

Alat penyahidrat sistematik untuk madu kelulut (Systematic dehydrator for stingless bee honey)

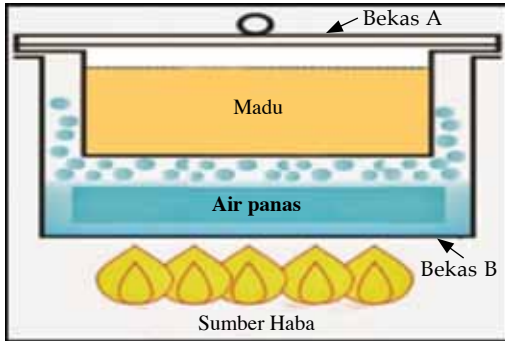
Amir Syariffuddeen Mhd Adnan, Azman Hamzah, Yahya Sahari, Norra Ismail, Khairul Hafifi Maidin, Rosliza Jajuli, Mohd Zaimi Zainal Abidin, Mohd Hafiz Mohd Amin Tawakkal, Mohd Azmeeredzuan Sani, Muhammad Aliq Jamaluddin dan Shafie Alwi

Pengenalan

Penternakan lebah kelulut mencipta satu fenomena di Malaysia dengan penglibatan ramai pengusaha terutamanya dalam penghasilan dan penjualan madu kelulut. Kandungan bahan aktif, enzim dan nutrien yang pelbagai menjadikan madu kelulut lebih istimewa berbanding dengan madu lebah. Kajian yang dijalankan telah membuktikan kehadiran pelbagai jenis asid fenolik dalam madu kelulut seperti asid p-koumarik, asid protokatechuik dan asid vinilik yang mampu mengurangkan risiko penyakit kanser dan radang.

Secara umum, madu kelulut mempunyai kandungan air melebihi 20% yang berpotensi menyebabkan berlakunya penapaian madu dan secara tidak langsung boleh mengakibatkan kandungan aktif dan juga enzim merosot. Oleh yang demikian, proses penyingkiran air atau penyahidratan perlu dilakukan supaya madu kelulut mencapai kandungan lembapan $\leq 20\%$ iaitu kandungan kelembapan yang matang dan stabil bagi madu. Penyahidratan madu kelulut memerlukan pengawalan suhu dan kandungan kelembapan udara yang rendah kerana pengawalan pada suhu yang rendah berupaya memelihara kandungan enzim dan kandungan aktif dalam madu kelulut.

Beberapa kaedah konvensional telah menjadi amalan pengusaha madu kelulut dalam memastikan madu kelulut dapat mencapai kandungan kelembapan yang sesuai. Salah satu kaedah adalah double boil (*Gambar rajah 1 dan Gambar 1*). Bekas B di bahagian bawah diisi dengan air manakala bekas A di bahagian atas diisi dengan madu. Air digunakan sebagai medium untuk memindahkan haba. Air akan memindahkan haba kepada madu secara tidak langsung (*indirect*) dan akan menyebabkan molekul air terbebas daripada madu melalui proses penyejatan. Kaedah ini menyebabkan kecenderungan berlakunya pemanasan madu kelulut pada suhu yang terlalu tinggi akibat kesukaran mengawal suhu ketika proses penyahidratan dilakukan. Pemanasan yang tinggi akan menyebabkan peningkatan kandungan 5-hydroxymethylfurfural (HMF) yang ketara dan menjejaskan kualiti madu kelulut. Peningkatan HMF adalah antara penanda aras kepada kualiti madu kelulut yang dihasilkan. Hydroxymethylfurfural adalah sebatian organik yang terhasil



Gambar rajah 1. Prinsip dan kaedah pengeringan secara 'double boiling'



Gambar 1. Peralatan yang digunakan untuk pengeringan 'double boiling'



Gambar 2. Teknik penyahidratan madu kelulut secara terbuka

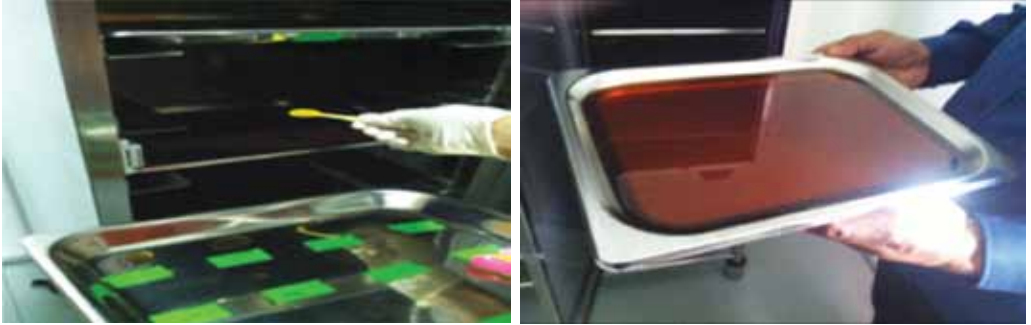
daripada penguraian gula tertentu (fruktosa) dalam madu dengan kehadiran asid semasa tindak balas haba akibat pemanasan yang berlaku.

Kaedah pengeringan terbuka (*Gambar 2*) juga dipraktikkan oleh pengusaha madu kelulut. Pengeringan secara terbuka dilakukan dengan meletakkan bekas berisi madu dan didedahkan kepada persekitaran terbuka

bagi membolehkan penyahidratan air tersejat secara semula jadi. Walaupun kaedah ini mudah dan melibatkan kos yang rendah, tetapi mempunyai risiko berlakunya kontaminasi disebabkan madu didedahkan pada persekitaran yang terbuka dan tidak terkawal. Selain itu, proses untuk madu kelulut mencapai julat kandungan kelembapan yang dikehendaki juga mengambil masa yang agak lama.

Penyahidratan melalui penggunaan pengering kabinet seperti dalam *Gambar 3* juga sesuai digunakan bagi mengurangkan kandungan air dalam madu kerana ia melibatkan pengawalan suhu dan kandungan kelembapan yang dikawal oleh alat penyahlembapan (*dehumidifier*). Alat penyahlembapan bertindak sebagai sumber yang membekalkan udara bersih dan panas sebagai medium untuk menyerap molekul air daripada permukaan madu. Namun begitu, aliran udara yang tidak sekata dan sistematik pada alat pengering kabinet menyumbang kepada produk akhir madu yang tidak mencapai kelembapan yang sekata serta mengambil masa yang lama sehingga melebihi 24 jam untuk kandungan air bagi keseluruhan sampel madu mencapai julat $\leq 20\%$.

Kaedah penyahidratan yang berbeza ini adalah kerana tiada kaedah standard dalam pemprosesan produk madu



Gambar 3. Teknik penyahidratan menggunakan pengeringan kabinet

kelulut khususnya untuk proses penyahidratan. Ini ditambah pula dengan kaedah yang diamalkan agak sukar untuk mengawal dan memelihara kualiti madu yang diproses. Pembangunan alat penyahidratan yang mempunyai sistem yang sistematik dan efektif, mampu mempercepatkan proses penyahidratan serta dapat memelihara kualiti madu kelulut adalah diperlukan.

Pembangunan alat penyahidratan madu kelulut

Kepentingan untuk mengurangkan kandungan kelembapan dalam madu kelulut bagi mencegah aktiviti penapaian oleh mikroorganisma serta memelihara khasiat dan kualiti madu kelulut telah mewujudkan keperluan untuk membangunkan alat penyahidrat madu kelulut yang sistematik dan efisien. Melalui kajian terhadap pengusaha madu kelulut didapati mereka kurang faham dan peka terhadap kepentingan untuk mengurangkan kandungan kelembapan madu kelulut. Pengusaha madu kelulut menganggap bahawa madu yang telah dituai secara segar daripada koloni kelulut adalah dalam kualiti yang terbaik sedangkan madu yang baru dituai itu mempunyai kandungan air yang tinggi.

Daripada hasil pemerhatian yang dijalankan didapati purata kandungan air madu selepas dituai ialah 26 – 30%. Pada masa kini, pengusaha madu kelulut telah menunjukkan kesedaran tentang kepentingan untuk melakukan proses penyahidratan madu kelulut dan mereka juga menunjukkan minat untuk memiliki alat penyahidrat madu kelulut yang mampu melakukan proses penyahidratan dengan cepat, praktis pemprosesan yang bersih, mudah serta kos yang mampu milik. Oleh yang demikian, MARDI telah mengambil langkah dan inisiatif untuk membangunkan alat penyahidrat madu kelulut yang sistematik untuk membantu pengusaha madu kelulut. Prototaip alat penyahidrat madu kelulut MARDI berskala makmal adalah seperti dalam *Gambar 4*.

Spesifikasi alat penyahidrat madu kelulut MARDI

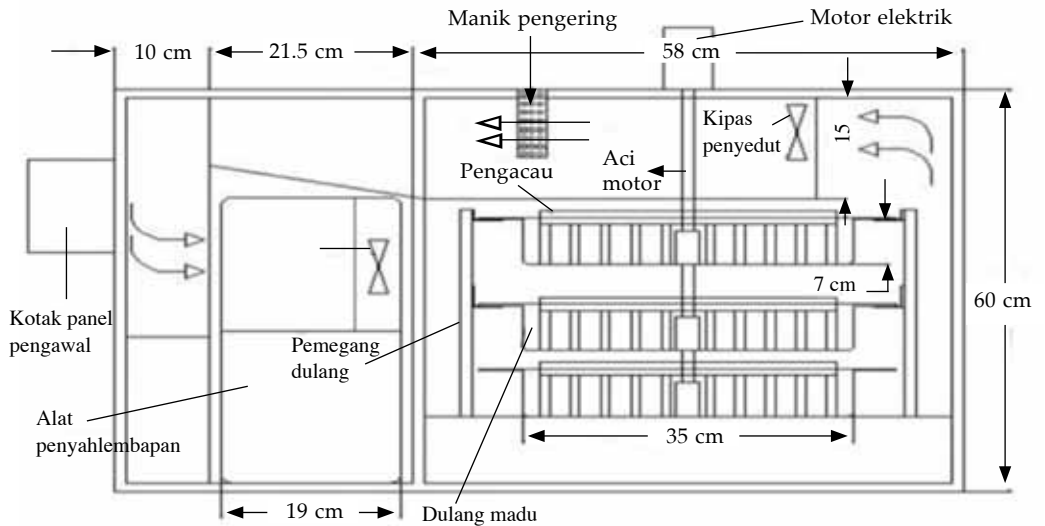
Reka bentuk alat penyahidrat madu kelulut MARDI terdiri daripada dua ruang utama seperti dalam *Gambar rajah 2*.



Gambar 4. Prototaip alat penyahidrat madu kelulut MARDI berskala makmal

Ruang pertama adalah tempat untuk menempatkan alat penyahlembapan, manakala ruang kedua adalah ruang untuk pemprosesan penyahidratan madu kelulut. Komponen-komponen lain yang disertakan ialah dulang yang diperbuat daripada keluli tahan karat, pengacau yang diperbuat daripada teflon, kipas pengalir udara dan aci motor elektrik. Dulang untuk meletakkan madu mempunyai tiga aras dan pengacau madu dicantumkan pada ketiga-tiga dulang yang disambung pada aci (*shaft*) motor elektrik. Di antara ruang pertama dan kedua terdapat ruang terbuka untuk penghembus (*blower*) alat penyahlembapan bagi membekal dan mengalirkan udara panas kepada madu kelulut. Di dalam ruangan tersebut juga diletakkan pemecah udara (*air-breaker*) untuk memastikan setiap madu di dalam dulang akan dilalui oleh udara yang mempunyai kelajuan yang sekata iaitu 4 – 5 m/saat. Kelajuan udara pada setiap laluan tingkat dulang diukur dengan menggunakan alat pengukur udara anemometer.

Pergerakan secara putaran oleh pengacau madu teflon dijana oleh motor elektrik berkuasa 90 watt dengan frekuensi 60 Hz yang boleh menghasilkan kelajuan maksimum putaran sehingga 2,000 pusingan seminit. Walau bagaimanapun, kelajuan putaran yang digunakan ialah 60 – 100 pusingan seminit dan julat kelajuan tersebut dianggap bersesuaian kerana boleh mengelakkan madu daripada terpercik keluar semasa proses pengacauan dilakukan. Julat kelajuan yang digunakan juga berupaya membuatkan madu berkocak dengan baik dan proses mengacau madu berlaku secara menyeluruh. Alat penyahidrat ini berkapasiti 15 kg untuk satu kitaran proses. Bahan binaan alat ini ialah keluli tahan karat gred makanan sepenuhnya yang dapat menjamin produk madu yang dihasilkan berkualiti dan selamat daripada pencemaran.



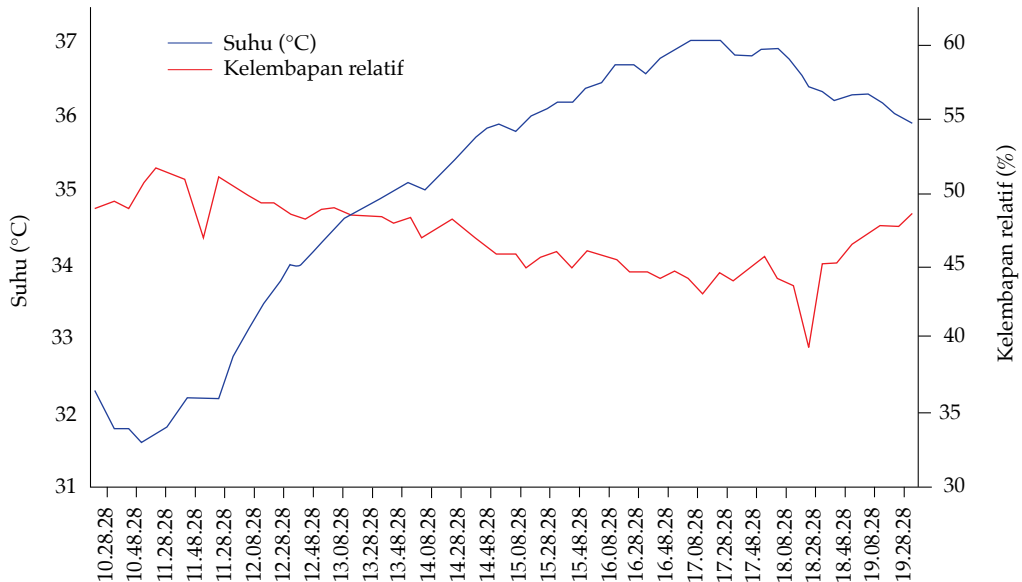
Gambar rajah 2. Lukisan skematik alat penyahidrat madu kelulut MARDI

Secara prinsipnya, alat penyahlembapan membekalkan udara yang bersih dan telah ditapis yang telah ditingkatkan suhunya. Udara panas ini digunakan sebagai medium untuk menyerap molekul air dan seterusnya dialirkan merentasi permukaan madu kelulut. Pada masa yang sama, madu kelulut dikacau untuk meningkatkan luas permukaan madu sekali gus membantu meningkatkan kadar penyingkiran molekul air daripada madu kelulut. Proses penyahidratan ini akan berlaku secara berterusan melalui kitaran udara panas tadi. Udara panas yang telah menyerap kelembapan akan terkondensasi dan menghasilkan molekul-molekul air yang akan dikumpulkan di dalam tangki alat penyahlembapan. Udara kemudiannya akan dikitar semula sebagai udara panas dan bertindak sebagai medium untuk menyerap kandungan air dalam madu sehingga madu mencapai julat yang sesuai seperti yang dikehendaki.

Alat penyahidratan yang dibangunkan ini mempunyai keupayaan menurunkan kandungan kelembapan madu kelulut $\leq 20\%$ dalam masa 8 jam, namun ia juga bergantung kepada kelembapan awal madu belulut yang diukur. Dengan merujuk *Rajah 1*, profil prestasi alat ini menunjukkan parameter suhu dan kelembapan relatif yang digunakan ialah $32 - 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $40 - 55\%$. Suhu rendah bawah $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ yang digunakan dapat mengelakkan daripada peningkatan kandungan dan dianggap sebagai suhu yang sesuai bagi pengawalan kualiti dan kandungan aktif dalam madu kelulut.

Tatacara operasi alat penyahidrat madu kelulut MARDI

Sebelum operasi menggunakan alat ini, kawasan pemprosesan perlu bersih dan selamat daripada pencemaran. Proses



Rajah 1. Profil suhu dan kelembapan alat penyahidrat madu kelulut MARDI

penyahidratan madu kelulut bermula dengan menimbang madu kelulut. Setiap dulang berkapasiti 5 kg. Bagi menjamin kebersihan semasa proses ini, operator yang melaksanakan pemprosesan ini mesti memakai apron, penutup kepala dan sarung tangan bagi memastikan madu tidak tercemar semasa pengendalian dan pemprosesan. Kemudian bilah teflon pengacau madu dipasang dan dicantumkan pada aci motor elektrik. Setelah bilah pengacau madu dipasang, alat penyahidrat dihidupkan suisnya.

Suhu dan kelembapan di dalam ruangan penyahidratan madu kelulut dapat dipantau dengan merujuk kepada monitor suhu dan kelembapan yang terdapat pada kotak panel pengawal. Pemantauan kandungan kelembapan madu kelulut dilakukan pada setiap sela satu jam semasa proses penyahidratan dilaksanakan. Sampel madu diambil dan diukur bacaan kandungan kelembapan dengan alat refraktometer. Proses pengukuran kelembapan madu diulang sehingga madu kelulut di dalam setiap dulang telah mencapai julat kelembapan $\leq 20\%$. Jika kelembapan mencapai julat ini, alat penyahidrat perlu dimatikan dan proses penyahidratan madu kelulut dihentikan. Berdasarkan beberapa replikasi eksperimen yang telah dijalankan, ternyata alat ini memenuhi keperluan untuk menurunkan kandungan kelembapan madu kelulut pada julat yang diperlukan dalam tempoh sekitar 8 jam. Madu yang telah selesai menjalani penyahidratan tadi seterusnya akan dibotolkan dan disimpan pada suhu sejuk -4°C . Ringkasan keseluruhan tatacara dan proses menggunakan alat penyahidrat madu kelulut ditunjukkan seperti dalam *Carta alir 1*.



Madu kelulut diisi ke dalam dulang dan ditimbang



Letakkan dulang dan pasangkan pengacau jenis teflon pada aci motor elektrik



Hidupkan alat penyahidrat dan komponen-komponennya



Dapatkan kandungan kelembapan madu setiap sela masa sejam sehingga mencapai $\leq 20\%$ dengan menggunakan refraktometer

Carta alir 1. Prosedur pengendalian alat penyahidratan madu kelulut MARDI

Kelebihan dan impak alat penyahidrat madu kelulut

Alat penyahidrat madu kelulut MARDI adalah satu inovasi baharu bertujuan untuk membantu menghasilkan produk madu kelulut yang berkualiti tinggi di samping meningkatkan kadar pengeluaran serta menjimatkan tenaga. Justeru, inovasi ini berupaya membantu usahawan madu kelulut meningkatkan lagi pendapatan mereka. Alat penyahidrat madu kelulut MARDI dibangunkan dengan kos yang berpatutan dan mampu memberi pulangan balik modal pelaburan dalam masa yang begitu singkat tatkala harga jualan madu kelulut yang tinggi di samping permintaan yang semakin menggalakkan. Anggaran pengiraan balik modal melalui penggunaan alat penyahidrat ini bagi perusahaan madu kelulut diringkaskan seperti dalam *Jadual 1* dan *Jadual 2*. Kos pengiraan ini berdasarkan keupayaan kelulut *Trigona itama* yang mampu menghasilkan madu sebanyak 1 kg untuk tempoh dua minggu. Jika dikira dengan keupayaan itu, pengusaha mampu memperoleh sehingga 40 kg madu kelulut sebulan melalui 20 koloni kelulut. Pengendalian alat penyahidrat yang mudah serta menjimatkan masa akan dapat membantu usahawan untuk meningkatkan jumlah pengeluaran madu kelulut yang berkualiti tinggi.

Dari segi jaminan kualiti produk madu kelulut yang telah melalui proses penyahidratan menggunakan alat ini, analisis kualiti produk telah dijalankan. Hasil analisis mendapati kualiti produk madu kelulut yang telah melalui proses penyahidratan menunjukkan peningkatan kualiti yang tidak ketara berbanding dengan madu kelulut segar yang baru dituai dari segi kandungan nutrien dan bahan aktif

Jadual 1. Kos perusahaan madu kelulut (untuk pengeluaran 40 kg/sebulan)

Bahan	Kos tetap			Kos berubah	Jumlah
	Harga seunit (RM)	Unit	Jangka hayat (tahun)		
Koloni kelulut (<i>Trigona itama</i>)	500	20	5		10,000
Kotak rumah kelulut	100	20	5		2,000
Alat penyahidrat madu kelulut	12,000	1	5		12,000
Peralatan dan kelengkapan	17,000	1	5		17,000
Sewaan ruang proses				500	500
Keperluan pembungkusan	–	–		1,000	1,000
Utiliti (elektrik, air dan lain-lain)	–	–		200	200
Jumlah	–	–			42,700

Jadual 2. *Partial budget* (untuk pengeluaran 40 kg/sebulan)

<i>Partial budgeting</i>			
Perkara: Menggunakan alat penyahidratan madu kelulut			
Pertambahan kos		Pertambahan pendapatan	
Susut nilai alat penyahidratan	RM200	Nilai jualan (RM300 * 40 kg)	RM12,000
Susut nilai peralatan	RM284		
Pembungkusan	RM1,000		
Utiliti	RM200		
Pekerja (kerja lebih masa)	RM600		
Pengurangan pendapatan		Pengurangan kos	
Nilai jualan (RM180 * 46 kg)	RM8280	Pembungkusan	RM500
A. Jumlah pertambahan kos dan pengurangan pendapatan	RM10,564	B. Jumlah pertambahan pendapatan dan pengurangan kos	RM12,500
Nilai bersih perubahan keuntungan RM (B – A) RM1,936			

**Berdasarkan harga jualan semasa madu kelulut yang diproses iaitu RM300/kg dan anggaran pengeluaran 40 kg sebulan, kiraan berdasarkan *partial budgeting* menunjukkan impak penggunaan alat penyahidrat madu kelulut bagi perusahaan pengeluaran madu kelulut adalah pertambahan pulangan bersih sebanyak RM1,936 sebulan. Manakala, titik pulang modal bagi pelaburan alat penyahidratan dan peralatan pemprosesan adalah pada 1.2 tahun

Jadual 3. Analisis kualiti produk madu kelulut

Parameter	Madu kelulut dituai segar	Madu kelulut selepas dihidrat
Kandungan kelembapan	29.0	19.0
Profil gula ringkas (g/100 g)		
Fruktosa	12.39 ± 0.31a	13.52 ± 0.75a
Glukosa	3.41 ± 0.06a	3.46 ± 0.21a
Sukrosa	2.37 ± 0.06a	2.48 ± 0.13a
Kandungan HMF (mg/kg)	2.27	2.39
Jumlah kandungan fenolik (mg/100 g)	24.47 ± 0.50a	25.00 ± 0.57a
Kelikatan pada suhu 28 °C (poise)	16.23 ± 1.97a	24.30 ± 0.20a

dalam madu. Contoh keputusan analisis kualiti madu kelulut ditunjukkan seperti dalam *Jadual 3*.

Impak penggunaan alat penyahidrat madu kelulut ini mampu meningkatkan penghasilan madu kelulut berkualiti tinggi secara konsisten dan mampu membantu perkembangan industri ini yang telah diiktiraf oleh kerajaan sebagai 'superfood'.

Kesimpulan

Mekanisasi dalam pemprosesan madu kelulut mampu mencepatkan proses dan meningkatkan penghasilan produk yang berkualiti tinggi. Pembangunan alat penyahidrat madu kelulut MARDI dibangunkan mengikut kesesuaian

industri madu kelulut dengan kos penghasilan yang tidak membebankan untuk dimiliki oleh usahawan. Secara ekonomi, pengusaha madu kelulut mampu memperoleh pendapatan yang lumayan sekiranya penggunaan alat ini dipraktikkan semasa harga pasaran produk madu kelulut agak tinggi di pasaran. Justeru, pulangan balik modal pelaburan dapat dinikmati dalam masa yang singkat. Penggunaan inovasi ini akan membantu mengembangkan lagi industri 'superfood' di negara kita sekali gus mampu menggalakkan penglibatan ramai tenaga kerja muda menceburi bidang berasaskan penternakan kelulut ini.

Penghargaan

Penulis merakamkan ucapan terima kasih kepada MARDI yang telah memberikan peruntukan kewangan bawah geran jangka pendek (GJP) MARDI dan kakitangan Pusat Penyelidikan Kejuruteraan (ER), Pusat Penyelidikan Sains Teknologi Makanan (FS) dan Pusat Penyelidikan Agrobiodiversiti dan Persekitaran (BE) MARDI yang telah membantu dalam menjayakan penyelidikan ini.

Bibliografi

- Carvalho, C.A.L., Sodre, G.S., Fonseca, A.A.O., Alves, R.M.O., Souza, B.A. dan Clarton, L. (2009). Physicochemical characteristic and sensory profile of honey samples from stingless bee (Apidae: Meliponinae) Submitted to a Dehumidification Process. *Annals of the Brazilian Academy of Science* 8(1): 143 – 149
- Codex Alimentarius (2011). Standard for Honey; Codex Stan 12 – 1981, Adopted in 1981, Revision 1987 and 2001
- Fahimee, M.J., Hamdam, S., Rosliza, J. dan Suri, R. (2012). *Manual teknologi penternakan lebah kelulut*. Serdang: MARDI
- Prakash, V., Martin-Belloso, O., Keener, L., Astley, S.B., Braun, S., McMahon, H. dan Leleveld, H. (2016). *Safety of honey: regulating safety of traditional and ethnic foods*, m.s. 219. Chicago: American Press
- Souza, B., Roubik, D., Barth, O., Heard, T., Enrique, E., Carvalho, C., Villas-Boas, L., Marchini, L., Locatelli, J., Persano-Oddo, L., Almeida, L., Bognadov, S. dan Vit, P. (2006). Composition of stingless-bee honey: setting quality standards. *Interiencia* 31(12)

Ringkasan

Inovasi alat penyahidrat madu kelulut MARDI yang dibangunkan menepati keperluan usahawan dan pengusaha madu kelulut dalam menghasilkan produk madu kelulut yang tulen dan berkualiti tinggi. Pengendalian yang mudah, selamat, bersih serta menjimatkan masa mampu memberi impak yang besar kepada usahawan terutamanya dengan kurangnya kos operasi dalam pemprosesan produk madu. Inovasi ini mampu membantu perkembangan industri penternakan kelulut di Malaysia. Dari segi impak ekonomi, penggunaan inovasi ini dalam pemprosesan madu kelulut mampu memberi pulangan pendapatan yang lebih baik berbanding dengan kaedah tradisional yang dipraktikkan sekian lama. Inovasi ini mampu menjimatkan masa pemprosesan madu kelulut sekali gus meningkatkan lagi hasil

dan kelangsungan produk madu kelulut sementara produk ini mendapat permintaan yang tinggi di pasaran. Ini sekali gus dapat mengembangkan industri berasaskan kelulut di Malaysia di samping mampu menggalakkan penyertaan masyarakat terutama golongan muda dalam bidang ini.

Summary

Development of innovation MARDI's dehydrator for *kelulut* honey has meet the needs of entrepreneurs in providing pure and high quality *kelulut's* honey products. Particularly, for the entrepreneur, with easy handling, safe, clean and less consuming in processing time can give a big impact to them especially to reduce the cost operation in honey's processing. This innovation can help in development of *kelulut* industry in Malaysia. In terms of economic impact, the use of these innovations in the processing of *kelulut* honey is able to provide better returns compared with traditional methods practiced for so long. This innovation also can help for continuity production of *kelulut's* honey in market since there are huge demand for this product. Thus, it simultaneously can develop *kelulut* based industry in Malaysia as well as to promote the participation of young Malaysians in this field.

Pengarang

Amir Syariffuddeen Mhd. Adnan
Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI, Serdang,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor
E-mel: asyariff@mardi.gov.my

Azman Hamzah, Yahya Sahari, Mohd Zaimi Zainal Abidin, Mohd Hafiz Mohd Amin Tawakkal, Mohd Azmeeredzuan bin Sani, Muhammad Aliq Jamaluddin dan Shafie Alwi
Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI, Serdang,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Norra Ismail
Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan, Ibu Pejabat MARDI,
Serdang, Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Khairul Hafifi Maidin
Pusat Perkhidmatan Teknikal dan Pengkomersialan Teknologi,
Ibu Pejabat MARDI, Serdang,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Rosliza Jajuli
Pusat Penyelidikan Agrobiodiversiti dan Persekitaran, Ibu Pejabat MARDI,
Serdang, Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor