



LAJU PELEPASAN DIAZINON DARI MIKROKAPSUL BERBASIS MELAMIN FORMALDEHID

Noviana Utami Ciptaningtyas Suhartaya^{*}), Panut Mulyono¹, Rochmadi²

^{1,2}Jurusan Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada, Jl Grafika No.2, Bulaksumur, Yogyakarta, Indonesia, 55281

*E-mail penulis: noviana.utami@gmail.com.

Abstract

The microcapsules containing diazinon as the core material and melamine formaldehyde as the membrane material have been synthesized by in situ polymerization method. The microcapsule membrane on this researches was modified in two types, the first, melamine formaldehyde (MF) and the second types, melamine formaldehyde added with sodium dodecyl sulphate and polyvinyl alcohol (MF-SDSPVA). This research aims to study the effect of pH and temperature on the release rate of diazinon in aqueous medium. The results showed that the pH and temperature has little effect on the release rate of diazinon from microcapsule based on melamine formaldehyde. This is due to the diffusion through the microcapsule membrane is not influenced by the pH and temperature of the solution outside of microcapsule.

Keywords: microcapsule, melamine formaldehyde (MF), melamine formaldehyde, sodium dodecyl sulphate, polyvinyl alcohol (MF-SDSPVA), release rate of diazinon

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan insektisida dalam bidang pertanian membawa dampak positif dan negatif bagi lingkungan. Dampak positif adalah membasmi hama serangga, sedang dampak negatif yaitu kontaminasi air tanah.

Diazinon adalah insektisida yang diteliti yang merupakan insektisida organofosfat yang memiliki tingkat racun tinggi pada hewan. Paparan diazinon dapat meningkatkan resiko kanker otak pada anak-anak dan kanker kelenjar getah bening pada petani (Cox, 2000). Menurut KEP-02/MENKLH/I/1988 dosis insektisida organofosfat yang diperbolehkan adalah sebesar 0,1 mg/L untuk air bahan baku air minum dan keperluan rumah tangga.

Untuk mengatasi dampak negatif dari aplikasi diazinon, salah satunya dengan menerapkan teknologi mikroenkapsulasi. Teknologi ini banyak diaplikasikan dalam bidang farmasi, kosmetik, pertanian, makanan dan minuman. Mikroenkapsulasi merupakan enkapsulasi atau pelapisan isi di dalam pembungkus yang ukurannya sangat kecil, berasal dari polimer alam atau sintetis dan kuat (Wang *et al.*, 2006).

Teknologi enkapsulasi dalam penelitian ini dilakukan dengan mengkapsulkan bahan aktif diazinon yang dilarutkan dengan minyak kelapa sawit menggunakan metode

polimerisasi di permukaan atau konservasi dengan bahan pelapis berbasis melamin formaldehid. Dinding mikrokapsul dimodifikasi menjadi 2 tipe, yaitu melamin formaldehid (MF) dan melamin formaldehid dengan penambahan *sodium dodecyl sulfate* dan *polyvinyl alcohol* (MF-SDSPVA).

Penelitian ini bertujuan untuk mengatur keluarnya diazinon sebagai bahan aktif dari mikrokapsul secara bertahap sehingga pelepasan diazinon ke lingkungan dapat terkontrol dengan baik. Disamping itu dipelajari pengaruh pH dan suhu terhadap laju pelepasan diazinon dari mikrokapsul berbasis MF (meliputi: MF dan MF-SDSPVA) di dalam media air. Profil laju pelepasan akan diwakili oleh laju difusi (N_A).

Jabbari dan Khakpour (2000), meneliti morfologi dan pelepasan bahan aktif diazinon dari permukaan berpori poliuretan. Lin *et al.*, (2002), meneliti pelepasan obat tetrasilin hidroklorid (TTH), dosisilin hidroklorid (DOH), klorheksidin diasetat (CDA), nistatin (NST), kombinasi NST-TTH, kombinasi NST-DOH, dan kombinasi NST-CDA memakai kopolimer etilen vinil asetat. Yow *et al.*, (2009), meneliti enkapsulasi minyak/air dengan berbagai ketebalan menggunakan teknik enkapsulasi konservasi dengan isi pewarna lipofilik dan pelapis polistiren. Koefisien difusi pewarna melalui dinding mikrokapsul dan dalam kulit sebesar 10^{-18} dan 10^{-16} m²/detik.

Untuk model matematik, diambil asumsi bahwa laju difusi pada padatan dinding mikrokapsul lebih kecil daripada laju difusi pada lapisan film. Kecepatan difusi disajikan dalam persamaan (1). Persamaan neraca massa diazinon di dalam mikrokapsul dan di dalam air disajikan dalam persamaan (2) dan (3). Persamaan (5) merupakan jawaban dari persamaan (2) dan (3) dengan bantuan kondisi batas (4). Persamaan (3) dan (5) digunakan untuk menghitung nilai (D_{AB}) dan (H_d) berdasarkan hasil pengamatan konsentrasi diazinon di dalam air ($C_{Aw Data}$) sebagai fungsi waktu. Nilai (D_{AB}) dan (H_d) yang memenuhi adalah nilai yang memberikan SSE dari ($C_{Aw Data}$) yang minimum yang ditunjukkan dalam Persamaan (6). Sedangkan Ralat rerata ditunjukkan dalam Persamaan (7).

Laju difusi diazinon dari mikrokapsul ke media air disajikan dalam persamaan berikut.

$$N_A = \frac{D_{AB}}{\delta} \cdot (H_d \cdot C_{Ak} - H_l \cdot C_{Aw}) \quad (1)$$

Neraca massa diazinon di dalam mikrokapsul dijelaskan dalam Persamaan (2):

$$V_m \cdot \frac{dC_{Ak}}{dt} = -A_m \cdot \frac{D_{AB}}{\delta} \cdot \left[(H_d \cdot C_{Ak}) - \left\{ H_l \cdot \frac{V_m}{V_w} \cdot (C_{Ao} - C_{Ak}) \right\} \right] \quad (2)$$

Neraca massa diazinon di dalam air dijelaskan dalam Persamaan (3):

$$V_m \cdot (C_{Ao} - C_{Ak}) = V_w C_{Aw} \quad (3)$$

Kondisi batas dari Persamaan (2) dan (3):

$$\begin{aligned} t = 0 \rightarrow C_{Ak} &= C_{Ao} \quad (\text{konsentrasi awal diazinon di dalam mikrokapsul}) \\ &\rightarrow C_{Aw} = 0 \quad (\text{air yang tidak mengandung diazinon}) \end{aligned} \quad (4)$$

Sehingga diperoleh Persamaan (5) dengan SSE min. dan Ralat relatif dalam Persamaan (6) :

$$C_{Ak} = \frac{C_{Ao}}{\left(1 + \frac{H_l \cdot V_m}{H_d \cdot V_w}\right)} \cdot \left[\left(\frac{H_l \cdot V_m}{H_d \cdot V_w}\right) + \exp \left\{ -A_m \cdot \frac{D_{AB}}{\delta} \cdot \left(\frac{H_d}{V_m} + \frac{H_l}{V_w}\right) \cdot t \right\} \right] \quad (5)$$

$$SSE \min. = \sum (C_{Aw Hitung} - C_{Aw Data})^2 \quad (6)$$

$$\text{Ralat relatif} = \left| \frac{C_{AW hitung} - C_{AW data}}{CC_{AW data}} \times 100\% \right| \quad (7)$$

II. METODE

2.1. Bahan Penelitian

Melamin (100%), formaldehid 37%, NaOH, diazinon, *polyvinyl alcohol* (PVA), *sodium dodecyl sulphate* (SDS), asam sitrat, dan n-heksan diperoleh dari Laboratorium Teknologi Polimer (TPT), Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Minyak kelapa sawit, air, dan larutan buffer asetat dan fosfat diperoleh dari Giant Supermarket, General Labora, dan Chemix Pratama, Yogyakarta.

2.2. Metode Penelitian

2.2.1. Penyiapan Bahan Baku

Proses penyiapan bahan baku terdiri dari 2 tahapan proses, yaitu pembuatan MF pre-polimer dan mikrokapsul.

2.2.1.1. Pembuatan MF Pre-polimer

Melamin sebanyak 8 gram dilarutkan dalam 50 ml formaldehid 37% pH 10 (melalui penambahan larutan NaOH 2%) sambil dipanaskan pada suhu 80°C dan dipertahankan selama 2 jam; Setelah itu, MF hasil diencerkan dengan air hingga volume 250 mL (MF pre-polimer).

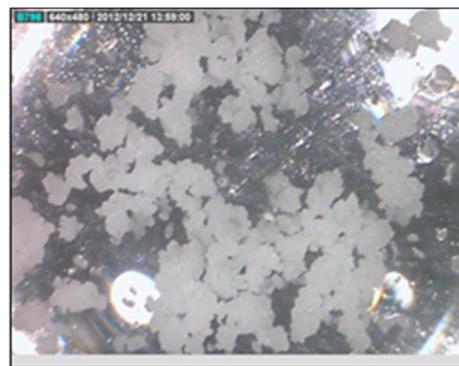
2.2.1.2. Pembuatan Mikrokapsul

Pembuatan mikrokapsul dibagi dalam 2 tipe yaitu: **mikrokapsul MF dan mikrokapsul MF-SDSPVA**. MF pre-polimer sebanyak 250 mL ditambah 40 mL minyak kelapa sawit dan 0,27 g diazinon, diaduk dengan pengaduk homogeniser pada laju putar 17.000 rpm selama 30 menit sampai emulsi terbentuk, stabil, dan tidak terjadi pemisahan fase sambil dipanaskan pada suhu tetap 75°C. Setelah itu diganti dengan pengaduk helik dan dijaga pada laju putar 150 rpm pada suhu tetap 55°C. Emulsi yang terbentuk ditambah larutan asam sitrat 10% (hingga pH 4). Reaksi polimerisasi dan *cross-linking* dijalankan selama 2 jam; Setelah itu, hasil reaksi dicampur dengan air dan es hingga volume 450 mL. Hasil padatan atas dan bawah dipisahkan dengan corong *Buchner* dan dikeringkan pada suhu rendah.

Pembuatan **mikrokapsul MF-SDSPVA**: MF pre-polimer sebanyak 250 mL ditambah 40 mL minyak kelapa sawit; 0,27 g diazinon; dan 7,5 g SDS diaduk dengan pengaduk homogeniser pada laju putar 17.000 rpm pada suhu tetap 75°C; kemudian dilanjutkan pengadukan helik dan emulsi yang terbentuk ditambah 1,25 g PVA. Setelah 15 menit, ditambahkan larutan asam sitrat 10% (hingga pH 4) dengan tetap menjaga suhu 55°C, dan dilanjutkan langkah seperti cara pertama hingga selesai.



a. Mikrokapsul MF



b. Mikrokapsul MF-SDSPVA

Gambar 1. Mikrokapsul MF dan MF-SDSPVA

2.2.2. Laju Pelepasan

Mikrokapsul berbasis MF dicuci dengan n-heksan, disaring, dan dikeringkan. **Penentuan C_{Ao}** : sejumlah mikrokapsul kering digerus dan di tanda bataskan dalam labu takar 100 mL. Diambil sampel air, diamati, dan dicatat konsentrasi diazinon dengan spektrofotometri UV. **Penentuan $C_{Aw Data}$** : sejumlah mikrokapsul kering direndam dalam 400 cm³ air. Dilakukan variasi pH dan suhu. Setiap 1 jam sekali, sampel air diambil dan konsentrasi diazinon dianalisis dengan spektrofotometri UV. Setelah 8 jam, pengambilan dan pengamatan sampel dilanjutkan setiap 24 jam sekali sampai konsentrasi diazinon dalam air setimbang. Penentuan C_{Ao} dan $C_{Aw Data}$ dilakukan pada panjang gelombang optimum = 246 nm.

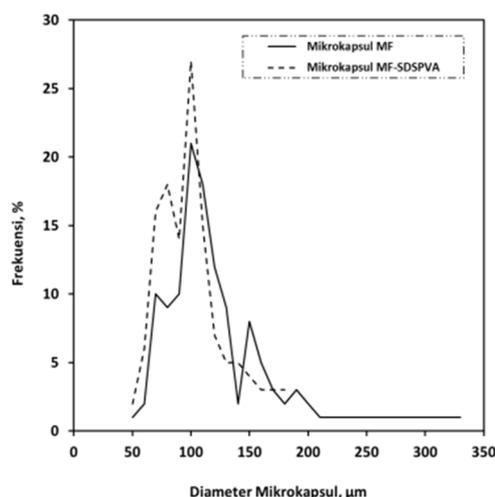
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Mikrokapsul Berbasis MF

Mikrokapsul berbasis MF, yaitu mikrokapsul MF dan MF-SDSPVA tersaji pada Gambar 1a dan 1b.

Mikrokapsul MF menghasilkan efisiensi minyak yang cukup rendah 38%. Hal ini disebabkan pada saat proses enkapsulasi sistem emulsi belum stabil sehingga dinding mikrokapsul belum terbentuk dan pada akhirnya menyebabkan butiran minyak yang tidak terenkapsulasi mengumpul menjadi satu. Selain itu, pada awal proses dinding mikrokapsul yang terbentuk masih tipis, sehingga butiran emulsi mudah pecah.

Hasil efisiensi minyak mikrokapsul MF-SDSPVA cukup besar, yaitu 85%. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa diameter rerata mikrokapsul MF-SDSPVA lebih kecil dibandingkan mikrokapsul MF (128,111 μm untuk mikrokapsul MF dan 104,574 μm untuk mikrokapsul MF-SDSPVA). Hal ini disebabkan karena penambahan SDS menurunkan tegangan antarmuka, sehingga memperkecil ukuran butiran emulsi dan dilanjutkan dengan penambahan PVA yang mampu menstabilkan butiran emulsi untuk bereaksi dengan MF pre-polimer dan membentuk dinding mikrokapsul yang stabil. Palanikkumarran et al., (2009), menemukan fenomena yang hampir sama pada saat mempelajari metode penyiapan emulsi dengan penambahan sodium lauril sulfat dan PVA sebagai dinding mikrokapsul berbasis MF pre-polimer. Distribusi diameter mikrokapsul berbasis MF dalam penelitian ini tersaji dalam Gambar 2.

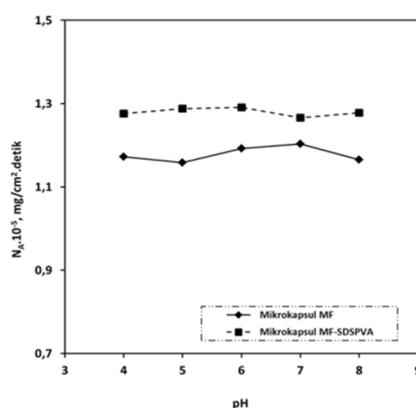


Gambar 2. Distribusi diameter mikrokapsul berbasis MF

Tabel 1. Pengaruh pH terhadap nilai (H), (H_d), dan (D_{AB}) dari mikrokapsul berbasis MF

pH	MF					MF-SDSPVA				
	H	H_d	$D_{AB} \cdot 10^{-11}$ (cm^2/detik)	$SSE \text{ min.}$	$SSE \text{ relatif}$	H	H_d	$D_{AB} \cdot 10^{-11}$ (cm^2/detik)	$SSE \text{ min.}$	$SSE \text{ relatif}$
4	2734	9,70	1,349	$1,704 \times 10^{-5}$	10,428	2304	1,02	3,354	$1,089 \times 10^{-5}$	0,787
5	2534	9,70	1,333	$3,611 \times 10^{-5}$	17,388	2424	1,03	3,353	$1,032 \times 10^{-5}$	7,634
6	2243	9,80	1,358	$4,773 \times 10^{-5}$	19,825	2459	1,03	3,359	$1,040 \times 10^{-5}$	3,787
7	1733	9,70	1,385	$1,723 \times 10^{-4}$	44,503	2156	1,01	3,361	$1,812 \times 10^{-5}$	9,040
8	1625	9,60	1,355	$2,487 \times 10^{-4}$	39,900	2254	1,02	3,358	$1,215 \times 10^{-5}$	5,350

Pengaruh pH terhadap nilai (H_d), (D_{AB}), dan (H) pada mikrokapsul berbasis MF tersaji dalam Tabel 1 yang menjelaskan bahwa pH cukup berpengaruh terhadap (H) untuk mikrokapsul MF dibanding mikrokapsul MF-SDSPVA. Perbedaan disebabkan struktur polimer secara fisis, dinding mikrokapsul MF berbeda dengan mikrokapsul MF-SDSPVA. Dinding mikrokapsul MF mempunyai ketebalan yang kurang seragam, sehingga variasi pH cukup mengganggu konstanta kesetimbangan antar fase minyak dan fase air. Tabel 1 menunjukkan bahwa pH kurang berpengaruh terhadap (H_d) dan (D_{AB}). Hal ini disebabkan karena nilai (H_d) dan (D_{AB}) merupakan fungsi dari bahan yang digunakan sebagai dinding mikrokapsul, sehingga nilainya kurang lebih sama untuk 2 tipe mikrokapsul. Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai (H_d) untuk mikrokapsul MF-SDSPVA lebih rendah dibandingkan mikrokapsul MF. Adanya penambahan SDS mengurangi tegangan antarmuka dan menyebabkan emulsi terbentuk dengan baik. Tabel 1 menjelaskan bahwa nilai (D_{AB}) pada mikrokapsul MF-SDSPVA lebih tinggi dibandingkan mikrokapsul MF, karena tebal dan luas total permukaan dari mikrokapsul MF-SDSPVA lebih kecil dibandingkan mikrokapsul MF, sehingga memberi peluang pada molekul-molekul diazinon untuk bergerak keluar dari dinding mikrokapsul lebih cepat.

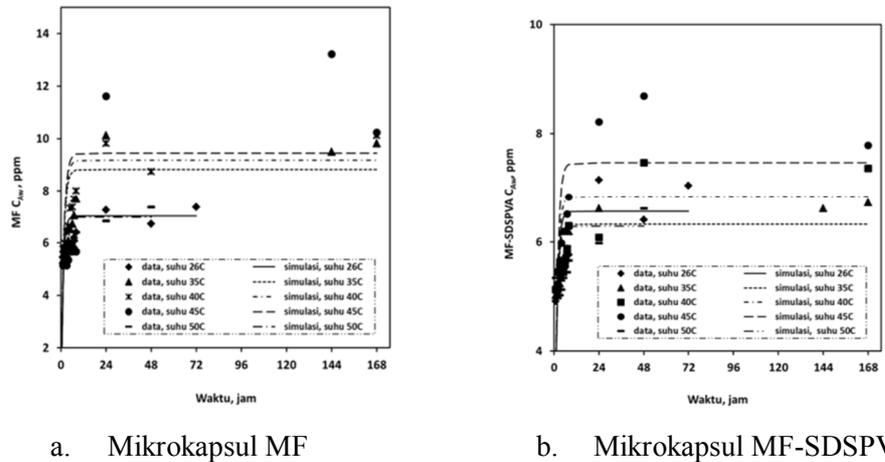


Gambar 4. Hubungan antara pengaruh pH terhadap laju pelepasan diazinon dari mikrokapsul berbasis MF

Pengaruh pH terhadap laju pelepasan diazinon dari mikrokapsul berbasis MF tersaji dalam Gambar 4 yang menunjukkan bahwa pH kurang berpengaruh terhadap nilai (N_A). Hal ini disebabkan difusi melewati dinding mikrokapsul tidak dipengaruhi oleh pH dan suhu larutan. Pengaruh pH terhadap nilai laju pelepasan untuk kedua tipe mikrokapsul sebesar 10^{-5} $\text{mg}/\text{cm}^2.\text{detik}$. Hal ini disebabkan laju pelepasan diazinon

merupakan fungsi bahan dinding mikro kapsul yang digunakan, Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai (N_A) dari mikro kapsul MF-SDSPVA berjalan lebih cepat dibandingkan mikro kapsul MF. Hal ini disebabkan diameter rata-rata MF-SDSPVA lebih kecil dibanding mikro kapsul MF sehingga menaikkan luas area pelepasan diazinon (Masuda20110. Selain itu, tebal mikro kapsul MF-SDSPVA lebih tipis dibanding dengan tebal mikro kapsul MF menyebabkan molekul-molekul diazinon dengan mudah terdifusi ke dinding mikro kapsul dan media air. Jadhav *et al.*, (2011), memaparkan bahwa laju pelepasan diazinon dari mikro kapsul dipengaruhi oleh diameter mikro kapsul, tebal dinding mikro kapsul, dan permeabiliti dari dinding mikro kapsul. Selain itu, mikro kapsul MF mempunyai banyak mikropartikel, sehingga dimungkinkan dapat mengganggu laju pelepasan diazinon dari mikro kapsul.

3.2.2. Pengaruh Suhu



Gambar 5. Hubungan antara pengaruh suhu terhadap konsentrasi diazinon dari mikro kapsul berbasis MF di dalam air (C_{Aw}) sebagai fungsi waktu

Gambar 5 menjelaskan pada awal proses, difusi diazinon untuk semua variasi suhu berjalan relatif singkat, yaitu selama 6 jam. Hal ini disebabkan karena variasi suhu dalam media pelepasan diazinon dapat mempengaruhi kecepatan gerak dari molekul-molekul diazinon. Setelah waktu 6 jam untuk semua variasi suhu, proses difusi kemudian berlanjut secara bertahap dan pada akhirnya setimbang. Kesetimbangan akhir dalam proses difusi diazinon dengan pengaruh suhu dalam penelitian ini berjalan cukup lambat. Hal ini mungkin disebabkan karena adanya proses hidrolisis diazinon. Selain itu, juga dipengaruhi oleh nilai kelarutan diazinon di dalam air yang cukup rendah, sehingga menyebabkan proses difusi berlangsung cukup lambat (Harper *et al.*, 2009).

Gambar 5 pada suhu 45°C menjelaskan bahwa antara konsentrasi diazinon hasil pengamatan dan perhitungan menunjukkan hubungan yang kurang dekat. Hal ini terlihat jelas dalam Tabel 2 dengan nilai SSE untuk suhu 45°C cukup besar. Hal ini mungkin disebabkan karena struktur dari dinding mikro kapsul yang belum stabil, sehingga menyebabkan konsentrasi diazinon yang terdifusi kurang terjaga. Gambar 5 menjelaskan bahwa konsentrasi diazinon pada suhu 26°C lebih rendah dibandingkan pada suhu yang lain. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi suhu, maka semakin cepat difusi yang terjadi. Fenomena yang terjadi ini hampir sama dengan yang dijelaskan oleh Harper *et al.*, (2009), bahwa diazinon lebih cepat terurai dalam air hangat, yaitu 2-4 kali lebih cepat pada suhu 21°C dibanding pada suhu 10°C.

Tabel 2. Pengaruh suhu terhadap nilai (H), (H_d), dan (D_{AB}), dari mikrokapsul berbasis MF

Suhu °C	MF					MF-SDSPVA				
	H	H_d	$D_{AB} \cdot 10^{-11}$ (cm ² /detik)	$SSE \text{ min.}$	$SSE \text{ relatif}$	H	H_d	$D_{AB} \cdot 10^{-11}$ (cm ² /detik)	$SSE \text{ min.}$	$SSE \text{ relatif}$
26	3567	9,7	1,218	$6,494 \times 10^{-6}$	6,410	2705	0,93	3,359	$7,080 \times 10^{-6}$	5,756
35	2571	9,8	1,218	$2,754 \times 10^{-5}$	14,137	2860	0,92	3,356	$4,153 \times 10^{-6}$	0,820
40	2417	9,7	1,217	$1,995 \times 10^{-5}$	11,521	2542	0,92	3,354	$8,621 \times 10^{-6}$	5,516
45	2312	9,7	1,219	$6,741 \times 10^{-4}$	32,718	2211	0,93	3,349	$1,161 \times 10^{-5}$	5,431
50	3603	9,7	1,222	$7,518 \times 10^{-6}$	8,452	2885	0,94	3,355	$7,079 \times 10^{-6}$	5,969

Mikrokapsul MF-SDSPVA, Gambar 5 menjelaskan bahwa konsentrasi diazinon hasil perhitungan menunjukkan konsentrasi yang hampir sama pada setiap suhu (7 ppm). Hal ini terlihat jelas dalam Tabel 2, dengan nilai SSE relatif untuk mikrokapsul MF-SDSPVA relatif sama. Hal ini disebabkan karena penambahan SDS dan PVA menyebabkan struktur polimer secara fisis dari dinding mikrokapsul menjadi lebih stabil terhadap pengaruh suhu.

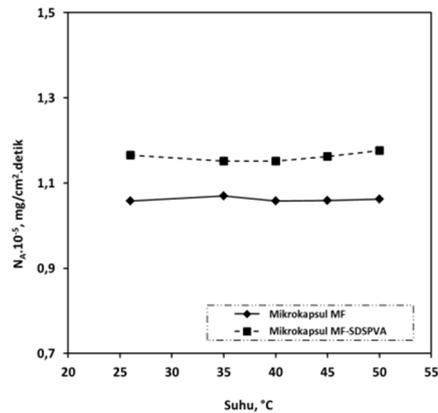
Tabel 2 menjelaskan bahwa suhu cukup berpengaruh terhadap nilai (H). Terlihat pada suhu 35, 40, dan 45°C nilai H lebih rendah dibanding pada suhu 26°C. Hal ini disebabkan dinding mikrokapsul masih tipis dan belum stabil yang menyebabkan banyak mikrokapsul mudah pecah, sehingga variasi suhu cukup mengganggu konstanta kesetimbangan antara fase minyak dan fase air.

Tabel 2 menunjukkan bahwa suhu kurang berpengaruh terhadap nilai (H). Pada dinding mikrokapsul MF-SDSPVA lebih stabil, sehingga konsentrasi diazinon keluar melalui lapisan film di dalam dinding mikrokapsul kurang terpengaruh.

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai (H_d) untuk mikrokapsul MF-SDSPVA lebih rendah dibandingkan mikrokapsul MF. Penambahan SDS akan mengurangi tegangan antar muka dan menyebabkan emulsi yang terbentuk tidak mengalami pemisahan fase kembali. Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai (D_{AB}) pada mikrokapsul MF-SDSPVA lebih tinggi dibandingkan mikrokapsul MF. Tebal dan luas total permukaan dari mikrokapsul MF-SDSPVA yang lebih rendah dibandingkan mikrokapsul MF, sehingga peluang keluarnya molekul-molekul diazinon dari dinding mikrokapsul lebih besar.

Pengaruh suhu terhadap laju pelepasan diazinon dari mikrokapsul berbasis MF tersaji dalam Gambar 6 yang menjelaskan bahwa suhu kurang berpengaruh terhadap (N_A). Difusi melewati dinding mikrokapsul tidak dipengaruhi oleh pH dan suhu larutan. Pengaruh suhu terhadap nilai laju pelepasan untuk kedua tipe mikrokapsul dalam penelitian sebesar 10^{-5} mg/cm².detik. Bahan dinding mikrokapsul yang digunakan sama, yaitu MF pre-polimer. Selain itu, kondisi operasi dalam pembuatan resin dan mikrokapsul sama, sehingga karakteristik hasil mikrokapsul sama.

Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai (N_A) dari mikrokapsul MF-SDSPVA berjalan lebih cepat dibandingkan mikrokapsul MF., karena faktor diameter rata-rata dan tebal mikrokapsul yang sedikit lebih tipis dibanding mikrokapsul MF, sehingga mempermudah molekul-molekul diazinon terdifusi melalui dinding mikrokapsul ke media air.



Gambar 6. Hubungan antara pengaruh suhu terhadap laju pelepasan diazinon dari mikrokapsul berbasis MF

IV. KESIMPULAN

Dari uraian diatas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Efisiensi minyak untuk mikrokapsul MF-SDSPVA yaitu 85% lebih tinggi dibanding mikrokapsul MF yang hanya 38%.
2. Ketebalan mikrokapsul MF-SDSPVA lebih tipis dibanding mikrokapsul MF. Demikian juga luas permukaannya lebih sempit MF-SDSPVA
3. Variasi pH dan suhu kurang berpengaruh terhadap laju pelepasan diazinon dari mikrokapsul berbasis

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Basirun selaku laboran Laboratorium Teknologi Polimer (TPT), Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

DAFTAR LAMBANG

A_m	Luas total permukaan mikrokapsul, (cm ²);
C_{Ak}	Konsentrasi diazinon di dalam mikrokapsul, (mg/cm ³);
C_{Ao}	Konsentrasi awal diazinon di dalam mikrokapsul, (mg/cm ³);
C_{Aw}	Konsentrasi diazinon di dalam air (di luar mikrokapsul), (mg/cm ³);
$C_{Aw Data}$	Konsentrasi diazinon dari hasil pengamatan penelitian, (mg/cm ³);
$C_{Aw Hitung}$	Konsentrasi diazinon di dalam air dari hasil perhitungan Persamaan (9) dan (10), (mg/cm ³);
D_{AB}	Koefisien difusi diazinon melalui dinding mikrokapsul, (cm ² /detik);
H	Konstanta kesetimbangan diazinon antara fase minyak dan fase air;
H_d	Konstanta kesetimbangan diazinon antara dinding mikrokapsul dengan fase minyak;

H_i	Konstanta kesetimbangan diazinon antara dinding mikrokapsul ke dengan fase air;
MF	Melamin formaldehid;
$MF - SDSPVA$	Melamin formaldehid dengan penambahan <i>sodium dodecyl sulphate</i> dan <i>polyvinyl alcohol</i> ;
N_A	Laju difusi, ($\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{detik}$);
PVA	<i>Polyvinyl alcohol</i> ;
SDS	<i>Sodium dodecyl sulphate</i> ;
$SSE \text{ min.}$	<i>Sum of Square of error</i> minimum;
$SSE \text{ relatif}$	<i>Sum of Square of error</i> relatif;
t	Lama waktu perendaman mikrokapsul di air, (jam);
V_m	Volume larutan diazinon di dalam mikrokapsul, (cm^3);
V_w	Volume air yang digunakan merendam mikrokapsul, (cm^3);
δ	Tebal dinding mikrokapsul, (μm).

DAFTAR PUSTAKA

- Cox, C., 2000, "Diazinon: Toxicology", J. Pesticide Reform, Northwest Coalition For Alternatives To Pesticides (NCAP).
- Damayanti, E., 2012, "Pembentukan Mikrokapsul Dari Resin Melamin Formaldehid: Pengaruh Waktu Homogenisasi, Suhu Homogenisasi, dan Kecepatan Putar Homogeniser", Laporan Penelitian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Harper, B., Luukinen, B., Gervais, J.A., Buhl, K., and Stone, D., 2009, "Diazinon Technical Fact Sheet", National Pesticides Information Center, Oregon State University dan U.S. EPA.
- Jabbari, E. and Khakpour, M., 2000, "Morphology Of And Release Behavior From Porous Polyurethane Microspheres", *Biomater.*, 21, 2073-2079.
- Jadhav, P.M., Shroff, J.R., Ramakant, S.R., and Laxman, A.D., 2011, "Slow-Release Microcapsule Composition For Safe Delivery Of Agriculturally Active Material", US. Patent No. US 7.951.390 B2.
- Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor: KEP-02/MENKLH/I/1988 tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan, Jakarta.
- Lin, D.M., Kalachandra, S., Valiyaparambil, J., and Offenbacher, S., 2002, "A Polymeric Device For Delivery Of Anti-Microbial And Anti-Fungal Drugs In The Oral Environment: Effect Of Temperatur And Medium On The Rate Of Drug Release", *Dental Mater.*, 19, 589-596.
- Masuda, M., 2011, "Microencapsulation of Pesticides for Controlling Release From Coatings", Chalmers University of Technology, Sweden.
- Palanikkumaran, M., Gupta, K.K., Agrawal, A.K., and Jassal, M., 2010, "Effect Of Emulsion Preparation Method On Microencapsulation Of N-Octadecane Using Melamine-Formaldehyde Pre-Polimer", *Indiana J. Of Fibre And Textile Research*, 35, 101-106.
- Wang, Y., Hoderlein, P.M., and Rollinson, P.D., 2006, "Microencapsule Composition", US. Patent No. US 6.986.979 B2.
- Yow, H.N., Wu, X., Routh A.F., and Guy R.H., 2009, "Dye Diffusion From Microcapsules With Different Shell Thickness Into Mammalian Skin", *European J. Pharma. And Biopharma.*, 72, 62-69.