

OKT 2025 / BIL. 14 / 2025

EON

Epitome of Nature

MENJULANG INOVASI, MEMPERKASA EKONOMI



ISSN 2773-5869



9 772773 586005

NANOFIBER PVA/MADU TUALANG SEBAGAI PENYELESAIAN PINTAR UNTUK RAWATAN LUKA

Mohamad Ikhwan Jamaludin¹, Mu'adz Ahmad Mazian^{2*}
¹Bioinspired Device and Tissue Engineering Research Group,
Department of Biomedical Engineering and Health Sciences, Faculty
of Electrical Engineering,
Universiti Teknologi Malaysia Johor Bahru, 81310 Johor Bahru,
Johor.
²Pusat Pengajian Biologi, UiTM Cawangan Negeri Sembilan,
Kampus Kuala Pilah,
Pekan Parit Tinggi, 72000 Kuala Pilah, Negeri Sembilan.

muadzam@uitm.edu.my

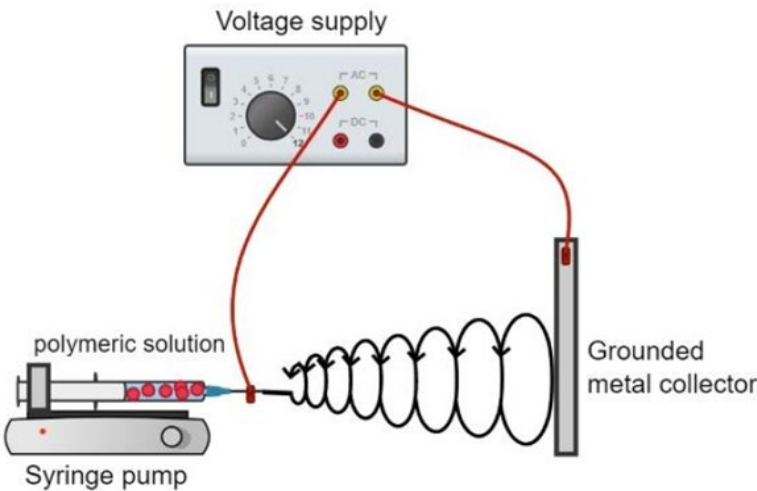
EDITOR: MUHAMMAD AIDIL IBRAHIM

Dalam era ekonomi moden yang semakin mencabar, inovasi dalam bidang sains dan teknologi telah menjadi penggerak utama dalam memacu pertumbuhan ekonomi negara. Salah satu contoh terbaik inovasi tempatan yang berpotensi besar ialah perkembangan nanofiber Polyvinyl Alcohol (PVA) (Gambar 1) yang diperkaya dengan madu Tualang untuk aplikasi dalam rawatan luka, seperti yang dibincangkan secara mendalam dalam jurnal Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences (2025). Penemuan ini bukan sekadar mewakili satu kejayaan dalam bidang perubatan, malah turut membuka peluang ekonomi baharu yang signifikan melalui penggunaan sumber asli tempatan, kerjasama penyelidikan tempatan, serta potensi komersialisasi produk berteknologi tinggi.

Dari perspektif saintifik, kajian mendapati bahawa nanofiber PVA yang digabungkan dengan madu Tualang pada kepekatan antara 2% hingga 6% menunjukkan ciri-ciri unik yang amat sesuai untuk aplikasi penyembuhan luka. Analisis menggunakan Mikroskop Pengimbasan Elektron (SEM)

menunjukkan bahawa nanofiber dengan kandungan 4% madu Tualang menghasilkan struktur serat yang paling seragam dan bebas daripada kecacatan 'beads' yang boleh menjejaskan prestasi bahan tersebut (Gambar 2 dan 3). Sifat morfologi yang optimum ini amat penting untuk memastikan keupayaan penyerapan cecair yang baik serta menyokong pertumbuhan sel pada luka.

Selain itu, pengukuran sudut sentuh air (*Water Contact Angle*) menunjukkan tren penurunan yang ketara daripada 42.6 darjah bagi PVA tulen kepada 21.5 darjah bagi nanofiber dengan 6% madu Tualang. Data ini membuktikan peningkatan ketara dalam sifat hidrofilik bahan tersebut, yang secara langsung menyumbang kepada kebolehan pelekatan sel dan pertumbuhan tisu yang lebih baik. Sifat-sifat terapeutik madu Tualang turut disahkan melalui analisis spektroskopi inframerah transformasi Fourier

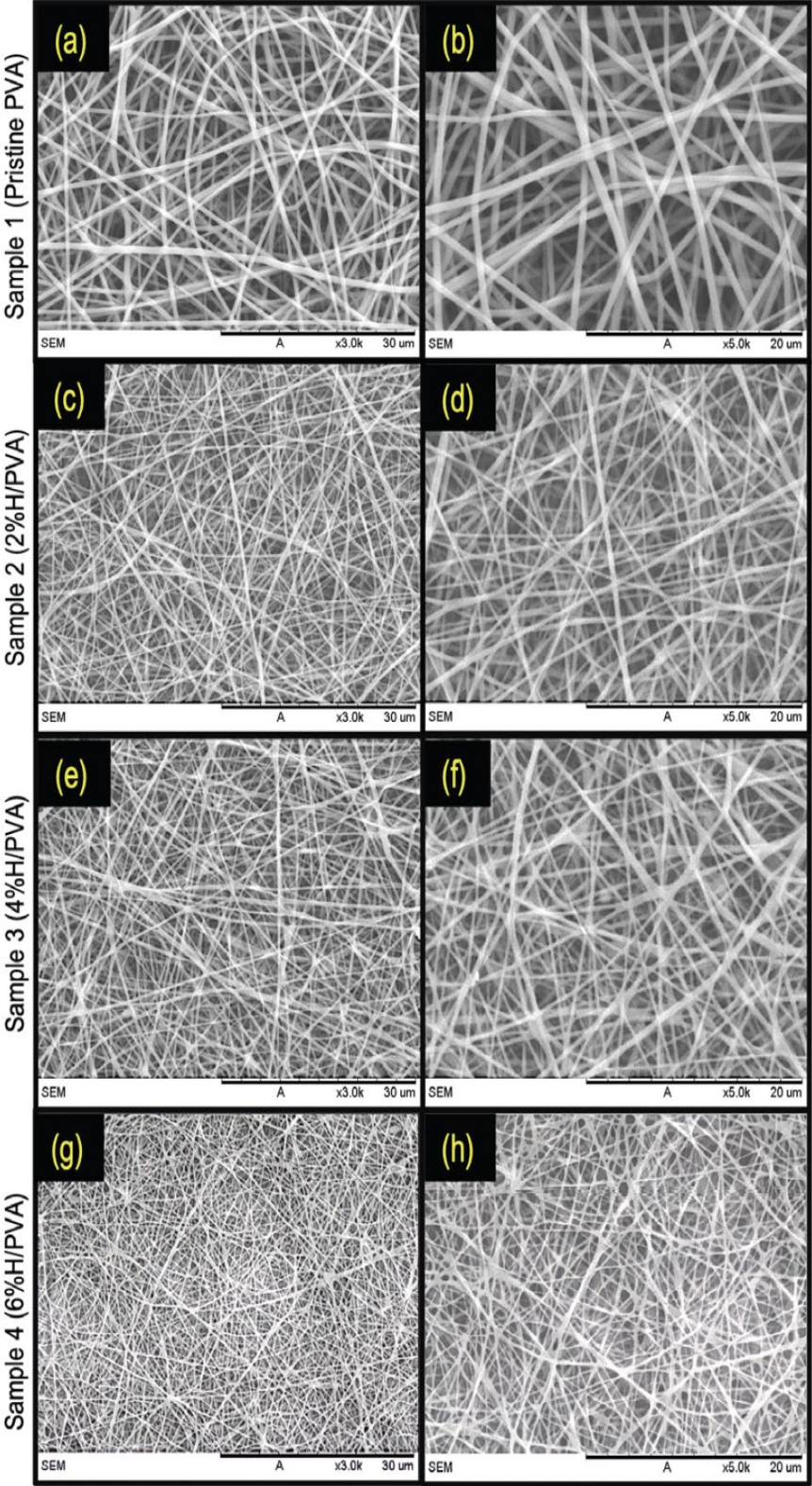


Gambar 1: Proses elektrospaning menghasilkan nanofiber PVA/madu Tualang. Teknologi ini menjadi teras inovasi tempatan yang berpotensi dikomersialkan. (Sumber: Jiffrin et al., 2022)

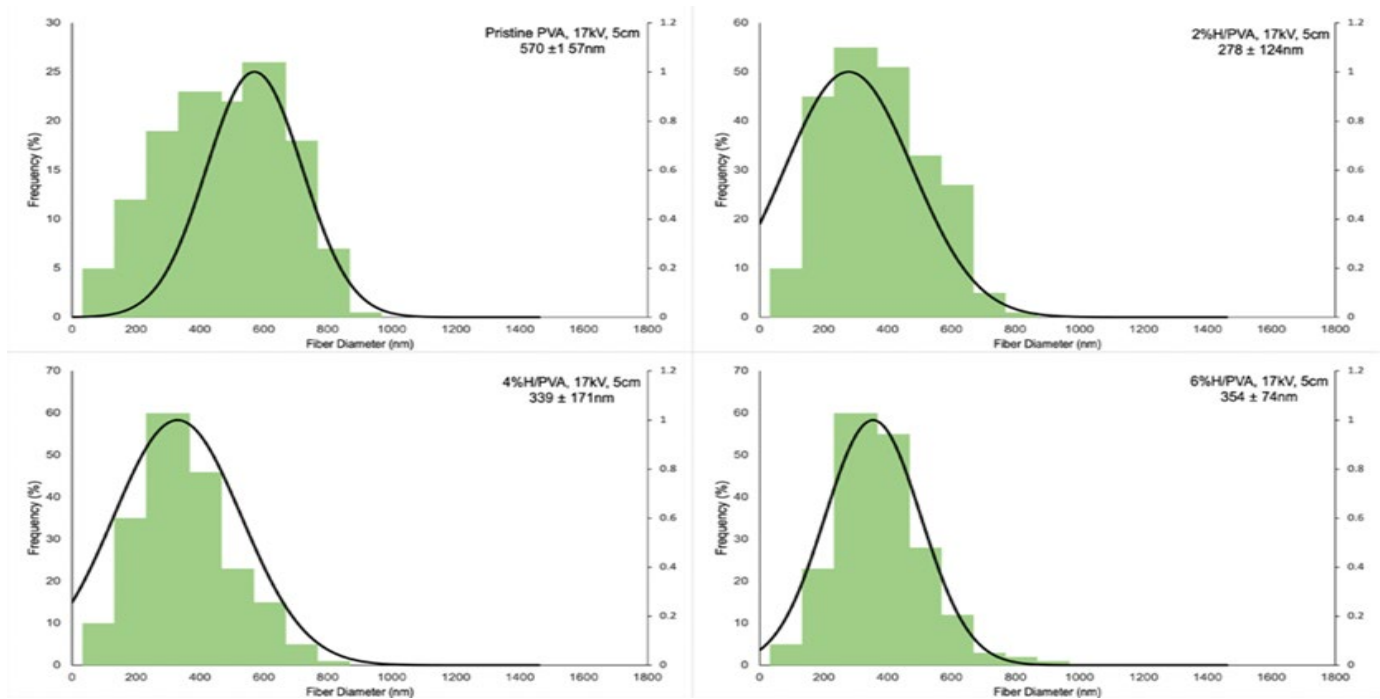
(FTIR) yang mengesan kehadiran sebatian bioaktif seperti flavonoid dan asid fenolik yang terkenal dengan kesan antiradang dan antimikrobnya.

Keunggulan nanofiber PVA/madu Tualang ini menjadi lebih ketara apabila dibandingkan dengan produk pencucian (*dressing*) luka konvensional. Bahan asas PVA itu sendiri telah diketahui mempunyai sifat biokompatibiliti yang tinggi, biodegradasi, dan tidak toksik, manakala penambahan madu Tualang memberikan nilai tambah dari segi perlindungan terhadap jangkitan. Dari aspek ekonomi, teknik elektrospinning yang digunakan dalam penghasilan nanofiber ini menawarkan kelebihan dari segi keupayaan penskalaan pengeluaran secara besar-besaran dengan kos yang relatif lebih rendah berbanding teknologi nano lain, sekaligus meningkatkan daya saing produk ini di pasaran.

Potensi ekonomi inovasi ini amat memberangsangkan apabila dilihat dari pelbagai dimensi. Pertama, penggunaan madu Tualang (Gambar 4) yang merupakan produk tempatan tulen akan meningkatkan permintaan terhadap komoditi ini, sekaligus memberi manfaat langsung kepada industri kecil dan sederhana (IKS) seperti penternak lebah dan pengusaha madu tempatan. Kedua, inovasi ini mengurangkan



Gambar 2: Perbandingan morfologi nanofiber pada kepekatan madu berbeza (a) 0%, (b) 2%, (c) 4%, (d) 6%). Kepekatan 4% menunjukkan struktur paling optimum. (Sumber: Lisfar et al., 2025)



Gambar 3: Taburan diameter serat menunjukkan penurunan saiz dengan penambahan madu, menyokong peningkatan luas permukaan efektif. (Sumber: Lisfar et al., 2025)

kebergantungan negara terhadap import bahan *“dressing”* luka yang selama ini menjadi beban dari segi aliran keluar mata wang asing.

Kerjasama strategik antara pelbagai institusi pengajian tinggi seperti Universiti Teknologi Malaysia (UTM), Universiti Putra Malaysia (UPM), dan Universiti Teknologi MARA (UiTM) dengan sokongan dana kerajaan melalui geran penyelidikan seperti FRGS dan MyRA telah membuktikan keberkesanan model kolaborasi akademik-industri dalam memperkukuh ekosistem inovasi negara. Model sebegini bukan sahaja memudahkan pemindahan teknologi kepada industri tempatan, malah turut mewujudkan peluang pekerjaan bernilai tinggi dalam bidang penyelidikan dan pembangunan (R&D).

pembuatan produk berteknologi tinggi, serta pemasaran produk kesihatan.

Pasaran global untuk produk *“dressing”* luka yang dijangka mencecah USD 15.3 bilion pada tahun 2027 menawarkan peluang eksport yang besar

menggunakan bahan semula jadi tempatan memberikannya kelebihan daya saing, terutamanya dalam pasaran negara-negara Islam yang semakin memerlukan produk perubatan halal.



Gambar 4: Madu Tualang sebagai komoditi tempatan bernilai tinggi menjadi bahan utama inovasi ini. (Sumber: Laman sesawang *Blog Rasmi MARDI*, 2016)

Namun, beberapa cabaran perlu diatasi untuk merealisasikan potensi penuh inovasi ini. Proses pensijilan dan kelulusan pengawalseliaan daripada pihak berwajib seperti Perbadanan

Pembangunan bagi produk nanofiber PVA/madu Tualang ini. Keunikan produk ini sebagai penyelesaian perubatan berasaskan bioteknologi yang

Perubatan Malaysia (MDA) memerlukan ujian klinikal yang lebih menyeluruh. Isu penskalaan pengeluaran dari makmal ke peringkat industri juga memerlukan penyelesaian inovatif untuk mengekalkan kualiti serat nanofiber. Di samping itu, program pendidikan dan kesedaran perlu dipergiat untuk memperkenalkan teknologi ini kepada pengamal perubatan dan pengguna akhir.

Kesimpulannya, inovasi nanofiber PVA/madu Tualang ini merupakan contoh

cemerlang bagaimana penyelidikan saintifik boleh menyumbang secara langsung kepada pembangunan ekonomi negara.

Dengan menggabungkan kepakaran tempatan, sumber asli yang unik, dan teknologi canggih, produk ini berpotensi bukan sahaja menyelesaikan masalah kesihatan global tetapi juga memacu pertumbuhan ekonomi melalui peningkatan nilai sumber tempatan, penciptaan industri baharu, dan pengembangan pasaran eksport produk berteknologi tinggi. Kejayaan jangka panjang inisiatif ini memerlukan komitmen berterusan terhadap penyelidikan dan pembangunan serta kerjasama erat antara semua pihak berkepentingan untuk memastikan Malaysia bukan sekadar pengguna, tetapi pemain utama dalam ekonomi berasaskan inovasi di peringkat global.

Rujukan

1. Jiffrin, R., Razak, S. I. A., Jamaludin, M. I., Hamzah, A. S. A., Mazian, M. A., Jaya, M. A. T., Nasrullah, M. Z., Majrashi, M., Theyab, A., Aldarmahi, A. A., Awan, Z., Abdel-Daim, M. M., & Azad, A. K. (2022). Electrospun Nanofiber Composites for Drug Delivery: A Review on Current Progresses. *Polymers*, 14(18), 3725. <https://doi.org/10.3390/polym14183725>
2. Lisfar, S. F., Amir Hamzah, A. S., Mazian, M. A., Zawawi, N. A., Hashim, S. E., & Jamaludin, M. I. (2025). Effect of Tualang Honey Concentration on the Morphology of Electrospun PVA Nanofibers for Wound Healing Application. *Malaysian Journal of Medicine & Health Sciences*, 21.
3. <https://blogmardi.wordpress.com/2016/11/07/mana-madu-asli/>