



Received 19th January 2021
 Accepted 12th February 2021
 Published 11th March 2021

Open Access

DOI: 10.35472/v5i1.395

Identifikasi Karakteristik Pengecilan Ukuran dengan Metode Sonikasi dari Formula Insektisida yang Ditambahkan Surfaktan Berbasis Sawit

Eka Nur'azmi Yunira^{*1}, Ani Suryani², Dadang³, Silvester Tursiloadi⁴

¹ Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera

² Departemen Teknik Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

³ Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

⁴ Pusat Penelitian Kimia, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

* Corresponding E-mail: eka.yunira@tip.itera.ac.id

Abstract: Size reduction of pesticide formulation can improve its performance to pest and disease control in plant. Size reduction methods were high speed agitation, ultrasonic emulsification, high pressure homogenization, microfluidic and membrane emulsification. Homogenizer and sonication methods were most widely used because its high effectivity in size reduction. The purpose of this research was to identify the effect of size reduction on physico chemical properties of the insecticide formulation by adding palm oil surfactant. The method of this research was to make an emulsifiable concentrate (EC) formulation using 15% active ingredient of emamectin benzoate, xylene, cationic surfactant of 1%, nonionic surfactants of 6% with DEA and APG surfactant ratio of 2:3. This formulation was mixed using Homogenizer at a speed of 4000 rpm and sonication with frequencies of 42 kHz at various times of 15, 30 and 45 minutes. The best result of this research was using sonication method for 45 minutes. The best physico-chemical properties were emulsion stability after 2 hours, cream formation after 24 hours emulsion, particle size of 0.70 μm with homogenous dispersion, surface tension of 25.54 dyne/cm, contact angle at 0 minutes of 25.05^o and contact angle after 15 minutes of 0^o.

Keywords: *sonication, insecticide, surfactants based on palm oil, EC formulation*

Abstrak: Pengecilan ukuran formulasi pestisida dapat meningkatkan kinerja dalam pengendalian hama dan penyakit pada tanaman. Metode pengecilan ukuran diantaranya adalah pengadukan kecepatan tinggi, emulsifikasi dengan ultrasonik, homogenisasi dengan tekanan tinggi, mikrofluida dan emulsifikasi membran. Metode *homogenizer* dan sonikasi merupakan metode yang paling banyak digunakan karena efektivitas pengecilan ukuran cukup tinggi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pengaruh pengecilan ukuran terhadap sifat fisiko kimia formulasi insektisida yang ditambahkan surfaktan berbasis sawit. Metode yang digunakan adalah membuat formulasi emulsifiable concentrate (EC) dengan menggunakan 15% bahan aktif emamektin benzoate, pelarut xilen, surfaktan kationik 1% dan surfaktan nonionic 6% dengan perbandingan surfaktan DEA: APG yaitu 2:3. Formulasi dicampurkan dengan menggunakan homogenizer 4000 rpm dan alat sonikator pada frekuensi 42 kHz dengan variasi waktu pengecilan ukuran yaitu 15, 30 dan 45 menit. Hasil penelitian terbaik adalah menggunakan metode sonikasi dengan lama waktu sonikasi sebesar 45 menit. Sifat fisiko kimia yang dihasilkan adalah stabilitas emulsi setelah 2 jam stabil, setelah 24 jam terbentuk cream, ukuran partikel 0.70 μm dengan dispersi yang merata, tegangan permukaan 25.54 dyne/cm, sudut kontak pada menit ke-0 sebesar 25.05^o dan sudut kontak setelah 15 menit sebesar 0^o.

Kata Kunci : sonikasi, insektisida, surfaktan sawit, formulasi EC

Pendahuluan

Pestisida menjadi salah satu bentuk pengendalian hama, penyakit dan gulma pada tanaman. Efektifitas

penggunaan pestisida ini dipengaruhi oleh bahan aktif dan bentuk formulasi pestisida. Emamektin benzoate adalah salah satu bahan aktif yang digunakan dalam pengendalian hama. Emamektin benzoat merupakan



jenis bahan aktif baru yang dikembangkan dari avermektin [1]. Emamektin benzoat memiliki spektrum yang luas, efisiensi tinggi, toksisitas rendah, residu, polusi lingkungan dan stabilitas termal yang lebih baik dibandingkan dengan avermektin [2]. Bahan aktif emamektin benzoat ini telah banyak digunakan terutama dalam pengendalian hama, akan tetapi memiliki tingkat kelarutan yang sangat rendah dalam air [3]. Pada penggunaannya, bahan aktif ini memerlukan formulasi dan pelarut. Formulasi yang umumnya dikembangkan untuk bahan aktif emamektin benzoat adalah *Emulsifiable Concentrate* (EC) yang membutuhkan banyak pelarut dan *Water Dispersible Granule* (WDG) yang membutuhkan banyak surfaktan [4]. Formulasi EC paling banyak digunakan karena memiliki keunggulan diantaranya mudah dalam penanganan, transportasi dan penyimpanan, tidak memerlukan pengadukan dalam waktu lama dan residu yang dihasilkan lebih sedikit [5].

Formulasi EC merupakan formulasi yang paling stabil. Aplikasi sistem EC ini dengan melarutkan formulasi dalam air dengan pembentukan emulsi minyak dalam air [6]. Pembentukan emulsi EC dalam air masih dalam bentuk droplet dengan ukuran 4.64-6.25 μm [7]. Efektifitas formulasi EC dapat ditingkatkan dengan pengecilan ukuran droplet formulasi tersebut. Semakin kecil ukuran partikel maka tingkat kelarutan formulasi akan semakin baik [4]. Pengecilan ukuran formulasi pestisida akan meningkatkan kinerja formulasinya [8]. Proses pengecilan ukuran partikel formula pestisida dapat menggunakan beberapa metode yaitu pengadukan kecepatan tinggi, emulsifikasi dengan ultrasonik, homogenisasi dengan tekanan tinggi, mikrofluida dan emulsifikasi membran [9]. Proses pengecilan ukuran yang banyak digunakan adalah dengan menggunakan alat homogenizer dan sonikasi. Metode *homogenizer* memiliki prinsip kerja kecepatan homogenisasi yang lebih tinggi dan dapat diaplikasikan pada sebuah sediaan cair sehingga akan memperkecil ukuran partikel emulsi [10]. Metode sonikasi merupakan metode dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik dimana generator listrik ultrasonik akan membuat sinyal listrik diubah menjadi getaran fisik (gelombang ultrasonik) sehingga memiliki efek sangat kuat (efek kavitasi) pada larutan yang menyebabkan pecahnya molekul ([11]). Metode sonikasi dan *homogenizer* ini banyak digunakan karena efektivitas dalam pemecahan partikel tinggi.

Pengecilan ukuran dalam formulasi pestisida mampu menghasilkan emulsi yang lebih transparan dan stabil.

Formulasi dengan ukuran partikel yang lebih kecil akan mampu melapisi permukaan target dengan lebih baik, sehingga dalam aplikasinya mampu menghasilkan efektivitas pengendalian yang lebih baik. Pemilihan metode *homogenizer* dan sonikasi diyakini mampu secara efektif mengurangi ukuran partikel formulasi yang dihasilkan. Hasil penelitian Rusdiana 2018 menunjukkan metode sonikasi mampu memperbaiki sifat fisiko kimia dari formulasi herbisida dan meningkatkan efektivitas pengendalian gulma. Pengecilan ukuran dengan metode sonikasi juga mampu meningkatkan daya dispersi emulsi dalam air dari formulasi pestisida yang dikembangkan, Kemampuan dispersi ini juga didukung dengan penggunaan surfaktan sebagai agen pengemulsi dalam pembentukan sistem emulsi yang lebih baik. Surfaktan sintesis dari minyak bumi banyak digunakan dalam formulasi pestisida. Surfaktan berbasis minyak bumi ini bersifat *non biodegradable* dan menimbulkan berbagai masalah lingkungan seperti kerusakan tanah dan polusi air [12]. Surfaktan berbasis kelapa sawit bersifat *biodegradable* dan mampu meningkatkan sifat fisiko kimia dari formulasi pestisida. Penggunaan surfaktan berbasis kelapa sawit mampu memperkecil sudut kontak dan tegangan permukaan dari sediaan formulasi insektisida profenofos [13]. Kajian penggunaan surfaktan berbasis kelapa sawit menunjukkan hasil yang cukup baik, akan tetapi tingkat kelarutan dalam air masih rendah. Penggunaan teknologi pengecilan ukuran ini menjadi salah satu pilihan dalam meningkatkan kinerja formulasi pestisida yang dikembangkan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi pengaruh pengecilan ukuran terhadap sifat fisiko kimia formulasi insektisida yang ditambahkan surfaktan berbasis sawit. Sifat fisiko kimia yang dikaji akan menggambarkan kinerja formulasi insektisida dalam pengendalian hama.

Metode

A. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas kimia, *magnetic stirrer*, *hotplate*, *batch sonicator*, *homogenizer*, neraca analitik, pipet volumetrik, botol sampel, mikropipet dan cawan petri. Alat untuk pengujian yaitu *densitometer anton paar DNA 4500M*, *spinning drop tensiometer*, *rheometer brookfield DV-III ultra*, *contact angle analyzer phoenix 300* dan *particle size analyzer*.

B. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah emamektin benzoat dari Asia Foresight-Care Group Ltd, Shanghai, Cina, surfaktan DEA hasil penelitian Dora, 2017, Surfaktan APG dari Laboratorium SBRC IPB, pelarut xilen, surfaktan kationik dari palmitil alkohol dan tisu.

C. Prosedur Penelitian

Formulasi insektisida yang dibuat adalah *emulsifiable concentrate* berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (Yunira et al. 2020). Formulasi insektisida *emulsifiable concentrate* (EC) terbaik yang dihasilkan dari penelitian sebelumnya yaitu menggunakan 15% bahan aktif emamektin benzoate, pelarut xilen, surfaktan kationik 1% dan rasio perbandingan surfaktan nonionic DEA: APG yaitu 2:3. Formulasi insektisida terbaik ini, kemudian dilakukan pengecilan ukuran dengan menggunakan *homogenizer* 4000 rpm dan alat sonikator pada frekuensi 42 kHz dengan variasi waktu pengecilan ukuran yaitu 15, 30 dan 45 menit. Formulasi *microemulsifiable concentrate* ini dianalisis sifat fisiko kimianya yaitu stabilitas emulsi, densitas, tegangan permukaan (*Spinning drop tensiometer*), pH, sudut kontak (*Contact angle analyzer phoenix 300*) [14] dan ukuran partikel [15].

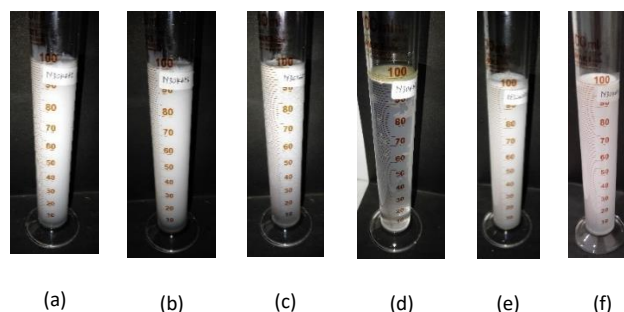
Hasil dan Pembahasan

A. Stabilitas Emulsi

Emulsi merupakan sistem yang terdiri dari dua fase yaitu fase terdispersi dan fase pendispersi [16]. Formulasi insektisida *microemulsifiable concentrate* ini diharapkan mampu membentuk emulsi yang stabil pada formula dan setelah dicampurkan dengan air. Stabilitas emulsi formulasi insektisida dilakukan untuk melihat keseimbangan antar partikel berupa gaya tarik-menarik dan gaya tolak-menolak dalam system emulsi [17]. Hasil penelitian menunjukkan, stabilitas emulsi setelah diperkecil ukurannya memiliki stabilitas yang cukup baik jika dibandingkan sebelum dilakukan pengecilan ukuran.

Stabilitas emulsi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti keseimbangan hidrofil-lipofil (HLB) [18], konsentrasi [19], dan posisi penambahan surfaktan [15]. Hasil penelitian menunjukkan, stabilitas emulsi formulasi insektisida setelah pengecilan ukuran lebih baik dibandingkan sebelumnya. Stabilitas emulsi formulasi insektisida setelah dilakukan

pengecilan ukuran menunjukkan, pada jam ke 0, 30 menit dan 2 jam stabilitas emulsinya cukup baik (**Gambar 1**). Akan tetapi, stabilitas emulsi setelah 24 jam menunjukkan pecahnya emulsi antara formulasi dan air. Stabilitas emulsi pada jam ke-24 menunjukkan adanya pembentukan *cream*, pemisahan minyak dan pecahnya emulsi antara formulasi dan air (**Tabel 1**). Emulsi dapat terbentuk kembali setelah dilakukan re-emulsi dengan pencampuran kembali formulasi insektisida tersebut. Kelarutan Emamektin benzoat dalam air sebesar 24 mg/L [3]. Oleh karena itu, dibutuhkan surfaktan yang membantu bahan aktif dan pelarutnya untuk dapat larut dalam air. Surfaktan DEA, APG dan CTAC digunakan untuk meningkatkan kelarutan dalam air. Surfaktan DEA pada dasarnya memiliki karakteristik yang cukup baik untuk diaplikasikan khususnya pada produk agrokimia. Akan tetapi pada insektisida, produk yang dihasilkan masih memiliki stabilitas emulsi yang rendah. Hal ini disebabkan oleh HLB surfaktan DEA yang rendah, yaitu 7 [20].



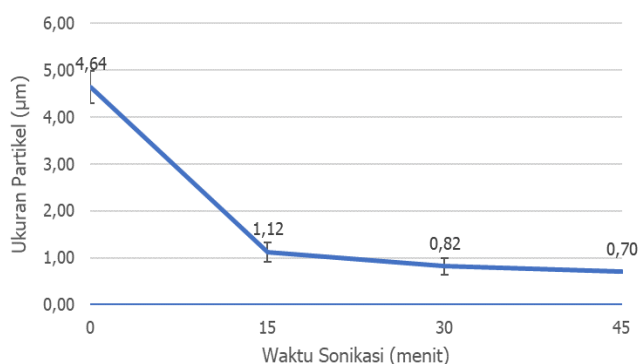
Gambar 1. Stabilitas emulsi formulasi insektisida pada jam ke- (a) 0 jam (b) 30 menit (c) 2 jam (d) 24 jam (e) re-emulsi dan (f) re-emulsi 24 jam.

Tabel 1. Stabilitas emulsi formulasi insektisida *micro emulsifiable concentrate* dalam air

| Waktu Sonikasi (menit) | Jam ke- | | | |
|------------------------|---------|--------|------------------------|---------------------------------|
| | 0 | 0,5 | 2 | 24 |
| 0 | Stabil | Stabil | Terbentuk <i>cream</i> | Terbentuk <i>cream</i> , minyak |
| 15 | Stabil | Stabil | Stabil | Terbentuk <i>cream</i> , minyak |
| 30 | Stabil | Stabil | Stabil | Terbentuk <i>cream</i> , minyak |
| 24 | Stabil | Stabil | Stabil | Terbentuk <i>cream</i> |

B. Ukuran Partikel

Pada formulasi insektisida, pembentukan emulsi minyak dalam air dapat dilihat dengan keseragaman ukuran partikel yang dihasilkan [15]. Keseragaman ukuran partikel menunjukkan kestabilan emulsi dan daya dispersi partikel dalam air. Hasil penelitian menunjukkan pengecilan ukuran menggunakan *homogenizer* dan sonikasi mampu mengecilkan ukuran partikel dari 4.64 menjadi 1.12, 0,82 dan 0.70 μm . **Gambar 2** menunjukkan semakin lama waktu sonikasi formulasi insektisida, ukuran formulasi insektisida dalam air semakin kecil. Keseragaman ukuran droplet menunjukkan adanya homogenitas emulsi dari formulasi insektisida yang dikembangkan [13].

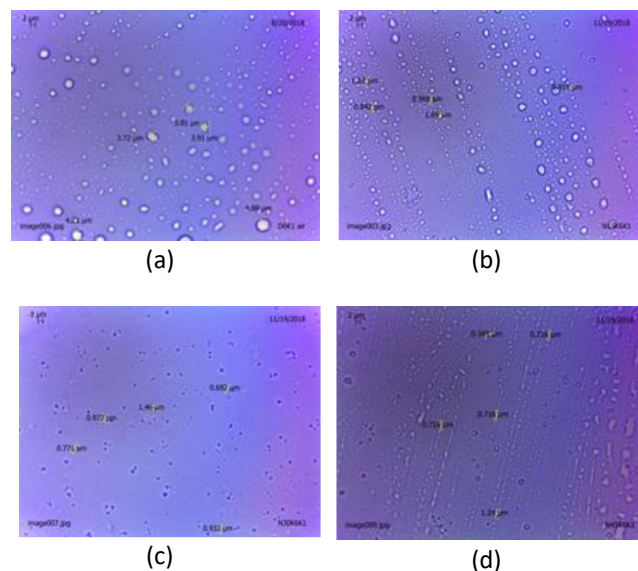


Gambar 2. Ukuran partikel formulasi insektisida setelah sonikasi dalam air

Analisis dispersi emulsi dilakukan dengan melarutkan formulasi insektisida dalam air. Sediaan insektisida ini kemudian dilihat dibawah mikroskop leika untuk mengetahui pembentukan emulsi yang terjadi. Dispersi keseragaman ukuran partikel pada Gambar 3 menunjukkan kondisi homogenitas emulsi yang cukup baik antara formulasi insektisida dalam air. Sistem emulsi pada formulasi insektisida yang telah dikecilkan ukurannya berupa dispersi minyak dalam air. Ukuran formulasi yang kecil menunjukkan emulsi yang baik antara formulasi dalam air. Pengecilan ukuran dengan menggunakan homogenizer dan sonikasi mampu meningkatkan homogenisasi dan pembentukan emulsi yang lebih seragam dibandingkan sebelum pengecilan ukuran [24]. Hasil penelitian juga menunjukkan semakin lama sonikasi dilakukan, maka ukuran partikel juga semakin kecil.

Dispersi partikel yang homogen juga dipengaruhi oleh penggunaan surfaktan. Surfaktan membantu menstabilkan pembentukan emulsi formulasi insektisida

di dalam air [15]. Hal ini ditunjukkan dengan adanya keseragaman ukuran partikel dan homogenisasi emulsi (**Gambar 3**). Surfaktan juga membantu menstabilkan formulasi insektisida khususnya selama proses penyimpanan formulasi insektisida [4]. Hasil penelitian sebelumnya juga menunjukkan penggunaan surfaktan nonionik dari sawit akan meningkatkan dispersi emulsi yang terbentuk [11].



Gambar 3. Dispersi partikel formulasi insektisida dalam air (a) sebelum pengecilan ukuran dan setelah sonikasi selama (b) 15 menit (c) 30 menit (d) 45 menit

C. Densitas dan pH

Nilai densitas menunjukkan stabilitas emulsi dalam air. Selisih nilai densitas formula yang dengan densitas air menentukan stabilitas emulsi yang terbentuk [21]. Hasil analisis menunjukkan nilai densitas rata-rata setelah pengecilan ukuran adalah 0,9954 – 0,9958 g/cm^3 (**Tabel 2**). Perbedaan densitas akan membentuk dua fasa cair dalam larutan pestisida yang telah dilarutkan dalam air. Formulasi insektisida ini akan membentuk emulsi minyak dalam air [7]. Pembentukan emulsi ini juga dipengaruhi perbedaan densitas antara kedua fasa tersebut. Hasil penelitian menunjukkan tidak ada pengaruh waktu sonikasi terhadap nilai densitas pestisida yang dihasilkan. Hasil ini juga menunjukkan pengecilan ukuran tidak berpengaruh terhadap nilai densitas dari formulasi insektisida. Nilai densitas juga menunjukkan stabilitas emulsi dari formulasi insektisida. Stabilitas emulsi ini terbentuk karena adanya

penggunaan surfaktan. Konsentrasi surfaktan dan rasio penggunaan surfaktan akan berpengaruh dalam densitas formulasi insektisida [7].

Analisis lainnya dilakukan terhadap pH dari formulasi insektisida yang telah dilakukan pengecilan ukurannya. Hasil penelitian menunjukkan pH formulasi insektisida setelah pengecilan ukuran tidak mengalami perubahan secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh pH adanya ionisasi gugus kutub komponen aktif permukaan yang menyebabkan interaksi repulsif elektrostatis yang cukup untuk memecah kohesi film antarmuka [25]. Kohesi film antar muka ini pecah sehingga turunnya tegangan permukaan dan antar muka pada lapisan emulsi. Pada formulasi insektisida ini, nilai pH menunjukkan adanya stabilitas emulsi yang baik, semakin tinggi nilai pH, maka pemecahan emulsi akan terjadi [26]. Nilai pH formulasi insektisida yang dihasilkan setelah pengecilan ukuran berkisar 7,26 – 7,72 (Tabel 2). Nilai pH yang dihasilkan menunjukkan nilai pH yang netral. Standar nilai pH dari formulasi insektisida dalam air sebesar 5 - 7 [23]. Nilai pH ini akan menentukan toksisitas dari formulasi insektisida. Nilai pH yang terlalu tinggi atau terlalu rendah menunjukkan tingkat toksisitas yang tidak bagus untuk formulasi insektisida karena sifat formulasi yang terlalu basa atau terlalu asam [5].

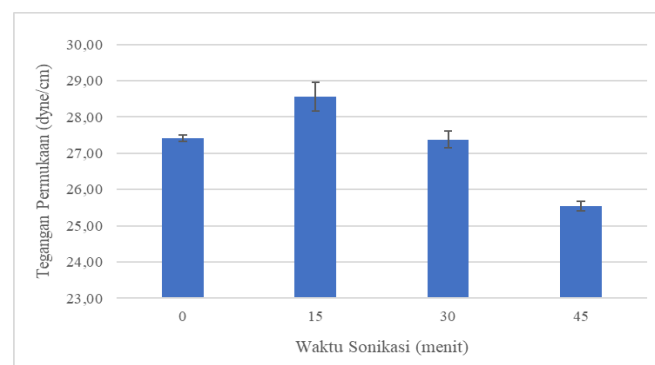
Tabel 2. Nilai densitas dan pH Formulasi Insektisida setelah sonikasi

| Waktu sonikasi (menit) | Bahan aktif 15% |
|------------------------|-------------------------------|
| | Densitas (g/cm ³) |
| 0 | 0,9956 ± 0,00 |
| 15 | 0,9958 ± 0,00 |
| 30 | 0,9958 ± 0,00 |
| 45 | 0,9958 ± 0,00 |
| | pH |
| 0 | 7,81 ± 0,08 |
| 15 | 7,26 ± 0,04 |
| 30 | 7,43 ± 0,09 |
| 45 | 7,72 ± 0,04 |

D. Tegangan permukaan

Tegangan permukaan merupakan indikator dimana stabilitas emulsi dari suatu formulasi. Tegangan permukaan yang rendah menunjukkan adanya stabilitas emulsi yang baik [7]. Pada formulasi insektisida *emulsifiable concentrate*, terdapat

dua fasa yang sulit untuk homogen. Fasa minyak merupakan fasa yang disusun oleh formula insektisida, sedangkan fasa air adalah air yang dicampurkan dalam pengenceran formula insektisida. Hasil penelitian menunjukkan pada waktu sonikasi 45 menit memiliki nilai tegangan permukaan terendah (Gambar 4). Pengecilan ukuran sangat efektif dalam meningkatkan stabilitas emulsi baik secara kinetik maupun secara termodinamik [15]. Hasil dari beberapa penelitian lain menunjukkan pengecilan ukuran pada bahan aktif pestisida juga dapat mengurangi penggunaan surfaktan dan pelarut [4]. Pada aplikasinya, semakin lama proses sonikasi maka ukuran partikel semakin kecil dan tegangan permukaan semakin kecil. Hal ini menunjukkan metode sonikasi sangat baik digunakan dalam pengecilan ukuran sehingga sifat fisiko kimia formulasi semakin baik. Penggunaan surfaktan berbasis sawit juga mempengaruhi nilai tegangan permukaan yang dihasilkan. Surfaktan nonionik DEA yang berbasis sawit, memiliki nilai tegangan permukaan rendah yaitu 27,16 dyne/cm [27]. Penggunaan surfaktan nonionik ini juga membantu menurunkan tegangan permukaan setelah sonikasi menjadi 25,54 dyne/cm (Gambar 3)

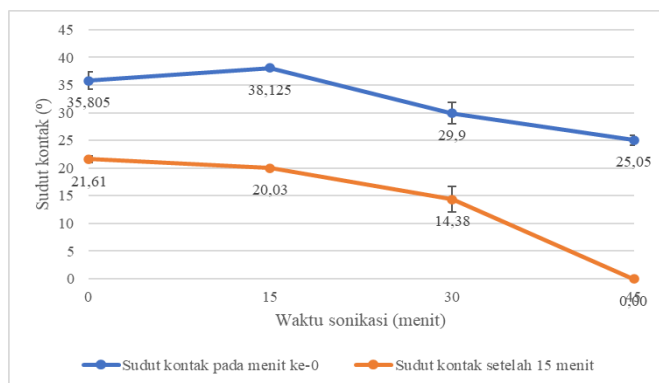


Gambar 4. Tegangan Permukaan Formulasi Insektisida setelah sonikasi

E. Sudut Kontak

Sudut kontak formulasi pestisida diukur dengan menggunakan *Contact angle analyzer phoenix 300*. Pengukuran sudut kontak bertujuan untuk mengetahui kemampuan formulasi insektisida untuk dapat menyebar pada daun [13]. Bahan aktif emamektin benzoat tanpa adanya surfaktan dan formulasi yang baik, membentuk sudut kontak 98° pada permukaan daun kubis [4]. Pada penelitian ini, analisis sudut kontak dengan meneteskan sediaan formulasi insektisida yang telah dicampurkan pada air, dan ditetaskan pada daun kedelai. Hasil penelitian ini (Gambar 5)

menunjukkan mampu menurunkan sudut kontak formulasi pestisida dari 35.81° menjadi 25° pada saat pertama kali ditetaskan diatas daun kedelai. Setelah 15 menit penetesan sediaan formulasi insektisida, dapat dilihat nilai sudut kontak berkurang dari 35.81° menjadi 21.61° dan dari 25.05° menjadi 0° . Hal ini menunjukkan bahwa formulasi insektisida yang telah dikecilkan ukurannya memiliki kemampuan pembasahan permukaan daun yang lebih baik. Pembentukan sudut kontak 0° menunjukkan tidak adanya sudut yang dibentuk antara sediaan formulasi insektisida dengan daun, sehingga sediaan formulasi mampu menyebar dan melekat dengan baik pada daun [13]. Hal ini akan meningkatkan efektivitas insektisida dalam mengendalikan hama, karena mampu menempel dengan baik pada permukaan daun. Surfaktan nonionik DEA berbasis sawit juga membantu dalam menurunkan nilai sudut kontak formulasi insektisida. Surfaktan DEA ini memiliki nilai sudut kontak sebesar $18,18^\circ$ [27]. Penggunaan surfaktan DEA pada formula herbisida juga menunjukkan nilai sudut kontak sebesar 0° [11]. Hal ini menunjukkan efektivitas penambahan surfaktan dan pengecilan ukuran mampu menurunkan sudut kontak formulasi pada permukaan daun dengan sangat baik.



Gambar 5. Sudut kontak formulasi insektisida setelah sonikasi

Kesimpulan

Pengecilan ukuran formulasi insektisida EC dilakukan dengan metode homogenizer dan sonikasi. Hasil penelitian menunjukkan pengecilan ukuran mampu memperbaiki sifat fisiko kimia formulasi insektisida. Metode terbaik untuk menghasilkan sifat fisiko kimia terbaik adalah dengan proses homogenizer 4000 rpm selama 30 menit dan proses sonikasi dengan frekuensi 42 kHz selama 45 menit. Sifat fisiko kimia terbaik yang dihasilkan adalah stabilitas emulsi setelah 2 jam stabil, setelah 24 jam terbentuk cream, ukuran partikel $0.70 \mu\text{m}$ dengan dispersi yang merata, tegangan permukaan

25.54 dyne/cm , sudut kontak 25.05° dan sudut kontak setelah 15 menit 0° .

Daftar Pustaka

- [1] T.H. Yen, and J.L Lin, "Acute poisoning with emamectin benzoate," *Journal of Toxicology, Clinical Toxicology*, vol. 42, no. 5, pp. 657-661, 2004.
- [2] L. Zhou, F. Luo, X. Zhang, Y. Jiang, Z. Lou, Z. Chen, "Dissipation, transfer and safety evaluation of emamectin benzoate in tea," *Food Chemistry*, vol. 202, pp. 199-204, 2016.
- [3] C. H. Zheng, "Development of a 1.0% emamectin benzoate microemulsion," *Anhui Chemical Industry*, vol. 38, no. 3, pp. 49-51, 2012.
- [4] D. Yang, B. Cui, C. Wang, X. Zhao, Z. Zeng, Y. Wang, C. Sun, G. Liu, H. Cui, "Preparation and characterization of emamectin benzoate solid nanodispersion," *Journal of Nanomaterials*, vol. 2017, pp. 1-9, 2017.
- [5] E. N. Yunira, "Sintesis dan aplikasi surfaktan-surfaktan berbasis minyak sawit dalam formulasi insektisida emulsifiable concentrate (EC) dan nano emulsifiable concentrate (nano EC)," M.S Tesis, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2019.
- [6] J. Feng, Zhang Q, Q Liu, Z Zhu, D.J. McClements, S.M. Jafari, "Application of nanoemulsions in formulation of pesticides" in *Nanoemulsions: Formulation, Applications, and Characterization provides*, S.M. Jafari and D.J. McClements, Ed., Cambridge : Academic Press, 2018, pp. 379-413.
- [7] E.N. Yunira, A. Suryani, Dadang, "Characteristics of insecticide formulation using surfactant based on palm oil and its mortality effect against *Spodoptera litura*," in International Conference and the 10th Congress of the Entomological Society of Indonesia. 2019, pp. 88-93.
- [8] S.B. Murdande, D.A. Shah, R.H. Dave, "Impact of nanosizing on solubility and dissolution rate of poorly soluble pharmaceuticals," *Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol. 104, no. 6, p. 2094-2102, 2015.
- [9] M.Y. Koroleva, E. V. Yurtov, "Nanoemulsions: the properties, methods of preparation and promising applications," *Russian Chemical Reviews*, vol. 81, no. 1, pp. 21-43, 2012.
- [10] K Mulia, A Safiera, I. F. Pane, E. A. Krisanti, "Effect of high speed homogenizer speed on particle size of polylactic acid," in Symposium of Emerging Nuclear Technology and Engineering Novelty., Palembang, Indonesia, 4-5 Juli 2018, pp. 1-5.

- [11] I. A. Rusdiana, "Peningkatan kinerja herbisida berbahan aktif isopropilamina glifosat dan surfaktan dietanolamida melalui proses sonikasi," M.S. Tesis, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2018.
- [12] C.M. Howe, M. Berrill, B.D Pauli, C.C Helbing, K. Werry, N. Veldhoen, "Toxicity of glyphosate-based pesticides to four north american frog species," *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 23, no. 8, pp. 1928-1938, 2004.
- [13] H. S. Dewi, M.Rahayuningsih, E. Hambali, "Formulation of insecticide profenofos using surfactant diethanolamide (DEA) based on palm olein," in International Conference on Biomass: Technology, Application, and Sustainable Development, Bogor, Indonesia, 10-11 Oktober 2016, pp. 1-12.
- [14] B. Indrawijaya, "Formulasi pestisida nabati minyak mimba menggunakan surfaktan dietanolamida untuk pengendalian hama ulat grayak pada tanaman kedelai," M.S. Tesis, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2016.
- [15] L Feng, B. Cui, D. Yang, C. Wang, Z. Zeng, Y. Wang, C. Sun, X. Zhao, H. Cui, "Preparation and evaluation of emamectin benzoate solid microemulsion," *Journal of Nanomaterials*, vol. 2016, pp. 1-7, 2016.
- [16] T. Tadros, *Encyclopedia of Colloid and Interface Science*, Jerman: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- [17] Yusriah, E. Hambali, Dadang, "Formulasi insektisida nabati minyak bungkil mimba dengan surfaktan DEA," *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, vol. 27, no. 3, pp. 310-317, 2017.
- [18] S.L. Barreiro, C. B. Díaz, M. Costa, F. Paiva-Martins, "Distribution of catechol in emulsions," *Journal of Physical Organic Chemistry*, vol. 27, p. 290-296, 2013.
- [19] F. Hallouard, G. Dollo, N. Brandhonneur, F. Grasset, P. L. Corre, "Preparation and characterization of spironolactone-loaded nanoemulsions for extemporaneous applications," *Pharmaceutical nanotechnology*, vol. 478, no. 2015, pp. 193-201, 2015.
- [20] K. S. S. Putri, "Optimasi nisbah mol pati tapioka - butanol dan nisbah mol pati tapioka - fatty alcohol C10 pada proses pembuatan surfaktan nonionik alkil poliglikosida (APG)," Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2010.
- [21] R. Murakami, H. Moriyama, T. Noguchi, M. Yamamoto, B. P. Binks, "Effects of the density difference between water and oil on stabilization of powdered oil-in-water emulsions," *Langmuir*, vol. 30, no. 2, pp. 496-500, 2014.
- [22] S. B Murdande, D. A. Shah, R. H. Dave, "Impact of nanosizing on solubility and dissolution rate of poorly soluble pharmaceuticals," *Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol. 104, no. 6, p. 2094-2102, 2015.
- [23] Cloyd RA. 2016. Effects of pH on pesticides [Internet]. [diunduh pada 2018 Nov 4] http://gpnmag.com/wp-content/uploads/2016/07/GPNJuly_Dr.Bugs_.pdf
- [24] G. Yeni, S. Silfia, Y.H. Diza, "Pengaruh jenis pelarut dan kecepatan homogenizer terhadap karakteristik partikel katekin gambir," *Jurnal Litbang Industri*, Vol 9, No. 1, pp. 9-14, 2019.
- [25] H.W. Yarranton, H. Hussein, J.H. Masliyah, "Water-in hydrocarbon emulsions stabilized by asphaltenes at low concentrations," *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 228, p 52-63. 2000.
- [26] M. Daaou, D. Bendedouch, "Water pH and surfactant addition effects on the stability of an algerian crude oil emulsion," *Journal of Saudi Chemical Society*, Vol. 16. P 333-337, 2012.
- [27] E.N. Yunira, A. Suryani, Dadang, S. Tursiloadi, "Synthesis and application CTAC surfactant from palmityl alcohol in insecticide emulsifiable concentrate formulation," in 3rd International Conference on Biomass: Accelerating the Technical Development and Commercialization for Sustainable Bio-based Products and Energy, Bogor, Indonesia, 1-2 Agustus 2018, p. 1-9.