

# Pengaturan Orientasi Posisi Objek pada Proses *Rapid Prototyping* Menggunakan 3D Printer Terhadap Waktu Proses dan Kualitas Produk

Sobron Lubis<sup>1\*</sup>, David Sutanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Tarumanagara  
Jl. Letjen. S. Parman, No.1, Jakarta 11440, Indonesia

\*Penulis korespondensi; E-mail: sobronl@ft.untar.ac.id

## ABSTRAK

Rapid prototyping dapat didefinisikan sebagai metode-metode yang digunakan untuk membuat model berskala (*prototype*) dari mulai bagian suatu produk (*part*) ataupun rakitan (*assembly*) secara cepat dengan menggunakan data *computer aided design* (CAD) tiga dimensi. Pada proses 3D printing pengaturan objek sangat menentukan terhadap kualitas produk dan waktu proses yang dilakukan. Penelitian ini dilakukan dengan variasi orientasi objek secara vertical dan horizontal terhadap dua jenis material polymer ABS dan PLA dengan tujuan untuk mengetahui waktu proses dan kualitas produk. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan printer 3D. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa pada proses pembuatan specimen untuk bahan PLA dan ABS pemilihan posisi orientasi objek secara horizontal menghasilkan waktu proses yang lebih singkat dan kondisi permukaan yang nilai kekasaran permukaan yang lebih kecil dibanding posisi orientasi vertical.

**Kata kunci:** Rapid prototyping, orientasi posisi, horizontal, vertikal, 3D printing

## ABSTRACT

*Rapid prototyping can be defined as the methods used to create a scale model (prototype) from the start part of a product (part) or assembly (assembly) quickly by using the data of computer aided design (CAD) three dimensional. In the process of printing 3D objects setting is crucial to product quality and processing time is done. This research was conducted with the object orientation variation in the vertical and horizontal of the two types of polymer material ABS and PLA in order to determine the processing time and product quality. This research was carried out by using a printer 3D. From this study showed that the process of making specimens for PLA and ABS material selection object orientation in horizontal position produces a shorter process time and surface condition of surface roughness values are smaller than the vertical orientation position.*

**Keywords:** *Rapid prototyping, orientation position, horizontal, vertical, 3D printing*

## PENDAHULUAN

Proses pembentukan sebuah *prototype* dapat dilakukan dengan menggunakan metode FDM dalam penelitian ini peralatan yang digunakan adalah printer 3D. Proses pengerjaan dilakukan berdasarkan bentuk gambar yang terdapat pada layar monitor computer, design gambar dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat gambar CAD, dalam melakukan proses pengerjaan pada 3D printer terlebih dahulu menentukan posisi posisi vertikal, horizontal. Pada proses ini pembentukan dilakukan dengan metode berlapis. Dimulai dari pembentukan bahagian bawah sehingga akhirnya terbentuk secara keseluruhan kebahagian atas.

Bahan objek gambar yang akan dibuat sebagai prototipe dalam bentuk solid. Penentuan orientasi posisi benda pada proses printing 3D memberi pengaruh yang berarti terhadap kualitas produk yang dihasilkan dan waktu proses dari specimen tersebut, berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian ini untuk menganalisa pengaruh orientasi posisi objek benda kerja terhadap waktu proses dan kualitas produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu proses dan kondisi permukaan produk yang di bentuk dengan 3D printing dalam pembuatan prototype melalui metode *rapid prototyping* untuk objek gambar solid.

*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. *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. 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 *prototype* dapat dilakukan secara cepat.

Saat ini, pembuatan *prototype* 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 di lingkungan industry atau dengan konsumen.
- Mengurangi kesalahan-kesalahan produksi yang mengakibatkan membengkaknya biaya produksi.
- Mengurangi waktu pengembangan produk.
- Meminimalisasi perubahan-perubahan mendasar.
- Memperpanjang jangka pakai produk misalnya dengan menambahkan beberapa komponen fitur atau mengurangi fitur-fitur yang tidak diperlukan dalam desain.

*Rapid prototyping* mengurangi waktu pengembangan produk dengan memberikan kesempatan-kesempatan untuk koreksi terlebih dahulu terhadap produk yang dibuat (*prototype*). Saat ini *trend* yang sedang berkembang dalam dunia industri adalah pengembangan variasi dari produk, peningkatan kompleksitas produk, produk umur pakai pendek, dan usaha penurunan biaya produksi dan waktu pengiriman. *Rapid prototyping* meningkatkan pengembangan produk dengan memungkinkannya komunikasi yang lebih efektif dalam lingkungan industri.

Beberapa metode *Rapid Prototyping* yang berkembang saat ini adalah: [1]

1. *Stereolithography (SLA)*
2. *Selective Laser Sintering (SLS)*
3. *Laminated Object Manufacturing (LOM)*
4. *Fused Deposition Modelling (FDM)*
5. *Solid Ground Curing (SGC)*

### Klasifikasi Sistem *Rapid Prototyping*

Banyak teknik untuk mengklasifikasikan macam-macam sistem RP, salah satu cara yang paling baik adalah pengklasifikasian berdasarkan bentuk awal dari material yang digunakan untuk membuat *prototipe*. Dengan cara ini sistem RP

dapat dikategorikan menjadi: material awal berupa material cair (*liquid-based*), berupa padat (*solid-based*) dan berupa serbuk (*powder-based*) [1].

Sistem RP dengan *liquid-based* mempunyai material awal dalam bentuk cair. Dengan proses yang disebut dengan *curing* material berupa cair dirubah ke bentuk padat. Contoh yang termasuk ke dalam kategori ini adalah *Stereolithography (SLA)*. Selain dari bentuk serbuk, sistem RP dengan *solid-based* meliputi sistem RP yang menggunakan material awal dalam bentuk padat berupa butiran (*pellet*), kawat dan lembaran tipis. Contoh yang termasuk pada kategori sistem RP ini adalah *Laminated Object Manufacturing (LOM)* dan *Fused Deposition Modeling (FDM)*. Kategori yang ketiga dari sistem RP yaitu *powder-based* yakni mempunyai material awal dalam bentuk serbuk atau butiran. Contoh yang termasuk ke dalam kategori ini adalah proses *Selective Laser Sintering (SLS)* dan *Three-Dimensional Printing (3D printing)*.

Menurut Zulkifli Amin [2], satu abad yang lalu, penggunaan teknologi *rapid manufacturing* di bidang medis hanyalah merupakan sebuah harapan yang optimis untuk dapat diraih suatu saat nantinya, namun di zaman sekarang harapan tersebut perlahan mulai muncul di beberapa penerapannya yang menunjukkan bagaimana teknik manufaktur dengan metode lapisan (*layer manufacturing*) menawarkan perkembangan yang dramatis di bidang medis yang lebih baik bagi penderita cedera atau penyakit yang traumatis [2].

Keuntungan utama dari teknik manufaktur dengan metode lapisan yaitu disebabkan karena adanya data gambar medis yang dapat diproses untuk keperluan manipulasi model komputer. Bentuk *morphology* bagian tertentu dari tubuh pasien dapat direkam dengan menggunakan peralatan *optic* atau *computerized tomography scan (CT scan)* dan kemudian data ini dikonversikan menjadi sebuah model komputer datau CAD. Setelah sebuah model sudah dihasilkan maka akan memungkinkan untuk memanipulasi model tersebut dengan cara yang diinginkan sesuai dengan keinginan sebelum dibuat secara langsung dengan teknik manufaktur lapisan [3].

Dari penelitian yang dilakukan Zulkufli Amin [2], 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.

Dokter di China melakukan terobosan baru dalam pemanfaatan *technology* untuk pengobatan dengan mencetak tulang belakang dari printer 3D dan memasangkannya ke tubuh pasien [4]. Salah satu perkembangan baru ini di umumkan departemen ortopedi Peking University Third Hospital

beberapa waktu lalu. Mereka baru saja melakukan percobaan klinis terhadap sebuah tipe baru ortopedi yang dicetak 3D yaitu tulang belakang artificial tubuh manusia. Uji coba ini adalah yang pertama pada tulang belakang yang dibuat dengan printer 3D dan digunakan pada tubuh manusia. Hasilnya sejauh ini sangat menjanjikan. Direktur departemen ortopedi Liu Zhong Jun mengungkapkan optimisnya atas kesuksesan implant itu. Dia menyatakan, seluruh pasien yang menerima implant buatan 3D printer itu pulih dengan baik. Hal ini menunjukkan bagaimana peran *technology rapid prototyping* sangat membantu dalam bidang medis terutamanya dalam pembuatan organ tubuh manusia yang dapat diimplan langsung.

Susilo, Ali dan Widyanto 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 [5].

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Peralatan

Untuk melaksanakan penelitian tentang Pengaturan Orientasi Posisi Object pada proses *rapid prototyping* menggunakan 3D printer terhadap waktu dan kualitas produk bahan yang diperlukan adalah *filamen polymer*:

- *Filament cartridges* material PLA.
- *Filament cartridges* material ABS.



Gambar 1. *Filament Cartridges Polymer*

Cube stick berfungsi untuk melekatkan material pada landasan.



Gambar 2. *Cube Stick*

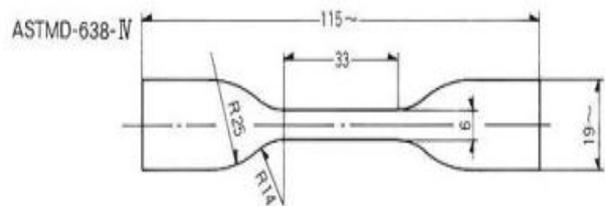
Peralatan yang digunakan antara lain:



Gambar 3. Mesin 3D Printer CUBE

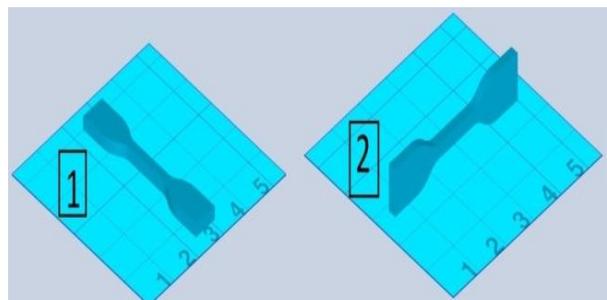
### Proses 3D Printing

Desain objek dibuat dengan menggunakan *software inventor* dengan bentuk dan dimensi merujuk kepada bahan uji tarik untuk material polymer sesuai dengan ASTM.



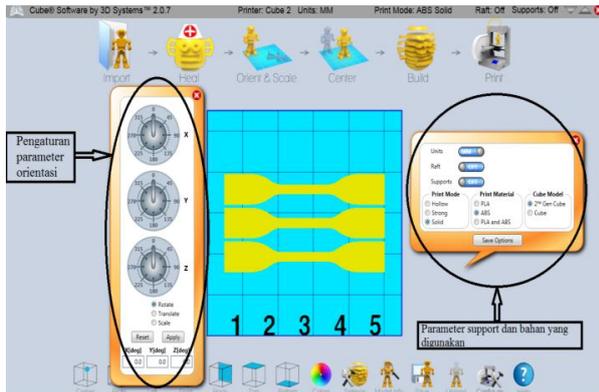
Gambar 4. Spesimen ASTM D638

Proses 3D printing diawali dengan mengubah data CAD menjadi *Stereolithography file*. Proses 3D printing menggunakan mesin *Cube 2nd generation* dengan 2 variasi orientasi objek dalam proses *rapid prototyping*. Pedoman yang dipakai dalam penentuan orientasi adalah bidang terluas dari luas penampang benda. Orientasi yang pertama horizontal terhadap bidang terluas dan yang kedua vertical terhadap bidang terluas. sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Variasi Orientasi

Selanjutnya proses penentuan parameter dilakukan menggunakan *software cube* sebagaimana disampaikan pada Gambar 6 berikut.

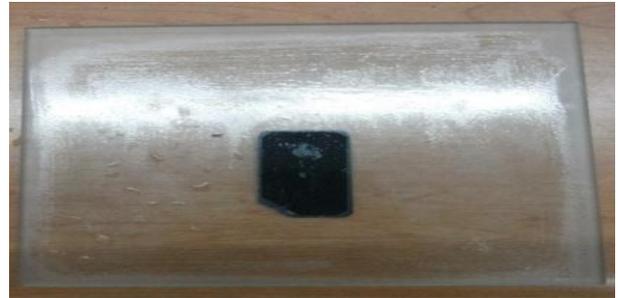


Gambar 6. Tampilan Software Cube

Pada tampilan tersebut, *icon orient & scale* digunakan untuk menentukan sudut orientasi benda, yang divisualisasikan dengan sumbu x, y, dan z. Fungsi selanjutnya adalah mengatur skala agar besarnya objek dapat disesuaikan dengan *platform*

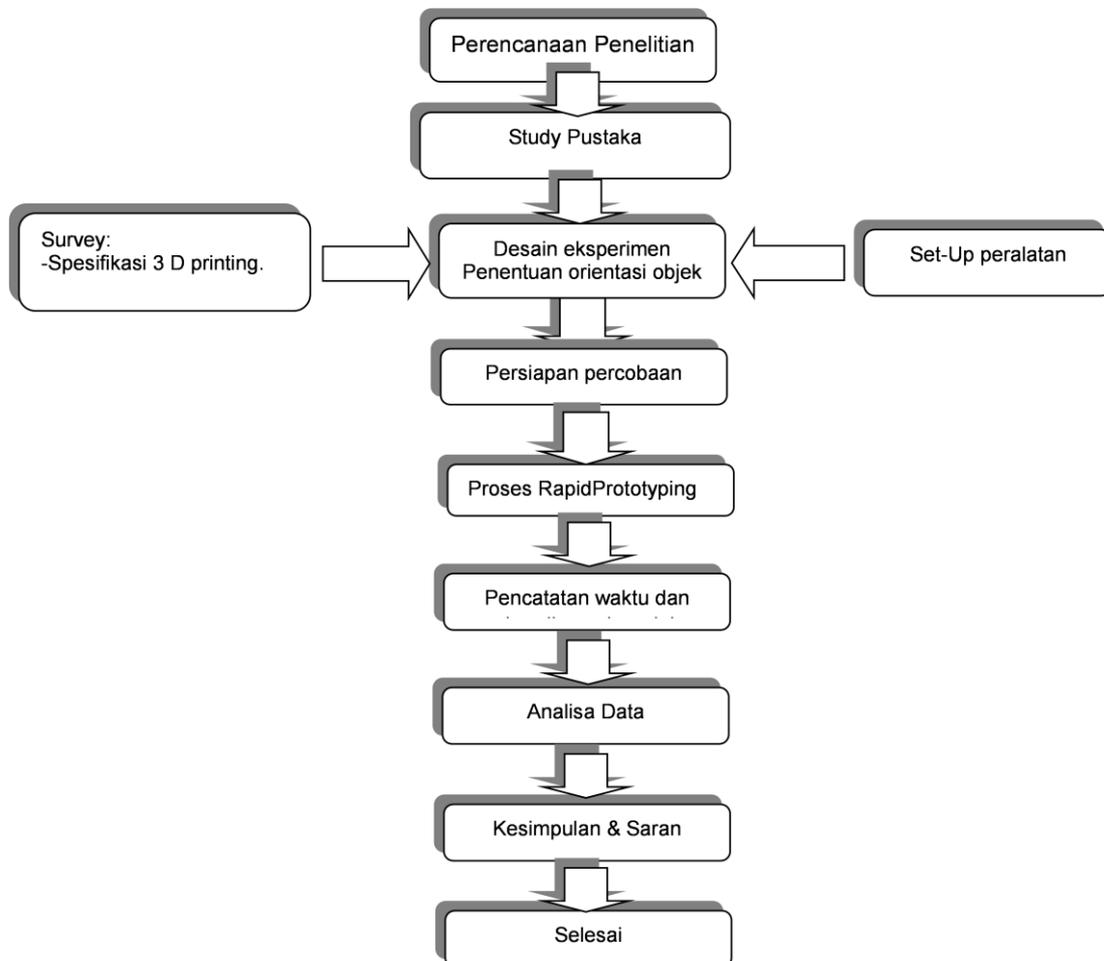
pada *software*. Fungsi skala ini tidak merubah hasil cetak *3D print* sampel.

*Icon center* berfungsi untuk menempatkan benda tepat di tengah *platform*. Lalu *icon build* untuk memvisualisasikan gerak arah *nozzle* dan perkiraan waktu proses *3D printing*. Untuk menentukan parameter *support* dan bahan yang digunakan, digunakan *icon setting* yang terletak di bawah tampilan *software*.



Gambar 7. Landasan yang Sudah Diolesi Cube Stick

Metode penelitian yang dilakukan disampaikan di dalam Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perbandingan antara Posisi Orientasi Objek dan Waktu Proses

Setelah dilakukan eksperimen pembuatan specimen rapid prototype menggunakan 3D printer untuk dua jenis bahan *polymer* PLA dan ABS maka dapat diketahui waktu proses sebagaimana disampaikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Waktu Proses 3D Print

Jenis Bahan	Posisi Orientasi Objek	Waktu Proses (menit)			
		Spesi- men A	Spesi- men B	Spesi- men C	Rata- rata
PLA	Horizontal	53	53	53	53
	Vertikal	92	92	92	92
ABS	Horizontal	53	53	53	53
	Vertikal	92	92	92	92

Waktu proses *3D printing* untuk orientasi horizontal adalah 53 menit per objek baik dengan bahan PLA maupun ABS. Sedangkan untuk orientasi vertikal membutuhkan waktu 93 menit per objek terhadap kedua bahan. Orientasi vertikal membutuhkan waktu yang lebih lama karena pada orientasi vertikal membutuhkan *support* untuk objeknya. Selain membutuhkan waktu yang lebih lama, orientasi vertikal juga membutuhkan bahan yang lebih banyak untuk membangun *support*.



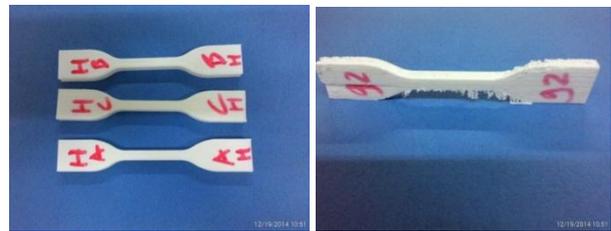
**Gambar 9.** *Support* Spesimen Orientasi Vertikal Bahan PLA



**Gambar 10.** Proses *3D Printing* Orientasi Horizontal Bahan PLA

### Pengaruh Orientasi Objek pada Kualitas Produk

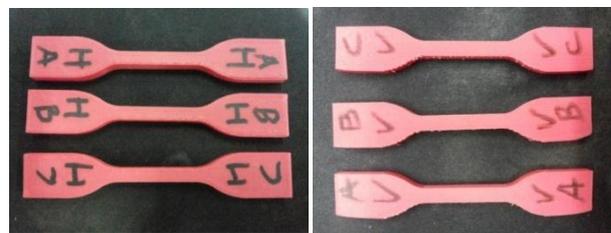
Untuk kualitas produk diamati langsung secara visual, hasil pengamatan menunjukkan bahwa material yang dibuat dengan orientasi vertikal menghasilkan kondisi permukaan yang lebih halus dibandingkan orientasi horizontal. Bahan *polymer* PLA lebih halus dibandingkan bahan ABS.



(a) Posisi Horizontal

(b) Posisi Vertikal

**Gambar 11.** Spesimen Setelah Proses *3D Printing* Bahan *Polymer* PLA



(a) Posisi Horizontal

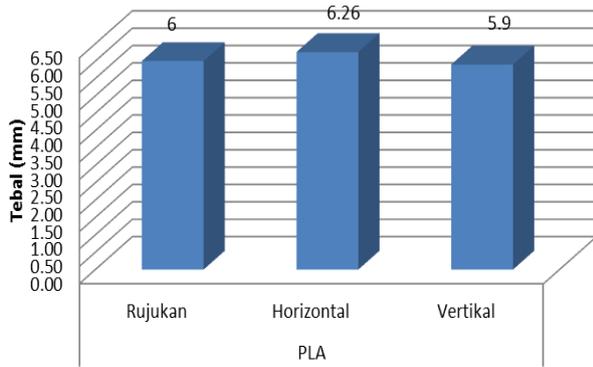
(b) Posisi Vertikal

**Gambar 12.** Spesimen Setelah Proses *3D Printing* Bahan *Polymer* ABS

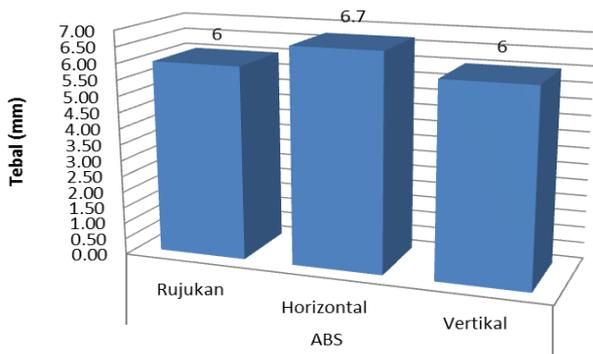
Hal ini terjadi disebabkan ketika proses berlangsung material *polymer* yang mengalami perubahan fasa pada ujung *cartridge* sehingga menjadi lunak, secara kontinu membentuk kontur specimen sesuai dengan desain yang pada komputer. Pada proses pengerjaan posisi horizontal, tidak diperlukan adanya *support* untuk menyangga specimen tersebut. Sehingga *polymer* yang melapisi bahagian landasan berlangsung secara merata. Sedangkan pada posisi vertikal diperlukan adanya *support* agar ketika proses pelapisan *layer by layer* posisi objek tidak mengalami kemiringan, karena hal ini akan mempengaruhi terhadap bentuk dan dimensi produk itu sendiri.

### Analisa Ketelitian Dimensi Spesimen Pengaruh Posisi Orientasi

Spesimen yang dihasilkan selanjutnya dilakukan pengukuran dimensi dan kemudian di bandingkan dengan dimensi rujukan berdasarkan ASTM. Hasil pengukuran dan selisih nilai pengukuran antara *specimen polymer* dan desain produk disampaikan pada Gambar 13-20.

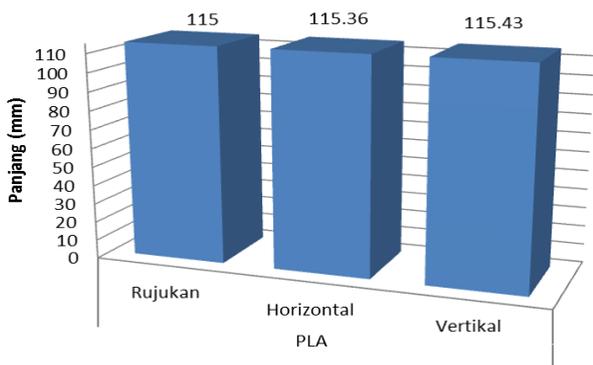


Gambar 13. Perbandingan Tebal Spesimen Bahan PLA

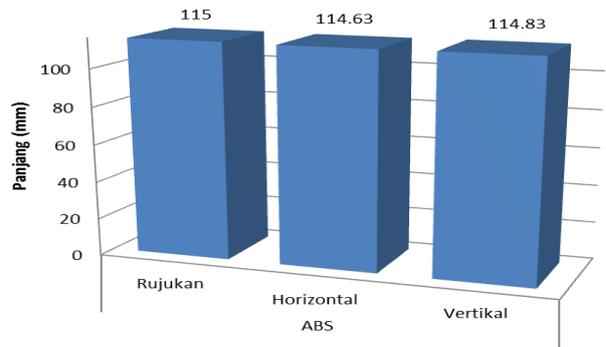


Gambar14. Perbandingan Tebal Spesimen Bahan ABS

Dari Gambar 13 dan 14 dapat dilihat perbandingan tebal spesimen untuk bahan PLA dan ABS pada posisi horizontal dan vertikal. Pada posisi orientasi horizontal dimensi ketebalan spesimen mengalami kelebihan sebesar 0.26 mm, sedangkan pada posisi orientasi vertikal justru ukuran yang dihasilkan tidak sesuai dengan ukuran rujukan, dapat dipastikan bahwa bahan PLA posisi orientasi horizontal lebih mendekati pada bentuk dan dimensi rujukan. Sedangkan bahan ABS didapati pada posisi vertikal spesimen menghasilkan dimensi yang sama dengan dimensi rujukan, dibandingkan dengan posisi horizontal. Dari perbandingan kedua bahan ini untuk posisi horizontal didapati bahwa nilai penyimpangan yang terjadi lebih kecil pada bahan PLA yaitu sebesar 0.26.

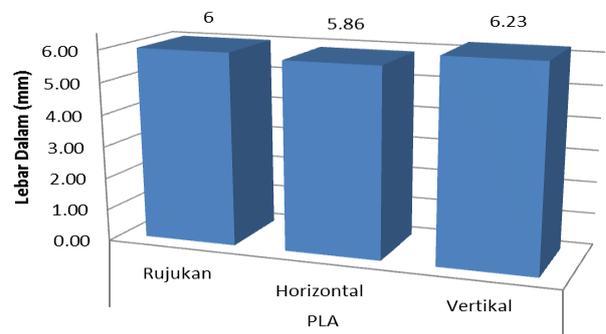


Gambar15. Perbandingan Panjang Spesimen Bahan PLA

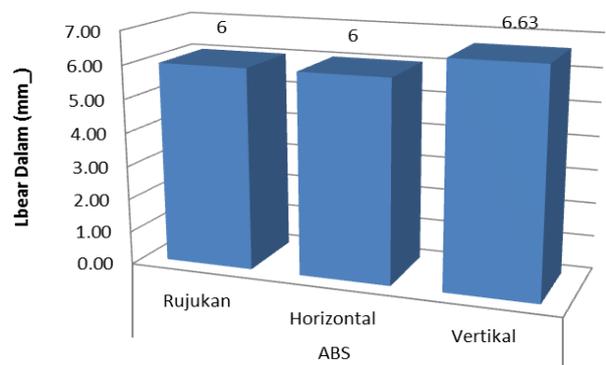


Gambar16. Perbandingan Panjang Spesimen Bahan ABS

Berdasarkan Gambar 15 dapat diketahui bahwa pada posisi orientasi horizontal terjadi penyimpangan dimensi panjang spesimen yang lebih kecil di bandingkan posisi orientasi vertikal dengan nilai penyimpangan sebesar 0.36 mm. Sedangkan pada Gambar 16 menunjukkan bahwa posisi orientasi horizontal menghasilkan panjang specimen dengan penyimpangan yang lebih kecil dibanding posisi orientasi vertikal yaitu sebesar 0.63 mm.



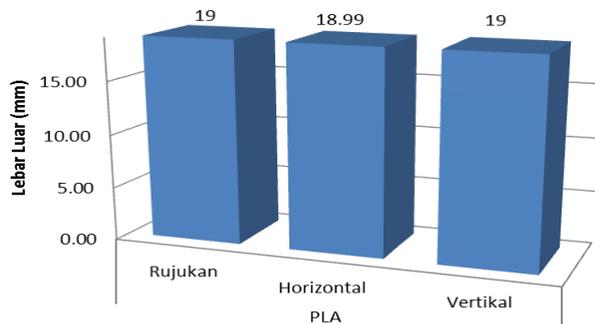
Gambar 17. Perbandingan Lebar dalam Spesimen Bahan PLA



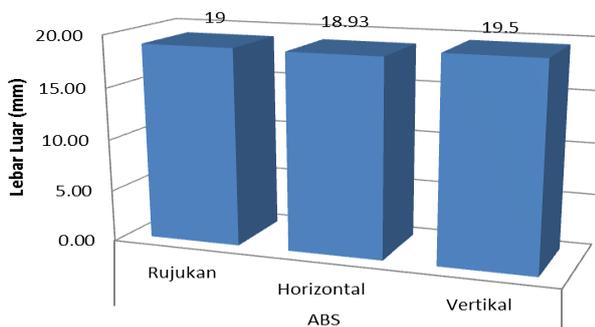
Gambar 18. Perbandingan Lebar dalam Spesimen Bahan AB

Perbandingan lebar dalam spesimen untuk bahan PLA sebagaimana disampaikan pada Gambar 17 mendapati bahwa pada posisi orientasi vertikal tidak terjadi perubahan dimensi lebar dalam, namun sebaliknya pada posisi horizontal terjadi penyimpangan dimensi dengan ukuran yang lebih kecil dari rujukan. Pada Gambar 18 diketahui

bahwa terjadi penyimpangan dimensi lebar dalam spesimen sebesar 0.5 mm dari dimensi rujukan pada posisi orientasi vertikal, sedangkan pada posisi horizontal ukuran spesimen adalah tidak mencapai ukuran yang sesuai rujukan spesimen.



**Gambar 19.** Perbandingan Lebar Luar Spesimen Bahan PLA



**Gambar 20.** Perbandingan Lebar Luar Spesimen Bahan ABS

Perbandingan lebar luar specimen untuk bahan PLA disampaikan pada Gambar 19. Dari gambar tersebut diketahui bahwa penyimpangan dimensi specimen terjadi pada orientasi posisi vertikal, sedangkan pada posisi horizontal dimensi specimen tidak memenuhi ukuran rujukan. Untuk bahan ABS disampaikan pada Gambar 20, dari gambar tersebut di ketahui bahwa penyimpangan terjadi pada orientasi vertikal, sedangkan pada posisi orientasi horizontal dimensi spesimen sesuai dengan ukuran rujukan. Berdasarkan analisa yang dilakukan terhadap data dimensi spesimen maka secara umum dapat disampaikan bahwa bahan polymer PLA dengan posisi orientasi horizontal lebih sedikit mengalami penyimpangan dimensi.

Dari hasil pengamatan saat proses *3D Print*, penentuan orientasi penting dalam proses *rapid prototyping* untuk mengoptimalkan efisiensi. Efisiensi yang dimaksud adalah lamanya waktu pengerjaan, jumlah material yang digunakan dan kualitas dari permukaan objek. Orientasi horizontal terhadap bidang luas penampang terluas benda menghasilkan kualitas permukaan yang paling baik daripada orientasi lainnya. Permukaan sisi benda yang memiliki kontur juga dapat dibentuk dengan

baik sehingga dapat meminimalkan terjadinya distorsi kekasaran permukaan.

Penggunaan variasi bahan antara PLA dan ABS juga mempengaruhi kualitas objek yang dihasilkan. Karakteristik dari masing-masing material membuat proses 3D print setiap material berbeda. Suhu titik leleh PLA lebih tinggi dari pada ABS dan ketahanan termal PLA juga lebih tinggi daripada ABS. Oleh sebab itulah dalam proses 3D print, material ABS memerlukan heater untuk menjaga suhu tetap merata.

Apabila suhu tidak merata maka objek akan melengkung dan kekuatannya akan berkurang karena serat-serat yang dihasilkan kurang merekat satu sama lain. Hasil dari 3D print pada penelitian ini dengan bahan ABS menunjukkan bahwa suhu pemanasan kurang merata sehingga kekuatan tariknya rendah.

Dari Gambar 13 s/d 20 diperoleh grafik perbandingan kualitas produk (dimensi produk) antara bahan polymer PLA dan ABS untuk masing-masing orientasi dimana menggunakan penjumlahan dari panjang, lebar luar, lebar dalam, dan tebal specimen. Apabila ukuran yang dihasilkan semakin mendekati dengan ukuran rujukan maka benda tersebut semakin presisi.

## KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian dan analisis data maka dapat disimpulkan bahwa waktu proses untuk pembuatan specimen PLA dan ABS lebih singkat pada orientasi posisi objek horizontal yaitu 53 menit. Posisi orientasi horizontal menghasilkan kondisi permukaan specimen yang lebih halus berbanding orientasi vertikal. Proses printing posisi orientasi vertikal memerlukan support agar pada proses *slicing* specimen yang dihasilkan bentuknya tidak miring. Bahan polymer PLA dengan orientasi posisi horizontal lebih sedikit mengalami penyimpangan dimensi. Orientasi menentukan kualitas permukaan, efisiensi waktu proses dan dimensi. Karakteristik material mempengaruhi hasil bentuk benda kualitas permukaanya.

## Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Publikasi Ilmiah Universitas Tarumanagara yang telah membiayai penelitian ini untuk semester genap tahun akademik 2014/2015.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chua, C.K., Leong, K.F., and Lin, C.S., *Rapid Prototyping Principles and Applications (second edition)*, World Scientific Publish Co, Pte. Ltd.5 Toh Tuck Link, Singapore, 2003.

- [2] Zulkifli, A., Rapid Protoyping Teknologi: Aplikasi pada Bidang Medis, *Jurnal Teknik*, 3(27), Tahun XIV, 2007.
- [3] Sloten, V., Computer Aided Design of Prostheses, *Industrial Ceramics*, 20(2), 2000, pp. 109-11.
- [4] Alvin, dan Masrifah, Tulang Belakang Buatan Printer 3D, *Koran Sindo Rubrik Sains*, Minggu, 31 Agustus 2014, hal. 8.
- [5] Susilo, A., dan Widyanto, Pengembangan Teknologi Rapid Prototyping untuk Pembuatan Produk-Produk Multi Material, *Jurnal J@TI*, II(2), 2008.