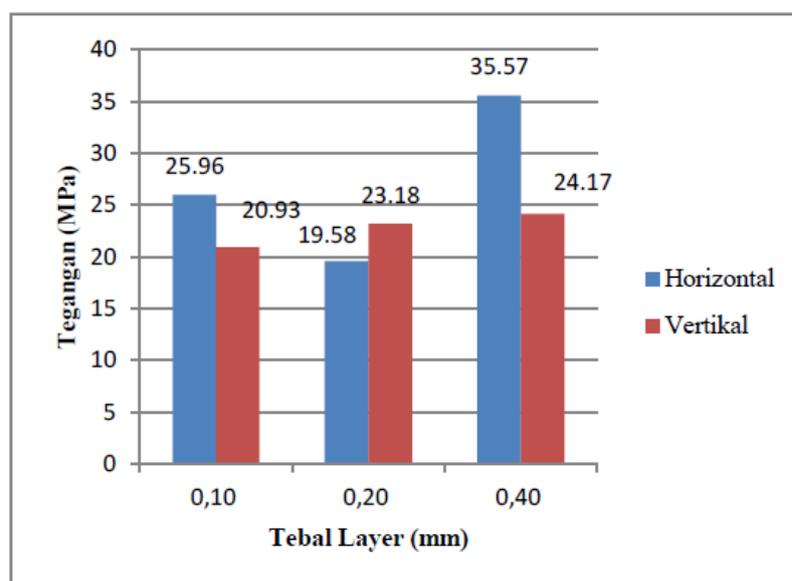
Analisis Data Penelitian Kekuatan Tarik

Berdasarkan data pada Gambar 12 dan Gambar 13, dapat dilihat menghasilkan kekuatan tegangan tarik yang berbeda. Bahwa semakin tinggi layer yang digunakan, maka kekuatan tegangan tarik PLA dan ABS juga akan semakin kuat. Dari ketiga jenis layer dan orientasi yang digunakan menunjukkan tren positif setiap kenaikan pada layer yang digunakan kecuali pada saat PLA yang memakai layer 0,20 mm mengalami penurunan kekuatan tegangan tarik.

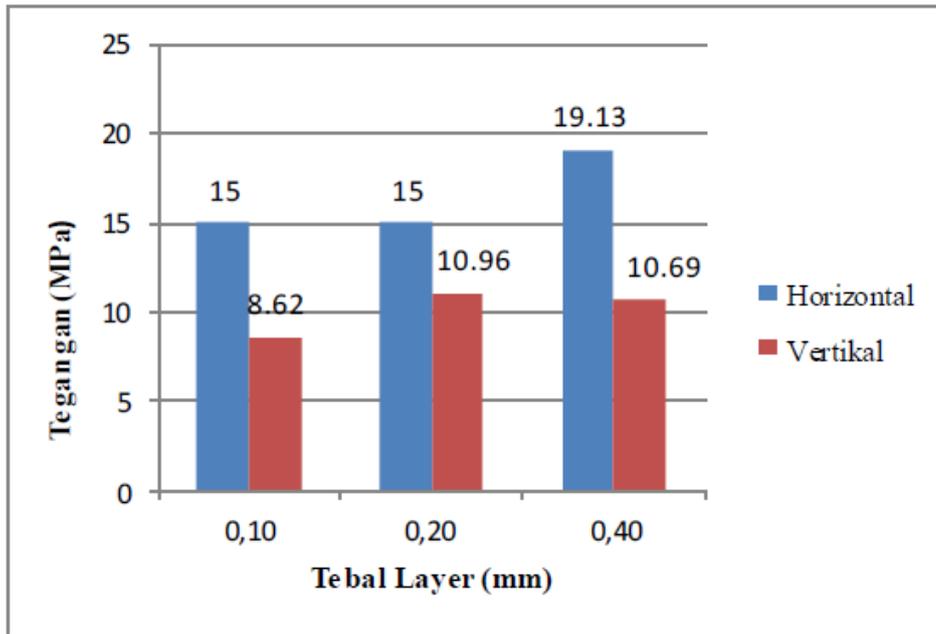
Sedangkan pada Gambar 13 dan Gambar 14, dapat dilihat bahwa untuk perbandingan kekuatan tegangan tarik,

pembuatan spesimen dengan orientasi horizontal lebih kuat dari pada dengan menggunakan orientasi vertikal, dan pembuatan dengan menggunakan material PLA menghasilkan kekuatan tegangan tarik yang lebih baik dari pada menggunakan material ABS.

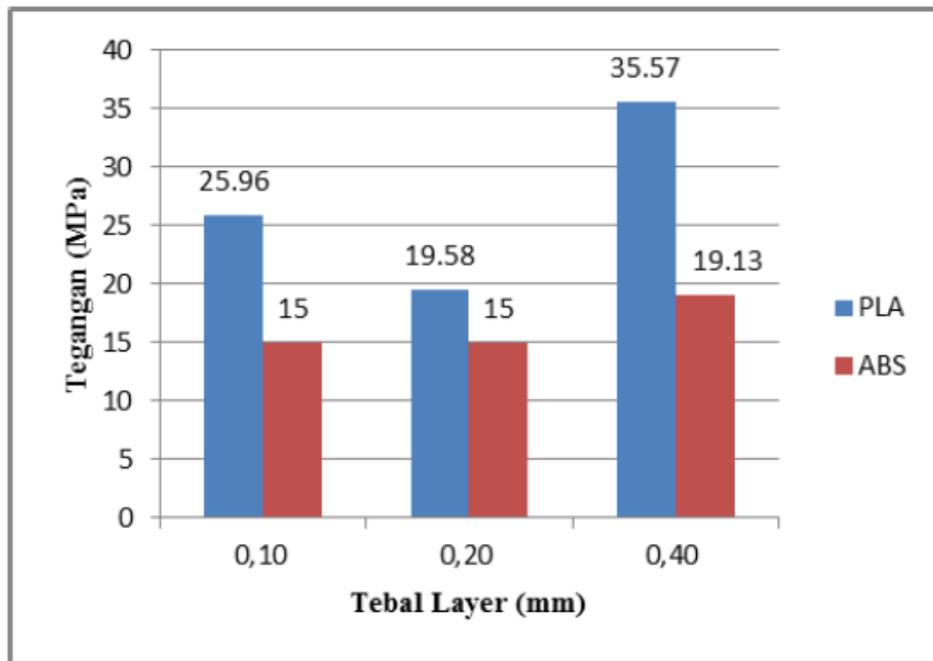
Perubahan fasa yang terjadi ketika proses printing tersebut membentuk ikatan polymer yang berbeda untuk masing-masing posisi dan tebal layer. Pelapisan polymer dengan ketebalan yang lebih besar membentuk ikatan polymer yang lebih kuat sehingga bahan polymer memiliki ketahanan terhadap tegangan tarik yang lebih tinggi.



Gambar 12. Grafik Kekuatan Tegangan Material PLA.



Gambar 13. Grafik Kekuatan Tegangan Material ABS



Gambar 14. Grafik Orientasi Horizontal PLA dan ABS.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan maka dapat dibuat beberapa kesimpulan. Pertama posisi orientasi objek dan tebal layer pada proses *printing* menentukan kualitas permukaan, efisiensi waktu proses dan kekuatan dari produk yang dihasilkan. Nilai kesalahan akurasi dimensi spesimen produk *printing* berbanding lurus terhadap besar layer

yang digunakan. Kemudian, nilai kesalahan akurasi dimensi terkecil dengan nilai 0.42 mm terjadi pada orientasi objek horizontal dan tebal layer 0.1 mm pada *printing* material ABS. Sedangkan jumlah kesalahan akurasi terbesar dengan nilai 1.3 mm terjadi posisi orientasi objek vertikal dan tebal layer sebesar 0.4 mm pada *printing* material ABS.

Produk material PLA dengan orientasi posisi objek horizontal memiliki kualitas dimensi yang paling baik. Jumlah kesalahan akurasi material ini tidak melebihi 1 mm pada setiap layer. Selain itu, material ABS dengan posisi orientasi objek vertikal dan tebal layer sebesar 0,10 mm menghasilkan kekuatan tegangan tarik yang terkecil sebesar 8,62 MPa dan material PLA dengan orientasi posisi objek horizontal dengan dan tebal layer sebesar 0,40 mm menghasilkan kekuatan tegangan tarik terbesar 35,57 MPa.

REFERENSI

Widyanto, Susilo Adi, Pengembangan Produk Rapid Prototyping Untuk Pembuatan Produk Multi Material. *Jurnal Teknik Mesin ROTASI*. 2007; 9(4): 10-14.

Chua, C.K, Leong. K.F, Lim, C,S, *Rapid Prototyping Principles and Applications* (2nd Edition), World Scientific Published Co. Pte. Ltd. Singapore, 2003.

Amin, Zulkifli, Rapid Prototyping Technology: Aplikasi Pada Bidang Medis, *Jurnal TeknikA*, 2007; 3(27): 78-83.

Rafiq, Noorani. *Rapid Prototyping Principles and Applications*, Jhon Milley&sous.Ine, 2006.

Bijarimi, M, S Ahmad, R Rasid. Mechanical, Thermal and Morphological Properties of PLA/PP Melt Blends, *International Conference on Agriculture, Chemical and Environmental Sciences*. 2012; 115-117.