



Pengembangan Teknologi Tepat Guna Nano Biopestisida untuk Pertanian Berkelanjutan di Kabupaten Subang, Jawa Barat

Development of Appropriate Nano Biopesticide Technology for Sustainable Agriculture in Subang Regency, West Java

Yusnan Hasani Siregar¹, Umi Hanifah¹, Satya Andika Putra¹, Nur Kartika Indah Mayasti¹, Yose Rizal Kurniawan¹, Eko Kuncoro Pramono¹, Suparlan¹, Moeso Andrianto¹, Aidil Haryanto¹, Novrinaldi¹

¹Pusat Riset Teknologi Tepat Guna (PRTTG), Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

Jl. K.S. Tubun No.5, Subang 41213 Jawa Barat, Indonesia

E-mail : ¹yusnanhasan@gmail.com, ¹umihanifah81@gmail.com, ¹satya.andika.p@gmail.com, ¹indahmayasti@gmail.com, ¹yorizk1@gmail.com, ¹pramono.ekokuncoro@gmail.com, ¹drsuparlan@yahoo.com, ¹moesoandrianto@gmail.com, ¹aharyant03@gmail.com, ¹naldi.novri@gmail.com

Abstrak–Pengembangan nano biopestisida merupakan salah satu upaya inovasi pestisida yang ramah lingkungan untuk menggantikan pestisida kimia yang berdampak negatif dalam jangka panjang. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat *homogenizer* nano biopestisida dalam merancang dan menentukan jenis pengaduk yang paling sesuai berdasarkan persyaratan pengguna. Bahan utama pembuatan nano biopestisida antara lain: minyak atsiri serai wangi, minyak eukaliptus, dan air. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *design requirement and objectives* (DR&O). Solusi alternatif teknologi peralatan pembuatan biopestisida berdasarkan DR&O merujuk pada aspek pemilihan solusi di antaranya identifikasi produk (pencampuran yang homogen dan bersifat fleksibel), fitur spesial (otomatis), memiliki deskripsi fisik seperti dapat dibuat di bengkel biasa dan bentuk yang sederhana, serta identifikasi pengguna. Dari hasil olah data dengan metode DR&O, diperoleh hasil bahwa tipe pengaduk rotor-stator memiliki total skor tertinggi sebesar 22. Keunggulan *rotor stator mixer* ini antara lain: kecepatan tinggi, homogenisasi yang baik dan multi fungsi.

Kata Kunci: *homogenizer, nano biopestisida, rotor-stator.*

Abstract–The development of nanobiopesticides is one of the environmentally friendly pesticide innovations to replace chemical pesticides, which have negative impacts in the long term. This research aims to develop a biopesticide nano homogenizer design to determine the most suitable type of mixer based on user requirements. The main ingredients for making nano biopesticides include citronella essential oil, eucalyptus oil, and water. The method used in this research is design requirements and objectives (DR&O). Alternative technological solutions for biopesticide manufacturing equipment based on DR&O refer to aspects of solution selection, including product identification (mixing that is homogeneous and flexible), special features (automatic), having a physical description such as can be made in a regular workshop, and a simple shape, as well as user identification. The data processing results using the DR&O method showed that the rotor-stator mixer type had the highest total score of 22. The advantages of this rotor-stator mixer include high speed, good homogenization, and multi-function.

Keywords: *homogenizer, nano-biopesticide, rotor-stator.*

I. PENDAHULUAN

Subang merupakan salah satu kabupaten di Jawa Barat yang secara geografis terletak di bagian utara provinsi Jawa Barat. Kabupaten ini berbatasan langsung dengan kabupaten Bandung Barat di sebelah selatan, dengan Laut Jawa disebelah utara, dengan kabupaten Indramayu dan Sumedang di sebelah Timur dan dengan Kabupaten Purwakarta dan Karawang di sebelah Barat (subang.go.id, 2023). Dengan luas 2.051,76 km² (subang.go.id, 2023), kabupaten Subang terbagi menjadi menjadi tiga wilayah yakni wilayah pantai, dataran rendah dan dataran tinggi. Potensi geografis inilah menjadi salah satu faktor yang mendorong tumbuhnya sektor pertanian seperti padi dan sayur-sayuran.

Jenis sayuran yang paling banyak dihasilkan adalah cabai yang pada tahun 2020 mencapai 2.153,7 ton. Jenis buah-buahan juga banyak dihasilkan dari Kabupaten

Subang ini. Salah satunya buah pepaya produksi tahun 2020 mencapai 9.726 ton, disusul oleh produksi nanas sebesar 187.448,2 ton dan pisang sebesar 134.102,4 ton (BPS Subang, 2021). Menurut data BPS tahun 2023 dalam “Kabupaten Subang dalam Angka 2023” produksi tanaman Padi Kabupaten Subang mencapai 1.264.153,465 Ton GKP (Gabah Kering Panen) dengan kecamatan patokbeusi dan Ciasem sebagai penghasil paling besar yang merupakan wilayah utara kabupaten Subang. Sedangkan Tanaman sayuran seperti cabai terdapat di wilayah selatan yang merupakan dataran tinggi dengan kecamatan Ciater dan Cislak sebagai penghasil terbesar (BPS Subang, 2023).

Dalam budidaya tanaman di Indonesia terdapat beberapa kendala, antara lain serangan hama dan penyakit atau sering disebut organisme pengganggu tanaman (OPT). Serangan hama dan penyakit dapat mengakibatkan terjadinya kehilangan hasil panen dan menurunkan kualitas hasil, sehingga perlu dikendalikan. Cara pengendalian hama dan penyakit pada tanaman

umumnya dilakukan dengan aplikasi penyemprotan pestisida. Adapun umumnya jenis pestisida yang digunakan petani di dalam pemberantasan hama dan penyakit tanaman adalah pestisida kimiawi. Penggunaan pestisida kimiawi disukai petani karena penggunaannya praktis dan dapat lebih cepat mengatasi serangan hama dan penyakit tanaman. Namun demikian, penggunaan pestisida kimiawi secara tidak tepat dapat menimbulkan resistensi terhadap hama dan penyakit, perkembangan hama dan penyakit baru, dan pencemaran lingkungan (Irawan dkk., 2019; Sumartini, 2016). Aplikasi pestisida kimiawi sintetis konvensional sangat beracun bagi manusia (Asghar dkk., 2016) sehingga dapat mengganggu kesehatan manusia, selain itu residu pestisida pada hasil panen dapat mengganggu kesehatan konsumen (Karyadi dkk., 2011), oleh karena itu konsumsi pestisida ini dapat menyebabkan masalah yang serius pada manusia. Dampak negatif lainnya dari pestisida kimiawi juga dialami oleh tenaga kerja di tempat penjualan pestisida. Berdasarkan penelitian (Pujiono dkk., 2009) secara observasional 62 responden tenaga kerja di tempat penjualan pestisida yang terletak di wilayah kecamatan pamanukan, kecamatan Pusakanagara, kecamatan pusakajaya, dan kecamatan Tambak Dahan di kabupaten Subang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat keracunan tenaga kerja di tempat penjualan pestisida sebesar 66,1 %. Faktor yang berpengaruh terdapat tingkat keracunan di tempat penjualan pestisida antara lain: sanitasi ruang kerja, keberadaan alat pelindung diri, dan pengelolaan pestisida di tempat penjualan.

Saat ini telah berkembang biopestisida yang ramah lingkungan. Biopestisida merupakan pestisida nabati yang mudah terdegradasi oleh sinar matahari dan tercuci oleh tanah (Schumann dan D'Arcy, 2013), tidak menimbulkan biotipe atau ras baru hama dan penyakit serta tidak menimbulkan resistensi (Kardian, 1999). Secara umum pestisida nabati bersifat menarik dan menolak serangga, menghasilkan racun, mengganggu siklus pertumbuhan, pencernaan, serta mengubah perilaku serangga (Tohariah dan Ayu, 2022). Menurut (Sanjaya dkk., 2021) beberapa tanaman yang bisa dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan pestisida nabati diantaranya adalah serai (*Cymbopogon citratus*), bawang putih (*Allium sativum*), sambiloto (*Andrographis paniculata*), pepaya (*Carica papaya*), sirsak (*Annona muricata*), kunyit (*Curcuma longa*), jahe (*Zingiber officinale*).

Teknologi nano sudah banyak dikembangkan termasuk dalam pembuatan biopestisida. (Zhao dkk., 2018), menyatakan bahwa pengembangan biopestisida dengan menggunakan nanoteknologi formulasi baru telah menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan kemanjuran dan keamanan pestisida. Sedangkan (Worrall dkk., 2018) menyatakan bahwa penggunaan nanoteknologi untuk pembuatan pestisida dapat mengurangi toksisitas, meningkatkan umur simpan, dan meningkatkan kelarutan pada pestisida yang sulit untuk larut dalam air yang semuanya itu berdampak positif pada lingkungan. Minyak atsiri berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan campuran biopestisida dengan menggunakan nanoteknologi, diantaranya adalah minyak atsiri cengkih dan serai wangi (Mariana & Noveriza, 2013; Septariani dkk., 2020).

Peneliti Pusat Riset Hortikultura dan Perkebunan BRIN, Rita Noveriza, menyampaikan, riset telah dilakukan sejak 2016 dan tim peneliti menemukan potensi minyak atsiri sebagai pestisida nabati.

Kandungan senyawa aktif yang terdapat dalam tanaman serai wangi bersifat insektisida dan toksik terhadap serangga sehingga dapat mematikan hama *Sitophilus oryzae*, karena senyawa-senyawa tersebut mempunyai tipe mekanisme pengendalian insektisida bersifat racun kontak (Sanjaya dkk., 2021). Teknik formulasi pestisida nabati ini dikembangkan dengan teknologi nano atau sistem pada skala nanometer. Sementara teknik formulasi yang digunakan yakni nanoemulsifikasi. Peneliti menggunakan teknik nanoemulsifikasi energi rendah untuk mengembangkan nano biopestisida. Teknik ini memiliki keunggulan seperti biaya yang lebih murah, mudah diproduksi pada skala pasar atau industri, dan sesuai untuk material sensitif. Hasil riset yang telah dikembangkan yakni nano biopestisida serai wangi dengan bahan utama minyak atsiri serai wangi jenis *Cymbopogon nardus*. Biopestisida ini dibuat dengan teknik nano emulsifikasi spontaneous sehingga menghasilkan partikel bahan aktif minyak serai wangi dengan skala 100-200 nanometer. Keunggulan lain dari produk ini yakni ramah lingkungan karena dibuat dari bahan metabolit sekunder tanaman. Selain itu, partikel bahan aktif berukuran nano juga dapat meningkatkan kelarutan dalam air, laju disolusi, dan keseragaman dispersi saat diaplikasi pada tanaman. Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh peneliti dan mitra, penggunaan biopestisida serai wangi ini efektif untuk menghambat perkembangan potyvirus atau virus penyebab penyakit mosaik pada tanaman nilam dan begomovirus yang merupakan penyakit virus kuning pada cabai (Pandu, 2023).

Peningkatan kapasitas produksi nano biopestisida skala pilot perlu pengembangan teknologi peralatan. Untuk menghasilkan desain alat yang mampu memenuhi spesifikasi yang diinginkan pengguna maka sejak tahap awal perlu mendefinisikan permasalahan dan preferensi pengguna. Metode tujuan dan syarat perancangan atau *requirement and objectives* (DR&O) yang digunakan untuk menganalisis rancangan alat. Metode ini dikembangkan melalui penelitian di *Design Council* pada tahun 2005 sebagai cara sederhana untuk menggambarkan proses desain dan merumuskan kebutuhan desain. (Ramadhan & Tristiyono, 2019) merancang sepeda listrik untuk siswi sekolah menengah melalui DR&O sehingga diperoleh solusi parameter teknis yang menjadi masalah dalam perancangan suatu desain alat.

Riset teknologi tepat guna untuk mendukung produksi nano biopestisida skala pilot antara lain homogenizer untuk menghomogenkan campuran bahan bahan nano biopestisida. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan alat *homogenizer* nano biopestisida dengan pendekatan DR&O dalam merancang dan menentukan jenis pengaduk yang paling sesuai berdasarkan persyaratan pengguna teknologi. Pengembangan teknologi tepat guna Nano Biopestisida diharapkan dapat mendukung Pertanian Berkelanjutan di Kabupaten Subang, Jawa Barat.

II. METODE PENELITIAN

Pada kegiatan ini dilakukan studi literatur untuk mendapatkan data sekunder prinsip homogenisasi bahan-bahan biopestisida, pengumpulan data sekunder, serta metode tujuan dan syarat perancangan atau *design requirement and objectives* (DR&O) yang digunakan untuk menganalisis rancangan alat. DR&O digunakan

sebagai dasar untuk menentukan rencana produk dan juga untuk mencari solusi alternatif. DR&O mendefinisikan kebutuhan dan peluang desain berdasarkan preferensi konsumen dengan pendekatan deskriptif kualitatif menggunakan metode studi literatur, observasi terhadap prinsip-prinsip kerja, batasan mesin dan interview kepada pengguna terkait permasalahan pengguna, dan analisis tentang konfirmasi konsep. Informasi yang dihimpun dapat dijadikan acuan merumuskan *design requirements and objectives* (Almuhadibillah dan Tristiyono, 2020). Pemilihan solusi dari persyaratan teknik berdasarkan persyaratan pengguna menggunakan penilaian *expertise* dengan skala likert, interval 1-5 (sangat tidak setuju-sangat setuju) dari setiap parameter-parameter penilaian (Budiaji, 2013). *Expertise* adalah peneliti yang terkait pada bidang pengembangan alat teknologi tepat guna. Pengolahan data skor penilaian *expertise* menggunakan IBM SPSS statistik 26.

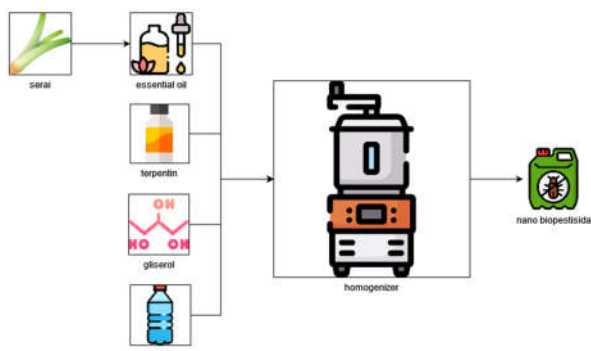
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data observasi alat homogenisasi

Observasi dilakukan untuk mengetahui kebutuhan desain, permasalahan, solusi. Observasi langsung desain alat skala lab, observasi teknologi yang telah berkembang, observasi data sekunder atau studi literatur

a. Proses pembuatan nano biopestisida

Bahan utama yang digunakan untuk pembuatan nano biopestisida ini merupakan sumber daya alam yang dapat ditemukan di daerah manapun tidak terkecuali di Kabupaten Subang Jawa Barat. Bahan utama tersebut meliputi bahan aktif diantaranya minyak serai wangi (Mariana & Noveriza, 2013) dan minyak eukaliptus (Syahputra dkk., 2016) serta bahan tambahan lain seperti terpenin polysorbate/ Tween 80 dan gliserol (Yuliani dkk., 2023) yang kemudian dicampur hingga menjadi homogen menggunakan alat pembuat nano biopestisida (Gambar 1). Rancangan alat ini sangat diperlukan untuk membantu terbentuknya nano biopestisida.



Gambar 1. Proses Pembuatan Nano Biopestisida

Kabupaten subang menjadi salah satu penghasil serai wangi di Jawa Barat dengan luas lahan perkebunan 35 Ha, produksi serai wangi sebanyak 6 ton (Aviasti dkk., 2018). Di Palasari Kec. Ciater, Kab. Subang terdapat UKM pengolahan minyak atsiri serai wangi dengan menggunakan mesin penyulingan kapasitas 600 kg (Nugraha dkk., 2022).

Potensi daun - ranting kayu putih di Balai Pemantapan Kawasan Hutan (BKPH) Subang memiliki sebesar 290,977 ton (Utami dkk., 2022).

Pengaruh homogenisasi tekanan tinggi terhadap tekstur, reologi, dan struktur mikro yogurt kenari telah dilakukan oleh Jiao dkk. (2023). Dalam penelitian yang telah dilakukan, kenari ditemukan berpotensi sebagai bahan baku yogurt nabati. Susu kenari yang dihomogenisasi pada suhu 150 MPa meningkatkan viskositas, kekerasan, dan konsistensi produk yogurt.

b. Prinsip homogenisasi

Homogenisasi adalah proses penyeragaman ukuran partikel dalam upaya mempertahankan kestabilan dari sebuah campuran yang terbentuk dari dua fase yang tidak dapat menyatu atau biasa disebut emulsi. Maka dari itu salah satu teknologi yang bisa digunakan untuk memperkecil ukuran partikel salah satunya yaitu mesin homogenizer. Faktor yang digunakan untuk melihat ukuran partikel adalah kecepatan putar rotor, waktu kerja mesin dan tekanan (Fadli, 2021).

c. Mesin homogenisasi nano biopestisida skala lab



Gambar 2. Homogenizer yang Digunakan untuk Riset Nano Biopestisida Kapasitas 5 Liter

2. Interview kepada pengguna teknologi

Berdasarkan hasil interview dengan pengguna teknologi, parameter utama dalam merancang suatu alat pembuat nano biopestisida ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Persyaratan Pengguna Teknologi Nano Biopestisida

No	Persyaratan pengguna teknologi	Persyaratan teknik
1	Dimensi alat	Pengaturan dimensi alat agar mudah dalam <i>handling</i> (pemindahan dan penempatan alat)
2	Kapasitas alat	pemilihan rotor yang tepat, tangki mixer diperbesar
3	Hemat energi, biaya, tenaga	Pemilihan Kebutuhan daya terjangkau untuk listrik rumah tangga/UKM, memberikan
4	kemudahan pengoperasian	tanda/informasi yang jelas dari setiap tombol panel, lebih sederhana
5	kenyamanan alat	Perancangan alat yang ergonomis (pengaturan ketinggian alat disesuaikan dengan antropometri)

Sumber: olah data primer, 2023

3. Design requirement dan objectives alat homogenizer nano biopestisida

Solusi alternatif teknologi peralatan pembuatan nano biopestisida berdasarkan DR&O merujuk pada aspek pemilihan solusi di antaranya identifikasi produk (pencampuran yang homogen dan bersifat fleksibel), fitur spesial (otomatis), memiliki deskripsi fisik seperti dapat dibuat di bengkel biasa dan bentuk yang sederhana, serta identifikasi pengguna. Pencampuran terjadi karena ada sistem pengadukan sehingga alat yang cocok merupakan alat yang memiliki *impeller* atau sudut pengaduk. Tipe pengaduk yang diharapkan memiliki kemampuan antara lain mampu beroperasi pada kecepatan tinggi. Kemampuan tersebut dibutuhkan agar dapat mencampurkan secara merata larutan campuran pembuatan nano biopestisida. pengaduk juga harus mampu menjadikan homogen larutan campuran. Memiliki multi fungsi seperti mampu mencampurkan cairan dengan padatan maupun sedikit padatan dengan cairan. Teknologi alat pembuatan nano biopestisida juga harus mudah dalam pengoperasian dan mudah dalam pembuatan yang dapat dilakukan oleh bengkel-bengkel yang ada di Kabupaten Subang. Perhitungan skor DR&O untuk pemilihan tipe pengaduk dapat dilihat pada Tabel 2 dan total skor yang ditunjukkan pada Gambar 3.

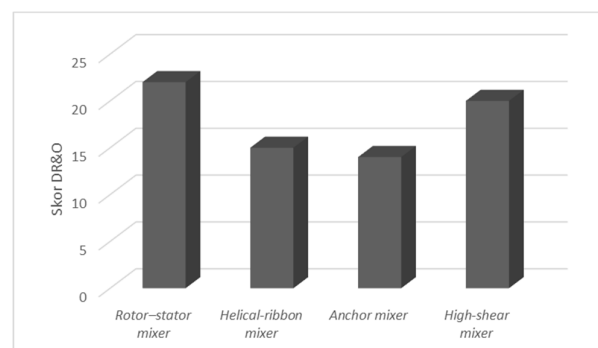
Tabel 2. Perhitungan Skor DR&O Pemilihan Tipe Pengaduk

No DR&O	Rotor-stator mixer	Helical-ribbon mixer	Anchor mixer	High-shear mixer
1 Beroperasi pada kecepatan tinggi	5	2	1	5
2 Homogenisasi yang baik	5	3	3	4
3 Multi fungsi	5	3	2	4
4 Mudah dalam pengoperasian	4	4	4	4
5 Mudah dalam pembuatan	3	3	4	3
Total skor	22	15	14	20
Rata-rata	4.4	3	2.8	4

Sumber: olah data primer, 2023

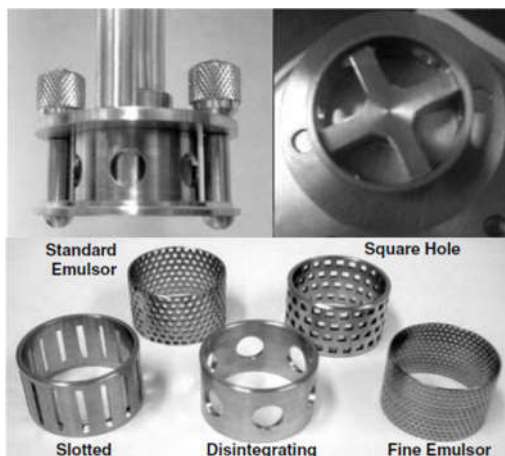
tabel 2 diketahui bahwa terdapat 5 parameter penilaian dalam pemilihan tipe pengaduk antara lain: 1) beroperasi pada kecepatan tinggi; 2) homogenisasi yang baik; 3) multi fungsi; 4) mudah dalam pengoperasian; dan 5) mudah dalam pembuatan. Berdasarkan pengolahan data menggunakan IBM SPSS statistik 26 dengan pengujian deskriptif dan *one-way anova* diperoleh rata-rata skor rotor_stator mixer sebesar 4.4; helical ribbon 3; anchor mixer 2.8; dan high shear mixer 4. Hasil oneway anova diperoleh nilai signifikansi sebesar 0.043. Nilai signifikansi < 0.05 menunjukkan bahwa rata-rata skor dari ke-empat jenis mixer berbeda secara signifikan.

Rotor stator memiliki nilai rata-rata skor yang tertinggi dibandingkan dengan jenis mixer yang lain. Ahli menilai sangat setuju bahwa *rotor stator mixer* mampu beroperasi pada kecepatan tinggi, homogenisasi yang baik, dan multi fungsi. Hal tersebut sejalan dengan Atiemo-Obeng & Kresta (2004) bahwa *rotor stator mixer* beroperasi pada kecepatan tinggi sekitar 1800 rpm, *rotor stator mixer* juga memiliki multi fungsi yaitu mampu mencampurkan bahan cairan-cairan, padatan-cairan dan gas-cairan.

**Gambar 3.** Total skor DR&O untuk Tipe Pengaduk

Berdasarkan gambar 3 diketahui bahwa skor DR&O yang tertinggi adalah rotor-stator sebagai pengaduk pada alat nano biopestisida dengan total skor 22 diikuti pengaduk *high-shear mixer* sebesar 20, *helical-ribbon mixer* sebesar 15, dan terakhir *anchor mixer* sebesar 14. Berdasarkan analisis tersebut maka pemilihan alternatif pengaduk dengan metode DR&O untuk jenis pengaduk yang cocok dalam proses pembuatan nano biopestisida adalah pengaduk tipe rotor-stator seperti pada Gambar 4. Artikel yang dipublikasi oleh (Havlica dkk., 2021)berfokus

pada simulasi numerik proses pencampuran granular dalam mixer silinder vertikal dengan dua bilah datar berlawanan dengan sudut rake 45°. Simulasi komputer dilakukan dengan metode elemen diskrit. Pencampuran tersebut diperiksa untuk mengetahui kecepatan pengaduk bilah dalam kisaran 1,9 hingga 960 rpm dan tiga konfigurasi spasial awal yang berbeda. Perkembangan pola konsentrasi dan evolusi fase interfase antara berbagai jenis partikel telah menunjukkan bahwa proses homogenisasi tidak hanya bergantung pada dinamika sistem tetapi juga pada distribusi spasial awal partikel.

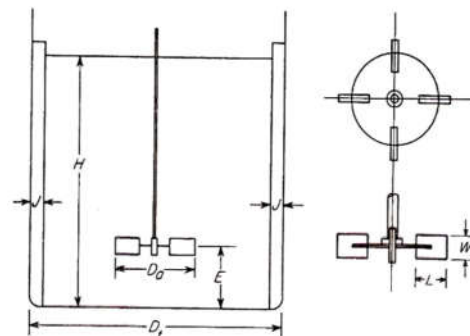


Gambar 4. Geometri rotor-stator (Atiemo-Obeng & Kresta, 2004)

Tipe ini yang akan dikembangkan sebagai alat teknologi tepat guna nano biopestisida yaitu berupa alat homogenisasi atau *homogenizer*. Pengaduk tipe rotor-stator seperti Gambar 4 banyak digunakan di industri pengolahan makanan, farmasi, kosmetik, dan produk kesehatan yang berfungsi pada proses dispersi dan emulsifikasi campuran bahan cairan-cairan maupun padatan-cairan (Atiemo-Obeng & Kresta, 2004; Rodgers & Cooke, 2012). Pengaduk tipe ini mampu menghasilkan emulsi dengan droplet berukuran 0,5 - 100 µm (Atiemo-Obeng & Kresta, 2004). Jiang dkk. (2021) melakukan penelitian mengenai produksi massal mikrosfer yang terkendali yang disiapkan dengan homogenizer bertekanan tinggi dan memecahkan masalah kerusakan struktur protein yang disebabkan oleh tekanan yang sangat tinggi dan panas berlebih. Penelitian ini membuat model numerik berdasarkan homogenizer bertekanan tinggi dan melakukan perhitungan simulasi menggunakan komputasi dinamika fluida (CFD).

4. Homogenizer tipe rotor-stator

Secara umum, alat homogenisasi dengan menggunakan pengaduk tipe rotor-stator memiliki desain dengan bagian-bagian utama berupa pengaduk tipe rotor-stator, rangka sebagai penopang semua bagian, motor penggerak, poros penghubung motor dan rotor-stator, dan tangki sebagai tempat penampung larutan seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain Tangki (Shah, 2012)

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{E}{D_t} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{H}{D_t} = 1$$

$$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

dimana:

D_a = Diameter rotor

D_t = Diameter tabung

H = tinggi dasar tabung ke permukaan cairan

J = Ketebalan Jacket tangki

E = Jarak rotor ke permukaan tangki

W = Tinggi rotor

L = Lebar rotor

IV. KESIMPULAN

Pentingnya biopestisida untuk pertanian berkelanjutan karena dapat meminimalisir dampak negatif terhadap manusia dan lingkungan. Bahan utama yang dapat digunakan dalam pembuatan nano biopestisida antara lain minyak atsiri serai wangi, minyak eukaliptus, dan air. Bahan-bahan tersebut diemulsifikasi dengan menggunakan alat pengaduk kecepatan tinggi sehingga menghasilkan nano biopestisida yang homogen dan stabil. Dari penelitian ini, diperoleh hasil bahwa *rotor stator mixer* adalah tipe pengaduk yang tepat sebagai alat pembuat nano biopestisida. Rotor stator memiliki total skor DR&O tertinggi yaitu 22, dengan parameter penilaian: keunggulan kecepatan tinggi, homogenisasi yang baik, multi fungsi, mudah pengoperasian, dan mudah dalam pembuatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Almuhtadibillah, M., & Tristiyono, B. (2020). Design Requirements and Objectives Furnitur Taman Cahaya Kota Surabaya Berdasarkan Preferensi Konsumen. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 9(2), 2337–3520.
- Asghar, U., Malik, M., & Javed, A. (2016). Pesticide Exposure and Human Health: A Review. *Journal of Ecosystem & Ecography*, 01(s5). <https://doi.org/10.4172/2157-7625.s5-005>
- Atiemo-Obeng, V. A., & Kresta, S. M. (2004). Rotor–Stator Mixing Devices. Dalam E. L. Paul, V. A. Atiemo-Obeng, & S. M. Kresta (Ed.), *Handbook of Industrial Mixing Science*

- And Practice* (hlm. 479–506). John Wiley & Sons, Inc. www.copyright.com.
- Aviasti, Nugraha, Amaranti, R., & Nurrahman, A. A. (2018). *Perancangan Metode Implementasi Model Simbiosis Industri Pada Penyulingan Minyak Sereh Wangi Skala Kecil Dan Menengah*. repository.unisba.ac.id
- BPS Subang. (2021). *Kabupaten Subang Dalam Angka 2021*.
- BPS Subang. (2023). *Kabupaten Subang Dalam Angka 2023*.
- Budiaji, W. (2013). Skala Pengukuran Dan Jumlah Respon Skala Likert. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 2(2), 127–133.
- Fadli, M. F. (2021). *Pengaruh Parameter Kecepatan, Waktu Dan Tekanan Terhadap Kinerja Mesin Homogenizer* [Thesis, Unand]. <http://scholar.unand.ac.id/99832/>
- Havlica, J., Kozakovic, M., Kramolis, D., Travnickova, T., & Kohout, M. (2021). The effect of primary and secondary flows on the homogenization process in a vertical bladed mixer. *Powder Technology*, 391, 253–266. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2021.06.015>
- Irawan, P., Qayyimah, D., Islamiah, M., Radiatul, A., Amir, A., & Alghifari, R. M. (2019). Efektivitas Ekstrak Batang Bratawali I (*Tinospora Crispa* L.) Dan Daun Sirsak (*Annona Muricata* L.) Terhadap Mortalitas Hama Penggerek Batang Padi (*Scirphopaga Innotata*). *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*, 5(1), 47–58. <https://doi.org/10.26858/IJFS.V5I1.9375>
- Jiang, B., Gao, Y., Shi, Y., Qi, T., Qiu, S., Lin, G., & Feng, Y. (2021). Numerical simulation analysis and structural optimization design of microspheres prepared by a high-pressure homogenizer. *Separation and Purification Technology*, 277, 119374. <https://doi.org/10.1016/J.SEPUR.2021.119374>
- Jiao, B., Wu, B., Fu, W., Guo, X., Zhang, Y., Yang, J., Luo, X., Dai, L., & Wang, Q. (2023). Effect of roasting and high-pressure homogenization on texture, rheology, and microstructure of walnut yogurt. *Food Chemistry*: X, 20, 101017. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2023.101017>
- Kardinan, A. (1999). Pestisida nabati : ramuan & aplikasi. Dalam *Penebar Swadaya*. <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=170728>
- Karyadi, K., Syafrudin, S., & Soterisnanto, D. (2011). Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Sebagai Residu Pestisida Pada Lahan Pertanian (Studi Kasus Pada Lahan Pertanian Bawang Merah Di Kecamatan Gemuh Kabupaten Kendal). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 9(1), 1–9. <https://doi.org/10.14710/JIL.9.1.1-9>
- Mariana, M., & Noveriza, R. (2013). Potensi Minyak Atsiri untuk Mengendalikan Potyvirus pada Tanaman Nilam. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 9(2), 53–58. <https://doi.org/10.14692/jfi.9.2.53>
- Nugraha, M. I., Prajogo, S., & Yuliyani, I. (2022). Perancangan Ulang Tangki Penyulingan Minyak Atsiri Serai Wangi (*Cymbopogon Nardus*) Kapasitas 600 Kilogram. *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 13–14.
- Pandu, P. (2023). Nano Biopestisida Ramah Lingkungan. *Kompas*, 1–15. <https://www.kompas.id/baca/humaniora/2023/05/21/inovasi-iptek-nano>
- Pujiono, Suhartono, & Sulistiyani. (2009). Hubungan Faktor Lingkungan Kerja dan Praktek Pengelolaan Pestisida dengan Kejadian Keracunan Pestisida pada Tenaga Kerja di Tempat Penjualan Pestisida di Kabupaten Subang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 8(2), 46–50.
- Ramadhan, E. T., & Tristiyono, bambang. (2019). Design Requirements & Objectives Sepeda Listrik untuk Siswi Sekolah Menengah Melalui Riset Konsumen. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 8(1), F1–F6.
- Rodgers, T. L., & Cooke, M. (2012). Rotor–stator devices: The role of shear and the stator. *Chemical Engineering Research and Design*, 90(3), 323–327. <https://doi.org/10.1016/J.CHERD.2011.07.018>
- Sanjaya, Y., Dinyati, A., Syahwa, D., Aulia, I. D., Rijal, M. S., Priyanti, Khairiah, A., Riyanti, R., Lathifah, S., & M, D. (2021). Studi Eksplorasi Pemanfaatan Jenis-jenis Tanaman Sebagai Pestisida Nabati di Perumahan Pondok Arum Kecamatan Karawaci Kota Tangerang Banten. *Prosiding SEMNAS BIO*, 267–279. <https://doi.org/https://doi.org/10.24036/prosemnasbio/vol1/37>
- Schumann, G. L. (Gail L., & D'Arcy, C. J. (2013). Hungry planet : stories of plant diseases. *Journal of Plant Protection Research*, 53(4), 294.
- Septariani, D. N., Hadiwiyono, H., Harsono, P., & Mawar, M. (2020). Pemanfaatan Minyak Serai Sebagai Bahan Aktif Nanovirusida untuk Pengendalian Penyakit Kuning pada Cabai. *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services*, 4(2), 51. <https://doi.org/10.20961/prima.v4i2.39797>
- Shah, M. (2012). Process Engineering: Agitation & Mixing. Dalam *Course Material Process Engineering: Agitation & Mixing*. The Anchor Institute Chemicals & Petrochemicals, Dharmasinh Desai University. www.dduanchor.org
- subang.go.id. (2023). *Website Resmi Kabupaten Subang*. www.subang.go.id. <https://www.subang.go.id/profil/letak-geografis>
- Sumartini. (2016). *Biopestisida Untuk Pengendalian Hama Dan Penyakit Tanaman Aneka Kacang Dan Umbi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Syahputra, D. A., Mardhiansyah, M., & Budiani, E. S. (2016). The National Geographic Society : 100 years of adventure and discovery. *Jurnal Online Mahasiswa Universitas Riau*, 3(2), 1–6.
- Tohariah, A., & Ayu, E. T. (2022). Pembuatan Pestisida Alami Untuk Mengendalikan Hama Dan Penyakit Pada Tanaman. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kuliah Kerja Nyata*, 127–131. <http://jurnal.umb.ac.id/index.php/JIMAKUKERTA>
- Utami, W. S., Purwanto, R. H., & Sunarta, S. (2022). *Potensi Dan Strategi Pengelolaan Daun Ranting Kayu Putih Di Bkph Subang Kph Purwakarta Divisi Regional Jawa Barat*. <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/214290>
- Worrall, E. A., Hamid, A., Mody, K. T., Mitter, N., & Pappu, H. R. (2018). Nanotechnology for Plant Disease Management. *Agronomy 2018, Vol. 8, Page 285*, 8(12), 285. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY8120285>
- Yuliani, S., Wahyuningsih, K., Hernani, Herawati, H., Hoerudin, Rahmini, & Noveriza, R. (2023). Spontaneous Emulsification of Citronella Oil: Effect of Processing Conditions and Production Scale. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1172(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1172/1/012053>
- Zhao, X., Cui, H., Wang, Y., Sun, C., Cui, B., & Zeng, Z. (2018). Development Strategies and Prospects of Nano-based Smart Pesticide Formulation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(26), 6504–6512. <https://doi.org/10.1021/ACS.JAFC.7B02004>