



Sintesis ρ -mentana-3,8-diol dan Aplikasinya sebagai *Gel Air Freshener* Penolak Nyamuk *Aedes aegypti*

Imam Syafi'i[✉], Edy Cahyono, F. Widhi Mahatmanti, dan Dante Alighiri

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Diterima Desember 2019

Disetujui Oktober 2020

Dipublikasikan November 2020

Keywords:

p-mentana-3,8-diol
gel air freshener
aedes aegypti
sitronelal
asam sitrat

Abstrak

ρ -Mentana-3,8-diol (PMD) telah disintesis dari sitronelal dengan katalis asam sitrat melalui proses siklisasi dengan pengadukan dan pemanasan. Asam sitrat digunakan sebagai pengganti asam sulfat pada PMD karena murah, aman dan merupakan alternatif sintesis yang efektif. Sintesis PMD selama 8 jam dengan komposisi sitronelal sebanyak 5 g dan larutan asam sitrat 10% sebanyak 7 g pada temperatur 50°C, diperoleh hasil *yield* sebesar 71,15%; nilai konversi sitronelal sebesar 100,00%; dan selektivitas PMD sebesar 71,15%. *Gel air freshener* PMD dibuat dari PMD hasil sintesis dari sitronelal yang diformulasikan dengan karagenan (sebagai *gelling agent*) dengan variasi konsentrasi PMD. Hasil yang diperoleh yaitu, semakin besar kandungan PMD dalam gel akan menyebabkan semakin kecil berat susut yang dialami (*water holding capacity* semakin besar). Repelensi gel terbaik diperoleh dari gel PMD dengan kandungan PMD sebesar 15% yang memiliki daya tolak nyamuk terbesar pada menit ke 60, yakni sebesar 65,00%.

Abstract

ρ -Menthane-3,8-diol (PMD) has been synthesized from citronellal with citric acid catalyst through a cyclization process by stirring and heating. Citric acid is used as a substitute for sulfuric acid in PMD because it is cheap, safe and is an effective alternative to synthesis. The result of PMD synthesis from citronellal by 5 g citronellal; 7 g of citric acid solution 10%; for 8 hours stirring at 50° temperature were obtained 71.15% yield; 100.00% conversion; and 71.15% selectivity. PMD gel air freshener is made using PMD then formulated with carrageenan as a gelling agent with PMD variations. The higher PMD content in gel increase the water holding capacity. The best mosquito repellent strength was obtained from PMD gel with 15% PMD which has the greatest mosquito repellent strength in 60 minute (65.00%).

Pendahuluan

Nyamuk *Aedes aegypti* (Diptera: *Culicidae*) merupakan faktor utama yang menyebabkan terjadinya penyakit demam berdarah (WHO, 2012). Upaya pencegahan yang bisa dilakukan untuk meminimalisir jumlah korban akibat gigitan nyamuk tersebut adalah dengan penggunaan produk penolak nyamuk. Pada umumnya, produk penolak nyamuk yang terdapat di pasaran mengandung senyawa DEET (Klun *et al.*, 2006). Dalam jangka waktu panjang penggunaan DEET dapat mengakibatkan berbagai macam efek negatif, seperti gejala hipersensitifitas, iritasi, hingga urtikaria. (Lukman *et al.*, 2012). Selain itu, produk penolak nyamuk yang menggunakan bahan aktif berbahaya, dapat mengakibatkan beberapa masalah seperti resistensi serangga target dan pencemaran lingkungan. Oleh karena banyaknya kekhawatiran terhadap keamanan penggunaan DEET dan senyawa sintetis lainnya (Abagli & Alavo, 2011); maka perlu adanya produk alternatif repelan yang aman untuk digunakan dan dapat terurai secara biologis.

Pengembangan repelan alternatif yang efektif dan aman untuk digunakan salah satunya adalah dengan memanfaatkan bahan dari alam (Ansari *et al.*, 2005). Dalam beberapa kasus, minyak atsiri merupakan bahan aktif yang memiliki efek repelan yang cukup tinggi (Pavela, 2014). Dari banyak bahan aktif yang memiliki kemampuan repelan, senyawa yang memiliki kemampuan repelan hampir sebanding dengan DEET dan aman untuk lingkungan adalah senyawa PMD (Alpern *et al.*, 2016). Senyawa turunan minyak atsiri berbasis zat penolak aktif, seperti p-mentana-3,8-diol (PMD) dan pengusir serangga 3535 (IR3535) mulai banyak diamati (Leal, 2014).

Senyawa PMD merupakan senyawa aktif yang diperoleh dari distilasi daun *Corymbia citriodora* yang merupakan tanaman asli Australia (Bissinger & Roe, 2010). Di Indonesia belum banyak tumbuh tanaman ini, sehingga untuk bisa mendapatkan senyawa PMD harus dilakukan sintesis dari bahan lainnya, salah satunya adalah dari sitronelal. Dalam penelitian sebelumnya, sintesis PMD dari sitronelal dilakukan dengan menggunakan katalis asam sulfat (Mafu *et al.*, 2016) dan asam sitrat (Drapeau *et al.*, 2011).

Dalam penelitian ini, PMD telah disintesis dari sitronelal dengan menggunakan katalis asam sitrat. Asam sitrat dipilih karena bersifat non-toksik, murah, aman untuk digunakan, mudah terbiodegradasi (Seyedi & Kalantari, 2013; Ramu *et al.*, 2008; Sajjadifar *et al.*, 2013; Ahmed *et al.*, 2010), serta merupakan *green catalyst* sehingga memenuhi prinsip *green chemistry* (Govindaraju *et al.*, 2018). Selain itu, dilakukan pengkajian terkait teknologi pembuatan gel air *freshener* yang tidak sekedar berguna sebagai pengharum ruangan, tetapi juga berfungsi sebagai penolak nyamuk (*mosquito repellent*) yang aman bagi manusia dan lingkungan dengan memanfaatkan PMD hasil sintesis sitronelal. Bentuk gel ditentukan sebagai aplikasi karena dalam bentuk aerosol akan lebih berisiko bagi tubuh, terutama jika terjadi kontak langsung melalui sistem pernapasan. Kelebihan bentuk gel lainnya adalah sifatnya yang tidak mudah tumpah, elastis, lama mengikat wangi, bentuk dapat dikreasikan, dan pemakaiannya yang mudah. Bentuk gel juga dapat memperlambat pelepasan zat volatil pada parfum (Amando, 2009).

Metode

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya: seperangkat alat gelas, neraca analitik, termometer, penangas air, sangkar nyamuk 100 cm x 20 cm x 20 cm yang telah dibagi menjadi 3 kompartemen, stopwatch, refluks, termometer, *hot plate*, *magnetic stirrer*, aluminium foil, *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR-Perkin Elmer), Kromatografi Gas (GC-Agilent 6820), dan Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (GC-MS-QP2010SE Shimadzu). Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya: sitronelal, akuades, asam sitrat (Merck, 99,5%), natrium sulfat anhidrat (Merck, 99%), nyamuk (*Aedes aegypti*) dan tikus yang berasal dari Balai Besar Penelitian dan Pengendalian Vektor & Reservoir Penyakit Salatiga.

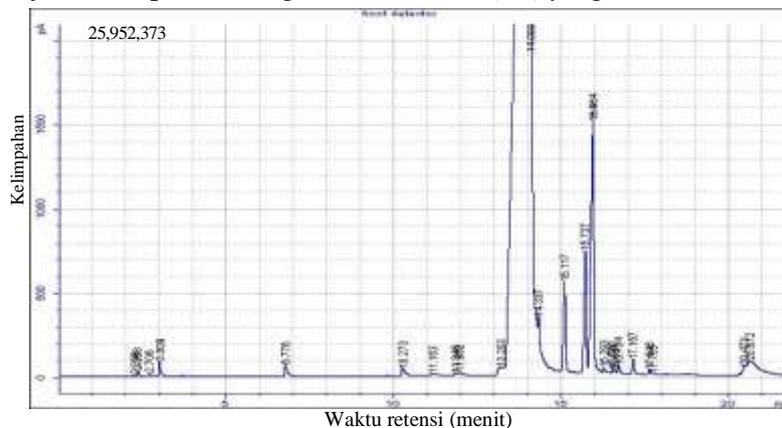
Metode sintesis PMD dari sitronelal berdasarkan pada penelitian Mafu *et al.* (2016) dengan adanya modifikasi. Sintesis dilakukan dengan menggunakan larutan asam sitrat dengan konsentrasi 10% pada suhu 70°C selama 8 jam. Fasa organik yang dihasilkan kemudian dipisahkan dari fasa cair dan dihilangkan kandungan airnya dengan menggunakan natrium sulfat (Na₂SO₄). Pada hasil sintesis ini kemudian dianalisis menggunakan FT-IR dan GC-MS untuk mengetahui persentase PMD yang terdapat dalam senyawa hasil sintesis.

Pembuatan *solid/gel air freshener* pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Ismuyanto *et al.* (2013) dan Hart *et al.* (2004) yang dimodifikasi dengan penambahan senyawa yang bersifat sebagai *mosquito repellent* yaitu PMD. Sebanyak 75 mL akuades dipanaskan hingga suhu 50°C. Sebanyak 2,5 g karagenan dan 0,5 g gum ditambahkan secara perlahan sambil diaduk. Campuran dipanaskan sampai suhu 90°C selama 30 menit. Campuran tersebut kemudian dikeluarkan dari *hot plate* dan ditambahkan tween 80 sebanyak 0,2 mL sambil kembali diaduk. Air yang tersisa (25 mL) kemudian ditambahkan dan suhu

diturunkan menjadi 70°C. Sebanyak 5 mL PMD, 1 mL propilen glikol, dan 0,5 g natrium benzoat dihomogenkan selama 10 menit pada suhu 63-68°C. Formula ini kemudian segera dituangkan ke dalam cetakan dan dibiarkan hingga dingin. Untuk pembuatan formula PMD 10 dan 15% juga dilakukan dengan langkah-langkah yang sama.

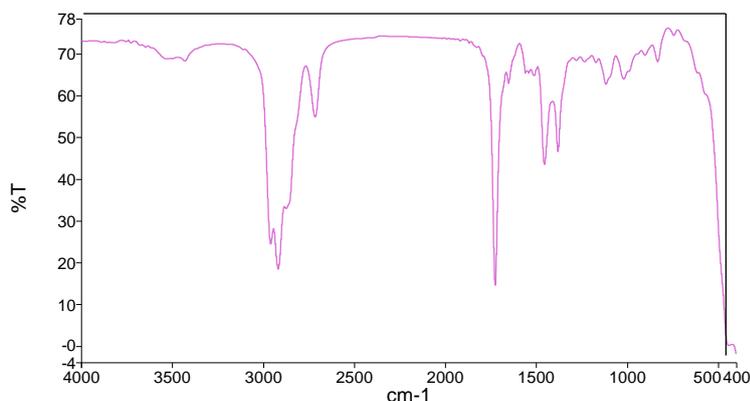
Hasil dan Pembahasan

Analisis sitronelal murni (sebelum sintesis) dilakukan dengan menggunakan *Gas Chromatography* (GC) untuk mengetahui kandungan sitronelalnya secara kuantitatif. Hasil kromatogram GC dari sitronelal (Gambar 1), menunjukkan 24 puncak dengan waktu retensi (RT) yang berbeda-beda.



Gambar 1. Kromatogram sitronelal.

Berdasarkan kromatogram sitronelal pada Gambar 1, terlihat bahwa puncak ke 11 muncul pada waktu retensi 14,098 menit dengan persentase area sebesar 88,01%. Spektrum analisis IR sitronelal disajikan pada Gambar 2 dan interpretasi spektrum IR dari sitronelal disajikan pada Tabel 1.



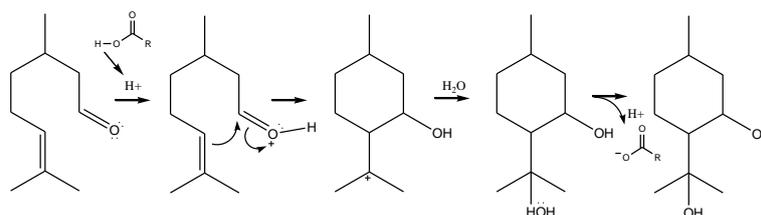
Gambar 2. Spektrum IR sitronelal

Berdasarkan Gambar 2, adanya serapan pada bilangan gelombang 2962,56 sampai 2921,01 cm^{-1} yang menunjukkan adanya vibrasi uluran gugus CH alifatik, sedangkan pita serapan pada bilangan gelombang 2717,47 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur untuk gugus C-H aldehyd. Pita serapan yang sangat kuat pada bilangan gelombang 1725,97 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi gugus C=O (karbonil) dari aldehyd, sedangkan pita serapan pada bilangan gelombang 1653,16 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi uluran gugus ikatan rangkap C=C alkena. Kedua gugus fungsi tersebut menunjukkan kekhasan dari senyawa sitronelal. Pada bilangan gelombang 1454,05 cm^{-1} dan 1379,70 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus $-\text{CH}_2$ dan gugus $-\text{CH}_3$. Namun pada spektrum IR tersebut juga terdapat vibrasi uluran gugus OH yang ditunjukkan oleh pita serapan pada bilangan gelombang 3435,33 cm^{-1} yang dimungkinkan berasal dari senyawa sitronelol dan geraniol. Berdasarkan interpretasi tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa senyawa yang dianalisis merupakan senyawa sitronelal.

Tabel 1. Interpretasi puncak spektrum IR sitronelal hasil distilasi

No.	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Jenis vibrasi
7	1379,70	-CH ₃ -
6	1455,05	-CH ₂ -
5	1653,16	C=C Alkena
4	1725,97	C=O Aldehyd
3	2717,47	C-H Aldehyd
2	2921,01	CH Alifatik
1	2962,56	CH Alifatik

PMD pada penelitian ini disintesis dari sitronelal menggunakan metode siklisasi terkatalis asam dengan menggunakan larutan asam sitrat. Skema siklisasi sitronelal menjadi PMD dapat dilihat pada Gambar 3. Pertimbangan penggunaan asam sitrat adalah karena asam sitrat merupakan produk katalis alami untuk reaksi Prins pada siklisasi sitronelal. Hal ini berbeda dengan penelitian Drapeau *et al.* (2011) yang mensintesis PMD dari minyak *Eucalyptus citridora* yang mengandung sitronelal tinggi dengan menggunakan katalis asam sitrat pada suhu 40-60°C dan dilakukan pengadukan secara konstan selama 6-15 jam. Hasil optimum didapatkan pada konsentrasi asam sitrat 7% pada suhu 50°C dengan lama pengadukan selama 15 jam. Hasil optimum yang didapatkan yaitu konversi sitronelal ke PMD sebesar 82% dengan selektivitas sebesar 80%.



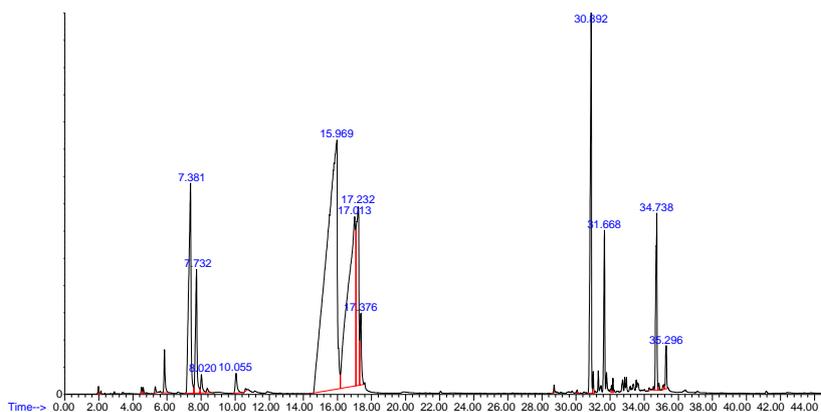
Gambar 3. Skema siklisasi terkatalis asam sitronelal menjadi PMD

Senyawa hasil sintesis mengalami perubahan fisik yang mendasar dan dapat diidentifikasi langsung. Perbedaan dari produk sintesis dan produk samping dapat dibedakan secara fisik melalui perbedaan wujud dan warna. Senyawa hasil sintesis berwujud cair dan lebih kental daripada senyawa samping yang lebih cair seperti air dan keruh. Senyawa yang dihasilkan dari sintesis sitronelal ini belum dapat dipastikan oleh karena itu harus dilakukan analisis menggunakan GC-MS.

Berdasarkan hasil analisis terhadap senyawa hasil sintesis PMD dari sitronelal menggunakan GC-MS, didapatkan beberapa puncak pada kromatogram GC dan ditemukan *peak* di waktu retensi yang berbeda dengan sitronelal. Puncak baru pada waktu retensi yang berbeda ini diduga merupakan senyawa PMD hasil sintesis karena memiliki pola kromatogram yang mirip dengan kromatogram standar PMD dan kromatogram PMD pada penelitian Drapeau *et al.* (2011).

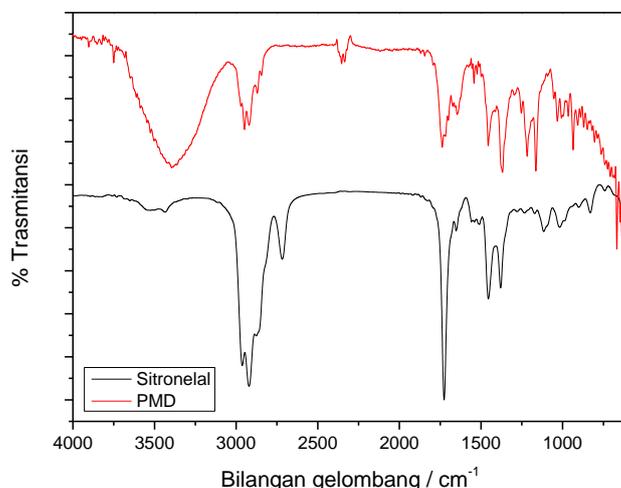
Komponen-komponen kimia penyusun hasil sintesis PMD berdasarkan hasil analisis didapatkan senyawa yang memiliki persentase paling besar yaitu pada waktu retensi sekitar 15 menit. Komponen tersebut kemudian dianalisis kemungkinan reaksinya dari senyawa sitronelal. Berdasarkan analisis GC-MS hasil sintesis sitronelal senyawa yang didapat merupakan senyawa PMD yang berasal dari senyawa awal yaitu sitronelal.

Reaksi siklisasi sitronelal pada penelitian ini dilakukan pada temperatur 70°C dengan konsentrasi katalis asam sitrat sebesar 10% selama 8 jam. Analisis terbentuknya senyawa hasil sintesis dilihat dari analisis menggunakan GC. Analisis yang digunakan adalah dengan membandingkan kromatogram GC awal sitronelal dengan kromatogram hasil sintesisnya.



Gambar 4. Kromatogram GC PMD

Berdasarkan data *library* W8N08.L, PMD mempunyai rumus $C_{10}H_{20}O_2$ dan berat molekul sebesar 172. Oleh sebab itu, ion molekul senyawa berada pada puncak m/z 172 dengan puncak dasar pada m/z 81. Dari data kromatogram GC PMD pada gambar 4. dapat dilihat bahwa hasil sintesis didapatkan *yield* sebesar 71,15%, konversi sebesar 100,00% dan selektivitas sebesar 71,15 %. Hasil yang diperoleh dari menunjukkan hasil yang lebih baik dari segi konversi tetapi dari segi selektivitas sebesar 71,15 %. Hasil yang diperoleh dari menunjukkan hasil yang lebih baik dari segi konversi tetapi dari segi selektivitas sebesar 71,15 %. Hal ini dikarenakan waktu reaksi yang hanya 8 jam, sedangkan pada penelitian Drapeau *et al.* (2011) waktu reaksinya selama 15 jam. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Yuasa *et al.* (2000) dengan metode siklasi terkatalis asam menggunakan asam sulfat pada suhu $50^{\circ}C$ berhasil menghasilkan produk PMD dengan konversi sebesar 97,9% dan selektivitas sebesar 92,3%.



Gambar 5. Perbandingan spektrum IR sitronelal hasil isolasi dan PMD hasil sintesis.

Spektrum IR dari hasil reaksi sintesis PMD dari sitronelal menunjukkan perubahan yang cukup signifikan. Struktur senyawa hasil sintesis PMD menunjukkan terbentuknya gugus OH pada daerah dengan bilangan gelombang $3392,42\text{ cm}^{-1}$. Serapan pada bilangan gelombang $1163,71\text{ cm}^{-1}$ dan $1032,40\text{ cm}^{-1}$ merupakan tanda adanya gugus C-O yang merupakan ciri khas dari C-O senyawa alkohol. Pada bilangan gelombang $2920,63\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan serapan CH alifatik. Berdasarkan Gambar 5, dapat diketahui bahwa spektrum IR senyawa hasil sintesis memiliki perbedaan yang cukup signifikan dari senyawa sebelumnya. Hasil analisis ini dapat diketahui bahwa senyawa hasil reaksi telah menghasilkan senyawa PMD. Hal ini dapat diketahui dari terlihatnya puncak-puncak khas dari senyawa PMD yang intensitasnya cukup tinggi. Pita serapan pada bilangan gelombang $2920,63\text{ cm}^{-1}$ yang menjadi petunjuk adanya vibrasi uluran gugus CH alkana, sedangkan pita serapan yang sangat kuat pada bilangan gelombang $3392,42\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi gugus OH. Pita serapan pada bilangan gelombang $1163,71$ dan $1032,40\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi uluran gugus ikatan C-O, kedua gugus fungsi tersebut menunjukkan kekhasan dari senyawa PMD. Serapan pada bilangan gelombang $1163,71\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi gugus alkohol tersier dan pada bilangan gelombang $1032,40\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi gugus alkohol sekunder. Sedangkan pada panjang

gelombang 1486,05 cm^{-1} dan 1368,20 cm^{-1} berturut-turut menunjukkan adanya serapan gugus $-\text{CH}_2-$ dan gugus $-\text{CH}_3-$.

Produk *gel air freshener* penolak nyamuk ini termasuk produk emulsi jenis minyak dalam air. Berdasarkan pengamatan sensoris diketahui bahwa semakin besar konsentrasi PMD yang digunakan maka akan semakin padat dan semakin putih (keruh) warna produk yang dihasilkan. Hal ini dapat disebabkan adanya perubahan ukuran partikel butiran larutan karagenan yang menjadi lebih besar setelah ditambah dengan PMD. Perubahan ukuran partikel butiran sangat mempengaruhi sifat-sifat emulsi. Semakin besar butirannya maka kenampakannya akan bergerak dari transparan ke putih seperti susu.

Tabel 2. Tekstur *gel air freshener* menggunakan variasi konsentrasi PMD

Formula	Konsentrasi PMD (%)	Tekstur Gel
F1	5	Elastis, kenyal, tidak mudah patah, dan tidak mengalami sineresis
F2	10	Elastis, kenyal, tidak mudah patah, dan tidak mengalami sineresis
F3	15	Elastis, kenyal, tidak mudah patah, dan tidak mengalami sineresis

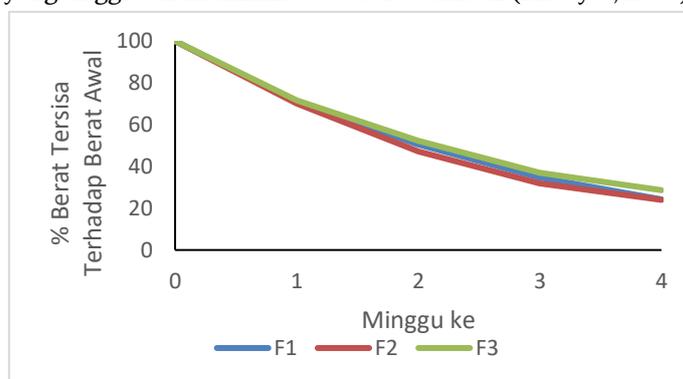
Keterangan:

F1 : Formula gel dengan konsentrasi PMD 5%

F2 : Formula gel dengan konsentrasi PMD 10%

F3 : Formula gel dengan konsentrasi PMD 15%

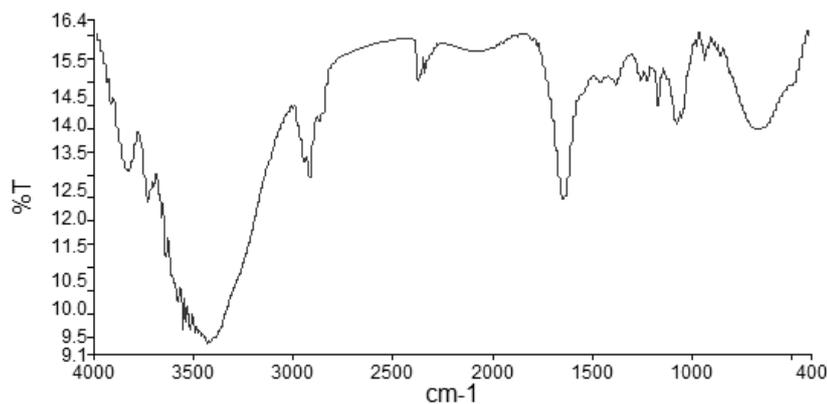
WHC ditentukan secara gravimetri, yakni dengan penimbangan produk selama 30 hari dengan bagian atas produk dipaparkan dengan udara. WHC diperoleh dari persentase berat sisa produk terhadap berat awal produk. Produk gel penolak nyamuk yang memiliki persentase berat sisa produk lebih tinggi dibandingkan dengan berat awal produk berarti memiliki tingkat evaporasi yang lebih kecil yang merupakan produk dengan WHC yang tinggi dan memiliki susut berat terkecil (Hidayat, 2006).



Gambar 6. Grafik hasil penentuan WHC penelitian tahap kedua

Berdasarkan Gambar 6, semakin besar kandungan PMD pada produk maka akan semakin kecil susut berat yang dialami. Hal ini dapat disebabkan semakin sedikit air yang terkandung dalam produk, sehingga tingkat kekerasan gel karagenan akan semakin besar dan kemampuan karagenan sebagai penstabil dan penghambat penyebaran bahan-bahan volatil juga akan semakin besar. Selain terjadi pada PMD, evaporasi juga terjadi air dalam produk. Penguapan air dari dalam produk hampir sama besar dengan campuran penguapan antara PMD dan air pada produk. Hal ini dapat dilihat dari nilai WHC produk tanpa PMD yang memiliki nilai terbesar dibandingkan produk dengan penambahan PMD. Kemampuan suatu produk dalam mempertahankan beratnya dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya adalah komposisi bahan formulasi produk. Bahan dalam produk *gel mosquito repellent* mengandung zat-zat yang volatil seperti PMD. PMD merupakan zat volatil yang mudah menguap pada suhu ruangan layaknya sitronelal, sitronelol, dan geraniol (Ketaren *et al.* 1986).

Gel PMD dianalisis menggunakan spektroskopi inframerah untuk mengetahui jenis ikatan dan gugus fungsi dari PMD. Sampel yang dianalisis IR yaitu gel PMD formula F3 (konsentrasi PMD 15%). Spektrum hasil analisis IR dari gel F3 dapat dilihat di Gambar 7.



Gambar 7. Spektrum IR gel F3

Tabel 3. Interpretasi spektrum IR Gel PMD F3

No.	Puncak serapan (cm ⁻¹)	Jenis Vibrasi
1	3446.04	O-H
2	2923.87	C-H alifatik
3	1639.69	C=C
4	1419,80	-CH ₃ -

Berdasarkan data dari Tabel 3, gugus-gugus fungsi dari gel F3 terdapat pita serapan pada bilangan gelombang 3446,04 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya serapan gugus O-H, sedangkan adanya pita serapan pada bilangan gelombang 2930,46 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi ulur gugus C-H alifatik.

Uji repeleksi dilakukan untuk mengetahui daya tolak *gel air freshener* PMD terhadap nyamuk *aedes aegypti*. Dalam uji repeleksi dilakukan pengujian dengan menggunakan kandang berisi 30 ekor nyamuk *aedes aegypti* yang dipuaskan terlebih dahulu selama satu malam. Nyamuk *aedes* yang digunakan adalah nyamuk berjenis kelamin betina, alasannya karena nyamuk betina adalah jenis nyamuk yang menghisap darah, sedangkan nyamuk jantan menghisap madu. Nyamuk betina yang digunakan adalah nyamuk yang berumur 5-10 hari karena pada masa tersebut nyamuk masih produktif. Pengujian dilakukan selama 1 hari dengan bantuan tikus sebagai penarik nyamuk. Gel diletakkan bersebelahan dengan tikus di dalam kandang.

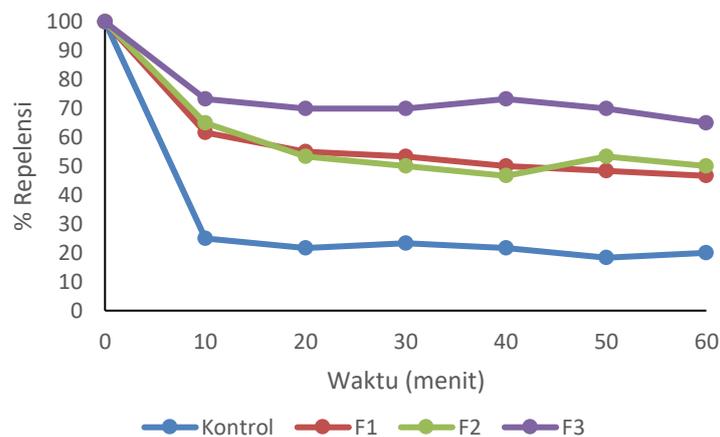
Dalam pengujian nyamuk betina yang berpindah dari kompartemen pertama ke kompartemen ketiga yang berisi gel dan tikus dihitung setiap 10 menit selama 1 jam. Nilai repeleksi terhadap nyamuk dihitung menggunakan persamaan: % repeleksi: (C-T)/C x 100, dengan C adalah jumlah nyamuk yang berpindah ke kompartemen yang terdapat penarik dan T adalah jumlah total nyamuk yang digunakan untuk uji.

Pengujian dilakukan untuk semua formula gel PMD dan gel kontrol, gel kontrol dibuat dengan formula yang sama namun tanpa penambahan PMD. Hasil uji repeleksi pada semua formula gel PMD disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Repeleksi *Gel Air Freshener* PMD semua Formula

Formula	Persen repeleksi (%)					
	10 menit	20 menit	30 menit	40 menit	50 menit	60 menit
Kontrol	25,00	21,67	23,33	21,67	18,33	20,00
F1	61,67	55,00	53,33	50,00	48,33	46,67
F2	65,00	53,33	50,00	46,67	53,33	50,00
F3	73,33	70,00	70,00	73,33	70,00	65,00

Dari hasil pengujian dan analisis bahwa konsentrasi PMD berpengaruh pada aktivitas penolak nyamuk terhadap *Aedes aegypti*. Dari uji aktivitas repeleksi terhadap semua formula *gel air freshener*, gel formula F3 dengan persentase PMD sebesar 15% menunjukkan hasil yang paling efektif dibandingkan dengan formula gel yang lainnya. Grafik % repeleksi gel air freshener PMD dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik % repelensi *gel air freshener* PMD

Simpulan

Sintesis PMD dari sitronelal dengan komposisi 5 g sitronelal; 7 g larutan asam sitrat 10% didapatkan hasil sintesis dengan *yield* sebesar 71,15%; konversi sitronelal sebesar 100,00%; dan selektivitas PMD sebesar 71,15%. Semakin besar kandungan PMD dalam gel menyebabkan semakin kecilnya berat susut yang dialami. Repelensi gel terbaik didapatkan pada gel PMD dengan dengan kandungan PMD sebesar 15% yaitu memiliki daya tolak nyamuk pada menit ke 60 sebesar 65,00%, dibandingkan dengan gel PMD 10% sebesar 50,00% dan gel PMD 5% sebesar 46,67%.

Daftar Pustaka

- Abagli, A.Z. & Alavo, T.B.C. 2011. Essential Oil from Bush Mint, *Hyptis suaveolens*, is as Effective as DEET for. Personal Protection against Mosquito Bites. *The Open Entomology Journal*, 5: 45–48
- Ahmed, M.Z., Patel, N.T., Shaikh, K.A., Baseer, M.A. Shaikh, S. dan Patti, V.A. 2010. Atom Efficient Grinding Technique for the Synthesis of Hydrazones Catalyzed by Citric Acid, *Elixir Organic Chemistry*, 43: 6583–6585
- Alpern, J.D., Dunlop, S.J., Dolan, B.J., Stauffer, W.M., Boulware, D.R. 2016. Personalprotection Measures Against Mosquitoes, Ticks, and Other Arthropods. *The Medical Clinixs of North America Journals*, 100: 303–316
- Amando, R. 2009. *Producing Quality Essential Oils*. Cetakan I. Jakarta: Penebar Swadaya
- Ansari, M.A., Mittal, P.K., Razdan, R.K., Sreehari, U. 2005. Larvicidal and Mosquito Repellent Activities of Pine (*Pinus longifolia*, family: Pinaceae) oil. *Journal Vector Borne Disease*, 42: 95–99
- Bissinger, B.W., Roe, R.M. 2010. Tick Repellents Past, Present, and Future. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 96: 63–79
- Drapeau, J., Rossano, M., Touraud, D., Obermayr, U., Geier, M., Rose, A., Kunz, W. 2011. Green Synthesis of para-Mentana-3,8-diol from *Eucalyptus citriodora*: *Application for Repellent Products*. *Comptes Rendus Chimie*, 14(7-8): 629-635
- Govindaraju, S., Tabassum, S., dan Pasha, M.A. 2018. Citric-Acid-Catalyzed Green and Sustainable Synthesis of Novel Functionalized Pyrano[2, 3-e]pyrimidin- and Pyrano [2, 3-d]pyrazol-amines in Water via One-Pot Multicomponent Approaches. *Chemistry Select*, (13): 3832-3838
- Hidayat, F. 2006. Pengaruh Kombinasi Karagenan dan Sodium Lauryl Sulfat serta Penambahan Ekstrak Pemphis Acidula terhadap Karakteristik Sabun Mandi Cair. *skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2017. *Data dan Informasi Profil Kesehatan Indonesia 2016*. Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia

- Klun, J.A., Khirmian, A., Rowton, E., Kramer, M., Debboun, M. 2006. (Biting Deterrent Activity of a Deet Analog, Two DEPA Analogs, and SS220 Applied Topically to Human Volunteers Compared with Deet Against Three Species of Blood-Feeding Flies). *Journal of Medical Entomology*, 43: 1248-1251
- Ketaren S. 1986. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan, Jakarta: UI. Press
- Leal, W.S. 2014. The Enigmatic Reception of DEET – The Gold Standard of Insectrepellents. *Current Opinion in Insect Science*, 6: 93–98
- Lukman, A., Emma, S., Roli, O. 2012. Formulasi Gel Minyak Kulit Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*) sebagai Sediaan Antinyamuk. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 1(1): 24-29
- Mafu, L., Zeelie, B., dan Watts, P. 2016. Solvent-Free Synthesis of Novel para-mentana-3,8-diol Ester Derivatives from Citronellal Using a Polymer-Supported Scandium Triflate Catalyst. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 12: 2046–2054
- Pavela, R. 2014. Acute, synergistic and antagonistic effects of some aromatic compounds on the *Spodoptera littoralis* Bois. (Lep., Noctuidae) larvae. *Industrial Crops and Products*. 60:247-258
- Sajjadifar, S., Zolfigol, M.A., Chehardoli, G., Miri, S., Moosavi, P. 2013. Quinoxaline II. A Practical Efficient and Rapid Synthesis of New Quinoxalines Catalyzed by Citric Acid as a Trifunctional Bronsted Acid at Room Temperature Under Green Condition. *International Journal of ChemTech Research*, 5(1): 422-429
- Seyedi, N. & Kalantari, M. 2013. An Efficient Green Procedure for the Synthesis of bis (indolyl) Methanes in Water. *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran*, 24: 205-211
- World Health Organization. 2012. Handbook for Integrated Vector Management. World Health Organization, Geneva
- Yuasa, Y., Tsurata, H., Yuasa, Y. 2000. A Practical and Efficient Synthesis of p-Menthane-3,8-diols. *Organic Process Research & Development*, 4: 159-161.