

Properti Mekanik Material [Sagu/PMMA] “3D-Printable”

I. R. Putra ¹⁾, A. E. Tontowi ²⁾

^{1),2))}Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika no.2, Yogyakarta, 55281, Tlp. 0274 521673
Email : Ikbalrizkiputra@gmail.com

Abstrak: 3D printing merupakan salah satu metode manufaktur yang sangat populer di dunia. Salah satu bidang yang menggunakan metode ini adalah bidang kesehatan. Salah satu aplikasinya adalah pada rekayasa tulang dan jaringan yang digunakan untuk memberikan pendekatan alternatif dalam menyembuhkan dan memperbaiki kerusakan pada tubuh manusia seperti scaffold. Dikarenakan hal ini maka, diperlukan pengembangan material yang dapat diterima dengan baik pada tubuh manusia. Sagu merupakan salah satu bahan alami yang termasuk kedalam golongan bahan biodegradable. PMMA merupakan jenis polimer yang telah digunakan dalam bidang medis seperti pembuatan gusi dan penyembuhan tulang. Fokus studi ini adalah pengembangan material dengan cara mencampurkan sagu dan PMMA serta mengetahui properti mekanik dari material tersebut dan kemampuannya dalam proses manufaktur menggunakan mesin 3D printing. Material disiapkan dengan mencampurkan sari pati sagu dan PMMA kemudian ditambahkan gliserol sebagai plasticizer juga asam asetat dan air sebagai additif kedua. Sagu memiliki nilai kuat tarik sebesar 2.29 MPa dengan menambahkan PMMA, nilai tersebut dapat meningkat hingga 3.25 MPa dan juga waktu pengerasan material berkisar antara 1199 hingga 2041 detik. Material sagu/PMMA dapat digunakan sebagai bahan alternatif dalam pencetakan menggunakan mesin 3D printing serta dengan mencampurkan sagu dan PMMA dapat meningkatkan nilai kuat Tarik dari sagu itu sendiri.

Kata kunci: Sagu/PMMA, waktu pengerasan, 3D printing, kuat tarik.

1. Pendahuluan

Rekayasa tulang dan jaringan menawarkan pendekatan alternatif untuk perbaikan dan regenerasi jaringan manusia yang rusak. Berbagai strategi tersedia untuk regenerasi jaringan, seperti infiltrasi sel, penanaman jaringan pada scaffold berpori, Pemodelan Deposisi Fuse, pencetakan sel 3-D, dan scaffold yang dapat disuntikkan (Nakamatsu, Torres, Troncoso, Min-Lin, & Boccaccini, 2006). Pengembangan perancah berpori adalah salah satu teknik yang paling menantang dan menarik dalam rekayasa jaringan. Pencetakan 3-D adalah salah satu strategi menarik untuk digunakan karena kemudahannya, aplikasi yang luas, dan kontrol penuh terhadap parameter geometris. Keuntungan terbesar yang diberikan printer 3D dalam aplikasi medis adalah kebebasan untuk menghasilkan produk dan peralatan medis yang dibuat khusus (Ventola, 2014).

Pati adalah sumber utama polisakarida pada tanaman dan juga dapat terurai secara hayati (Martins & Rodrigues, 2012; Waghmare et al., 2017). Dalam beberapa tahun terakhir, banyak peneliti mengeksplorasi berbagai bahan seperti polimer sintesis dan alami, untuk merancang perancah (Journal, Science, & Technology, 2015). Sebelumnya banyak peneliti telah berfokus pada pati dari jagung (Pavlov, Mano, Neves, & Reis, 2004), gandum, singkong (Oladayo, Umunna, Joseph, & Oluwasegun, 2016), sekam padi (Journal et al., 2015) dan kentang (Gregorová, Živcová, & Pabst, 2009; Nakamatsu et al., 2006) dan sangat sedikit laporan yang tersedia tentang pati sagu (Nakamatsu et al., 2006). Pati sagu dihasilkan dari pohon sagu (*Metroxylon* spp.), Yang juga dikenal sebagai rumbia. Dalam beberapa tahun terakhir, bahan yang paling umum digunakan dalam rekayasa tulang dan jaringan adalah komposit berbasis polymethylmetacrylate (PMMA) (Sekarjati, 2018). PMMA murni memiliki sifat mekanik terbatas, kurang kompatibel, kaku, dan non-bioaktif. Karena itu perlu dikombinasikan dengan pati alami seperti sagu untuk meningkatkan sifat mekanik.

Penggunaan pencetakan 3-D dalam bidang medis, baik aktual maupun potensial, dapat diatur ke dalam beberapa kategori besar, termasuk: pembuatan jaringan dan organ; pembuatan prosthetics, implan, dan model anatomi yang disesuaikan; dan penelitian farmasi tentang bentuk sediaan obat, pengiriman, dan penemuan (Ventola, 2014). Penerapan pencetakan 3D dalam pengobatan dapat memberikan banyak manfaat, termasuk: penyesuaian dan personalisasi produk medis, obat-obatan, dan peralatan;

efektivitas biaya; peningkatan produktivitas; demokratisasi desain dan manufaktur; dan kolaborasi yang ditingkatkan.

Selain biokompatibilitas dan sifat mekanik, material untuk aplikasi jaringan keras sangat menuntut sifat arsitektur dalam hal ukuran pori, interkoneksi pori, dan porositas. Karena bentuknya yang kompleks maka diperlukan metode yang dapat memenuhi persyaratan arsitektur dan cetak 3-D dapat memenuhinya. Atau, pendekatan bottom-up pencetakan 3D biasanya dimulai dengan unit bangunan kecil yang disusun dan ditumpuk untuk akhirnya mendapatkan geometri yang diinginkan.

Selain biokompatibilitas dan sifat mekanik (Alva E Tontowi, Anggraeni, Saragih, Raharjo, & Utami, 2017), komposit untuk aplikasi jaringan keras sangat menuntut geometri arsitektur yang presisi dalam hal ukuran pori, interkoneksi pori, dan porositas (Hutmacher, 2000). Teknologi 3D *Printer* dapat memberikan solusi untuk hal-hal tersebut. Namun, saat ini hanya sedikit material yang cocok untuk diterapkan untuk mesin 3D *Printer*. Dalam studi ini, sagu dicampurkan dengan PMMA untuk membentuk biokomposit yang berpotensi berlaku sebagai bahan pengisi mesin 3D *Printer*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati sagu yang diperoleh dibeli dari pasar ritel, *hot curing* Polymethyl methacrylate (bubuk PMMA dan cairan MMA; ADM Inggris), gliserol, asam asetat dan air. Pasta biokomposit dibuat sebagai berikut: pertama, pencampuran bubuk tepung sagu, PMMA, kedua ditambahkan gliserol, asam asetat (Yuniarti, Hutomo, & Rahim, 2014), dan air. Kemudian aduk campuran yang diaduk sampai menjadi campuran yang homogen. Setelah itu panaskan campuran hingga menjadi pasta. Siapkan MMA lalu tuangkan ke pasta dan campur. Pasta kemudian diambil untuk mengisi mangkuk dan ekstruder yang terpasang pada mesin 3D *printer*.

2. Pembahasan

Bahan biokomposit yang dapat dicetak telah dikembangkan dengan menggunakan komposisi sagu, PMMA / MMA, gliserol, asam asetat dan air. Variasi komposisi rasio antara PMMA dan sagu termasuk 1: 1, 1: 2, 1: 3, dan 1: 4 telah diterapkan. Rasio tetap telah diterapkan untuk gliserol 30% dari jumlah sagu, asam asetat 25% dari jumlah sagu, dan sagu: air. Selanjutnya, hasil nilai kuat tarik dari bahan komposit yang telah diciptakan dibandingkan dengan nilai kuat tarik dari PMMA dan sagu.

Tabel 20. Rasio Komposisi Biokomposit

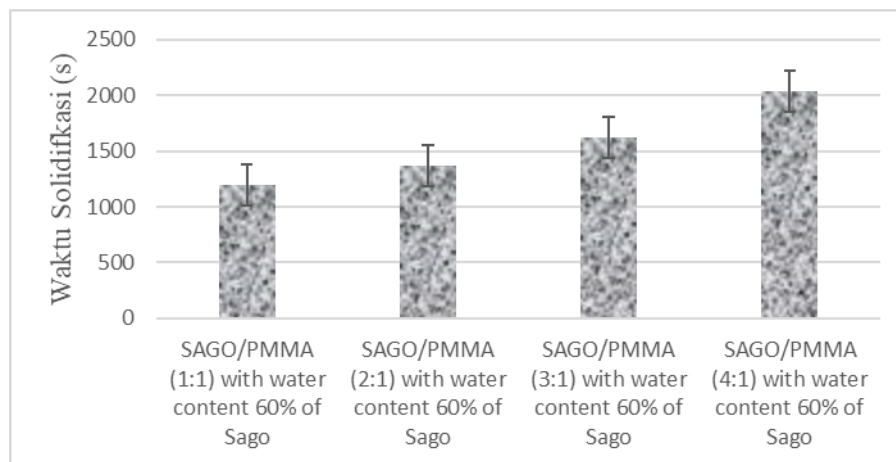
No.	Nama Sampel	PMMA (w:w)	Sagu (w:w)	Glycerol (w:v%)	Acetic Acid (w:v%)	Water (w:v%)
1	PMMA	1	-	-	-	-
2	SGPC 60% 1	1	1	30	25	60
3	SGPC 60% 2	1	2	30	25	60
4	SGPC 60% 3	1	3	30	25	60
5	SGPC 60% 4	1	4	30	25	60
6	SAGU 60%	-	1	30	25	60

Efek dari variasi rasio PMMA dan sagu yang digunakan ditunjukkan pada tabel 2. Sampel SGPC 60% 4 yang menggunakan sagu lebih banyak memiliki nilai kuat yang lebih rendah dibandingkan nilai kuat tarik dari sampel dengan jumlah lebih banyak. Nilai kuat tarik sampel biokomposit yang didapatkan pada penelitian ini berkisar antara 2,53 MPa – 3,25 MPa, nilai kuat tarik dari sagu 2,29 MPa dan nilai kuat tarik PMMA 13,43 MPa. Dengan membandingkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa dengan mencampurkan PMMA dan sagu akan meningkatkan nilai kuat tarik dari sagu yang semula memiliki nilai kuat tarik 2,29 MPa dapat ditingkatkan menjadi 3,25 MPa. Nilai kekuatan tarik yang rendah ini mungkin disebabkan oleh adanya porositas pada sampel yang di uji (Alva E Tontowi et al., 2017).

Tabel 21. Nilai Kuat Tarik PMMA, Biokomposit PMMA/SAGU dan Sagu.

No.	Sampel	PMMA (w:w)	Sagu (w:w)	Tensile Strength (MPa)
1	PMMA	1	-	13,43
2	SGPC 60% 1	1	1	3,25
3	SGPC 60% 2	1	2	3
4	SGPC 60% 3	1	3	3,09
5	SGPC 60% 4	1	4	2,53
6	SAGU 60%	-	1	2,29

Efek dari variasi PMMA dan sagu yang digunakan pada waktu pengerasan dari biokomposit ditunjukkan pada gambar 1. Waktu pengerasan ini perlu diketahui karena dalam proses pencetakan 3D salah satu parameter penting yang sangat berpengaruh pada hasil akhir pencetakan adalah waktu pengerasan selain sifat mekanik dari material itu sendiri (A E Tontowi, Ramdani, Erdizon, & Baroroh, 2017). Seperti ditunjukkan pada gambar 1, didapatkan waktu Pengerasan biokomposit yang berkisar antara 1199 detik pada spesimen dengan rasio (PMMA/SAGU) 1:1 hingga 2041 detik pada spesimen dengan rasio (PMMA/SAGU) 1:4. Lama waktu solidifikasi dipengaruhi oleh jumlah sagu yang digunakan. Semakin banyak sagu yang di gunakan, maka semakin lama waktu pengerasanya. Waktu pengerasan yang cukup lama ini menunjukkan bahwa biokomposit (PMMA/SAGU) dapat dijadikan material alternatif dalam proses pencetakan 3D pada bidang rekayasa tulang dan jaringan seperti pembuatan *scaffold*.



Gambar 38. Efek dari variasi rasio PMMA:SAGU pada waktu solidifikasi

3. Kesimpulan

Biokomposit yang terbuat dari PMMA dan sagu telah berhasil dikembangkan dan dapat di aplikasikan sebagai material alternatif pada proses pencetakan 3D dalam bidang rekayasa tulang dan jaringan. Dua parameter yang memiliki pengaruh penting pada proses pencetakan 3D telah di teliti yaitu nilai kuat tarik dan waktu pengerasan dari biokomposit tersebut. Nilai kuat tarik yang didapatkan berkisar antara 2,53 MPa (SGPC 1:4) to 3,25 MPa (SGPC 1:1) lebih tinggi dari nilai kuat Tarik sagu itu sendiri yaitu 2,29 MPa dan waktu pengerasan berkisar antara antara 1199 detik pada spesimen dengan rasio (PMMA/SAGU) 1:1 hingga 2041 detik pada spesimen dengan rasio (PMMA/SAGU) 1:4. Disini, ada *trade-off* untuk waktu pengerasan dan nilai kuat tarik yang dipengaruhi oleh jumlah sagu yang digunakan. Semakin lama waktu pengerasan dari biokomposit ini, maka semakin kecil nilai kuat tariknya. Meskipun, sagu dapat mengurangi nilai kuat tarik dari biokomposit ini, tapi sagu penting untuk meningkatkan kemampuan bioaktif dari biokomposit pada tubuh manusia ini.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Hibah Penelitian Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM 2018.

Daftar Pustaka

- [1] J. Nakamatsu, F. G. Torres, O. P. Troncoso, Y. Min-Lin, and A. R. Boccaccini, "Processing and characterization of porous structures from chitosan and starch for tissue engineering scaffolds," *Biomacromolecules*, vol. 7, no. 12, pp. 3345–3355, 2006.
- [2] C. L. Ventola, "Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses.," *P T*, vol. 39, no. 10, pp. 704–711, 2014.
- [3] E. Martins and A. Rodrigues, "Starch: From Food to Medicine," *Sci. Heal. Soc. Asp. Food Ind.*, 2012.
- [4] V. S. Waghmare, P. R. Wadke, S. Dyawanapelly, A. Deshpande, R. Jain, and P. Dandekar, "Starch based nanofibrous scaffolds for wound healing applications," *Bioact. Mater.*, pp. 1–12, 2017.
- [5] I. Journal, A. Science, and E. Technology, "Preparation of Scaffold Using Rice Husk and Starch for Bone Regeneration," vol. 3, no. Vi, pp. 598–603, 2015.
- [6] M. P. Pavlov, J. F. Mano, N. M. Neves, and R. L. Reis, "Fibers and 3D mesh scaffolds from biodegradable starch-based blends: Production and characterization," *Macromol. Biosci.*, vol. 4, no. 8, pp. 776–784, 2004.
- [7] O. O. Oladayo, Q. C. Umunna, O. S. Joseph, and W. Oluwasegun, "Physicochemical properties of cassava starch and starch-keratin prepared biofilm," *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, vol. 38, no. 4, pp. 349–355, 2016.
- [8] E. Gregorová, Z. Živcová, and W. Pabst, "Porous Ceramics Made Using Potato Starch as a Pore-forming Agent," *Fruit, Veg. Cereal Sci. Biotechnol.* 3, no. Rice 1998, pp. 115–127, 2009.
- [9] K. A. Sekarjati, "Optimasi parameter proses mesin printer 3d terhadap pasta biokomposit [pmma/," 2018.
- [10] A. E. Tontowi, D. Anggraeni, H. T. Saragih, K. P. N. Raharjo, and P. Utami, "Experimental study of 3D-printable biocomposite of [HA / PMMA / Sericin] materials," vol. 8, no. 8, pp. 857–861, 2017.
- [11] D. W. Hutmacher, "Scaffolds in tissue engineering bone and cartilage," vol. 21, pp. 2529–2543, 2000.
- [12] L. I. Yuniarti, G. S. Hutomo, and A. Rahim, "SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBASIS PATI SAGU (Metroxylon sp) Synthesis and characterization of bioplastic based on sago starch (Metroxylon sp)," vol. 2, no. 1, pp. 38–46, 2014.
- [13] A. E. Tontowi, L. Ramdani, R. V. Erdizon, and D. K. Baroroh, "Optimization of 3D-Printer Process Parameters for Improving Quality of Polylactic Acid Printed Part," no. May, 2017.