

3. JENIS ADULTERAN PADA MADU YANG DIDETEKSI MENGGUNAKAN FTIR

Madu merupakan salah satu pemanis yang bisa digunakan sebagai penambah nutrisi dan kesehatan (Bogdanov *et al.*, 2009). Penggunaan madu dapat dipalsukan dengan pemanis lebih murah seperti gula tebu maupun sirup jagung (Wu *et al.*, 2017). Bahan-bahan tersebut biasanya menjadi bahan yang digunakan untuk pemalsuan madu. FTIR sudah mendeteksi banyak pemalsuan madu berdasarkan dari berbagai penelitian di seluruh dunia. Adulteran yang dapat dianalisis menggunakan FTIR adalah yang berbasis *liquid* atau sirup, gula monosakarida, gula disakarida, air, cuka, dan berbagai jenis adulteran yang dapat dicampur. Jenis adulteran yang dapat dideteksi menggunakan FTIR dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, ada berbagai macam adulteran yang bisa ditambahkan dan dideteksi menggunakan instrumen FTIR. Dalam penelitian Başar & Özdemir (2018), adulteran berupa gula bit dan sirup jagung dapat dideteksi menggunakan FTIR. Gula bit dan sirup jagung sebagai pemanis bernilai murah dicampurkan secara langsung ke dalam sampel madu. Adapun dalam penelitian ini juga menjelaskan tentang adulterasi campuran (*blended*). Adulterasi ini dilakukan dengan mencampurkan madu murni dengan campuran 3 bahan seperti air, gula bit, dan gula jagung. Adulterasi campuran dapat mempersulit pengujian keaslian. Sampel yang digunakan dalam penelitian Başar & Özdemir (2018) sebesar 115 sampel dengan 74 sampel lainnya diadulterasi dengan penyesuaian antara komposisi adulteran dengan madu yang berbeda-beda tiap sampel.

Adulteran berupa pemanis lain seperti sirup beras, D-fruktosa, D-glukosa, sukrosa, sirup jagung (CS), HFCS, sirup gula invert (ISS), gula tebu, sirup gula tebu (CSS), sirup tebu ter granulasi, gula umbi bit, sirup bit, gula beras, *D(-)-fructose*, *D(+)-glucose*, *D(+)-sucrose*, sirup maltosa, sirup sukrosa, gula aren, gula kelapa, dan glukosa pada umumnya dicampurkan secara langsung dalam sampel madu. Alasan

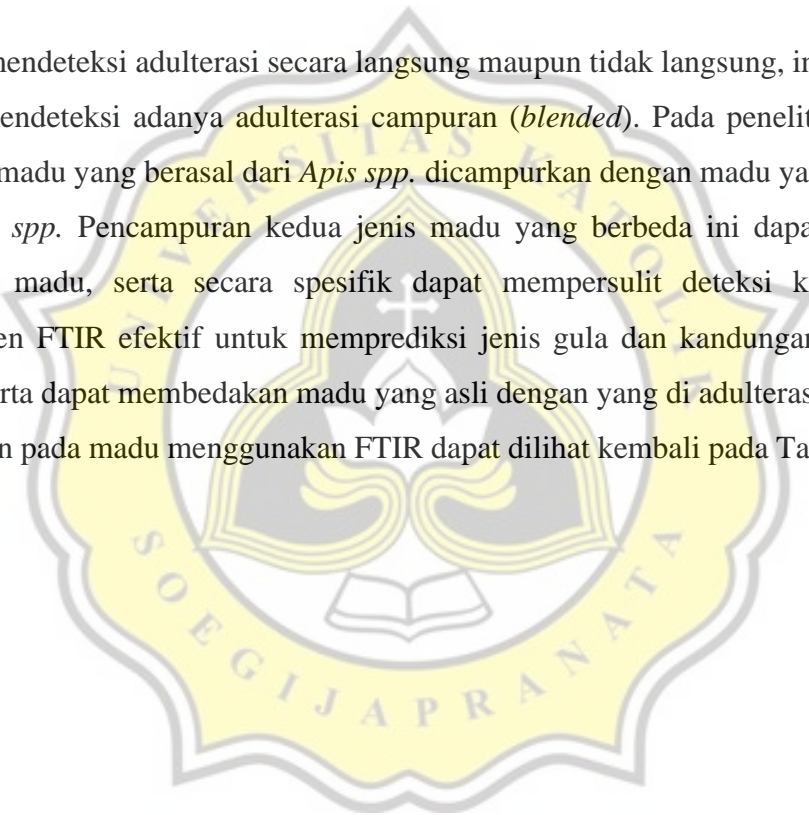
penambahan adulteran dikarenakan harganya lebih murah. Selain itu, beberapa jenis adulteran juga memiliki kemiripan yang tinggi dengan madu murni seperti gula aren, gula kelapa, dan gula tebu. Kemiripan tersebut dapat mempersulit deteksi adulterasi pada madu. Hal tersebut dikarenakan ketiga pemanis tersebut memiliki komposisi sukrosa yang besar. Pada penelitian Riswahyuli *et al* (2020) dalam Tabel 3 dijelaskan bahwa adulterasi langsung dapat dilakukan karena bahan pemanis lain tidak mengubah penampilan luar madu.

Beberapa penelitian memiliki jumlah sampel teradulterasi yang lebih banyak dibandingkan dengan sampel madu asli. Penelitian dari Se *et al.* (2018) mengindikasikan bahwa jumlah sampel madu yang diadulterasi sebesar 60 sampel sementara sampel madu aslinya hanya 16 saja. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai statistik yang bagus dengan melakukan teknik *sampling* dari 16 sampel madu. Madu asli kemudian dibagi-bagi menjadi beberapa sampel lebih banyak. Tiap sampel ditambahkan dengan adulteran pada madu sehingga didapatkan 60 sampel madu palsu. Penelitian yang sama dilakukan oleh Wang *et al.* (2010) di mana jumlah sampel adulterasi berjumlah 45 sedangkan sampel madu asli hanya berjumlah 37 sampel. Penyebab dari hal ini dikarenakan adanya desain faktorial yang diberikan pada pencampuran tiap sampel sehingga sampel adulterasi lebih banyak dibandingkan sampel madu asli.

Selain pemanis lain, pemalsuan madu dilakukan dengan penambahan air dan cuka yang dicampurkan secara langsung dalam madu. Dalam penelitian Mail *et al* (2019), air menjadi bahan adulterasi dari madu *Trigona spp.* agar dapat memperoleh *yield* yang lebih banyak. Pada penelitian Başar & Özdemir (2018), air menjadi bahan adulterasi pada madu untuk mengubah komposisi air dan biasanya dicampur dengan bahan adulterasi lain seperti gula bit dan sirup jagung. Başar & Özdemir (2018) juga menjelaskan bahwa air juga berperan untuk melarutkan padatan gula bit sebesar 50 % (b/b). Penambahan cuka ke dalam madu dilakukan untuk menambahkan rasa asam

pada madu. Rasa asam merupakan karakteristik madu yang diproduksi oleh *Trigona spp.* Spesies *Trigona* merupakan spesies lebah yang tidak bersengat dan menghasilkan madu yang berkarakter manis asam, berair, berwarna coklat pudar sementara spesies *Apis mellifera* merupakan spesies lebah madu asli yang besar dan manis (Mail *et al.*, 2019). Maka dari itu, penambahan cuka dimaksudkan untuk mereplika keasaman madu *Trigona spp.* dan dapat dijual dengan harga yang lebih tinggi.

Selain mendeteksi adulterasi secara langsung maupun tidak langsung, instrumen FTIR dapat mendeteksi adanya adulterasi campuran (*blended*). Pada penelitian Mail *et al* (2019), madu yang berasal dari *Apis spp.* dicampurkan dengan madu yang berasal dari *Trigona spp.* Pencampuran kedua jenis madu yang berbeda ini dapat menurunkan kualitas madu, serta secara spesifik dapat mempersulit deteksi keaslian madu. Instrumen FTIR efektif untuk memprediksi jenis gula dan kandungan kimia dalam madu serta dapat membedakan madu yang asli dengan yang di adulterasi. Cara deteksi adulteran pada madu menggunakan FTIR dapat dilihat kembali pada Tabel 4, 5, dan 6.



Tabel 3. Adulteran pada Madu yang Dapat Dideteksi Menggunakan FTIR

No	Adulteran	Jenis Madu yang diadulterasi	Jenis Adulterasi	Jumlah Sampel Madu	Jumlah Sampel adulteran	Asal Sampel	Alasan Penambahan Adulteran	Referensi
PEMANIS (GULA)								
1	Gula Bit	Madu dari pasar lokal dan peternak lebah	<i>Direct</i>	115	74	Turki	Pemanis yang lebih murah	(Başar & Özdemir, 2018)
2	Sukrosa	Madu dari pasar local	<i>Direct</i>	TA	TA	Turki	Pemanis yang lebih murah	(Cengiz & Durak, 2019)
3	D-fruktosa	Madu dari peternak lebah dari berbagai wilayah	<i>Direct</i>	32	20	Mexico	Pemanis yang lebih murah	(Rios-Corripio <i>et al.</i> , 2012)
4	D-glukosa	Madu dari peternak lebah dari berbagai wilayah	<i>Direct</i>	32	20	Mexico	Pemanis yang lebih murah	(Rios-Corripio <i>et al.</i> , 2012)
5	Sukrosa	Madu dari peternak lebah dari berbagai wilayah	<i>Direct</i>	32	20	Mexico	Pemanis yang lebih murah	(Rios-Corripio <i>et al.</i> , 2012)
6	D(-)-fruktosa	Madu dari peternakan lebah wilayah peninsular Malaysia	<i>Direct</i>	16	60	Malaysia	Pemanis yang lebih murah	(Se <i>et al.</i> , 2018)
7	D(+)-glukosa	Madu dari peternakan lebah wilayah peninsular Malaysia	<i>Direct</i>	16	60	Malaysia	Pemanis yang lebih murah	(Se <i>et al.</i> , 2018)
8	D (+)-sukrosa	Madu dari peternakan lebah wilayah peninsular Malaysia	<i>Direct</i>	16	60	Malaysia	Pemanis yang lebih murah	(Se <i>et al.</i> , 2018)
9	Gula umbi bit	Madu Tualang dari pasar lokal	<i>Direct</i>	10	10	Jerman	Memanipulasi kandungan gula pada madu	(Subari <i>et al.</i> , 2012)
10	Gula Tebu	Madu Tualang dari pasar lokal	<i>Direct</i>	10	10	Jerman	Memanipulasi kandungan gula pada madu	(Subari <i>et al.</i> , 2012)
11	Gula beras	Madu yang difasilitasi oleh <i>Guangdong Institute of Applied Biological Resources</i>	<i>Direct</i>	112	52	China	Pemanis yang lebih murah	(Huang <i>et al.</i> , 2020)
12	Gula aren	Madu yang dikumpulkan dari 7 area hutan yang berbeda-beda	<i>Direct</i>	TA	TA	Indonesian	memiliki kemiripan yang tinggi dengan sifat madu alami	(Riswahyuli <i>et al.</i> , 2020)

13	Gula kelapa	Madu yang dikumpulkan dari 7 area hutan yang berbeda-beda	<i>Direct</i>	TA	TA	Indonesian	memiliki kemiripan yang tinggi dengan sifat madu alami	(Riswahyuli <i>et al.</i> , 2020)
14	Gula tebu	Madu yang dikumpulkan dari 7 area hutan yang berbeda-beda	<i>Direct</i>	TA	TA	Indonesian	memiliki kemiripan yang tinggi dengan sifat madu alami	(Riswahyuli <i>et al.</i> , 2020)
15	Gula tebu invert	Madu yang dikumpulkan dari empat wilayah berbeda	<i>Direct</i>	78	25	Mexico	Harga murah dan mudah didapatkan	(Gallardo-Velázquez <i>et al.</i> , 2009)
16	Gula jagung	Madu yang dikumpulkan dari empat wilayah berbeda	<i>Direct</i>	78	49	Mexico	Harga murah dan mudah didapatkan	(Gallardo-Velázquez <i>et al.</i> , 2009)
PEMANIS (SIRUP)								
17	Sirup Jagung	Madu dari pasar lokal dan peternak lebah	<i>Direct</i>	115	74	Turki	Pemanis yang lebih murah	(Başar & Özdemir, 2018)
18	Sirup Beras	Madu dari Peternakan lebah di wilayah <i>Chinese Academy of Agricultural Sciences of China</i>	<i>Direct</i>	180	210	China	Pemanis yang lebih murah	(Li <i>et al.</i> , 2020)
19	Sirup Jagung (CS)	Madu dari peternak lebah dari berbagai wilayah	<i>Direct</i>	32	TA	Mexico	Pemanis yang lebih murah	(Rios-Corripio <i>et al.</i> , 2012)
20	Sirup Gula Invert (ISS)	Madu dari peternak lebah dari berbagai wilayah	<i>Direct</i>	32	TA	Mexico	Pemanis yang lebih murah	(Rios-Corripio <i>et al.</i> , 2012)
21	Sirup Gula Tebu (CSS)	Madu dari peternak lebah dari berbagai wilayah	<i>Direct</i>	32	TA	Mexico	Pemanis yang lebih murah	(Rios-Corripio <i>et al.</i> , 2012)
22	Sirup Jagung	Madu dari peternakan lebah wilayah peninsular malaysia	<i>Direct</i>	16	60	Malaysia	Pemanis yang lebih murah	(Se <i>et al.</i> , 2018)
23	Sirup Tebu tergranulasi	Madu dari peternakan lebah wilayah peninsular malaysia	<i>Direct</i>	16	60	Malaysia	Pemanis yang lebih murah	(Se <i>et al.</i> , 2018)
24	Sirup Bit	Madu yang difasilitasi oleh <i>Guangdong Institute of Applied Biological Resources</i>	<i>Direct</i>	112	52	China	Pemanis yang lebih murah	(Huang <i>et al.</i> , 2020)

25	<i>High-Fructose Corn Syrup</i>	Madu yang difasilitasi oleh <i>Guangdong Institute of Applied Biological Resources</i>	<i>Direct</i>	112	52	China	Pemanis yang lebih murah	(Huang <i>et al.</i> , 2020)
26	Sirup jagung	Madu yang difasilitasi oleh <i>Guangdong Institute of Applied Biological Resources</i>	<i>Direct</i>	112	52	China	Pemanis yang lebih murah	(Huang <i>et al.</i> , 2020)
27	Sirup maltosa	Madu yang difasilitasi oleh <i>Guangdong Institute of Applied Biological Resources</i>	<i>Direct</i>	112	52	China	Pemanis yang lebih murah	(Huang <i>et al.</i> , 2020)
28	Sirup sukrosa	Madu yang difasilitasi oleh <i>Guangdong Institute of Applied Biological Resources</i>	<i>Direct</i>	112	52	China	Pemanis yang lebih murah	(Huang <i>et al.</i> , 2020)
29	Sirup jagung	Madu yang didapatkan dari wilayah yang berbeda-beda di dunia	<i>Direct</i>	37	45	USA, UK, China, Thailand, Bhutan, Kanada, Indonesia, Jepang, Selandia Baru, Vietnam	pemanis yang lebih murah dan bisa dimanipulasi tergantung kondisi.	(Wang <i>et al.</i> , 2010)
30	Campuran madu dan sirup jagung	Madu yang didapatkan dari wilayah yang berbeda-beda di dunia	<i>Blended</i>	37	45	USA, UK, China, Thailand, Bhutan, Kanada, Indonesia, Jepang, Selandia Baru, Vietnam	pemanis yang lebih murah dan bisa dimanipulasi tergantung kondisi.	(Wang <i>et al.</i> , 2010)
31	HFCS	Madu yang dikumpulkan dari empat wilayah berbeda	<i>Direct</i>	78	30	Mexico	Harga murah dan mudah didapatkan	(Gallardo-Velázquez <i>et al.</i> , 2009)
CAIRAN (AIR DAN CUKA)								
32	Asam cuka	Madu yang dikumpulkan dari peternak lebah	<i>Direct</i>	TA	TA	Malaysia	memberikan rasa asam	(Mail <i>et al.</i> , 2019)

33	Air	Madu yang dikumpulkan dari peternak lebah	<i>Direct</i>	TA	TA	Malaysia	meningkatkan volume <i>yield</i> madu	(Mail <i>et al.</i> , 2019)
34	Air	Madu dari pasar lokal dan peternak lebah	<i>Direct</i>	115	74	Turki	Mengubah komposisi air pada madu	(Başar & Özdemir, 2018)
CAMPURAN (MIXTURES)								
35	Campuran Madu <i>Trigona spp.</i> dan <i>Apis sp.</i>	Madu yang dikumpulkan dari peternak lebah	<i>Blended</i>	TA	TA	Malaysia	mempersulit deteksi dengan alat uji	(Mail <i>et al.</i> , 2019)
36	Campuran air, sirup jagung, dan gula bit	Madu dari pasar lokal dan peternak lebah	<i>Blended</i>	115	74	Turki	Mempersulit deteksi menggunakan alat uji	(Başar & Özdemir, 2018)

Catatan :

TA : tidak ada dalam pustaka



Berdasarkan Tabel 3, dapat diketahui bahwa jenis sampel yang biasa dideteksi menggunakan analisis adulteran adalah pemanis berupa gula dan sirup. Berdasarkan pernyataan Anjos *et al.* (2015), metode FTIR menjadi salah satu metode yang digunakan untuk memprediksi jumlah gula utama yang terdapat dalam madu seperti glukosa, fruktosa, sukrosa, melesitosa, turanosa, maltosa, dan trehalosa. Dalam tabel 3, dijelaskan bahwa adulteran yang sering dideteksi merupakan glukosa, fruktosa, dan sukrosa. Maka dari itu, pemanis-pemanis yang berbahan dasar dari ketiga jenis gula tersebut biasanya digunakan dalam pemalsuan madu. Menurut Bogdanov *et al.* (2009), Banyaknya pemakaian pemanis-pemanis tersebut disebabkan karena komposisi madu sendiri terdiri dari 95 % berat kering berupa konstituen karbohidrat. Jenis karbohidrat yang dimaksud berupa monosakarida (glukosa dan fruktosa), disakarida (sukrosa), dan trisakarida. Selain karbohidrat, komposisi madu terdiri dari 17 % air (Rios-Corripio *et al.*, 2012). Maka dari itu, air bisa menjadi salah satu komponen yang dapat menjadi adulteran pada madu.

Tabel 3 menyatakan bahwa jenis adulterasi yang bisa dideteksi menggunakan FTIR adalah *direct*. Penambahan adulteran secara *direct* dilakukan dengan menambahkan gula secara langsung ke madu (Se *et al.*, 2019). Teknologi FTIR merupakan teknologi yang cepat, mudah digunakan, persiapan sampel sedikit dan sangat murah (Wu *et al.*, 2017). Maka dari itu, penambahan secara *direct* lebih sering dilakukan dalam deteksi FTIR dikarenakan jenis adulterasi ini tidak memerlukan waktu lama dibandingkan dengan deteksi lainnya. Selain itu, spektra yang dibentuk bila menggunakan jenis adulterasi *blended* antara madu asli dan palsu tidak memiliki perbedaan yang sangat jelas bahkan cenderung sama (Wang *et al.*, 2015). Hal ini bisa dilihat bahwa penambahan madu dengan metode *blended* dilakukan untuk mempersulit deteksi (Tabel 3). Oleh karena itu, metode *blended* merupakan metode yang tidak disarankan dalam mendeteksi adulteran pada madu menggunakan FTIR.