

## EKSTRAKSI LIMBAH HATI NANAS SEBAGAI BAHAN PEWARNA MAKANAN ALAMI DALAM TANGKI BERPENGADUK

Adrian Nur<sup>\*)</sup>, Arif Jumari<sup>\*)</sup> dan Endang Kwartiningsih<sup>\*)</sup>

<sup>\*)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNS

**Abstract:** *The use of synthetic colourants as additive materials for food consumption has very high health risk because they contain many dangerous materials like heavy metals. In consequence, it is required to conduct a continuous development to find various natural colourant from organic materials, which is more acceptable for human's body. Pineapple is one of popular fruit in Indonesia. The consumption is not only in household scope, but also in industrial scope, like jam industry. Exploiting in this industrial scale yield various waste like husk and hard pineapple liver. This hard pineapple liver contain a number of caroten pigment, and can be extracted to get some natural colourant. The research aims was to know volumetric mass transfer coefficient ( $k_c a$ ) of pineapple liver waste extraction process. The research was carried out in a tank with agitation at various speed turn around of agitation, compiling an equation that links speed turn around of agitation with  $k_c a$  value, and do the proper test for the natural colourant product. The research results an equation that links speed turn around of agitation with  $k_c a$  value in the speed turn around of agitation range between 400 to 1000 rpm.*

$$\left[ \frac{k_c a \times d_i^2}{D_L} \right] = 0.2873 \times \left[ \frac{\rho \times N \times d_i^2}{\mu} \right]^{0.6071}$$

*Microbiological test and organoleptic test show that the natural colourant safe for additive material in food consumption.*

**Keywords :** *pineapple liver waste, extraction, colourant*

### PENDAHULUAN

Sejak zat pewarna sintetis ditemukan, penggunaan zat warna alami mengalami penurunan. Zat pewarna sintetis terbukti lebih murah sehingga lebih menguntungkan dari segi ekonomis. Pewarna sintetis ada yang layak digunakan sebagai pewarna makanan, namun kebanyakan digunakan dalam industri tekstil. Tetapi harga pewarna sintetis untuk makanan cenderung lebih mahal, sehingga pewarna sintetis untuk tekstil akhirnya juga sering digunakan sebagai pewarna makanan. Contohnya pewarna Rhodamin yang sekarang ini marak digunakan oleh penjaja makanan kecil. Padahal di dalam pewarna sintetis ini banyak terkandung bahan yang berbahaya bagi kesehatan manusia, misalnya kandungan logam berat seperti krom (Cr), timah (Sn), tembaga (Cu), seng (Zn), dan lain-lain yang tidak dapat dihancurkan dalam sistem cerna manusia dan akan terakumulasi di dalam tubuh. Dampak jangka panjang yang ditimbulkan bisa bermacam-

macam, seperti kanker, kerusakan otak, dan lain-lain.

Penggunaan zat pewarna alami khususnya untuk makanan, perlu digalakkan karena lebih aman dari segi kesehatan. Bahan pewarna alami yang selama ini sering digunakan misalnya didapat dari jati (coklat merah), daun suji (hijau), dan kunyit (kuning). Selain itu tidak menutup kemungkinan pemanfaatan bahan-bahan lain seperti hati buah nanas yang mengandung pigmen  $\beta$ -karoten.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui koefisien transfer massa volumetris ( $k_c a$ ) proses ekstraksi limbah hati nanas pada tangki berpengaduk pada berbagai kecepatan putar pengadukan, menyusun persamaan yang menghubungkan variabel berubah yaitu kecepatan putar pengadukan dengan koefisien transfer massa volumetris ( $k_c a$ ) dalam suatu hubungan kelompok tak berdimensi, dan menguji ekstrak nanas yang dihasilkan dari proses ekstraksi limbah hati nanas pada

makanan dan melakukan analisa kelayakan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Nanas (*Ananas comosus* (L) Merr)

Tanaman nanas (*Ananas comosus* (L) Merr) sudah lama dikenal di Indonesia, namun tanaman nanas ini bukanlah merupakan tanaman asli dari Indonesia. Tanaman nanas berasal dari Amerika Selatan dan Hindia Barat. Penyebaran tanaman nanas di Indonesia hampir merata terdapat di semua daerah. Sedangkan mengenai kondisi zat warna alami yang terdapat di dalam buah nanas menurut Magisted adalah karoten dan sejumlah kecil *xantofil*. (Muljohardjo, 1984)

Selama ini pemanfaatan nanas hanya terbatas pada daging buahnya saja, sementara kulit dan bonggol nanas tersebut masih memiliki manfaat, antara lain kemampuannya untuk mempercepat proses fermentasi tempe, dan pembuatan zat pewarna alami (*natural colourant*). (<http://pasti.itgo.com>)

### Zat Pewarna

Zat pewarna makanan terbagi dalam dua kelompok yaitu *certified color* dan *uncertified color*. *Uncertified color* merupakan zat pewarna alami berupa ekstrak pigmen dari tumbuh-tumbuhan atau hewan dan zat pewarna mineral. Penggunaan zat warna jenis ini bebas dari sertifikasi. Contoh zat pewarna alami yang biasa digunakan pada bahan makanan adalah :

1. Karoten yang menghasilkan warna jingga sampai merah. Biasanya digunakan untuk mewarnai produk-produk minyak dan lemak seperti minyak goreng dan margarin.
2. Biksin yang memberikan warna kuning mentega sampai kuning buah persik. Biksin diperoleh dari biji pohon *Bixa orellana* yang terdapat di daerah tropis. Biksin sering digunakan untuk mewarnai mentega, margarin, minyak jagung dan *salad dressing*.
3. Karamel, berwarna coklat gelap hasil dari pemanasan terkontrol molase, hidrolisis (pemecahan) zat

pati, dekstrosa, gula pasir, laktosa, sirup malt, dan gula invert. Karamel terdiri dari tiga jenis : karamel tahan asam yang digunakan untuk minuman berkarbonat (misalnya soda), karamel cair untuk roti, biskuit, dan cake, serta karamel kering.

4. Titanium Oksida, berwarna putih dan bisa memberikan kesan warna *opaque*.
5. Choniceal, diperoleh dari hewan *Coccus cacti* betina yang dikeringkan (hewan ini hidup pada sejenis kaktus di kepulauan Canary dan Amerika Selatan), bisa memberikan warna merah.
6. Karmin, diperoleh dengan cara mengekstraksi asam karminat dan dilapisi aluminium. Biasa digunakan untuk melapisi bahan berprotein, berwarna merah jambu.

*Certified color* atau pewarna sintesis tidak dapat digunakan secara sembarangan. Di negara maju, pewarna jenis ini harus melalui proses sertifikasi terlebih dahulu sebelum digunakan pada bahan makanan. Di Indonesia, peraturan penggunaan zat pewarna sintetik baru dibuat pada tanggal 22 Oktober 1973 melalui SK menkes RI no 11332/A/SK/73. Sedangkan di Amerika Serikat aturan pemakaian warna sintetik sudah dikeluarkan sejak tahun 1906. peraturan ini dikenal dengan *Food and Drug Act (FDA)* yang mengizinkan penggunaan tujuh macam zat pewarna sintesis yaitu orange no.1, erythrosin, ponceau 3R, amaranth, indigotine, naphthol-yellow, dan light green.

Contoh pewarna sintetik yang bisa digunakan pada bahan makanan: FD&C Red no.2, FD&C Yellow no.5 (Tartazine), FD&C Yellow no.6 (Snset Yellow), FD&C Red no.4 (Panceau SX), FD&C Blue no.1 (Brilliant Blue), FD&C Green no.3 (Fast Green), dll. Contoh pewarna sintesis di atas merupakan jenis pewarna sintesis yang sudah mendapatkan sertifikasi dari pemerintah, artinya sudah layak bila digunakan sebagai pewarna makanan. (<http://www.pikiran-rakyat.com>)

## LANDASAN TEORI

Pengambilan zat warna alami limbah hati nanas dengan aquades adalah proses perpindahan massa zat warna dari padatan (limbah hati nanas) ke fase cairan (aquades) yang disebut proses ekstraksi padat-cair (leaching). Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan tangki berpengaduk (batch) dikarenakan bonggol nanas memiliki sifat dapat terbiodegradasi. Kecepatan transfer massa zat warna dari permukaan padatan ke cairan mengikuti persamaan :

$$N_A = k_c (C_A^* - C_A) \quad \dots (1)$$

Karena luas permukaan sulit dievaluasi maka digunakan faktor  $a$  yang menunjukkan luas muka transfer massa antar permukaan persatuan volum total.

Persamaan menjadi :

$$N_{AV} = k_c a (C_A^* - C_A) \quad \dots (2)$$

$C_A^*$  adalah konsentrasi zat warna dalam larutan yang setimbang dengan kadar zat warna pada permukaan padatan. Hubungan kesetimbangan antara konsentrasi zat warna alami dalam padatan dan pada larutan dianggap mengikuti hukum Henry.

$$C_A^* = H \cdot X_A \quad \dots (3)$$

Neraca massa zat warna klorofil dalam cairan di dalam tangki adalah sebagai berikut :

$$R_{in} - R_{out} + R_{terlarut} = R_{acc} \quad \dots (4)$$

Untuk sistem batch,  $R_{in} = R_{out} = 0$

$$k_c a (C_A^* - C_A) V = V \frac{dC_A}{dt} \quad \dots (5)$$

Neraca massa total zat warna dalam sistem batch tersebut didapat :

$$X_0 \cdot N = X_A \cdot N + C_A \cdot V_i \quad \dots (6)$$

$$X_A = X_0 - C_A \cdot \frac{V_i}{N} \quad \dots (7)$$

Setelah jenuh,  $C_A = C_A^*$  sehingga persamaan (6) berubah menjadi :

$$X_A = X_0 - C_A^* \cdot \frac{V_i}{N} \quad \dots (8)$$

Substitusi persamaan (7) ke persamaan (3) diperoleh :

$$C_A^* = H \left( X_0 - \left( \frac{V_i}{N} \right) C_A \right) \quad \dots (9)$$

Substitusi persamaan (9) ke persamaan (5) diperoleh :

$$\frac{dC_A}{dt} = k_c a \left( H \left( C_0 - \frac{V_i}{N} C_A \right) - C_A \right) \quad \dots (10)$$

Persamaan (11.2.10) dapat disusun ulang menjadi :

$$\frac{dC_A}{dt} + \left( k_c a H \frac{V_i}{N} + k_c a \right) C_A = k_c a H C_0 \quad \dots (11)$$

$$\text{Misal : } m = k_c a H \frac{V_i}{N} + k_c a$$

$$n = k_c a H C_0$$

Sehingga persamaan (11) dapat diubah menjadi :

$$\frac{dC_A}{dt} + m C_A = n \quad \dots (12)$$

Persamaan (12) merupakan persamaan diferensial ordiner orde 1. Penyelesaian secara analitis dengan kondisi batas saat  $t = 0$ ,  $C_A = 0$  dan saat  $t = t$ ,  $C_A = C_A$  diperoleh :

$$C_A = \frac{n}{m} - \frac{n}{m} e^{(-mt)} \quad \dots (13)$$

Dari persamaan (12) dapat dilihat bahwa dibutuhkan data  $C_A$  pada berbagai waktu. Nilai  $k_c a$  tidak dapat diukur langsung dari hubungan  $C_A$  dan  $t$ . Penentuan nilai  $k_c a$  dilakukan dengan mencoba-coba kemudian membandingkan data hasil percobaan laboratorium dengan hasil simulasi model matematis.

Simulasi model matematis memberikan nilai kadar pewarna dalam larutan sebagai fungsi waktu jika harga  $k_c a$  diketahui. Harga  $k_c a$  ditentukan dengan cara trial dengan metode minimasi *Golden-Section*. Harga  $k_c a$  optimum apabila memberikan nilai SSE (*Sum of Square of Errors*) minimum. Nilai SSE didapat dari persamaan:

$$SSE = \sum (C_A \text{ data} - C_A \text{ hitung})^2 \quad \dots (14)$$

Difusivitas solute dalam cairan ( $D_L$ ) dapat diperkirakan dengan menggunakan korelasi empiris Wilke dan Chang :

$$D_L = \frac{7,4 \times 10^{-8} (\Phi_B M_b) T}{V_A^{0,6} \mu} \quad \dots (15)$$

Besarnya  $\Phi_B$  (parameter asosiasi) untuk aquades adalah 2,6 dan besarnya volum molar solut ditentukan berdasarkan hukum Kopp. (Treyball, 1981)

### METODOLOGI PENELITIAN

Bahan baku yang digunakan adalah hati buah nanas dan aquadest. Susunan alat yang digunakan dalam ekstraksi limbah hati nanas ditunjukkan pada gambar 1.

Buah nanas segar diambil hatinya, dipotong-potong kubus dengan ukuran 0.5 x 0.5 x 0.5 cm, lalu dikeringkan di dalam oven dengan suhu antara 85-95°C hingga didapat berat nanas kering yang konstan. Diasumsikan kadar air dalam nanas telah mendekati nol.

Konsentrasi zat warna dalam biji buah pinang mula-mula ( $X_0$ ) ditentukan dengan menggunakan alat ekstraksi soxlet.

Hasil ekstraksi diuapkan solvenya di dalam oven, dan didapat berat pewarna yang dihasilkan dengan metode gravimetri. Perbandingan berat zat warna yang dihasilkan dengan berat hati nanas kering yang didapat dari berat hati nanas segar adalah konsentrasi zat warna dalam hati nanas mula-mula ( $X_0$ ).

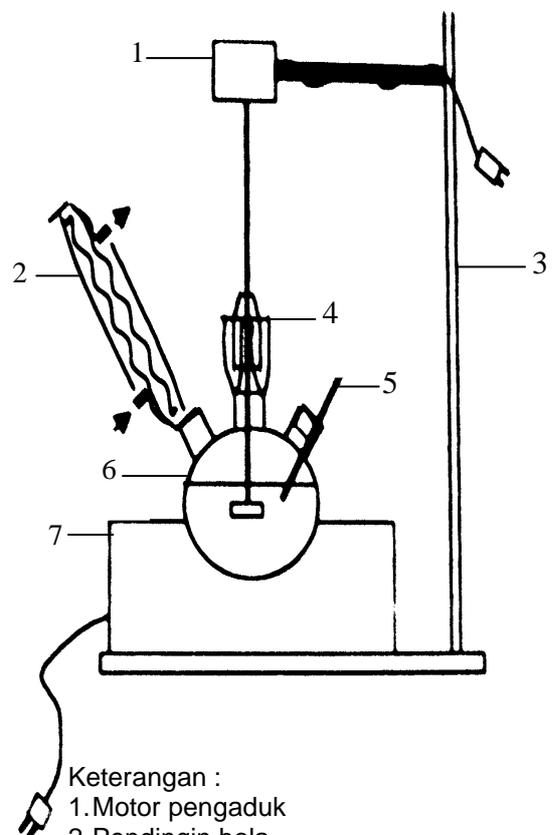
Konstanta Henry ditentukan dengan cara memasukkan hati nanas kering ke dalam 600 ml aquades pada labu leher tiga berpengaduk yang diset pada kecepatan putar 1100 rpm pada suhu 95°C selama 2 jam. Dalam waktu tersebut, diasumsikan larutan telah jenuh. Hasil adukan dibiarkan selama satu jam, kemudian disaring untuk mendapatkan sampel.

Langkah tersebut diulangi dengan variasi berat hati nanas kering untuk membuat sampel berikutnya. Kemudian sampel-sampel tersebut diukur absorbasinya pada spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 480 nm.

Data absorbansi yang didapatkan dikalibrasi sehingga mendapatkan  $C_A^*$  pada setiap kondisi. Dengan persamaan (3) akan didapatkan  $X_A$  pada berbagai variasi  $m$ , lalu dibuat grafik  $C_A^*$  vs  $X_A$ .

Slope grafik tersebut adalah besarnya konstanta Henry,

Proses Ekstraksi dilakukan pada tangki berpengaduk dengan mengeset suhu operasi pada 95°C. Sebanyak 5 gram berat hati nanas kering dimasukkan ke dalam tangki (labu leher tiga) yang telah berisi 600 ml aquades. Sampel larutan diambil setiap 15 menit sebanyak masing-masing  $\pm 10$  ml. Sampel dianalisa dengan menggunakan spektrofotometer.



- Keterangan :
1. Motor pengaduk
  2. Pendingin bola
  3. Klem + statif
  4. Pengaduk merkuri
  5. Termometer
  6. Labu leher tiga
  7. Waterbath

**Gambar 1. Rangkaian Alat Percobaan**

Uji kelayakan pewarna dilakukan dengan uji mikrobiologi sampel ke Laboratorium Pusat MIPA UNS dan uji organoleptik dengan mencobakan pewarna alami pada agar-agar sebagai sampel A dan pewarna sintesis pada agar-agar sebagai sampel B.

Responden kemudian diminta untuk membandingkan kedua sampel dari segi warna, rasa dan bau dan mengisikan pendapatnya dalam kuesioner.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penentuan Persamaan Kurva Kalibrasi, Konstanta Henry, dan Kadar Zat Pewarna Mula-Mula ( $X_o$ )
  - a. Persamaan kalibrasi kurva standar,  $C_A = 0,0062 A$
  - b. Konstanta Henry ( H )  
 $C_A^* = 0,1151 X_A$   
 Sehingga konstanta Henry ( H )  
 $= 0,1151$  gram bonggol nanas kering / mL aquadest
  - c. Kadar pewarna mula-mula dalam padatan (  $X_o$  )  
 $X_o = 0,6278$  gram pewarna / gram bonggol nanas kering
2. Pada ekstraksi limbah hati nanas menggunakan pelarut aquadest dengan variasi kecepatan putar pengadukan : 200 rpm, 400 rpm, 600 rpm, 800 rpm dan 1000 rpm) pada suhu operasi 95°C didapat hasil yang ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1. Hasil percobaan pada kecepatan putar 400 rpm**

N = 400 rpm		
Waktu (menit)	$C_A$ data (gr /mL)	$C_A$ hit (gr/mL)
15	0.003050	0.002
30	0.003522	0.0032
45	0.003825	0.0039
60	0.003637	0.0043
75	0.004123	0.0046
90	0.004148	0.0047
105	0.004197	0.0048
120	0.004228	0.0048
135	0.004284	0.0048
150	0.004346	0.0049
$k_{c,a} = 0.002375$ 1/menit		
Ralat rata-rata = 13.8356 %		

**Tabel 2. Hasil percobaan pada kecepatan putar 600 rpm**

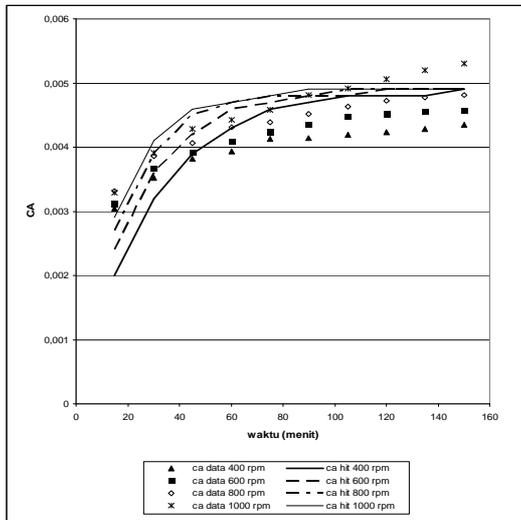
N = 600 rpm		
Waktu (menit)	$C_A$ data (gr /mL)	$C_A$ hit (gr/mL)
15	0.003119	0.0024
30	0.003677	0.0036
45	0.003918	0.0042
60	0.004086	0.0046
75	0.004228	0.0047
90	0.004365	0.0048
105	0.004483	0.0048
120	0.004514	0.0049
135	0.004551	0.0049
150	0.004563	0.0049
$k_{c,a} = 0.003$ 1/menit		
Ralat rata-rata = 9.4693 %		

**Tabel 3. Hasil percobaan pada kecepatan putar 800 rpm**

N = 800 rpm		
Waktu (menit)	$C_A$ data (gr /mL)	$C_A$ hit (gr/mL)
15	0.003311	0.0027
30	0.003856	0.0039
45	0.004061	0.0045
60	0.004309	0.0047
75	0.004383	0.0048
90	0.004520	0.0048
105	0.004631	0.0049
120	0.004718	0.0049
135	0.004768	0.0049
150	0.004817	0.0049
$k_{c,a} = 0.00375$ 1/menit		
Ralat rata-rata = 6.6638 %		

**Tabel 4. Hasil percobaan pada kecepatan putar 1000 rpm**

N = 1000 rpm		
Waktu (menit)	$C_A$ data (gr /mL)	$C_A$ hit (gr/mL)
15	0.003286	0.0029
30	0.003912	0.0033
45	0.004284	0.0041
60	0.004421	0.0046
75	0.004582	0.0047
90	0.004817	0.0048
105	0.004917	0.0049
120	0.005053	0.0049
135	0.005202	0.0049
150	0.005301	0.0049
$k_{c,a} = 0.0040625$ 1/menit		
Ralat rata-rata = 5.4415 %		



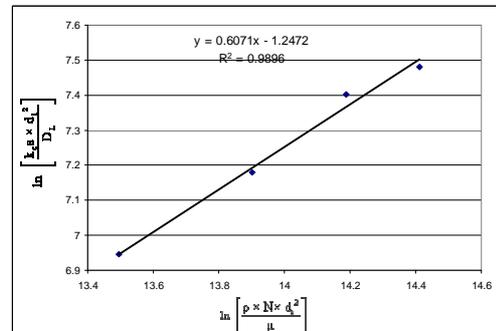
**Gambar 2. Grafik Hubungan Konsentrasi dan Waktu Pada berbagai Nilai Kecepatan Putar Pengadukan**

**PEMBAHASAN**

Semakin lama waktu ekstraksi, konsentrasi pewarna dalam solven (aquades),  $C_A$ , akan semakin besar. Tapi, pertambahan konsentrasi untuk setiap interval waktu pengambilan sampel semakin lama akan semakin kecil. Pada saat tertentu, pertambahan konsentrasi ini sudah tak begitu signifikan lagi. Pada kondisi ini, konsentrasi pewarna dalam badan cairan ( $C_A$ ) dan konsentrasi pewarna dalam padatan ( $x_A$ ) sudah berada dalam kesetimbangan. Laju difusi pewarna dari permukaan padatan ke badan utama cairan sama besarnya dengan laju difusi pewarna dari badan utama cairan ke permukaan padatan. Secara makroskopis, seolah-olah sudah tidak ada lagi difusi pewarna dari permukaan padatan ke dalam badan cairan sebab meskipun waktu ekstraksi ditambah, sudah tak ada lagi pertambahan konsentrasi pewarna dalam solven.

Pada kisaran kecepatan putar pengadukan antara 400 hingga 1000 rpm, harga  $k_c a$  bertambah besar dengan bertambahnya kecepatan putar pengadukan. Hal ini sesuai dengan persamaan Analisa Dimensi yang dihasilkan :

$$\left[ \frac{k_c a \times d_i^2}{D_L} \right] = 0.2873 \times \left[ \frac{\rho \times N \times d_i^2}{\mu} \right]^{0.6071}$$



**Gambar 3. Grafik Hubungan  $\ln \left[ \frac{k_c a \times d_i^2}{D_L} \right]$  dan  $\ln \left[ \frac{\rho \times N \times d_i^2}{\mu} \right]$  untuk mendapatkan koefisien-koefisien persamaan analisa dimensi**

Jika kecepatan putar pengadukan bertambah, maka harga  $k_c a$  juga akan bertambah besar. Dalam proses leaching (ekstraksi padat-cair) sebagaimana yang dijalankan pada proses ekstraksi pewarna alami dari limbah hati nanas ini, faktor yang paling berperan dalam laju ekstraksi adalah transfer massa solut pewarna dari permukaan padatan melintasi film gas menuju ke badan cairan. Dengan semakin tipisnya film gas, transfer massa solut menuju badan cairan akan semakin cepat sebab jarak perpindahannya semakin kecil. Adanya pengadukan pada proses leaching ini dimaksudkan untuk memberikan turbulensi pada sistem ekstraksi sehingga akan menyebabkan penurunan ketebalan film cairan pada permukaan padatan. Untuk kisaran nilai kecepatan putar pengadukan antara 400 hingga 1000 rpm, dengan semakin besarnya kecepatan putar pengadukan, nilai turbulensi pada sistem akan semakin besar, dengan demikian film cairan akan semakin tipis dan akan menyebabkan semakin besarnya laju ekstraksi atau bertambahnya harga  $k_c a$ .

Pigmen yang terkandung dalam pewarna yang dihasilkan, diasumsikan berupa  $\beta$ -karoten yang secara fisik memberikan tampilan warna kuning. Meskipun dimungkinkan ada kandungan

pigmen lain, tapi jumlahnya sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Selain itu, di dalam pewarna juga terkandung zat-zat lain dalam jumlah kecil sehingga juga bisa diabaikan, kecuali kandungan gulanya yang dari percobaan didapat bernilai 33.7 %. Namun, keberadaan gula ini tidak terlalu mengganggu dalam penggunaan pewarna ini sebagai pewarna makanan.

Hasil uji mikrobiologi yang dilakukan oleh tim dari Laboratorium Pusat MIPA UNS Sub Lab Biologi menunjukkan bahwa pewarna yang dihasilkan bersih dari kandungan mikroba, dalam hal ini kandungan bakteri Coliform, E. Coli, Salmonella, dan Kapang yang nilainya benar-benar kecil sehingga diasumsikan berharga 0 %. Oleh karena itu, pewarna ini memenuhi syarat kesehatan.

Sedangkan dari hasil uji organoleptik, didapatkan kesimpulan bahwa, dari segi warna, pewarna sintetis lebih unggul (54.2 % responden). Sedangkan 8.3 % responden menyatakan pewarna alami lebih unggul, dan 37.5 % responden menyatakan sama saja antara keduanya. Secara teori, pewarna sintetis memang akan memberikan tampilan warna yang lebih tajam, cemerlang dan lebih bervariasi, karena sebetulnya ditujukan untuk pewarna tekstil, sedangkan pewarna alami akan memberikan warna yang lebih lembut (soft).

Dari segi rasa, 37.5 % responden menyatakan pewarna alami lebih unggul, 16.67 % responden menyatakan pewarna sintetis lebih unggul dan 45.8 % menyatakan keduanya sama saja. Dari segi bau, 45.8 % responden menyatakan pewarna alami lebih unggul, 16.7 % menyatakan pewarna sintetis lebih unggul dan sisanya sebanyak 37.5 % menyatakan keduanya sama saja. Bau yang dihasilkan berupa aroma nanas, yang sedikit timbul pada pewarna alami.

Secara keseluruhan, pewarna alami tidak jauh ketinggalan dari pewarna sintetis dari warna, bahkan lebih baik dalam segi bau dan rasa.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah harga koefisien transfer massa volumetris ( $k_c a$ ) pewarna dari permukaan padatan hati nanas ke solven pada ekstraksi dalam tangki perbengaduk berbanding lurus dengan kecepatan putar pengadukan. Hubungan antara koefisien transfer massa ( $k_c a$ ) dengan variabel-variabel yang mempengaruhinya dapat dinyatakan dalam persamaan kelompok tak berdimensi sebagai berikut :

$$\left[ \frac{k_c a \times d_i^2}{D_L} \right] = 0.2873 \times \left[ \frac{\rho \times N \times d_i^2}{\mu} \right]^{0.6071}$$

Persamaan di atas berlaku untuk nilai kecepatan putar antara 400 rpm hingga 1000 rpm.

Pewarna alami lebih baik dalam segi bau dan rasa, meskipun kurang unggul dalam segi warna (kurang tajam).

## SARAN

Kandungan gula di dalam pewarna alami yang dihasilkan menyebabkan pewarna yang dihasilkan tidak bisa kering sempurna membentuk serbuk. Hal ini memang tidak terlalu mengganggu dalam penggunaannya sebagai pewarna makanan, tetapi akan menghambat dalam proses penyimpanan. Karena itu, mungkin dalam pengembangan yang lebih lanjut, penelitian ini bisa dilanjutkan dengan proses pemisahan gula dalam pewarna ini sehingga penyimpanannya menjadi lebih mudah.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah membantu penelitian ini antara lain : Nurdiah Rahmawati, Lina Agustina, Galuh Setyaningrum, Dewi Sri Handayani, dll.

## DAFTAR LAMBANG

- $C_A$  : kadar pewarna alami pada fase cairan, gr pewarna/mL pelarut  
 $C_A^*$  : kadar pewarna alami pada kondisi jenuh, gr pewarna/mL pelarut  
 $A$  : absorbansi

$N_A$	:fluks massa solute, gr/cm <sup>2</sup> menit
$k_{c,a}$	:koefisien transfer massa volumetris, 1/menit
$N_{AV}$	:fluks massa tiap satuan volume pelarut, gr/cm <sup>3</sup> menit
$H$	:Konstanta Henry, gr bonggol nanas kering / mL pelarut
$X_0$	:kadar zat warna alami pada fase padatan, gr pewarna/gr bonggol nanas kering
$X_A$	:kadar zat warna alami pada fase padatan, gr pewarna/gr bonggol nanas kering
$N$	:massa bonggol nanas kering, gr
$V$	:volume pelarut, mL
$D_L$	:diffusivitas solut dalam cairan, cm <sup>2</sup> /dtk
$\Phi_B$	: <i>Association factor for solvent</i> , untuk air nilainya 2.26
$M_B$	:berat molekul pelarut, gram/g mol
$T$	:suhu operasi, K
$\mu$	:viskositas, cp
$V_A$	:volume molar solut, cm <sup>3</sup> /g mol
$d_i$	:diameter impeler, cm

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (<http://www.digilib.umm.ac.id>)
- Anonim, (<http://pasti.itgo.com>)
- Anonim, (<http://www.pdpersi.co.id>)
- Anonim, (<http://www.pikiran-rakyat.com>)
- Bernasconi, G., et. al, 1995, "Teknologi Kimia II", Pradnya Paramita, Jakarta.
- Ketaren, S., 1986, "Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan", Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Muljohardjo, Muchji, 1984, "Nanas dan Teknologi Pengolahannya (Ananas Comosus (L) Merr) ", Edisi Pertama, Penerbit Liberty, Yogyakarta .
- Sediawan, W. B., dan Prasetya, A, 1997, "Permodelan Matematis dan Penyelesaian Numeris dalam Teknik Kimia dengan Pemrograman Bahasa Basic dan Fortran", edisi I, Penerbit Andi offset, Yogyakarta.
- Treyball, R. E., 1981, "Mass Transfer Operation", 3<sup>rd</sup> ed., Mc Graw Hill, Singapore.