

BAHAN LIGNOSELULOSA POKOK AKASIA (*Acacia mangium*) TERPIROLISIS SEBAGAI MEDIA TANAMAN TANPA TANAH UNTUK PENYEMAIAN KERATAN BATANG POKOK SEMAMBU (*Azadirachta indica*)

(PYROLIZED LIGNOCELLULOSIC MATERIAL FROM ACACIA TREE (*Acacia mangium*) AS SOIL-FREE PLANTING MEDIA FOR SEMAMBU (*Azadirachta indica*) CUTTING)

MUHAMMAD NORAZRAA NORDIN, RUSLI DAIK\*

Pusat Sains Kimia dan Teknologi Makanan, Fakulti Sains dan Teknologi,  
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

\*Pengarang utama: rusli.daik@ukm.edu.my

ABSTRAK

Kajian penghasilan lignoselulosa terpirolisis dari kayu Akasia sebagai media penanaman tanpa tanah dijalankan dengan menggunakan teknik pirolisis. Komponen lignoselulosa yang utama terdiri dari hemiselulosa, selulosa dan lignin. Kayu Akasia terlebih dahulu diuji dengan instrumen analisis termogravimetrik (TGA) untuk mengenalpasti suhu dan tempoh penguraian bagi komponen di dalam bahan lignoselulosa. Bahan lignoselulosa kayu akasia kemudiannya melalui proses pirolisis menggunakan relau pada julat suhu 240°C - 380°C untuk tiga tempoh masa yang berbeza iaitu 15 minit, 35 minit dan 40 minit. Penentuan pH dan ujian penyerapan air serta pencirikan menggunakan Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier (FTIR), Mikroskop Imbasan Elektron (SEM) dan BET dijalankan ke atas setiap sampel. Pemilihan sampel untuk dijadikan sebagai media tanaman telah dibuat berdasarkan keputusan ujian dan analisis yang telah dijalankan. Penyediaan media penanaman dibahagikan kepada tiga jenis iaitu dengan menggunakan 100% bahan lignoselulosa terpirolisis, 100% batu kerikil dan juga campuran batu kerikil dan bahan lignoselulosa terpirolisis (50:50). Ujian semaian menggunakan keratan batang pokok semambu (*Azadirachta indica*) telah dikaji. Semaian dibuat dalam tiga media yang berbeza untuk tempoh selama dua minggu.

**Kata kunci:** lignoselulosa; pirolisis; media tanaman tanpa tanah; pokok semambu; *Azadirachta indica*

ABSTRACT

Study on preparation of pyrolysed lignocellulose from Acacia wood as soilless planting media was carried out using pyrolysis technique. Main components of lignocellulose are hemicellulose, cellulose and lignin. Acacia wood was initially subjected to thermogravimetric analysis (TGA) to identify degradation temperature and degradation period of components present in the lignocellulose. Lignocellulosic material of Acacia wood later went through pyrolysis in a furnace at a temperature range of 240°C - 380°C for three periods of time namely 15 minutes, 35 minutes and 40 minutes. Determination of pH and water absorption test as well as characterization using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Scanning Electron Microscope (SEM) and BET were carried out on every samples. Selection of samples to be used as planting media was based on results of analyses carried out. Preparation of planting media was divided into three types namely 100% pyrolysed lignocellulose, 100% gravels and a mixture of pyrolysed lignocellulose and gravels (50:50). Propagation test on cutting of *Azadirachta indica* was studied. Propagation was carried out in three different planting media for a period of two weeks.

**Keywords:** lignocellulose; pyrolysis; soilless planting media; *Azadirachta indica*

PENGENALAN

Lignoselulosa merupakan salah satu bahagian yang membentuk struktur pada sel tumbuhan. Terdapat tiga komponen penting dalam lignoselulosa iaitu hemiselulosa, selulosa dan juga lignin. Setiap komponen tersebut yang membentuk lignoselulosa mempunyai nilai komposisi yang berbeza-beza untuk setiap pokok. Namun, kebiasaannya selulosa mempunyai nilai komposisi yang tinggi sekitar 40-50 wt%, diikuti hemiselulosa 20-30 wt% dan lignin 10-25 wt% [1].

Pirolisis merupakan suatu proses penguraian terma dalam keadaan yang lengai yang dijalankan tanpa atau dalam kehadiran oksigen yang terhad. Pada kebiasaannya, produk akhir biojisim yang melalui pirolisis adalah produk dalam bentuk tar dan juga char [2]. Pirolisis secara perlahan atau konvensional selalunya digunapakai dalam penghasilan arang. Ianya merujuk kepada tempoh masa mastautin yang panjang sehingga memakan masa lebih dari satu jam atau sehari dengan kadar pemanasan yang agak perlahan. Pirolisis secara perlahan ini mampu menghasilkan partikel yang bersaiz 5 - 50 mm. Pirolisis laju pula menggunakan kadar pemanasan yang tinggi dan ianya mempunyai masa mastautin yang agak singkat iaitu kurang dari 2 saat. Pirolisis pantas menggunakan kadar pemanasan yang paling tinggi di mana kadar pemanasan mencapai sehingga 10<sup>3</sup> °C/s dengan masa mastautin yang sangat singkat iaitu kurang 0.5 saat yang mana ianya menghasilkan cecair iaitu bio-minyak yang tinggi kadar perolehannya [3].

Kelebihan *biochar* termasuklah mempunyai struktur yang berliang di mana ianya dicirikan oleh ketumpatan pukal yang rendah. Disebabkan mempunyai ketumpatan pukal yang rendah dan juga struktur berliang yang tinggi, keupayaan untuk *biochar* menyimpan air adalah tinggi [4]. Penggunaan *biochar* di dalam pertanian adalah bertujuan meningkatkan kadar keberkesanan tanah terutama di dalam penggunaan dan juga penyimpanan baja dan juga air. Selain itu, *biochar* juga mempunyai kandungan nutrisi yang baik [5]. Ciri keupayaan menyimpan adalah salah satu faktor untuk tumbesaran tumbuhan di mana ianya diambil kira dari segi jumlah udara dan air yang mampu disimpan oleh sesuatu media seperti *biochar* untuk satu-satu penanaman [6]. Penggunaan *biochar* sebagai bahan tambah kepada media penanaman yang menggunakan tanah disebabkan sifatnya yang mampu menyimpan nutrisi. Ini disebabkan oleh keluasan permukaan yang tinggi di samping mempunyai liang yang amat banyak. *Biochar* yang merupakan penyerap dan penyimpan air yang baik sekaligus memberi manfaat kepada tanaman untuk meneruskan kelangsungan hidup [10].

Biojisim lignoselulosa terpirolisis juga sering dijadikan sebagai media penanaman. Media penanaman lazimnya perlu mempunyai ciri-ciri seperti ketahanan terhadap air dan juga mempunyai liang yang banyak dapat membenarkan partikel dan udara masuk [7]. Dalam penyelidikan ini media penanaman yang porous dihasilkan melalui kaedah pirolisis dan keberkesananannya sebagai media penanaman porous dikaji.

Keratan batang pokok semambu digunakan sebagai pokok semaian untuk media penanaman yang dihasilkan. Pokok semambu atau nama saintifiknya ialah *Azadirachta indica* merupakan pokok yang sering digunakan dalam penghasilan racun serangga. Bahan aktif diekstrak dari pokok ini dikenali sebagai *azadirachtin* yang mana ianya membuatkan pokok ini antifungus, antibakteria dan juga antivirus. Sebatian aktif ini digunapakai secara meluas untuk pelbagai jenis serangga. Pokok semambu sesuai untuk hidup dalam pelbagai suhu persekitaran dalam julat 0°C sehingga 45°C. Pokok ini juga adalah salah satu pokok yang mampu hidup dengan baiknya sekalipun ditanam pada tanah yang berkapur dengan pH berkalkali sehingga 8.5. Selain itu, pokok ini sangat mudah untuk mendapatkannya serta murah selain sentiasa mempunyai pelbagai kelebihan lain. Pokok ini juga mempunyai pelbagai bahan aktif yang kompleks yang mana setiap bahan tersebut memainkan peranan yang berbeza-beza di dalam kitaran hidup serangga yang memakannya dan sekaligus menyukarkan serangga untuk membentuk sistem ketahanan terhadap bahan-bahan ini [12].

**EKSPERIMEN**

Kajian ini menggunakan kayu pokok akasia (*Acacia mangium*) sebagai bahan biojisim atau bahan lignoselulosa untuk dipirolisis. Kayu tersebut dipirolisis di dalam relau pada julat suhu 240°C sehingga 380°C dengan menggunakan tiga tempoh masa yang berbeza. Setelah dipirolisis, setiap sampel dicirikan melalui beberapa instrumen dan juga beberapa ujian seperti penentuan pH dan juga ujian penyerapan air. Kemudiannya, sampel yang menunjukkan ciri-ciri untuk dijadikan media penanaman yang terbaik dipilih sebagai media penanaman untuk penyemaian keratan batang pokok semambu (*Azadirachta indica*).

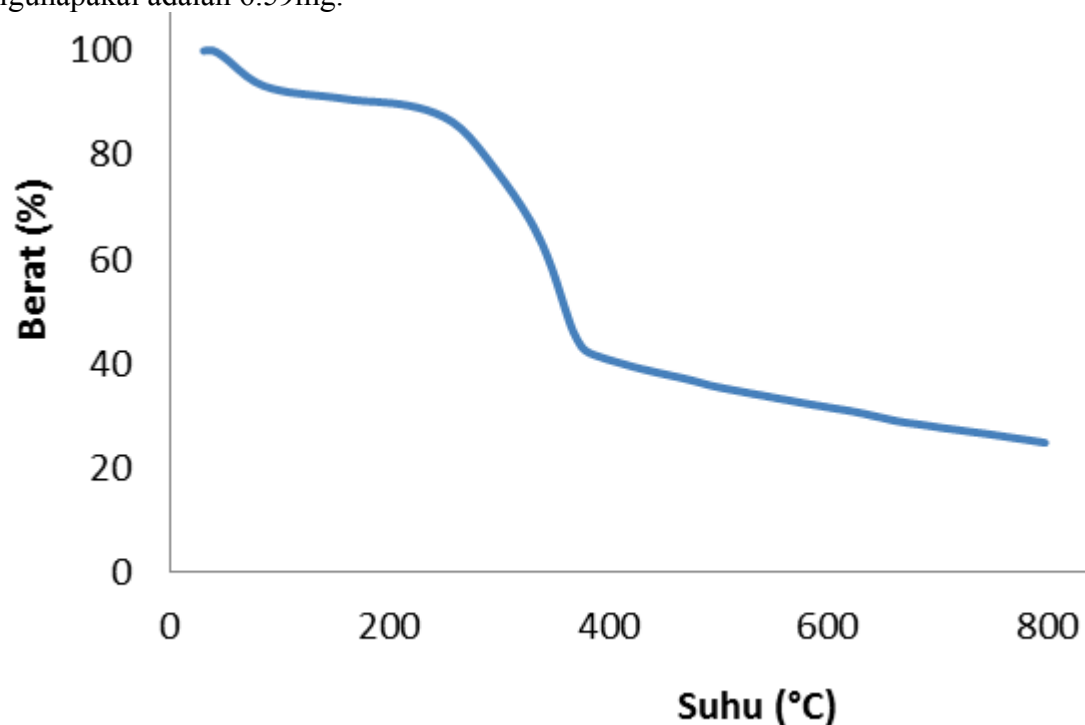
Kayu pokok Akasia sebanyak 200g dikeringkan terlebih dahulu di dalam ketuhar untuk menyejatkan air yang ada di dalam sisa kayu tersebut. Seterusnya, sisa kayu dipotong halus dengan berukuran sebesar batu kerikil dengan saiz 2 mm. Sebelum melalui proses pirolisis yang sebenar, kayu pokok Akasia ini terlebih dahulu melalui pengujian penguraian terma menggunakan instrumentasi analisis termogravimetri untuk menentukan tempoh dan suhu yang sesuai bagi proses pirolisis. Sebanyak 6.50 mg digunakan untuk ujian ini. Seterusnya, proses pirolisis menggunakan relau dijalankan sebanyak tiga kali dengan julat suhu antara 240°C sehingga 380°C dengan setiap satu mempunyai nilai masa yang berbeza bermula dengan 15 minit, 35 minit dan 45 minit. Berat sampel sisa kayu yang digunakan adalah 15 gram setiap satu. Suhu relau tersebut mestilah dalam julat 240°C sehingga 380°C di mana suhu tersebut adalah suhu optimum untuk penguraian terma hemiselulosa dan selulosa. Gas nitrogen berketekanan 1.5torr dialirkan sepanjang tempoh pirolisis dijalankan seperti yang telah ditetapkan [8].

Sebelum penyemaian dilakukan, keratan batang pokok semambu direndam dalam hormon pengakaran iaitu asid indolbutirik (IBA). Sebanyak 10 gram hormon IBA dimasukkan ke dalam 1000 mL air suling dan dikacau selama 24 jam dengan kadar putaran 100 rpm. Kemudiannya, keratan batang pokok semambu direndam selama 1 jam dalam hormon tersebut.

Kayu Akasia yang terpirolisis dimasukkan ke dalam bekas tanaman dengan tiga komposisi bahan yang berbeza, iaitu 100% bahan lignoselulosa yang dipirolisis untuk media yang pertama kemudian 50% bahan lignoselulosa dicampurkan dengan 50% batu kerikil untuk media yang kedua dan 100% batu kerikil untuk media yang ketiga. Keratan batang pokok semambu (*Azadirachta indica*) disemai dalam ketiga-tiga media setelah direndam selama satu jam di dalam hormon pengakaran IBA dan dibiarkan selama dua minggu.

**KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN**

Ujian penguraian terma dilakukan sebelum proses pirolisis yang sebenar dilakukan dengan menggunakan instrumen analisis termogravimetrik (TGA). Bahan lignoselulosa dari pokok akasia (*Acacia mangium*) yang dikeringkan terlebih dahulu selama satu hari dipanaskan pada suhu mencapai 800°C untuk melihat kesan suhu dan masa penguraian bermula dan berakhir pada bahan lignoselulosa ini. Berat sampel yang digunakan adalah 6.59mg.



**Rajah 1** Termogram TGA sampel kayu Akasia

Rajah 1 menunjukkan bahawa penguraian terma bahan lignoselulosa dari pokok akasia (*Acacia mangium*) yang paling jelas telah bermula pada suhu 240°C dan berakhir pada suhu sekitar 370°C. Julat suhu tersebut telah memberikan satu gambaran yang baik kerana penguraian terma bahan lignoselulosa berlaku di dalam julat suhu 200°C-400°C di mana di dalam julat suhu tersebut, penguraian hemiselulosa dan juga selulosa adalah yang paling dominan. Hemiselulosa mengurai bermula pada suhu 200°C sehingga 260°C manakala selulosa mengurai pada suhu sekitar 240°C sehingga 360°C [9].

Penguraian selulosa telah berlaku pada dua bahagian iaitu sebelum suhu mencecah 300°C dan juga selepas 300°C. Selulosa mula diuraikan apabila suhu mencapai 240°C dan apabila ianya hampir mencapai suhu 300°C, ketika itulah berlakunya getaran pada ikatan selulosa, air mula disejatkan, pembebasan karbon monoksida dan juga karbon dioksida serta berlakunya pembentukan karbonil, karboksil dan juga hidrofenoksida. Apabila suhu melebihi 300°C, berlakunya pemutusan rantai selulosa dan sekaligus menghasilkan tar dan bahan-bahan yang meruap dengan berat molekul yang rendah. Begitu juga yang berlaku pada hemiselulosa [11].

Di dalam menyediakan media untuk sesuatu tanaman, parameter yang paling penting ialah keupayaan media untuk menyerap air dan juga menyimpan air. Tanah mempunyai keupayaan mengekalkan dan menyimpan air yang baik. Namun, untuk menjadikan tanah lebih berkesan dalam menyerap air, selalunya ianya akan dicampurkan sedikit bahan tambah, termasuklah *biochar*. Jumlah penyerapan air selalunya bergantung kepada luas permukaan dan juga tahap porositi bahan media tersebut [4].

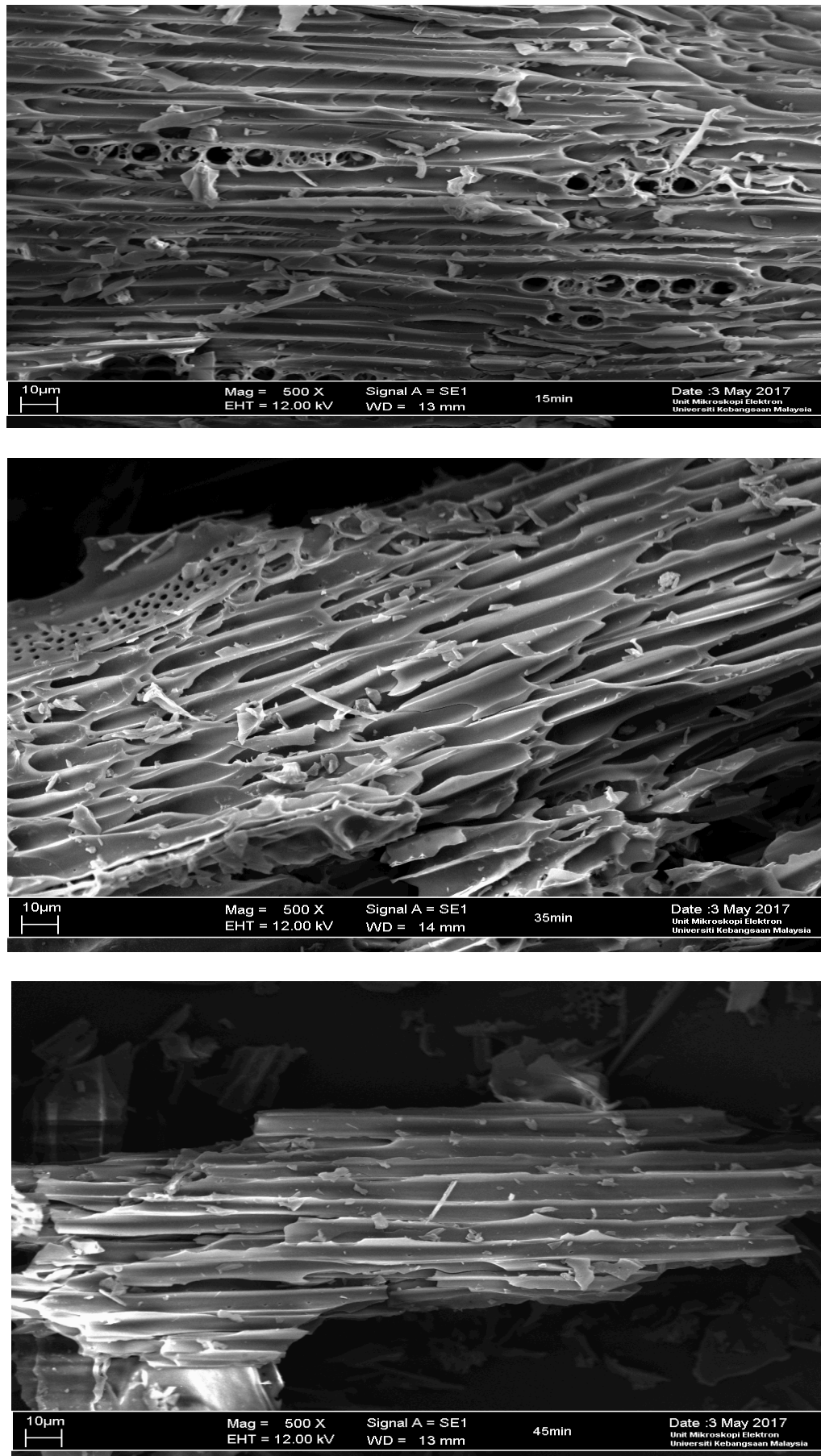
**Jadual 1** Keputusan ujian penyerapan air ke atas tiga sampel yang dipirolisis

Sampel	Jumlah penambahan berat selepas rendaman air (g)	Jumlah isipadu air telah diserap oleh bahan lignoselulosa terpirolisis setelah rendaman (mL)
15 minit	0.42	1.0
35 minit	0.87	1.4
45 minit	1.07	2.8

**Jadual 2** Keputusan penentuan pH ke atas sampel yang dipirolisis

Sampel	pH
15 minit	5
35 minit	6
45 minit	6

Berdasarkan Rajah 2, mikrograf SEM dengan pembesaran sebanyak 500x menunjukkan liang yang terhasil dari penguraian hemiselulosa dan selulosa terbentuk dengan baik. Ini disebabkan oleh julat suhu pemanasan yang digunakan bertepatan dengan suhu penguraian selulosa dan hemiselulosa. Mikrograf SEM untuk sampel yang dipanaskan selama 35 minit dan 45 minit menunjukkan pembentukan liang yang ketara dan ini membolehkan kedua-dua sampel menyerap air dengan lebih baik berbanding sampel yang dipanaskan selama 15 minit.



**Rajah 2** Mikrograf SEM lignoselulosa terpirolisis selama 15 minit (atas), 35 minit (tengah) dan 45 minit (bawah)

Di dalam penyediaan keratan batang pokok semambu (*Azadirachta indica*), nilai pH media bukanlah parameter utama kerana pokok ini boleh menyesuaikan diri dalam julat pH yang agak luas iaitu bermula dengan pH 5 sehingga pH 8.5. Dalam eksperimen ini, ketiga-tiga sampel menunjukkan sifat keasiduan dan tetap boleh diaplikasikan untuk penyediaan *Azadirachta indica*. Namun, sampel yang dipirolisis selama 45 minit dipilih kerana mempunyai keupayaan serapan yang tinggi berbanding sampel yang lain. Terdapat perbezaan pH pada sampel dengan tempoh pirolisis yang berbeza disebabkan perbezaan tahap penguraian dan juga perbezaan jenis komponen yang teruarai.

Keluasan permukaan, isipadu liang dan juga diameter liang merupakan parameter penting di dalam penyerapan air. Mengikut kajian-kajian lepas, luas permukaan dan isipadu liang ini banyak bergantung kepada suhu dan juga tempoh masa pirolisis sesuatu bahan.

**Jadual 3** Analisis luas permukaan lignoselulosa terpirolisis

Sampel	Luas permukaan liang (m <sup>2</sup> /g)	Luas permukaan luaran (m <sup>2</sup> /g)	Jumlah isipadu liang × 10 <sup>-3</sup> (cm <sup>3</sup> /g)	Purata diameter liang (nm)
15 minit	44.43	8.91	0.02	2.05
35 minit	291.36	74.71	0.17	2.37
45 minit	331.61	84.43	0.19	2.37

Berdasarkan Jadual 3 di atas, peningkatan tempoh pirolisis telah menghasilkan luas permukaan yang agak tinggi. Di dalam tempoh 45 minit pirolisis telah mencatatkan bacaan luas permukaan liang yang paling luas berbanding dengan tempoh masa yang lain. Jumlah isipadu liang yang terhasil juga agak tinggi jika dibandingkan dengan tempoh masa yang lain.

Hasil analisis ini menunjukkan bahawa masa juga mempengaruhi luas permukaan dan juga jumlah liang yang terhasil untuk sesuatu bahan yang dipirolisis. Suhu memainkan peranan yang paling penting di dalam memastikan penghasilan liang yang baik juga luas permukaan yang tinggi namun pirolisis secara konvensional dilakukan dengan memakan masa yang lama untuk penghasilan arang yang mempunyai liang yang banyak. Oleh itu, masa dan suhu adalah parameter yang penting di dalam penghasilan bahan yang dipirolisis untuk menghasilkan keluasan permukaan yang tinggi serta jumlah liang yang banyak.

Di dalam kajian ini, penggunaan analisis permukaan BET difokuskan lebih terhadap luas permukaan yang terhasil. Semakin banyak bilangan liang yang wujud hasil dari pirolisis semakin besar luas permukaan terhasil. Oleh itu sampel yang terhasil mampu menyimpan dan menyerap air dengan baik.

Kajian ini menggunakan keratan batang dari pokok semambu atau nama saintifiknya *Azadirachta indica* sebagai aplikasi penyemaian keratan batang pokok dalam media yang telah dihasilkan. Pokok ini dipilih atas dasar ianya mudah didapati selain mempunyai rintangan terhadap kulat. Sebanyak 12 keratan batang pokok semambu ini telah direndam selama satu jam di dalam hormon IBA untuk tujuan pengakaran.

Penyediaan media telah dilakukan dengan menyediakan tiga jenis media iaitu 100% penggunaan bahan lignoselulosa terpirolisis, 50% bahan lignoselulosa terpirolisis dicampurkan dengan 50% batu kerikil dan akhir sekali ialah 100% batu kerikil. Setelah media tersedia, 12 keratan batang pokok semambu tersebut dimasukkan kedalam ketiga-tiga media dan telah dibiarkan selama dua minggu. Keputusan yang diperoleh adalah seperti dalam Jadual 4.

**Jadual 4 (a)** Penyemaian dalam media 100% lignoselulosa terpirolisis

Keratan	Bilangan akar	Bilangan pucuk
1	-	4
2	-	-
3	1	1
4	1	1

**Jadual 4 (b)** Penyemaian dalam media campuran 50% kerikil 50% lignoselulosa terpirolisis

Keratan	Bilangan akar	Bilangan pucuk
1	-	2
2	-	-
3	1	3
4	-	2

**Jadual 4 (c)** Penyemaian dalam media 100% kerikil

Keratan	Bilangan akar	Bilangan pucuk
1	-	1
2	-	2
3	-	-
4	-	2

Berdasarkan maklumat yang telah dicatatkan, Jadual 4 (a) yang mewakili 100% penggunaan bahan lignoselulosa terpirolisis telah menyumbang kepada pertumbuhan akar yang agak tinggi berbanding dengan media yang lain. Ini mungkin disebabkan oleh sampel ini paling berupaya menyerap air bebranding sampel lain. Kehadiran air dan juga hormon telah membantu untuk pertumbuhan akar.

Namun begitu, pertumbuhan pucuk telah mendominasi berbanding pertumbuhan akar. Berdasarkan ketiga-tiga jadual tersebut, pucuk telah tumbuh dengan banyak berbanding akar. Kaedah penggunaan hormon IBA yang tidak dioptimumkan mungkin telah mempengaruhi keputusan percambahan akar.

Penggunaan 100% kerikil sebagai media penanaman di dalam aplikasi ini telah menunjukkan keputusan yang negatif terhadap pertumbuhan akar seperti yang dicatatkan di dalam Jadual 4 (c). Keupayaan menyerap air yang tidak baik menyebabkan akar tidak mampu untuk tumbuh.

Percampuran antara kerikil dan juga bahan lignoselulosa terpirolisis (Jadual 4 (b)) pula menunjukkan keputusan yang agak baik berbanding 100% kerikil. Ini disebabkan oleh kehadiran bahan lignoselulosa terpirolisis sebagai bahan yang berupaya menyerap air dengan baik membuatkan akar tumbuh.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian yang telah dibincangkan, penghasilan media penanaman yang porous telah berjaya dihasilkan melalui teknik penguraian terma ke atas bahan lignoselulosa kayu Akasia. Keberkesanan media penanaman tersebut telah dapat dilihat di mana media penanaman yang menggunakan bahan lignoselulosa terpirolisis lebih mendominasi dalam pertumbuhan akar dan juga pucuk bagi keratan batang pokok semambu.

#### PENGHARGAAN

Kajian ini telah dilakukan di makmal penyelidikan Pusat Pengajian Sains Kimia Dan Teknologi Makanan, Universiti Kebangsaan Malaysia.

#### RUJUKAN

1. Anwar, Z., Gulfraz, M. & Irshad, M. 2014. Agro-industrial lignocellulosic biomass a key to unlock the future bio-energy: A brief review. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 7(2), 163–173. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jrras.2014.02.003
2. Danarto, Y. C., Utomo, P. B. & Sasmita, F. 2010. Pirolisis Limbah Serbuk Kayu dengan Katalisator Zeolit 1–6.
3. Kan, T., Strezov, V. & Evans, T. J. 2016. Lignocellulosic biomass pyrolysis : A review of product properties and effects of pyrolysis parameters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 1126–1140. doi:10.1016/j.rser.2015.12.185
4. Abel, S., Peters, A., Trinks, S., Schonsky, H., Facklam, M. & Wessolek, G. 2013. Geoderma Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. *Geoderma*, 202–203, 183–191. doi:10.1016/j.geoderma.2013.03.003
5. Laird, D. A., Fleming, P., Davis, D. D., Horton, R., Wang, B. & Karlen, D. L. 2010. Geoderma Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. *Geoderma*, 158(3–4), 443–449. doi:10.1016/j.geoderma.2010.05.013
6. Wall, A. & Heiskanen, J. 2003. Water-retention characteristics and related physical properties of soil on afforested agricultural land in Finland 186, 21–32. doi:10.1016/S0378-1127(03)00239-1
7. Kaudal, B. B., Chen, D., Madhavan, D. B., Downie, A. & Weatherley, A. 2015. Pyrolysis of urban waste streams: Their potential use as horticultural media. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 112, 105–112. doi:10.1016/j.jaap.2015.02.011
8. Bradbury, A. G. W., Sakai, Y. & Shafizadeh, F. 1979. A kinetic model for pyrolysis of cellulose. *Journal of Applied Polymer Science*, 23(11), 3271–3280. doi:10.1002/app.1979.070231112
9. Himawanto, D. A., Budiana, E. P. & Joko, P. (n.d.). Bagus Setiawan, 2 Dwi Aries Himawanto, 3 Eko Prasetyo Budiana, 4 Purwadi Joko Widodo 1 49–56.
10. Beck, D. A., Johnson, G. R. & Spolek, G. A. 2011. Amending greenroof soil with biochar to affect runoff water quantity and quality. *Environmental Pollution*, 8–15. doi:10.1016/j.envpol.2011.01.022
11. Surest, A. H., Reza, M. S. & Priyayi, D. (n.d.). BAHAN BAKAR CAIR 19(4), 38–44.
12. Debashri, M. & Tamal, M. 2012. A Review on efficacy of *Azadirachta indica* A . Juss based biopesticides : An Indian perspective 1(3), 94–99.