

**KELARUTAN ZAT WARNA ORGANIK DALAM GELASI
MIKROEMULSI *WATER IN OIL* SISTEM AIR, SURFAKTAN
KATIONIK HTAB DAN PENTANOL SERTA
APLIKASINYA UNTUK TINTA**



**Oleh :
PAMELA JURDILLA
NIM. 17036028/2017**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

**KELARUTAN ZAT WARNA ORGANIK DALAM GELASI
MIKROEMULSI *WATER IN OIL* SISTEM AIR, SURFAKTAN
KATIONIK HTAB DAN PENTANOL SERTA
APLIKASINYA UNTUK TINTA**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar
Sarjana Sains*



**Oleh :
PAMELA JURDILLA
NIM. 17036028/2017**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

PERSETUJUAN SKRIPSI

**KELARUTAN ZAT WARNA ORGANIK DALAM GELASI
MIKROEMULSI *WATER IN OIL* SISTEM AIR, SURFAKTAN
KATIONIK ITAB DAN PENTANOL SERTA
APLIKASINYA UNTUK TINTA**

Nama : Pamela Jurdilla
NIM : 17036028
Program Studi : Kimia (NK)
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2021

Mengetahui:
Ketua Jurusan

Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing


Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 19800819 200912 2 002


Ananda Putra, S.Si, M.Si Ph.D
NIP. 19720127 199702 1 002

PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

Nama : Pamela Jurdilla
NIM : 17036028
Program Studi : Kimia (NK)
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

KELARUTAN ZAT WARNA ORGANIK DALAM GELASI MIKROEMULSI *WATER IN OIL* SISTEM AIR, SURFAKTAN KATIONIK HTAB DAN PENTANOL SERTA APLIKASINYA UNTUK TINTA

Dinyatakan Lulus Setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Kimia Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, Agustus 2021

Tim Penguji

	Nama	Tanda tangan
Ketua	: Ananda Putra, S.Si, M.Si, Ph.D	
Anggota	: Hary Sanjaya, S.Si, M.Si	
Anggota	: Dra. Sri Benti Etika, S.Si	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Pamela Jurdilla
NIM : 17036028
Tempat/Tanggal lahir : Perk. Sei Lala/06 Juni 1999
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : **Kelarutan Zat Warna Organik dalam Gelasi
Mikroemulsi *Water in Oil* Sistem Air,
Surfaktan Kationik HTAB dan Pentanol serta
Aplikasinya untuk Tinta**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani Asli oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi

Padang, Agustus 2021
Yang menyatakan



Pamela Jurdilla
NIM : 17036028

**Kelarutan Zat Warna Organik dalam Gelasi Mikroemulsi *Water In Oil*
Sistem Air, Surfaktan Kationik HTAB dan Pentanol
Serta Aplikasinya untuk Tinta**

Pamela Jurdilla

ABSTRAK

Penelitian mengenai kelarutan zat warna organik dalam gelasi mikroemulsi *water in oil (w/o)* sistem air, surfaktan kationik HTAB dan pentanol dapat diaplikasikan pada tinta *ballpoint*. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk preparasi gel dari mikroemulsi (*w/o*) menggunakan metoda sol-gel dan menentukan kelarutan zat warna organik dari bubuk bunga telang, kunyit dan kulit buah naga dalam gelasi mikroemulsi (*w/o*), menentukan nilai densitas serta indeks bias dalam gelasi mikroemulsi (*w/o*). Preparasi gel dilakukan dengan metode sol-gel yang dapat dilakukan pada suhu rendah dengan menambahkan TEOS dan etanol dengan perbandingan 1:8 mol yang terhidrolisis dengan air membentuk gel. Zat warna organik dari bubuk bunga telang, kunyit dan kulit buah naga dilarutkan dalam gelasi mikroemulsi (*w/o*) dapat dihitung jumlah maksimum kelarutannya dalam sol mikroemulsi (*w/o*) serta dapat diuji densitas dan indeks bias. Persen kelarutan zat warna organik bubuk bunga telang pada pH 4,5 dan 9,5 yaitu 1,982% dan 1,944%, selanjutnya untuk bubuk kunyit pada pH 4,5 dan 9,5 yaitu 2,678% dan 2,934% kemudian untuk bubuk kulit buah naga yaitu 1,666% dan 1,694% pada pH 4,5 dan 9,5. Pengujian densitas dapat dilakukan untuk melihat kepekatan nilai yang terbesar yaitu kunyit 0,9243 gram/cm³ dan 0,9244 gram/cm³ untuk pH 4,5 dan 9,5. Selanjutnya pengukuran indeks bias untuk melihat kehomogenan dari larutan terbesar yaitu kunyit pada pH 4,5 dan 9,5 yaitu 1,4204 dan 1,4219 yang berkaitan dengan kelarutan jika kelarutan zat warna tinggi maka nilai densitas dan indeks bias juga tinggi sehingga tinta yang dihasilkan berwarna pekat.

Kata Kunci : Kelarutan, mikroemulsi *w/o*, zat warna organik, sol-gel

Solubility of Organic Dyes in Gelation of Water in Oil Microemulsion of the System of Water, Cationic Surfactants HTAB and Pentanol and their Applications for Inks

Pamela Jurdilla

ABSTRACT

Research on the solubility of organic dyes in gelation of water in oil microemulsion of the system of water, cationic surfactant hexadecyl trimethyl ammonium bromide (HTAB) and pentanol can be applied to ballpoint inks. The purpose of this study was to preparation gels from microemulsions (*w/o*) using the sol-gel method and determine the solubility of organic dyes from pea flower powder, turmeric and dragon fruit peels in microemulsion gelation (*w/o*), determine density values and refractive index in microemulsion gelation (*w/o*). Gel preparation was carried out using the sol-gel method which can be carried out at low temperatures by adding TEOS and ethanol in a ratio of 1:8 mol which is hydrolyzed with water to form a gel. Organic dyes from pea flower powder, Turmeric and dragon fruit peel dissolved in gelation microemulsion (*w/o*) can be calculated the maximum amount of solubility in microemulsion sol (*w/o*) and can be tested for density and refractive index. The percent of solubility of organic dyes in pea flower powder at pH 4.5 and 9.5 are 1.982% and 1.944%, then for turmeric powder at pH 4.5 and 9.5, namely 2.678% and 2.934%, then for dragon fruit peel powder namely 1.666% and 1.694% at pH 4,5 and 9.5. respectively, Density testing can be done to see the concentration of the greatest value, namely turmeric 0.9243 gram/cm³ and 0.9244 gram/cm³ for pH 4.5 and 9.5. Furthermore, the measurement of the refractive index to see the homogeneity of the largest solution, namely turmeric at pH 4.5 and 9.5, namely 1.4204 and 1,4219 which is related to solubility. If the solubility of the dyes is high the density and refractive index value are also high, so that the resulting ink is thick.

Keywords: Solubility, microemulsion of *water in oil*, organic dyes, sol-gel

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **Kelarutan Zat Warna Organik dalam Gelasi Mikroemulsi *Water In Oil* Sistem Air, Surfaktan Kationik HTAB dan Pentanol Serta Aplikasinya untuk Tinta**. Adapun skripsi ini diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar sarjana sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih atas bimbingan, dorongan serta semangat kepada :

1. Bapak Ananda Putra, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai Dosen Penasehat Akademik sekaligus Pembimbing Penelitian.
2. Bapak Hary Sanjaya, S.Si, M.Si dan Ibuk Dra. Sri Benti Etika, M.Si selaku dosen penguji.
3. Ibuk Fitri Amelia, S.Si, M.Sc, Ph.D sebagai Ketua Jurusan Kimia.
4. Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNP.
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
6. Bapak dan Ibu Pranata Laboratorium Kimia beserta karyawan/ti Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Negeri Padang.
7. Penulis mengucapkan terimakasih kepada orang tua yang telah memberikan motivasi dan dorongan.

Penulisan skripsi ini telah dilakukan sebaik-baiknya berdasarkan buku Panduan Penulisan Skripsi Non Kependidikan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Namun penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk kesempurnaan skripsi ini, maka penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari semua pihak. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis ucapkan terima kasih.

Padang, Agustus 2021

Pamela Jurdilla

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Struktur Asosiasi Amfifilik	6
B. Kelarutan	9
C. Air	10
D. Pentanol	11
E. Surfaktan	12
F. Zat Warna	15
G. Gelasi	18
I. Tinta	19
J. Densitas (Kepekatan)	20
K. Indeks Bias	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
A. Waktu dan Tempat Penelitian	21
B. Variabel Penelitian	21
C. Alat dan Bahan Penelitian	21
D. Prosedur Penelitian	22
E. Desain Penelitian	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
A. Gel dari Mikroemulsi <i>Water In Oil</i>	27
B. Kelarutan Zat Warna Organik	31

C. Aplikasi Kelarutan Zat Warna Organik	38
BAB V PENUTUP	44
A. Kesimpulan	44
B. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	52

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	Halaman
1. Diagram fasa sistem (a) Air pH 4,5 (b) Air pH 9,5 CTAB dan pentanol	3
2. Diagram fasa dari air, minyak dan surfaktan.....	6
3. Jenis mikroemulsi.	7
4. Kristal cair lamelar.....	8
5. Kristal cair heksagonal.	9
6. Struktur Kimia Air	11
7. Struktur Pentanol	12
8. Struktur Surfaktan.....	12
9. Struktur Sodium dedosil sulfat (SDS).....	13
10. Struktur Triton X-100	13
11. Struktur Imidazoline Karboksilat.....	14
12. Struktur HTAB.	14
13. Struktur Kurkumin	15
14. Kunyit.....	16
15. Struktur antosianin	16
16. Bunga telang	17
17. Buah Naga	18
18. Diagram pemetaan CTAB pH 4,5 dan pH 9,5.....	23
19. (a) Mikroemulsi <i>w/o</i> (b) Sol <i>w/o</i> (c) Gel mikroemulsi <i>w/o</i>	27
20. Ilustrasi jarak antar partikel (a) mikroemulsi <i>w/o</i> (b) sol <i>w/o</i> (c) gel <i>w/o</i>	29
21. (a) Mikroemulsi (b) kristal cair dilihat dengan parafilm.....	30
22. Skema kerja parafilm untuk (a) mikroemulsi (b) kristal cair	31
23. Bubuk warna organik (a) bunga telang (b) kunyit (c) kulit buah naga	33
24. Grafik pengukuran persen kelarutan pada sampel zat warna organik	35
25. Perubahan warna bunga telang dalam sol mikroemulsi <i>w/o</i>	35
26. Perubahan kunyit dalam sol mikroemulsi <i>w/o</i>	36
27. Perubahan kulit buah naga dalam sol mikroemulsi <i>w/o</i>	37
28. Pigmen zat warna mengisi rongga gel.....	38
29. Ilustrasi interaksi partikel zat warna dengan partikel gel.....	38
30. Grafik pengukuran densitas pada sampel zat warna organik	39
31. Grafik pengukuran indeks bias pada sampel zat warna organik.....	42

32. Tampilan *ballpoint* menggunakan zat warna organik 42

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	Halaman
1. Skema Kerja Pembuatan Bubuk Kulit Buah Naga	52
2. Skema Kerja Pembuatan Bubuk Kunyit.....	52
3. Skema Kerja Pembuatan Bubuk Bunga Telang.....	53
4. Skema Kerja Preparasi Air pH 4,5.....	53
5. Skema Kerja Preparasi Air pH 9,5.....	54
6. Skema Kerja Preparasi Mikroemulsi <i>w/o</i>	54
7. Skema Kerja Preparasi Gelasi	55
8. Uji Kelarutan Zat Warna Organik.....	55
9. Pengukuran Densitas	56
10. Pengukuran Indeks Bias	57
11. Aplikasi Tinta <i>Ballpoint</i>	58
12. Perhitungan jumlah TEOS yang ditambahkan dalam Mikroemulsi <i>w/o</i>	58
13. Jumlah TEOS yang ditambahkan dalam Mikroemulsi <i>w/o</i>	58
14. Perhitungan Pembuatan HNO ₃ dan KOH 0,5 M	59
15. Tabel Kelarutan Zat Warna Organik.....	60
16. Tabel Pengujian Zat Warna Organik.....	60
17. Perhitungan Persen Kelarutan.....	60
18. Perhitungan Densitas.....	62
19. Perhitungan Indeks Bias	65
20. Dokumentasi Penelitian.....	67

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bidang kajian surfaktan menarik perhatian para ilmuwan dengan melakukan penelitian berkenaan aplikasi surfaktan dalam berbagai aspek bidang ilmu serta teknologi, seperti menjadi bahan baku pembuatan tinta, obat, kosmetik, deterjen, dan lain-lain yang aplikasinya berkaitan dengan aspek kehidupan sehari-hari (Xia., 2001). Alasan utama surfaktan diterapkan dalam berbagai bidang karena memiliki zat aktif permukaan yang mampu mengurangi tegangan permukaan pada medium tertentu (Schramm et al., 2003).

Surfaktan kationik seperti *hexadecyl trimethyl ammonium bromide* (HTAB) merupakan salah satu jenis surfaktan yang dapat digunakan dalam bidang industri tinta, juga pertambangan karena memiliki sifat mudah larut dalam air dan memiliki kemampuan mengadsorpsi logam yang kuat (Rohaeti Eti, 2012). Apabila surfaktan ditambahkan ke kedalam sejumlah air dan minyak akan terbentuk struktur asosiasi berupa emulsi, kristal cair dan mikroemulsi (Amran, 2013).

Mikroemulsi terbagi menjadi dua sistem yaitu mikroemulsi air dalam minyak (*w/o*) dan mikroemulsi minyak dalam air (*o/w*) (Kissa, 2001). Mikroemulsi merupakan zat yang stabil sehingga dapat digunakan dalam bidang industri tinta sebagai medium dalam pelarut warna (Fanun, 2009). Kelebihan dari mikroemulsi yaitu dapat melarutkan suatu pelarut dengan cukup tinggi sehingga dapat digunakan untuk melarutkan zat warna yang bersifat polar maupun non polar (Bidyut, 2001).

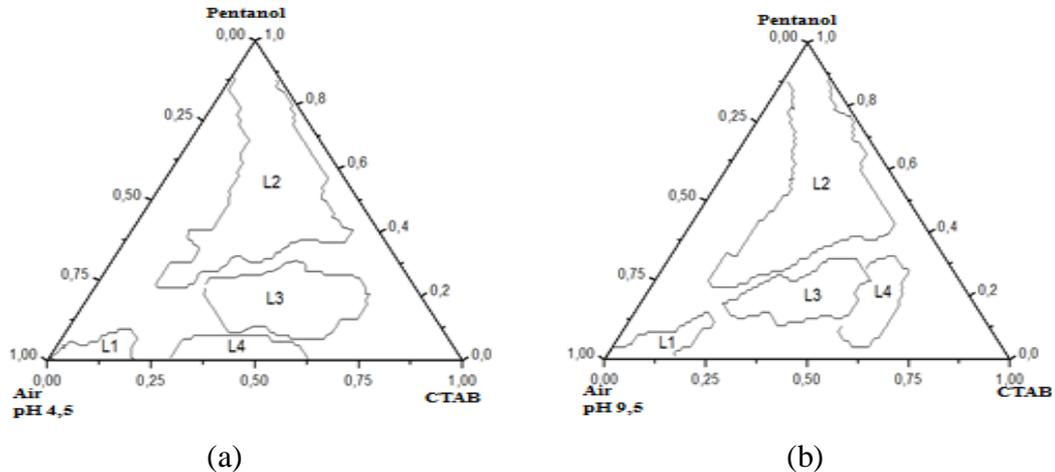
Kelarutan zat warna organik dapat di ambil dari bubuk kulit buah naga, kunyit, dan bunga telang yang akan menghasilkan warna yang berbeda-beda tergantung pH yang digunakan. Zat warna organik ini dapat memberikan warna karena adanya zat kimia seperti pigmen kurkuminoid dan antosianin (Manurung et al., 2004). Alasan digunakan zat warna organik dari bahan alami karena mudah didapat dan bersifat ramah lingkungan. Metode yang digunakan dalam preparasi wilayah mikroelumsi *w/o* menjadi gel mikroemulsi *w/o* yaitu metode sol-gel yang merupakan suatu proses perubahan dari cair ke padat.

Metode sol-gel dapat dibentuk dari wilayah mikroemulsi *w/o* yang kemudian dapat dipreparasi menjadi gel, komposisi titik mikroemulsi pentanol dan pelarut air tergantung dari kelarutannya (Milton, J, et. al. 2009). Kelarutan zat warna organik memiliki nilai ilmiah dan teknologi yang penting karena dapat diaplikasikan langsung dalam industri cat/paint, *ballpoint* (Amran, 2013).

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pembuatan diagram fasa tiga komponen menggunakan surfaktan CTAB (Pratami, 2014) dengan menggunakan zat warna *methyl red* dan *methlene blue*, pada diagram fasa 3 komponen didapatkan 4 wilayah yaitu L_1 : mikroemulsi (*o/w*), L_2 : mikroemulsi (*w/o*), L_3 : kristal cair lamelar dan L_4 : kristal cair heksagonal dengan pH 4,5 dan 9,5 dalam sistem air. Adapun hasil pemetaan yang diperoleh dari Pratami dapat dilihat pada gambar 1

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Redho, 2014) yaitu kelarutan zat warna organik dalam gelasi mikroemulsi *w/o* pada sistem air, surfaktan CTAB dan pentanol dengan melarutkan zat warna *methyl red*, *methylen blue*, *methyl yellow* dan *carbon black*, menurut penelitian tersebut dihasilkan kelarutan zat

warna mudah larut pada daerah gelasi mikroemulsi *w/o* dari pada wilayah mikroemulsi *w/o*.



Gambar 1. Diagram fasa sistem (a) Air pH 4,5 (b) Air pH 9,5 CTAB dan Pentanol (Pratami, 2014).

Berdasarkan latar belakang tersebut penulis tertarik dan berkeinginan untuk mencoba melarutkan zat warna dari bahan organik dari bubuk kunyit, kulit buah naga dan bunga telang dalam gelasi mikroemulsi *w/o* dalam sistem air, sehingga diharapkan dapat menghasilkan tinta pena yang ramah lingkungan.

B. Identifikasi Masalah

1. Kelarutkan beberapa bubuk dari bahan organik kulit buah naga, kunyit, dan bunga telang pada daerah mikroemulsi *w/o* dalam sistem air, surfaktan kationik HTAB dan pentanol belum pernah dilakukan
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk melengkapi ketersediaan tinta *ballpoint* yang lebih ramah lingkungan

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang terdapat dalam penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Daerah mikroemulsi yang digunakan yaitu gelasi mikroemulsi *w/o*

2. Surfaktan kationik yang digunakan ialah *Hexadecyl Trimethyl Ammonium Bromide* (HTAB)
3. Pelarut minyak yang digunakan dalam penelitian ini ialah pentanol dan pelarut air menggunakan aquabides dengan pengaturan pH 4,5 dan 9,5 menggunakan HNO₃ dan KOH
4. Zat warna organik yang digunakan dalam penelitian ini adalah kunyit, bunga telang, dan kulit buah naga

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah dalam penelitian ini ialah :

1. Apakah mikroemulsi *w/o* sistem air, HTAB dan pentanol dapat dipreparasi menjadi gel?
2. Bagaimanakah kelarutan zat warna organik dalam gelasi mikroemulsi *w/o* tersebut?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan posisi wilayah komposisi gelasi mikroemulsi *w/o*
2. Menentukan kelarutan zat warna organik bubuk kulit naga, telang, dan kunyit dalam gelasi mikroemulsi *w/o* dalam sistem air, surfaktan kationik HTAB dan pentanol
3. Menentukan nilai densitas, indeks bias dari zat warna organik dalam gelasi mikroemulsi *w/o* dalam sistem air, surfaktan kationik HTAB dan pentanol

F. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu berupa informasi kepada pembaca mengenai kelarutan dari zat warna organik dari bubuk kulit buah naga, bunga telang, dan kunyit dalam gelasi mikroemulsi *w/o* dalam sistem air, surfaktan kationik HTAB dan pentanol yang akan diaplikasikan untuk tinta *ballpoint*.

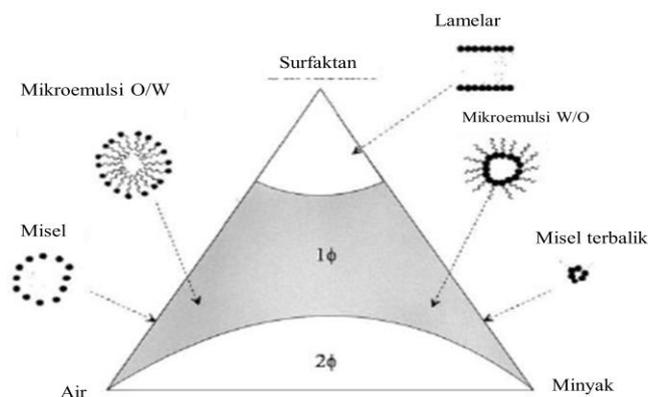
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Struktur Asosiasi Amfifilik

Surfaktan saat dimasukkan kedalam campuran minyak dan air kemudian akan membentuk struktur asosiasi, yang dipengaruhi oleh konsentrasi dan suhu dari surfaktan (Kissa, 2001). Struktur asosiasi amfifilik dari surfaktan terdiri dari beberapa bagian yaitu : misel/mikroemulsi, dan kristal cair (jenis hexagonal dan lamellar) (Amran, 2013). Suatu fasa kristal cair dapat terbentuk apabila konsentrasi dari surfaktan dinaikkan. CMC (*Critical Micellar Concentration*) dapat terbentuk ketika surfaktan dimasukkan kedalam suatu campuran air dan minyak sehingga akan membentuk suatu agregat pada suatu konsentrasi awal yang kemudian membentuk misel (Svenson, 2001).

Struktur asosiasi amfifilik dapat digambarkan dengan segitiga sama sisi yang dapat dilihat didalam sebuah diagram fasa, fungsi dari diagram fasa tersebut yaitu untuk melihat bagaimana variasi dari kesetimbangan fasa yang mempunyai 3 daerah tertentu yaitu : surfaktan air dan minyak. Seperti pada gambar 2 berikut.

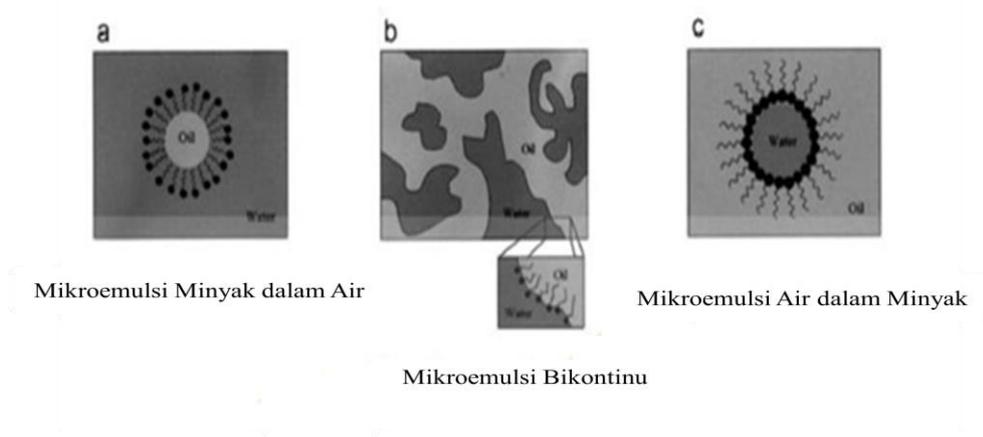


Gambar 2. Diagram fasa dari air, minyak dan surfaktan

1. Mikroemulsi

Mikroemulsi merupakan struktur asosiasi amfifil yang secara termodinamika berbentuk transparan, stabil dan homogen yang terdiri dari minyak, air dan surfaktan. Letak perbedaan mikroemulsi dengan emulsi yaitu pada ukuran partikelnya yang berukuran (antara 10 nm sampai 100 nm), memiliki tegangan yang sangat rendah ($< 10^{-3}$ N/m), viskositas rendah, tidak mengalami pencampuran atau pemisahan, bersifat transparan dan isotropik. Adapun sistem dispersi dari mikroemulsi terdiri dari minyak, air dan surfaktan. Fungsi dari surfaktan agar dapat menurunkan tegangan antar minyak dan air (Patricia, 2012).

Jenis dari mikroemulsi tergantung kepada komposisi pembentuknya, antara lain yaitu : mikroemulsi air dalam minyak (*w/o*), mikroemulsi minyak dalam air (*o/w*) serta mikroemulsi *bicontinuous* (Lawrence & Rees, 2000). Dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Jenis mikroemulsi (Septianingrum, 2013).

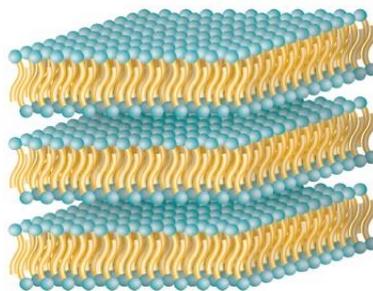
Mikroemulsi minyak dalam air (*o/w*) memiliki nilai konduktivitas listrik yang lebih besar di bandingkan mikroemulsi air dalam minyak (*w/o*), yang membedakan nilai konduktivitas listrik tergantung kepada jenis dari mikroemulsi.

Khusus untuk jenis mikroemulsi *bicontinuous* nilainya tergantung kepada faktor eksternal (Prieto & Calvo, 2013).

2. Kristal Cair

Kristal cair ditemukan pada tahun 1888, berasal dari senyawa organik yang merupakan fasa mesomorfik atau intermediet antara fasa cair dan padat (Lewis, 2007). Perbedaan kristal cair dengan mikroemulsi terletak pada sifat kristal cair yang anisotropik sedangkan mikroemulsi bersifat isotropik (Mohanty, 2003). Jenis dari kristal cair terbagi menjadi dua yaitu kristal cair heksagonal dan lamelar, perbedaan diantara keduanya yaitu pada kristal cair lamelar strukturnya berisi *layers* yang sifatnya polar dan non polar, polar pada bagian lapisan kepala dan non polar pada bagian lapisan ekor (Amran, 2013).

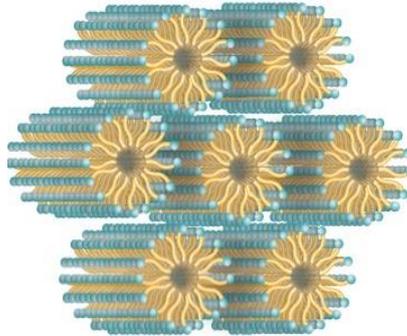
Kristal cair liotropik (lamellar) dapat digunakan untuk pangan, sabun, kosmetik dan deterjensi. Dapat dilihat pada gambar 4 yang menunjukkan struktur dari kristal cair lamelar.



Gambar 4. Kristal cair lamelar (Holmberg et al., 2004)

Kristal cair heksagonal memiliki bentuk yang acak, jika dilakukan pengamatan dari OPM (*Optical Polarizing Microscop*) lebih berwarna (Neto, 2005). Perbedaan antara kristal cair heksagonal dengan kristal cair lamelar ialah kristal cair heksagonal memiliki viskositas yang lebih besar dibandingkan kristal

cair lamelar (Selivanova et al., 2010). Dapat dilihat pada gambar 5 merupakan struktur dari kristal cair heksagonal.



Gambar 5. Kristal cair heksagonal (Holmberg et al., 2004).

B. Kelarutan

Kelarutan atau solubilitas adalah kemampuan zat terlarut (solute) untuk larut pada suatu pelarut (solvent), dinyatakan dalam jumlah maksimum zat terlarut yang dapat larut dalam suatu pelarut pada kesetimbang (Chang,2006). Kelarutan juga disebut proses kesetimbangan antara zat larut dengan zat tidak larut, sehingga dapat dikaitkan dengan termodinamika yang memiliki hubungan entalpi (ΔH), entropi (ΔS) serta energi bebas (ΔG). Sifat polaritas suatu senyawa juga berkaitan dengan kelarutan. Jika senyawa tersebut sifatnya non polar akan larut dalam pelarut non polar (Bustamante & Bustamante, 1996).

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kelarutan yaitu (Ahmad, 2001).

1. Tekanan
2. Temperature
3. Molekul pelarut
4. Sifat zat terlarut dan pelarut

Umumnya suatu pelarut mengandung sejumlah zat yang lebih besar didalam suatu larutan, sedangkan selebihnya dianggap sebagai zat terlarut (Brady, 2012).

terbagi menjadi 3 macam yaitu larutan tak jenuh, jenuh dan sangat jenuh. Larutan jenuh ialah suatu pelarut pada temperatur tertentu dapat melarutkan semua zat sampai batas daya melarutkan larutan tersebut.

Hasil kali kelarutan adalah hasil kali konsentrasi ion-ion dari larutan jenuh pada suhu tertentu dan masing-masing ion diberi pangkat dengan koefisien menurut persamaan ionisasinya. Hasil kali kelarutan menggambarkan batas kelarutan senyawa pada suhu tertentu. Contohnya adalah hasil kali kelarutan garam AgCl, dapat ditulis dalam persamaan 1 berikut :

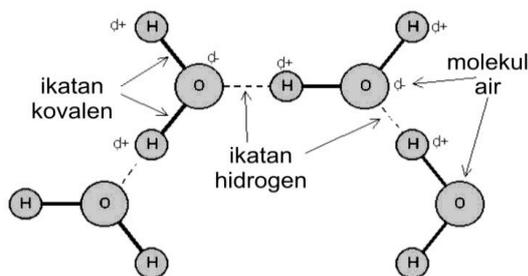
$$K_{sp} = [Ag^+] [Cl^-] = 1,78 \times 10^{-10} \dots\dots\dots(1)$$

(Ahmad, 2001).

C. Air

Air merupakan suatu pelarut yang mampu melarutkan banyak zat kimia lainnya seperti : gula, garam, berbagai macam molekul organik. Satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen yang substansi kimianya ditulis dengan rumus H₂O. Air memiliki sifat bening, saat kondisi standar yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperatur 273,15 K (0°C), tidak berbau dan tidak berasa (Lobausgh & Voth, 1997).

Komponen utama dalam pembentukan mikroemulsi adalah air. Molekul air bersifat elektropositif berikatan dengan atom oksigen yang sifatnya elektronegatif melalui dua ikatan kovalen, masing-masing energi ikatan sebesar 110,2 kkal per mol. Ikatan hidrogen terjadi karena adanya daya tarik menarik antara kutub positif molekul air dengan kutub negatif molekul air lainnya (Atkins & Paula, 2009). Struktur air dapat dilihat pada gambar 6 berikut.



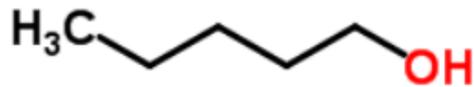
Gambar 6. Struktur Kimia Air (Fathony, 2017)

Molekul air berbentuk huruf V yang disebabkan oleh adanya pasangan elektron bebas pada atom oksigen karena struktur dari molekul air memiliki geometri tertrahedral. Air bersifat polar yang disebabkan oleh perbedaan muatan, sehingga dapat digunakan sebagai pelarut (Brown, 2010). Air terdiri dari aquades dan aquabidestila. Air yang digunakan dalam penelitian ini ialah aquabidestila yang merupakan air murni karena melalui dua tahap penyaringan sehingga mengandung sedikit ion dan dapat meningkatkan kerja dari surfaktan (Hargreaves, 2003).

D. Pentanol

Pentanol merupakan bagian dari senyawa alkohol yang memiliki 5 atom karbon dan gugus OH atau ROH. Rumus kimia dari pentanol ialah $C_5H_{11}OH$ yang mana gugus hidroksil (OH) merupakan lokasi yang aktif dari banyak reaksi. Pentanol mempunyai massa molekul relatif 88,15 gram/mol dan titik didih $137,5^{\circ}C$ (Merck, 2005). Pentanol banyak digunakan sebagai pelarut dibidang industri farmasi, kosmetik dan cat, sifat dari pentanol ialah sukar larut dalam air (hidrofobik). Kelarutan pentanol dipengaruhi oleh panjang rantai hidrokarbon, semakin panjang rantai hidrokarbon maka kelarutan pentanol didalam air semakin rendah karena sifat hidrofobik dari pentanol dapat mengalahkan sifat hidrofilik yang ada pada gugus hidroksil (Fessenden, 1982)

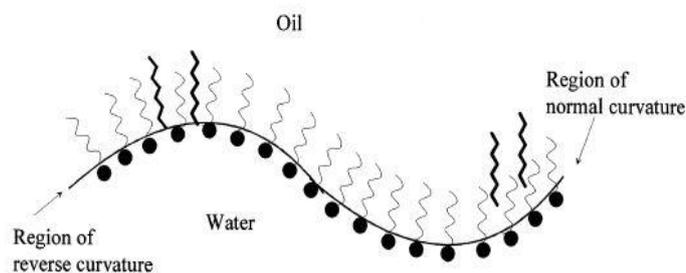
Pentanol juga berfungsi sebagai kosurfaktan dalam membentuk wilayah mikroemulsi, karena didalam mikroemulsi kosurfaktan berfungsi sebagai penghubung surfaktan rantai tunggal yang tidak mampu bekerja dengan baik untuk menurunkan tegangan permukaan (Amran, 2013).



Gambar 7. Struktur Pentanol

E. Surfaktan

Surfaktan atau *surface active agent* merupakan spesies yang aktif antar permukaan pada dua fase hidrofilik (suka air) dan hidrofobik (suka minyak) (Atkins, 2010) struktur dari surfaktan dapat dilihat pada gambar 8 berikut.

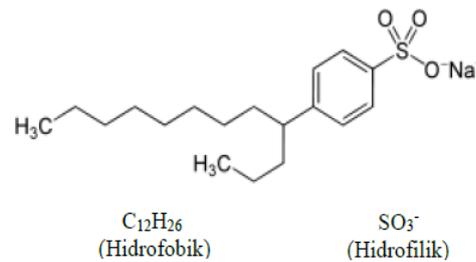


Gambar 8. Struktur Surfaktan (Lawrence & Rees, 2000)

Surfaktan berguna untuk menurunkan tegangan permukaan. Cara kerjanya dengan mematahkan ikatan-ikatan hidrogen yang ada pada permukaan air, kemudian meletakkan bagian kepala (hidrofilik) pada permukaan air sehingga ekor (hidrofobik) menjauhi permukaan air. Selain itu surfaktan juga berguna untuk meningkatkan stabilitas partikel yang terdispersi serta jenis formasi emulsi minyak dalam air (*o/w*) dan air dalam minyak (*w/o*) dapat dikontrol (Swasono, 2012).

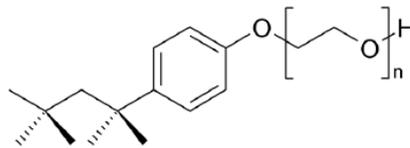
Berdasarkan muatan yang dibawa oleh gugus polanya, dapat diklasifikasikan menjadi empat tipe surfaktan, yaitu :

1. Surfaktan anionik merupakan surfaktan yang gugus hidrofiliknya mengandung muatan negatif. Contoh : Sodium Dodesil Sulfat (SDS) dan lain sebagainya (Mahda, 2015), dapat dilihat pada gambar 9 berikut.



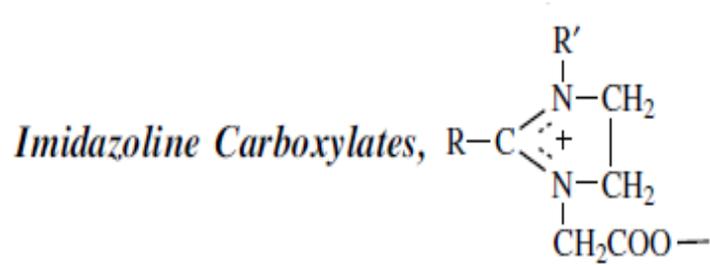
Gambar 9. Struktur Sodium dedosil sulfat (SDS) (Mahda, 2015)

2. Surfaktan nonionik merupakan surfaktan yang berbeda dari surfaktan lainnya, karena pada gugus hidrofiliknya tidak bermuatan. Contoh : Triton X-100 dapat dilihat pada gambar 10 berikut.



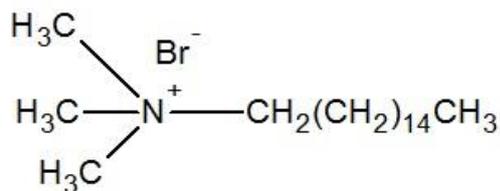
Gambar 10. Struktur Triton X-100 (Rohman & Subagio, 2013)

3. Surfaktan zwitter ion/amfoterik merupakan surfaktan yang mengandung muatan positif dan negatif pada bagian aktif permukaannya (*dwifunctional*) dan tergantung kondisi pHnya. Contoh : imidazoline karboksilat (Kissa, 2001) dapat dilihat pada gambar 11 berikut.



Gambar 11. Struktur Imidazoline Karboksilat (Rosen, 2004)

4. Surfaktan kationik merupakan senyawa amfifilik yang bagian hidrofiliknya mengandung muatan positif. Contoh : *Hexadecyl trimethyl ammonium bromide* (HTAB,) dan lain sebagainya (Kosswig, 2012) dapat dilihat pada gambar 12 berikut.



Gambar 12. Struktur HTAB (Fathony, 2017).

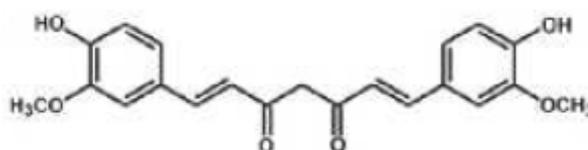
Hexadecyl trimethyl ammonium bromide (HTAB) merupakan salah satu contoh dari surfaktan kationik yang juga disebut dengan *cetyl trimethyl ammonium bromide* (CTAB) berbentuk serbuk berwarna putih dengan titik leleh sebesar 250°C, memiliki massa molekul 364.45 g/mol serta sifatnya higroskopis, sehingga dapat digunakan dalam pembuatan deterjen.

HTAB dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi dan karena memiliki kemampuan mengadsorpsi yang kuat, senyawa ini dapat diaplikasikan dalam bidang teknologi nano (Chen et al., 2008). HTAB dapat larut dalam air, etanol maupun methanol (Merck, 2007). Senyawa ini memiliki konsentrasi misel kritis yaitu $9,2 \times 10^{-4}$ M (Holmberg et al., 2004).

F. Zat Warna

1. Kunyit (*Curcuma longa*)

Kunyit merupakan pewarna alami yang berwarna kuning karena mengandung senyawa kurkuminoid yang terdiri dari kurkumin termasuk golongan polifenol dengan struktur mirip asam ferulat, dua senyawa derivat kurkumin yaitu desmetoksi kurkumin dan bisdesmetoksikurkumin yang disebut dengan kurkuminoid (Sa'diyah & Suparno, 2015). Senyawa kurkumin tidak larut dalam air akan tetapi dapat larut dalam etanol dengan tingkat kepolaran larutan yang berbeda, kurkumin memiliki struktur molekul $C_{21}H_{20}O_6$. Struktur kurkumin dapat dilihat pada gambar 13 berikut



Gambar 13. Struktur Kurkumin

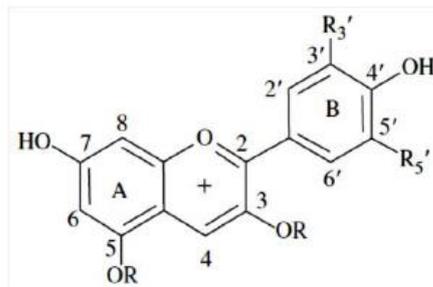
Senyawa kunyit mengandung pati (69,4%), protein (6,3%), lemak (5,1%), mineral (3,5%), kelembapan (13,1%) serta zat aktif seperti minyak atsiri. Alasan penggunaan kunyit sebagai alternatif utama untuk pewarna alami karena kunyit dapat dengan mudah ditemukan, harga relatif murah, bersifat *biodegradable* serta tidak bersifat karsinogenik. Berdasarkan fungsi dari pigmen kurkumin dapat digunakan untuk menangkal radikal bebas dan memiliki peran sebagai donor hidrogen. Kelebihan dari pigmen kurkumin yaitu lebih stabil terhadap cahaya, panas, dan keasaman relatif dibandingkan pigmen organik lainnya (Abdurrahman, 2019).



Gambar 14. Kunyit

2. Bunga Telang (*Clitoria ternatea linn*)

Bunga telang memiliki kandungan antosiasin, termasuk ke dalam golongan flavonoid. Flavonoid mengandung dua cincin benzene yang dihubungkan dengan tiga atom karbon, ketiga atom tersebut dirapatkan oleh sebuah atom oksigen sehingga dapat membentuk cincin diantara cincin benzene. Kandungan yang ada pada bunga telang yaitu flavonoid (20,07 mg), antosianin (4,50 mg), flavonol glikosida (14,66 mg), kaempfenol glikosida (12,71 mg), quersetin glikosida (1,92 mg) dll. Antosianin memiliki berat molekul 207,08 gram/mol dan memiliki rumus molekul $C_{15}H_{11}O$ (Purwaniati, 2020), dapat dilihat pada gambar 15 yang merupakan struktur dari antosianin



Gambar 15. Struktur antosianin

Pigmen antosianin memberikan warna pada tumbuhan seperti ungu, biru, merah. Antosianin bersifat polar sehingga mudah larut dalam pelarut polar seperti etanol, metanol dll, dapat digunakan untuk pewarna makanan atau tinta. Alasan penggunaan bunga telang sebagai pewarna karena sumbernya mudah ditemukan alam (Ardhany et al., 2019). Kelebihan pigmen antosianin sering digunakan pada berbagai aplikasi yaitu adanya gugus kromofor dan tipe gula yang terikat pada antosianin akan menyebabkan absorpsi cahaya pada antosianin yang berbeda jika dilihat pada spectrum UV-Vis. Adanya ikatan rangkap terkonjugasi pada gugus kromofor yang terdapat pada struktur antosianin membuat antosianin dapat menyerap cahaya pada daerah sinar tampak, semakin banyak dan panjang ikatan terkonjugasi pada struktur antosianin maka warna yang dihasilkan pada tanaman semakin kuat (Monica, 2013).



Gambar 16. Bunga telang

3. Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*)

Kulit buah naga merah dapat dipakai sebagai pewarna alami berwarna merah yang dihasilkan oleh pigmen bernama antosianin seperti cyaniding-3-sophoroside dan cyaniding-3-glucoside sebagai pemberi warna pada kulit buah naga. kandungan antosianin pada kulit buah naga yaitu sebesar 26,4587 ppm. Kulit buah naga mengandung nutrisi seperti karbohidrat, lemak, protein, dan serta

pangan, serta pangan yang terkandung pada kulit buah naga sekitar 46,7% (Rochmawati, 2019).

Bagian dari buah naga yang biasa dimanfaatkan adalah bagian buahnya saja sedangkan kulit banyak yang dibuang. Pada kulit buah naga merah banyak mengandung pigmen antosianin berwarna merah, dapat dimanfaatkan sebagai pewarna atau tinta, namun pemanfaatannya belum optimal (Asra et al., 2019).



Gambar 17. Buah Naga

G. Gelasi

Gelasi dapat dibentuk melalui proses pembentukan ikatan fisika maupun kimia antar molekul cairan hingga terbentuknya gel, perubahan gel juga melalui tahapan cairan menjadi padatan. Sifat gelasi seperti tidak dapat balik lagi (*irreversible*) dan memiliki ikatan kovalen yang terjadi interaksi antara gel dengan rantai polimer (Zawrah & Abd-el-, 2009). Metode dari sol-gel memiliki banyak keuntungan yaitu : proses yang dilakukan cukup mudah, dapat dilakukan pada suhu rendah, dapat diaplikasikan pada berbagai situasi. Proses sol-gel dapat dilakukan dengan dua tahap yaitu metode alkoksida dan koloid (Zawrah & Abd-el-, 2009).

Tahapan pembuatan metode sol-gel adalah sebagai berikut :

1. Hidrolisis

Pada tahapan hidrolisis, bahan awal alkoksida dilarutkan dengan alkohol dan ditambahkan air pada suasana basa, asam dan netral sehingga akan terjadi hidrolisis, kemudian terbentuk sol koloid yang terdiri dari partikel terdispersi dan pendispersi (Chruściel & Ślusarski, 2003). Adapun reaksi yang terjadi dapat dilihat pada persamaan 2 berikut.



2. Kondensasi

Tahapan kondensasi dapat berlangsung jika hasil dari hidrolisis telah di dapatkan, yang nantinya TEOS gugus hidroksi akan bereaksi dengan gugus etoksi kemudian terbentuk matrik silika.

3. Pematangan (Aging)

Pada tahap ini dilakukan proses pematangan yang hasilnya yaitu pembentukan jaringan gel yang bersifat rigid, kaku dan bila dimasukkan ke dalam larutan dapat menyusut. Tahap ini dilakukan pada suhu 60-80°C.

4. Pengeringan

Pengeringan merupakan tahap terakhir dalam pembentukan gel yaitu dengan cara menguapkan zat yang tidak diinginkan dalam gel.

I. Tinta

Zat warna organik yang telah menjadi bubuk dapat digunakan dalam pembuatan tinta dengan mencampurkan berbagai macam bahan kimia seperti air, surfaktan, sikloheksana, TEOS, etanol dalam sistem gelasi mikroemulsi *w/o*. Hasilnya didapatkan warna untuk diaplikasikan ke tinta printer maupun *ballpoint* (Lee et al., 2016). Tinta yang telah didapatkan dianalisis dengan cara mengukur berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk tinta tersebut berubah warna diatas

kertas (Coumbaros et al., 2009). Selanjutnya, dapat dilakukan analisis penentuan kestabilan pada tinta dan uji viskositas untuk membuat tinta dapat melekat di atas kertas (Hofer, 2004).

J. Densitas (Kepekatan)

Zat yang dapat diukur menggunakan piknometer yang memiliki volume yang disebut dengan densitas. Dapat dihubungkan dengan massa dan volume yang dinyatakan dalam persamaan 3 berikut ini (Ishaq & Malang, 2007):

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan : ρ = massa jenis cairan (g/cm^3)

m = massa (g)

v = volume (mL)

K. Indeks Bias

Ketika seberkas cahaya mengenai suatu benda, maka cahaya tersebut akan dipantulkan dan ada yang diteruskan, bisa diukur dengan alat refraktometer abbe. Pada benda transparan seperti kaca atau air, maka cahaya akan dibelokkan disebut dengan pembiasan. Kecepatan akan berubah apabila cahaya melalui batas antar dua medium dengan kerapatan yang berbeda, perubahan cahaya ini akan menyebabkan pembiasan (Eberly, 2013).

Nilai indeks bias dapat dicari dengan menggunakan persamaan 4 dibawah ini :

$$n_{s\text{ampel}} = n_T + (T - 20) \times 0.0005 \dots\dots\dots(4)$$

Dimana : $n_{s\text{ampel}}$: indeks bias sampel

n_T : indeks bias pada suhu ruangan

T : suhu ruangan saat pengukuran

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa.

1. Wilayah mikroemulsi w/o didapatkan titik komposisi pada pH 4,5 yaitu air 25%, HTAB 32% dan pentanol 43%, sedangkan wilayah untuk pH 9,5 yaitu air 34%, HTAB 31% dan pentanol 35% dapat diperoleh dari metode sol gel dimana gel yang berbentuk semi-padat.
2. Jumlah kelarutan kunyit, bunga telang dan kulit buah naga pada pH 4,5 adalah 3,924%, 2 % dan 1,966%. Selanjutnya kelarutan pada pH 9,5 adalah 3,958%, 2,366% dan 1,932%. Semakin tinggi kelarutan maka semakin bagus zat warna yang dihasilkan, dari ketiga zat warna yang diperoleh kunyit yang terbaik.
3. a. Nilai indeks bias untuk kunyit, bunga telang dan kulit buah naga pada pH 4,5 berturut-turut ialah 1,4204, 1,4104, 1,4044. Sedangkan pada pH 9,5 adalah 1,4219, 1,4084, 1,4054.
b. Nilai densitas untuk kunyit, bunga telang dan kulit buah naga pada pH 4,5 adalah 0,9243 gram/cm³, 0,9117 gram/cm³, dan 0,9076 gram/cm³. Sedangkan untuk pH 9,5 adalah 0,9244 gram/cm³, 0,9116 gram/cm³, 0,9095 gram/cm³. Warna gel yang dihasilkan kuning, biru dongker dan rosewood.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar melakukan penelitian lanjutan

1. Melakukan ekstraksi sampel dari masing-masing zat warna organik agar didapatkan warna yang lebih bagus serta tidak memiliki ampas sehingga tidak mengganggu aliran tinta saat diaplikasikan pada tinta *ballpoint*.
2. Menambahkan zat aditif agar tinta dapat bertahan lama.
3. Menambahkan titik uji kelarutan zat warna organik dalam gel mikroemulsi *w/o* untuk tinta *ballpoint*.
4. Melakukan uji stabilitas pada tinta organik.

DAFTAR PUSTAKA

- A., Putra, A., Masriati, S., Nizar, U. K., & Amran, A. (2019). The Association Structures and Sustainability of Methyl Red and Methylene Blue In Water Systems, A Nonionic Surfactant (Tween-40 and Tween-80) and Cyclohexane. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 17(2), 117–125. <https://ijpsat.ijsh-journals.org/index.php/ijpsat/article/view/1421>
- Abdurrahman, N. (2019). *Kurkumin pada Curcuma longa sebagai Tatalaksana Alternatif Kanker*. 6(2). Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
- Ahmad, H. (2001). *Kimia Larutan*. Bandung : Citra Aditia Bakti.
- Akmal, R. F. (2014). *Kelarutan Zat Warna Organik Dalam Gelasi Mikroemulsi Water In Oil pada Sistem Air, Surfaktan, dan Pentanol*. 5. Universitas Negeri Padang
- Amran, A. (2013). *Solubilitas Zat Warna (Dyes) dalam Mikroemulsi dan Kristal Cair dari Sistem Air , Surfaktan dan Kosurfaktan*. Universitas Negeri Padang
- Ardhany, S. D., Puspitasari, Y., Meydawati, Y., & Novaryatiin, S. (2019). Jurnal Sains dan Kesehatan. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 2(2), 122–128.
- Asra, R., Yetti, R. D., Misfadhila, S., Rusdi, Audina, S., Agustina, A., & Nessa. (2019). Aktivitas Antioksidan dari Ekstrak Kering Kulit dan Daging Buah Naga (*Hylocereus lemairei* (Hook) Britton & Rose). *Farmasi Higea*, 11(1).
- Atkins, P., & Paula, J. De. (2009). *Atkins' Physical chemistry 8th edition*. In *Chemistry*.
- Bidyut, P. (2001). *Uses and applications of microemulsions*. 80(8), 990–1001.
- Brady, J. E. (2012). *Kimia Universitas "Asas dan Struktur."* In *Jakarta : Binapura Aksara*.
- Brinker, C. S dan Scherer, W. J. (1990). *Sol-gel Science : The Physics and Chemistry of sol-gel Processing*. San Diego : Academic Press.
- Brown, A. (2010). *Flours and Flour Mixtures. Understanding Food Principles and Preparation*.
- Bustamante, C., & Bustamante, P. (1996). Nonlinear enthalpy-entropy compensation for the solubility of phenacetin in dioxane-water solvent mixtures. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. <https://doi.org/10.1021/js950497o>