

*Penelitian/Research*

**ANALISIS KADAR AIR KESEIMBANGAN, SORPSI ISOTERMIK, DAN KAJIAN TEKNO EKONOMI PENGOLAHAN BUBUK JAHE (*Zingiber officinale* Rosc.)**

*Analysis for Equilibrium Moisture Content, Sorption-Isotherm and Economic Analysis of Ginger Powder Processing (*Zingiber officinale* Rosc.)*

Rizal Alamsyah<sup>a)</sup>, Bambang Irawan<sup>b)</sup> dan Putiati Mahdar<sup>b)</sup>

<sup>a)</sup> Balai Besar Industri Agro  
Jln Ir. H Juanda No. 11 Bogor 16122

<sup>b)</sup> Jurusan Mekanisasi Pertanian  
Fakultas Teknologi Pertanian IPB  
Kampus Darmaga Bogor PO BOX 122

---

**ABSTRACT** - A study to analyse for equilibrium moisture content, sorption-Isotherm and economic analysis of ginger powder processing (*Zingiber officinale* Rosc.) production has been conducted. The study was aimed at designing adsorption and desorption model of ginger powder by investigating its equilibrium moisture content conducted at 30 °C dan 40 °C, relative humidity (Rh) level of 11.3, 32.4, 51.4, 63.5, and 75.0 % for adsorption model and 11.2, 31.8, 48.5, 61.4, and 75.8 % for desorption model. Four models of Smith, Henderson, Caurie, and Bradley were employed and modified to investigate a model which appropriate for ginger powder composition. Before resulting the models and curves, it was initially calculated some constants. The modification of Smith model showed the best results for adsorption condition. Financial analysis was conducted to evaluate the financial viability of ginger powder processing. The financial analysis of ginger production of 500 kg per day consist of some parameter e.g IRR (internal Rate Return) was 28.53 %, NPV (Net Present Value) was Rp 204.252.000,-, net revenue was Rp 252.000.000,- and PBP (Pay back Period) was 3.5 years. It can be concluded that ginger powder production was viable to be set up.

*Keywords: ginger powder, equilibrium moisture content, sorption-isotherm, and economic analysis*

**PENDAHULUAN**

Jahe merupakan salah satu jenis rempah-rempah penting yang banyak sekali pemakaian dan kegunaannya. Aroma jahe sangat disukai di dalam beberapa jenis makanan dan minuman yang dikarenakan adanya minyak atsiri yang umumnya berwarna kuning dan sedikit kental (Santoso, 1991). Hasil olahan rimpangnya terdiri dari berbagai bentuk di antaranya adalah berupa bubuk jahe, oleoresin, dan minyak jahe yang juga sangat luas pemakaiannya antara lain sebagai bumbu masak, pemberi aroma, dan rasa pada makanan seperti kue, biskuit, kembang gula, dan berbagai jenis minuman ringan (Rusli, 1989 dan Yuliani dkk, 1991). Di samping itu jahe juga digunakan pada industri obat, minyak wangi, dan industri jamu tradisional (Rusli dan Rahmawan, 1988). Hasil olahan jahe lainnya yang juga banyak diperdagangkan, yaitu awetan jahe (pikel dan manisan jahe) yang dibuat dari rimpang jahe muda berumur 3 sampai 4 bulan.

Permintaan jahe per tahun mengalami peningkatan, dan menurut Paimin dan Murharnanto (1991) dan BPS (2002) ekspor jahe setiap tahun hanya sekitar 2 – 4 % kebutuhan dunia. Sementara itu permintaan dalam negeri banyak dibutuhkan terutama untuk keperluan industri jamu (Rusli dan Rahmawan, 1988). Sejauh ini ekspor jahe Indonesia masih terbatas dalam bentuk jahe segar, jahe kering, minyak atsiri, awetan jahe atau *pickle* (BPS, 2002), sedangkan jahe dalam bentuk bubuk (*powder*) masih belum diekspor.

Untuk memperoleh nilai tambah jahe dilakukan melalui proses pengolahan. Salah satu pengolahan yang dapat dilakukan yaitu dengan mengolah jahe segar menjadi bubuk jahe. Bubuk jahe merupakan salah satu produk olahan jahe yang banyak digunakan di negara pengimpor jahe, akan tetapi kuantitas bubuk jahe di perdagangan internasional tidak besar. Bubuk jahe untuk makanan dan proses penyulingan pada pembuatan anggur jahe berasal dari jahe kering yang dikuliti atau

setengah dikuliti (Rusli, 1989). Oleh karena itu sebagian besar jahe kering yang diimpor, diolah menjadi bubuk jahe di negara pengimpor sebelum digunakan lebih lanjut (Purseglove, 1981 dan Paimin dan Murharnanto, 1991).

Secara alami, bubuk jahe dapat menyerap air dari udara sekeliling dan juga sebaliknya dapat melepaskan sebagian air yang terkandung ke udara. Sifat-sifat tersebut umumnya digambarkan dengan kurva isotermik ataupun model matematikanya (Heldman dan Singh, 1981; Dumanaw, 1991; Henderson dan Perry, 1976). Model matematik dan kurva tersebut merupakan hubungan antara kadar air bahan atau aktifitas air ( $a_w$ ) dan kelembaban relatif keseimbangan ruang penyimpanan bahan (ERH) pada suhu tertentu. Secara umum kurva sorpsi isotermik untuk bahan pangan berbentuk sigmoid (menyerupai huruf S).

Model matematik sorpsi isotermik telah banyak dilakukan baik secara teoritis, maupun empiris (Labuza, 1985). Dengan diketahuinya model matematik sorpsi isotermik tersebut dengan mudah diketahui kadar air keseimbangan bahan sehingga data tersebut dapat digunakan untuk membantu informasi karakteristik pengemasan penyimpanan bahan pangan serta dapat membantu untuk mendesain peralatan pengeringan (Brooker et al, 1974 dan Buckle et al, 1985).

Di dalam penyimpanan, kadar air keseimbangan merupakan salah satu parameter mutu yang penting dari bubuk jahe (Labuza, 1968). Dengan mengetahui kadar keseimbangan ini juga akan dapat dijaga produk bubuk jahe tetap memenuhi standar mutu yang diperlukan, di samping pengaturan pengemasan yang sesuai dan kondisi lingkungan (suhu maupun kelembaban relatif). Berkaitan dengan hal tersebut pengetahuan tentang kadar air keseimbangan dan sorpsi isotermik sangat diperlukan. Di samping itu, untuk menunjang sistem pengolahan yang baik diperlukan analisis finansial atau tekno ekonomi sehingga akan diperoleh gambaran kelayakan industri bubuk jahe untuk skala yang dipilih serta sensitifitas atas faktor-faktor yang berpengaruh.

Tujuan penelitian ini adalah untuk (1) menentukan kadar air keseimbangan bubuk jahe pada suhu 30 oC dan 40 oC, (2) menentukan konstanta model sorpsi isotermik, (3) menentukan model sorpsi isotermik yang sesuai untuk bubuk jahe, dan (4) mengkaji analisis finansial atau tekno ekonomi industri pengolahan bubuk jahe.

## BAHAN DAN METODE

### BAHAN

Bahan yang digunakan adalah rimpang jahe putih besar (klon jahe badak/gajah) berasal dari Cianjur yang dipanen saat berumur 8 bulan. Untuk mengatur kelembaban relatif (Rh) digunakan beberapa larutan garam jenuh, yaitu LiCl,  $MgCl_2 \cdot 6 H_2O$ ,  $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ,  $NaNO_2$ ,  $NaCl_2$ , dan  $K_2SO_4$ .

### ALAT

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari inkubator, desikator (diameter 10 cm dan tinggi 10 cm), desikator besar, pengukur kadar air metoda destilasi, oven pengering (*Oven series 9000*), neraca digital (*AE 260 Delta Range*), penepung (*laboratory mill*), yang dilengkapi ayakan (30 dan 60 mesh) dan cawan.

### METODE

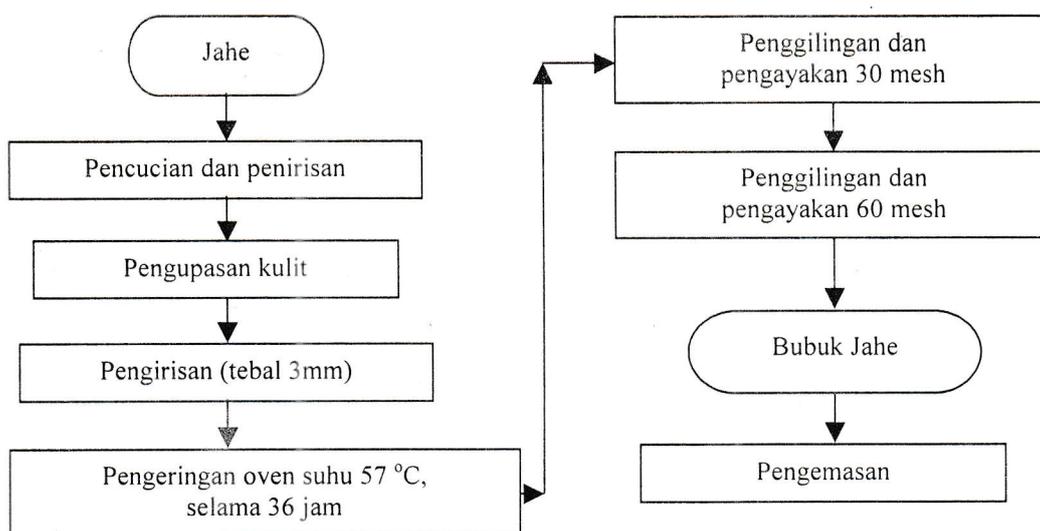
#### *Pembuatan Bubuk Jahe*

Bubuk jahe dibuat dari jahe segar yang telah disiapkan. Jahe segar tersebut dicuci untuk membersihkan dari tanah, pasir, dan kotoran lain yang melekat, lalu ditiriskan. Jahe bersih dikuliti dan diiris dengan ketebalan 3 mm, untuk selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 57°C selama dua hari sampai kadar air 8 % basis berat basah.

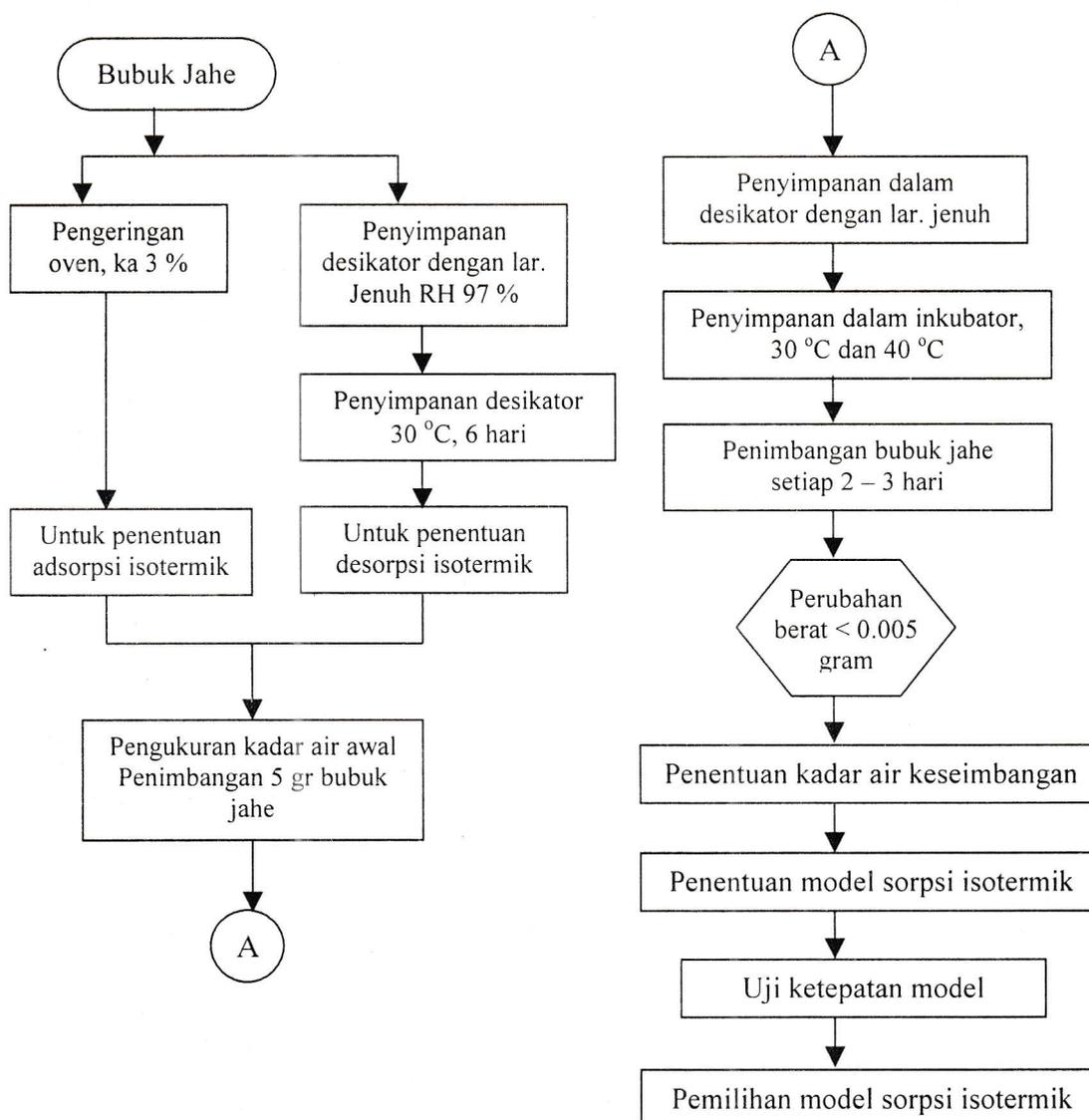
Jahe kering yang diperoleh selanjutnya digiling dan diayak dengan *Thomas-Willwy laboratory mill* dengan ukuran 30 mesh. Hasil gilingan kemudian digiling kembali dan diayak dengan ukuran ayakan 60 mesh. Secara skematis pengolahan bubuk jahe dapat dilihat pada Gambar 1.

#### *Penentuan Kadar Air Keseimbangan Bubuk Jahe*

Secara skematis diagram alir penentuan kadar air keseimbangan bubuk jahe dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram alir pengolahan bubuk jahe (Undriyani, 1987)



Gambar 2. Diagram alir percobaan sorpsi isothermik bubuk jahe

**Penentuan Model Sorpsi Isotermik Bubuk Jahe**

Persamaan yang digunakan dalam menentukan model sorpsi isotermik bubuk jahe ini adalah persamaan Smith (1974) di dalam Brooker *et al* (1982), persamaan Henderson di dalam Henderson dan Perry (1976), persamaan Caurie di dalam Lomauro (1984), dan persamaan Bradley di dalam Lomauro (1984). Persamaan-persamaan non-linier tersebut diubah menjadi persamaan linier:

$$Y = a + b X \dots\dots\dots (1)$$

di mana, Y, X: variabel yang diketahui nilai dari data dan hasil percobaan  
 a, b : konstanta yang nilainya akan ditentukan

Nilai konstanta dapat ditentukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil. Persamaan Smith (persamaan 2) diubah menjadi linier, di mana :

$$Me = a - b \ln (1 - Pv/Pvs) \dots\dots\dots(2)$$

$$Y = Me \dots\dots\dots (3)$$

$$X = \ln (1 - Pv/Pv) \dots\dots\dots(4)$$

$$a = a_{smith}$$

$$B = b_{smith}$$

Persamaan Henderson dalam persamaan (5) diubah menjadi :

$$1 - Rh = \text{Exp} (-cTMe) \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{Ln} (\ln (1 / RH)) = \ln (cT) + n \ln Me \dots\dots\dots(6)$$

Persamaan tersebut diubah ke dalam bentuk linier, di mana :

$$Y = \ln (\ln (1 / Aw)) \dots\dots\dots(7)$$

$$X = \ln Me, a = \ln (cT), b = n$$

Persamaan Caurie dalam persamaan (7) diubah menjadi linier, di mana :

$$\text{Ln} Me = \ln P (1) - P (2) Aw \dots\dots\dots(8)$$

$$Y = \ln Me \dots\dots\dots(9)$$

$$X = Aw, a = \ln P (1), b = - P (2)$$

Persamaan Bradley dalam persamaan (10) diubah menjadi:

$$\text{Ln} (1/Aw) = P (2) [ P(1)Me] \dots\dots\dots(10)$$

$$\text{Ln} (\ln (1/Aw)) = \ln P(2) + Me \ln P(1) \dots\dots\dots(11)$$

Persamaan tersebut diubah ke dalam bentuk linier, di mana :

$$Y = \ln (\ln (1 / (1 - Rh))) \dots\dots\dots (12)$$

$$X = \ln Me, a = \ln (cT), b = n$$

Persamaan Caurie dalam persamaan (13) diubah menjadi linier, di mana :

$$Y = \ln (\ln (1 - 1/ Aw)) \dots\dots\dots(13)$$

$$X = Me, a = \ln P (2), b = P (1)$$

Selanjutnya persamaan linier di atas ditentukan nilai konstanta dengan metode kuadrat terkecil, di mana:

$$B = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i) (\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \dots\dots\dots(14)$$

$$a = Y - b X$$

**Penentuan Kelembaban Relatif (Rh)**

Rh yang digunakan diperoleh dengan menggunakan larutan garam jenuh. Larutan garam jenuh dibuat dengan melarutkan garam dalam jumlah yang berlebih ke dalam air aquadest. Kelebihan garam dimaksudkan untuk menjaga kejenuhan larutan, sehingga kelembaban relatif yang dikehendaki tidak berubah. Larutan garam yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kelembaban relatif larutan garam jenuh

Larutan garam jenuh	Rh (%)	
	30 °C	40 °C
LiCl	11,3	11,2
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	32,4	31,8
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	51,4	48,5
NaNO <sub>2</sub>	63,5	61,6
NaCl <sub>2</sub>	75,0	74,8
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	97,0	-

Sumber: Palapine dan Driscoll (1992)

**Uji Ketepatan Model**

Untuk mengetahui ketepatan persamaan-persamaan yang dihasilkan maka dilakukan uji ketepatan model dengan menggunakan nilai modulus deviasi (P) seperti pada persamaan (15).

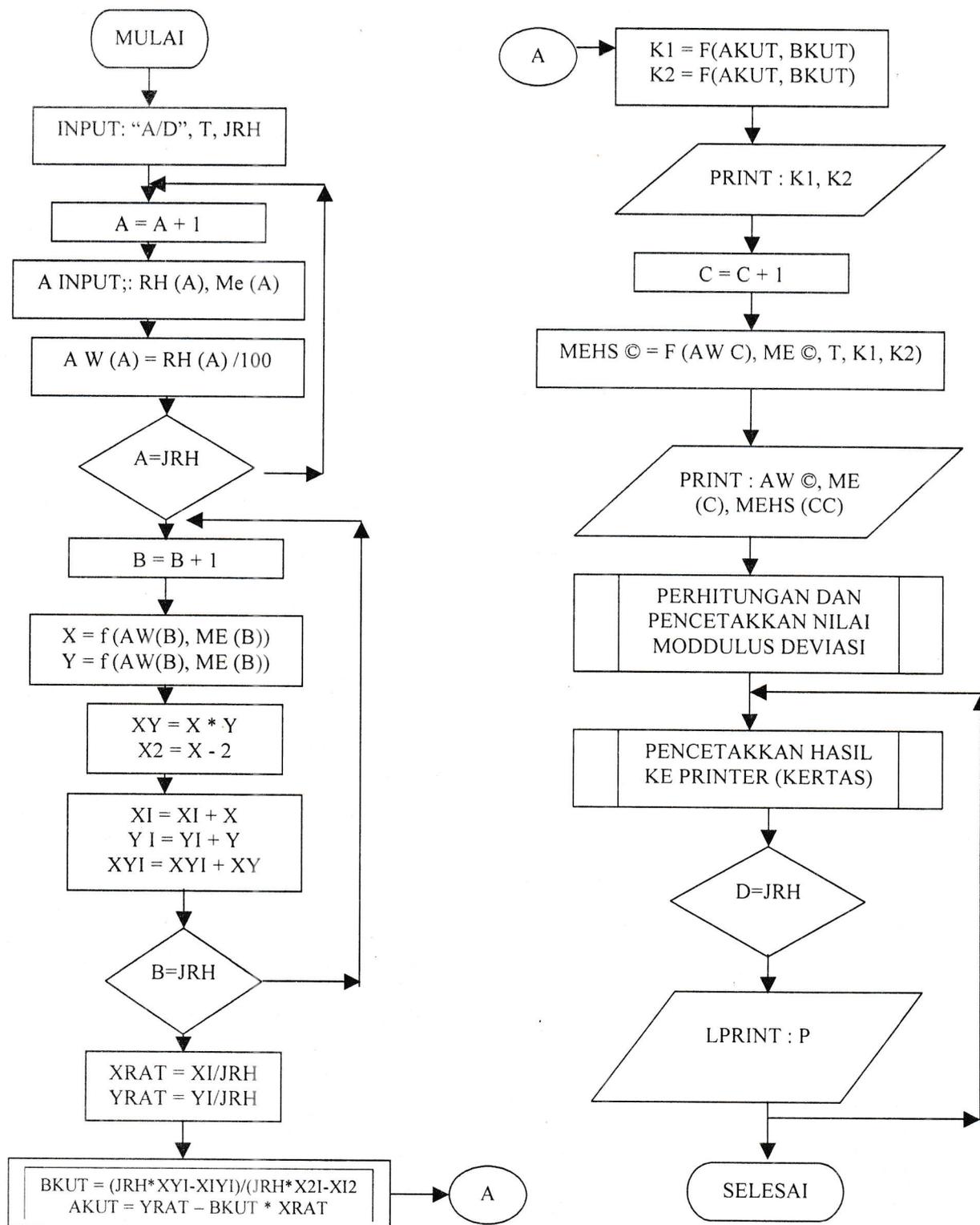
$$P = 100/n \sum_{i=1}^n | Mi - Mpi | / Mi \dots\dots\dots (15)$$

di mana : Mi : kadar air keseimbangan hasil percobaan  
 Mpi : kadar air keseimbangan hasil perhitungan  
 N : jumlah data kadar air keseimbangan

Bila P kurang dari 5 maka angka hasil yang didapat dari persamaan sangat tepat, jika nilai P antara 5 hingga 10 maka hasil dugaan dari persamaan agak tepat dan bila P lebih dari 10 maka dugaan dari persamaan tidak tepat (Lomauro, 1984).

### Penentuan Konstanta dan Modulus deviasi model

Untuk perhitungan konstanta dan modulus deviasi model digunakan program komputer dengan bahasa BASIC. Secara garis besar tahapan penentuan konstanta dan modulus deviasi model disajikan dalam diagram alir (Gambar 3).



Gambar 3. Diagram alir program perhitungan konstanta dan modulus deviasi model

### **Analisis Kelayakan Tekno-Ekonomi Industri Pengolahan Bubuk Jahe**

Data yang dibutuhkan untuk analisis tekno ekonomi pengolahan bubuk jahe meliputi:

1. Investasi pendirian pabrik pengolahan bubuk jahe yang meliputi tanah, bangunan, mesin, dan peralatan instalasi listrik, serta modal kerja,
2. Biaya operasional, yang terdiri dari bahan baku, kemasan, konsumsi energi, tenaga kerja, dan pemeliharaan peralatan,
3. Pendapatan (harga jual produk)

Berdasarkan data yang diperoleh dilakukan analisis tekno ekonomi untuk menetapkan parameter kelayakan industri pengolahan bubuk jahe berupa :

1. IRR (*Internal Rate Return*) yaitu suatu tingkat bunga di mana nilai sekarang (*present value*) dari jumlah penerimaan sama dengan nilai sekarang dari jumlah pengeluaran,
2. NPV (*Net Present Value*), yaitu selisih antara nilai sekarang (*present value*) dari keuntungan dengan nilai sekarang (*present value*) dari biaya,
3. PBP (*Payback Period*) yaitu masa yang dibutuhkan untuk dapat mengembalikan investasi

Rumusan yang digunakan untuk menghitung IRR, NPV, dan PBP diuraikan dalam Kadariah *et al* (1978). Asumsi-asumsi yang digunakan pada analisis kelayakan tekno-ekonomi industri pengolahan bubuk jahe adalah:

1. Umur ekonomi proyek 10 tahun
2. Pabrik beroperasi 1 shift
3. Nilai akhir tanah 100 %, untuk bangunan 50 % pada akhir umur proyek
4. Waktu yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik hingga siap beroperasi adalah 4 bulan
5. Untuk perhitungan NPV ditetapkan *discount rate factor* sebesar 20 %.
6. Produk yang dihasilkan merupakan produk ekspor

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Kadar Air Keseimbangan**

Hasil rata-rata dari kadar air keseimbangan bubuk jahe dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3. Untuk mencapai kadar air keseimbangan bubuk jahe dibutuhkan waktu yang berbeda dari tiap-tiap kondisi penyimpanan, yaitu berkisar antara 4 sampai 14 hari. Untuk proses adsorpsi pada kondisi suhu yang sama, bubuk jahe yang disimpan pada

kelembaban relatif yang lebih tinggi membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai keseimbangan.

Tabel 2. Kadar air keseimbangan bubuk jahe pada suhu 30 °C

Rh (%)	Kadar air keseimbangan (% bk)	
	Adsorpsi	Desorpsi
11,3	3,392	4,476
32,4	6,775	7,372
51,4	9,812	10,371
63,5	12,496	13,319
75,0	16,898	17,663

Tabel 3. Kadar air keseimbangan bubuk jahe pada suhu 40 °C

Rh (%)	Kadar air keseimbangan (% bk)	
	Adsorpsi	Desorpsi
11,2	3,546	3,886
31,8	6,115	6,403
48,5	8,895	9,155
61,4	11,671	12,189
75,8	16,436	16,965

Hal tersebut disebabkan perbedaan tekanan uap air antara bahan dan lingkungan lebih besar. Sedangkan untuk proses desorpsi pada kondisi suhu yang sama terjadi sebaliknya dimana bubuk jahe yang disimpan pada kelembaban relatif yang lebih tinggi membutuhkan waktu yang lebih cepat untuk mencapai keseimbangan, hal ini disebabkan perbedaan tekanan uap air antar bahan dan lingkungan lebih kecil.

Kadar air keseimbangan bubuk jahe tertinggi diperoleh pada kondisi penyimpanan pada suhu 30 °C, kelembaban relatif 75 %, dan pencapaian keseimbangan secara desorpsi, yaitu 17,663 % (bk). Sedangkan kadar air keseimbangan bubuk jahe terkecil diperoleh pada kondisi penyimpanan dengan suhu 40 °C, kelembaban relatif 11,2 %, dan pencapaian keseimbangan secara adsorpsi, yaitu 3,546 % (bk).

Dari Tabel 2 dan 3 dapat dilihat bahwa pada suhu yang sama, peningkatan kelembaban relatif lingkungan akan mengakibatkan meningkatnya pula kadar air keseimbangan bubuk jahe, baik secara adsorpsi maupun desorpsi. Hal ini terjadi karena kelembaban relatif lingkungan yang tinggi mengakibatkan tekanan uap air lingkungan meningkat sehingga

air yang pindah dari lingkungan ke bubuk jahe menjadi besar.

### Model Sorpsi Isotermik Bubuk Jahe

#### Uji Ketepatan Model

Uji ketepatan model dilakukan untuk mengetahui ketepatan persamaan-persamaan yang dihasilkan. Cara yang digunakan adalah dengan menggunakan nilai modulus deviasi seperti pada persamaan 15. Nilai-nilai modulus

deviasi pada percobaan ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Nilai modulus deviasi menunjukkan ketepatan suatu persamaan dalam menggambarkan sorpsi isotermik bubuk jahe pada suhu 30 °C dan 40 °C. Bila nilai modulus deviasi kurang dari 5 maka persamaan tersebut sangat tepat dalam menggambarkan sorpsi isotermik yang sebenarnya. Nilai modulus deviasi antara 5 dan 10 menyatakan bahwa persamaan tersebut agak tepat dan bila nilai modulus deviasi lebih besar dari 10 maka persamaan tersebut tidak tepat.

Tabel 4. Nilai modulus deviasi (P).

Model	Modulus deviasi			
	T = 30 °C		T = 40 °C	
	Adsorpsi	Desorpsi	Adsorpsi	Desorpsi
Smith	1,7980	1,7460	1,5928	2,0514
Henderson	6,7044	6,8870	7,3215	7,9716
Caurie	2,4657	2,2764	1,9230	1,2212
Bradley	9,9179	9,2022	11,8187	11,8593

Berdasarkan nilai-nilai modulus deviasi pada tabel 4 maka persamaan Smith dan Caurie dapat menggambarkan secara tepat sorpsi isotermik bubuk jahe pada suhu 30 °C dan 40 °C. Persamaan Smith merupakan persamaan terbaik untuk menggambarkan sorpsi isotermik (adsorpsi maupun desorpsi) isotermik bubuk jahe pada suhu 30 °C dan adsorpsi isotermik pada suhu 40 °C. Persamaan Caurie merupakan persamaan terbaik untuk menggambarkan desorpsi isotermik bubuk jahe pada suhu 40 °C. Kurva sorpsi isotermik persamaan Smith dan Caurie dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.

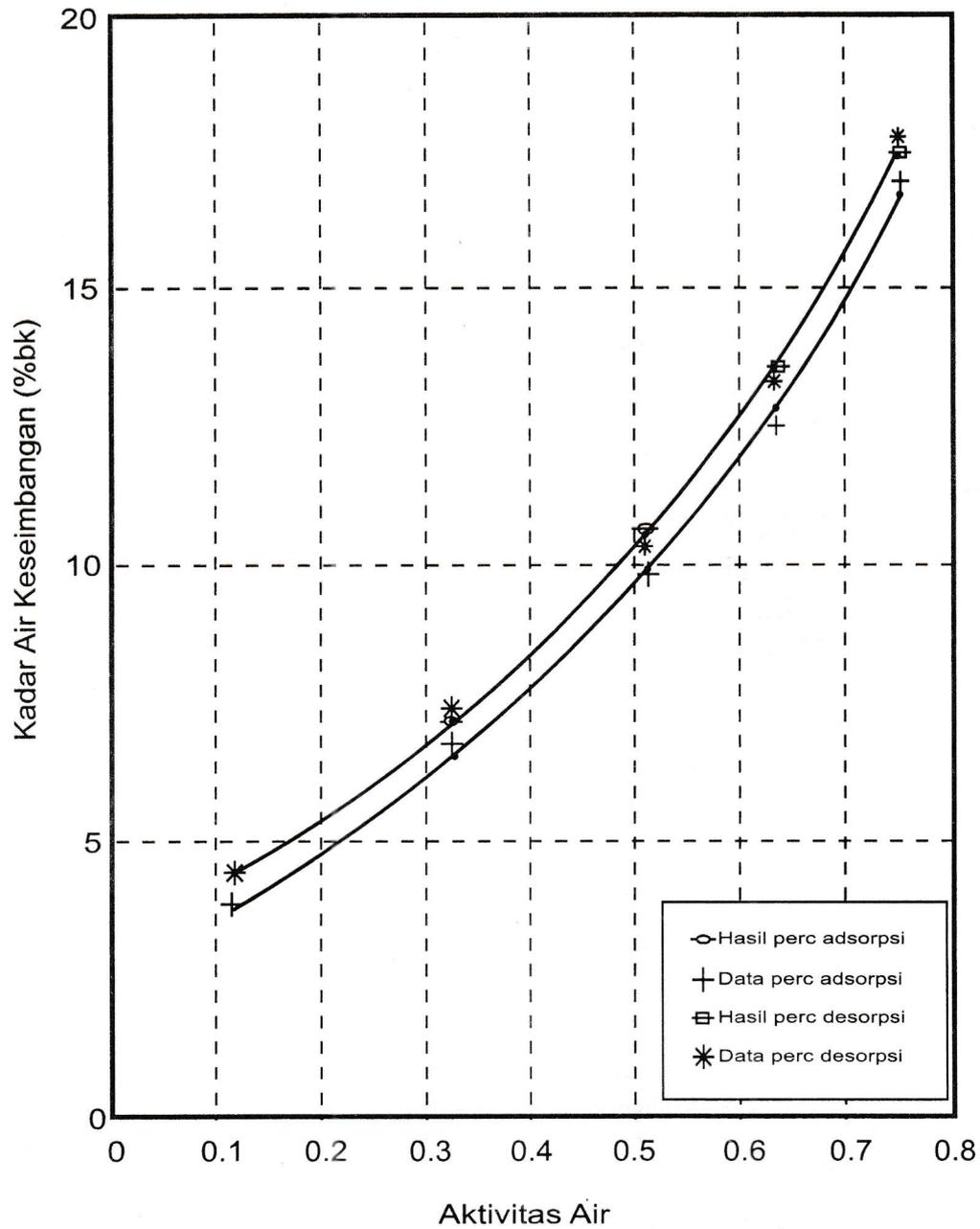
### EVALUASI KURVA SORPSI ISOTERMIS

Kurva sorpsi isotermik diperoleh dari model-model yang dievaluasi kemudian diplot ke dalam suatu kurva. Kurva sorpsi isotermik tersebut menggambarkan hubungan antara kadar air keseimbangan ( $M_e$ ) dengan aktifitas air ( $a_w$ ) pada suhu tertentu. Dari gambar yang dihasilkan secara umum dapat dilihat bahwa pada suhu tetap, peningkatan  $R_h$  akan mengakibatkan peningkatan kadar air keseimbangan yang semakin tinggi. Di samping itu terlihat pula adanya fenomena histerisis di mana pada suhu dan kelembaban relatif tetap kadar air keseimbangan bubuk jahe yang dicapai secara desorpsi lebih tinggi dari pada yang dicapai secara adsorpsi. Pada Gambar 4 dan 5 terlihat

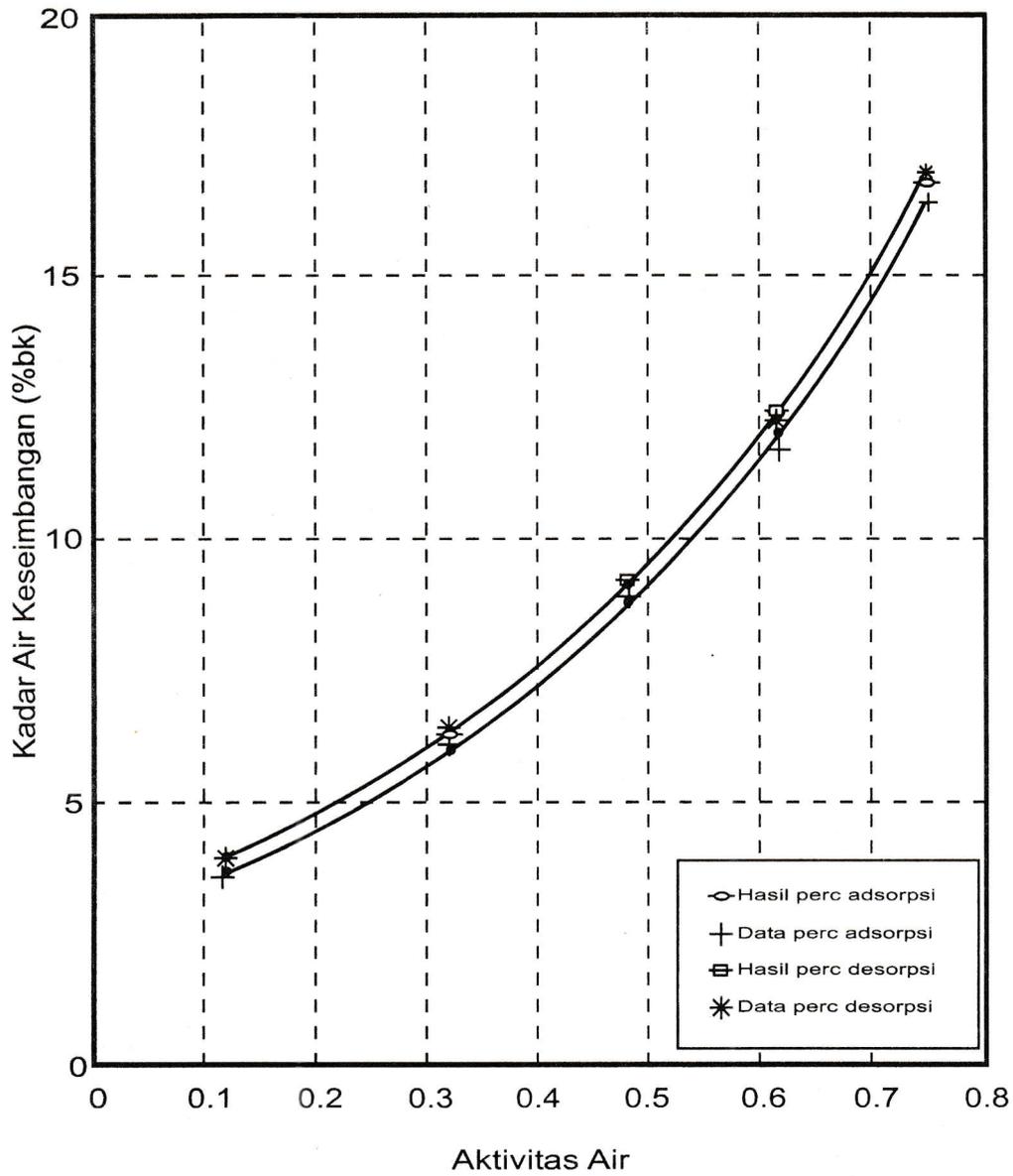
bahwa pada  $R_h$  tetap, peningkatan suhu akan menggeser kurva sorpsi isotermik ke bawah.

Berdasarkan kurva yang dihasilkan dapat juga diamati bahwa terdapat perbedaan antara nilai kadar air keseimbangan hasil percobaan dan persamaan. Hal ini dimungkinkan terjadi karena digunakan asumsi-asumsi dalam penurunan model. Pendapat yang sama juga dikemukakan oleh Brooker et al (1984) yang menyatakan bahwa pemakaian asumsi-asumsi yang terlalu sederhana dapat mengakibatkan ketidak-akuratan dugaan nilai kadar air keseimbangan.

Bentuk khas kurva sorpsi isotermik bahan pangan berbentuk S (sigmoid) seperti diungkapkan Buckle et. al. (1985), akan tetapi kurva hasil persamaan Smith dan Caurie tidak berbentuk sigmoid. Hal ini dimungkinkan persamaan Smith memiliki bentuk  $Y = a + b \ln(1-x)$  dan persamaan Caurie memiliki bentuk  $Y = a + b \ln(1-x)$ , sehingga berapapun nilai konstanta  $a$  dan  $b$  kurva hubungan antara  $X$  dan  $Y$  yang dihasilkan tidak akan berbentuk sigmoid. Walaupun demikian kedua persamaan tersebut dapat menggambarkan sorpsi isotermik bubuk jahe pada suhu 30 °C dan 40 °C secara tepat pada  $R_h$  11 % hingga 75 %.



Gambar 4. Kurva sorpsi isotermik bubuk jahe model Smith pada suhu 30 °C



Gambar 5. Kurva sorpsi isotermik bubuk jahe model Caurie pada suhu 40 °C



**b. Biaya Tidak Tetap**

1. Jahe segar 3500 kg/hari x 300 hari x Rp 3500	3.675.000.000
2. Bahan blansir (NaHSO <sub>3</sub> )	300.000
3. Sarung tangan	600.000
4. Kemasan (PE dan karung plastik)	1.500.000
5. Minyak tanah	3.000.000
6. Listrik dan air	6.000.000
7. Biaya pengiriman	12.000.000
8. Biaya tak terduga	6.000.000
Jumlah Biaya Tidak Tetap	3.704.400.000
Jumlah Biaya Tetap dan Tidak Tetap (a+b)	3.847.500.000

**D. Perhitungan Penghasilan**

a. Penjualan 500 x 300 x Rp 27.750,-	4.162.500.000
b. Pengeluaran : Biaya produksi	3.847.300.000
Penghasilan kotor	315.500.000
Pajak penghasilan (20 % x penghasilan kotor)	63.000.000
Penghasilan bersih dalam 1 tahun	252.000.000

**E. Pengembalian Modal**

Waktu pengembalian modal ( <i>Pay back period</i> ) = modal tetap/ penghasilan bersih x 1 tahun	3,51 tahun
IRR	28,53 %
NPV	204.252.000
Biaya Produksi	4000

**ANALISIS SENSITIVITAS**

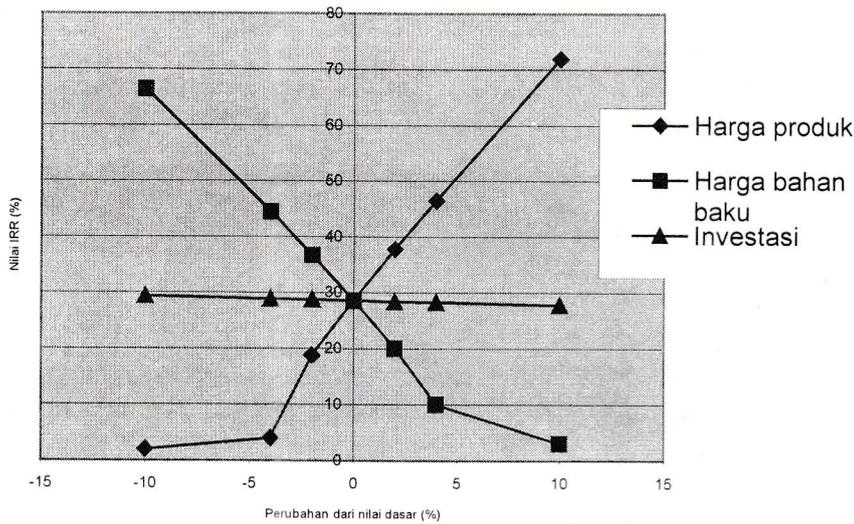
Analisis sensitivitas dilakukan untuk memperoleh data yang diperlukan bila perubahan biaya untuk suatu kelayakan unit pengolahan bubuk jahe dilakukan. Analisis sensitivitas dibuat dengan merubah nilai investasi, harga produk, dan harga bahan baku. Analisis sensitivitas terhadap investasi (harga peralatan pengolahan) menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata (relatif kurang berarti) karena dengan penurunan 10 % investasi akan meningkatkan nilai IRR menjadi 29,32 % yang berarti memberikan perubahan sebesar 1% nilai IRR, sedangkan dengan peningkatan 10 % nilai investasi malah akan menurunkan nilai IRR menjadi 27,77 % seperti terlihat pada gambar 6.

Harga bahan baku (jahe segar) juga menunjukkan hasil yang cukup berbeda nyata setelah dilakukan analisa sensitivitas berdasarkan perhitungan tekno ekonomi. Dengan penurunan harga bahan baku dan penolong 10 % memberikan nilai IRR sebesar

66,89 %, sedangkan dengan menaikkan nilai harga bahan baku 2 % saja nilai IRR akan turun menjadi 19,95 %, kondisi tersebut jelas tidak menguntungkan karena nilai IRR jauh di bawah nilai bunga bank (discount rate factor) yaitu 20 %. Secara umum perubahan kedua nilai perubahan variabel di atas (investasi dan harga bahan baku) menunjukkan pola yang sama.

Perubahan nilai variabel harga produk (serbuk jahe) memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap nilai IRR. Berdasarkan gambar 6, dengan ditingkatkan 2 % atau 4 % saja harga produk, maka akan dihasilkan nilai IRR menjadi masing-masing 37,66 % dan 46,43 %, sedangkan bila harga produk ditingkatkan menjadi 10 % akan meningkatkan IRR menjadi 71,78 %. Perubahan tersebut di atas akan meningkatkan nilai IRR sebesar 32 %, 62 %, dan 152 %. Secara umum dapat dikatakan bahwa pengaruh dari ketiga variabel di atas, variabel harga produk mempunyai pengaruh yang sangat berbeda nyata.

Pengaruh perubahan variabel terhadap IRR



Gambar 6. Pengaruh perubahan nilai investasi, harga produk dan bahan baku terhadap nilai IRR

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**KESIMPULAN**

1. Model Smith dan Caurie dapat menggambarkan sorpsi isotermik bubuk jahe secara tepat pada suhu 30 °C dan 40 °C. Persamaan sorpsi isotermik bubuk jahe berdasarkan model Smith dan Caurie adalah sebagai berikut:

**Persamaan Smith:**

*Secara Adsorpsi*

$$Me = 2,6780 - 10,0693 \ln (1 - Aw),$$

untuk T 30 °C

$$Me = 2,2160 - 10,1650 \ln (1 - Aw),$$

untuk T 40 °C

*Secara desorpsi*

$$Me = 3,1846 - 10,2775 \ln (1 - Aw),$$

untuk T 30 °C

$$Me = 2,4269 - 10,3651 \ln (1 - Aw),$$

untuk T 40 °C

**Persamaan Caurie**

*Secara Adsorpsi*

$$\ln Me = 1,1424 + 2,2289 Aw,$$

untuk T 30 °C

$$\ln Me = 1,0227 + 2,3716 Aw,$$

untuk T 40 °C

*Secara desorpsi*

$$\ln Me = 1,2675 + 2,1034 Aw,$$

untuk T 30 °C

$$\ln Me = 1,1090 + 2,2883 Aw,$$

untuk T 40 °C

2. Pada suhu tetap, peningkatan kelembaban relatif akan menaikkan kadar air keseimbangan bubuk jahe, sedangkan pada kelembaban relatif tetap, peningkatan suhu akan menggeser kurva sorpsi isotermik ke bawah,
3. Penyimpanan bubuk jahe pada suhu 30 °C agar memenuhi standar bubuk jahe Inggris, Amerika Serikat, dan Indonesia (dalam hal kadar air) sebaiknya dilakukan pada Rh lingkungan 64 % sedangkan pada penyimpanan pada suhu 40 °C dilakukan pada Rh lingkungan 65 %,
4. Dari hasil analisis finansial atau tekno ekonomi yang dilakukan menunjukkan bahwa untuk memproduksi 500 kg produk serbuk jahe dengan investasi Rp 811.400.000,- dan 300 hari kerja per tahun maka akan diperoleh keuntungan bersih per tahun Rp. 252.000.000,- dengan pengembalian modal selama 3,81 tahun,
5. Dari hasil analisis tekno ekonomi pengolahan serbuk jahe pula didapatkan nilai IRR 28,53 %, nilai ini menunjukkan bahwa dengan kapasitas tersebut di atas pengolahan layak untuk dijalankan karena nilai IRR berada di atas nilai *discount rate*

factor 20 %, dan NPV sebesar Rp 204.252.000,

6. Dari kajian sensitivitas yang dilakukan maka pengaruh perubahan variabel harga bahan baku dan harga produk cukup memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan nilai IRR, sebagai contoh dengan peningkatan 2 % harga produk akan meningkatkan nilai IRR menjadi 37,66 %, sedangkan dengan menurunkan harga bahan baku jahe segar 2 % akan meningkatkan nilai IRR menjadi 32 %.

#### SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi suhu pada proses pengeringan dan tingkat kehalusan bubuk jahe dari hasil penggilingan dan penyaringan terhadap kadar air keseimbangan yang dihasilkan
2. Perlu diadakan penelitian lanjutan dengan tingkat suhu dan kelembaban relatif yang lebih bervariasi
3. Penelitian selanjutnya mengenai sorpsi isotermik, sebaiknya produk yang disimpan dalam inkubator pada beberapa tingkat kelembaban relatif adalah produk yang sama sehingga lebih menyamai kondisi penyimpanan yang sebenarnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Biro Pusat Statistik. (2002). *Statistik Perdagangan Luar Negeri*, BPS, Jakarta.
- Brooker, D.B., F.W. Baker-Arkema, dan C.W. Hall. (1974). *Drying Cereal Grains*. AVI, Westport.
- Buckle, K.A., R.A. Edward, G.H. Fleet, dan M. Wooton. (1985). *Ilmu Pangan*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Dumanaw F.M. (1991). "Penentuan Model Sorpsi Isotermik Cabe Merah (*Capsicum anum L*) dengan Metoda Dinamis". Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor.
- Heldman, D.R. dan Singh. (1981). *Food Process Engineering*. AVI Pub., Connecticut.
- Henderson, S.M. dan R.L. Perry. (1976). *Agricultural Process Engineering*. AVI Pub., Connecticut.
- Kadariah, Karlina, L., dan C. Gray. (1978). *Pengantar Evaluasi Proyek*. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi, UI. Jakarta.
- Labuza, T.P. (1968). "Sorption Phenomenon in Food". *Food Technology*, Vol. 22 (33): 263 – 272.
- Lomauro, C.J. (1968). "Difussion of Water in Food During Storage". Thesis, Minesota, USA.
- Paimin, F.B. dan Murharnanto. (1991). *Budidaya, Pengolahan, dan Perdagangan Jahe*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Palapine, K.B. dan R.H. Driscoll. (1992). "Moisture Sorption Characteristics or In-Shell Macadamia Nuts". *Journal of Food Engineering*, 18: 63 –76.
- Purseglove, J.W., E.G. Brown, C.L. Green, dan S.R.J. Robins. (1981). *Spices*, Vol. II, Longman, London.
- Rusli, S. (1989). "Peningkatan Nilai Tambah Jahe Melalui Beberapa Proses Pengolahan". *Jurnal Litbang Pertanian*, VIII (4): 79-82.
- Rusli, S. dan D. Rahmawan. (1988). "Pengaruh Cara Pengirisan dan Tipe Pengering Terhadap Mutu Jahe Kering". *Bulletin Penelitian Tanaman Rempah dan obat*, VIII (2): 80 –83.
- Santoso, H.B. (1991). *Jahe*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Undriyani, K. (1987). *Pengaruh Bubuk Jahe Terhadap Aktivitas Pertumbuhan Beberapa Mikroba Penyebab Kerusakan Pangan*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor.
- Yuliani, S., Hernani, dan Anggraeni. (1991). "Aspek Pasca Panen Jahe". Edisi Khusus Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, *Bulletin Penelitian Tanaman Rempah dan obat*, VIII (1): 30 –37.