

Formulasi Sand Granule Ekstrak Serbuk Kayu Jati (*Tectona grandis*) sebagai Biolarvasida Nyamuk *Aedes sp.*

Nurul Marfu'ah^{1*}, Anastia Rahmatan Nisa¹, Mathla'il Fajri¹

¹Farmasi, FIK, Universitas Darussalam Gontor, Ponorogo, Indonesia.

*Corresponding author: nurulmarfuah@unida.gontor.ac.id

ABSTRAK

Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) di Indonesia mencapai 49.563 kasus pada tahun 2020. Penyakit ini disebabkan karena virus dengue yang dibawa oleh nyamuk *Aedes sp.* Pencegahan dapat dilakukan dengan biolarvasida misalnya dari kayu jati karena mengandung kuinon, alkaloid, saponin dan flavonoid. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sand granule dari ekstrak serbuk kayu jati dan uji aktivitasnya sebagai biolarvasida nyamuk *Aedes sp.* Penelitian ini merupakan eksperimen laboratorium. Serbuk kayu jati diekstraksi dengan metode sokletasi menggunakan etanol 96%. Sediaan granul dibuat 4 formulasi menggunakan variasi konsentrasi ekstrak serbuk kayu jati yaitu 0% (F0), 14% (F1), 11% (F2), 8% (F3). Uji evaluasi sediaan *sand granules* meliputi uji sifat alir, sudut diam, kadar air, waktu dispersi dan uji aktifitas larvasida terhadap nyamuk *Aedes sp.* Data berupa hasil evaluasi sediaan *sand granules* dan uji aktivitas larvasida terhadap nyamuk *Aedes sp.* Analisis data menggunakan one way ANOVA dan analisis probit dengan SPSS 16.0 dan taraf signifikansi 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sediaan *sand granules* ekstrak serbuk kayu jati memiliki kadar air, sudut diam, kecepatan alir dan waktu dispersi sesuai standar granul. Sedangkan hasil aktivitasnya menunjukkan memiliki kemampuan sebagai biolarvasida terhadap larva nyamuk *Aedes sp.* ($p < 0,05$) dengan nilai LC_{50} yaitu 11,43 mg/L dan LT_{50} yaitu 37,33 jam.

Kata Kunci: limbah kayu jati, nyamuk penyebab DBD, pembunuh jentik, sediaan obat

Pendahuluan

Nyamuk *Aedes sp.* merupakan vektor penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD). Penyakit DBD di Indonesia sendiri telah mencapai 49.563 kasus pada 27 April 2020. Bahkan sudah tercatat hingga 50 juta kasus infeksi oleh *Aedes sp.* di lebih dari 100 negara setiap tahun. Menurut WHO (*World Health Organization*), Indonesia menjadi negara tertinggi tingkat infeksi vektor *Aedes sp.* dengan kasus mencapai 95% pada anak di bawah 15 tahun (Aprianto, 2014). Pengendalian vektor yang paling sering digunakan adalah secara kimiawi, yaitu menggunakan pembasmi larva (larvasida). Sediaan larvasida yang biasa digunakan di Indonesia adalah organophosphor sintesis seperti Abate yang berbahan aktif Temephos. Jenis insektisida sintesis ini merupakan jenis racun sintetik (fosfat organik) yang bekerja menghambat enzim *acetylcholine esterase* sehingga menimbulkan kekacauan pada *impuls* saraf pusat yang mengakibatkan kematian pada serangga. Namun, penggunaannya juga bersifat toksik terhadap lingkungan dan organisme alami lainnya, mengganggu keseimbangan ekosistem, kurang selektif dan menyebabkan resistensi pada nyamuk jika melebihi 20 tahun penggunaan (Hubullah, 2015).

Salah satu alternatif adalah dengan penggunaan insektisida alami atau lebih sering disebut biolarvasida yang lebih ramah lingkungan. Biolarvasida merupakan larvasida alami

yang bahan-bahannya di dapat dari senyawa aktif tanaman yang bersifat toksik terhadap serangga (larva nyamuk) dan mudah terurai sehingga tidak meninggalkan residu di air, tanah dan udara, serta aman terhadap individu manusia serta tidak menyebabkan pencemaran udara (Rakhmany, 2013). Kayu Jati (*Tectona grandis*) menurut Fendi (2016) dan Takahasi (2009) memiliki kandungan senyawa seperti flavonoid, alkaloid, saponin, tanin galat, tanin katekat, steroid/triterpenoid dan kuinon yang efektif bersifat toksik terhadap serangga dan aman pada manusia.

Limbah dari penggergajian Kayu Jati (*Tectona grandis*) berupa serbuk gergaji sampai sekarang belum dimanfaatkan secara optimal. Pemanfaatan limbah penggergajian kayu telah dimanfaatkan salah satunya sebagai obat nyamuk bakar (Prakoso, 2024). Namun penggunaan obat nyamuk bakar ini menimbulkan masalah lain yaitu tidak baik bagi pernafasan khususnya anak-anak (Nugraha, 2011). Oleh karena itu, perlu dibuat sebuah sediaan antinyamuk yang lebih inovatif, efisien, terjangkau, aman dan ramah lingkungan.

Pemilihan bentuk sediaan *sand granules* pada penelitian ini didasarkan kelebihan sediaan dalam pelepasan zat aktif. Ukuran *sand granules* yaitu berkisar 150-1000 μm menjadi sebuah kelebihan sediaan dalam pelepasan zat aktif yang lebih cepat dibandingkan dengan ukuran granul pada umumnya. Bentuknya yang berupa serbuk kasar lebih menarik menjadi sediaan dibandingkan dengan granul dengan partikel yang besar dan tidak teratur. Sediaan *sand granules* juga merupakan jenis sediaan yang stabil, mudah dibasahi dan memiliki ukuran yang seragam (Lannie, 2013). *Sand granules* berupa butiran-butiran kasar yang terbuat dari campuran bahan aktif dan bahan tambahan. Metode yang akan digunakan dalam pembuatan sediaan ini berupa metode granulasi basah dengan penambahan zat tambahan berupa zat penghancur dan zat pengisi. Bentuk ini akan lebih memudahkan dalam penggunaan dan penyimpanan sediaan.

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini bertujuan untuk membuat formula sediaan *sand granule* dengan zat aktif ekstrak kayu jati dengan 3 konsentrasi yang berbeda, melakukan evaluasi fisik untuk menghasilkan sediaan yang sesuai standar granul, dan melakukan uji aktifitas sebagai larvasida pada larva nyamuk *Aedes sp.*

Metode

Serbuk Kayu Jati diperoleh dari tempat penggergajian Mebel Lumintu Kayu Jati yang bertempat dusun Krajan Lor, Desa Sumberejo, Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember, Jawa Timur. Kayu Jati yang digunakan merupakan jenis Jati Sungsung atau Jati Tanduk yang di dapat dari gunung Watu Pecah, Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember yang berumur 15 - 20 tahun. Serbuk Kayu Jati yang digunakan merupakan limbah dari penggergajian pengrajin Kayu Jati. Serbuk gergaji Kayu Jati dikeringkan di bawah terik sinar matahari dari pukul 11.00 - 14.00 WIB selama 3 hari (hingga serbuk kering dan tidak lembab). Sebanyak 3 kg serbuk Kayu Jati diayak kasar dengan ukuran pengayak 44 mesh untuk memisahkan dari partikel-partikel asing yang tercampur.

Ekstraksi serbuk Kayu Jati dilakukan dengan metode sokletasi menggunakan pelarut etanol 96%. Serbuk Kayu Jati ditimbang sebanyak 10 gram, lalu dimasukkan ke dalam kertas saring yang telah dibentuk seperti selongsong dengan ikatan dibagian ujung-ujungnya sebagai pengunci menggunakan tali kasur. Selongsong yang telah berisi serbuk Kayu Jati dimasukkan ke dalam ekstraktor soxhlet. Labu alas bulat disiapkan dengan diisi pelarut

(etanol 96%) sebanyak 250 ml. Pada penelitian kali ini dilakukan 19 kali sokletasi dan 5 kali siklus di setiap ekstraksinya. Ekstrak cair yang didapatkan dari ekstraksi ini sebanyak 4,75 liter.

Ekstrak cair yang didapat kemudian dipekatkan menggunakan rotary evaporator. Suhu yang digunakan untuk memekatkan ekstrak cair adalah 78 °C (mendekati titik didih etanol 96 % yaitu 78,4 °C) selama ± 5 jam lamanya hingga tidak adanya lagi pelarut yang tersisa dalam ekstrak. Penggunaan rotary evaporator ini bertujuan untuk menguapkan atau menghilangkan pelarut yang terkandung di dalam ekstrak. Penguapan dilanjutkan menggunakan *waterbath* untuk menguapkan pelarut yang masih tersisa, sehingga dihasilkan ekstrak pekat dan kental yang kemudian digunakan untuk skrining fitokimia. Ekstrak pekat yang didapat adalah sebanyak 15,5 gram.

Skrining fitokimia dilakukan secara kualitatif (uji warna) meliputi uji alkaloid, uji saponin, uji flavonoid dan uji kadar kuinon (antrakuinon) dalam ekstrak serbuk Kayu Jati.

- a. Uji alkaloid : Uji ini dilakukan dengan mengambil 0,3 gram ekstrak serbuk Kayu Jati ditambahkan 5 ml HCL 2 N, kemudian dipanaskan di atas penangas air selama 2-3 menit sambil diaduk. Sebanyak 1 ml filtrat dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 3 tetes pereaksi dragendroff, dikocok hingga homogen. Apabila terdapat endapan kuning hingga jingga, artinya adalah positif mengandung alkaloid (Ferry, 2019).
- b. Uji saponin : Uji ini dilakukan dengan mengambil ekstrak serbuk Kayu Jati sebanyak 0,3 gram dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 10 ml aquades panas. Didinginkan dan dikocok kuat-kuat selama kurang lebih 10 detik. Apabila berbuih stabil setinggi 2 cm selama kurang lebih 10 menit dan pada penambahan 1 tetes HCL 2 N buih tidak hilang, artinya adalah positif mengandung saponin (Ferry, 2019).
- c. Uji kuinon (antrakuinon) : Uji ini dilakukan dengan mengambil ekstrak serbuk Kayu Jati sebanyak 0,3 gram dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan 3 tetes NaOH 1 N. Apabila berubah warna merah kecoklatan menunjukkan adanya senyawa antrakuinon (Ferry, 2019).
- d. Uji Flavonoid : Uji ini dilakukan dengan mengambil ekstrak serbuk Kayu Jati sebanyak 0,3 gram dan dilarutkan dalam 10 ml etanol. Sebanyak 1 ml residu ditambahkan dengan 0,5 ml HCL pekat dan 0,5 gram magnesium. Apabila terbentuk warna merah jingga menunjukkan adanya flavon, merah pucat menunjukkan flavonol dan merah tua menunjukkan adanya flavonon (Ferry, 2019).

Pembuatan ekstrak kering serbuk Kayu Jati menggunakan perbandingan 1 : 1 antara ekstrak kental dengan aerosil. Ekstrak kental sebanyak 14 gram dikeringkan menggunakan aerosil sebanyak 14 gram. Menurut Palestri & Sofiana (2010), aerosil mampu mengikat kelembapan melalui gugus silanol yang dapat menarik air hingga 40 % dari massanya. Aerosil juga dapat mengurangi lengketnya antar partikel, sehingga gesekan antar partikel berkurang tetapi masih dapat mempertahankan daya alirnya. Penambahan aerosil pada ekstrak kental akan mengurangi higroskopisitas ekstrak dan memperluas permukaan serbuk (Agoes, 2007).

Proses pembuatan ekstrak kering dilakukan di atas mortir dan stamper dengan cara di gerus dan di aduk hingga homogen. Ekstrak kental dituangkan ke dalam mortir, kemudian

ditambahkan aerosil sedikit demi sedikit sambil digerus dan diaduk hingga aerosil tercampur secara homogen dengan ekstrak kental. Hasil yang diperoleh dari 14 gram ekstrak kental dengan penambahan 14 gram aerosil adalah 28 gram ekstrak kering. Sebelum digunakan, ekstrak kering diuji kandungan kadar airnya untuk mengetahui tingkat kelembapannya. Ditimbang 1 gram ekstrak kering, kemudian dioven dengan suhu 105°C selama 2 jam, kemudian ditimbang berat ekstrak kering setelah pengovenan yang dihasilkan yaitu sebanyak 0,93 gram. Ekstrak kering serbuk Kayu Jati memiliki kandungan kadar air sebanyak 7% dimana kandungan kadar air ini memenuhi persyaratan yaitu < 10 % dan dapat digunakan sebagai bahan formulasi sediaan granul.

Pembuatan *sand* granul dalam penelitian ini menggunakan metode granulasi basah yang bertujuan agar didapatkan laju alir yang baik, mencegah terjadinya pemisahan campuran serbuk dan dapat mengurangi adanya kontaminan pada serbuk (Charles, 2010). Metode granulasi basah ini dilakukan dengan penambahan cairan pada serbuk atau campuran serbuk yang menyertakan bahan pengikat dan bahan pengisi sebagai *inertnya*. Pada pembuatan sediaan diawali dengan menimbang masing-masing bahan, baik bahan aktif (ekstrak kering serbuk Kayu Jati) maupun bahan tambahan (explotab, PVP dan laktosa). Sediaan dibuat menjadi 3 formulasi dengan perbedaan pada konsentrasi ekstrak Kayu Jati yaitu 0% (F0), 14% (F1), 11% (F2), dan 8% (F3). Penggunaan bahan tambahan yaitu explotab sebanyak 14% setiap formulanya, PVP sebanyak 8% dan laktosa sebanyak 78% (F0), 64% (F1), 67% (F2) dan 70% (F3).

Ekstrak kering serbuk Kayu Jati, laktosa, dan explotab dicampur dan digerus dalam lumpang hingga homogen (M1). Bahan pengikat PVP 8% dilarutkan dengan 20 ml aquadest (dalam keadaan panas) hingga membentuk mucilago (M2). Campuran homogen (M1) kemudian dicampurkan dengan larutan PVP (M2) untuk membentuk massa basah, kemudian diayak menggunakan ayakan *mesh 12*. Massa basah yang telah diayak di oven pada suhu 50°C selama kurang lebih 1 jam, hingga terbentuk granul kering. Granul kering yang diperoleh diayak kembali dengan menggunakan ayakan *mesh 44* hingga didapatkan serbuk granul halus (Yunita, 2017).

Uji evaluasi *Sand Granules* yang dilakukan meliputi:

- Uji kecepatan alir, dilakukan menggunakan cara langsung dengan corong *hopper*. Serbuk ekstrak serbuk Kayu Jati (*Tectona grandis*) diambil 20 gram dan dimasukkan ke dalam corong *hopper*, lalu alat dinyalakan dan di hitung kecepatan alirnya (g/s) menggunakan *stopwatch*, dicatat dan dihitung menggunakan rumus: (Ansel, 2008)

$$\text{Kecepatan Alir} = \frac{\text{Berat granul (g)}}{\text{Waktu alir (detik)}}$$

- Uji sudut diam, dilakukan dengan menghitung tumpukan serbuk yang telah melewati corong *hopper*, dicatat tinggi serbuk dan jari-jarinya. Perhitungannya dengan rumus berikut:

$$\tan \alpha = \frac{h}{r}$$

- Uji kelembapan atau kadar air, dilakukan dengan menimbang 1 gram granul yang telah dikeringkan lalu dimasukkan pada oven dengan suhu 105°C selama 2 jam, dihitung dan dicatat penurunan bobot granul selama pengeringan. Perhitungan kadar air dihitung dengan rumus: (Ansel, 2008)

$$\text{Kadar air (LOD)} = \frac{\text{Bobot awal} - \text{Bobot akhir}}{\text{Bobot awal}} \times 100 \%$$

- d. Uji waktu terdispersi granul, dilakukan dengan menimbang 400 mg granul dan dituang ke dalam gelas beaker yang telah berisi aquades 1 L, diaduk kemudian dicatat waktu yang dibutuhkan hingga granul terdispersi sempurna. Granul yang baik memiliki waktu terdispersi < 5 menit (Lannie, 2013).

Pengumpulan telur nyamuk dilakukan dengan alat ovitrap (*oviposition trap*) yaitu sebuah alat yang dipakai untuk memerangkap telur nyamuk sebelum berubah menjadi pupa ataupun nyamuk dewasa (WHO, 2005). Pembuatan media ovitrap dilakukan dengan menyiapkan ember plastik hitam dengan kapasitas 3 L sebanyak 25 buah. Kemudian ditambahkan air kran hingga hampir $\frac{3}{4}$ ember atau sekitar 2,25 L. Sebagai tempat peletakan telur nyamuk, digunakan kertas saring dengan ukuran 5 x 10 cm yang diletakkan dibagian dalam ember secara memutar didinding ember, sebelah atas permukaan air (Pujiyanti, 2019).

Ovitrap diletakkan ditempat yang gelap dan lembap seperti di bawah tangga atau dekat dengan kamar mandi. Ovitrap yang telah dibuat dibiarkan selama 1 minggu dengan 2 kali pengecekan. Telur yang didapat kemudian diidentifikasi menggunakan mikroskop menggunakan perbesaran 4 x 10 dan didapatkan hasil berupa telur berwarna hitam bulat lonjong sesuai dengan ciri-ciri telur nyamuk *Aedes sp.* Telur kemudian ditetaskan dan dibiakkan di dalam toples yang telah berisi air kran sebanyak $\frac{3}{4}$ toples. Air dalam toples penetasan telur dikondisikan bersuhu sekitar 22°C - 28°C. Suhu yang terlalu rendah yaitu < 22°C akan meminimalkan kadar air atau kelembapan, sehingga menyebabkan telur kekeringan dan semakin mengempis karna kehilangan banyak air dan O₂. Jika suhu terlalu tinggi yaitu >30°C akan memberikan tekanan fisiologis pada telur selama proses *embriogenesis* (Setiyaningsih, 2014). Setelah 1-2 hari telur akan menetas menjadi larva instar I. Pada hari ke-3 akan menjadi larva instar 2, hari ke-5 akan berubah menjadi larva instar III, dan pada hari ke-7 akan menjadi larva instar IV. Pada hari ke-3 hingga hari ke-5 larva diidentifikasi jenisnya dengan menggunakan mikroskop menggunakan perbesaran 10x10 untuk memastikan bahwa larva benar-benar larva nyamuk *Aedes sp.* (Sarah, 2016).

Pengujian aktivitas larvasida sediaan granul dilakukan dengan disiapkan 5 gelas beaker 500 ml, kemudian sebanyak 25 larva dimasukkan ke dalam masing-masing gelas beaker yang telah diisi dengan 250 ml air dan 1 gram sediaan granul ekstrak serbuk Kayu Jati. Kontrol negatif dibuat dengan mencampurkan 250 ml air dengan sediaan granul tanpa ekstrak (sediaan placebo) (Hartati, 2020). Kontrol positif dibuat dengan mencampurkan 250 ml air dengan 25 mg Abate. Masing-masing perlakuan direplikasi sebanyak 3 kali. Pada saat masa perlakuan, larva nyamuk diberi makan dengan larutan gula sebanyak 2 ml atau menggunakan remahan biskuit 50 mg. Mortalitas larva nyamuk dihitung dengan persentase mortalitas. Larva nyamuk yang hampir mati juga dikategorikan ke dalam kategori larva yang mati. Larva nyamuk dikatakan mati apabila larva tidak bergerak, tidak memberikan respon ketika disentuh dengan jarum di siphon atau di serviks serta penampakkannya mengapung di atas permukaan air. Larva hampir mati dapat dilihat dari gerakannya yang tidak mampu naik ke permukaan atau tidak menunjukkan reaksi penyelamatan yang khas ketika air terganggu. Pengamatan ini dilakukan selama 48 jam setelah diberikannya perlakuan. Perhitungan persentase mortalitas dilakukan dengan rumus berikut: (WHO, 2005)

$$\text{Mortalitas} = \frac{\text{Jumlah Larva yang Mati}}{\text{Jumlah Larva Uji}} \times 100 \%$$

Data hasil uji evaluasi sediaan *sand granules* yaitu uji kadar air, uji kecepatan alir, uji sudut diam dan uji waktu dispersi dianalisis menggunakan standar pembandingan sediaan granul menurut Farmakope Indonesia. Data hasil persentase mortalitas larva nyamuk (tabel 3) dianalisis menggunakan *one way* ANOVA, sedangkan perhitungan nilai toksisitas larvasida LC₅₀ dan LT₅₀ dianalisis menggunakan analisis probit. Program statistik yang digunakan adalah SPSS 16.0 dengan taraf signifikansi 95%.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Uji Evaluasi Fisik Sediaan Sand Granules Biolarvasida Ekstrak Serbuk Kayu Jati

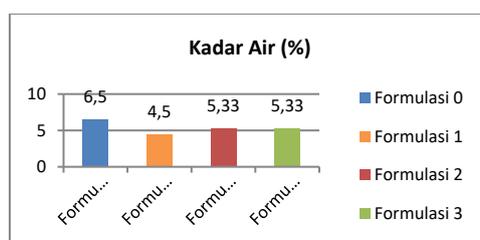
Uji evaluasi fisik sediaan dilakukan untuk membantu mengetahui kuliatas dari hasil akhir *sand granules* yang sesuai dengan persyaratan standar granul. Berikut data hasil uji evaluasi fisik sediaan *sand granules*:

Tabel 1. Hasil Uji Evaluasi Fisik Sediaan Sand Granules Ekstrak Serbuk Kayu Jati

Sifat Fisik Sediaan	Formula 0	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Kadar Air	6,5 %	4,5 %	5,33 %	5,33 %
Waktu Alir	1,40 detik	1,28 detik	1,34 detik	1,39 detik
Sudut Diam	29,15°	21,97°	25,21°	28,78°
Waktu Dispersi	26,01 detik	155,91 detik	111,91detik	36,63 detik

a. Kadar Air

Uji kadar air dilakukan untuk menjaga kestabilan eksipien terhadap pengaruh kelembapan. Kadar air yang dapat diterima yakni <10% (Siregar, 2010).



Gambar 1. Diagram Hasil Uji Kadar Air Sediaan Sand Granules

Berdasarkan hasil evaluasi kadar air sediaan *sand granules* ekstrak serbuk Kayu Jati didapatkan bahwa kadar air dari keempat formula berkisar antara 4,5% - 6,5%. Hal ini dapat disimpulkan, bahwa ke empat formulasi sesuai dengan standar kadar air yaitu <10%. Menurut Mangampa, dkk. (2017), proses pengeringan granul yang baik akan menghasilkan nilai kadar air yang baik pula. Formulasi 1 menghasilkan persentase kadar air yang paling baik yaitu 4,5 %. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Mangampa, dkk. (2017) yang mengatakan bahwa semakin kecil kadar air yang dihasilkan maka semakin bagus kualitas *sand granules* yang dihasilkan. Rendahnya persentase kadar air pada penelitian ini juga berbanding lurus dengan waktu alir granul yang singkat yaitu sebesar 1,28 detik dan sudut diam dengan indeks baik 21,97°. Hal ini juga disebabkan penambahan bahan aktif berupa ekstrak kering yang

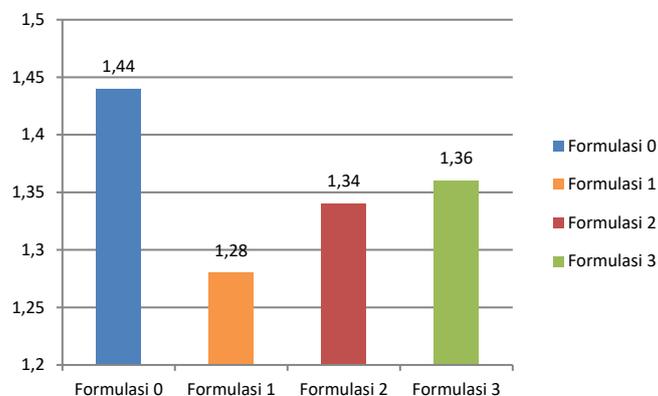
pada proses pembuatannya ekstrak kental serbuk Kayu Jati ditambahkan aerosil dengan perbandingan 1 : 1 untuk mengurangi kadar air.

Pada formulasi 1 mengandung bahan aktif yang paling tinggi konsentrasinya yaitu sebesar 14% atau setara dengan 4,2 gram ekstrak kering serbuk Kayu Jati (4,2 gram ekstrak kental : 4,2 gram aerosil) sehingga mempengaruhi pengurangan kandungan air pada sediaan *sand granules*. Menurut Palestri & Sofiana (2012), aerosil mampu mengikat kelembapan melalui gugus silanol yang dapat menarik air hingga 40% dari massanya. Aerosil juga dapat mengurangi lengketnya antar partikel, sehingga gesekan antar partikel berkurang tetapi masih dapat mempertahankan daya alirnya. Formulasi 2 dan formulasi 3 tidak memiliki perbedaan pada persentase akhir kadar air yaitu sebesar 5,33%. Formulasi 0 yang tidak mengandung bahan aktif memiliki persentase kadar air yang tinggi yaitu sebesar 6,5% dikarenakan tidak adanya penyerapan kelembapan secara optimal oleh aerosil.

Persentase kadar air ini sangat berpengaruh dalam penjaminan stabilitas dan keawetan sediaan *sand granules*. *Sand granules* yang terlalu kering akan menyebabkan sediaan mudah rapuh saat dicetak karena ikatan antar partikel menjadi renggang. Sebaliknya, jika kadar air dalam granul tinggi, maka granul akan menjadi lembab dan memungkinkan perbedaan partikel pada *sand granules* (Mangampa, et al., 2017).

b. Waktu Alir

Data hasil penelitian uji waktu alir pada formulasi 0, 1, 2, dan 3 diperoleh hasil dengan rentang waktu 1,28 detik – 1,40 detik.



Gambar 2. Diagram Hasil Uji Waktu Alir Sediaan *Sand Granules*

Menurut (Hadisoewigyo, 2013), waktu alir granul yang baik adalah 10 detik untuk mengalirkan 100 gram serbuk granul. Pada penelitian ini, granul yang diuji adalah 20 gram, sehingga laju alir yang baik adalah selama 2 detik. Berdasarkan hasil uji seperti pada diagram diatas, didapatkan bahwa semua formula memiliki laju alir yang baik yaitu kurang dari 2 detik. Berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin banyak konsentrasi ekstrak yang digunakan menyebabkan waktu alirnya semakin sedikit. Hal ini dikarenakan perbedaan konsentrasi ekstrak menyebabkan ukuran granul berbeda antar formulasi. Selain ukuran granul, perbedaan konsentrasi ekstrak mempengaruhi bentuk dan kerapatan granul (Almeida, 2017). Menurut Mangampa, dkk. (2017), keseragaman bobot *sand granules*

yang mengalir pada pengisian kemasan dipengaruhi oleh sifat alir granul yang baik. Hal ini akan berpengaruh pada dosis di setiap kemasan juga akan seragam dan akan mempermudah pengeluaran sediaan dari wadah.

Hasil waktu alir yang baik (memenuhi standar) pada semua formulasi dipengaruhi oleh bahan pengisi yang digunakan yaitu laktosa. Laktosa merupakan salah satu bahan pengisi yang dapat menghasilkan sifat alir yang baik. Selain bahan pengisi, sifat alir dari *sand granules* juga dipengaruhi oleh kandungan bahan aktif yang digunakan. Pada penelitian ini, bahan aktif yang digunakan berupa ekstrak kental yang dikeringkan. Proses pengeringannya dilakukan dengan penambahan aerosil perbandingan 1 : 1. Penggunaan aerosil ini dilakukan karena sifat aerosil yang memiliki gugus silanol sehingga mampu mengikat kelembapan (menarik air) hingga 40% dari massanya (Palestri & Sofiana, 2010). Selain itu, aerosil juga memiliki sifat dapat mengurangi partikel lengket sehingga gesekan antar partikel berkurang tetapi daya alirnya masih dapat dipertahankan. Hal inilah yang menyebabkan aerosil sering digunakan sebagai bahan pelincir (*glidant*) pada sediaan granul yang memiliki fungsi mengatur sifat alirnya dengan cara memperkecil gesekan antar partikel (Ratna, 2015).

Pengaruh dari jenis pengisi dan konsentrasi bahan aktif ini ditunjukkan dengan formulasi granul yang memiliki waktu paling cepat adalah formulasi 1. Jumlah laktosa pada formulasi ini paling sedikit daripada formula lainnya yaitu sebesar 46% atau setara dengan 19,2 gram. Meskipun laktosa yang digunakan paling sedikit, namun konsentrasi bahan aktif berupa ekstrak yang digunakan paling banyak yaitu 14% atau setara dengan 4,2 gram. Kombinasi antara bahan pengisi (laktosa) dan konsentrasi bahan aktif (4,2 gram ekstrak kental : 4,2 gram aerosil) inilah yang menyebabkan formula 1 memiliki waktu alir paling cepat.

Formulasi 2 memiliki waktu alir lebih lama dibandingkan formulasi 1 dengan waktu alir 1,34 detik. Meskipun jumlah laktosa atau bahan pengisi pada formula 3 lebih banyak dibandingkan formula 1 dan 2 yaitu sebesar 70% atau setara dengan 20,1 gram, namun konsentrasi bahan aktifnya lebih sedikit yaitu 11% atau setara dengan 3,3 gram berupa ekstrak kering serbuk Kayu Jati (3,3 gram ekstrak kental : 3,3 gram aerosil). Formulasi 3 memiliki waktu alir paling lama diantara formulasi 1 dan formulasi 2 yaitu selama 1,36 detik. Meskipun jumlah laktosa atau bahan pengisi pada formula 2 lebih banyak dibandingkan dengan formula 1 yaitu sebesar 70% atau setara dengan 21 gram, namun konsentrasi bahan aktifnya lebih sedikit yaitu 8% atau setara dengan 2,4 gram berupa ekstrak kering serbuk Kayu Jati (2,4 gram ekstrak kental : 2,4 gram aerosil) lebih sedikit dibandingkan dengan formulasi 1 dan formulasi 2.

Formulasi 0 atau formulasi tanpa ekstrak memiliki waktu paling lama mengalir yaitu 1,44 detik. Meskipun jumlah laktosa atau bahan pengisi pada formula 0 paling banyak daripada formulasi 1, 2 dan 3 yaitu sebesar 78% atau setara dengan 23,4 gram, namun tidak adanya konsentrasi bahan aktif berupa ekstrak kering serbuk Kayu Jati (ekstrak kental : aerosil) membuat kecepatan waktu alir menurun. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa adanya penambahan aerosil pada proses pembuatan ekstrak kering pada ekstrak serbuk Kayu Jati dapat membantu memperbaiki sifat alir *sand granules*. Sediaan *sand granules* dari keempat formulasi yang memiliki waktu alir paling baik adalah formulasi 1 yaitu 1,28 detik. Hal ini sesuai dengan pernyataan

Najihudin, Rahmat & Anwar (2018), semakin cepat waktu alir semakin baik granul yang dihasilkan.

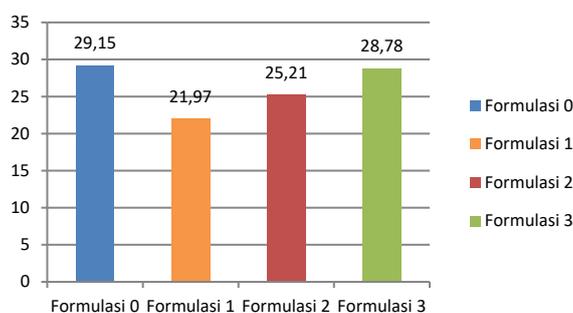
c. Sudut Diam

Nilai sudut diam dikatakan sangat baik apabila memiliki nilai $<25^\circ$ dan dikatakan baik dengan kisaran $25^\circ - 30^\circ$ (Rukmianingsih, 2020). Hubungan indeks sudut diam dengan sifat alir adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Indeks Sudut Diam dengan Sifat Alir (Rukmianingsih, 2020)

Sudut diam	Sifat alir
< 25	Sangat baik
$25 - 30$	Baik
$30 - 40$	Sedang
>40	Buruk

Data hasil penelitian menunjukkan nilai sudut diam sediaan *sand granules* memiliki rentang antara $21,97^\circ - 29,15^\circ$. Rentangan nilai ini menunjukkan bahwa serbuk granul yang dihasilkan termasuk kategori sangat baik dan baik.



Gambar 3. Diagram Hasil Uji Sudut Diam Sediaan *Sand Granules*

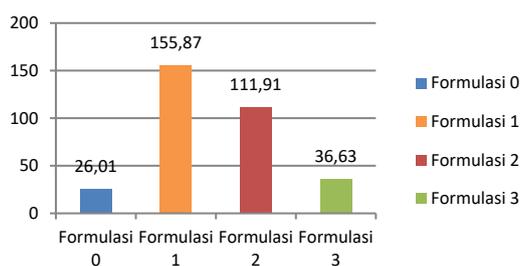
Formula 1 menunjukkan rentang nilai sudut diam sangat baik yaitu $21,97^\circ (< 25^\circ)$. Hal ini berbanding lurus dengan kecepatan alirnya, dimana waktu alirnya paling cepat diantara formula lainnya. Menurut Wikantyasning (2011), sudut diam sangat dipengaruhi oleh waktu alir, apabila waktu alirnya cepat maka sudut diam yang dihasilkan kecil dan sebaliknya jika waktu alirnya lambat maka sudut diamnya akan besar. Hal ini dikarenakan kandungan kelembapan yang rendah membuat jumlah *finer* dalam *sand granules* kecil sehingga sudut diam yang dihasilkan baik.

Pada formula 2 memiliki rentang sudut diam baik dengan indeks sudut diam $25,21^\circ$. Hasil sudut diam yang diperoleh juga berbanding lurus dengan kecepatan waktu alir dan kelembapan *sand granules*. Formulasi 3 memiliki nilai sudut diam yang paling besar diantara formulai 1 dan formulasi 2 yaitu sebesar $28,78^\circ$. Hal ini dikarenakan jumlah *finer* yang terdapat dalam granul maupun kelembapan granul, karena formulasi 3 memiliki kadar air paling tinggi diantara formula yang lainnya yaitu sebesar 6,5%. Formula 3 menunjukkan hasil yang berbanding lurus dengan kecepatan alirnya. Formulasi dengan sudut diam yang paling besar adalah formulasi 0 dengan rentang nilai $29,15^\circ$ lebih besar dari pada formulasi 1,2 dan 3. Hal ini berbanding lurus dengan besarnya nilai waktu alir dan kadar air.

Data yang didapat menunjukkan bahwa sudut diam dari setiap formula memenuhi standar meskipun kategorinya ada yang termasuk sangat baik dan ada yang termasuk kategori baik. Menurut Mangampa, dkk. (2017), besar kecilnya nilai sudut diam yang dihasilkan dipengaruhi oleh sifat alir *sand granul*, banyaknya fines, ukuran partikel, kelembapan granul, diameter corong, cara penuangan, dan pengaruh getaran.

d. Waktu Dispersi

Menurut Sarah (2006), waktu standar yang dibutuhkan *sand granules* untuk terdispersi secara sempurna adalah kurang dari 5 menit. Berikut ini adalah data hasil waktu dispersi *sand granules* ekstrak serbuk Kayu Jati:



Gambar 4. Diagram Hasil Waktu Dispersi Sediaan *Sand Granules*

Berdasarkan hasil pengujian waktu dispersi *sand granules*, didapatkan rentang waktu antara 26,01 detik (< 1 menit) – 155,87 detik (2 menit 59 detik). Menurut Mangampa, dkk. (2017), lamanya waktu dispersi sediaan *sand granules* dipengaruhi oleh kombinasi bahan penghancur, proses pengadukan dan sifat kelarutan zat aktif.

Menurut Rahayu (2014), Kayu Jati memiliki kerapatan serat yang tinggi dan termasuk ke dalam kayu awet tingkat 1 dan kayu kuat tingkat 2. Pada penelitian yang dilakukan oleh Lukmandaru (2010), Kayu Jati memiliki daya kelarutan yang rendah yaitu sebesar 1,5% - 7,6% di dalam air dingin. Hal ini menjadi salah satu faktor penyebab lamanya waktu dispersi sediaan *sand granules* ekstrak serbuk Kayu Jati. Pada penelitian ini, formulasi 0 sediaan *sand granules* memiliki waktu tercepat untuk larut di dalam air secara sempurna yaitu dalam waktu 26,01 detik. Cepatnya waktu dispersi *sand granules* ini dikarenakan formulasi 0 tidak mengandung ekstrak serbuk Kayu Jati, sehingga mempercepat waktu larut *sand granules*. Sedangkan formulasi 1 pada penelitian ini menghasilkan waktu dispersi paling lama diantara formulasi lainnya. Hal ini dikarenakan formulasi 1 mengandung paling banyak bahan aktif (ekstrak serbuk Kayu Jati) sebesar 14% atau setara dengan 4,2 gram. Banyaknya bahan aktif berupa serbuk Kayu Jati yang memiliki kelarutan yang kurang baik membuat waktu dispersi granul lama. Pada formulasi 2 dan 3, banyaknya kandungan bahan aktif (ekstrak serbuk Kayu Jati) berbanding lurus dengan lamanya waktu dispersi sediaan.

Begitu juga proses pengadukan, kecepatan waktu pengadukan serta lamanya waktu pengadukan dalam air menjadi beberapa faktor yang mempercepat waktu dispersi sediaan (Mangampa, et al., 2017). Pada penelitian ini proses pengadukan formulasi 0,1, 2 dan 3 dilakukan dalam waktu yang sama yaitu selama 20 detik. Hal ini membuat formulasi 1, 2, dan 3 dengan adanya kandungan bahan aktif yang

menghambat waktu larut membutuhkan waktu pengadukan lebih lama dibandingkan dengan formulasi 0. begitu juga dengan formulasi 1 dengan konsentrasi bahan aktif yang paling banyak membutuhkan waktu pengadukan lebih lama dari pada formulasi 2 dan 3. Seharusnya, waktu lama pengadukan tidak dapat disamakan antara 1 formulasi dengan formulasi yang lainnya. Perbedaan waktu pengadukan harus disesuaikan dengan karakteristik dan kandungan di setiap formulasinya.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mangampa, dkk. (2017), selain waktu pengadukan dan sifat kelarutan bahan aktif, kombinasi dari bahan pengikat dan penghancur perlu diperhatikan. Kombinasi yang tidak tepat akan mempengaruhi kualitas sediaan *sand granules*. Waktu hancur sediaan berhubungan langsung dengan banyaknya bahan penghancur yang ditambahkan. Bahan penghancur harus disesuaikan dengan komposisi formula yang dibuat. Pada penelitian ini dibuat 4 formulasi dengan perbedaan konsentrasi pada bahan aktif dan bahan pengisi. Bahan penghancur dan bahan pengikat yang digunakan sama antara formulasi 0,1,2 dan 3. Formulasi 0 memiliki waktu dispersi paling cepat yaitu 26,01 detik, hal ini menunjukkan bahwa komposisi formulasi yang dibuat sesuai. Sedangkan pada formula 1 memiliki waktu dispersi paling lama yaitu 155,87 detik atau 2 menit 59 detik. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi dari formula 1 kurang sesuai. Seharusnya jumlah penambahan bahan penghancur disesuaikan dengan komposisi fomulanya. Hal ini ditinjau dari penelitian Lukamandaru (2010) bahawa ekstrak serbuk Kayu Jati memiliki sifat kelarutan yang kurang baik. Sehingga pada penelitian ini formulasi sediaan *sand granules* 1, 2 dan 3 perlu di tambah dan disesuaikan bahan penghancurnya.

Sediaan Sand Granules Ekstrak Serbuk Kayu Jati yang Paling Aktif sebagai Biolarvasida Berdasarkan Jumlah Mortalitas Larva Nyamuk Aedes sp.

Pengujian aktivitas larvasida pada penelitian ini dilakukan pada keempat formulasi dengan kontrol positif yaitu abate dengan kandungan bahan aktif temephos. Ulangan dilakukan sebanyak 3 kali dengan rata-rata hasil persentase mortalitas larva nyamuk *Aedes sp.* sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Tingkat Mortalitas Larva Nyamuk *Aedes sp.*

Perlakuan	Jumlah hewan uji (larva nyamuk)	Mortalitas (larva)			Rata-rata mortalitas (larva) \pm SD	Persentase mortalitas (%)	Sig.
		1	2	3			
Kontrol (+)	25	25	25	25	25 \pm 0,00	100%	0,000*
Formula 0	25	0	0	0	0 \pm 0,00	0%	
Formula 1	25	20	20	23	21 \pm 1,73	84%	
Formula 2	25	15	17	16	16 \pm 1,00	64%	
Formula 3	25	9	10	8	9 \pm 1,00	36%	

Keterangan = * signifikan

Data hasil uji tingkat mortalitas larva nyamuk *Aedes sp.* dalam waktu 48 jam menunjukkan rata-rata mortalitas sebesar 0 - 25 larva dengan presentase 0% - 100%. Persentase tingkat mortalitas tertinggi oleh kontrol positif (abate) yang menunjukkan tingkat

mortalitas 100% dengan jumlah rata-rata kematian 25 larva. Rata-rata persentase kematian larva pada formulasi sediaan *sand granules* ekstrak serbuk Kayu Jati berkisar 36%-84% dengan rata-rata kematian 9 - 21 larva setelah 48 jam. Hal ini dikarenakan abate merupakan produk poten yang mengandung bahan aktif temephos 1% atau setara dengan 0,01 gram. Menurut Ndione & Faye (2007) temephos merupakan salah satu jenis racun sintetik (fosfat organik) yang bekerja menghambat enzim *acetylcholin esterase* sehingga menimbulkan gangguan pada aktivitas syaraf. Terganggunya enzim *acetylcholin esterase* yang bertugas membuat *acetylcolin* tidak terhidrolisa menjadi *colin* sehingga saraf akan terus berkontraksi dalam waktu lama dan akan terjadi kejang. Kematian larva akan terjadi ketika kontraksi saraf dan kejang berkelanjutan sehingga menghabiskan semua ATP pada tubuh larva. Beberapa faktor lain yang mempengaruhi efektifitas sediaan adalah penggunaan bahan tambahan pada sediaan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Mangampa, dkk. (2017), yang mengatakan bahwa bahan tambahan berpengaruh pada proses terlepasnya senyawa aktif dari sediaan yang digunakan dalam pembuatan *sand granules*.

Data yang diperoleh (tabel 3) kemudian diuji normalitasnya dengan nilai Sig. yaitu 0,20 ($p > 0,05$) yang artinya data terdistribusi normal sehingga dilanjutkan dengan uji *One-Way Anova* yang menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($p < 0,05$), yang artinya bahwa sediaan *sand granule* dengan zat aktif ekstrak serbuk kayu jati dengan konsentrasi 14%, 11% dan 8% berpengaruh secara signifikan terhadap mortalitas larva nyamuk *Aedes sp.* Hal ini menunjukkan bahwa sediaan *sand granule* dengan zat aktif ekstrak serbuk kayu jati memiliki kemampuan sebagai larvasida terhadap larva nyamuk *Aedes sp.* Berdasarkan data persentase mortalitas larva nyamuk *Aedes sp.* pada tabel 3 di atas, menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak kayu jati yang digunakan, persentase mortalitas larva nyamuknya semakin meningkat pula. Selanjutnya analisis dilanjutkan dengan uji *Pos Hoc* LSD untuk mengetahui signifikansi dari perbedaan konsentrasi ekstrak setiap formulanya. Uji *Pos Hoc* LSD menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi ekstrak antara sediaan *sand granule* formula F0 dengan F1, F2 dan F3 memberikan pengaruh yang signifikan terhadap persentase mortalitas larva nyamuk. Formula yang menyebabkan kematian larva nyamuk paling tinggi adalah F1 dengan konsentrasi ekstrak kayu jati sebesar 14%.

Kemampuan larvasida sediaan *sand granule* ini dikarenakan adanya senyawa metabolit sekunder dalam ekstrak kayu jati. Senyawa metabolit sekunder yang berpotensi sebagai biolarvasida yaitu alkaloid, flavonoid, saponin dan kuinon. Hal ini sesuai dengan hasil uji skrining fitokimia yang dilakukan yaitu

Tabel 4. Hasil Skrining Fitokimia Ekstrak Serbuk Kayu Jati (*Tectona grandis*)

Jenis Uji	Hasil Pengamatan	Keterangan
Uji Alkaloid	Terdapat endapan berwarna jingga	Positif mengandung alkaloid
Uji Flavonoid	Larutan berwarna merah	Positif mengandung flavonoid
Uji Saponin	Terdapat busa stabil	Positif mengandung saponin
Uji Kuinon	Larutan berwarna merah kecoklatan	Positif mengandung kuinon

Berdasarkan hasil uji skrining fitokimia seperti pada tabel di atas, menunjukkan bahwa ekstrak serbuk kayu jati positif mengandung alkaloid, flavonoid, saponin dan kuinon. Pada hasil uji alkaloid, ditambahkan HCL pekat untuk meningkatkan kelarutan alkaloid

menghasilkan warna kuning. Selain untuk meningkatkan kelarutan alkaloid, penambahan HCL pekat yang bersifat asam juga berfungsi untuk menetralkan alkaloid yang bersifat basa. Setelah ditambahkan HCL pekat, kemudian ditambahkan pereaksi dragendorff. Pereaksi Dragendorff mengandung kalium iodida dan bismut nitrat yang dilarutkan dalam larutan asam asetat glasial (kalium tetraiodobismutat (III)). Atom nitrogen pada alkaloid akan bereaksi dengan ion logam K^+ pada kalium tetraiodomerkurat (III) membentuk kompleks kalium-alkaloid yang mengendap dan berwarna jingga.

Uji flavonoid yang dilakukan menghasilkan larutan berwarna merah. Terbentuknya warna merah ini dikarenakan logam Mg dan HCL yang ditambahkan mereduksi inti benzopiron pada flavonoid sehingga membentuk garam flavilium yang memiliki warna merah atau jingga (Ergina, et al., 2014). Sedangkan pada uji saponin dihasilkan busa stabil selama > 10 menit dengan tinggi busa ± 2 cm. Busa ini terbentuk dikarenakan saponin memiliki molekul glikosida yang bersifat polar dan cincin steroid yang bersifat non polar. Apabila bertemu dengan molekul air, hanya gugus glikosida yang akan berikatan dengan air sedangkan steroidnya akan menolak air. Peristiwa inilah yang menyebabkan terjadinya pembentukan busa (Riawan, 1990). Adapun hasil uji kuinon menunjukkan terbentuknya larutan berwarna merah kecoklatan. Warna ini terbentuk karena adanya ion fenolat hasil dari deprotonasi gugus fenol pada kuinon dikarenakan penambahan NaOH 1 N. Ion fenolat memiliki sifat dapat menyerap cahaya dan menghasilkan warna merah (Harborne, 1987).

Menurut Suyanto (2011), senyawa alkaloid yang diberikan pada larva nyamuk *Aedes sp.* dalam keadaan stabil akan masuk ke dalam kulit atau jalur pernapasan yang kemudian akan menyerang sistem saraf dengan menghambat kerja enzim *acetylcholin esterase* sehingga *ecetylcholin* tidak dapat dipecah dan akan menimbulkan kontraksi secara terus menerus membuat larva kejang, kelumpuhan, kehabisan ATP dan mengalami kematian. Senyawa kuinon mempunyai sifat racun (*desiscant*) hampir sama dengan alkaloid yang mekanisme kerja racunnya menghambat enzim *acetylcholin esterase* sehingga menimbulkan gangguan sistem saraf pusat, kejang, kelumpuhan dan kematian. Kandungan flavonoidnya dapat menurunkan produksi enzim pencernaan (amilase dan protease) serta menurunkan kerja absorpsi pencernaan sehingga menghambat laju pertumbuhan dan terjadinya gangguan nutrisi. Senyawa saponin dapat menurunkan tegangan permukaan selaput *mukosa traktus digestivus* larva, sehingga dinding *traktus digestivus larva* menjadi kersif. Menurut Chaieb (2010), saponin juga menghambat pertumbuhan larva dengan pengelupasan eksoskeleton larva, sehingga larva tidak dapat berkembang ke fase berikutnya.

Konsentrasi dan Waktu Toksisitas Akut Ekstrak Serbuk Kayu Jati (Tectona grandis) pada Sediaan Sand Granules terhadap Larva Nyamuk Aedes sp. Berdasarkan Nilai LC₅₀ dan LT₅₀

Menurut Harmita (2004), pengujian toksisitas akut biasanya dirancang untuk menentukan LC_{50} dari sebuah bahan uji. LC_{50} diartikan sebagai suatu konsentrasi bahan yang secara statistik diharapkan mampu membunuh 50% hewan uji dari populasi keseluruhan. Penentuan LC_{50} ini juga dapat menunjukkan organ sasaran yang mungkin dirusak atau dihambat, serta memberikan petunjuk yang akan digunakan dalam pengujian lebih lama (uji toksisitas sub kronik dan uji toksisitas kronik). Sedangkan masa pemberian atau waktu kematian ditentukan oleh LT (*Lethal Time*). LT_{50} digunakan untuk menentukan waktu yang dapat mematikan hewan uji sebanyak 50% dari jumlah total populasi.

Pada penelitian ini waktu lama pengujian dilakukan selama 48 jam dengan pemberian zat kimia uji 1 kali. Sehingga jenis pengujian yang dilakukan adalah uji toksisitas akut, dengan penentuan nilai LC_{50} dan LT_{50} . Data rata-rata kematian larva nyamuk *Aedes sp.* berdasarkan konsentrasi yang digunakan pada sediaan *sand granules* ekstrak serbuk Kayu Jati dihitung dalam mg/L adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Mortalitas Larva Nyamuk *Aedes sp.* Berdasarkan Konsentrasi Sediaan *Sand Granules* Ekstrak Serbuk Kayu Jati (*Tectona grandis*)

Perlakuan	Konsentrasi Ekstrak dalam g/250 ml Air	Konsentrasi Ekstrak dalam mg/1 L Air	Rata-Rata Kematian Larva (larva)
Kontrol positif (Abate)	0,25	1,00	25
Formula 0	0,00	0,00	0
Formula 1	4,20	16,8	21
Formula 2	3,30	13,2	16
Formula 3	2,40	9,60	9

Data rata-rata kematian larva nyamuk *Aedes sp.* yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan uji probit menghasilkan nilai LC_{50} sebesar 11,43 mg/L. Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak serbuk Kayu Jati pada sediaan *sand granules* yang dapat membunuh larva nyamuk *Aedes sp.* sebesar 50% dari jumlah total populasi (25 larva) adalah 11,43 mg/L. Nilai LC_{50} ini termasuk ke dalam kategori toksisitas sedang berdasarkan tabel tingkat toksisitas larva nyamuk (Kinasih, et al., 2013), seperti pada tabel berikut:

Tabel 7. Tingkat Toksisitas Akut (Kinasih, et al., 2013)

Kategori	Satuan
Sangat toksik	< 1 mg/L
Tinggi	1-10 mg/L
Sedang	10-100 mg/L
Rendah	>100 mg/L

Hasil pengamatan uji aktivitas larvasida selama 48 jam terdapat pada tabel berikut ini:

Tabel 8. Hasil Rata-Rata Kematian Larva Selama 48 Jam

Perlakuan	6 jam (larva)	12 jam (larva)	24 jam (larva)	36 jam (larva)	48 jam (larva)
Kontrol (+)	3	6,33	15,33	21,00	25
Formula 0	0	0,00	0,00	0,00	0
Formula 1	1	3,66	6,66	13,33	21
Formula 2	1	1,66	3,66	6,66	16
Formula 3	0	0,66	2,33	3,66	9

Rentang waktu toksik sediaan yang dapat menyebabkan mortalitas terhadap larva nyamuk *Aedes sp.* dapat dilihat berdasarkan nilai LT_{50} (Eling & Cahyati, 2020). Pada penelitian ini, nilai LT_{50} sediaan *sand granules* ekstrak serbuk Kayu Jati dihitung menggunakan analisis probit dengan hasil 37,33 jam. Hasil ini menunjukkan bahwa aktivitas membunuh larva

sebanyak 50% dari jumlah total populasi terjadi pada jam ke-37,33. Menurut Suyanto (2011), pada jam ini larva telah tumbuh menjadi larva instar II dengan panjang 2,5-3 mm, dalam instar ini siphon agak kecoklatan, mulai terlihat jelas bentuk pernapasan dan tudung kepala yang mulai kecoklatan dan akan tumbuh menjadi instar III selama 1 - 2 hari. Hal ini dikarenakan pada larva instar II belum tumbuh dan berkembang sempurna. Racun dari senyawa kimia akan masuk ke dalam lapisan luar larva serta pernapasan larva yang belum terbentuk sempurna. Sehingga pada penelitian ini sediaan *sand granules* ekstrak serbuk Kayu Jati menyebabkan kematian sebanyak 50% dari populasi uji pada jam ke-37,33 tepatnya berada di larva instar II.

Kesimpulan

1. Sediaan *sand granule* ekstrak serbuk kayu jati memiliki kadar air, kecepatan alir, sudut diam dan waktu dispersi yang memenuhi standar sediaan granul.
2. Sediaan *sand granule* ekstrak serbuk kayu jati memiliki kemampuan sebagai biolarvasida terhadap larva nyamuk *Aedes sp.* ($p < 0,05$) dengan nilai LC_{50} yaitu 11,43 mg/L dan LT_{50} yaitu 37,33 jam.

Daftar Pustaka

- Agoes G, 2007. *Seri Farmasi Industri : Teknologi Bahan Alam*. Bandung: ITB.
- Ansel H, 2008. *Pengantar Bentuk Sediaan Farmasi*. Jakarta: UI Press.
- Aprianto VPW, 2014. Ketahanan Hidup dan Pertumbuhan Nyamuk *Aedes spp* pada Berbagai Jenis Air Perindukan. *Jurnal e-Biomedik; (eBM) 2(3)*.
- Charles SS, 2010. *Teknologi Farmasi Sediaan Tablet*. Jakarta : EGC.
- Ergina, Nuryanti S, Pursitasari ID, 2014. Uji Kualitatif Senyawa Metabolit Sekunder Pada Daun Palado (*Agave angustifolia*) yang Diekstraksi dengan Pelarut Air dan Etanol. *J.Akad.Kim 3(3)*: 165-172.
- Ferry FDLS, 2019. Daya Hambat Ekstrak Kulit Jati (*Tectona grandis*) Terhadap Pertumbuhan Jamur Pelapuk Kayu *Schizophyllum commue* Fries. *Jurnal Hutan Lestari; 7(3)*: 1078-1089.
- Fuadzy H, Hodijah DN, Jajang A, Widawati M, 2015. Kerentanan Larva *Aedes Aegypti* terhadap Temphos di 3 Kelurahan Endemis Demam Berdarah Dengue di Kota Sukabumi. *Bul.Penelit.Kesehatan; 43(1)*: 41-46.
- Hadisoewigyo F, 2013. *Sediaan Solida*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- Harborne JB, 1987. *Metode Fisika*. Bandung: ITB.
- Hartati P, 2020. Sand Granules Ekstrak Etanol Daun Kirinyuh (*Eupatorium inulifolium* Kunth) sebagai Larvasida Alami Pemberantas Demam Berdarah Dengue. *Jurnal Pharmascience; 7(1)*: 1-8.
- Kinasih I, Supriyatna A, Rusputa RN, 2013. Uji Toksisitas Ekstrak Daun Babadotan (*Ageratum conyzoides* Linn) Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn) Sebagai Organisme Non-Target. *Edisi Agustus*: 121-132.
- Lannie F, 2013. *Sediaan Solida*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Mangampa Y, Nisa M, Fahimah N, Rannu SL, Anugrawan M, Rofina F, 2017. Efek Biolarvasida Nyamuk *Aedes aedypti* dari Granul Ekstrak Daun Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*). *Jurnal Ilmu Manuntung; 3(2)*: 118-121.
- Nugraha DR, 2011. Ekstrak kayu jati (*Tectona grandis* L.F) sebagai bio-larvasida jentik nyamuk demam berdarah (*Aedes aegypti*). *SKRIPSI Respository IPB*.
- Prakoso D, 2024. *Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji Kayu pada UMKM Lumpang Irwansyah untuk Pembuatan Obat Nyamuk Bakar dengan Campuran Serai*, Universitas Medan: Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik.
- Pujiyanti A, 2019. Uji Coba Efektivitas Lethal Ovitrap untuk Pengendalian Vektor Demam Berdarah Dengue di Kota Salatiga. *Laporan Penelitian Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit (B2P2VRP)*, pp. 1-75.

- Rakhmany H, 2013. Aktivitas Larvasida Ekstrak Etanol Daun Inggu (*Ruta angustifolia* L.) Terhadap Larva Nyamuk *Anopheles aconitus* Dan *Anopheles maculatus* Beserta Profil Kromatografinya. *Naskah Publikasi, Fakultas Farmasi, Univ Muhammadiyah Surakarta*.
- Riawan, 1990. *Kimia Organik*. Jakarta: Bina Rupa Aksara.
- Rukmianingsih AP, 2020. Sand Granules Ekstrak Biji Alpukat (*Persea Americana* Seed Extract) sebagai Larvasida Alami Pemberantas Demam Berdarah Dengue. *Galenika Journal of Pharmacy*; 6(1): 84-93.
- Sarah RDSSN, 2016 . Karakteristik Sediaan Granul Biji Sirsak (*Annona muricata* L) dan Uji Efektivitas terhadap Larva *Aedes aegypti* L Sebagai Kandidat Biolarvasida. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*; 14(2): 256-262.
- Setiyaningsih R, 2014. Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Presentase Tetas Telur *Aedes aegypti* di Laboratorium. *Vektora*; 6(1): 9-12.
- Siregar, 2010. *Teknologi Farmasi Sediaan Tablet*. Jakarta: EGC.
- WHO, 2005. *Guidelines for Laboratory and Field Testing of Mosquitoes Larvacides*. US: WHO Press.