

**KELARUTAN PIGMEN ORGANIK DALAM GELASI MIKROEMULSI
WATER IN OIL SISTEM AIR, SURFAKTAN NONIONIK (BRIJ-35),
DAN PENTANOL SERTA APLIKASINYA PADA TINTA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains



**Oleh :
HANNY SRI ASIH
NIM.17036114/2017**

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

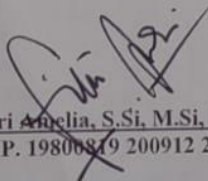
KELARUTAN PIGMEN ORGANIK DALAM GELASI MIKROEMULSI
WATER IN OIL SISTEM AIR, SURFAKTAN NONIONIK (BRIJ 35) DAN
PENTANOL SERTA APLIKASINYA PADA TINTA

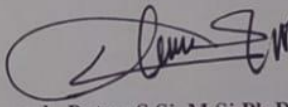
Nama : Hanny Sri Asih
NIM : 17036114
Program Studi : Kimia (NK)
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2021

Mengetahui:
Ketua Jurusan

Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing


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


Ananda Putra, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 19720127199702 1 002

PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

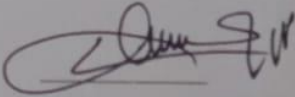
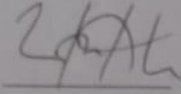
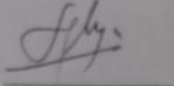
Nama : Hanny Sri Asih
NIM : 17036114
Program Studi : Kimia (NK)
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

KELARUTAN PIGMEN ORGANIK DALAM GELASI MIKROEMULSI *WATER IN OIL* SISTEM AIR, SURFAKTAN NONIONIK (BRIJ 35) DAN PENTANOL SERTA APLIKASINYA PADA 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	: Umar Kalmar Nizar, S.Si, M.Si, Ph.D	
Anggota	: Dra. Sri Benti Etika, M.Si	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Hanny Sri Asih
NIM : 17036114
Tempat/Tanggal lahir : Padangsidempuan/ 16 Desember 1999
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : **Kelarutan Pigmen Organik Dalam Gelasi
Mikroemulsi *Water In Oil* Sistem Air, Surfaktan
Nonionik (Brij 35) Dan Pentanol Serta
Aplikasinya Pada Tinta**

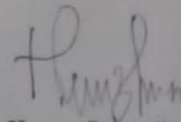
Dengan ini menyatakan bahwa :

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



Hanny Sri Asih
NIM : 17036114

Kelarutan Pigmen Organik dalam Gelasi Mikroemulsi *Water In Oil* Sistem Air, Surfaktan Nonionik (*Brij-35*), dan Pentanol serta Aplikasinya pada Tinta

Hanny Sri Asih

ABSTRAK

Penelitian tentang kelarutan pigmen organik dalam gelasi *mikroemulsi water in oil* (w/o) sistem air, surfaktan nonionik (Brij 35) dan pentanol dapat diaplikasikan pada tinta *ballpoint*. Tujuan dari penelitian ini adalah preparasi gel dari mikroemulsi (w/o) menggunakan metode sol gel dan menentukan kelarutan zat warna organik dari kulit buah naga (*Hylocereus polyrhizus*), kunyit (*Curcuma longa Linn*) dan bunga telang (*Clitoria ternatea L.*) dalam gelasi mikroemulsi (w/o), menentukan nilai densitas serta indeks bias dalam gelasi mikroemulsi (w/o). Preparasi gel yang dilakukan dengan metode sol-gel pada suhu rendah dengan penambahan TEOS dan etanol dengan perbandingan 1:8 mol yang terhidrolisis dengan air untuk membentuk gel. Zat warna organik dari kulit buah naga (*Hylocereus polyrhizus*), kunyit (*Curcuma longa Linn*) dan bunga telang (*Clitoria ternatea L.*) yang dilarutkan dalam gelasi mikroemulsi (w/o) dan dihitung jumlah maksimum kelarutannya pada sol mikroemulsi (w/o) serta diuji nilai densitas dan indeks biasnya. Persen kelarutan zat warna organik dari bubuk kunyit pada pH 4,5 dan 9,5 adalah 2,41832% dan 2,61402%. Untuk bubuk bunga telang pada pH 4,5 dan 9,5 adalah 1,21274% dan 1,6136 %. Sedangkan untuk bubuk kulit buah naga pada pH 4,5 dan 9,5 adalah 0,81232% dan 0,81748%. Pengujian indeks bias untuk melihat tingkat kehomogenan dari larutan tertinggi adalah kunyit pada pH 4,5 dan 9,5 adalah 1,4024 dan 1,4034. Pengujian densitas untuk melihat tingkat kepekatan zat warna organik. Nilai yang terbesar adalah kunyit 0,88778g/cm³ dan 0,88912g/cm³ pada pH 4,5 dan 9,5. Adapun hubungan antara kelarutan dengan densitas dan indeks bias adalah semakin tinggi kelarutan zat warna maka semakin tinggi nilai indeks bias dan densitas dan semakin pekat warna tinta yang dihasilkan sehingga semakin bagus kualitasnya.

Kata kunci : Kelarutan, Sol-Gel, Pigmen Organik, Mikroemulsi *Water in Oil*

Solubility of Organic Pigments in Water In Oil Microemulsion Gelation Water System, Nonionic Surfactants (Brij-35), and Pentanol and its Application on Ink

Hanny Sri Asih

ABSTRACT

Research on the solubility of organic pigments in water in oil microemulsion gelation (w/o) on system of water, nonionic surfactant (Brij 35) and pentane can be applied to ballpoint ink. The purpose of this study was to prepare gels from micro emulsions (w/o) using the sol gel method and determine the solubility of organic dyes from dragon fruit peel (*Hylocereus polyrhizus*), turmeric (*Curcuma longa* Linn) and telang flower (*Clitoria ternatea* L.) in gelation. microemulsion (w/o), determine the value of density and refractive index in microemulsion gelation (w/o). Gel preparation was carried out using the sol-gel method at low temperature with the addition of TEOS and ethanol in a ratio of 1:8 mol which was hydrolyzed with water to form a gel. Organic dyes from dragon fruit skin (*Hylocereus polyrhizus*), turmeric (*Curcuma longa* Linn) and telang flower (*Clitoria ternatea* L.) dissolved in gelation microemulsion (w/o) and calculated the maximum amount of solubility in the microemulsion sol (w/o) and tested the value of density and refractive index. The percent solubility of organic dyes from turmeric powder at pH 4.5 and 9.5 were 2.41832% and 2.61402%, respectively. For the powdered pea flower at pH 4.5 and 9.5 are 1.21274% and 1.6136%, respectively. Meanwhile, dragon fruit peel powder at pH 4.5 and 9.5 were 0.81232% and 0.81748%, respectively. Testing the refractive index to see the level of homogeneity of the highest solution is turmeric at pH 4.5 and 9.5 is 1.4024 and 1.4034. Density testing to see the level of concentration of organic dyes. The largest values were turmeric 0.88778g/cm^3 and 0.88912g/cm^3 at pH 4.5 and 9.5. The relationship between solubility with density and refractive index is that the higher the solubility of the dye, the higher the refractive index and density values and the more concentrated the color of the ink produced, so the better the quality.

Keywords : Solubility, Sol-Gel, Organic Pigment, Microemulsion Water in Oil

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia- Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Kelarutan Pigmen Organik dalam Gelasi Mikroemulsi Water in oil Sistem Air,Surfaktan Nonionik (Brij-35) dan pentanol serta Aplikasinya pada Tinta”**. Skripsi ini diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih atas bimbingan, dorongan dan semangat kepada :

1. Orangtua yang telah memberi doa serta memberi bantuan secara moril dan materil.
2. Bapak Ananda Putra, M.Si., Ph.D selaku Dosen Pembimbing sekaligus PenasehatAkademik.
3. Bapak Umar Kalmar Nizar, M.Si., Ph.D dan Ibu Dra. Sri Benti Etika, M.Si selaku dosenpembahas.
4. Ibu Fitri Amelia,S.Si,M.Si,Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Budhi Oktavia,S.Si, M.Si, Ph.D selaku Ketua Prodi Kimia Jurusan Kimia Universitas NegeriPadang.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang
7. Penata Labor Pendidikan (PLP) Kimia FMIPA, yang telah memberikan bantuan dan dorongan selama penelitian.

8. Teman-teman kimia FMIPA UNP yang telah memberikan masukan dan dorongan kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.

Penulisan skripsi ini, penulis berpedoman kepada buku Panduan Penulisan Skripsi Non Kependidikan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. 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

Hanny Sri Asih

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II. <u>TINJAUAN PUSTAKA</u>	6
A. Surfaktan	6
B. Struktur Asosiasi	9
C. Pentanol.....	10
D. Air	11
E. Kelarutan	12
F. Zat warna organik	12
G. Gelasi	18
H. Indeks bias	19
I. TEOS.....	20
J. Densitas	20
BAB III. METODE PENELITIAN.....	21
A. Waktu dan Tempat	21
B. Variabel Penelitian	21
C. Alat dan Bahan Penelitian.....	22
D. Prosedur Penelitian	22
E. Skema 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. Uji Indeks bias dan densitas.....	37
D. Aplikasi Zat warna.....	41
BAB V. PENUTUP.....	42
A. Kesimpulan	42
B. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur Surfaktan	6
2. Struktur Sodium Dodesil Sulfat	7
3. Struktur HTAB (Aisyah, 2015).....	7
4. Struktur Imidazoline Karboksilat (Rosen, 2004)	8
5. Struktur BRIJ-35	8
6. Skematik (a) mikroemulsi o/w dan (b) mikroemulsi w/o.....	9
7. Struktural Kristal Cair Lamelar (Holmberg et al., 2004)	9
8. Struktural kristal cair heksagonal.....	10
9. Rumus struktur Pentanol	11
10. Rumus molekul H ₂ O	11
11. Buah Naga (<i>Hylocereus polyrhizus</i>)	14
12. Struktur kurkuminoid (Majeed dkk., 1995)	15
13. Kunyit (<i>Curcuma longa</i> Linn).....	16
14. Bunga Telang (<i>Clitoria ternatea</i> L.)	17
15. Struktur senyawa rumus kimia antosianin	17
16. Struktur Kimia TEOS (Tetraethylorthosilicate).....	20
17. (a) Diagram fasa dalam suasana asam pH 4,5 (b) diagram fasa dalam suasana basa pH 9,5 (Gobah, 2014)	27
18. (a) Mikroemulsi w/o dan (b). kristal cair dari air (pH 4,5), Brij 35 dan pentanol	28
19. Ilustrasi jarak antar partikel (a) mikroemulsi <i>water in oil</i> , (b) sol mikroemulsi <i>water in oil</i> dan (c) gel mikroemulsi <i>water in oil</i> (Akmal. 2014).	29
20. (a) mikroemulsi w/o, (b) Sol mikroemulsi w/o, (c) gel mikroemulsi w/o.....	30
21. Bubuk zat warna organik (a) kulit buah naga (b) kunyit (c) bunga telang	32
22. Nilai kelarutan zat warna organik pada pH 4,5 dan 9,5 dalam sol mikroemulsi <i>water in oil</i>	34
23. Perubahan warna kulit buah naga dalam sol mikroemulsi w/o	34
24. Perubahan warna kunyit dalam sol mikroemulsi w/o	35
25. Perubahan warna bunga telang dalam sol mikroemulsi w/o	36
26. Pigmen mengisi rongga gel (Putri, 2017)	36
27. Ilustrasi interaksi antara partikel gel dengan partikel zat warna (Akmal, 2014). .	37

28. Grafik pengukuran indeks bias pada zat warna organik	38
29. Nilai densitas zat warna organik pada sol mikroemulsi w/o	40
30. Aplikasi ballpoint pada zat warna organik (a) kunyit (b) kulit buah naga (c) bunga telang.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pembuatan serbuk bahan organik.....	50
2. Preparasi pH 4,5 dan 9,5	51
3. Preparasi Mikroemulsi <i>water in oil</i>	52
4. Preparasi Gelasi.....	53
5. Uji Kelarutan Zat Warna dari Bahan Organik	54
6. Pengukuran Densitas Zat Warna Organik dalam Gelasi Mikroemulsi w/o untuk tinta <i>Ballpoint</i>	55
7. Pengukuran Indeks Bias Zat Warna Organik dalam Gelasi Mikroemulsi w/o untuk tinta <i>Ballpoint</i>	56
8. Perhitungan Jumlah TEOS yang ditambahkan dalam Mikroemulsi w/o pada pH 4,5 dan 9,5.....	57
9. Preparasi air pada suasana asam dan basa.....	58
10. Nilai Kelarutan zat warna organik	59
11. Nilai indeks bias dan densitas	60
12. Lampiran perhitungan Indeks bias pada suhu ruang 26,8°C	61
13. Nilai pengukuran densitas	63
14. Lampiran Kegiatan.....	67

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang berada di kawasan Asia Tenggara dengan kekayaan alam yang luar biasa. Hasil bumi yang tersebar luas dapat dilihat dari berbagai bidang, seperti bidang pertanian, peternakan, kelautan, kehutanan dan pertambangan. Tanaman dapat tumbuh dengan baik dikarenakan Indonesia terletak pada garis khatulistiwa yang memiliki iklim tropis dan lahan yang subur. Potensi tersebut dapat dimanfaatkan masyarakat dengan cara mengolah menjadi pigmen (zat warna) alami.

Pigmen alami adalah molekul yang terdiri dari gabungan zat organik yang tidak jenuh. Molekul yang berfungsi sebagai pemberi warna disebut dengan kromofor sedangkan pengikat antara warna dengan serat disebut ausokrom (Suheryanto, 2013). Zat warna alami yang berasal dari tanaman memiliki warna bervariasi mulai dari merah, kuning, biru, coklat dan hitam berdasarkan variasi tanaman serta cara memperolehnya. Tanaman dapat menghasilkan zat warna sekitar 2000 pigmen dan 150 diantaranya sudah digunakan. Selain itu, tanaman yang diekstraksi menjadi zat warna alami dapat diklasifikasikan menjadi obat yang berguna sebagai anti bakteri (Visalakshi & Jawaharlal, 2013).

Beberapa pigmen organik yang dapat dimanfaatkan berasal dari kulit buah naga, bunga telang, dan buah kunyit yang dapat diolah menjadi powder halus dan

digunakan sebagai tinta *ballpoint*/printer. Pada kulit buah naga dapat berperan sebagai antioksidan (Nurliyana et al., 2010). Zat warna pada kulit buah naga dan bunga telang disebabkan karena adanya pigmen antosianin yang berperan dalam memberikan warna merah dan biru sebagai pewarna alami (Citramukti, 2008). Zat kurkumin yang terdapat pada kunyit mampu memberikan warna kuning (Fachry et al., 2013).

Setiap tahun lebih dari 10.000 macam pigmen dapat menghasilkan 7×10^5 ton diseluruh dunia. Penggunaan pigmen dalam cakupan yang lebih luas terdapat pada industri tekstil, kosmetik, kertas, percetakan makanan dan sebagian besar terdapat pada bidang surfaktan (Yesilada et al., 2003).

Surfaktan (Surface Active Agent) merupakan suatu senyawa amfipatik yang tersusun dari gugus hidrofilik (suka air) dan hidrofobik serta mampu mereduksi tegangan permukaan dan membentuk mikroemulsi yang menjadikan hidrokarbon dapat larut dalam air (Desai & Banat, 1997). Surfaktan memiliki struktur asosiasi yaitu misel (mikroemulsi minyak dalam air), kristal cair (lamelar atau heksagonal), visikel dan mikroemulsi.

Mikroemulsi merupakan lapisan antar muka dari molekul surfaktan yang menstabilkan sistem dispersi antara air dengan minyak. Mikroemulsi memiliki kelebihan daripada emulsi. Mikroemulsi bersifat stabil secara termodinamika, transparan, viskositasnya rendah dan memiliki daya solubilitas yang tinggi (Lawrence, 2000).

Air yang digunakan ialah aquabidest yaitu air yang dihasilkan dari proses destilasi bertingkat (dua kali proses destilasi). Surfaktan yang digunakan dalam penelitian ini adalah surfaktan nonionik yaitu Brij 35. Surfaktan nonionik merupakan bahan esensial yang memiliki tingkat toksisitas yang banyak digunakan sebagai deterjen, emulgator dan bersifat biodegradabel.

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Puti Lara Gobah (2014) tentang struktur asosiasi dan kelarutan *methyl red* dan *methylene blue* dalam sistem air, brij-35 dan pentanol. Pada penelitian ini dihasilkan kelarutan *methyl red* dalam daerah mikroemulsi w/o lebih besar daripada dalam daerah mikroemulsi o/w, yaitu sekitar 0,0017 g dalam 0,5 g mikroemulsi. Sedangkan kelarutan *methylene blue* lebih banyak terlarut dalam daerah mikroemulsi o/w dibandingkan dalam daerah mikroemulsi w/o yaitu sekitar 0,0017 g dalam 0,5 g mikroemulsi. Zat warna organik dari kulit buah naga, buah kunyit dan bunga telang belum pernah dilakukan maka dilakukan penelitian lanjutan untuk melengkapi ketersediaan akan warna tinta dari bahan organik.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis tertarik untuk meneliti tentang kelarutan zat warna organik dalam gelasi mikroemulsi *water in oil* dari sistem air, surfaktan nonionik (Brij-35) dan pentanol serta aplikasinya pada tinta *ballpoint*. Diharapkan penggunaan zat warna organik alami ini dapat menjadi alternatif karena lebih ekonomis dan mudah didapatkan disamping pewarna buatan serta dapat dijadikan inovasi baru yang lebih ramah lingkungan.

B. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah

1. Kelarutan beberapa bubuk dari zat warna organik kulit buah naga, bunga telang biru, dan kunyit pada daerah mikroemulsi w/o dalam sistem air, surfaktan non ionik (Brij-35), dan pentanol belum pernah dilakukan.
2. Diperlukan penelitian lanjutan untuk melengkapi ketersediaan tinta *ballpoint* yang lebih ramah lingkungan.

C. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis menentukan batasan masalah sebagai berikut

1. Surfaktan Non ionik yang digunakan pada penelitian ini adalah Brij-35.
2. Pelarut minyak yang digunakan dalam penelitian ini ialah pentanol dan pelarut air menggunakan aquabides dengan pengaturan pH 4,5 dan 9,5 menggunakan HNO_3 dan KOH
3. Wilayah mikroemulsi yang digunakan adalah mikroemulsi *water in oil*.
4. Zat warna organik yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit buah naga (mera, kunyit (kuning) dan bunga telang (biru).

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Apakah mikroemulsi *water in oil* sistem air, surfaktan Nonionik (Brij-35) dan pentanol dapat di preparasi menjadigel?
2. Bagaimana kelarutan dari zat warna bahan organik warna merah kulit buah naga, warna kuning buah kunyit, dan warna biru bunga telang dalam gelas

mikroemulsi *water in oil* sistem air, pentanol dan surfaktan nonionik(Brij-35)?

E. Tujuan Penelitian

1. Menentukan posisi wilayah komposisi gelas mikroemulsi *water in oil*.
2. Menentukan kelarutan zat warna organik bubuk kulit buah naga, kunyit dan bunga telang dalam gelas mikroemulsi *water in oil* sistem air, surfaktan non ionik (brij-35) dan pentanol.
3. Menentukan nilai densitas, indeks bias dari zat warna organik dalam gelas mikroemulsi *water in oil* dalam sistem air, surfaktan nonionik (brij-35) dan pentanol.

F. Manfaat Penelitian

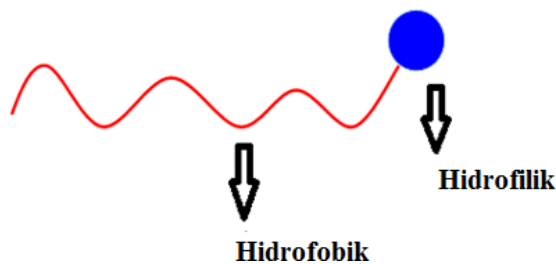
Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah ilmu pengetahuan mengenai kelarutan zat warna organik bubuk kulit buah naga, kunyit dan bunga telang dalam gelas mikroemulsi *water in oil* dari sistem air, surfaktan Nonionik (Brij-35) dan pentanol serta aplikasinya pada tinta *ballpoint*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Surfaktan

Surfaktan (Surface Active Agent) merupakan jenis senyawa yang mempunyai porsi polar dan non polar yang berperan sebagai zat aktif permukaan dalam menghubungkan kelarutan minyak dalam air (Lawrence, 2000). Gugus polar atau gugus kepala bersifat hidrofil sedangkan rantai hidrokarbon yang merupakan bagian lipofil disebut gugus ekor. Surfaktan dikelompokkan menjadi empat jenis berdasarkan gugus kepala (hidrofil) yaitu; kationik, anionik, zwitterionik dan nonionik (Zhou & Zhu, 2005).



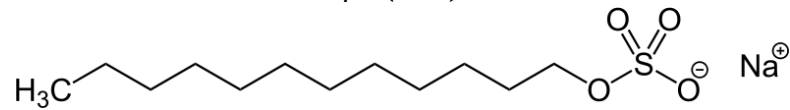
Gambar 1. Struktur Surfaktan

Surfaktan diklasifikasikan menjadi empat jenis berdasarkan muatannya, yaitu :

1. Surfaktan Anionik

Surfaktan anionik merupakan surfaktan yang gugus polarnya (hidrofilik) bermuatan negatif. Surfaktan sintetik yang memiliki sifat yang mirip adalah *Sodium Dodesil Sulfat (SDS)* (Amran, 2013).

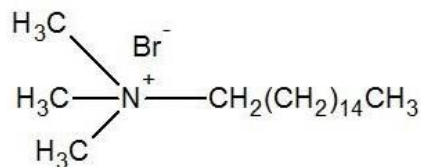
Contohnya adalah *Sodium Dodesil Sulfat (SDS)*



Gambar 2. Struktur Sodium Dodesil Sulfat

2. Surfaktan Kationik

Surfaktan Kationik adalah senyawa amfifilik yang bermuatan positif pada bagian hidrofiliknya. Contoh dari surfaktan kationik adalah *Hexadecyl Trimethyl Ammonium Bromide (HTAB)* (Kosswig, Kurt. Hüls AG, Marl, 2012).

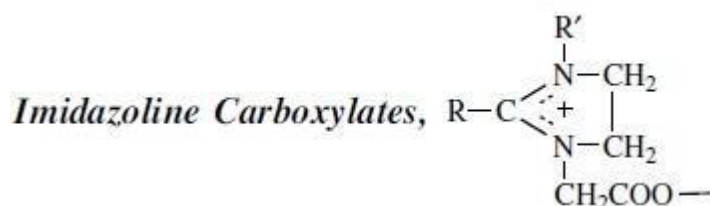


Gambar 3. Struktur HTAB (Aisyah, 2015)

3. Surfaktan Zwitter ionik

Surfaktan Zwitter ionik adalah senyawa bifunctional yang dapat berfungsi baik sebagai surfaktan anionik maupun kationik, tergantung pada pHnya. Surfaktan ini sangat tergantung kepada pH, dimana bersifat kationik pada pH rendah dan anionik pada pH tinggi (Amran, 2013).

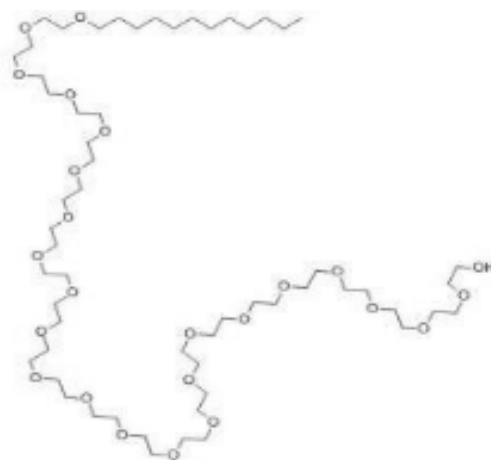
Contoh dari surfaktan amfoterik adalah Imidazoline karboksilat



Gambar 4. Struktur Imidazoline Karboksilat (Rosen, 2004)

4. SurfaktanNonionik

Surfaktan Nonionik adalah surfaktan yang memiliki rentang polaritas yang lebar sehingga dapat berperan sebagai surfaktan atau kosurfaktan (Rouse, J.D., T. Morita, K. Furukawa, 2008). Surfaktan nonionik adalah surfaktan yang pemasarannya terbesar kedua setelah surfaktan anionik sekitar 45 % dari seluruh industri produksi. Contoh dari surfaktan nonionik adalah surfaktan Brij-35. Brij-35 berwujud padatan, berwarna putih, dengan massa molekul relatif 1199,56 g/mol (Merck, 2013). Brij-35 mudah larut dalam air dingin dan minyak nabati, dapat dicampurkan dengan surfaktan lain dan memiliki kestabilan yang cukup tinggi (Gao et al., 2002). Struktur dari molekul Brij-35 dapat dilihat pada gambar5.

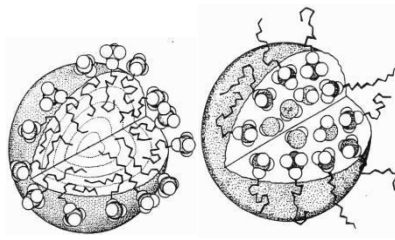


Gambar 5. Struktur BRIJ-35

B. Struktur Asosiasi

1. Mikroemulsi

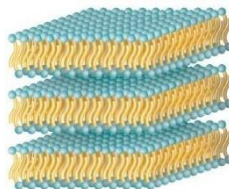
Mikroemulsi adalah dispersi transparan isotropik pada air dalam minyak atau minyak dalam air (Amran, 2013). Mikroemulsi bersifat unik, yaitu viskositas yang rendah, stabilitas termodinamika dan potensi untuk melarutkan cairan yang tidak dapat larut sehingga memiliki kegunaan dalam berbagai bidang. Pembentukan mikroemulsi biasanya membutuhkan kosurfaktan untuk kelarutan sejumlah besar minyak atau air dalam fasa kontinu (Kawakami et al., 1996). Mikroemulsi memiliki dua jenis yang terbentuk dalam sistem, minyak dan kosurfaktan sebagaimana pada gambar6.



Gambar 6. Skematik (a) mikroemulsi *o/w* dan (b) mikroemulsi *w/o*

2. Kristal Cair Lamelar

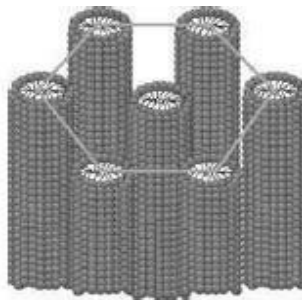
Struktur kristal cair lamelar terbentuk sebagai periodisitas satu dimensi yang berisikan lapisan polar dan nonpolar yang diperluas (Catrien, 2009).



Gambar 7. Struktural Kristal Cair Lamelar (Holmberg et al., 2004)

3. Kristal Cair Heksagonal

Berbeda dengan kristal cair lamelar, pada struktur heksagonal periodisitas yang terjadi adalah dua dimensi dengan konfigurasi batang yang beraturan. Jika konsentrasi air ditambahkan maka akan menyebabkan peningkatan ruang antar lapisan dan mempunyai viskositas yang lebih tinggi daripada kristal cair lamelar (Wang et al., 2005).

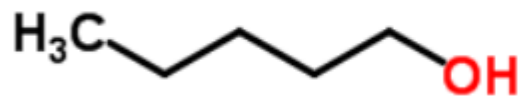


Gambar 8. Struktural kristal cair heksagonal

C. Pentanol

Pentanol adalah bagian dari senyawa alkohol yang memiliki 5 atom karbon dan gugus OH atau ROH. Pentanol mempunyai rumus kimia $C_5H_{11}OH$ yang dapat dilihat pada Gambar 9. Pentanol mempunyai masa molekul relatif 88,15 gram/mol, mempunyai titik didih $137,5^{\circ}C$ (Merck, 2005). Pentanol banyak digunakan sebagai pelarut di bidang industri, bidang farmasi kosmetik dan cat. Pentanol memiliki sifat yang sukar larut dalam air atau bersifat hidrofobik. Kelarutan pentanol dalam air dipengaruhi oleh panjangnya rantai hidrokarbon, semakin panjang rantai hidrokarbon maka kelarutan pentanol dalam air semakin rendah. Sifat hidrofobik dari pentanol dapat mengalahkan sifat hidrofilik dari suatu gugus hidroksil. Pentanol dapat dibuat

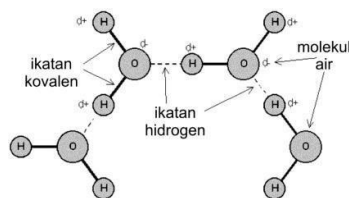
dengan distilasi fraksional dari minyak fusul yang berfungsi untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil (Fessenden, 1982). Pentanol juga dapat berfungsi sebagai kosurfaktan dalam pembentukan mikroemulsi. Karena dalam sistem mikroemulsi, kosurfaktan berfungsi sebagai penghubung surfaktan rantai tunggal yang tidak mampu bekerja dengan baik untuk menurunkan tegangan permukaan (Lee, 2010).



Gambar 9. Rumus struktur Pentanol

D. Air

Molekul air atau H₂O adalah substansi kimia yang terdiri dari atom oksigen dan berikatan kovalen dengan dua atom hidrogen. Air berbentuk cairan yang tidak berasa, tidak berbau dan berwarna bening. Kedua atom hidrogen melekat di satu atom oksigen dengan sudut 104,5° seperti pada Gambar 10. Sisi hidrogen molekul air bermuatan positif dan sisi oksigen bermuatan negatif, disebabkan adanya perbedaan elektronegativitas antara H dan O sehingga molekul air dapat ditarik oleh senyawa lain yang bermuatan positif dan negatif (A & Ratnaningsih, 2008).



Gambar 10. Rumus molekul H₂O

E. Kelarutan

Kelarutan merupakan konsentrasi zat terlarut yang dapat larut di dalam larutan jenuhnya pada suhu dan tekanan tertentu dan dapat juga diartikan sebagai pembentukan dispersi molekuler karena adanya interaksi spontan dari dua atau lebih zat (Firliah, 2013).

Ada tiga jenis larutan yaitu: larutan jenuh, larutan lewat jenuh dan larutan tidak jenuh. Larutan jenuh adalah larutan dimana zat terlarut berada dalam keadaan setimbang dengan fase padat. Larutan lewat jenuh adalah suatu larutan yang mengandung zat terlarut dengan konsentrasi berlebih dari seharusnya pada temperatur tertentu serta terdapat zat terlarut yang tidak larut. Sedangkan larutan tidak jenuh adalah suatu larutan yang mengandung zat terlarut dengan konsentrasi lebih sedikit daripada yang dibutuhkan pada temperatur tertentu untuk penjenuhan yang sempurna (Widyaningsih, 2009).

F. Zat warnaorganik

1. BuahNaga

Dragon Fruit atau buah naga memiliki zat bioaktif yang berfungsi sebagai antioksidan bagi tubuh yang terdapat pada anthosianin, betakaroten, asam askorbat dan pektin. Disisi lain, buah naga memiliki kandungan mineral yaitu fosfor, besi, kalsium dan beberapa vitamin seperti vitamin C, Vitamin B1, Vitamin B2, dan Vitamin B3. Kadar kemanisan yang dimiliki buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) lebih tinggi daripada buah naga putih (*Hylocereus undatus*) yang mencapai 13-150 Brix dan kadar kemanisannya setara dengan buah naga *super red*

(*Hylocereus costaricensis*), tetapi mempunyai kelebihan tersendiri yaitu jumlah yang melimpah karena mudah didapatkan setiap waktu. Kandungan antosianin pada kulit buah naga yaitu 22,593 ppm kulit buah naga daging merah dan 16,736 ppm kulit buah naga daging putih; sedangkan dalam kulit buah naga super merah kadar antosianin sebesar $58,0720 \pm 0,0001$ mg/L (Lestario, dkk 2011). Buah naga merah berwarna mencolok dan menarik, yang dimana jika warna buahnya semakin merah maka kandungan betakarotennya semakin tinggi (Francis & Markakis, 2009).

Bagian kulit buah adalah 30-35% dari buah naga tetapi sering tidak dipakai dan menjadi limbah sampah. Pigmen antosianin yang berperan dalam memberikan warna alami terdapat dalam kulit buah naga. Antosianin adalah pigmen yang berfungsi memberikan warna merah dan memiliki kemampuan sebagai alternatif pada pewarna sintetis yang lebih terjamin kesehatan dan keamanannya serta pewarna alami yang digunakan dalam bidang pangan (Citramukti, 2008). Antosianin merupakan gugus zat warna berwarna merah hingga biru yang terdapat pada sekelompok tanaman (Abbas, 2003).

Berdasarkan kepolarannya dalam pelarut universal, antosianin dalam tumbuhan berada dalam bentuk aglikon yang dikenal sebagai antosianidin dan antosianin dalam bentuk glikon sebagai gula yang diikat secara glikosidik membentuk ester dengan monosakarida (glukosa, galaktosa, ramnosa, dan pentosa) (Lee, dkk. 2017) atau dapat dikatakan, adanya proses hidrolisis pada reaksi esterifikasi sebuah antosianidin (aglikon) dengan satu atau lebih glikon (gugus gula) dapat membentuk antosianin (Santoni, dkk. 2013). Hingga kini di alam terdapat lebih dari 700 jenis antosianin

yang diisolasi dari berbagai jenis tanaman dan telah diidentifikasi, beberapa diantaranya yang memegang peranan penting dalam bahan pangan yaitu pelargonidin, sianidin, peonidin, delphinidin, petunidin, malvidin, dan glikosida-glikosida antosianidin (Karnjanawipagul dkk. 2010).



Gambar 11. Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*)

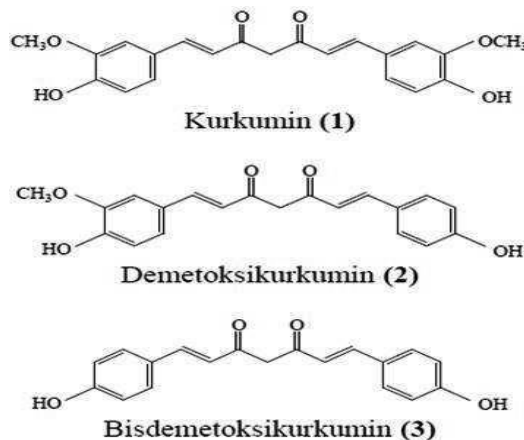
2. Kunyit

Kunyit adalah pigmen alami yang mudah ditemukan, harganya terjangkau, *biodegradable* dan tidak bersifat karsinogenik. Kurkumanoid adalah pigmen aktif yang berperan dalam memberikan warna kuning pada kunyit serta mewarnai jaringan tumbuhan. Kurkumin mempunyai struktur molekul $C_{12}H_{20}O_6$ (Saputra & Ningrum, 2008).

Kurkuminoid merupakan senyawa dari gugus fenolik yang tersusun atas kurkumin, monodesmetokurkumin, dan bidesmetokurkumin (Saputra dkk., 2009). Komponen yang khas dan dapat memberikan warna kuning adalah kurkumin (1,7-bis(4-hidroksi-3-metoksifenil)-1,6-heptadien, 3,5-dion. Kurkuminoid memiliki kandungan zat yang terdapat dalam sebuah pigmen yang disebut dengan kurkumin (Jaruga et al., 1998).

Senyawa kurkumin yang dapat larut dalam pelarut polar seperti etanol dengan tingkat kepolaran yang berbeda dan tidak dapat larut dalam air. Kurkumin dan dua

turunan demethoxy, demethoxycurcumin dan bisdemethoxycurcumin, adalah kurkuminoids utama dalam kunyit, yang memiliki aktivitas anti kanker, antiinflamasi, neuroprotektif, anti- Alzheimer dan anti oksidan. Senyawa kunyit mengandung karbohidrat (69,4%), protein (6,3%), lemak (5,1%), mineral (3,5%), dan kelembaban (13,1%). Kurkuminoids terdiri dari kurkumin(77%), demethoxycurcumin (DMC; 17%), dan bisdemethoxycurcumin (BDMC; 3%). Struktur kurkumin beserta dua derivatnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 12. Struktur kurkuminoid (Majeed dkk., 1995)

Alasan penggunaan kunyit sebagai alternati utama yang digunakan sebagai pewarna alami adalah karena kurkumin lebih aman digunakan meskipun tingkat kestabilan terhadap panas, cahaya dan tingkat keasaman tidak menentu (Kwartiningsih, 2009).



Gambar 13. Kunyit (*Curcuma longa* Linn)

3. BungaTelang

Tanaman bunga telang mempunyai pigmen alami warna biru yang berasal dari antosianin dan memiliki kemampuan untuk mempengaruhi karakteristik bunga telang (Tantituvanont et al., 2008). Antosianin berperan dalam memberikan pigmen biru, merah hingga ungu pada sebagian besar jenis buah, bunga hingga daun. Bunga telang memiliki kandungan pigmen antosianin sebanyak 40,58 mg/L (Kusrini et al., 2017).

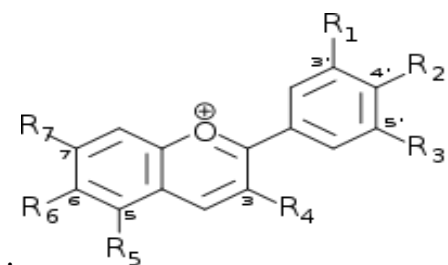
Antosianin memiliki kadar yang tinggi pada bunga telang dapat dimanfaatkan sebagai pewarna alami untuk rambut. Kadar senyawa aktif pada bunga telang berupa flavonoid ($20,07 \pm 0,55$ mg), antosianin ($5,40 \pm 0,23$ mg), flavonol glikosida ($14,66 \pm 0,33$ mg), Kaempferol glikosida ($12,71 \pm 0,46$ mg), Quersetin glikosida ($1,92 \pm 0,12$ mg), Mirisetin glikosida ($0,04 \pm 0,01$ mg) (Kazuma, 2003).

Antosianin lebih mudah larut dalam air karena bersifat polar daripada pelarut non polar. Oleh karena itu, antosianin berpotensi larut dalam pelarut seperti eter karena mempunyai molekul yang dapat terionisasi dengan baik pada pelarut polar (Catrien, 2009).



Gambar 14. Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.)

Secara kimia antosianin merupakan turunan struktur aromatik tunggal, yaitu sianidin, dan semuanya terbentuk dari pigmen sianidin dengan penambahan atau pengurangan gugus hidroksil, metilasi dan glikosilasi (Harborne 2005). Antosianin adalah senyawa yang bersifat amfoter, yaitu memiliki kemampuan untuk bereaksi baik dengan asam maupun dengan basa. Dalam media asam antosianin berwarna merah, dan pada media basa berubah menjadi ungu dan biru (Man 1997). Kestabilan antosianin dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain pH, suhu, cahaya, dan oksigen (Basuki dkk, 2005). Warna diberikan oleh antosianin berdasarkan susunan ikatan rangkap terkonjugasinya yang panjang, sehingga mampu menyerap cahaya pada rentang cahaya tampak. Sistem ikatan rangkap terkonjugasi ini juga yang mampu menjadikan antosianin sebagai antioksidan dengan mekanisme penangkapan radikal (Low dkk, 2007).



Gambar 15. Struktur senyawa rumus kimia antosianin

Antosianin adalah metabolit sekunder dari famili flavonoid, dalam jumlah besar ditemukan dalam buah-buahan dan sayur-sayuran (Supriyono 2008). Antosianin adalah suatu kelas dari senyawa flavonoid, yang secara luas terbagi dalam polifenol tumbuhan. Flavonol, flavan-3-ol, flavon, flavanon, dan flavanonol adalah kelas dari flavonoid yang berbeda dalam oksidasi antosianin. Senyawa flavonoid tidak berwarna atau kuning pucat (Sundari 2008).

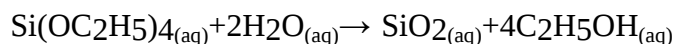
G. Gelasi

Gelasi adalah suatu proses perubahan cairan menjadi padat dengan adanya pembentukan ikatan kimia atau fisik antar molekul cairan yang menghasilkan pembentukan gel. Metode yang digunakan adalah metode sol gel yang memiliki tahapan sebagai berikut :

1. Hidrolisis

Pada proses hidrolisis, bahan awal yang berupa alkoksida dilarutkan dalam alkohol yang mengalami hidrolisis dengan ditambahkannya air dalam keadaan asam, basa, dan netral untuk membentuk sol koloid yang merupakan suatu sistem yang memiliki partikel-partikel yang terdispersi dalam sebuah pelarut (Chrusciel, J., 2003).

Reaksinya adalah sebagai berikut :



2. Kondensasi

Pada proses kondensasi, gugus hidroksil akan bereaksi dengan gugus etoksi dari TEOS yang lain untuk menghasilkan matrik silika.

3. Aging(Pematangan)

Pada proses pematangan, terjadi reaksi pembentukan jaringan gel yang lebih kuat, kaku, dan menyusut didalam larutan serta dilakukan pada suhu 60-80°C.

4. *Drying*(pengeringan)

Pada proses drying, dilakukan penguapan larutan dengan menghilangkan pelarut residu yang bertujuan untuk menghasilkan struktur gel dengan luas permukaan tinggi (Akmal,2014).

H. Indeks bias

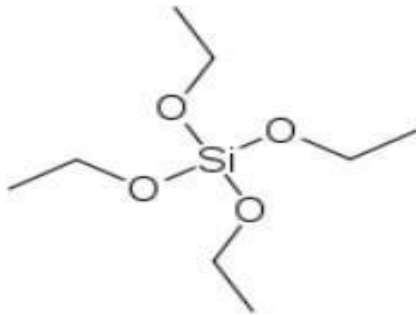
Indeks bias tidak memiliki satuan karena hanya merupakan perbandingan. Pengukuran indeks bias yang dilakukan pada suhu ruang dikonversi ke suhu 20°C dengan menggunakan rumus :

$$n_{\text{sample}} = n_T + (T - 20) \times 0.0005 \dots\dots\dots (1)$$

Peristiwa pembiasan cahaya digunakan sebagai dasar mengukur indeks bias zat cair dengan menggunakan refraktometer ABBE. Lapisan tipis dari cairan ditempatkan diantara dua prisma. Cahaya dari lampu natrium diatur pada sisi prisma bagian bawah yang lebih rendah dengan bantuan sebuah cermin. Sinar yang memiliki sudut bias lebih besar dari pembiasan yaitu pada sudut 90°C. Dengan demikian pada teleskop dapat terlihat dua pita yaitu pita terang dan pita gelap. Prisma pada refraktometer diputar dengan bantuan sebuah tombol disamping samping kawat silang teleskop bertepatan dengan tepi pita terang. Pointer yang melekat pada prisma akan menunjukkan indeks bias pada skala yang telah dikalibrasi untuk dapat membaca indeks bias secara langsung (Fernandes, 2012).

I. TEOS

Tetraethylorthosilicate merupakan bahan utama (prekursor) dalam pembentukan nanopartikel silika dan merupakan bahan yang umumnya mengandung alkoksida untuk mempermudah kondisi pada reaksi sol gel (Pradipta Arjasa & Raharjo, 2012). TEOS (*Tetraethylorthosilicate*) memiliki rumus kimia $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ yang apabila bereaksi dengan air akan membentuk $\text{Si}(\text{O}_2)$. TEOS bersifat polar, memiliki titik leleh -77°C dan titik didih $168\text{-}169^\circ\text{C}$. Pada suhu 20°C TEOS memiliki densitas $0,933\text{ g/ml}$ sedangkan air memiliki densitas $0,998\text{ g/ml}$ sehingga air memiliki kepolaran yang sama dengan air (Guido, 2015).



Gambar 16. Struktur Kimia TEOS (*Tetraethylorthosilicate*)

J. Densitas

Densitas (massa jenis) adalah hubungan antara massa dengan volume. Suatu benda yang mempunyai densitas yang tinggi. Massa jenis merupakan pengukuran massa tiap satuan volume benda. Jika massa jenisnya tinggi maka massa setiap volumenya semakin tinggi. Total massa dibagi dengan total volume disebut dengan massa jenis. Untuk mengetahui nilai densitas, yaitu dengan membagi massa dengan volume benda. Salah satu kegunaan nilai densitas yaitu untuk menentukan jenis suatu materi (Alim et al., 2017).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Berdasarkan penelitian sebelumnya (Gobah, 2014) didapatkan ilayah mikroemulsi w/o didapatkan titik komposisi air 25%, brij 35 37% dan pentanol 38% dilakukan menggunakan metode sol gel dimana gel yang dihasilkan berbentuk semi padat.
2. Jumlah kelarutan kunyit dalam sol mikroemulsi w/o sebesar 2,41832% pada pH 4,5 dan 2,61402% pada pH 9,5. untuk bunga telang hanya 1,21274% pada pH 4,5 dan 1,6136 % pada pH 9,5. Sedangkan untuk kulit buah naga menunjukkan kelarutan terendah 0,81232% pada pH 4,5 dan 0,81748% pada pH 9,5. 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 1,4024 (pH air 4,5) dan 1,4034 (pH air 9,5). Untuk bunga telang 1,4004 (pH air 4,5) dan 1,4014 (pH air 9,5). Untuk buah naga 1,3984 (pH air 4,5) dan 1,3994 (pH air 9,5).
b. Nilai densitas untuk kunyit $0,88778\text{g/cm}^3$ (PH air 4,5) dan $0,88912\text{g/cm}^3$ (PH air 9,5). Untuk bunga telang $0,8793\text{g/cm}^3$ (pH air 4,5) dan $0,8872\text{g/cm}^3$ (pH air 9,5). Untuk buah naga $0,86044\text{g/cm}^3$ (PH air 4,5) dan $0,87543\text{g/cm}^3$ (pH air 9,5).
Warna gel yang dihasilkan dari kunyit, bunga telang dan buah naga secara berurutan adalah kuning, biru dan rosewood.

B. Saran

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

DAFTAR PUSTAKA

- A, A. A., & Ratnaningsih, N. (2008). *Bahan Ajar Kimia Dasar*. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- A. Putra, A. Putra, S. Masriati, U.K. Nizar, and A. Amran, "The Association Structures and Sustainability of Methyl Red and Methylene Blue In Water System, A Nonionic Surfactants (Tween-40 and Tween-80) And Cyclohexane, " *Int. J. Progress. Sci. Technol.*, vol. 17, No.2, pp.117-125, 2019.
- Abbas, A. (2003). *Identifikasi dan Pengujian Stabilitas Pigmen Antosianin Bunga Kana (Canna coccinea Mill.) serta Aplikasinya pada Produk Pangan*. Universitas Muhammadiyah, Malang.
- Aisyah, N. (2015). Kelarutan Zat Warna Organik Dalam Gel Mikroemulsi *Water in oil* Pada Sistem Air, Surfaktan Dan Sikloheksana. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 1(2), 19–24.
- Akmal, R. F. (2014). *Kelarutan Zat Warna Organik Dalam Gelasi Mikroemulsi Water in oil Pada Sistem Air, Surfaktan, Dan Pentanol*. Universitas Negeri Padang, Padang.
- Alim, M. I., Firdausi, A., & Nurmalasari, M. D. (2017). Densitas dan Porositas Batuan. *Fisika Laboratorium, January 2017*, 1–3.
- Amran, A. (2013). Mikroemulsi, Kristal Cair dan Aplikasinya. *Orasi Ilmiah Pengukuhan Guru Besar, Bidang Kimia Fisika Pada FMIPA Universitas Negeri Padang, Padang, UNP Press*, 28(3), 17–25.
- Barba-Espin, G., Glied, S., Crocoll, C., Dzhanfezova, T., Joernsgaard, B., Okkels, F., Lutken, H., & Muller, R. 2017. Foliar-Applied Ethephon Enhances The Content of Anthocyanin of Black Carrot Roots (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.). *BMC Plant Biology* 17 (70): 1-11.
DOI: 10.1186/s12870-017-1021-7.
- Basuki, N., Harijono, Kuswanto, & Damanhuri. 2005. Studi Pewarisan Antosianin pada Ubi Jalar. *Agrivita* 27 (1): 63 – 68. ISSN: 0126 – 0537.
- Bogush, G.H.; Tracy, M.A.; Zukoski, C.F. 1988. *Preparation of monodisperse silica particles: Control of size and mass fraction*. *Journal of Non-Crystalline Solids*. 104 (1): 95–106. doi:10.1016/0022-3093(88)90187-1.
- Brinker, C. S. dan Scherer, W. J. 1990. *Sol-gel Science : The Physics and Chemistry of Sol-gel Processing*. San Diego : Academic Press.
- Catrien. (2009). Pengaruh Kopigmentasi Pewarna Alami Antosianin dari Rosela. *Canrea Journal*, 2(1), 32–37.