

PENGARUH ARAH CETAKAN 3D *PRINTING* TIPE FDM BAHAN POLYMER ABS TERHADAP *TENSILE STRENGTH* PRODUK YANG DIHASILKAN

Wahyu Widiyanto

Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Diploma 2 Teknik Mesin
Politeknik Negeri Bandung
Email: wahyu.widiyanto.pdd@polban.ac.id

Tutut Indah Setyani

Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Diploma 2 Teknik Mesin
Politeknik Negeri Bandung
Email: tutut.indah.pdd@polban.ac.id

ABSTRAK

Teknologi *rapid prototyping* (RP), terutama pencetakan tiga dimensi (3D *Printing*), telah berhasil digunakan di banyak aspek. Teknologi FDM membangun komponen lapis demi lapis dari bawah ke atas oleh filamen termoplastik, pemanasan dan ekstrusi. Mesin 3D *Printing* dikendalikan secara *computerize*, jadi jalannya *nozzel* 3D *Printing* ini akan diatur oleh komputer dan akan menghasilkan arah gerakan yang berbeda. Arah gerakan *nozzel* bisa jadi searah sumbu x, y ataupun melintang (*internal geometri*). Perbedaan arah tersebut belum diketahui perbedaan kekuatan tarik (*tensile strength*) hasil cetakan. Hasil 3D *Printing* tersebut perlu diuji dengan metode *tensile test* untuk mengetahui perbedaan perbedaan kekuatan tarik (*tensile strength*) hasil cetakan 3D *Printing* FDM berbahan ABS berdasarkan arah gerakan *nozzel* baik searah sumbu x (0°), sumbu y (90°) dan melintang (45°). Arah cetakan *nozzel* pada mesin 3D *Printing* jenis FDM mempengaruhi kekuatan tarik produk yang dihasilkan. Kekuatan tarik terbesar didapatkan pada produk dengan arah *nozzel* sudut 0° sebesar 38.505 MPa, sedangkan terkecil pada produk dengan arah *nozzel* sudut 90° sebesar 33.169 MPa. Tetapi persentase penambahan panjang ke tiga produk (*elongation percentage*) pada titik kekuatan maksimal (*peak*) yaitu sama, sebesar sekitar 27 %. Produk 3D *Printing* jenis FDM dengan arah cetakan *nozzel* dengan pengaturan *internal infill angle offset* dan *external infill angle offset* diatur pada sudut 0° dapat menghasilkan kekuatan tarik (*tensile strength*) terbesar.

Kata Kunci: *Rapid prototyping*, 3D *printing*, FDM, ABS, *tensile strength*

ABSTRACT

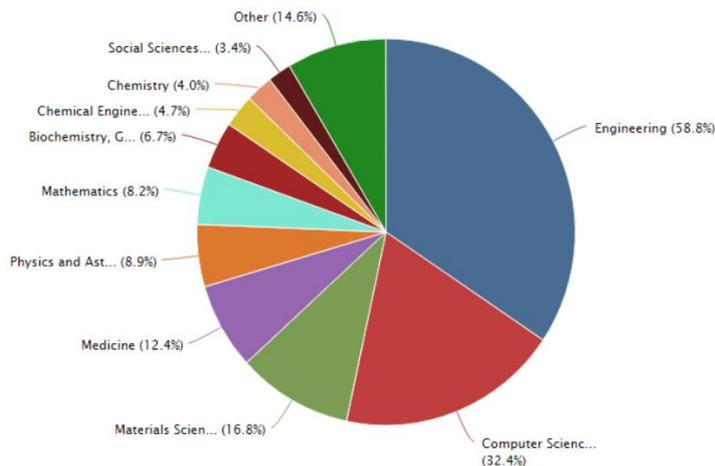
Rapid prototyping (RP) technology, especially three-dimensional printing (3D *Printing*), has been successfully used in many aspects. FDM technology builds layer-by-layer components from the ground up by thermoplastic, heating and extruding filaments. The 3D *Printing* machine is computerized, so the course of the 3D *Printing* nozzle will be regulated by a computer and will produce different directions of movement. The direction of movement of the nozzles can be in the direction of the x, y or transverse (*internal geometry*). The difference in direction is not yet known about the difference in tensile strength (*print tensile strength*). The results of 3D *Printing* need to be tested by the tensile test method to determine differences in the tensile strength of the printed 3D *Printing* FDM made from ABS based on the direction of the movement of the nozzles both in the x (0°), y (90°) and transverse (45°) directions. The direction of the nozzle mold on the FDM type 3D *Printing* machine affects the tensile strength of the product produced. The greatest tensile

strength was found in products with 0° angle nozzles at 38.505 MPa, while the smallest in products with 90° angle nozzles were 33.169 MPa. But the percentage increase in the length of the three products (elongation percentage) at the point of maximum strength (peak) is the same, amounting to about 27%. 3D Printing FDM type products with nozzle mold direction with internal infill angle offset adjustment and external infill angle offset set at 0° angle can produce the greatest tensile strength.

Keywords: Rapid prototyping, 3D printing, FDM, ABS, tensile strength

1. PENDAHULUAN

Baru-baru ini teknologi *rapid prototyping* (RP) terutama pencetakan tiga dimensi (3D *Printing*), telah berhasil digunakan di banyak aspek. Teknologi 3D *Printing* memiliki masa depan yang cerah, tidak terkecuali dalam pembuatan *rapid prototyping* (di mana dampaknya sudah sangat signifikan), tetapi juga dalam bidang industri manufaktur, aplikasi medis, seni, dan luar angkasa [1]. Teknologi *Rapid prototyping* masih terus berkembang menjadi teknologi yang bersifat support bagi bidang lain yang mendukung manusia. Teknik 3D *Printing* dapat memenuhi persyaratan diversifikasi, industrialisasi, dan informatisasi untuk konstruksi rekayasa, sehingga memungkinkan untuk membangun struktur dengan mencetak.



Gambar 1. Penelitian *Rapid prototyping* berdasarkan subject area penelitian data Scopus [2]

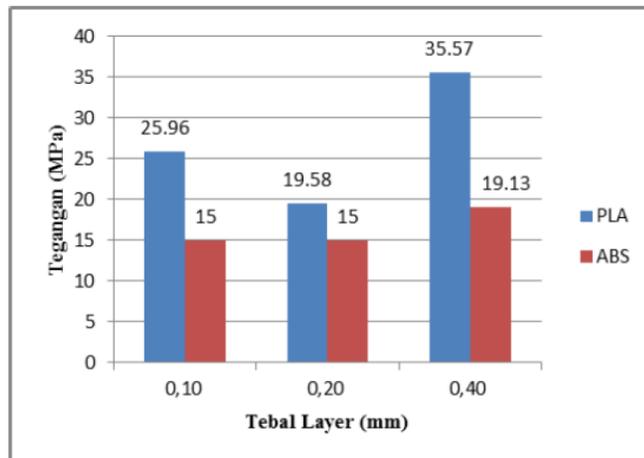
Saat ini dari data Scopus ada 3 bidang penelitian *rapid prototyping* paling banyak diteliti diantaranya manufaktur sebesar 58,8%, computer science 32%, dan bidang material sebesar 16,8%, data tersebut dapat dilihat pada gambar 1 [2]. Hal ini menunjukkan perkembangan teknologi dan penerapan *rapid prototyping* sangat pesat.

Selective Laser Sintering (SLS) dan *Fused Deposition Modeling* (FDM) adalah Teknologi yang umum digunakan dalam 3D *Printing* [3]. Printer 3D yang beroperasi dengan Teknologi FDM membangun komponen lapis demi lapis dari bawah ke atas oleh filamen termoplastik, Pemanasan dan Ekstrusi [4]. Untuk menggunakan mesin 3D *Printing* maka dimulai dengan membuat desain benda kerja terlebih dahulu. Pembuatan desain ini dapat menggunakan *software* desain seperti

Catia V5, Inventor, CATIA, Solidwork dan lain – lain. Setelah desain jadi maka file desain tersebut di *convert* keformat *software 3D Printing*. Adapun format file yang digunakan pada *software 3D Printing* adalah stl (*Stereo Lithography*). File STL diiris menjadi banyak lapisan digital tipis. Setiap lapisan yang berisi informasi geometris ditransmisikan ke printer 3D secara berurutan. Printer membuat setiap lapisan di atas yang lain sesuai dengan data yang diterima [5].

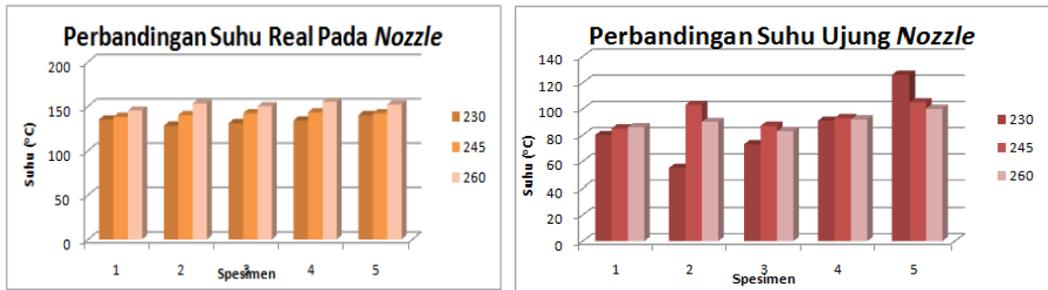
Rapid prototyping (RP) merupakan proses manufaktur yang menghasilkan objek atau komponen dari *software computer aided design (CAD)*. RP memungkinkan visualisasi suatu gambar tiga dimensi menjadi benda tiga dimensi asli dengan dimensi tertentu. Kualitas objek yang dihasilkan tergantung pada tebal lapisan dari mesin *rapid prototyping*. Semakin tipis setiap lapisan penyusunnya maka kualitas permukaan objek atau komponen yang dibuat akan semakin baik [6]. Salah satu metode RF yaitu metode *Fused Deposition Modelling (FDM)* adalah metode RP dengan membuat bentuk dengan proses pelelehan material termoplastik dengan menggunakan mekanisme ekstruder. Kemudian untuk proses pembuatan objeknya melalui proses lapis demi lapis dengan prinsip *bottom up*.

Penelitian sebelumnya oleh Lubis dkk (2016) meneliti pengaruh posisi objek dalam pembuatan *rapid prototyping* dengan menggunakan *3D Printing* untuk bahan polymer PLA dan ABS terhadap kekuatan tarik maupun ketelitian dimensi yang dihasilkan. 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. Pada gambar 2 menunjukkan hasil dari produk material PLA dengan orientasi posisi objek *horizontal* memiliki kualitas dimensi yang paling baik [7].



Gambar 2. Grafik orientasi *horizontal* PLA dan ABS [7]

Sulayman dkk (2015) pada penelitiannya menggunakan bahan *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)* meneliti pengaruh suhu dari *heater nozzle* terhadap hasil cetakan *3D Printing*. Specimen yang dibuat dengan ukuran panjang 127mm x lebar 12,7mm x tebal 3,2mm. Variasi suhu pada *heater nozzle* yang ditentukan sebesar 230°C, 245°C dan 260°C. Dari penelitian tersebut didapatkan suhu 230°C adalah suhu terbaik untuk mencetak specimen. Hal ini karena mempunyai nilai rata-rata volume dan penyimpangan yang mendekati ukuran sebenarnya [8].



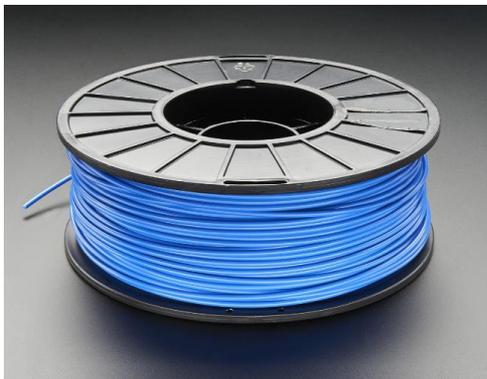
Gambar 3. Histogram perbandingan suhu real dan ujung Nozzle [8]

Mesin 3D *Printing* dikendalikan secara *computerize*. Jadi jalannya *nozzel* 3D *Printing* ini akan diatur oleh komputer. Karena gerakan *nozzel* 3D *Printing* diatur oleh komputer, maka akan menghasilkan arah gerakan yang berbeda. Arah gerakan *nozzel* bisa jadi searah sumbu x, y ataupun melintang (*internal geometri*). Perbedaan arah tersebut belum diketahui perbedaan sifat mekanis hasil cetakan. Perbedaan mekanis tersebut nantinya dapat dijadikan masukan kepada pelaku usaha ataupun penelitian selanjutnya untuk mendapatkan hasil kekuatan hasil cetakan 3D *Printing* yang lebih kuat. Sifat mekanik dari struktur hasil cetakan 3D *Printing* menggunakan bahan ABS adalah fokus utama dari penelitian ini.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan Penelitian Filament ABS

Filament ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) pada gambar 4 digunakan sebagai feeding material pada proses pencetakan objek tiga dimensi.



Gambar 4. Filament ABS

2.2 Peralatan dan Pengujian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

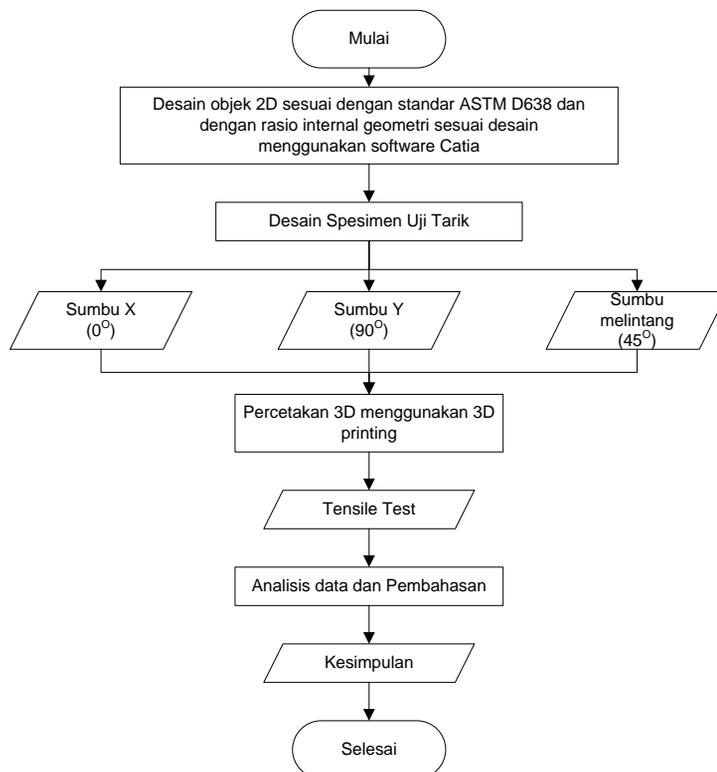
1. Komputer dengan *software* *Catia* digunakan untuk membuat desain spesimen 3D.
2. Komputer dengan *software* *Simplify3D* digunakan untuk mengatur setelan objek sebelum dicetak.
3. 3D printer Prusa i3 Alat cetak ini digunakan untuk mencetak objek tiga dimensi dengan material ABS.
4. Jangka Sorong dan mistar Digunakan untuk mengukur akurasi dimensi objek hasil cetakan dengan desain objek pada komputer.

5. *Tensile test* Pengujian tarik dengan standar ASTM D638 dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik objek uji.
6. Pengujian kekuatan tarik menggunakan tensile testing machine Beste KJ-1065 seperti ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Mesin tensile testing machine Beste KJ-1065

2.3 Diagram Alir



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

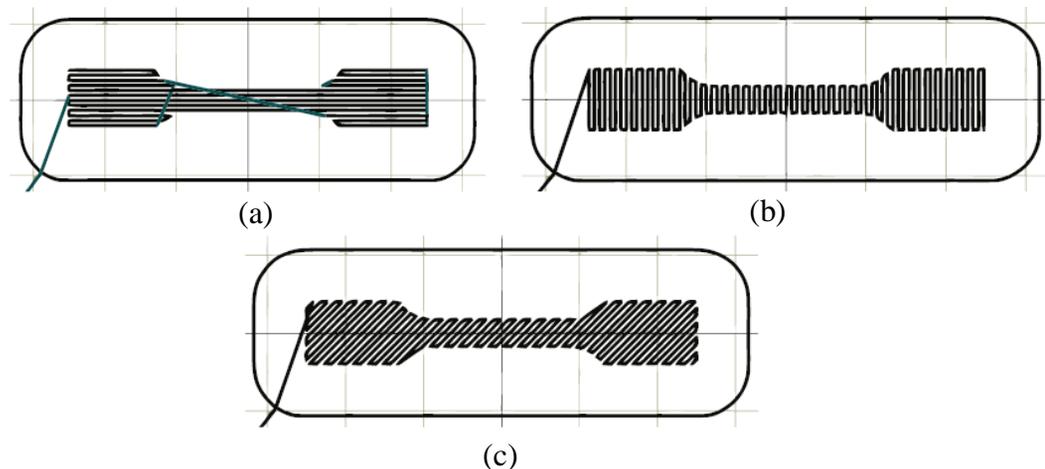
2.4 Prosedur Penelitian

Berdasarkan diagram alir penelitian pada Gambar 6 tahapan – tahapan dalam penelitian akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Desain 3D spesimen Objek yang nantinya akan dicetak terlebih dahulu digambar desain dua dimensinya menggunakan aplikasi Catia V5 dengan ukuran yang sesuai dengan standar ASTM D638 untuk pengujian tarik.
2. *Slicing layers* dan *Printing preparation* Objek tiga dimensi dengan ukuran yang telah ditentukan pada proses sebelumnya kemudian di buka menggunakan *software Simplify3D*. Secara otomatis jumlah lapisan dari objek tiga dimensi yang akan dicetak dapat diketahui jumlahnya dan dapat ditentukan jumlahnya dengan mengatur ketebalan dari setiap lapisannya.
3. Pencetakan 3D Setelan dari objek yang telah valid pada *software Simplify3D* kemudian dicetak menggunakan 3D Printer dengan panjang dan massa filament serta durasi yang telah diatur menggunakan *software Simplify3D*. Pengaturan arah nozzle dengan *internal infill angle offset* dan *external infill angle offset* diatur pada sudut 0 (sumbu X), 45 (sumbu melintang), dan 90 (sumbu Y).
4. Pengujian mekanik hasil cetak objek tiga dimensi yang telah berbentuk spesimen uji tarik kemudian dilakukan pengujian mekanik dengan standar ASTM D638.
5. Pengujian kekuatan tarik menggunakan alat Tensile testing machine Beste KJ-1065.

2.5 Rancangan Penelitian

Sesuai rancangan penelitian disajikan dalam gambar 6. Variabel yang digunakan untuk pengujian tarik (*tensile test*) merujuk pada standar ASTM D638 dengan jumlah sampel setiap variabel adalah tiga buah. Sampel tiga buah terdiri dari ketiga variabel yaitu pengaturan arah nozzle dengan *internal infill angle offset* dan *external infill angle offset* diatur pada sudut 0 (sumbu X), 45 (sumbu melintang), dan 90 (sumbu Y).

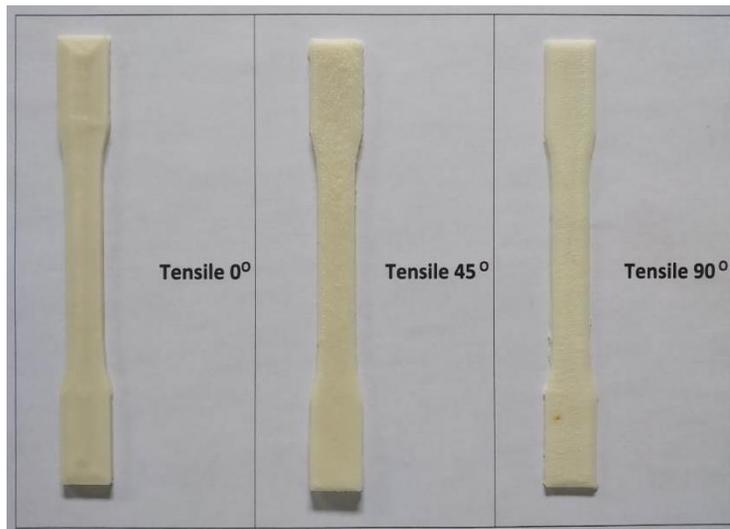


Gambar 7. Internal Giometri cetak 3D Printing (a. Giometri X, b. Giometri Y, c. Giometri Melintang)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Spesimen 3D Printing

Hasil cetakan spesimen untuk uji Tarik (*tensile test*) dengan standar ASTM D638 ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 8. Hasil spesimen uji tarik

Pengujian spesimen uji tarik menggunakan tensile testing machine Beste KJ-1065. Proses pengujian uji tarik pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 9.



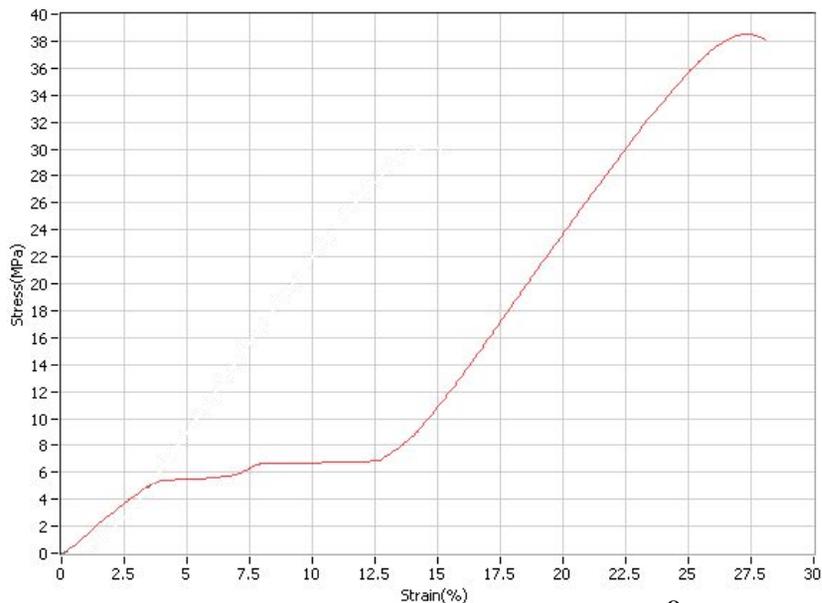
Gambar 9. Tensile testing machine Beste KJ-1065

Dari ketiga variabel yaitu *internal infill angle offset* dan *external infill angle offset* diatur pada sudut 0, 45, dan 90 didapatkan hasil kekuatan tarik yang berbeda – beda.

a. Hasil kekuatan tarik Spesimen 0°

Pada spesimen uji tarik dengan *internal infill angle offset* dan *external infill angle offset* diatur pada sudut 0° didapatkan hasil yang ditunjukkan pada gambar 9. Pada gambar 9 memperlihatkan kekuatan tarik (*tensile strength*) maksimal pada spesimen 0° sebesar 38.505 MPa.

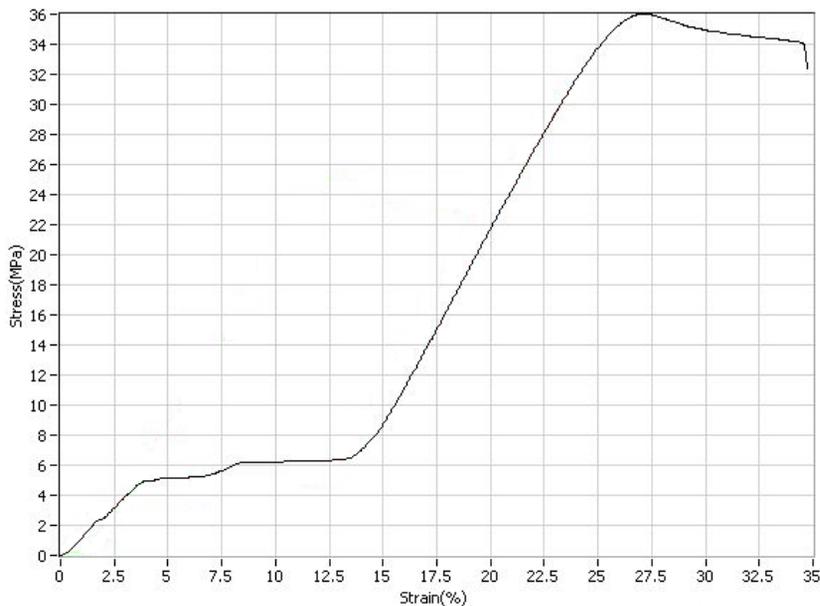
Penambahan panjang spesimen (*elongation percentage*) pada titik kekuatan maksimal (*peak*) sebesar 27.223 %.



Gambar 10. Grafik uji tarik spesimen 0^o

b. Hasil kekuatan tarik Spesimen 45^o

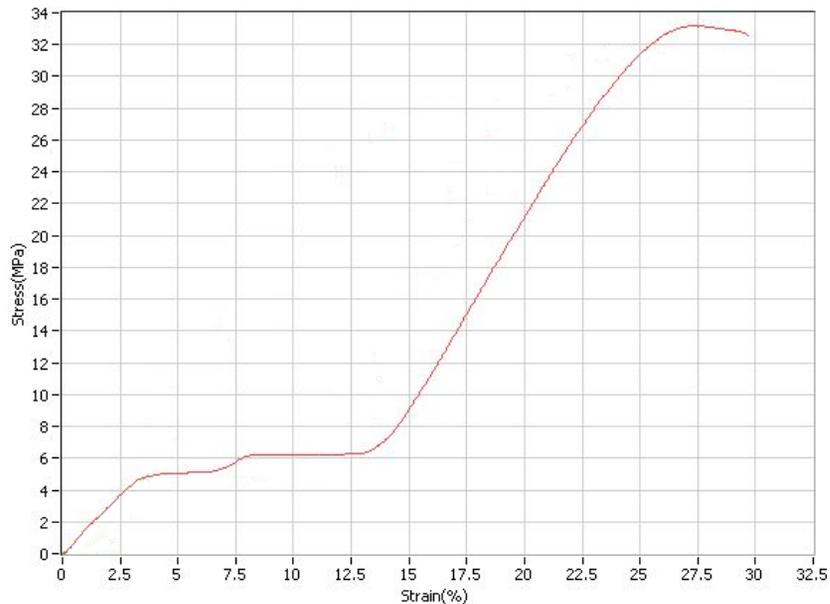
Pada spesimen uji tarik dengan *internal infill angle offset* dan *external infill angle offset* diatur pada sudut 45^o didapatkan hasil yang ditunjukkan pada gambar 10. Pada gambar 10 memperlihatkan kekuatan tarik (*tensile strength*) maksimal pada spesimen 45^o sebesar 35.998 MPa. Penambahan panjang spesimen (*elongation percentage*) pada titik kekuatan maksimal (*peak*) sebesar 27.140 %.



Gambar 11. Grafik uji tarik spesimen 45^o

c. Hasil kekuatan tarik Spesimen 90^o

Pada spesimen uji tarik dengan *internal infill angle offset* dan *external infill angle offset* diatur pada sudut 90^o didapatkan hasil yang ditunjukkan pada gambar 11. Pada gambar 11 memperlihatkan kekuatan tarik (*tensile strength*) maksimal pada spesimen 90^o sebesar 33.169 MPa. Penambahan panjang spesimen (*elongation percentage*) pada titik kekuatan maksimal (*peak*) sebesar 27.159 %.



Gambar 12. Grafik uji tarik spesimen 90^o

Dari hasil pengujian ketiga spesimen didapatkan perbandingan hasil yang ditunjukkan pada tabel 1. Pada tabel 1 menunjukan gaya (beban) terbesar terjadi pada spesimen dengan arah *nozzle* sudut 0^o dan gaya terkecil terjadi pada spesimen dengan arah *nozzle* sudut 90^o. Kekuatan tarik (*tensile strength*) terbesar terjadi pada spesimen dengan arah *nozzle* sudut 0^o dan kekuatan tarik terkecil terjadi pada spesimen dengan arah *nozzle* sudut 90^o. Penambahan panjang yang terjadi pada ketiga spesimen didapatkan nilai yang hamper sama yaitu sebesar sekitar 27%.

Tabel 1. Sifat mekanis spesimen uji tarik (*tensile test*)

Material	Max Force (N)	Tensile Strength (MPa)	Elongation percentage @ peak (%)	Area (mm ²)
Spesimen 0 ^o	1684.438	38.505	27.223	43.746
Spesimen 45 ^o	1601.702	35.998	27.140	44.494
Spesimen 90 ^o	1445.382	33.169	27.159	43.576

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian hasil pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa arah cetakan *nozzel* pada mesin 3D printing jenis FDM mempengaruhi kekuatan tarik produk yang dihasilkan. Kekuatan tarik terbesar didapatkan pada produk dengan arah *nozzel* sudut 0^o sebesar 38.505 MPa, sedangkan terkecil pada produk dengan arah *nozzel* sudut 90^o sebesar 33.169 MPa. Tetapi persentase penambahan panjang ke tiga produk (*elongation percentage*) pada titik kekuatan

maksimal (peak) yaitu sama, sebesar 27.159 %. Produk 3D *Printing* jenis FDM dengan arah cetakan *nozzel* dengan pengaturan *internal infill angle offset* dan *external infill angle offset* diatur pada sudut 0° dapat menghasilkan kekuatan tarik (*tensile strength*) terbesar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. P. More, "3D Printing Making the Digital Real," *International Journal Of Engineering Sciences & Research (IJESRT)*, pp. 1822-1825, 2013.
- [2] A. Rinanto and W. Sutopo, "Perkembangan Teknologi Rapid Prototyping: Study Literatur," *Jurnal Metris*, pp. 105-112, 2017.
- [3] J. Q. Al-Maliki, "The Processes and Technologies of 3D Printing," *International Journal of Advances in Computer Science and Technology*, pp. 161-165, 2015.
- [4] V. G. Surange and P. V. Gharat, "Using Fused Deposition Modelling (FDM)," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, pp. 1403-1406, 2016.
- [5] P. Feng, X. Meng, J. F. Chen and L. Ye, "Mechanical properties of structures 3D printed with cementitious powders," *Elsevier Construction and Building Materials*, pp. 486-297, 2015.
- [6] O. Carneiro, "Fused Deposition Modeling with Polypropylene," *Materials and Design Journal*, pp. 768-776, 2015.
- [7] S. Lubis, S. Djamil and Yolanda, "Pengaruh Orientasi Objek Pada Proses 3D Printing Bahan Polymer PLA Dan ABS Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketelitian Dimensi Produk," *SINERGI Vol. 20*, pp. 27-35, 2016.
- [8] D. Sulayman, B. Waluyo and B. Sugito, "Pengaruh Suhu Dari Heater Nozzle Terhadap Produk," Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2015.