

PENGARUH PARAMETER PROSES EKTRUSI 3D *PRINTER* TERHADAP SIFAT MEKANIS CETAK KOMPONEN BERBAHAN FILAMENT PLA (*Poly Lactide Acid*)

Agris Setiawan¹⁾

¹⁾Program Studi DIII Aeronautika, STTKD Yogyakarta

¹⁾agrissetiawan@gmail.com

Abstrak

Rapid Prototyping (RP) mengacu pada fabrikasi layer by layer pada model fisik tiga dimensi langsung dari computer aided design (CAD). Proses additive manufacturing ini memberikan kemampuan desainer dan insinyur untuk benar-benar mencetak ide-ide dalam tiga dimensi. Proses RP memberikan alternatif yang cepat dan murah untuk memproduksi prototipe dan model fungsional dibandingkan dengan rute konvensional untuk bagian produksi. Pada penelitian ini akan dianalisa parameter mesin printer 3 dimensi untuk mengetahui sifat mekanis dari spesimen yang dihasilkan untuk diuji tarik. Aplikasi printer 3 dimensi dapat digunakan dimanapun baik di industri pesawat, industri kapal, mobil hingga aplikasi medis. Penelitian ini bertujuan untuk 1). Mendapatkan parameter proses mesin 3D Printer. 2). Data sifat mekanis hasil cetak filamen berbahan PLA dari 3D Printer.

Jalannya penelitian dibagi menjadi delapan tahap yang meliputi studi literatur, perumusan masalah dan tujuan, pengumpulan data, pembuatan spesimen uji, pengujian, analisis hasil, kesimpulan, penulisan laporan penelitian. Metode penelitian dengan menentukan parameter setting process dengan menentukan Temperature extruder (°C), Print speed (mm/s), Layer height (mm). Pembuatan dan design spesimen tensile test disesuaikan dengan ASTM D 638 tipe IV. Pengujian tensile test untuk mengetahui Ultimate Tensile Test (UTS), Yield Strength dan pengukuran Shrinkage dengan spesimen berbahan PLA.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 1). Parameter proses mesin 3D Printer pada setting A yaitu Print speed 80 mm/s, layer height 0,15 mm dan temperatur extruder 220 °C menghasilkan angka tensile strength spesimen tertinggi. 2). Nilai rerata tensile strength yang tertinggi didapat pada rerata spesimen B dengan nilai sebesar 27,96 MPa. 3). Spesimen C mempunyai nilai rerata kekuatan tarik (σ) sebesar 27,81 MPa. Spesimen A nilai rerata kekuatannya sebesar 27,81 MPa sehingga dapat diketahui kecepatan print speed mempengaruhi kekuatan tarik spesimen. 3). Nilai rerata yield strength dari pengujian tarik. Hasil perbandingan dari nilai rerata yang didapat dari variasi spesimen maka nilai rerata yield strength (σ_{ys}) yang tertinggi didapat pada spesimen A dengan nilai sebesar 25,38 MPa, spesimen B mempunyai nilai rerata yield strength (σ_{ys}) sebesar 25,37 MPa. Spesimen C nilai rerata yield strength (σ_{ys}) sebesar 21,46 MPa. 4). Nilai rerata persentase shrinkage (%), Spesimen yang mengalami penyusutan paling besar adalah Spesimen B sedangkan spesimen A sebesar 0,6% kemudian spesimen C sebesar 0,3%.

Kata kunci : 3D Printer, poly lactide acid, tensile test, shrinkage

Pendahuluan

Rapid Prototyping (RP) mengacu pada fabrikasi layer by layer pada model fisik tiga dimensi langsung dari computer aided design (CAD). Proses additive manufacturing ini memberikan kemampuan desainer dan insinyur untuk benar-benar mencetak ide-ide dalam tiga dimensi. Proses RP memberikan alternatif yang cepat dan murah untuk memproduksi prototipe dan model fungsional dibandingkan dengan rute konvensional untuk bagian produksi. PLA merupakan jenis plastik yang termasuk dalam golongan aliphatic polyester yang secara umum dibuat dari α -hydroxy acid dan bersifat *degradable* [6]. Menurut Garlotta [6], PLA dapat diurai melalui hidrolisis pada ikatan esternya tanpa membutuhkan enzim sebagai katalis dalam proses hidrolisis. ABS merupakan jenis plastik polimer yang terdiri dari tiga jenis monomer, yaitu *acrylonitrile*, *butadiene*, dan *styrene* [10]. Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan Yogyakarta memiliki mesin berbasis additive manufacturing. Mesin printer 3 dimensi yang terdapat di STTKD Yogyakarta yaitu merk Winbo High Precision Printer dengan prinsip FDM untuk fabrikasi produk menggunakan material berbentuk filamen. Filamen yang digunakan merupakan filamen PLA (*Poly Lactide Acid*). Teknologi printer 3 dimensi berbasis Fused

Deposition Modeling (FDM) dengan filament PLA (*Poly Lactide Acid*) dan ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) akan memudahkan para pelajar bidang kedirgantaraan dalam mendesain dan membuat prototipe bagian UAV maupun pesawat yang selama ini dibuat dengan cara konvensional

Tinjauan Pustaka dan Pengembangan Hipotesis

a. Kajian Pustaka Terdahulu

Scott Crump pertama kali memperkenalkan *Fused Deposition Modeling* (FDM) yang mulai dipasarkan pada tahun 1990. FDM merupakan salah satu metode dengan teknologi *solid base rapid prototyping* dengan proses ekstruksi. Umumnya material yang digunakan dalam FDM adalah filament plastik ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) dan PLA (*Poly Lactid Acid*).

Penelitian yang dilakukan oleh Angel dkk. [1] penggunaan filament berbahan ABS dengan kandungan TiO_2 , *rubber* dan penggunaan mesin 3 D printer diketahui nilai *tensile strength* tertinggi terdapat pada filament berbahan ABS tanpa campuran. FDM merupakan salah satu metode dengan teknologi *solid base rapid prototyping* dengan proses ekstruksi. Umumnya material yang digunakan dalam FDM adalah filamen plastik ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) dan PLA (*Poly Lactid Acid*). PLA merupakan jenis plastik yang termasuk dalam golongan aliphatic polyester yang secara umum dibuat dari α -hydroxy acid dan bersifat biodegradable [6].

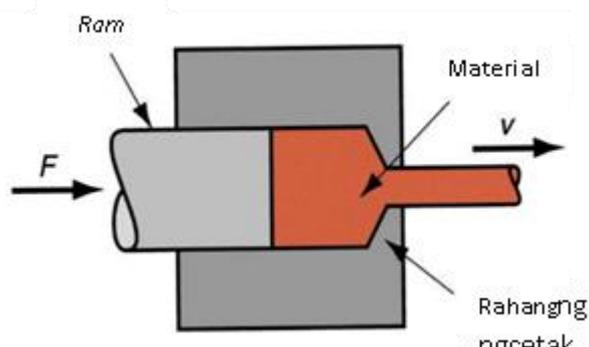
Menurut Garlotta [6], PLA dapat diurai melalui hidrolisis pada ikatan esternya tanpa membutuhkan enzim sebagai katalis dalam proses hidrolisis. ABS merupakan jenis plastic polimer yang terdiri dari tiga jenis monomer, yaitu acrylonitrile, butadiene, dan styrene [10]. Berbeda dengan PLA, ABS memiliki sifat yang susah diurai dan cenderung tidak ramah lingkungan. Material mengalami perubahan fasa menjadi semi-liquid kemudian di-*inject* melalui *nozzle* untuk menyusun lapisan demi lapisan sampai terbentuk produk sesuai dengan geometri yang diinginkan. Secara umum proses FDM diilustrasikan pada Gambar 1. Ilustrasi proses FDM [9].

b. Rapid Prototyping

Rapid Prototyping (RP) adalah sebuah istilah yang digunakan untuk menggambarkan teknologi yang dapat membuat benda tiga dimensi dalam satu proses secara langsung melalui CAD. Beberapa definisi mengenai pengertian teknologi *rapid prototyping* yaitu: 1). *Freeform fabrication*, pembuatan bentuk bebas. Menekankan bahwa RP sebagian besar membuat geometris independen yang dalam setiap peningkatan kompleksitas bentuk benda yang dibuat tidak selalu lebih sulit ketika proses pembuatan benda kerja dilakukan. 2). Automasi fabrikasi. Hubungan RP dengan teknologi serupa yang lain, seperti mesin NC untuk menekankan fakta bahwa sebagian besar komponen diproduksi tanpa campur tangan manusia karena RP menggantikan keterampilan membuat model secara tradisional, hal ini dapat dianggap sebagai keuntungan besar dalam hal peningkatan kecepatan manufaktur dan mengurangi kebutuhan tenaga kerja terampil. 3). Lapisan berbasis *additive manufacture*. *Rapid Prototyping* menyederhanakan kompleksitas proses pembuatan 3D dengan mereduksinya ke dalam serangkaian ketebalan terbatas bentuk 2D atau lapisan dan menambahkan keduanya bersama-sama [7]. Teknologi *rapid prototyping* saat ini makin berkembang dengan metode yang bervariasi [8], yaitu *stereolithography* (SLA), *laminated object manufacturing* (LOM), *selective laser sintering* (SLS), *fused deposition modeling* (FDM), *three dimensional printing* (3DP), *thermal phase change inkjets*, *photo polymer phase change inkjets* (Polyjet), dan *contour crafting* (CC).

c. Proses Ekstrusi

Proses ekstrusi adalah proses pembentukan produk dimana material awal dimasukkan ke dalam dies lalu ditekan melewati sebuah lubang cetakan dengan menggunakan gaya tekan mekanik maupun hidrolis [2]. Secara umum prinsip proses ekstrusi ditunjukkan pada Gambar 2. Material ditekan dengan sebuah ram dengan gaya sebesar F melalui *dies* sehingga terbentuk produk dengan profil yang diinginkan. Aran [2] mendefinisikan proses ekstrusi sebagai proses pembentukan produk dimana material dalam sebuah pipa ditekan melewati sebuah lubang cetakan menggunakan gaya tekan mekanik atau hidrolis melalui rahang cetakan sehingga terbentuk profil sesuai dengan yang diinginkan. Pada awal perkembangannya, proses ekstrusi digunakan untuk proses pembentukan material logam. Kalpakjian dan Schmid [8] menjelaskan dalam bukunya bahwa proses ekstrusi untuk material logam terbagi menjadi empat tipe yaitu: ekstrusi langsung, ekstrusi tidak langsung, ekstrusi hidrostatik, dan ekstrusi kejut (*impact*).



Gambar 2. Proses Ekstrusi

d. Pengujian Sifat Mekanis Bahan

1. Uji Tarik/ *Ultimate Tensile Strength* (UTS)

Uji tarik dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data yang digunakan untuk mendukung spesifikasi bahan. Pada uji Tarik bahan/spesimen diberi gaya tarik sesumbu yang kemudian bertambah secara kontinu seperti pada Gambar 3. Spesimen uji tarik. Bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami bahan uji/spesimen. Untuk menghitung tegangan membujur rata-rata pengujian tarik yang diperoleh dengan membagi beban dengan luas awal penampang melintang pada bahan yang di uji. Seperti yang ditunjukkan pada persamaan (1).

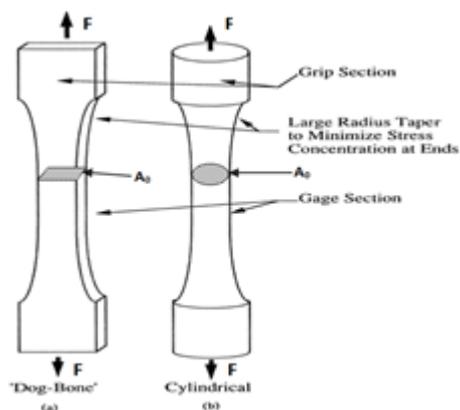
$$\sigma = F/A_0 \quad (1)$$

dengan :

σ : kekuatan tarik (MPa)

F : beban maksimum saat (N)

A_0 : luas penampang melintang *specimen* (mm²) [3]



Gambar 3.Spesimen Uji Tarik (A) Penampang Rata Atau “*Dog-Bone*” dengan Daerah Pencekaman Yang Luas Yang Dikurangi Untuk Bagian Pengukuran/*Gage Section*, (B) *Specimen* Uji Tarik Bentuk Silindris [5]

Hasil dan Pembahasan

a. Parameter *Process Setting* Mesin 3 D Printer

Parameter *setting* mesin 3 D printer mengacu pada *print speed* dan *temperature extruder* dengan diameter filamen 3 mm.

Tabel 1.Variasi *Setting* 3D Printer

Kode <i>Setting</i>	<i>Layer</i> (mm)	<i>Height</i>	<i>Print Speed</i> (mm/s)	<i>Temperature Extruder</i> (°C)
A	0,15		50	220
B	0,15		80	220
C	0,15		110	220

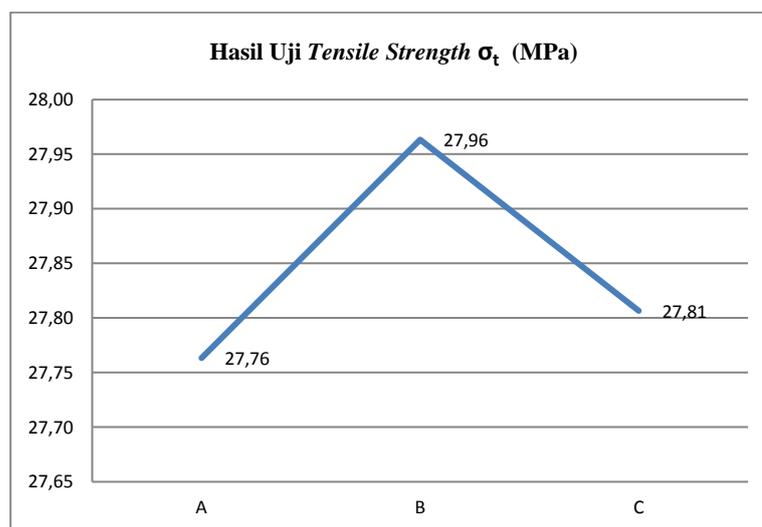
b. *Tensile Strength*

Dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil pengujian tarik didapatkan nilai σ_t pada tiap spesimen dengan variasi pengaturan *print speed*-nya. Hasil perbandingan dari nilai rerata kekuatan tarik/*tensile strength* (σ_t).

Tabel 2. Hasil Pengujian Tarik

Kode Spesimen	σ_t (MPa)	
A	Sp 1	27,63
	Sp 2	29,36
	Sp 3	26,30
	Rerata	27,76
B	Sp 1	27,58
	Sp 2	28,28
	Sp 3	28,03
	Rerata	27,96
C	Sp 1	28,51
	Sp 2	27,82
	Sp 3	27,09
	Rerata	27,81

Rerata yang tertinggi didapat pada rerata spesimen B dengan nilai sebesar 27,96 MPa, spesimen komposisi C mempunyai nilai rerata kekuatan tarik (σ_t) sebesar 27,81 MPa. Spesimen komposisi A nilai rerata kekuatannya dengan nilai sebesar 27,76 MPa sehingga dapat diketahui kecepatan *print speed* mempengaruhi kekuatan tarik spesimen, spesimen B mempunyai kekuatan tarik tertinggi seperti pada Gambar 4. Hasil Uji *Tensile Strength*.



Gambar 4. Hasil Uji *Tensile Strength*

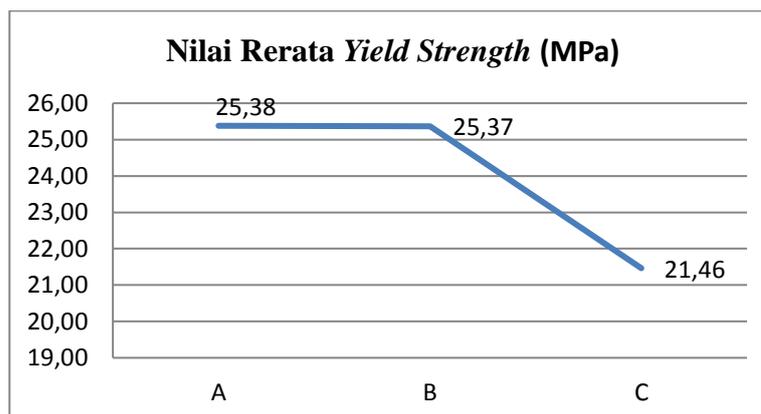
b. Yield Strength

Dapat dilihat pada Tabel 3. Rerata *yield strength* dari pengujian tarik. Hasil perbandingan dari nilai rerata yang didapat dari variasi spesimen maka nilai rerata *yield strength* (σ_{ys}) yang tertinggi didapat pada spesimen A dengan nilai sebesar 25,38 MPa, spesimen B mempunyai nilai rerata *yield strength* (σ_{ys}) sebesar 25,37 MPa. Spesimen C nilai rerata rerata *yield strength* (σ_{ys}) sebesar 21,46 MPa sehingga nilai rerata terendah dari tiga jenis spesimen yang dipengaruhi oleh *print speed*-nya.

Tabel 3. Rerata *Yield Strength* dari Pengujian Tarik

Kode Spesimen	<i>Yields Strength</i> (MPa)
A	25,38
B	25,37
C	21,46

Pada Gambar 5. Nilai Rerata *Yield Strength* spesimen dapat dilihat terjadi penurunan nilai *yield strength*-nya yang sejalan dengan meningkatnya *print speed*. Spesimen A dengan kecepatan cetak 50 m/s mempunyai nilai *yield strength* tertinggi. Spesimen B dengan kecepatan cetak 80 m/s mempunyai nilai yang lebih rendah kemudian terendah adalah spesimen C dengan kecepatan cetak 110 m/s. Semua spesimen mempunyai pengaturan suhu ekstruder yang sama yaitu 220 °C.



Gambar 5. Nilai Rerata *Yield Strength*

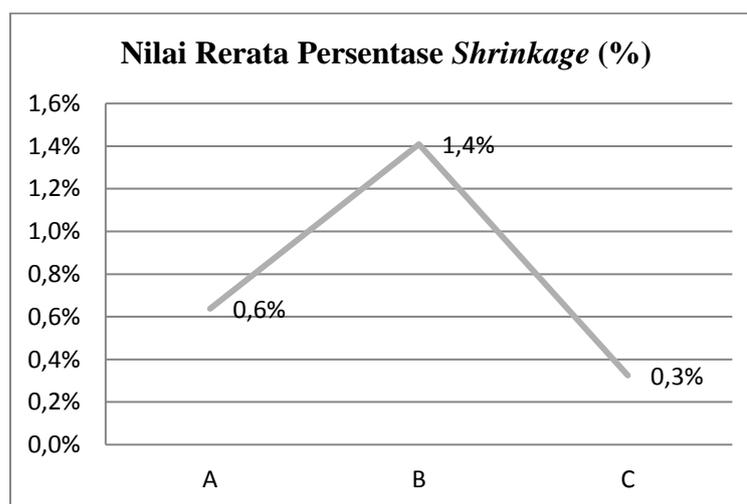
d. Penyusutan/ *Shrinkage*

Penyusutan diukur dengan menentukan titik B, titik C, titik D pada tiap spesimen. Jarak awal pengukuran dengan pengukuran akhir mempunyai selang waktu 2 jam. Nilai rerata penyusutan dapat dilihat pada Tabel 4. Nilai Rerata Penyusutan/*Shrinkage*.

Tabel 4. Nilai Rerata Penyusutan/*Shrinkage*

Kode Spesimen	Ukuran Awal (mm)			Ukuran Akhir (setelah 2 jam) (mm)		
	B	C	D	B	C	D
A SP 1	6,10	19,20	3,00	6,14	19,12	3,00
A SP 2	6,10	19,10	3,00	6,04	18,97	3,00
A SP 3	6,15	19,15	3,15	6,03	18,95	3,11
Rerata	6,12	19,15	3,05	6,07	19,01	3,04
B SP 1	6,15	19,30	2,80	6,00	19,27	2,89
B SP 2	6,20	19,20	2,95	6,03	18,98	2,97
B SP 3	6,35	19,15	3,15	6,04	18,97	3,07
Rerata	6,23	19,22	2,97	6,02	19,07	2,98
C SP 1	6,10	19,25	3,10	6,04	19,17	3,07
C SP 2	6,10	19,10	3,10	6,08	19,14	3,06
C SP 3	6,10	19,00	3,10	6,04	18,92	3,18
Rerata	6,10	19,12	3,10	6,05	19,08	3,10

Nilai rerata persentase penyusutan spesimen dapat dilihat di Gambar 5. Nilai Rerata Persentase *Shrinkage* (%), Spesimen yang mengalami penyusutan paling besar adalah Spesimen B sedangkan di bawahnya adalah spesimen A sebesar 0,6% kemudian spesimen C sebesar 0,3%.



Gambar 6. Nilai Rerata Persentase *Shrinkage* (%).

Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah

- 1) Parameter proses mesin *3D Printer* pada setting A yaitu *Print speed* 80 mm/s, *layer height* 0,15 mm dan temperatur *extruder* 220°C menghasilkan angka uji tarik spesimen tertinggi.
- 2) Nilai rerata yang tertinggi didapat pada rerata spesimen B dengan nilai sebesar 27,96 MPa. Spesimen C mempunyai nilai rerata kekuatan tarik (σ_t) sebesar 27,81 MPa. Spesimen A nilai rerata kekuatan tariknya dengan nilai sebesar 27,81 MPa sehingga dapat diketahui kecepatan *print speed* mempengaruhi kekuatan tarik spesimen.3).Nilai rerata *yield strength* dari pengujian tarik. Hasil perbandingan dari nilai rerata yang didapat dari variasi spesimen maka nilai rerata *yield strength* (σ_y) yang tertinggi didapat pada spesimen A dengan nilai sebesar 25,38 MPa, spesimen B mempunyai nilai rerata *yield strength* (σ_y) sebesar 25,37 MPa. Spesimen C nilai rerata *yield strength* (σ_y) sebesar 21,46 MPa.4). Nilai rerata persentase *Shrinkage* (%), Spesimen yang mengalami penyusutan paling besar adalah Spesimen B sedangkan spesimen A sebesar 0,6% kemudian spesimen C sebesar 0,3%.

Daftar Pustaka

- [1] Angel, R., Perez,T., Roberson, A. D., Wicker, R., 2014, *Fracture Surface Analysis of 3D-Printed Tensile Specimens of Novel ABS-Based Materials*, Springer.
- [2] Aran, A., 2007, *Manufacturing Properties of Engineering Materials*, <http://www2.isikun.edu.tr/personel/ahmet.aran>, diaksesdalamjaringanpada 10 September 2015.
- [3] Ashby, M. F. 1998. *Engineering Materials (2nd ed.)* , Butterworth-Heinemann. Oxford.
- [4] Brock, J.M., Montero, M., Odell, D., Roundy, S., 2000, *Fused Deposition Modeling (FDM) Material Properties Characterization*, http://ode11.com/publications/sme_rp_2001.pdf diaksesdalamjaringanpada 25 Juni 2015.
- [5] Davis, H.E., Leach, J.K., 2008, *Hybrid and Composite Biomaterials in Tissue Engineering*, *Multifunctional Biomaterials and Device*, pp.1-26.
- [6] Garlotta, D., 2011, *A Literature Review of Poly(Lactic Acid)*, *Journal of Polymers and the Environment*, vol. 9, no. 2, pp. 63 – 84.
- [7] Gibson, I., Rosen, D. W., Stucker, B., 2010, *Additive Manufacturing Technologies Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing*, Springer.
- [8] Stotz, I., Heynick, M., 2006, *3D CAD, CAM and Rapid Prototyping*, *LAPA Digital Technology Seminar*,v1.1.
- [9] Kalpakjian, S. danSchmid, S.R., 2003, *Manufacturing Processes for Engineering Materials*, 4th Edition, Prentice Hall.
- [10] Marcincinova, L.N., Kuric, I., 2012, *Basic and Advanced Materials for Fused Deposition Modeling Rapid Prototyping Technology*, *Manufacture and Industrial Engineering* 11(1), pp. 24-27.
- [11] Rutkowski, J.V. , Levin, B.C., 1986, *Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Copolymers (ABS): Pyrolysis and Combustion Products and their Toxicity – A Review of the Literature*, *Fire and Materials*, vol. 10, pp. 93 – 105.