

# Penentuan Koefisien Transfer Massa Ekstraksi Pektin dari Buah Pepaya dalam Larutan HCl

Hesti Wijayanti<sup>1</sup>

**Abstrak** -Indonesia has a great potency of papaya. As long as technology growth and demand in daily needs, its potency can be developed to get more value. One of the best ways is to extract pectin from papaya.

This research conducted in order to obtain mass transfer coefficient in pectin extraction from papaya with HCl solution in stirred tank. Variables observed are extraction temperature, stirrer velocity and diameter of papaya powder.

Extraction started by heating solution in batch reactor until wanted temperature achieved. Afterward turned on the stirrer motor with certain velocity. During the reaction, the temperature and the velocity of stirrer motor were kept constant. Sample was taken when certain time is reached.

From this research, we got relation between mass transfer coefficient in pectin extraction from papaya with HCl solution in stirred tank and its influence variables, that could be written on this equation :

$$\frac{k_L a \cdot dp^2}{D_L} = 1.033 \left[ \frac{N \cdot dp^2 \rho}{\mu} \right]^{0.716} \left[ \frac{\mu}{\rho \cdot D_L} \right]^{0.291} \left[ \frac{db}{dp} \right]^{-0.066}$$

Or :

$$Sh = 1.033 (Re)^{0.716} (Sc)^{0.291} (db/dp)^{-0.066}$$

with average relative error 3.2702 %.

---

*Key words* : pectin, papaya, extraction, mass transfer coefficient.

---

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Sebagai negara yang beriklim tropis, Indonesia kaya akan berbagai tanaman khas daerah tropis, salah satunya pepaya. Indonesia berpotensi sangat besar dalam hal tanaman pepaya ini. Penyebabnya ialah masyarakat telah terbiasa membudidayakan tanaman tersebut. Di Indonesia pepaya tumbuh subur sepanjang waktu dan tersebar di seluruh wilayah Nusantara, dari ujung utara Pulau Sumatera hingga ujung timur Papua.

Sejalan dengan kemajuan iptek serta tuntutan kebutuhan hidup, pepaya dilaporkan berpeluang untuk dikembangkan potensinya secara optimal. Tujuannya untuk dapat memberikan manfaat lebih besar lagi. Salah satu jalan adalah dengan mengekstrak pektin dari buah pepaya. Pektin merupakan senyawa heteropolisakarida yang punya kemampuan membentuk gel, yang dapat dimanfaatkan dalam industri bahan makanan, kosmetika dan obat-obatan.

Pektin bernilai jual cukup tinggi. Namun, untuk memenuhi kebutuhan, Indonesia hanya mengandalkan pektin dari mancanegara, yang dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan kuantitasnya. Oleh sebab itu, perlu dilakukan

suatu usaha untuk menguranginya dengan cara meningkatkan produksi pektin dalam negeri dengan memanfaatkan potensi Indonesia sebagai penghasil pepaya yang cukup banyak, yang selama ini belum termanfaatkan secara optimal.

### Perumusan Masalah

Selama ini, ekstraksi pektin dari buah pepaya belum pernah dilakukan. Melalui penelitian ini, peneliti berusaha mempelajari pengaruh tiga variabel, yaitu suhu ekstraksi, kecepatan putar pengaduk dan diameter butir pepaya. Diharapkan persamaan koefisien transfer massa yang diperoleh lebih akurat sehingga dapat digunakan untuk memperkirakan kondisi mana yang paling optimum untuk mengekstraksi pektin dari buah pepaya sehingga diperoleh hasil yang lebih menguntungkan.

### Maksud dan Tujuan

Pada penelitian ini akan dicoba menentukan koefisien transfer massa ekstraksi pektin dari buah pepaya dalam tangki *batch* dengan menggunakan pendekatan dengan persamaan kelompok tak berdimensi sebagai berikut :

---

<sup>1</sup> Staf pengajar Fakultas Teknik Unlam Banjarmasin

$$\frac{k_L a \cdot dp^2}{D_L} = K \left[ \frac{N \cdot dp^2 \rho}{\mu} \right]^a \left[ \frac{\mu}{\rho \cdot D_L} \right]^b \left[ \frac{db}{dp} \right]^c$$

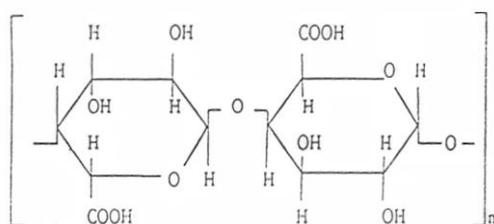
dengan a, b, c dan K adalah konstanta-konstanta empirik

## KAJIAN TEORITIS

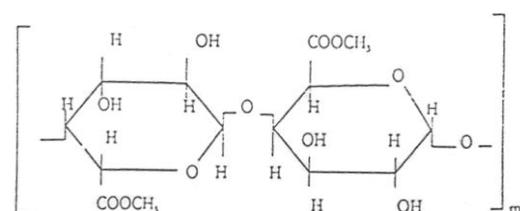
### Sekilas tentang Pektin

Tanaman tersusun atas jaringan-jaringan, sedangkan jaringan tersebut tersusun atas sel-sel yang ber dinding. Pada umumnya dinding sel tanaman terdiri atas selulosa, hemiselulosa, pektin dan lignin.

Pektin secara umum terdapat di dalam dinding sel primer tanaman, khususnya di sela-sela antara selulosa dan hemiselulosa. Senyawa-senyawa pektin juga berfungsi sebagai bahan perekat antara dinding sel yang satu dengan yang lain. Bagian antara dua dinding sel yang berdekatan tersebut disebut lamella tengah (*middle lamella*). Pektin merupakan senyawa heteropolisakarida yang tersusun atas rangkaian asam D-galakturonat dengan pola ikatan  $\alpha$  1-4 (De Man, 1976). Disamping senyawa dasar tersebut juga terdapat senyawa D-silosa, D-galaktosa, L-arabinosa, L-ramnosa dalam jumlah kecil (Johnson, 1974). Menurut Kertesz (1951), sebagian besar senyawa pektin tersusun atas polimer asam galakturonat. Gugus karboksil dari asam galakturonat dapat membentuk ester dengan etanol atau methanol atau membentuk garam. Tingkat esterifikasi dan netralisasi poligalakturonat bervariasi untuk senyawa pektin (Braverman, 1949).



Gambar 1. Struktur molekul asam galakturonat



Gambar 2. Struktur molekul pektin (*pectinic acid*)

Menurut Kertesz (1951), substansi pektat adalah istilah yang digunakan untuk menyebut senyawa pektin, asam pektinat dan asam pektat

sekaligus. Meyer (1970), menyebut tata nama pektin yang dibuat oleh *American Chemical Society* yang dipublikasikan tahun 1973 adalah sebagai berikut :

1. Substansi pektat adalah turunan karbohidrat kompleks yang bersifat hidrokoloid dan terdapat didalam tumbuhan yang sebagian besar mengandung unit-unit asam anhidrat galakturonat yang bergabung membentuk suatu rantai.
2. Protopektin adalah suatu substansi pektat yang bersifat tidak larut air, terdapat pada hampir semua jenis tanaman serta dengan hidrolisa terbatas akan membentuk asam pektat.
3. Asam pektinat adalah asam poligalakturonat yang bersifat koloid, yang mengandung gugus metil ester dalam jumlah yang cukup banyak.
4. Asam pektat digunakan untuk menamakan substansi pektat yang sebagian besar tersusun oleh poligalakturonat yang bersifat koloid serta tidak mengandung metil ester. Bila membentuk garam dapat berupa garam normal atau garam pektat.
5. Pektin merupakan istilah yang digunakan untuk menyebut asam pektinat dari berbagai macam kandungan metil ester dan tingkatan netralisasinya. Dalam kondisi tertentu dengan gula dan asam mampu membentuk gel.

Kandungan pektin yang terdapat pada jaringan tanaman sangat bervariasi, tergantung dari beberapa faktor, antara lain : jenis tanaman, varietas dan umur buah atau tanaman. Pektin paling banyak terdapat pada buah apel, kulit jeruk, jambu biji dan tomat (Cruess, 1948). Kandungan pektin pada berbagai tanaman dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Pektin pada Berbagai Tanaman

Jenis Tanaman	Kandungan Pektin (% berat kering)
Kentang	2,5
Wortel	10,0
Tomat	3,0
Apel	4,0-7,0
Bunga matahari	25,0
Pulp gula beet	15,0-20,0
Kulit jeruk	30,0-35,0
Seledri	5,0-9,0
Kobis	4,0-8,0

Sumber : Kertesz (1951)

Komposisi kandungan protopektin, pektin dan asam pektat di dalam buah sangat bervariasi dan tergantung pada derajat pematangan buah.

Pada umumnya, protopektin yang tidak larut itu lebih banyak terdapat pada buah-buah yang belum matang. Kekuatan membentuk gel suatu senyawa akan lebih tinggi bila residu asam galakturonatnya dalam molekul juga lebih besar. Potensi pembentukan jelly dari pektin menjadi berkurang dalam buah yang terlalu matang. Selama proses pematangan terjadi proses demetilasi pektin dan hal ini menguntungkan untuk tujuan pembuatan gel, tetapi sebaliknya demetilasi yang terlalu lanjut atau sempurna akan menghasilkan asam pektat yang tidak lagi mudah membentuk gel.

Kelarutan pektin berbeda sesuai dengan kandungan metoksilnya. Pektin yang memiliki kandungan metoksil tinggi dapat larut dalam air dingin, sedangkan pektin dengan kandungan metoksil rendah memerlukan alkali atau asam oksalat. Pektin tidak dapat larut dalam alkohol atau aseton (Kirk & Othmer, 1958).

Sifat utama pektin adalah kemampuannya untuk membentuk gel dengan gula dan asam (Braverman, 1949). Gel dapat diartikan sebagai struktur tiga dimensi yang mengurung zat cair didalamnya (Johannes, 1974). Kelarutan pektin dalam air dapat dipercepat dengan pemanasan. Koloid pektin bersifat reversibel, yaitu jika dilarutkan dalam air kemudian diendapkan dan dikeringkan, maka akan diperoleh pektin kembali tanpa perubahan sifat (Cruess, 1948). Untuk menghasilkan gel dengan kekerasan tertentu, dipengaruhi oleh jumlah gula yang ditambahkan pada pektin (Kirk & Othmer, 1958).

Pektin dapat membentuk gel dengan gula bila lebih dari 50% gugus karboksil telah termetilasi (derajat metilasi = 50%), sedangkan untuk pembentukan gel yang baik ester metil harus sebesar 8% dari berat pektin. Makin banyak ester metil, makin tinggi suhu pembentukan gel. Misalnya untuk pembentukan jam, dipergunakan pektin dengan derajat metilasi 74. Jenis pektin yang termasuk *rapid set* adalah pektin dengan suhu pembentukan gel 88°C, sedangkan *slow set* adalah pektin yang membentuk gel pada suhu 54°C dan berderajat metilasi 60.

Pembentukan gel dari pektin dengan derajat metilasi tinggi dipengaruhi juga oleh konsentrasi pektin, prosentase gula dan pH. Pektin yang termetilasi sempurna dapat membentuk gel dengan gula tanpa mempertimbangkan pH (Braverman, 1949). Pektin metoksil tinggi membentuk gel pada pH 2,5-3,8 (Johnson & Peterson, 1974), atau pada pH 2,8-3,2 (Braverman, 1949). Pektin metoksil rendah dapat membentuk gel tanpa adanya gula ataupun pengaturan pH, namun perlu ion kalsium atau ion polivalen lainnya (Braverman, 1949). Menurut De Man (1976), gel yang baik dibuat dari pektin dengan

kandungan metoksil 8 %, pada kondisi pembentukan gel pH 3,2 kadar gula 60-65 %.

Makin besar konsentrasi pektin, makin keras gel yang terbentuk. Konsentrasi 1% telah menghasilkan kekerasan yang cukup baik. Gula yang ditambahkan tidak boleh lebih dari 65% agar terbentuknya kristal-kristal di permukaan gel dapat dicegah. Dalam perdagangan dikenal istilah *jelly grade* yang ditentukan berdasarkan jumlah gula yang diperlukan oleh 1 lb pektin untuk membentuk gel. Grade pektin 100 berarti untuk membentuk jeli, diperlukan 100 lb gula untuk setiap 1 lb pektin. Pengaruh pH pada pembentukan gel adalah makin rendah pH, gel makin keras dan jumlah pektin yang diperlukan makin sedikit. Tetapi pH yang terlalu rendah akan menimbulkan sineresis, yaitu air dalam gel akan keluar pada suhu kamar, sedangkan pH yang terlalu tinggi juga akan menyebabkan gel pecah; pH yang baik adalah 3.1 – 3.2.

Pektin dengan metal lebih rendah dari 7% (*low ester pectin*) dapat membentuk gel bila ada ion-ion logam bivalen. Ion bivalen dapat bereaksi dengan gugus-gugus karboksil dari 2 molekul asam pektat dan membentuk jembatan. Pada pembentukan gel ini, tidak diperlukan gula dan tekstur gel yang terbentuk kurang keras.

Untuk perdagangan dan pemanfaatan pektin, terdapat beberapa persyaratan (pektin standar), menurut Farmakope Indonesia :

1. Kadar metoksil harus > 6,7 %
2. Kadar poligalakturonat  $\geq$  74 %

Dalam penggunaannya, pektin dibedakan menjadi 2 macam, yaitu pektin untuk produk pangan dan pektin untuk produk non pangan. Pektin yang digunakan untuk produk pangan disebut *Commercial Pectin Preparation of Food* (CPPF). CPPF ini biasanya dibuat dari buah jeruk atau apel.

Beberapa tahapan penting dalam pembentukan pektin kering yaitu : preparasi, ekstraksi, pemisahan, pemurnian dan pengeringan (Braverman, 1949).

1. Preparasi  
Untuk mempertinggi efisiensi ekstraksi. Selain itu juga dimaksudkan untuk memisahkan pektin dari senyawa-senyawa yang tidak diinginkan. Langkah ini dijalankan dengan pencucian dan pengeringan.
2. Ekstraksi  
Proses pemisahan pektin dari sel pada jaringan tanaman dengan cara memanaskan bahan dalam larutan asam encer.
3. Separasi  
Pemisahan pektin dari larutannya dengan mengendapkan senyawa pektin dengan

menambahkan pelarut organik seperti alkohol dan aseton.

4. Pemurnian

Dimaksudkan untuk membebaskan pektin dari senyawa-senyawa yang tidak diinginkan, dengan cara dicuci dengan alkohol netral.

5. Pengeringan

Dilakukan sampai kadar air berkisar 7-14 % (Kertesz, 1951).

**Ekstraksi Padat - Cair**

Ekstraksi pektin dari buah pepaya merupakan jenis ekstraksi padat – cair. Pada ekstraksi padat – cair, transfer massa solut dari padatan ke cairan berlangsung melalui dua tahapan proses, yaitu :

1. Difusi dari dalam padatan ke permukaan padatan
2. Transfer massa dari permukaan padatan ke cairan

Karena butir padatan cukup kecil, maka diambil asumsi bahwa konsentrasi solut dalam padatan selalu homogen atau serba sama, jadi dalam hal ini tidak ada gradien konsentrasi dalam padatan. Dengan kata lain, difusivitas efektif dalam padatan diabaikan. Dengan demikian, perpindahan massa dalam padatan dianggap tidak mengontrol perpindahan massa secara keseluruhan. Karena difusivitas efektif diabaikan, maka yang mengontrol perpindahan massa *overall* adalah perpindahan massa antarfase, dalam hal ini harga  $k_{La}$  merupakan faktor yang menentukan. Dengan demikian dapat disusun neraca massa solut dalam cairan sebagai berikut :

Kecepatan masuk – Kecepatan keluar = Kecepatan terakumulasi

$$k_{La} (C_S - C_L) V_L = \frac{dC_L}{dt} V_L$$

$$\frac{dC_L}{dt} = k_{La} (C_S - C_L)$$

$$\frac{dC_L}{(C_S - C_L)} = k_{La} dt$$

$$-\ln (C_S - C_L) = k_{La} . t \tag{1}$$

Dengan mengamati konsentrasi larutan setiap saat, dapatlah dibuat grafik hubungan antara  $t$  versus  $-\ln (C_S - C_L)$ . Dari data pengamatan, akan diperoleh grafik garis lurus, dengan intersepanya koefisien transfer massa  $k_{La}$ .

Peubah-peubah yang diperkirakan berpengaruh terhadap koefisien perpindahan massa antarfase pada proses ekstraksi padat-cair dengan menggunakan tangki berpengaduk adalah:

- Densitas larutan
- Viskositas larutan
- Difusivitas larutan

- Diameter pengaduk
- Diameter butir padatan
- Kecepatan putar pengaduk

Hubungan antara variabel-variabel tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$k_{La} = f ( \rho , \mu , D_L , dp , db , N ) \tag{2}$$

Persamaan ( 2 ) dapat dinyatakan dengan hubungan antara kelompok tak berdimensi sebagai berikut :

$$k_{La} = K . \rho^{c1} . \mu^{c2} . D_L^{c3} . dp^{c4} . db^{c5} . N^{c6} \tag{3}$$

Dengan sistem MLT, maka diperoleh:

$$T^{-1} = K(ML^{-3})^{c1}(ML^{-1}T^{-1})^{c2}(L^2T^{-1})^{c3}(L)^{c4}(L)^{c5}(T^{-1})^{c6} \tag{4}$$

Dimensi ruas kiri dan ruas kanan dari persamaan (4) harus sama, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$M : 0 = c1 + c2$$

$$c1 = -c2 \tag{5}$$

$$L : 0 = -3c1 - c2 + 2c3 + c4 + c5 \tag{6}$$

Persamaan (5) disubstitusi ke persamaan (6) :

$$0 = 2c2 + 2c3 + c4 + c5$$

$$c4 = -2c2 - 2c3 - c5 \tag{7}$$

$$T : -1 = -c2 - c3 - c6 \tag{8}$$

Persamaan (5) disubstitusi ke persamaan (8) :

$$-1 = c1 - c3 - c6$$

$$c3 = 1 + c1 - c6 \tag{9}$$

Persamaan (5) & (9) disubstitusi ke persamaan (7) :

$$c4 = -2 - c5 + 2c6 \tag{10}$$

Persamaan (5), (9) & (10) disubstitusi ke persamaan (3):

$$k_{La} = K . \rho^{c1} . \mu^{-c1} . D_L^{1+c1-c6} . dp^{-2-c5+2c6} . db^{c5} . N^{c6} \tag{11}$$

$$k_{La} = K \left[ \frac{\rho . D_L}{\mu} \right]^{c1} \left[ \frac{db}{dp} \right]^{c5} \left[ \frac{N . dp^2}{D_L} \right]^{c6} \left[ \frac{D_L}{dp^2} \right]$$

$$\tag{12}$$

$$\frac{k_{La} . dp^2}{D_L} = K \left[ \frac{\rho . D_L}{\mu} \right]^{c1} \left[ \frac{db}{dp} \right]^{c5} \left[ \frac{N . dp^2}{D_L} \right]^{c6} \left[ \frac{\rho}{\mu} \right]^{c6} \left[ \frac{\mu}{\rho} \right]^{c6}$$

$$\tag{13}$$

$$\frac{k_{La} . dp^2}{D_L} = K \left[ \frac{\rho . D_L}{\mu} \right]^{c1} \left[ \frac{db}{dp} \right]^{c5} \left[ \frac{N . dp^2}{\mu} \right]^{c6} \left[ \frac{\mu}{\rho . D_L} \right]^{c6}$$

$$\tag{14}$$

$$\frac{k_{La} . dp^2}{D_L} = K \left[ \frac{N . dp^2}{\mu} \right]^{c6} \left[ \frac{\mu}{\rho . D_L} \right]^{c6-c1} \left[ \frac{db}{dp} \right]^{c5}$$

$$\tag{15}$$

$$\text{bila : } c6 = a$$

$$c6 - c1 = b$$

$$c5 = c$$

maka :

$$\frac{k_L a \cdot dp^2}{D_L} = K \left[ \frac{N \cdot dp^2 \rho}{\mu} \right]^a \left[ \frac{\mu}{\rho \cdot D_L} \right]^b \left[ \frac{db}{dp} \right]^c \quad (16)$$

$$Sh = K \cdot Re^a \cdot Sc^b \cdot \left[ \frac{db}{dp} \right]^c \quad (17)$$

Difusivitas solut ke dalam pelarut didekati dengan persamaan Wilke-Chang (Treybal, 1981)

$$D_L = \frac{(117.3 \cdot 10^{-18}) (\varphi M_B)^{0.5} T}{\mu \nu_A} \quad (18)$$

Dengan :

$D_L$  = difusivitas zat A ke dalam zat B,  $\text{cm}^2/\text{detik}$

$\varphi$  = faktor asosiasi pelarut

$M_B$  = berat molekul pelarut

$T$  = temperatur, K

$\mu$  = viskositas larutan,  $\text{g}/\text{cm} \cdot \text{detik}$

$\nu_A$  = volum solut molal pada titik didih normal,  $\text{cm}^3/\text{gmol}$

Dari persamaan-persamaan di atas, dengan menggunakan variasi suhu ekstraksi, kecepatan putar pengaduk dan diameter butir pepaya, maka konstanta-konstanta pada persamaan tersebut dapat ditentukan.

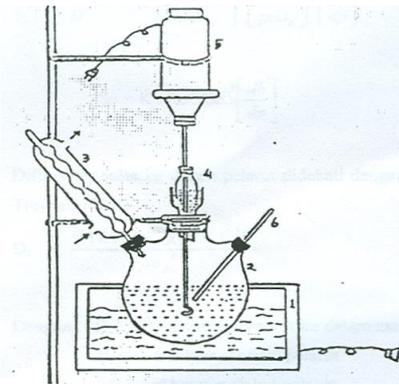
## METODE

### Bahan Penelitian

1. Buah pepaya jenis pepaya semangka paris, warna kulit pangkal kekuningan, warna daging kuning jingga, tekstur daging keras. Diperoleh dari Pasar Bauntung Banjarbaru.
2. Asam klorida (HCl), diperoleh dari Laboratorium Dasar, Universitas Lambung Mangkurat, dengan pH 2.
3. Aceton, diperoleh dari Laboratorium Dasar, Universitas Lambung Mangkurat, dengan kadar 70 %
4. Alkohol, diperoleh dari Laboratorium Dasar, Universitas Lambung Mangkurat, dengan kadar 70 %
5. *Aquadest*, diperoleh dari Laboratorium Dasar, Universitas Lambung Mangkurat.

### Alat Penelitian

Rangkaian alat yang digunakan untuk ekstraksi pektin dari buah pepaya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. Rangkaian Alat Ekstraksi Pektin

Keterangan Gambar:

1. Waterbath
2. Labu leher tiga
3. Pendingin balik
4. Pengaduk Merkuri
5. Motor pengaduk
6. Termometer

### Cara Penelitian

Buah pepaya dikupas, dibuang bijinya kemudian dicuci dengan aquadest. Setelah itu dipotong tipis (slab) dan dikeringkan dengan sinar matahari selama 2 hari, kemudian dioven pada suhu  $60-70^\circ\text{C}$ , selama 1 jam. Setelah itu, bahan diblender sampai berbentuk bubuk dan diayak sampai ukuran tertentu. Hasil ayakan dimasukkan ke labu leher tiga lalu diekstraksi dengan pelarut asam klorida encer. Ekstraksi dimulai, pengaduk dijalankan dengan kecepatan tetap, waktu ekstraksi mulai dihitung saat campuran mencapai suhu yang dikehendaki dan dihentikan setelah jangka waktu yang telah ditetapkan. Bahan yang telah diekstraksi disaring dengan kertas saring rangkap tiga. Filtrat dimasukkan ke dalam gelas beker dan ditambah aceton, lalu diaduk perlahan-lahan dengan pengaduk gelas sampai terjadi endapan ( $\pm 15$  menit). Endapan pektin yang terbentuk dipisahkan dari larutannya dengan disaring menggunakan kertas saring lalu dikeringkan dalam oven pada  $35^\circ\text{C}$  sampai diperoleh berat konstan sehingga diperoleh pektin kering kemudian ditimbang untuk menentukan berat kering hasil.

### Analisis Data

Dari persamaan pada analisis dimensi, yaitu:

$$\frac{k_L a \cdot dp^2}{D_L} = K \left[ \frac{N \cdot dp^2 \rho}{\mu} \right]^a \left[ \frac{\mu}{\rho \cdot D_L} \right]^b$$

dan data-data percobaan dengan variasi suhu ekstraksi, kecepatan putar pengaduk ( $N$ ) dan

diameter butir (db), maka konstanta-konstanta pada persamaan tersebut dapat ditentukan sebagai berikut :

1. Variasi Suhu Ekstraksi (T) dan Variasi Kecepatan Putar Pengaduk (N) Variasi suhu dan variasi kecepatan putar pengaduk pada variabel lain tetap, maka persamaan (16) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{k_L a \cdot dp^2}{D_L} = K \left[ \frac{N \cdot dp^2 \cdot \rho}{\mu} \right]^a \left[ \frac{\mu}{\rho \cdot D_L} \right]^b \quad (19)$$

Data yang diperoleh pada kedua percobaan digabungkan untuk menentukan konstanta-konstanta pada persamaan (19). Karena ketiga kelompok tak berdimensi pada persamaan (19) adalah *dependent*, maka dengan cara regresi multidimensi nilai konstanta  $K_1$ , a dan b dapat ditentukan.

2. Variasi Diameter Butir Pepaya (db) Variasi diameter butir pepaya (db) pada variabel lain tetap, maka persamaan (16) dapat ditulis sebagai berikut :

$$\frac{k_L a \cdot dp^2}{D_L} \left[ \frac{N \cdot dp^2 \cdot \rho}{\mu} \right]^{-a} \left[ \frac{\mu}{\rho \cdot D_L} \right]^{-b} = K_2 \left[ \frac{db}{dp} \right]^c \quad (20)$$

atau dapat dinyatakan :

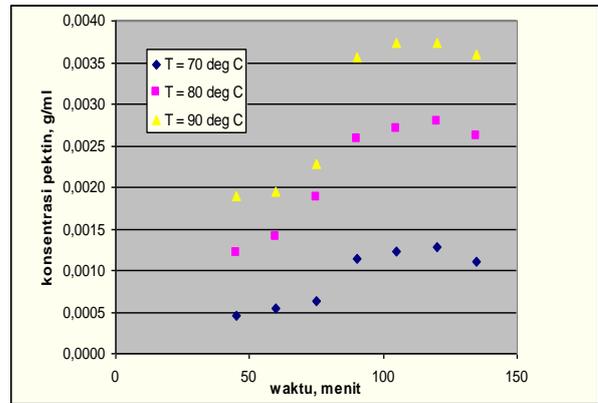
$$Y1 = K_2 \left[ \frac{db}{dp} \right]^c \quad (21)$$

Dari grafik  $\ln Y1$  dengan  $\ln \left[ \frac{db}{dp} \right]$  akan diperoleh garis lurus dengan *slope* c dan *intersept*  $\ln K_2$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Variasi Suhu Ekstraksi (T)

Pada percobaan ini, variasi suhu yang digunakan adalah : 70, 80 dan 90 °C. Sementara variabel-variabel yang lain dibuat tetap. Hasil percobaan mengenai pengaruh suhu ekstraksi terhadap konsentrasi pektin yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 3.

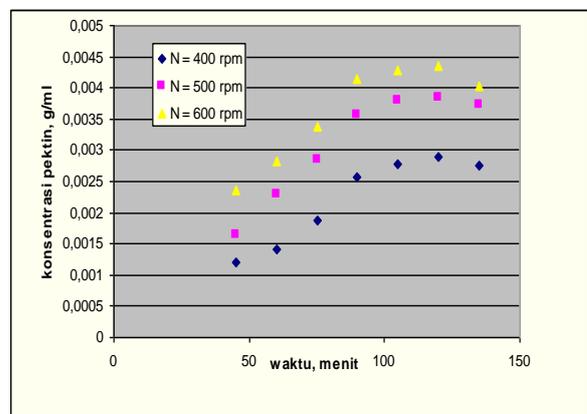


Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi pektin dengan waktu ekstraksi pada variasi suhu 70°C, 80°C dan 90°C

Dari Gambar 3 terlihat bahwa semakin tinggi suhu akan diperoleh konsentrasi pektin yang semakin besar, hal ini disebabkan pada suhu yang makin tinggi, protopektin banyak yang terhidrolisis menjadi pektin yang larut dalam asam. Tetapi untuk waktu yang semakin lama, konsentrasi pektin yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini disebabkan pektin yang terbentuk mengalami demetilasi membentuk asam pektat dan alkohol.

### Variasi Kecepatan Putar Pengaduk (N)

Pada percobaan ini, variasi kecepatan putar pengaduk yang digunakan adalah: 400, 500 dan 600 rpm. Sementara variabel-variabel yang lain dibuat tetap. Hasil percobaan mengenai pengaruh kecepatan putar pengaduk terhadap konsentrasi pektin yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.



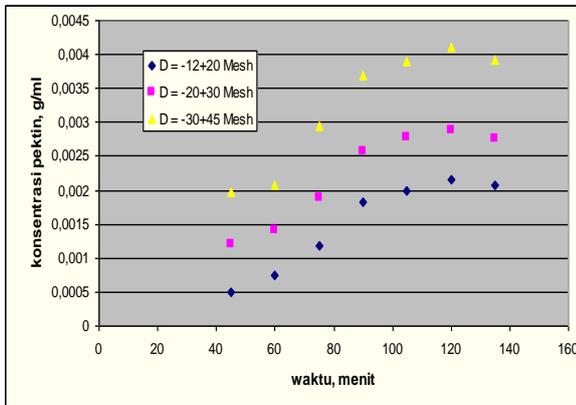
Gambar 4. Hubungan antara konsentrasi pektin dengan waktu ekstraksi pada variasi kecepatan putar

Dari Gambar 4, terlihat bahwa semakin besar kecepatan pengaduk, konsentrasi pektin yang diperoleh semakin besar. Hal ini disebabkan pada

kecepatan putar yang tinggi, jumlah pektin yang terlarut akan semakin besar.

**Variasi Diameter Butir Pepaya (db)**

Pada percobaan ini, variasi diameter butir pepaya yang digunakan adalah : -12+20, -20+30 dan -30+45 Mesh. Sementara variabel-variabel yang lain dibuat tetap. Hasil percobaan mengenai pengaruh diameter butir pepaya terhadap konsentrasi pektin yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara konsentrasi pektin dengan waktu ekstraksi pada variasi diameter butir pepaya.

Dari Gambar 5 terlihat bahwa semakin kecil diameter butir pepaya, konsentrasi pektin yang diperoleh semakin besar. Hal ini disebabkan oleh semakin kecil butir pepaya, luas permukaannya semakin besar. Dengan semakin luasnya permukaan butir, maka memungkinkan terjadinya kontak dengan pelarut yang semakin besar, sehingga pektin yang terlarut semakin besar.

**Menentukan Nilai Koefisien Transfer Massa**

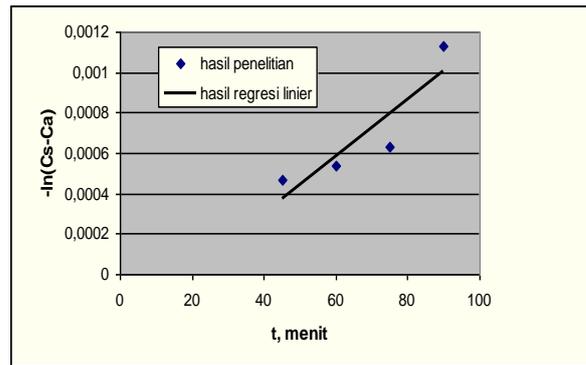
Dari hasil penelitian, diperoleh data konsentrasi pektin (CA) sebagai fungsi waktu (t) untuk setiap variasi yang dipelajari.

Nilai koefisien transfer massa (KLa) dapat diperoleh dari data hubungan seperti persamaan di bawah ini:

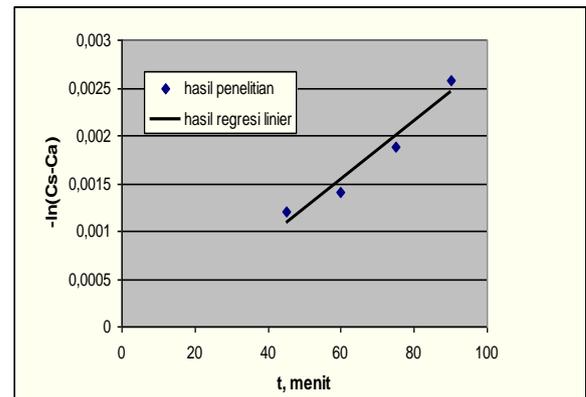
$$-\ln(C_S - C_A) = k_{L,a}.t$$

Dari persamaan tersebut dibuat grafik hubungan  $-\ln(C_S - C_A)$  versus t, dan diperoleh garis lurus maka nilai koefisien transfer massa ( $k_{L,a}$ ) yang merupakan slope dari garis tersebut dapat ditentukan. Hubungan  $-\ln(C_S - C_A)$  dengan t digambarkan dalam Gambar 6 sampai Gambar 11 yang dapat didekati dengan persamaan garis lurus. Dari garis tersebut dapat ditentukan harga  $k_{L,a}$  yang merupakan slope dari garis tersebut. Dengan cara yang sama diperoleh harga  $k_{L,a}$  untuk

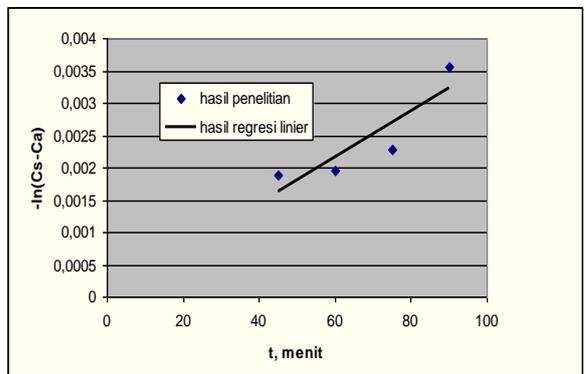
berbagai variasi suhu ekstraksi dan kecepatan putar pengaduk.



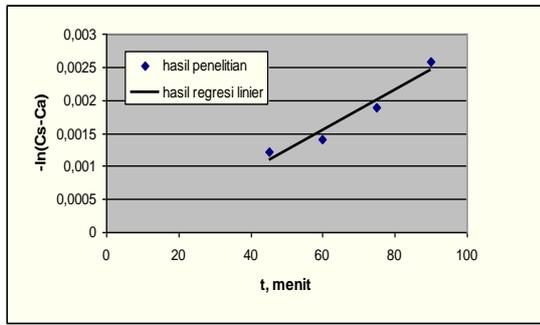
Gambar 6. Hubungan  $-\ln(C_S - C_A)$  dengan t untuk  $T=70^\circ\text{C}$  pada  $N=500$  rpm dan  $db=-12+20$  Mesh



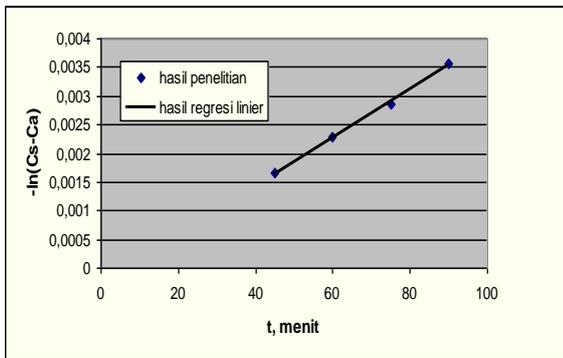
Gambar 7. Hubungan  $-\ln(C_S - C_A)$  dengan t untuk  $T=80^\circ\text{C}$  pada  $N=500$  rpm dan  $db=-12+20$  Mesh



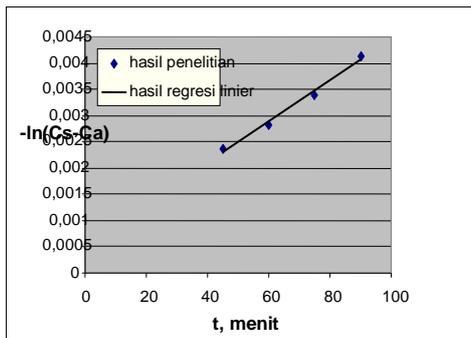
Gambar 8. Hubungan  $-\ln(C_S - C_A)$  dengan t untuk  $T=90^\circ\text{C}$  pada  $N=500$  rpm dan  $db=-12+20$  Mesh



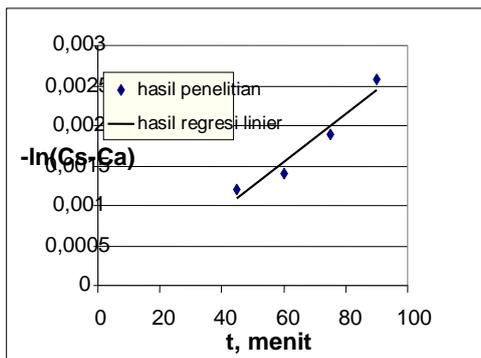
Gambar 9. Hubungan  $-\ln(C_S-C_A)$  dengan t untuk  $N=400$  rpm pada  $T=80^\circ\text{C}$  dan  $db=12+20$  Mesh



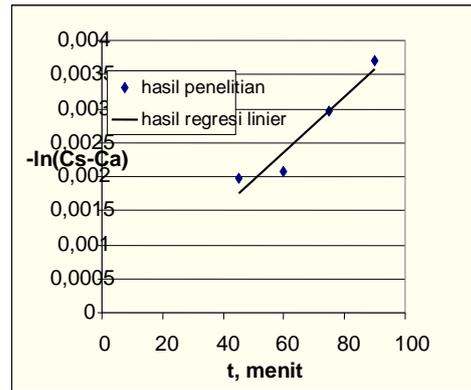
Gambar 10. Hubungan  $-\ln(C_S-C_A)$  dengan t untuk  $N=500$  rpm pada  $T=80^\circ\text{C}$  dan  $db=12+20$  Mesh



Gambar 11. Hubungan  $-\ln(C_S-C_A)$  dengan t untuk  $N=600$  rpm pada  $T=80^\circ\text{C}$  dan  $db=12+20$  Mesh



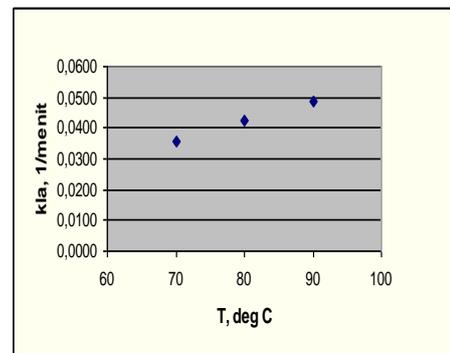
Gambar 13. Hubungan  $-\ln(C_S-C_A)$  dengan t untuk  $db=20+30$  Mesh pada  $T=80^\circ\text{C}$  dan  $N=500$  rpm



Gambar 14. Hubungan  $-\ln(C_S-C_A)$  dengan t untuk  $db=30+45$  Mesh pada  $T=80^\circ\text{C}$  dan  $N=500$  rpm

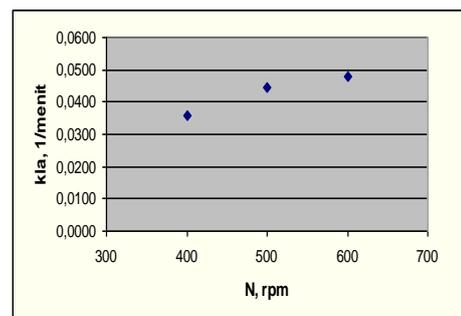
Koefisien transfer massa untuk berbagai variasi percobaan, dapat dilihat dari gambar berikut:

1. Variasi Suhu Ekstraksi ( T )



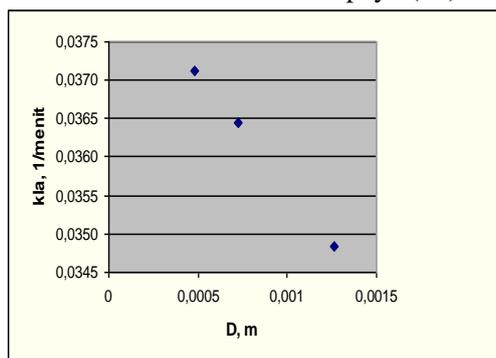
Gambar 15. Hubungan antara Suhu Ekstraksi dengan Koefisien Transfer Massa

2. Variasi Kecepatan Putar Pengaduk ( N )



Gambar 16. Hubungan antara Kecepatan Putar Pengaduk dengan Koefisien Transfer Massa

### 3. Variasi Diameter Butir Pepaya (db)



Gambar 17. Hubungan antara Diameter Butir Pepaya dengan Koefisien Transfer Massa

Dari Gambar 15 dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu, koefisien transfer massa semakin besar. Hal ini disebabkan semakin tinggi suhu, molekul-molekul bergerak semakin cepat sehingga kecepatan molekul semakin besar. Sedangkan dari Gambar 16, semakin cepat putaran pengaduk semakin besar pula koefisien transfer massa. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya kecepatan putar pengaduk, maka turbulensi semakin tinggi. Gambar 17 menunjukkan bahwa semakin kecil butir pepaya, koefisien transfer massa semakin besar. Hal ini disebabkan semakin kecil butir, luas permukaannya akan semakin besar, sehingga kontak dengan solven semakin mudah.

#### Menentukan Volum Molal Pektin ( $v_A$ )

Secara umum, pektin mengandung 69,7 % asam galakturonat, 14,3 % arabinosa, dan 16 % galaktosa. (Kertesz, 1951) Untuk pektin metoksil tinggi, sebanyak  $\pm 60$  % asam galakturonat teresterifikasi.

Jadi komposisi pektin adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Komposisi Pektin

Jenis rantai	Jumlah C	Jumlah H	Jumlah O
Asam galakturonat	6	8	6
Asam galakturonat yang teresterifikasi	7	10	6
Arabinosa	5	8	4
Galaktosa	5	8	4

Pektin mempunyai rantai polimer asam galakturonat yang teresterifikasi antara 300–1000. Untuk jumlah rantai polimer sebanyak 1000, maka:

Tabel 3. Volum Atom C, H dan O

Unsur	Volum Atomik, $\text{cm}^3/\text{gmol}$
C	14,8
H	3,7
O	7,4

(Treybal, 1981)

$$v_A \text{ asam galakturonat} = 400.(6.0,0148 + 8.0,0037 + 6.0,0074) = 65,12 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

$$v_A \text{ asam galakturonat yang teresterifikasi} = 600.(7.0,0148 + 10.0,0037 + 6.0,0074) = 111 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

$$\text{Jumlah rantai arabinosa} = 14,3/69,7.1000 = 205$$

$$v_A \text{ arabinosa} = 205.(5.0,0148 + 8.0,0037 + 4.0,0074) = 27,306 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

$$\text{Jumlah rantai galaktosa} = 16/69,7.1000 = 230$$

$$v_A \text{ galaktosa} = 230.(5.0,0148 + 8.0,0037 + 4.0,0074) = 30,636 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

$$v_A \text{ total} = 234,062 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

#### Menentukan Nilai Difusivitas Larutan

Difusivitas larutan untuk masing-masing variasi dihitung dengan menggunakan persamaan (18), dengan besaran-besaran yang dinyatakan sebagai berikut :

$$\Phi = 1 \text{ untuk unassociated solvent (Treybal, 1980)}$$

$$M_B = M_{\text{HCl}} = 36.458 \text{ kg/kgmol}$$

$v_A =$  volum molal pektin pada titik didih normal = 234.062  $\text{m}^3/\text{kmol}$  (Kertesz, 1951) Tabel 4. Harga Difusivitas Larutan ( $D_L$ ) untuk Berbagai Variasi Suhu Ekstraksi

T, °C	$\mu 10^4, \text{kg/m.dtk}$	$D_L 10^5, \text{cm}^2/\text{mnt}$
70	4.5806	1.2054
80	4.1557	1.3674
90	3.6124	1.6176

Untuk variasi kecepatan putar pengaduk dan diameter butir pepaya, nilai  $D_L$  dihitung pada suhu tetap yaitu 80 °C, sehingga viskositas ( $\mu$ ) juga tetap, yaitu 4.1557  $10^{-4} \text{ kg/m.dtk}$ . Jadi, nilai difusivitas larutan ( $D_L$ ) tetap, yaitu sebesar 1.3674  $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{menit}$ .

#### Menentukan Konstanta-konstanta Pada Persamaan Kelompok Tak Berdimensi

Setelah diperoleh harga  $k_{La}$ , selanjutnya dibuat hubungan antara  $(k_{La}.dp^2/D_L)$  dengan  $(\rho.N.dp^2/\mu)$ ,  $(\mu/\rho.D_L)$  dan  $(db/dp)$ , yang

ditunjukkan dalam Tabel 5, Tabel 6 dan Tabel 7 sebagai berikut :

Tabel 5. Hubungan antara  $(k_L a \cdot dp^2/D_L)$  dengan  $(\rho \cdot N \cdot dp^2/\mu)$  dan  $(\mu/\rho \cdot D_L)$  untuk Variasi Suhu Ekstraksi (T)

T, °C	$(k_L a \cdot dp^2/D_L)$	$(\rho \cdot N \cdot dp^2/\mu)$	$(\mu/\rho \cdot D_L)$
70	14903	9012.8948	23298.9909
80	15665	9892.8402	18712.3373
90	15257	11334.3212	13805.9815

Tabel 6. Hubungan antara  $(k_L a \cdot dp^2/D_L)$  dengan  $(\rho \cdot N \cdot dp^2/\mu)$  dan  $(\mu/\rho \cdot D_L)$  untuk Variasi Kecepatan Putar Pengaduk (N)

N, rpm	$(k_L a \cdot dp^2/D_L)$	$(\rho \cdot N \cdot dp^2/\mu)$	$(\mu/\rho \cdot D_L)$
400	13277	7914.2722	18712.3373
500	16571	9892.8402	18712.3373
600	17774	11871.4082	18712.3373

Tabel 7. Hubungan antara  $(k_L a \cdot dp^2/D_L)$  dengan  $(\rho \cdot N \cdot dp^2/\mu)$  dan  $(\mu/\rho \cdot D_L)$  untuk Variasi Diameter Butir Pepaya (db)

D, Mesh	$(k_L a \cdot dp^2/D_L)$	$(\rho \cdot N \cdot dp^2/\mu)$	$(\mu/\rho \cdot D_L)$
-12+20	12895	9892.8402	18712.3373
-20+30	13497	9892.8402	18712.3373
-30+45	13745	9892.8402	18712.3373

Data-data hubungan kelompok tak berdimensi seperti ditunjukkan dalam Tabel 5, Tabel 6 dan Tabel 7 di atas selanjutnya digunakan untuk menyelesaikan persamaan dalam regresi multi dimensi, untuk mendapatkan harga konstanta K, a, b dan c, yaitu konstanta-konstanta dalam kelompok bilangan tak berdimensi.

Kelompok bilangan tak berdimensi  $(k_L a \cdot dp^2/D_L)$  sebagai fungsi  $(\rho \cdot N \cdot dp^2/\mu)$  dan  $(\mu/\rho \cdot D_L)$  dapat didekati dengan persamaan (19) sebagai berikut:

$$\frac{k_L a \cdot dp^2}{D_L} = K_1 \left[ \frac{N \cdot dp^2 \rho}{\mu} \right]^a \left[ \frac{\mu}{\rho \cdot D_L} \right]^b \quad (19)$$

Harga-harga konstanta  $K_1, a$  dan  $b$  dicari dengan cara regresi multi dimensi.

Misal persamaan tersebut di atas dibentuk menjadi:

$$P = K_1 \cdot Q^a \cdot R^b$$

$$\ln P = \ln K_1 + a \ln Q + b \ln R \quad (20)$$

atau dapat dituliskan :

$$Y = A + a \cdot X + b \cdot Z \quad (21)$$

dengan

$$Y = \ln \frac{k_L a \cdot dp^2}{D_L}$$

$$X = \ln \frac{\rho N dp^2}{\mu}$$

$$Z = \ln \frac{\mu}{\rho D_L}$$

$$A = \ln K_1$$

$$\Sigma Y = n \cdot A + a \cdot \Sigma X + b \cdot \Sigma Z$$

$$\Sigma Y \cdot X = A \cdot \Sigma X + a \cdot \Sigma X^2 + b \cdot \Sigma X \cdot Z$$

$$\Sigma Y \cdot Z = A \cdot \Sigma Z + a \cdot \Sigma X \cdot Z + b \cdot \Sigma Z^2$$

Dengan perhitungan menggunakan persamaan-persamaan di atas, diperoleh penyelesaian nilai konstanta-konstanta pada persamaan (19) sebagai berikut :

$$K_1 = 1.226964$$

$$a = 0.716354$$

$$b = 0.290588$$

Setelah diperoleh nilai a dan b, selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai  $K_2$  dan c pada persamaan (22):

$$\frac{k_L a \cdot dp^2}{D_L} \left[ \frac{N \cdot dp^2 \rho}{\mu} \right]^{-a} \left[ \frac{\mu}{\rho \cdot D_L} \right]^{-b} = K_2 \left[ \frac{db}{dp} \right]^c \quad (22)$$

harga konstanta  $K_2$  dan c dicari dengan regresi linier.

Misal persamaan tersebut di atas dibentuk menjadi :

$$P = K_2 \cdot D^c$$

$$\ln P = \ln K_2 + c \ln D \quad (23)$$

atau dapat dituliskan :

$$Y = c X + B \quad (24)$$

Dengan

$$Y = \ln \frac{k_L a \cdot dp^2}{D_L} \left[ \frac{N \cdot dp^2 \rho}{\mu} \right]^{-a} \left[ \frac{\mu}{\rho \cdot D_L} \right]^{-b}$$

$$X = \ln \left[ \frac{db}{dp} \right]$$

$$B = \ln K_2$$

$$n \cdot B + c \cdot \Sigma X = \Sigma Y$$

$$B \cdot \Sigma X + c \cdot \Sigma X^2 = \Sigma X Y$$

Dengan perhitungan menggunakan persamaan-persamaan di atas, diperoleh penyelesaian nilai konstanta-konstanta pada persamaan (22) sebagai berikut :

$$K_2 = 0.841550$$

$$c = -0.066389$$

Sehingga persamaan tak berdimensi yang diperoleh adalah :

$$\frac{k_L a \cdot dp^2}{D_L} = 1.032552 \left[ \frac{N \cdot dp^2 \rho}{\mu} \right]^{0.716354} \left[ \frac{\mu}{\rho \cdot D_L} \right]^{0.290588} \left[ \frac{db}{dp} \right]^{-0.066389} \quad (25)$$

Sehingga hubungan antara koefisien transfer massa pada ekstraksi pektin dari buah pepaya dalam tangki berpengaduk dengan variabel-variabel yang mempengaruhinya, dapat dinyatakan sebagai berikut :

atau dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Sh = 1.033 \cdot (Re)^{0.716} (Sc)^{0.291} (db/dp)^{-0.066} \quad (26)$$

dengan kesalahan relatif rata-rata sebesar 8.35 %.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Ekstraksi pektin dari buah pepaya dapat dilakukan secara batch dengan menggunakan tangki berpengaduk dan pelarut HCl encer.
2. Analisa Kelompok Bilangan Tak Berdimensi dapat digunakan untuk menurunkan persamaan koefisien transfer massa pada ekstraksi pektin dari buah pepaya.
3. Hubungan antara koefisien transfer massa pada ekstraksi pektin dari buah pepaya dengan variabel-variabel yang mempengaruhinya, dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{k_L a \cdot dp^2}{D_L} = 1.033 \left[ \frac{N \cdot dp^2 \cdot \rho}{\mu} \right]^{0.716} \left[ \frac{\mu}{\rho \cdot D_L} \right]^{0.291} \left[ \frac{db}{dp} \right]^{-0.066}$$

atau dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Sh = 1.033 (Re)^{0.716} (Sc)^{0.291} (db/dp)^{-0.066}$$

dengan kesalahan relatif sebesar 8.35 %.

4. Dari persamaan yang diperoleh, diketahui bahwa nilai koefisien transfer massa akan bertambah besar dengan kenaikan suhu ekstraksi ( untuk variasi 70oC, 80oC dan 90oC ) dan kecepatan putar pengaduk ( untuk variasi 400 rpm, 500 rpm dan 600 rpm ). Sedangkan untuk variasi diameter butir ( -12+20 Mesh, -20+30 Mesh dan -30+45 Mesh ), nilai koefisien transfer massa akan bertambah besar bila diameter butir semakin kecil.

### Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mencari kondisi optimum ekstraksi pektin dari buah pepaya, sehingga dapat diperoleh hasil yang memuaskan.

## DAFTAR PUSTAKA

- De Man, J.M., 1976, *Principle of Food Chemistry*, The Avi Publisher Company Inc. USA
- Wijayanti, H., 2003, *Laporan Penelitian Koefisien Transfer Massa Ekstraksi Pektin dari Buah Pepaya*, Laboratorium Teknologi Bahan Makanan, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta
- Ikaningtyas, B.W., 2003, *Laporan Penelitian Koefisien Transfer Massa Ekstraksi Pektin dari Kulit Melon*, Laboratorium Teknologi Bahan Makanan, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta
- Kertesz, Z.I., 1951, *The Pectin Substance*, p.p.97-115, 201-213, 239-294, Interscience Publishers Inc., New York
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1958, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3 ed., vol.7, p.p.910-917, The Interscience Encyclopedia Inc., New York
- Meyer, L.H., 1960, *Food Chemistry*, p.p.87-93, Affiliated East West Press P.U.T.L.T.D., New York
- Perry, R.H. and Green, D., 1984, *Perry's Chemical Engineers Handbook*, 6 ed., Mc Graw Hill Book Company, New York
- Treybal, R.E., 1980, *Mass Transfer Operations*, 3 ed., p.p.21, 35, Mc Graw Hill, Kogakusha, Ltd., Tokyo
- Winarno, F.G., 1984, *Kimia Pangan dan Gizi*, hal.35-37, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta