

Penghasilan formulasi nano-emulsi minyak pati serai makan sebagai agen berpotensi rawatan penyakit karah padi

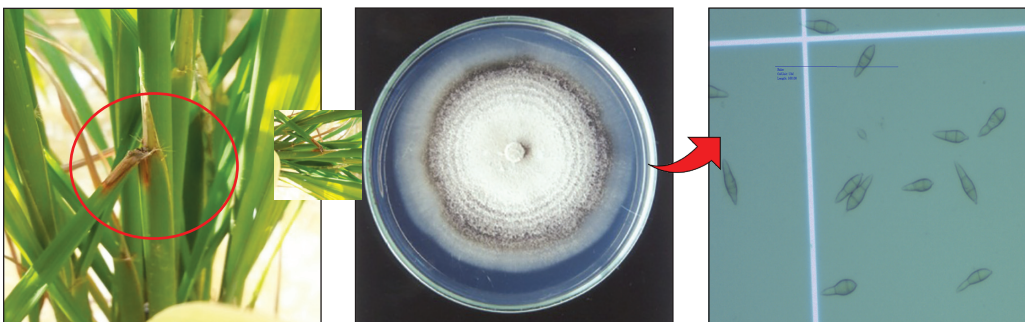
(Formulation of lemongrass essential oil nano-emulsion as potential agent for the treatment of rice blast disease)

Rashid Mat Rani, Noor Azlina Masdor, Siti Nadzirah Padrilah, Muhammad Zaidi Abu Bakar, Muhammad Shafiq Abd Karim dan Ahmad Syazwan Ismail

Pengenalan

Tanaman padi adalah tanaman utama dunia dan hasil tuaianya merupakan makanan ruji kepada lebih daripada separuh populasi dunia terutamanya di Asia. Pokok padi mudah terdedah kepada serangan oleh pelbagai patogen yang terdiri daripada bakteria, virus dan kulat yang mampu mengganggu jumlah hasil tuaian padi. Antara penyakit yang sangat signifikan dari segi ekonomi adalah penyakit karah padi yang disebabkan oleh patogen kulat *Pyricularia oryzae* dan merupakan penyakit padi yang sangat destruktif kerana boleh mengurangkan hasil tanaman sehingga 50%. Kulat *P. oryzae* mampu menjangkiti pokok padi dari peringkat anak benih sehinggalah ke peringkat dewasa pada daun, nod, tangkai, akar dan bahagian pokok yang lain. Penyakit ini sangat pantas merebak berdasarkan beberapa faktor utama seperti kelembapan relatif yang tinggi (melebihi 80%), suhu rendah (15 – 26 °C), cuaca berawan, hari lembap dan hujan, masa embun yang panjang, pergerakan angin yang perlahan, hos yang sesuai dan penggunaan dos baja nitrogen yang berlebihan.

Pyricularia oryzae adalah sejenis kulat askomiset berfilamen yang boleh membiak secara seksual dan aseksual. Kitaran hidup aseksual bermula apabila hifa kulat ini menghasilkan struktur seperti buah dan bersporulasi menghasilkan konidia yang bersaiz 20 – 22 μm $\times$ 10 – 12 μm , mempunyai dua septa, translusen dan sedikit gelap (Gambar 1). Kulat ini menjangkiti pokok padi apabila konidia jatuh pada daun atau tisu berkaitan, bercambah dan menghasilkan struktur appresium yang kemudiannya melakukan



Gambar 1. Kulat *Pyricularia oryzae* yang menjangkiti tanaman padi

penetrasi kepada sel tumbuhan. Seterusnya menumbuhkan hifa di dalam dan di antara sel daun sehingga menyebabkan lepuh berlaku. Jangkitan awal biasanya berlaku kepada daun dan mempunyai bentuk seperti berlian. Apabila infeksi berjaya dilakukan sepenuhnya di dalam hos tumbuhan, hifa kulat akan bersporulasi dan menghasilkan spora aseksual. Kitaran hidup kulat ini lengkap dalam masa seminggu. Patogen ini berupaya untuk menjangkiti dan menghasilkan simptom pada keseluruhan pokok padi. Penyakit ini muncul dalam bentuk karah daun, karah tangkai atau reput tangkai, reput kolar dan karah buku.

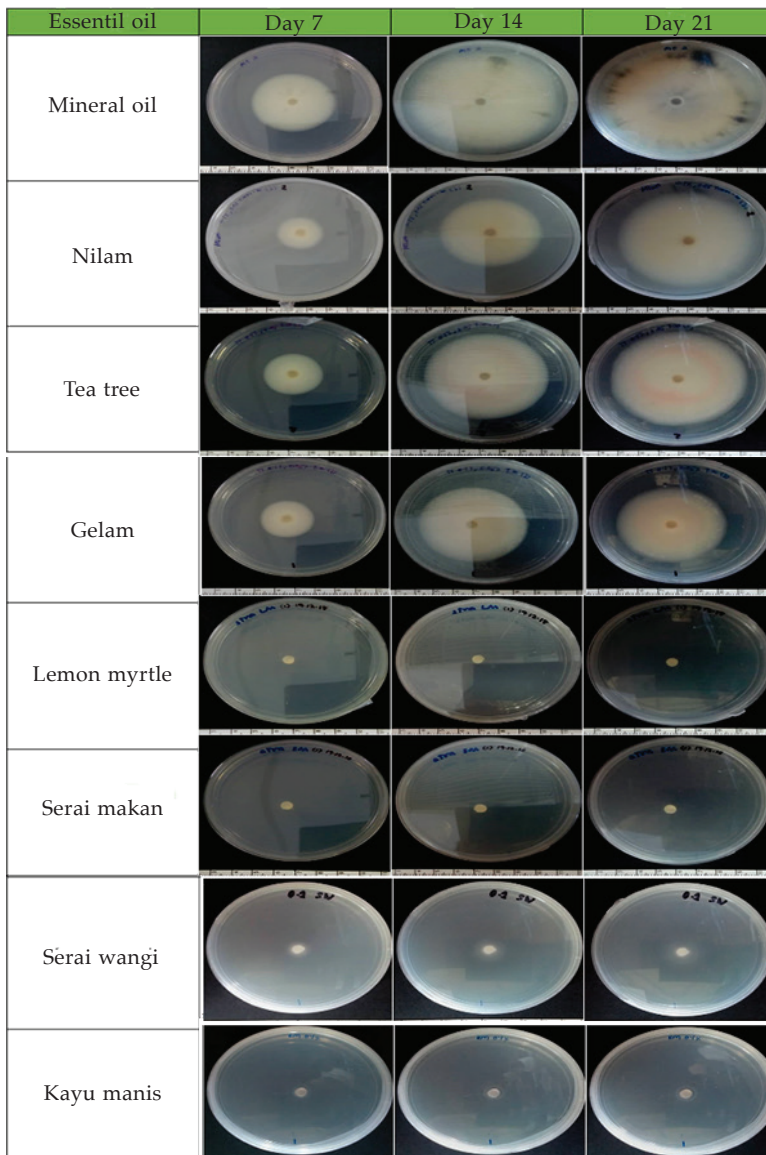
Cara pengawalan utama penyakit ini adalah dengan penggunaan fungisid secara ekstensif dan intensif menyebabkan pencemaran alam sekitar, penghasilan spesies yang multirintang, mengurangkan keselamatan makanan serta kesan sampingan terhadap organisma bukan sasaran. Maka, terdapat keperluan untuk mencari kaedah yang kurang berbahaya, lestari, selamat serta mesra alam. Penggunaan sebatian semula jadi sebagai agen kawalan menarik minat ramai kerana sifatnya yang tidak toksik kepada manusia, lestari dan biodegradasi. Sebatian meruap daripada tumbuhan terutamanya minyak pati telah terbukti mempunyai sifat-sifat berpotensi antikulat, antibakteria, insektisidal dan aktiviti nematosidal.

Nanoteknologi adalah teknologi multidisiplin yang melibatkan nano-kimia, nano-fizik, nano-material, nano-biologi dan sebagainya yang digunakan secara meluas dalam bidang material, elektronik dan perubatan. Manakala nano-emulsi adalah sistem penyerakan pada skala nano yang terbentuk secara pengemulsian secara spontan atau pengemulsian secara tenaga-tinggi bagi minyak, air dan surfaktan. Nano-emulsi ini selalunya digunakan dalam bidang biologi dan farmakologi kerana sifatnya yang mempunyai keterlarutan tinggi dan kestabilan fizikal, kemeruapan dan kekeruhan yang lebih rendah berbanding dengan bahan asalnya sendiri. Sesetengah nano-emulsi minyak pati menunjukkan aktiviti antimikrob yang lebih baik secara signifikan berbanding dengan minyak pati asli. Ini kerana nano-emulsi mempunyai saiz droplet yang lebih kecil serta jumlah luas permukaan yang lebih besar dan seterusnya mempunyai kesan antimikrob yang lebih berkesan.

Penyaringan minyak pati terbaik yang mempunyai kesan perencatan terhadap pertumbuhan *Pyricularia oryzae*

Sebanyak lapan jenis minyak pati terdiri daripada limau purut (*Citrus hystrix*), kayu manis (*Cinnamomum zeylanicum*), tea tree (*Melaleuca alternifolia*), serai wangi (*Cymbopogon citratus*), serai makan (*Cymbopogon nardus*), lemon myrtle (*Backhousia citriodora*), nilam (*Pogostemon cablin*) dan gelam (*Melaleuca leucadendra*) dilakukan penyaringan terhadap *Pyricularia oryzae* bagi melihat kesan antikulat. Secara berasingan, minyak pati ini dicampurkan dengan *potato dextrose agar* (PDA) secara kaedah pencairan agar dan seterusnya satu petak kecil kultur *P. oryzae* bersaiz 5 mm

diletakkan di atas piring Petri berkenaan dan dieram selama 21 hari. Berdasarkan eksperimen ini, minyak pati berkenaan disaring mengikut keupayaan pertumbuhan *P. oryzae* di atas piring Petri yang mengandungi minyak pati berkaitan. Diameter zon pertumbuhan *P. oryzae* dicerap dan dari situ dapat dilihat sejauh mana keberkesanannya seperti dalam *Gambar 2*. Terdapat lima minyak pati yang berjaya merencat sepenuhnya pertumbuhan *P. oryzae* iaitu lemon myrtle, serai makan, limau purut, serai wangi dan kayu manis manakala tiga lagi minyak pati tidak berjaya menghalang pertumbuhan *P. oryzae* iaitu nilam, tea tree dan gelam.



Gambar 2. Penyaringan minyak pati yang dilakukan ke atas Pyricularia oryzae dengan menggunakan teknik pencairan telaga agar

Seterusnya, lima minyak pati berkenaan dilakukan eksperimen kepekatan perencatan minimum (MIC) bagi melihat peratusan terendah minyak pati yang mampu merencat pertumbuhan *P. oryzae* seperti dalam *Jadual 1*. Antara kelima-lima minyak pati berkenaan, dua minyak pati menunjukkan peratusan kepekatan perencatan minimum yang terendah dan sama iaitu serai makan dan lemon myrtle dengan nilai 0.04%. Dua minyak pati ini berpotensi dan disenarai pendek untuk dijadikan sebagai komponen utama dalam penghasilan formulasi nano-fungisid. Walau bagaimanapun, hanya minyak pati serai makan sahaja diteruskan kepada eksperimen selanjutnya kerana harganya yang jauh lebih ekonomikal berbanding dengan minyak pati lemon myrtle.

Jadual 1. Nilai peratusan kepekatan perencatan minimum (MIC) minyak pati yang menghalang pertumbuhan *P. oryzae* sehingga hari ke-21

Minyak pati	Peratusan MIC (%)
Limau purut	0.06
Kayu manis	0.06
Lemon myrtle	0.04
Serai makan	0.04
Serai wangi	0.06

Penentuan keseimbangan hidrofilik-lipofilik (HLB) dan campuran surfaktan

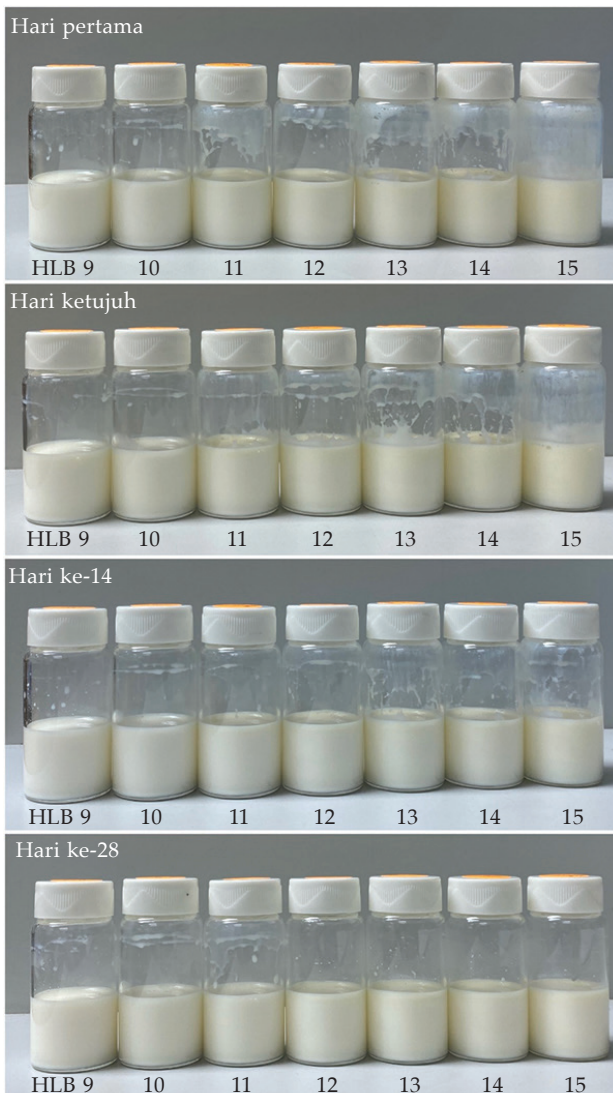
Keseimbangan hidrofilik-lipofilik merupakan kecekapan relatif bahagian hidrofilik terhadap molekul surfaktan kepada bahagian lipofiliknya pada molekul yang sama. Pengetahuan berkenaan HLB adalah penting untuk penghasilan emulsi kerana membenarkan surfaktan atau campuran surfaktan yang diperlukan untuk menghasilkan sistem emulsi yang stabil. Konsep HLB ini telah dicadangkan oleh Griffin pada tahun 1949 dan digunakan secara meluas untuk membangunkan dan menstabilkan sistem emulsi. Nilai HLB dalam skala 3, 5 hingga 6 sesuai digunakan bagi formulasi emulsi air dalam minyak (*water in oil*) manakala nilai HLB dalam skala 8 – 18 paling sesuai digunakan bagi formulasi emulsi minyak dalam air (*oil in water*). Sehubungan itu, pemilihan surfaktan dan pengemulsi dengan nilai HLB yang sesuai adalah sangat penting dalam penghasilan emulsi.

Bagi penghasilan nano-emulsi minyak serai makan, nilai HLB yang dipilih ialah 9 – 15 kerana jenis nano-emulsi terhasil adalah jenis emulsi minyak dalam air. Campuran bahan-bahannya terdiri daripada 10% campuran surfaktan (Tween80 dan Span80), 10% minyak pati dan 80% air. Seterusnya campuran ini disonikasi bagi menghasilkan nano-emulsi yang stabil dan dilakukan penilaian saiz dan polidispersiti dengan mesin Zetasizer. *Gambar 3* menunjukkan perbezaan jelas antara fasa formulasi makro-emulsi

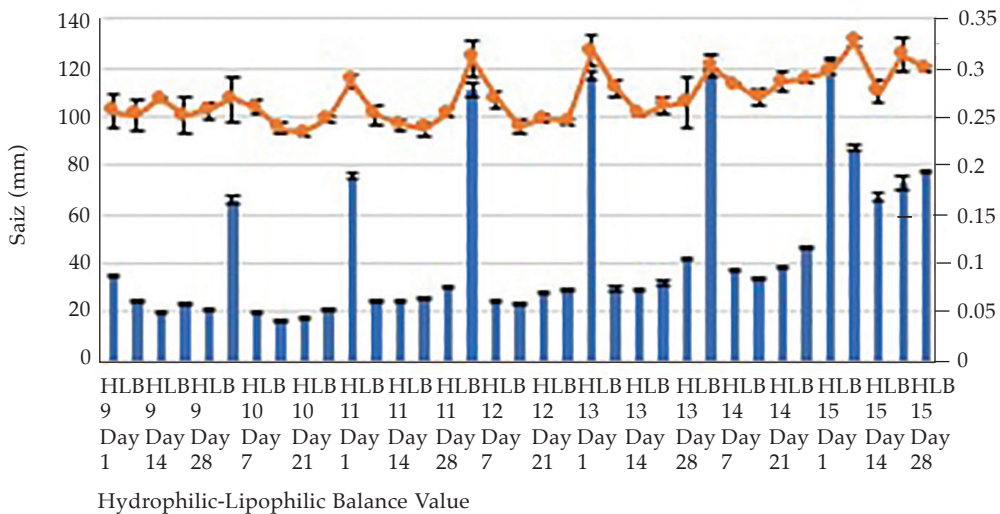
dengan fasa formulasi nano-emulsi. Selepas 28 hari, nano-emulsi masih berada dalam keadaan satu fasa berbanding dengan makro-emulsi yang berpisah kepada dua fasa dalam masa 24 jam. *Gambar 4* pula menunjukkan nano-emulsi yang dihasilkan pada skala HLB 9 – 15 sehingga hari ke-28. *Gambar 4* ini berpadanan dengan pencirian saiz serta nilai indeks PDI (*polydispersity index*) pada *Rajah 1*. Berdasarkan *Rajah 1*, tiga nilai HLB dipilih bagi nano-emulsi untuk eksperimen selanjutnya iaitu HLB 9, 10 dan 11. Ketiga-tiga nano-emulsi ini menunjukkan kestabilan kerana kekal berada dalam satu fasa nano-emulsi dalam masa 28 hari dan juga mempunyai saiz bawah 100 nm.



Gambar 3. Fasa formulasi makro-emulsi 24 jam (kiri) dengan fasa formulasi nano-emulsi 28 hari (kanan). Makro-emulsi (kiri) terpisah kepada dua fasa berbanding dengan nano-emulsi (kanan)



Gambar 4. Nano-emulsi yang dihasilkan pada skala HLB 9 – 15 sehingga hari ke-28. Semua nano-emulsi ini menunjukkan kestabilan kerana kekal berada dalam satu fasa nano-emulsi dalam masa 28 hari

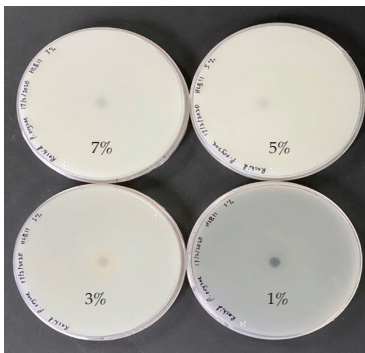


Rajah 1. Graf yang menunjukkan saiz partikel dan indeks polidispersiti (PDI) untuk nano-emulsi HLB 9 – 15 dari hari pertama hingga hari ke-28

Ujian perencatan pertumbuhan menggunakan formulasi hasil tiga HLB ini (HLB 9, 10 dan 11) telah dijalankan ke atas *P. oryzae* bagi melihat kesan perencatan pertumbuhan yang paling tinggi dengan menggunakan kaedah pencairan agar. Eksperimen seterusnya dilakukan perencatan pertumbuhan *P. oryzae* dengan melarutkan cecair HLB ke dalam agar PDA pada peratusan 1%, 3%, 7% dan 9% HLB. Berdasarkan keputusan pada Gambar 5, HLB 11 menunjukkan zon perencatan pertumbuhan yang paling signifikan apabila tiada pertumbuhan *P. oryzae* pada 1%, 3% dan 7% HLB. HLB 9 (Gambar 6) dan 10 (Gambar 7) menunjukkan terdapatnya pertumbuhan *P. oryzae* pada 1%, 3% dan 5%, tetapi tiada pertumbuhan pada 7% bagi kedua-dua HLB.

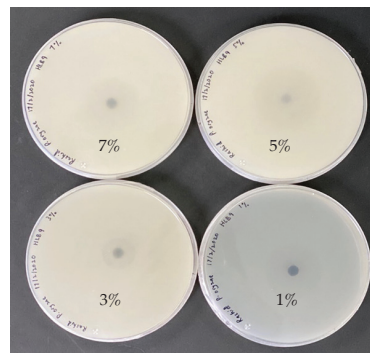
Optimisasi formulasi nano-emulsi menggunakan *Central Composite Design* (CCD)

Central Composite Design (CCD) digunakan untuk menentukan bilangan eksperimen untuk dinilai bagi optimisasi pemboleh ubah dan respons. Kaedah CCD hanya dipilih pada peringkat seterusnya aplikasi *response surface methodology* (RSM) apabila bilangan pemboleh ubah penting dikurangkan kepada bilangan yang boleh diterima. CCD ini digunakan pada peringkat selanjutnya dengan tujuan untuk menghasilkan formulasi terbaik dan stabil. Jadual 2 menunjukkan penggunaan CCD dalam eksperimen ini bagi mendapatkan kepekatan minyak pati, kepekatan campuran surfaktan dan masa sonikasi yang paling sesuai. Sasaran utama adalah bagi menghasilkan formulasi yang bersaiz kurang daripada 100 nm dan dengan indeks PDI kurang daripada 0.3. Sistem perisian CCD digunakan dan tiga faktor utama dimasukkan iaitu peratusan minyak pati (1 – 10%), peratusan campuran surfaktan (1 – 10%) dan masa sonikasi (1 – 10 minit).



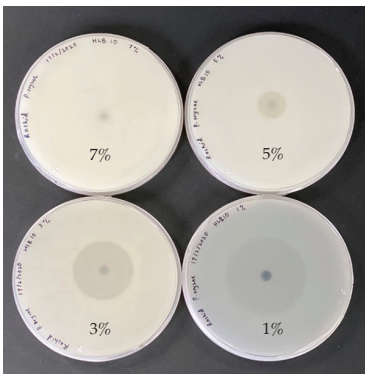
HLB 11
Diameter:
1% 0 cm
3% 0 cm
5% 1.4 cm
7% 0 cm

Gambar 5. Perencatan *P. oryzae* dengan menggunakan HLB 11 yang dilarutkan dalam agar mengikut peratusan 1%, 3%, 5% dan 7%



HLB 9
Diameter:
1% 2.9 cm
3% 1.6 cm
5% 3.4 cm
7% 0 cm

Gambar 6. Perencatan *P. oryzae* dengan menggunakan HLB 9 yang dilarutkan dalam agar mengikut peratusan 1%, 3%, 5% dan 7%



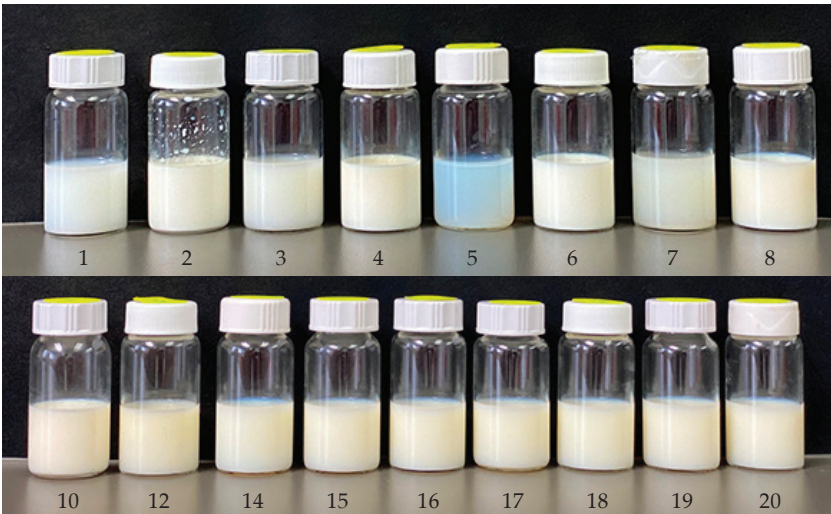
HLB 10
Diameter:
1% 4 cm
3% 3.1 cm
5% 1.9 cm
7% 0 cm

Gambar 7. Perencatan *P. oryzae* dengan menggunakan HLB 10 yang dilarutkan dalam agar mengikut peratusan 1%, 3%, 5% dan 7%

Berdasarkan penjanaaan menggunakan perisian CCD seperti dalam *Jadual 2*, terdapat 20 cadangan penghasilan formulasi, tetapi hanya 17 sahaja yang boleh diguna pakai kerana tiga lagi formulasi melibatkan nilai negatif. Sebanyak 17 nano-emulsi dihasilkan di makmal dan seterusnya dilakukan penilaian saiz dan polidispersiti pada sela masa 7 hari selama 28 hari. *Gambar 8* menunjukkan 17 formulasi nano-emulsi yang dihasilkan berdasarkan CCD. *Jadual 3* menunjukkan hasil saiz dan polidispersiti setelah dilakukan analisis dengan Zetasizer. Formulasi yang diperolehi daripada perisian CCD bersama-sama dengan analisis makmal bagi menghasilkan nano-emulsi yang stabil ialah minyak pati (1%), campuran surfaktan (1%) dan 5 minit masa sonikasi. Saiz yang diperolehi dalam masa 28 hari adalah bawah 100 nm (65.59 nm) dengan polidispersiti bawah 0.3 (0.178). Formulasi ini juga hanya menggunakan minyak pati yang sedikit sahaja iaitu sebanyak 1%. Kestabilan formulasi juga dapat dilihat dengan jelas apabila nano-emulsi ini kekal berada pada satu fasa selepas 28 hari.

Jadual 2. Penggunaan perisian CCD bagi mendapatkan kepekatan minyak pati (Factor 1), kepekatan campuran surfaktan (Factor 2), dan masa sonikasi yang paling sesuai (Factor 3)

Std	Run	Block	Factor 1 A: EO %	Factor 2 B: Sm x %	Factor 3 C: ST min
1	7	Block 1	1.00	1.00	1.00
2	12	Block 1	10.00	1.00	1.00
3	15	Block 1	1.00	10.00	1.00
4	17	Block 1	10.00	10.00	1.00
5	16	Block 1	1.00	1.00	5.00
6	3	Block 1	10.00	1.00	5.00
7	11	Block 1	1.00	10.00	5.00
8	19	Block 1	10.00	10.00	5.00
9	6	Block 1	-2.07	5.50	3.00
10	9	Block 1	13.07	5.50	3.00
11	4	Block 1	5.50	-2.07	3.00
12	20	Block 1	5.50	13.07	3.00
13	8	Block 1	5.50	5.50	-0.36
14	1	Block 1	5.50	5.50	6.36
15	5	Block 1	5.50	5.50	3.00
16	14	Block 1	5.50	5.50	3.00
17	18	Block 1	5.50	5.50	3.00
18	2	Block 1	5.50	5.50	3.00
19	10	Block 1	5.50	5.50	3.00
20	13	Block 1	5.50	5.50	3.00



Gambar 8. Sebanyak 17 formulasi nano-emulsi yang dihasilkan berdasarkan perisian CCD. Formulasi ini seterusnya dilakukan analisis dengan Zetasizer bagi menentukan saiz dan indeks polidispersiti

Jadual 3. Saiz dan polidispersiti formulasi nano-emulsi setelah dilakukan analisis dengan Zetasizer. Formulasi yang stabil adalah seperti pada standard 5 dengan minyak pati (1%), campuran surfaktan (1%) dan 5 minit masa sonikasi. Saiz yang diperoleh adalah bawah 100 nm (65.59 nm) dalam masa 28 hari dan indeks polidispersiti di bawah 3 (0.178)

Std	Factor 1 A:EO %	Factor 2 B:Smix %	Factor 3 C: ST min	0 day			21 days			0 day			21 days			28 days		
				Response 1 Droplet size nm	Response 1 Droplet size nm	Response 1 Droplet size nm	Response 1 Droplet size nm	Response 1 Droplet size nm	Response 1 Droplet size nm	Response 2 Polydispersity PDI	Response 2 Polydispersity PDI	Response 2 Polydispersity PDI	Response 2 Polydispersity PDI	Response 2 Polydispersity PDI	Response 2 Polydispersity PDI	Response 2 Polydispersity PDI	Response 2 Polydispersity PDI	Response 2 Polydispersity PDI
1	1	1	1	193.5	185.0313	137.1	0.253	0.235	0.204									
2	10	1	1	40.91	56.07	38.35	0.253	0.289	0.208									
3	1	10	1	258.16	241.16	246.55	0.265	0.276	0.269									
4	10	10	1	53.54	30.12	28.29	0.266	0.266	0.243									
5	1	1	5	63.34	63.64	65.59	0.199	0.193	0.178									
6	10	1	5	77.59	82.79	62.67	0.286	0.318	0.294									
7	1	10	5	214.36	207.68	190.5	0.297	0.289	0.31									
8	10	10	5	124.83	130.57	43.85	0.213	0.261	0.378									
9	-2.07	5.5	3			47.28	0.336	0.318	0.279									
10	13.07	5.5	3	104.16	85.83													
11	5.5	-2.07	3			167.97	0.31	0.297	0.362									
12	5.5	13.07	3	191.05	178.66													
13	5.5	5.5	-0.36															
14	5.5	5.5	6.36	87.55	95.32	106.307	0.144	0.131	0.139									
15	5.5	5.5	3	136.11	145.47	134.06	0.244	0.225	0.295									
16	5.5	5.5	3	134.1	143.42	128.68	0.243	0.201	0.291									
17	5.5	5.5	3	133.68	143.57	126.46	0.246	0.211	0.301									
18	5.5	5.5	3	136.89	147.03	133.44	0.232	0.22	0.29									
19	5.5	5.5	3	145	158.2	158.16	0.252	0.244	0.282									
20	5.5	5.5	3	135.46	146.23	156.2	0.24	0.215	0.209									

Kesimpulan

Penyakit karah yang disebabkan oleh *P. oryzae* perlu ditangani dengan segera kerana kesannya sangat dahsyat serta mampu mengurangkan hasil tanaman padi dengan banyak. Nanoteknologi terutamanya melalui teknologi nano-emulsi mempunyai potensi besar dalam mengatasi masalah ini. Hasil kajian yang telah dilakukan ini telah berjaya menunjukkan bahawa nano-emulsi minyak pati serai makan mempunyai aktiviti antikulat yang tinggi dan mampu menghalang pertumbuhan *P. oryzae*, sekali gus mengelakkan perebakan penyakit karah. Formulasi yang stabil dan berkesan berjaya dihasilkan dan berpotensi dijadikan sebagai agen untuk rawatan penyakit karah padi terutamanya di lapangan. Formulasi yang terbaik dan stabil ialah formulasi dengan komposisi minyak pati (1%), campuran surfaktan (1%) dan 5 minit masa sanitasi.

Bibliografi

- Che Marzuki, N.H., Abdul Wahab, R. dan Abdul Hamid, M. (2019). An overview of nanoemulsion: concepts of development and cosmeceutical applications. *Biotechnology and Biotechnological Equipment* 33(1): 779 – 797
- Heydari, M., Amirjani, A., Bagheri, M., Sharifian, I. dan Sabahi, Q. (2020). Eco-friendly pesticide based on peppermint oil nanoemulsion: preparation, physicochemical properties, and its aphicidal activity against cotton aphid. *Environmental Science and Pollution Research* 27: 6,667 – 6,679
- Jampilek, J., Kráľová, K., Campos, E.V.R. dan Fraceto, L.F. (2019). Bio-based nanoemulsion formulations applicable in agriculture, medicine, and food industry. *Nanobiotechnology in Bioformulations. Nanotechnology in the Life Sciences* 33 – 84
- Lu, W-C., Huang, D-W., Wang, C-C.R., Yeh, C-H., Tsai, J-C., Huang, Y-T. dan Li, P-H. (2018). Preparation, characterization, and antimicrobial activity of nanoemulsions incorporating citral essential oil. *Journal of Food and Drug Analysis* 26(1): 82 – 89
- Moradi, S. dan Barati, A. (2019). Essential oils nanoemulsions: preparation, characterization and study of antibacterial activity against *Escherichia coli*. *International Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 15(3): 199 – 210
- Nazzaro, F., Fratianni, F., Coppola, R. dan Feo, V. (2017). Essential oils and antifungal activity. *Pharmaceuticals (Basel)* 10(4): 86 – 106
- Özkara, A., Akyıl, D. dan Konuk, M. (2016). Pesticides, environmental pollution, and health. *Environmental Health Risk* 49(12): 3907 – 3919
- Pathania, R., Khan, H., Kaushik, R. dan Khan, M.A. (2018). Essential oil nanoemulsions and their antimicrobial and food applications. *Current Research in Nutrition and Food Science* 6(3): 626 – 643
- Pandey, S., Mishra, A., Giri, V.P., Kumari, M. dan Soni, S. (2019). Chapter 7 - A Green Nano-Synthesis to Explore the Plant Microbe Interactions. *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*. m.s. 85 – 105

- Rana, I.S., Rana, A.S. dan Rajak, R.C. (2011). Evaluation of antifungal activity in essential oil of the *Syzygium aromaticum* (L.) by extraction, purification and analysis of its main component eugenol. *Brazilian Journal of Microbiology* 42(4): 1,269 – 1,277
- Weitao L., Mawsheng C., Junjie Y., Jing W. dan Xuewei C. (2019). Recent advances in broad-spectrum resistance to the rice blast disease 50: 114 – 120

Ringkasan

Minyak pati menjadi tumpuan kajian ramai pihak disebabkan kebolehan dan potensinya sebagai agen antimikrob. Minyak pati ini boleh dijadikan sebagai alternatif kepada penggunaan fungisid konvensional terutamanya dalam mengawal penyakit karah yang disebabkan oleh *P. oryzae*. Walau bagaimanapun, minyak pati kurang digemari berikutan kosnya yang mahal, keterlarutan air yang rendah, kemeruapan yang tinggi dan toksik. Minyak pati disaring melalui asai penentuan kepekatan perencatan minimal (MIC) bagi mencari peratusan terendah minyak pati yang mampu merencat pertumbuhan kulat. Namun demikian, nano-emulsi merupakan antara penyelesaian kepada masalah penyakit padi kerana mempunyai ciri-ciri sistem penghantar yang sesuai. Nano-emulsi senang disediakan, komposisi yang mudah, stabil dan hanya sedikit sahaja minyak pati yang diperlukan dalam penyediaan minyak pati.

Summary

Essential oils have been the focus of many studies due to their abilities and potential as antimicrobial agents. These essential oils can be used as an alternative to the use of conventional fungicides especially in controlling blast disease caused by *P. oryzae*. However, essential oils are less favoured due to its cost, low water solubility, high volatility and toxic. Essential oils were screened by minimal inhibition concentration (MIC) assay in order to find the lowest percentage of essential oil that can inhibit fungus growth. Nano-emulsion posed a solution to the rice disease problem because they have suitable delivery system characteristics. Nano-emulsion is easy to prepare, simple composition, stable and use only a small amount of essential oils.

Pengarang

Rashid Mat Rani

Pusat Penyelidikan Bioteknologi dan Nanoteknologi, Ibu Pejabat MARDI

Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

E-mel: rashidmr@mardi.gov.my

Noor Azlina Masdor (Dr.), Siti Nadzirah Padrilah, Muhammad Zaidi Abu Bakar,

Muhammad Shafiq Abd Karim dan Ahmad Syazwan Ismail

Pusat Penyelidikan Bioteknologi dan Nanoteknologi, Ibu Pejabat MARDI

Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor