

PENGARUH ORIENTAS OBYEK HASIL *FUSED DEPOSITION MODELING* PADA WAKTU PROSES

Wesley Budiman¹⁾, Juliana Anggono²⁾, Yopi Tanoto³⁾

Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra^{1,2,3)}

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia^{1,2,3)}

Phone: +62-31-8439040, Fax: +62-31-8417658^{1,2,3)}

E-mail : wesleybudjj8@gmail.com¹⁾ juliana.anggono@gmail.com²⁾ yopi.tanoto@gmail.com³⁾

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh orientasi print pada 3D print jenis *Fused Deposition Modeling (FDM)* terhadap respon yang dihasilkan. Spesimen disiapkan dengan variasi tiga orientasi, satu horizontal dan dua vertical. Tiap orientasi spesimen diprint sebanyak tiga kali masing – masing menggunakan material PLA dan ABS. Respon yang akan diamati adalah waktu proses. Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa proses printing dengan orientasi III merupakan proses printing tercepat selama (2486 detik stopwatch) dan orientasi II merupakan proses printing terlama (2846 detik stopwatch).

Kata kunci: Rapid prototyping, 3D Print, *Fused Deposition Modelling*, Polymer, ABS, PLA,

1. Pendahuluan

Rapid prototyping merupakan teknik yang dapat digunakan untuk mengubah data *computer aided design (CAD)* menjadi benda 3D, dengan *additive manufacture* atau teknologi 3D printing. Berkembangnya teknologi *rapid prototyping* yang menggunakan teknologi 3D printing membuat proses desain atau pengembangan produk menjadi lebih cepat. Dalam pengembangan produk atau desain produk tidak akan terlepas oleh kebutuhan untuk membuat suatu contoh hasil produk atau *prototype* sebelum memproduksi produk secara massal. Tujuan dari hal ini adalah untuk memaksimalkan efisiensi dan evaluasi produk. Dengan desain produk yang baik maka biaya manufaktur dan *assembly* dari produk dapat di minimalisasi. Teknologi 3D print saat ini sudah semakin banyak digunakan oleh industri karena memiliki banyak kelebihan, antara lain pilihan jenis material yang sangat banyak, proses pembuatan yang cepat, biaya perawatan rendah, serta mampu membuat benda dengan bentuk geometris yang kompleks. Teknologi *rapid prototyping* yang paling umum sekarang adalah dengan menggunakan *additive (additive manufacturing)*. Beberapa teknologi *rapid prototyping* yang berkembang saat ini adalah *Stereolithography (SLA)*, *Selective Laser Sintering (SLS)*, *Fused Deposition Modeling (FDM)*, *Continuous liquid interface production (CLIP)*. Sejak awal teknologi print pada tahun 1984 yang dinamakan *solid freeform fabrication* yang pada jaman sekarang disebut juga sebagai 3D printing atau *additive manufacturing*. Terdapat banyak jenis teknologi *rapid prototyping* yang paling umum digunakan adalah dengan menggunakan *Fused Deposition Modeling (FDM)*.

Material yang digunakan pada *Rapid prototyping* teknologi FDM banyak jenis antara lain polimer, wax, resin, logam, dll yang berupa *filament* dengan diameter tertentu. Menurut *Manufacturing*

Engineering and Technology 6th edition sebagaimana dikutip oleh Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2009, p.528) menyatakan Polimer merupakan material yang paling umum digunakan karena polimer merupakan material yang memiliki banyak kelebihan antara lain, Harga rendah, Resistansi terhadap korosi, Memiliki konduktifitas listrik dan panas yang rendah, Massa jenis rendah, Memiliki ratio kekuatan-berat yang tinggi, Tersedia dalam berbagai pilihan warna, dan lain – lain. Polimer plastik dibedakan menjadi 2 jenis sesuai dengan bahan dasarnya yaitu bahan bakar fosil dan bahan organik. Contoh plastik dengan bahan dasar bahan bakar fosil adalah ABS, untuk bahan dasar organik contohnya adalah PLA

Terdapat beberapa penelitian tentang pengaruh parameter proses terhadap hasil 3D print. Lubis dan Sutanto (2014) meneliti tentang pengaturan orientasi obyek terhadap waktu produksi dan kualitas produk (akurasi dimensi, kualitas permukaan) hasil print FDM. Pada penelitian tersebut menggunakan dua orientasi orientasi obyek, yaitu orientasi ke arah sumbu Y yang tinggi (vertikal) dan orientasi ke sumbu X yang tinggi (horizontal). Pada mesin 3D print FDM masih kurang penelitian terkait dengan pengaruh orientasi obyek terhadap waktu proses. Penelitian ini bermanfaat karena teknologi FDM merupakan 3D printer yang paling umum dan dapat digunakan dari skala rumah tangga sampai dengan industri. Dalam penelitian ini dipelajari pengaruh orientasi obyek hasil proses FDM terhadap waktu proses print dengan mengetahui orientasi mana yang memiliki waktu proses print tercepat dapat digunakan untuk menghemat waktu.

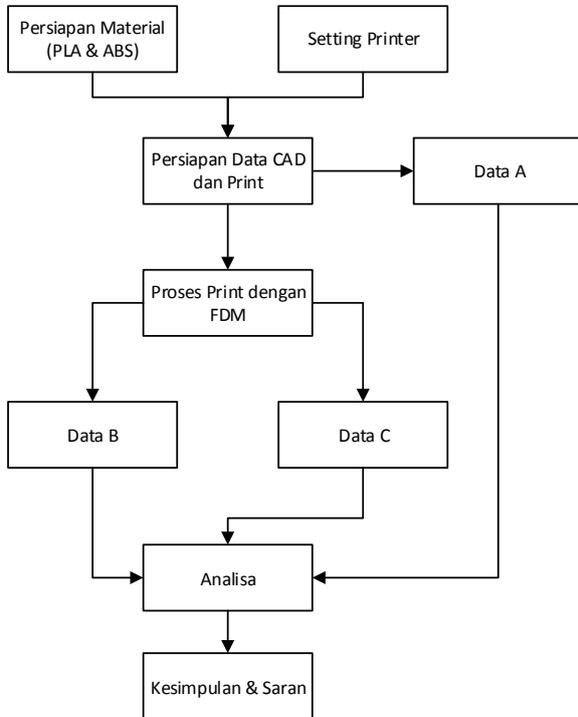
2. Metode Penelitian

Langkah – langkah kerja yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan Material dan *Setting Print*

2. Persiapan Data CAD dan *Print*
3. Proses *Print* Spesimen Dengan FDM
4. Pencatatan Waktu Proses

Flowchart metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Flowchart metode penelitian

Persiapan Material dan *Setting Print*

Material untuk *print* disiapkan secukupnya agar saat mencetak spesimen menggunakan roll material yang sama. Mempersiapkan keperluan untuk penelitian. Penelitian ini menggunakan 3D *printer* FDM kapasitas kecil yaitu BFB 2000 yang merupakan produk Bits from Bytes yang cocok untuk lingkungan kantor dan menggunakan material berbentuk filamen. Mesin BFB 2000 dapat dilihat pada Gambar 2. *Printer* tersebut memiliki firmware versi 5.3 dan CAD diproses untuk *print* dengan menggunakan program Axon v2b2. Pada penelitian ini digunakan material ABS dan PLA dalam bentuk *filament* dengan diameter 3mm yang di roll pada sebuah gulungan. Bahan ABS dan PLA pada 3D *print* FDM dapat dilihat pada Gambar 3.



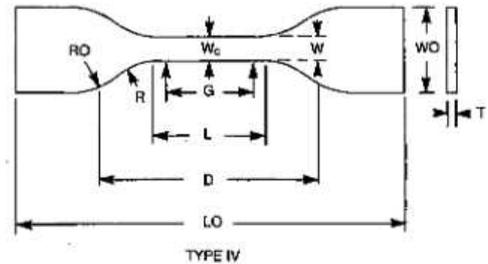
Gambar 2 Mesin 3D Printer 3D Touch



Gambar 3 Filament Polimer ABS dan PLA

Persiapan Data CAD dan *Print*

Spesimen menggunakan standar ASTM D638-02a tahun 2003, standar ini merupakan standar yang dapat digunakan untuk uji tarik bahan plastik. Ada 5 tipe spesimen ASTM D638 pada penelitian ini akan digunakan tipe ke 4. Bentuk spesimen dapat dilihat pada Gambar 4 dan dimensinya dapat dilihat pada Tabel 1.

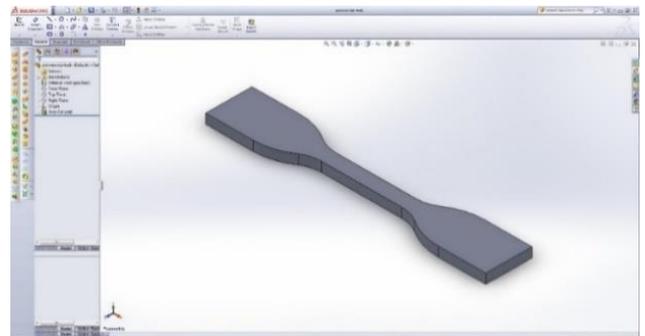


Gambar 4 Spesimen ASTM D638-4

Tabel 1 Dimensi Spesimen ASTM D638 Tipe 4

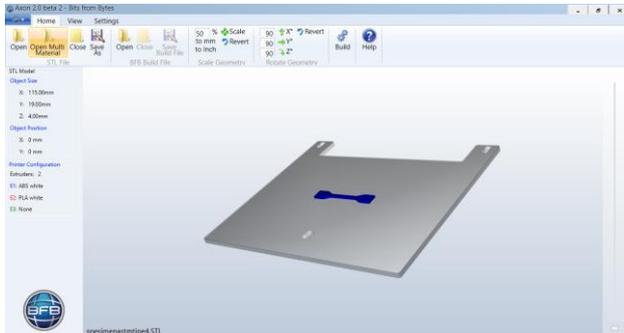
Dimensions (see drawings)	4 (0.16) or under		Tolerances
	Type IV ^B	Type V ^{C,D}	
W—Width of narrow section ^{E,F}	6 (0.25)	3.18 (0.125)	±0.5 (±0.02) ^{B,C}
L—Length of narrow section	33 (1.30)	9.53 (0.375)	±0.5 (±0.02) ^C
WO—Width overall, min ^G	19 (0.75)	...	+ 6.4 (+ 0.25)
WO—Width overall, min ^G	...	9.53 (0.375)	+ 3.18 (+ 0.125)
LO—Length overall, min ^H	115 (4.5)	63.5 (2.5)	no max (no max)
G—Gage length ^I	...	7.62 (0.300)	±0.25 (±0.010) ^C
G—Gage length ^I	25 (1.00)	...	±0.13 (±0.005)
D—Distance between grips	65 (2.5) ^J	25.4 (1.0)	±5 (±0.2)
R—Radius of fillet	14 (0.56)	12.7 (0.5)	±1 (±0.04) ^C
RO—Outer radius (Type IV)	25 (1.00)	...	±1 (±0.04)

Untuk melakukan 3d *print* dibutuhkan model CAD spesimen. Model CAD tersebut digambar dengan menggunakan Solidworks 2013. Hasil Gambar pada solidworks dapat dilihat pada Gambar 5.

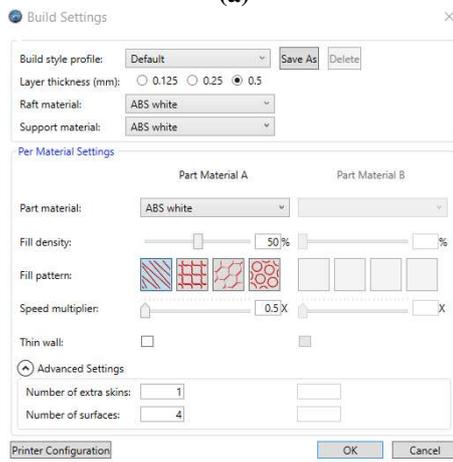


Gambar 5 Model CAD Spesimen Uji Tarik ASTM D 638 Type 4

Setelah model CAD selesai, dilakukan *file save as* dengan format .stl untuk di *import* ke *software 3D print*, yaitu Axon v2. Axon akan memproses model spesimen sesuai dengan parameter yang di atur pada *Build settings*. Tampilan *software* Axon serta *build setting* untuk pengaturan *layer thickness*, *raft & support material*, *fill density*, *fill pattern*, dll dapat dilihat pada Gambar 6.



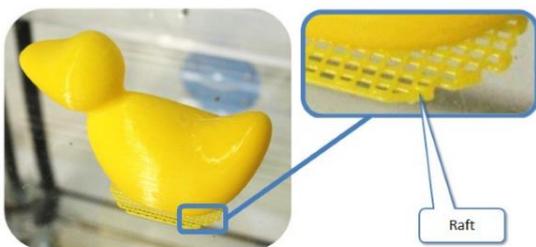
(a)



(b)

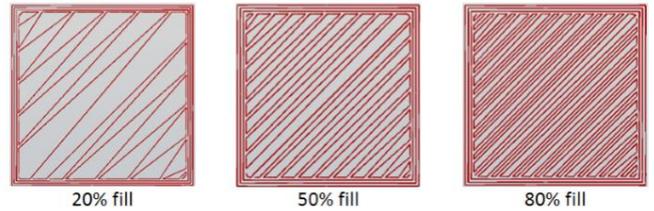
Gambar 6 (a) Tampilan Software Axon dan Model CAD Hasil Import, (b) Build settings Pada Axon.

Build style profile merupakan kombinasi *setting* yang sudah disimpan pada *software*. *Layer Thickness* merupakan ketebalan tiap *layer print*, semakin tipis ketebalan *layer* maka permukaan hasil *print* akan semakin baik, sedangkan *layer* yang tebal permukaannya kurang baik tetapi proses *print* akan semakin cepat. *Raft* merupakan pembatas antara model dengan *bed* sehingga dapat menghindari permukaan *bed* yang tidak rata dan berfungsi sebagai perekat pada *bed* agar model *print* tidak goyang. *Raft* dibuat secara otomatis pada *software* bentuk dari *raft* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Raft pada FDM.

Support dibuat secara otomatis apabila *software* mendeteksi adanya bagian dari *part* yang melayang sehingga dibutuhkan penyangga / *support* untuk *print*. *Part material* merupakan material yang akan digunakan untuk membuat model yang di *print*. *Fill density* merupakan kerapatan bagian dalam dari model tersebut pengaturan *Fill density* dapat dilihat pada Gambar 8.



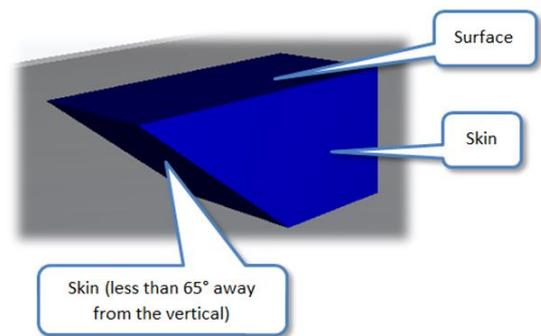
Gambar 8 Contoh Fill Density

Fill Pattern pada *software* ada 4 jenis *fill* yang dapat dipilih, macam jenis *fill* tersebut dilihat pada Gambar 9.

Recommendation	Pattern	Description	Notes
		Linear	Fastest infill, quieter printer operation
		Lattice	
		Hexagonal	
		Cylindrical	

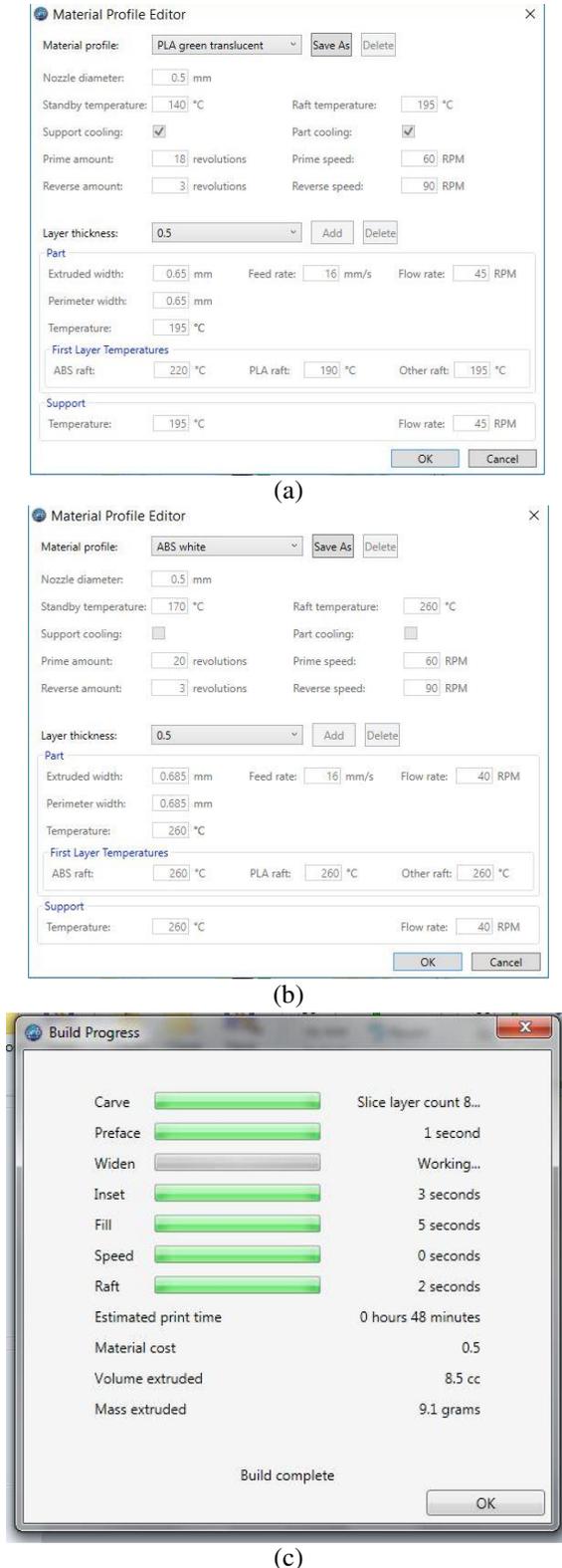
Gambar 9 Macam – Macam Fill Pattern

Speed multiplier digunakan untuk meningkatkan kecepatan *print* semakin tinggi *speed multiplier* maka putaran motor akan semakin tinggi dan mengeluarkan material *filament* ke ekstruder semakin cepat, tetapi kualitas permukaan hasil *print* akan berkurang. *Thin wall* digunakan untuk mengurangi jumlah lapisan luar dari model agar ruang untuk *fill* lebih banyak. *Advanced settings* Jumlah material yang akan ditambahkan pada bagian luar dari model *print*, terutama pada bentuk model yang memiliki kemiringan 65° ilustrasi *advanced settings* ini dapat dilihat pada Gambar 10.



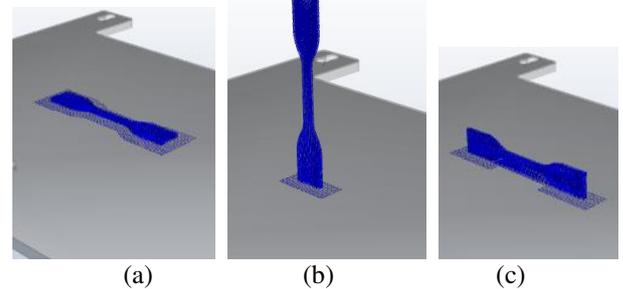
Gambar 10 Contoh Skin pada Advanced Settings

Setelah selesai melakukan pengaturan parameter pada *build settings* Axon melakukan proses *build* obyek sesuai dengan *build setting* dan *material setting* PLA dan ABS pada Axon. *build setting* dan *material setting* tersebut dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 (a) Profil Material PLA pada Axon, (b) Profil Material ABS pada Axon, (c) Contoh Hasil *Build setting* pada Axon

Carve memotong model menjadi lapisan – lapisan tiap *layer*, *Fill* mengisi bagian dalam dari model sesuai *fill density* dan *pattern*, *Speed* mengatur kecepatan rpm motor untuk *print* sesuai *speed multiplier*, membuat *raft* sesuai kebutuhan model.



Gambar 12 Tampak Spesimen Setelah *Build setting* (a) Orientasi I, (b) Orientasi II, (c) Orientasi III

Hasil proses *build setting* seperti pada Gambar 12. Axon di save dan dimasukkan ke dalam *flashdrive* untuk di proses pada mesin 3D *printer* untuk memulai proses 3D *print*. Pada penelitian ini ada tiga orientasi dengan dua jenis material yang akan diteliti yaitu PLA dan ABS. Untuk memudahkan identifikasi setiap orientasi *print*, maka spesimen yang dicetak diberi kode I/II/III (orientasi), P/A (P untuk PLA, A untuk ABS).

Proses *Print* Spesimen dengan FDM

Setelah keperluan penelitian sudah siap maka dilakukan proses *print* spesimen pada 3D *printer* dan mencatat waktu proses dari awal hingga akhir proses *print*.

Pencatatan Waktu Proses

Data waktu proses *print* diperoleh dengan menggunakan 3 tipe pengukuran waktu *print* yaitu.

1. Perkiraan Waktu *Software* Axon (Data A)
2. Pengukuran dengan *Timer Printer* (Data B)
3. Pengukuran dengan *Stopwatch* (Data C)

Pengukuran waktu proses perkiraan *software* Axon didapatkan dari *software*, Pengukuran waktu dengan *timer printer* didapatkan melalui *timer* yang sudah ada pada 3D *printer*, Perhitungan waktu proses secara manual menggunakan *stopwatch*. Perbedaan pengukuran waktu *timer printer* dengan menggunakan *stopwatch* adalah saat mulai dan berakhirnya tahapan proses, dimana pengukuran dengan *timer printer* di mulai saat tombol *print* pada *printer* ditekan dan ekstruder mulai dipanaskan sedangkan pengukuran waktu dengan *stopwatch* dimulai saat ekstruder mulai melakukan *print*. Kedua metode pengukuran waktu *printer* dan *stopwatch* berakhir pada saat yang sama, yaitu saat *print* selesai dan *bed* mulai turun.

3. Hasil dan Pembahasan

Dari pengukuran dengan metode diatas didapatkan data waktu proses yang dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Waktu Proses Dalam Detik

No	Axon (A)	Timer (T)	Stopwatch (S)
IA	2880	2680	2661
IIA	2760	2840	2780
IIIA	2280	2540	2432
IP	3120	2820	2808
IIP	2880	2860	2846
IIIP	2280	2540	2486

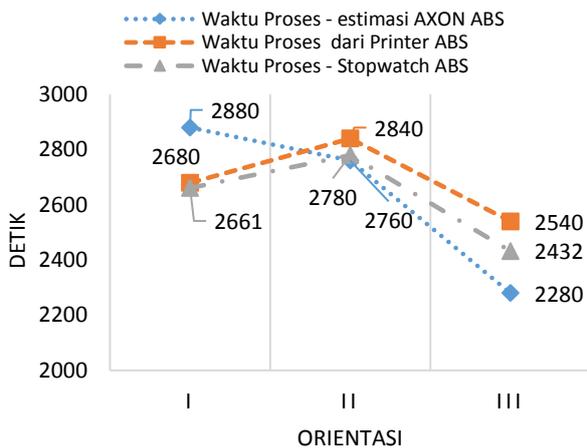
Tabel 3 Pengukuran Selisih Waktu Proses

A-T		A-S		T-S	
Δt	%	Δt	%	Δt	%
-200	-6.94%	-219	-8.23%	-19	-0.71%
80	2.90%	19.67	0.71%	-60.33	-2.12%
260	11.40%	152.33	6.26%	-107.67	-4.24%
-300	-9.62%	-312	-11.11%	-12	-0.43%
-20	-0.69%	-34	-1.19%	-14	-0.49%
260	11.40%	206	8.29%	-54	-2.13%

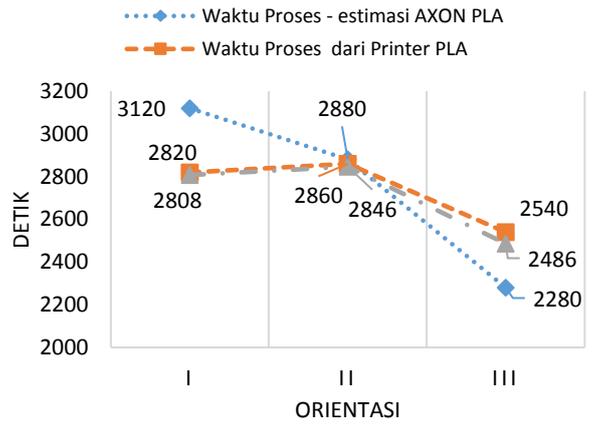
Catatan :

- A-T = Selisih waktu antara Axon dengan *Timer*
- A-S = Selisih waktu antara Axon dengan *Stopwatch*
- T-S = Selisih waktu antara *Timer* dengan *Stopwatch*

Grafik hasil hasil pengukuran waktu proses dari spesimen dengan material ABS dan PLA dapat dilihat pada Gambar 13 dan 14.

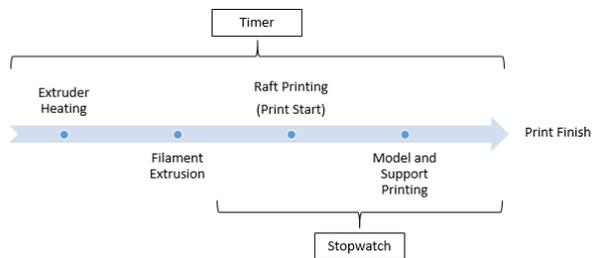


Gambar 13 Waktu Proses Perbandingan Pengukuran Waktu Pembuatan Spesimen Uji Tarik Bahan ABS



Gambar 14 Waktu Proses Perbandingan Pengukuran Waktu Pembuatan Spesimen Uji Tarik Bahan PLA

Perbedaan metode pengukuran waktu proses tiap metode menyebabkan perbedaan waktu pada saat proses *print* dimulai, dimana perhitungan pada *timer 3d printer* termasuk menghitung waktu ekstruder dipanaskan (*extruder heating*), dan pengeluaran *filament* awal (*filamentt extrusion*), sedangkan *stopwatch* mulai menghitung saat *printer* membuat *raft* dan tidak menghitung waktu ekstruder panas. Pengukuran waktu proses pada *timer* dan *stopwatch* dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 4.3.



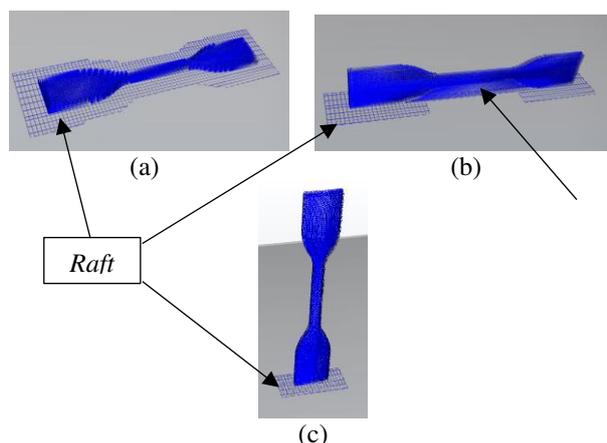
Gambar 15 Tahapan Proses *Print* pada 3D Printer dan Pengukuran Waktu *Timer* dan *Stopwatch*

Dari Tabel 2 diketahui orientasi 1 untuk waktu proses estimasi Axon material ABS dan PLA memiliki selisih 10% dari *timer printer* dengan perbedaan sebesar -6.94% untuk ABS dan -9.62% untuk PLA. Untuk waktu proses dari *stopwatch* dengan selisih sebesar -8.23% untuk ABS dan -11.11% untuk PLA. Hal yang sama didapatkan pada orientasi 2 untuk pengukuran dari *printer* selisih sebesar 2.90% lebih rendah dari axon untuk ABS dan -0.69% untuk PLA. Untuk waktu proses dari *stopwatch* dengan selisih sebesar -0.71% untuk ABS dan -1.19% untuk PLA. Namun didapatkan hasil yang berbeda dari orientasi 1 dan orientasi 2 pada orientasi 3 selisih dari *printer* sebesar 11.40% untuk ABS dan PLA. Untuk waktu proses dari *stopwatch* dengan selisih sebesar 6.26% untuk ABS dan 8.29% untuk PLA. Selisih estimasi *timer printer* dengan *stopwatch* sebesar -0.43% sampai dengan -4.24%.

Karena tiap *layer* memiliki ketebalan 0.5 mm maka pada orientasi 1 memiliki jumlah *layer* sebanyak 8.

orientasi 2 dan 3 memiliki jumlah *layer* masing – masing sebanyak 38 dan 230. Menurut Isaac Budmen dan Anthony Rotolo (2013) kecepatan *print* jika dilihat dari ketebalan *layer* maka dapat diperkirakan orientasi *print* yang tercepat adalah orientasi 1 dan yang paling lama adalah orientasi 3. Dari pernyataan diambil kesimpulan bahwa panjang *layer* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap waktu proses *print*. Apabila tidak hanya jumlah *layernya* tetapi besar *Raft*, *Fill* dan adanya *support* maka waktu proses *print* tiap orientasi akan berbeda.

Posisi Obyek pada Proses *Rapid prototyping* Menggunakan 3D *Printer* Terhadap Waktu Proses dan Kualitas Produk. *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 15, 27-34.



Gambar 16 *Raft*, dan *Support* pada (a) Orientasi 1, (b) Orientasi 2, (c) Orientasi 3

Untuk material PLA dan ABS dilihat dari pengukuran waktu proses *timer* dan *stopwatch*. Untuk orientasi 1 seperti yang dapat dilihat pada Gambar 16 (a) waktu proses lebih rendah dari orientasi 2 (Gambar 4.7 (b) karena tidak ada *support* meskipun memiliki *raft* paling besar, sedangkan orientasi 2 waktu proses *printnya* paling lama karena *raft* yang besar dan adanya *support*. Orientasi yang waktu prosesnya paling cepat adalah orientasi 3 (Gambar 4.7 c) karena *raft* yang dibuat kecil dan tidak ada *support*.

Kesimpulan

Orientasi obyek yang waktu proses *printnya* paling cepat adalah orientasi no 3 dengan lama waktu proses *print* 2486 detik (*stopwatch*), sedangkan yang paling lama adalah orientasi no 2 dengan lama waktu proses *print* 2846 detik (*stopwatch*). Lama waktu proses dipengaruhi oleh faktor – faktor berikut, semakin besar *raft* dan *support* yang dibuat semakin lama waktu prosesnya. Untuk perbedaan waktu proses antar ABS dan PLA dapat disebabkan karena perbedaan karakter dari material terutama *shear rate* dan *thermal sensitivity* yang berpengaruh pada viskositas polimer saat diekstrusi.

Daftar Pustaka

1. Budmen, I., & Rotolo, A. (2013). *The Book on 3D Printing*. Budmen-Rotolo.
2. Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2009). *Manufacturing Engineering and Technology*. Chicago: Pearson.
3. Lubis, S., & Sutanto, D. (2014). Pengaturan Orientasi