

PENGARUH POSISI ORIENTASI OBJEK PADA PROSES RAPID PROTOTYPING 3D PRINTING TERHADAP KEKUATAN TARIK MATERIAL POLYMER

Sobron Lubis, David Sutanto

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Tarumanagara
Jl.Letjen.S. Parman No.1 Jakarta 11440 Telp.021 5663124-5672548-5638335
Email: sobronl@ft.untar.ac.id

Abstrak -- Pembuatan prototipe pada industri manufaktur berkembang dengan pesat, berawal dari pembuatan secara konvensional, kemudian dilakukan dengan menggunakan mesin-mesin perkakas, dan berkembang dengan pemanfaatan komputer sebagai alat kontrol pada mesin tersebut sehingga dikenal dengan istilah CNC (computer numerically control). Pada awalnya, pembuatan prototipe dilakukan menggunakan mesin perkakas yang membentuk kontur permukaan dengan melakukan pemotongan pada benda kerja, tentunya dalam hal ini terdapat bahan tersisa yang dikenal dengan chip. Dewasa ini perkembangan dalam pembuatan prototipe maju dengan pesat yang dikenal dengan pembuatan prototipe cepat (rapid prototyping). Keunggulan dari rapid prototyping dalam bidang manufaktur adalah kemudahannya dalam menghasilkan suatu produk yang kompleks dengan tepat dan efisien. Proses rapid prototyping mampu merealisasikan hasil permodelan 3D software dalam bentuk nyata tanpa intervensi apapun. Dalam penelitian ini, dikaji tentang pengaruh penentuan posisi orientasi secara vertikal dan horizontal terhadap kekuatan Tarik material polymer yang digunakan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan perangkat rapid prototyping tipe fused deposition modeling yakni 3D printing. Bahan filament yang digunakan jenis polymer PLA dan ABS. Proses printing dilakukan terhadap bentuk objek uji Tarik ASTM D638. Proses 3D printing dilakukan dengan memvariasikan posisi orientasi objek secara vertikal dan horizontal. Spesimen yang dihasilkan selanjutnya dilakukan uji tarik. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa penentuan orientasi posisi objek spesimen memberi pengaruh terhadap tegangan tarik spesimen.

Kata kunci: Rapid prototyping, fused deposition modeling, orientasi objek, 3D printer

Abstract -- Prototyping in the manufacturing industry is growing rapidly, starting from the conventional manufacture, then performed using tooling machines, and expanding the use of computers as a tool of control on the machine that it is known as CNC (Computer Numerically Control). At first, prototyping is done using machine tools that shape surface contour by cutting the workpiece, of course, in this case there are remaining material known as chips. Nowadays, the development in the manufacture of prototypes developed by leaps and bounds, known as rapid prototyping. The advantages of rapid prototyping in manufacturing are the ease of producing a complex product properly and efficiently. Rapid prototyping process able to realize some results of 3D modeling software in the form of a real without any intervention. In this paper, the effect of positioning the vertical and horizontal orientation towards Pull strength polymer material used is studied. The study was conducted by using rapid prototyping device types fused deposition modeling 3D printing. Filament used type of polymer PLA and ABS. Printing process is performed on the object shape Pull test ASTM D638. 3D printing process is done by varying the position of the object oriented vertically and horizontally. The resulting specimen tensile test is then performed. Results of research conducted showed that the determination of the orientation of the object's position specimens gives effect to the tensile specimens.

Keywords: Rapid prototyping, fused deposition modeling, object orientation, 3D printer

PENDAHULUAN

Semakin tinggi tingkat persaingan yang terjadi antar pabrikan menuntut dikembangkan sistem produksi yang efisien, tepat waktu dan mampu menghasilkan produk yang berkualitas (Yan and Han, 2016). Merealisasikan suatu konsep desain menjadi bentuk produk massal dituntut melalui proses

produksi yang secepat mungkin. Kondisi-kondisi yang demikian mengarahkan berbagai pengembangan proses produksi baik dari sisi desain, *planning* maupun pelaksanaan proses di *floor* produksi. Salah satu metode untuk mencapai atribut ini adalah dengan metode pembuatan prototipe cepat (*Rapid prototyping*). *Rapid prototyping* dibuat berdasarkan dari

sumber informasi CAD 3D dan kemudian melakukan proses pembentukan model solid (*prototype*) dari desain tersebut. Implementasi teknologi *rapid prototyping* pada proses produksi telah terbukti mampu secara cepat membantu memberikan umpan balik konsep desain dan mengeliminasi inkonsistensi suatu konsep desain sebelum masuk proses fabrikasi, yang pada akhirnya secara signifikan mampu mereduksi *cycle time* dalam produksi, meningkatkan kualitas produk dan mereduksi biaya perawatan mesin. Secara umum teknologi *layer manufacturing* dalam prosesnya tidak membutuhkan peralatan bantu maupun perkakas potong. Untuk membuat suatu produk tiga dimensi dapat dilakukan secara langsung dari data komputer grafis dan dikerjakan lapisan demi lapisan (Beaman *et. al.*, 1997) . (Lubis *et. al.*, 2016).

Menurunnya harga komputer, khususnya komputer pribadi dan mini-komputer, sehingga mampu mengubah cara bekerja sebuah pabrik. Peningkatan penggunaan komputer telah mendorong kemajuan di berbagai bidang yang berhubungan dengan komputer seperti *Computer-Aided Design* (CAD), *Computer Aided Manufacturing* (CAM) dan *Computer Numerically Control* (CNC). Secara khusus, munculnya sistem pembuat prototyping cepat (RP) tidak akan mungkin terjadi tanpa adanya CAD. Namun, ketika seseorang menguji berbagai sistem RP yang ada saat ini, dapat disimpulkan bahwa selain CAD, banyak teknologi lain dan kemajuan di bidang lain seperti sistem manufaktur dalam pengembangan sistem RP.

Adapun manfaat dari RP meliputi:

1. Mengurangi lead time dalam memproduksi komponen prototipe.
2. Meningkatkan kemampuan untuk memvisualisasikan bagian geometri karena keberadaan fisiknya.
3. Mendeteksi dini dan pengurangan kesalahan desain
4. Meningkatkan kemampuan untuk menghitung sifat massa komponen dan rakitan
5. RP menguntungkan dalam pengurangan limbah dan biaya perubahan desain yang mahal.

Melalui proses *layer manufacturing*, produk yang dibuat tidak dibatasi oleh tingkat kompleksitas geometri, dimana kondisi itu tidak dapat dikerjakan dengan proses-proses konvensional (*machining, casting, forming*). Pada teknologi *mold* misalnya, dengan teknologi pemotongan, saluran pendingin hanya memungkinkan untuk dibuat lurus (proses *drilling*), namun dengan menggunakan proses SLS saluran pendingin dapat dibuat dengan mengikuti bentuk

produk/konformal (Ilyas *et. al.*, 2010) (Sachs *et. al.*, 2000).

Dari sisi kemampuan proses, pengembangan teknologi *rapid prototyping* terus dilakukan, diantaranya diarahkan untuk pembuatan produk-produk multi material, *micropart, smart material* dan aplikasi-aplikasi pada bidang kesehatan. Pada kenyataannya, tuntutan produk multi material mutlak diperlukan, misalnya untuk struktur perkakas potong, *dies* dan *mold*, dan lain-lain.

Proses pembentukan sebuah prototipe dapat dilakukan dengan menggunakan metode FDM dalam hal ini sebagai peralatan yang digunakan adalah printer 3D. Proses pengerjaan dilakukan berdasarkan bentuk gambar yang terdapat pada layar monitor komputer, design gambar dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat gambar CAD, dalam melakukan proses pengerjaan pada 3D printer terlebih dahulu menentukan posisi posisi vertical ataupun horizontal. Hal ini bertujuan ingin mengetahui letak dan bentuk produk dan sifat-sifat yang dimiliki serta waktu pengerjaannya. Tentunya hal ini memberi bentuk slicing layer yang berbeda untuk masing-masing posisi tersebut dan begitu juga fenomena perubahan fasa yang terjadi. Hal ini memberi pengaruh dalam perubahan fasa dari cair menjadi padat yang juga memberi pengaruh terhadap kekuatan tarik spesimen. Sehingga perlu diteliti pengaruh orientasi posisi objek tersebut terhadap kekuatan tarik specimen. Pada proses ini, dimulai dari pembentukan bagian bawah sehingga akhirnya terbentuk secara keseluruhan kebagian atas. Bahan objek gambar yang dibuat sebagai prototipe dalam bentuk uji tarik solid. Proses terjadinya spesimen diawali dengan *slicing* pada permukaan *support table* dari material yang keluar melalui *nozle 3D printer*.

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*) (Chua *et al.*, 2003).

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).

Rapid prototyping merupakan teknik untuk membuat bentuk produk secara bertahap atau penambahan material dengan menggunakan model CAD tiga dimensi yang disimpan dalam file dengan format CAD tiga dimensi seperti STL (*stereolithography*), memungkinkan sebuah komponen dengan bentuk yang kompleks untuk dibuat tanpa menggunakan peralatan dan alat bantu (*tool dan fixture*) yang khusus. Model CAD 3 dimensi kemudian diiris menjadi 2 penampang dua dimensi produk. Selanjutnya mesin *rapid prototyping* memproduksi masing-masing bagian penampang dua dimensi dari model tersebut secara bertahap menjadi produk lengkap. Satu irisan penampang dua dimensi merupakan satu lapisan (Amin, 2007).

Menurut Zulkifli Amin 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 (Amin, 2007).

Keuntungan utama dari teknik manufaktur dengan metode lapisan yaitu disebabkan karena adanya data gambar medis yang dapat diproses untuk keperluan manipulasi model computer. Bentuk morphology bagian tertentu dari tubuh pasien dapat direkam dengan menggunakan peralatan optic atau *computerizes tomography scan* (CT scan) dan kemudian data ini dikonversikan menjadi sebuah model computer datau CAD. Setelah sebuah model sudah dihasilkan maka memungkinkan untuk memanipulasi model tersebut dengan cara yang diinginkan sesuai dengan keinginan sebelum dibuat secara langsung dengan teknik manufaktur lapisan (Sloten, 2000).

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 terus berkontribusi pada pengembangan yang cepat, tidak mahal dan efektif (Beaman *et. al.*, 1997).

Dokter di China melakukan terobosan baru dalam pemanfaatan technology untuk pengobatan dengan mencetak tulang belakang dari printer 3D dan memasangkannya ke tubuh pasien. Hal ini disampaikan oleh Alvin Masrifah pada rubrik Sains Koran Sindo, Minggu, 31 Agustus 2014. 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 (Alvin, 2014).

Dengan mempercepat waktu perealisasi konsep desain menjadi bentuk prototipe sebelum masuk dalam sistim produksi massal merupakan salah satu terobosan untuk memperkuat daya saing produk industry. Pengaplikasian teknologi Rapid Prototyping merupakan alasan untuk mereduksi *cycle time* dalam produksi. Disamping itu, kekuatan yang dihasilkan patut dipertimbangkan jika produk-produk yang dihasilkan akan digunakan tidak hanya sebagai prototype tetapi juga sebagai komponen pada robot, elektronik, organ tubuh dan peralatan medis bahkan untuk pembuatan produk seni dan aksesoris.

Berbagai pengembangan *Rapid Prototyping* telah dilakukan dengan munculnya berbagai jenis mesin *Rapid Prototyping* komersial. Namun dari mesin-mesin tersebut masalah variasi bahan produk, orientasi posisi objek terhadap kualitas produk, waktu proses dan kekasaran permukaan masih sangat terbatas dilakukan penelitian.

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) (Widyanto, 2008).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

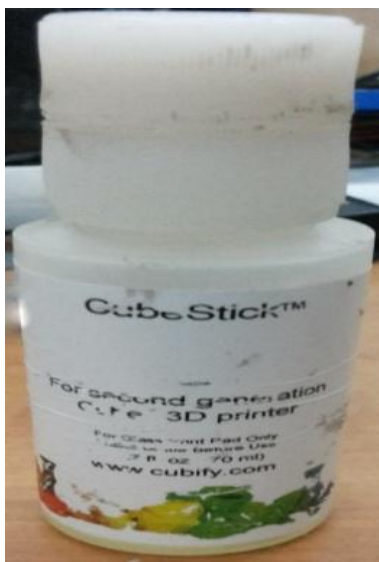
Untuk melaksanakan penelitian tentang Pengaruh Posisi Orientasi Object Pada Proses Rapid *Prototyping 3D Printing* Terhadap Kekuatan Tarik Material Polymer diperlukan adalah *filamen polymer*.

- *Filament cartridges* material PLA
 - *Filament cartridges* material ABS
- sebagaimana terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Filament Cartridges Polymer*

Cube stick berfungsi untuk melekatkan material pada landasan.



Gambar 2. *Cube Stick*

Peralatan yang digunakan antara lain: Mesin *3D Printer CUBE* dan Alat Uji Tarik, seperti yang terlihat pada Gambar 2 hingga Gambar 4.



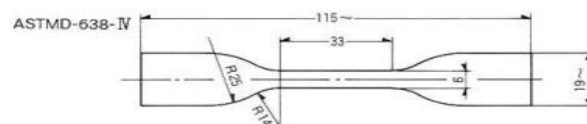
Gambar 3. Mesin *3D Printer CUBE*



Gambar 4. Alat Uji Tarik

Proses *3D printing*

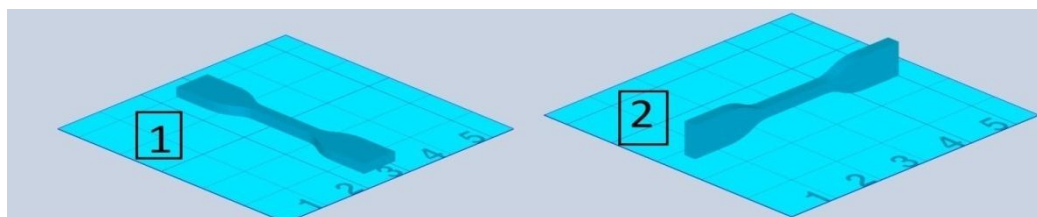
Desain objek dibuat dengan menggunakan software inventor dengan bentuk dan dimensi merujuk kepada bahan uji tarik untuk material polymer sesuai dengan ASTM.



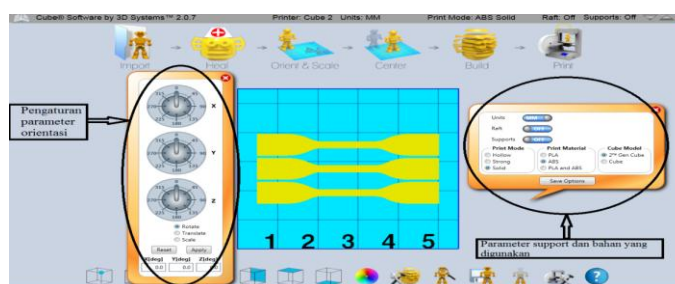
Gambar 5. Spesimen ASTM D638 (NN, 2016)

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 vertikal terhadap bidang terluas. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Variasi Orientasi



Gambar 7. Tampilan software cube

Pada Gambar 7 tampak *icon orient* dan *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.

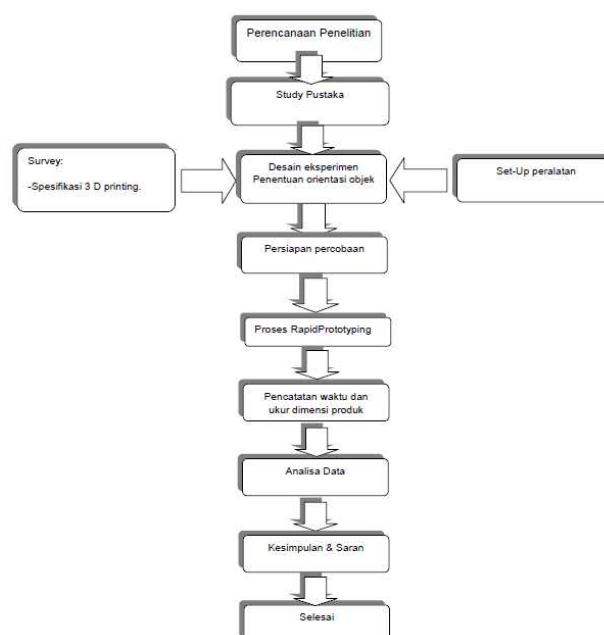
Icon center berfungsi untuk menempatkan benda tepat di tengah *platform*. Lalu *icon build* untuk mevisualisasikan gerak arah *nozzle* dan perkiraan waktu proses *3D printing*. Untuk menentukan parameter *support* dan bahan yang diperlukan, digunakan *icon setting* yang terletak di bawah tampilan *software*.



Gambar 8. Landasan yang sudah diolesi *Cube stick*

Selanjutnya proses penentuan parameter dilakukan menggunakan *software Cube* sebagaimana tampak pada Gambar 7.

Metode penelitian yang dilakukan disampaikan di dalam Gambar 9. Proses penelitian dimulai dari perencanaan dan studi pustaka. Kemudian dilanjutkan dengan desain eksperimen dan proses percobaan dengan proses rapid prototyping hingga analisa data. Beberapa data akan dianalisa dan dibahas sehingga dapat dihasilkan sebuah kesimpulan secara umum.



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian

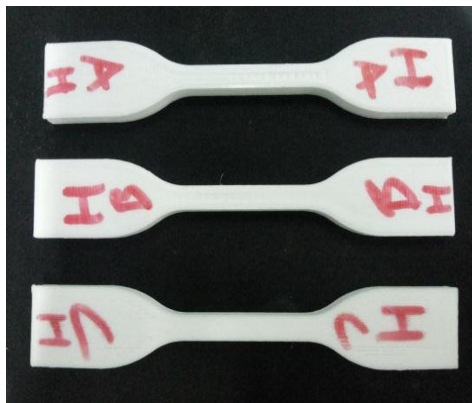
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekuatan Tarik Bahan Polymer PLA Posisi Orientasi Horizontal

Berdasarkan hasil printing yang dilakukan maka di peroleh waktu proses adalah 55 menit, kondisi permukaan yang dihasilkan cukup baik dan nilai kekuatan Tarik yang dihasilkan disampaikan pada Tabel 1. Hasil proses ditampilkan pada Gambar 10.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Spesimen dan Uji Tarik Polimer PLA Orientasi Horizontal

Spesimen	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
A	10.21
B	17.69
C	17.01
Rata-rata	14.97



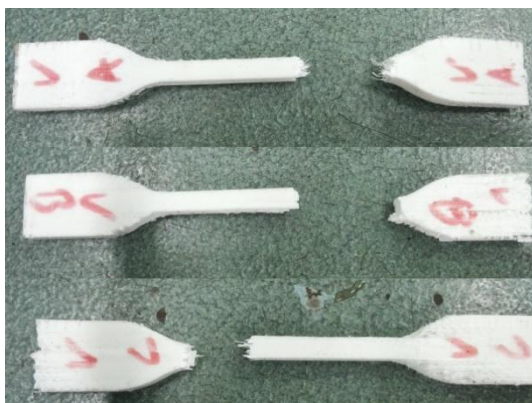
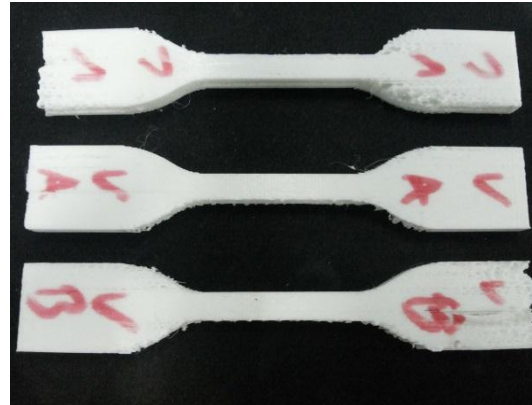
Gambar 10. Spesimen PLA Posisi Horizontal Sebelum dan Setelah Uji Tarik

Kekuatan Tarik Bahan Polymer PLA Posisi Orientasi Vertikal.

Berdasarkan proses printing spesimen polymer PLA posisi orientasi vertikal waktu yang digunakan adalah 92 menit, kondisi permukaan kurang baik, namun ketelitian dimensi spesimen cukup baik. Nilai uji tarik yang dihasilkan disampaikan pada Tabel 2 dan hasil proses diperlihatkan pada Gambar 11.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Spesimen dan Uji Tarik Polimer PLA Orientasi Horizontal

Spesimen	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
A	6.81
B	10.07
C	2.71
Rata-rata	6.63



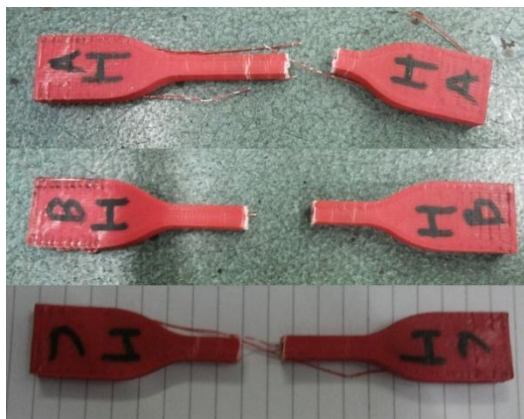
Gambar 11. Spesimen PLA Posisi Vertikal Sebelum dan Setelah Uji Tarik

Kekuatan Tarik Bahan Polymer ABS Posisi Orientasi Horizontal

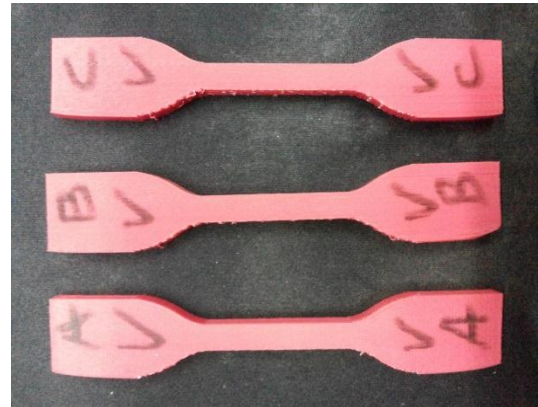
Proses 3D printing untuk bahan polymer ABS dengan posisi orientasi Horizontal dilakukan dalam waktu 53 menit, kondisi permukaan adalah baik begitu juga dengan ketelitian dimensi adalah baik. Nilai kekuatan tarik disampaikan pada Tabel 3 dan diperlihatkan pada Gambar 12.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Spesimen dan Uji Tarik Polimer PLA Orientasi Horizontal

Spesimen	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
A	3.40
B	3.40
C	4.76
Rata-rata	3.86



Gambar 12. Spesimen ABS Posisi Horizontal Sebelum dan Setelah Uji Tarik



Gambar 13. Spesimen ABS Posisi Vertikal Sebelum dan Setelah Uji Tarik

Kekuatan Tarik Bahan Polymer ABS Posisi Orientasi Vertikal

Proses 3D printing untuk bahan polimer ABS dengan posisi orientasi Horizontal dilakukan dalam waktu 92 menit, kondisi permukaan adalah baik begitu juga dengan ketelitian dimensi adalah baik. Nilai kekuatan tarik disampaikan pada Tabel 4 serta diperlihatkan pada Gambar 13.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Spesimen dan Uji Tarik Polymer PLA Orientasi Vertikal

Spesimen	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
A	8.85
B	2.72
C	8.17
Rata-rata	6.58

PEMBAHASAN

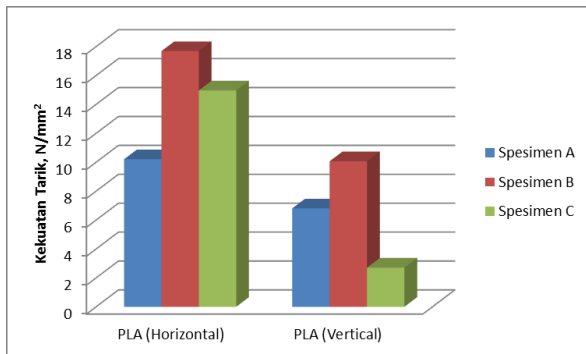
Dari hasil pengamatan saat proses 3D print, penentuan orientasi penting dalam proses *rapid prototyping* untuk mengoptimalkan efisiensi. Efisiensi yang dimaksud adalah lamanya waktu pengerjaan, jumlah material yang digunakan dan kualitas dari permukaan objek. Orientasi horizontal terhadap bidang luas 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.

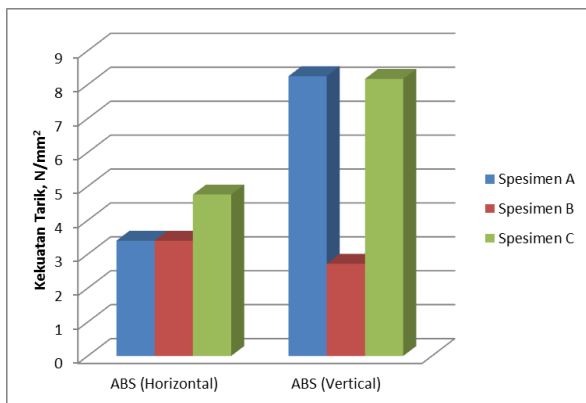
Penggunaan variasi bahan antara PLA dan ABS juga mempengaruhi kualitas objek yang dihasilkan. Karakteristik dari masing-masing material membuat proses 3D print setiap material berbeda. Suhu titik leleh PLA lebih tinggi dari pada ABS dan ketahanan termal PLA juga lebih tinggi daripada ABS. Oleh sebab 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 heater kurang merata sehingga kekuatannya rendah.

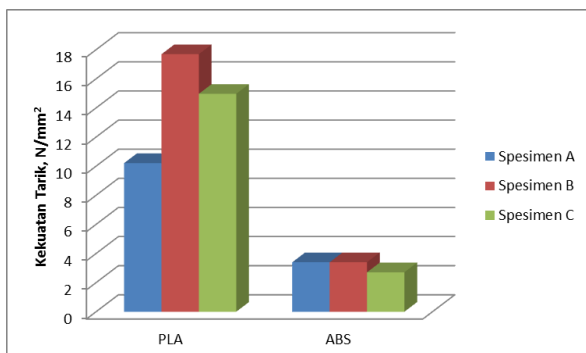
Gambar 14 hingga Gambar 17 adalah grafik pengaruh orientasi posisi spesimen terhadap kekuatan tarik material PLA dan ABS.



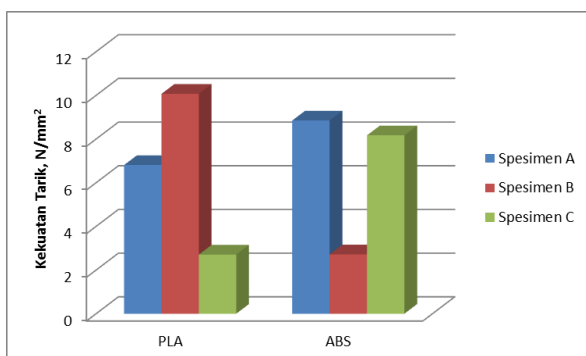
Gambar 14. Kekuatan Tarik Material PLA pada Posisi Horizontal dan Vertikal



Gambar 15. Kekuatan Tarik Material ABS pada Posisi Horizontal dan Vertikal



Gambar 16. Perbandingan Kekuatan Tarik Material PLA dan ABS pada Posisi Horizontal



Gambar 17. Perbandingan Kekuatan Tarik Material PLA dan ABS pada Posisi Vertikal

Berdasarkan Gambar 14 dapat diketahui bahwa pada proses printing 3D dengan posisi orientasi horizontal menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik yang dicapai lebih besar dibanding pada posisi vertikal. Hal ini terkait ketika proses slicing material polymer bergerak membentuk serat-serat berlapis dengan arah yang lebih memanjang sehingga ketika serat tersebut mulai mengalami perubahan fasa menjadi padat, lebih merekat sehingga membentuk serat padat yang lebih kuat dibanding proses vertikal.

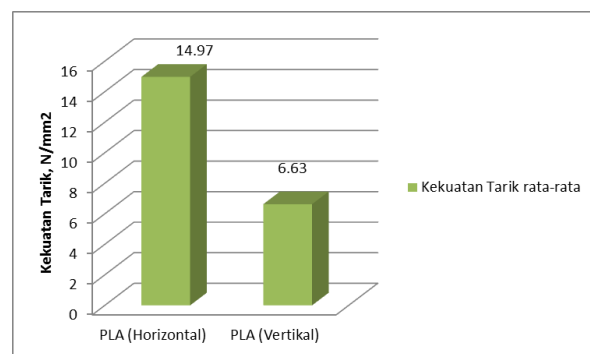
Sedangkan berdasarkan Gambar 15 dapat diketahui bahwa kekuatan tarik yang lebih tinggi dihasilkan ketika proses 3D printing dilakukan dengan posisi orientasi secara vertikal. Namun demikian ada juga spesimen yang memiliki nilai kekuatan tarik yang kecil seperti pada spesimen B posisi orientasi vertikal.

Pada Gambar 16 dan 17 menampilkan perbandingan kekuatan tarik material polymer PLA dan ABS pada posisi orientasi horizontal. Terlihat bahwa nilai kekuatan tarik bahan polymer PLA lebih besar dibanding bahan polymer ABS.

Kekuatan Tarik Rata-rata

Untuk melakukan analisa secara menyeluruh dari kedua jenis material polymer dengan posisi orientasi yang berbeda, maka nilai kekuatan tarik yang dihasilkan dari masing-masing specimen kemudian diakumulasi selanjutnya ditentukan nilai kekuatan tarik rata-ratanya.

Pada Gambar 18 diketahui bahwa nilai kekuatan tarik rata-rata bahan polymer PLA dengan posisi orientasi Horizontal adalah sebesar 14.97 N/mm² dan bahan polymer PLA vertikal sebesar 6.63 N/mm². Jelas terlihat bahwa kekuatan tarik pada posisi orientasi horizontal lebih besar dibanding posisi orientasi vertikal.

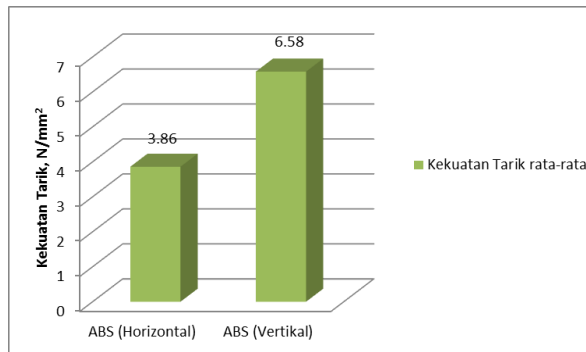


Gambar 18. Kekuatan Tarik Rata-rata Material PLA pada Posisi Horizontal dan Vertikal

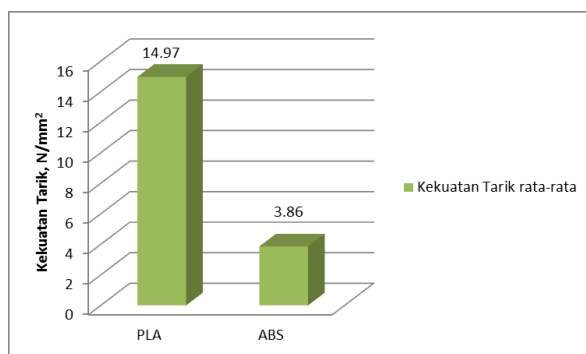
Sedangkan berdasarkan Gambar 19 diketahui bahwa nilai kekuatan tarik bahan ABS pada posisi orientasi vertikal sebesar 6.58 N/mm²

dan pada posisi horizontal sebesar 3.86 N/mm^2 . Pada posisi orientasi vertikal menghasilkan nilai kekuatan tarik yang lebih besar berbanding posisi orientasi horizontal.

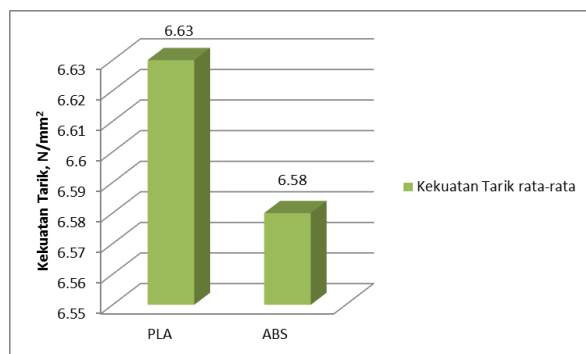
Perbandingan kekuatan tarik antara bahan polymer ABS dan PLA pada posisi horizontal yang ditunjukkan pada Gambar 20 menghasilkan kekuatan tarik yang terbesar 14.97 N/mm^2 untuk bahan PLA berbanding bahan ABS sebesar 3.86 N/mm^2 .



Gambar 19. Kekuatan Tarik Rata-rata Material ABS pada Posisi Horizontal dan Vertikal



Gambar 20. Perbandingan Kekuatan Tarik Material ABS dan PLA pada Posisi Horizontal



Gambar 21. Perbandingan Kekuatan Tarik Material ABS dan PLA pada Posisi Vertikal

Berdasarkan dari Gambar 21 dapat diketahui bahwa bahan polymer PLA menghasilkan nilai kekuatan tarik sebesar 6.63 N/mm^2

N/mm^2 , lebih besar berbanding bahan polymer ABS yakni 6.58 N/mm^2 .

Secara keseluruhan dari analisa yang dilakukan dapat diketahui bahwa bahan polymer PLA menghasilkan kekuatan tarik yang lebih besar berbanding bahan polymer ABS. nilai kekuatan tarik yang lebih besar diperoleh pada posisi horizontal.

KESIMPULAN

Dalam proses *3D print* dan uji tarik, dapat diambil beberapa kesimpulan berikut. Pertama, orientasi posisi spesimen memberi pengaruh terhadap karakteristik material yang dihasilkan. Kemudian, karakteristik material tersebut mempengaruhi hasil bentuk benda dan kekuatan tariknya. Selain itu, kekuatan tarik bahan polymer PLA yang tertinggi adalah sebesar 14.97 N/mm^2 yang terjadi pada proses 3D printing dengan posisi orientasi spesimen horizontal. Selain itu, kekuatan tarik bahan polymer PLA lebih tinggi dibanding bahan spesimen ABS karena suhu pemanasan ABS yang tidak merata sehingga serat-seratnya tidak menempel dengan sempurna.

Dalam proses *3D print* dan uji tarik, dapat diberi beberapa saran sebagai berikut. Agar memperhatikan suhu pemanasan yang merata ketika melakukan *3D printing* untuk material ABS. Selain itu, perlu dipastikan penjepit spesimen pada proses uji tarik telah dilakukan dengan baik. Hal ini dikarenakan untuk menganalisa struktur mikro pada bidang putus material polymer PLA dan ABS hendaknya dapat dilakukan kajian dengan menggunakan mikroskop.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvin, Masrifah. Tulang Belakang Buatan Printer 3D. *Koran Sindo Rubrik Sains*. Hal 8. Minggu, 31 Agustus 2014.
- Amin, Zulkifli. Rapid Prototyping Teknologi: Aplikasi pada Bidang Medis. *Jurnal TeknikA*. 2007; 27 (3): 78-83.
- Beaman, J.J., Barlow, J., Bourell, D.L, Crawford, R.H., Marcus, H.L., and Mc Ale, K.P. *Solid Freeform Fabrication: A New Direction in Manufacturing*. London: Kluwer Academic Publisher. 1997.
- <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4615-6327-3>
- Chua, C.K., Leong, K.F. and Lin, C.S. *Rapid Prototyping Principles and Applications*. 2nd Ed. World Scientific Publishing. USA. 2003.
- Ilyas, I., Taylor, C., Dalgarno, K. and Gosden, J. Design and manufacture of injection mould tool inserts produced using indirect SLS and machine processes. *Rapid Prototyping Journal*. 2010; 16 (6): 429-440.
- <http://dx.doi.org/10.1108/13552541011083353>

- Lubis, S., Djamil, S. dan Yolanda. Pengaruh Orientasi Objek pada Proses 3D Printing Bahan Polymer PLA dan ABS terhadap Kekuatan Tarik dan Ketelitian Dimensi Produk. *SINERGI*. 2016; 20 (1): 27-35.
- NN, Standard Test Method for Tensile Properties Plastics: ASTM D368, *ASTM International*, 2016.
- Sachs, E., Wylonis, E., Allen, S., Coma, M. and Guo, H. (1995). Production of Injection Molding Tooling with Conformal Cooling Channel using the Three Dimensional Printing Process. *Polymer Engineering & Science*. 2000; 40 (5): 1232-1247.
<http://dx.doi.org/10.1002/pen.11251>
- Sloten, Vanders. Computer Aided Design of Prostheses. *Industrial Ceramics*. 2000; 20 (2): 109-112.
- Widyanto, S. A. Pengembangan Teknologi Rapid Prototyping untuk Pembuatan Produk-Produk Multi Material. *Jurnal J@TI*, 2008; 2 (2): 10-16.
- Widyanto, S. A. Pengembangan Teknologi Rapid Prototyping untuk Pembuatan Produk-produk Multi Material. *Rotasi*. 2007; 9 (4): 10-14.
<http://dx.doi.org/10.14710/rotasi.9.4.10-14>
- Yan, L. and Han. X. 3-Dimensional Printing Rapid Prototyping for Intracranial Aneurysm Coiling: A Good Example of Precise Medicine. *Journal of World Neurosurgery*. 2016; 86: 8. .
<http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2015.06.051>