

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sukun (*Artocarpus communis*)



Gambar 1. Sukun (*Artocarpus communis*)

Tanaman sukun, *Artocarpus communis* dapat digolongkan menjadi sukun yang berbiji disebut *breadnut* dan yang tanpa biji disebut *breadfruit*. Sukun tergolong tanaman tropik sejati, tumbuh paling baik di dataran rendah yang panas. Tanaman ini tumbuh baik di daerah basah, tetapi juga dapat tumbuh di daerah yang sangat kering asalkan ada air tanah dan aerasi tanah yang cukup. Sukun bahkan dapat tumbuh baik di pulau karang dan di pantai. Di musim kering, disaat tanaman lain tidak dapat atau merosot produksinya, justru sukun dapat tumbuh dan berbuah dengan lebat. Tidak heran, jika sukun dijadikan sebagai salah satu cadangan pangan nasional.

Sukun dapat dijadikan sebagai pangan alternatif karena keberadaannya tidak seiring dengan pangan konvensional (beras), artinya keberadaan pangan ini dapat menutupi kekosongan produksi pangan konvensional. Sukun dapat dipakai sebagai pangan alternatif pada bulan-bulan Januari, Pebruari dan September, dimana pada bulan-bulan tersebut terjadi paceklik padi.

Musim panen sukun dua kali setahun. Panen raya bulan Januari - Februari dan panen susulan pada bulan Juli - Agustus. Buah sukun berbentuk hampir bulat atau bulat panjang. Pada buah yang telah matang, diameternya dapat mencapai 19,24 sampai 25,4 cm dan beratnya kurang lebih 4,54 kg. Kulit buah yang masih muda berwarna hijau dan daging buah berwarna putih. Setelah tua, warna kulit hijau kekuningan atau kecoklatan, sedangkan daging buah berwarna putih kekuningan. Bagian yang bisa dimakan (daging buah) dari buah yang masih hijau sebesar 70 persen, sedangkan dari buah matang adalah sebesar 78 persen (Koswara, 2006)

Bobot kotor buah sukun berkisar antara 1200-2500 g, rendemen daging buah 81,21%. Dari total berat daging buah setelah disawut dan dikeringkan menghasilkan rendemen sawut kering sebanyak 11 - 20% dan menghasilkan rendemen tepung sebesar 10 - 18%, tergantung tingkat ketuaan dan jenis sukun. Pengeringan sawut sukun menggunakan alat pengering sederhana berkisar antara 5-6 jam dengan suhu pengeringan 55-60°C. Bila pengeringan dengan sinar matahari lama pengeringan tergantung cuaca. Pada udara yang cerah, lama pengeringan sekitar 1 - 2 hari (Widowati, 2003).

Tabel 1. Kandungan kimia buah sukun per 100 g bahan.

<b>Komponen</b>	<b>Jumlah</b>
Nutrisi	
Air	70,65 g
Energi	103 cal
Total lemak	1,07 g
Karbohidrat	27,12 g
Serat	4,9 g
Ampas	0,93 g
Mineral	
Kalsium (Ca)	17 mg
Besi (Fe)	0,54 mg
Magnesium (Mg)	25 mg
Potasium (K)	490 mg
Seng (Zn)	0,12 mg
Tembaga (Cu)	0,084 mg
Mangan (Mn)	0,06 mg
Selenium	0,6 mg
Vitamin	
Vit C	29 mg
Thiamin	0,11 mg
Riboflamin	0,03 mg
Niacin	0,9 mg
As. Pantothenic	0,457 mg
Vit. B6	0,1 mg
Folate	14 mcg
Vit B12	0 mcg
Vit A	40 Iu
Vit A RE	4 mcg RE
Vit E	1,12 mg ATE
Lemak	
As. lemak jenuh Unsaturated	0,048 g
As. lemak tak jenuh Monounsaturated	0,034 g
As. lemak tak jenuh Polyunsaturated	0,066 g
Asam Amino	
Theonine	0,052 g
Isoleucine	0,064 g
Lysine	0,037 g
Methionine	0,01 g
Cystine	0,009 g
Phenylalanine	0,026 g
Tyrosine	0,019 g
Valine	0,047 g

Sumber : Anonim (1992)

## 2.2 Kacang Benguk (*Mucuna pruriens* L.)



Gambar 2. Kacang Benguk (*Mucuna pruriens* L.)

Tanaman benguk (*Mucuna pruriens* var. *utilitis*) berbentuk perdu dan tergolong tanaman yang melilit pada batang/pohon tanaman lain. Buahnya menggrombol pada batang dan termasuk jenis buah polong-polongan. Panjang buah antara 5-8 cm dan berisi sekitar 7 biji. Biji benguk umumnya sebesar ujung kelingking dan bentuknya mendekati persegi dengan ketebalan sekitar 5 mm. Biji yang telah tua mempunyai kulit luar yang sangat keras, sehingga dapat disimpan lama. Warna kulit luar biji benguk ada beberapa macam yaitu putih bercak-bercak hitam, hitam, merah ungu berbintik-bintik coklat dan putih bersih (Haryoto, 2000).

Tanaman benguk yang paling bermanfaat adalah bijinya, pemanfaatan biji benguk hampir serupa dengan kedelai, yaitu sebagai sumber bahan makanan. Sebagian masyarakat sudah terbiasa memanfaatkan buah benguk yang masih muda sebagai sayur dan bijinya yang sudah tua (kering) sebagai bahan baku tempe benguk. Biji benguk lebih keras daripada biji kedelai dan mengandung asam sianida (HCN) yang

bersifat racun. Asam sianida (HCN) tersebut mudah dihilangkan dengan cara yang sederhana, yakni direndam dalam air bersih selama 24 - 48 jam. Selama perendaman setiap 6--8 jam sekali airnya harus diganti (Haryoto, 2000).

Usaha mempopulerkan tanaman benguk dan hasil olahannya perlu dilakukan karena kacang benguk berpotensi untuk mendampingi atau mensubsitusi kedelai sebagai sumber protein. Selain kandungan proteinnya yang tinggi, kacang benguk juga merupakan sumber kalsium yang sangat dibutuhkan bagi pertumbuhan dan kesehatan tulang. Nilai gizi benguk seperti tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan gizi biji benguk dalam tiap 100 g bahan

No	Zat Gizi	Jumlah
1	Kalori (kal)	332,0
2	Protein (g)	24,0
3	Lemak (g)	3,0
4	Karbohidrat (g)	55,0
5	Kalsium (mg)	130,0
6	Fosfor (mg)	200,0
7	Besi (mg)	2,0
8	Vitamin A (SI)	70,0
9	Vitamin B (mg)	0,3
10	Vitamin C (mg)	0
11	Air (g)	15,0
12	Bagian dapat dimakan (%)	95

Sumber: Direktorat Gizi Departemen Kesehatan R.I (1979)

Tanaman benguk yang paling bermanfaat adalah bijinya. Pemanfaatan biji benguk hampir serupa dengan biji kedelai, yakni sebagai sumber bahan makanan. Sebagian besar masyarakat sudah terbiasa memanfaatkan buah benguk yang masih muda sebagai sayur dan bijinya yang sudah tua (kering) sebagai bahan baku tempe benguk.

Di samping itu, biji bengkok juga digunakan sebagai bahan baku industri makanan lain, misalnya Criping, kecap dan sebagainya. Upaya mempopulerkan tanaman bengkok dan hasil olahannya perlu diupayakan terus menerus karena bengkok berpotensi untuk mendampingi kedelai sebagai sumber protein nabati. Ditinjau dari harganya, bengkok merupakan sumber protein yang murah jika dibandingkan dengan biji kedelai atau bahan lainnya.

### **2.3 Germinasi/ Perkecambahan**

Perkecambahan merupakan suatu proses keluarnya bakal tanaman dari lembaga yang disertai dengan terjadinya mobilisasi cadangan makanan dari jaringan penyimpanan atau keping biji ke bagian vegetatif. Tingkat awal dari perkecambahan biji melibatkan pemecahan cadangan makanan pada biji dan digunakan untuk pertumbuhan akar dan batang. Pada peristiwa perkecambahan akan terjadi beberapa proses yang berpengaruh terhadap keberhasilan perkecambahan, yaitu penyerapan air, aktifitas air, pertumbuhan embrio, dan pecahnya kulit biji. Proses berkecambah (germinasi) dipengaruhi oleh kondisi dan tempat. Faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh adalah air, gas, suhu, dan cahaya. Temperatur optimum untuk proses perkecambahan adalah 27°C (Astawan, 2003).

Selama proses germinasi, beberapa kandungan pati diubah menjadi bagian yang lebih kecil yaitu bentuk gula dan maltose. Molekul protein dipecah menjadi asam amino sehingga dalam germinasi terjadi kenaikan konsentrasi asam amino yaitu lisin 24%, threonin 19%, dan phenilalanin 7%. Lemak juga dihidrolisis menjadi asam-asam lemak yang lebih mudah dicerna. Beberapa mineral kalsium dan zat besi yang biasa

terikat kuat dilepaskan menjadi bentuk yang lebih bebas dengan demikian lebih mudah dicerna dan diserap oleh saluran pencernaan (Winarno, 1993).

Selain itu proses germinasi juga dapat menurunkan faktor anti gizi seperti tripsin inhibitor dan kimotripsin, menghilangkan hemaglutinin atau lektin yang mengikat molekul gula yang dapat mengurangi efisiensi karbohidrat dalam proses metabolisme untuk menghasilkan energi (Winarno, 1992). Hasil penelitian Mubarak (2005) menunjukkan germinasi dapat meningkatkan kandungan protein, kandungan mineral K, Ca, P, dan Mg, meningkatkan digestibility protein secara invitro, *Protein Efficiency Ratio* (PER), indeks asam amino esensial dan mengurangi kandungan antitripsin sebesar 22,4%, aktifitas hemaglutinin sebesar 79,0% dan asam phytat sebesar 30,5%.

#### **2.4 Bahan Makanan Campuran (BMC)**

Peningkatan taraf gizi anak-anak balita (di bawah lima tahun) pada umumnya dapat dicapai dengan cara penyediaan bahan makanan campuran (*food supplement*) atau dalam hal ini makanan sapihan (*weaning food*) dengan menggunakan bahan baku setempat, sehingga harganya dapat dijangkau oleh golongan ekonomi lemah (Winarno, 1992).

Pencarian dan penggunaan bahan mentah yang terdapat di daerah setempat dan murah harga, tetapi kaya akan gizi, merupakan alternatif terbaik. Makanan dari bahan kacang – kacangan sangat kaya akan lisin dan karena itu kombinasi antara sereal dan leguminosa memberikan campuran protein yang dapat mendekati penyediaan

sumber protein yang ideal. Kadar metionin dan sistin yang relatif rendah pada leguminosa dapat diisi dengan kandungan asam amino dalam sebagian besar biji – bijian. Oleh karena itu sereal dan biji – bijian dapat saling mengisi dan merupakan suatu hal yang sangat penting bagi penyediaan gizi masyarakat di daerah pedesaan yang kurang mampu.

Agar kebutuhan minimal terpenuhi bahkan dalam gizi yang kurang baik, makanan campuran harus juga mengandung protein, vitamin, dan mineral dalam jumlah yang cukup. Konsumsi BMC yang disarankan biasanya sekitar 100 g berat kering. Produk tersebut tidak disarankan untuk bayi di bawah enam bulan, kecuali bahan tersebut telah secara khusus mendapat perlakuan sehingga dapat dicerna dengan sempurna (Winarno, 1992).

Bahan makanan yang diproduksi dan diteliti pada umumnya dibuat dalam bentuk bubuk, ditujukan sebagai makanan yang melengkapi ASI/PASI atau sebagai makanan tambahan untuk golongan rawan. BMC digunakan sebagai makanan tambahan untuk melengkapi kekurangan protein dan kalori pada makanan keluarga. Pemberian BMC kepada anak di bawah umur tiga tahun (Batita) ditujukan untuk memberi 20 – 25 % kecukupan protein (Winarno, 1992). Pengembangan produk BMC sebaiknya mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI 01-7111.1-2005) tentang Makanan Pendamping Air Susu Ibu (MP-ASI) seperti pada Tabel 3.



Tabel 3. Syarat Mutu Makanan Pendamping Air Susu Ibu (MP-ASI) – Bagian 1 :  
Bubuk Instan (SNI 01-7111.1-2005)

No	Kriteria Uji	Persyaratan
1	Keadaan	
	- Warna	Normal
	- Bau	Normal
	- Rasa	Normal
2	Kadar Air	Tidak lebih dari 4,0 g/100 g
3	Kadar Abu	Tidak lebih dari 3,5 g/100 g
4	Kepadatan Energi	Tidak kurang dari 0,8 kkal/100 g produk siap konsumsi
5	Protein	Tidak kurang dari 2 g/100 kkal atau 8 g/100 g dan tidak lebih dari 5,5 g/100 kkal atau 22 g/100 g dengan mutu protein tidak kurang dari 70 % kasein standar.
6	Karbohidrat	Jika sukrosa, fruktosa, glukosa, sirup glukosa atau madu ditambahkan pada produk maka a) Jumlah karbohidrat yang ditambahkan dari sumber tersebut tidak lebih dari 7,5 g/100 kkal atau 30 g/100g b) Jumlah fruktosa tidak lebih dari 3,75 g/100 kkal atau 15 g/100g
7	Kadar Serat Pangan	Tidak lebih dari 1,25 g/100 kkal atau 5 g/100 g
8	Lemak	Tidak kurang dari 1,5 g/100 kkal atau 6 g/100 g dan tidak lebih dari 3,75 g/100 kkal atau 15 g/100 g
9	Vitamin	Yang wajib ada pada produk MP-ASI bubuk adalah vitamin A, D, C dengan ketentuan :  Vitamin A tidak kurang dari 62,5 retinol ekivalen/100 kkal atau 250 retinol ekivalen/100 g dan tidak lebih dari 180 retinol ekivalen/100 kkal atau 700 retinol ekivalen per 100 g  Vitamin D tidak kurang dari 0,75 mikog/100 kkal atau 3 mikog/100 g dan tidak lebih dari 2,5 mikog/100 kkal atau 10 mikog/100g  Vitamin C tidak kurang dari 6,25 mg/100 kkal atau 4 mg/100 g  Vitamin lain dapat ditambahkan ketentuan yang sudah diatur
10	Mineral	Mineral yang wajib ada dalam produk MP-ASI

---

bubuk adalah Na, Ca, Fe, Zn, dan I dengan ketentuan :

Kandungan Na tidak lebih dari 100 mg/100 kkal produk siap konsumsi yang ditujukan untuk bayi

Kandungan Na tidak lebih dari 200 mg/100 kkal produk siap konsumsi yang ditujukan untuk anak usia diatas 12 bulan

Kandungan Ca tidak kurang dari 50 mg/ 100 kkal atau 200 mg/100 g

Perbandingan Ca dengan P tidak kurang dari 1,2 dan tidak lebih dari 2,0

Kandungan Fe tidak kurang dari 0,6 mg/100 kkal atau 2,5 mg/100 g dengan ketersediaan hayati (bioavailability) 5%

Perbandingan Fe dan Zn tidak kurang dari 1 dan tidak lebih dari 2,0

**11** Bahan Tambahan Pangan (BTM)

BTM yang dilarang :

Tidak boleh mengandung pengawet, pemanis buatan, dan pewarna

BTM yang diizinkan :

Pengemulsi :

Lesitin tidak lebih dari 1,5 g/100g (bk)  
Mono dan digliserida tidak lebih dari 1,5 g/100 g (bk)

Pengaturan asam :

Natrium hydrogen karbonat, kalium hydrogen karbonat, kalsium karbonat secukupnya untuk tujuan produksi yang baik

Antioksidan :

Tokoferol tidak lebih dari 300 mg/1 kg lemak  
Alfa – tokoferol tidak lebih dari 300 mg/kg lemak  
L-askorbilpalmitat tidak lebih dari 200 mg/kg lemak

Perisa (Flavouring) :

Ekstrak bahan alami : secukupnya  
Etil vanilin, vanilin tidak lebih dari 7 mg/ 100g

Penegas rasa : secukupnya untuk tujuan produksi

---

---

	yang baik
	Enzim : secukupnya untuk tujuan produksi yang baik
	Bahan pengembang : Amonium karbonat/ Amonium hydrogen karbonat : secukupnya untuk tujuan produksi yang baik
<b>12</b>	<b>Cemaran</b>
	<u>Logam</u> : Kandungan Arsen (As) tidak lebih dari 0,38 mg/kg Kandungan Timbal (Pb) tidak lebih dari 1,14 mg/kg Kandungan Timah (Sn) tidak lebih dari 152 mg/kg Kandungan Raksa (Hg) tidak lebih dari 0,114 mg/kg
	<u>Mikroba</u> : Angka lempeng total tidak lebih dari $1,0 \times 10^4$ koloni/g MPN coliform kurang dari 20/gr dan E.coli negative Salmonella : negative Staphylococcus sp. tidak lebih dari $1,0 \times 10^4$ koloni/g Clostridium botulinum : negative

---

## 2.5 Pendugaan Umur Simpan

Menurut *Institute of Food Technology* (IFT, 1974), umur simpan produk pangan adalah selang waktu antara saat produksi hingga saat konsumsi dimana produk berada dalam kondisi yang memuaskan pada sifat-sifat penampakan, rasa aroma, tekstur dan nilai gizi. Suatu produk dikatakan berada pada kisaran umur simpannya bilamana kualitas produk secara umum dapat diterima untuk tujuan seperti yang diinginkan oleh konsumen dan selama bahan pengemas masih memiliki integritas serta memproteksi isi kemasan.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi penurunan mutu produk pangan. Floros dan Gnanasekharan (1993) menyatakan terdapat enam faktor utama yang mengakibatkan terjadinya penurunan mutu atau kerusakan pada produk pangan, yaitu massa oksigen, uap air, cahaya, mikroorganisme, kompresi atau bantingan, dan bahan kimia toksik atau *off flavor*. Faktor-faktor tersebut dapat mengakibatkan terjadinya penurunan mutu lebih lanjut, seperti oksidasi lipida, kerusakan vitamin, kerusakan protein, perubahanbau, reaksi pencoklatan, perubahan unsur organoleptik, dan kemungkinan terbentuknya racun.

Faktor yang sangat berpengaruh terhadap penurunan mutu produk pangan adalah perubahan kadar air dalam produk. Aktivitas air ( $a_w$ ) berkaitan erat dengan kadar air, yang umumnya digambarkan sebagai kurva isothermis, serta pertumbuhan bakteri, jamur dan mikroba lainnya. Makin tinggi  $a_w$  pada umumnya makin banyak bakteri yang dapat tumbuh, sementara jamur tidak menyukai  $a_w$  yang tinggi (Christian 1980).

Model Arrhenius banyak digunakan untuk pendugaan umur simpan produk pangan yang mudah rusak oleh akibat reaksi kimia, seperti oksidasi lemak, reaksi Maillard, denaturasi protein, dsb. Secara umum, laju reaksi kimia akan semakin cepat pada suhu yang lebih tinggi yang berarti penurunan mutu produk semakin cepat terjadi. Produk pangan yang dapat ditentukan umur simpannya dengan model Arrhenius di antaranya adalah makanan kaleng steril komersial, susu UHT, susu bubuk/formula, produk chip/snack, jus buah, mie instan, frozen meat, dan produk pangan lain yang mengandung lemak tinggi (berpotensi terjadinya oksidasi lemak) atau yang

mengandung gula pereduksi dan protein (berpotensi terjadinya reaksi pencoklatan) (Kusnandar, 2010).

Karena reaksi kimia pada umumnya dipengaruhi oleh suhu, maka model Arrhenius mensimulasikan percepatan kerusakan produk pada kondisi penyimpanan suhu tinggi di atas suhu penyimpanan normal. Laju reaksi kimia yang dapat memicu kerusakan produk pangan umumnya mengikuti laju reaksi ordo 0 dan ordo 1 (persamaan 1 dan 2) (Kusnandar, 2010). Tipe kerusakan pangan yang mengikuti model reaksi ordo nol adalah degradasi enzimatik (misalnya pada buah dan sayuran segar serta beberapa pangan beku); reaksi kecoklatan non-enzimatik (misalnya pada biji-bijian kering, dan produk susu kering); dan reaksi oksidasi lemak (misalnya peningkatan ketengikan pada snack, makanan kering dan pangan beku). Sedangkan tipe kerusakan bahan pangan yang termasuk dalam reaksi ordo satu adalah (1) ketengikan (misalnya pada minyak salad dan sayuran kering); (2) pertumbuhan mikroorganisme (misal pada ikan dan daging, serta kematian mikroorganisme akibat perlakuan panas); (3) produksi off flavor oleh mikroba; (4) kerusakan vitamin dalam makanan kaleng dan makanan kering; dan (5) kehilangan mutu protein (makanan kering) (Labuza, 1982).

Persamaan reaksi ordo 0:

$$- \frac{Da}{Dt} = kA \quad (1)$$

Persamaan reaksi ordo 1:

$$- \frac{dA}{Dt} = kA \quad (2)$$

dimana:

$A$  = nilai mutu yang tersisa setelah waktu  $t$

$A_0$  = nilai mutu awal

$t$  = waktu penyimpanan (dalam hari, bulan atau tahun)

$k$  = konstanta laju reaksi ordo nol atau satu

Konstanta laju reaksi kimia ( $k$ ), baik ordo nol maupun satu, dapat dipengaruhi oleh suhu. Karena secara umum reaksi kimia lebih cepat terjadi pada suhu tinggi, maka konstanta laju reaksi kimia ( $k$ ) akan semakin besar pada suhu yang lebih tinggi. Seberapa besar konstanta laju reaksi kimia dipengaruhi oleh suhu dapat dilihat dengan menggunakan model persamaan Arrhenius (persamaan 3) sebagai berikut:

$$k = k_0 \cdot \exp(E_a/RT) \quad (3)$$

$$\ln K = \ln k_0 - (E_a/RT)$$

$$\ln K = \ln k_0 - \{(E_a/R) \cdot (1/T)\}$$

dimana:

$k$  = konstanta laju penurunan mutu

$k_0$  = konstanta (faktor frekuensi yang tidak tergantung suhu)

$E_a$  = energi aktivasi (J/mol)

$T$  = suhu mutlak (K)

$R$  = konstanta gas ideal ( $8,315 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ )

Interpretasi  $E_a$  (energi aktivasi) dapat memberikan gambaran mengenai besarnya pengaruh temperatur terhadap reaksi. Nilai  $E_a$  diperoleh dari slope garis lurus hubungan  $\ln k$  dengan  $(1/T)$ . Dengan demikian energi aktivasi yang besar

mempunyai arti bahwa nilai  $\ln k$  berubah cukup besar dengan hanya perubahan beberapa derajat dari temperatur dengan demikian nilai slope akan besar.

Reaksi – reaksi yang melibatkan lemak mempunyai energi aktivasi yang rendah, hal ini disebabkan oleh adanya radikal bebas yang relatif dalam mekanisme oksidasi lipid, disamping itu oksidasi lipida juga dapat dikatalisis oleh logam. Bagaimanapun reaksi-reaksi ini tidak dapat berlangsung pada suhu yang rendah (Arpah, 2001).

Menurut Kusnandar (2010), model Arrhenius dilakukan dengan menyimpan produk pangan dengan kemasan akhir pada minimal tiga suhu penyimpanan ekstrim. Percobaan dengan metode Arrhenius bertujuan untuk menentukan konstanta laju reaksi ( $k$ ) pada beberapa suhu penyimpanan ekstrim, kemudian dilakukan ekstrapolasi untuk menghitung konstanta laju reaksi ( $k$ ) pada suhu penyimpanan yang diinginkan. Dengan menggunakan persamaan Arrhenius (persamaan 3), dapat ditentukan nilai  $k$  (konstanta penurunan mutu) pada suhu penyimpanan umur simpan, kemudian digunakan perhitungan umur simpan sesuai dengan ordo reaksinya (persamaan 1 dan 2). Berikut ini merupakan tabel suhu pengujian umur simpan pada beberapa produk.

Tabel 4. Penentuan suhu pengujian umur simpan produk

Jenis produk	Suhu pengujian (°C)	Suhu kontrol (°C)
Makanan dalam kaleng	25, 30, 35, 40	4
Pangan kering	25, 30, 35, 40, 45	-18
Pangan dingin	5, 10, 15, 20	0
Pangan beku	-5, -10, -15	<-40

Sumber : Labuza dan Schmidl (1985).

Metode Arrhenius ini dapat pula menggunakan suatu simulasi proge software komputer yaitu *Accelarated Shelf Life Test for Full Fat Soy Bean Meal and Composite*. Simulasi meliputi rumus perhitungan berdasarkan model terpilih selanjutnya dirancang dalam bahasa pemrograman. Prog secara umum terdiri dari atas lima bagian utama yaitu : 1). Pemilihan jenis produk, 2). Pengumpulan data-data produk, 3).penghitungan kadar air , 4). Perhitungan slope kurva sopsi isothermis, 5). Penentuan umur simpan (Kusnandar, 2010).

Pada makanan sapihan pendugaan umur simpan di lakukan dengan model akselerasi melalui pengujian sampel seperti tahapan berikut :

1. Identifikasi faktor-faktor kritis yang menentukan umur simpan produk
2. Tentukan batas awal mutu dan batas minimum mutu yang diharapkan/dijanjiikan atau masih layak pajang/jual.
3. Produk disimpan pada suhu akselerasi, minimum 3 suhu yang dapat meningkatkan kecepatan penurunan mutu produk.
4. Dari studi penyimpanan, prediksi tingkah laku penurunan mutu dengan memplot grafik kinetika reaksi untuk ordo nol atau ordo satu. Lakukan untuk semua faktor kritis terpilih.
5. Tentukan nilai k untuk tiap suhu penyimpanan terhadap semua faktor yang dipilih. Nilai k meningkat semakin tinggi suhu.
6. Buat persamaan Arrhenius yang menunjukkan hubungan antara  $1/T$  dan  $\ln k$  (untuk 3 suhu pengamatan).



7. Hitung nilai  $k$  pada suhu penyimpanan atau distribusi yang di kehendaki. Nilai  $k$  dari persamaan ini merupakan laju penurunan mutunya per hari (penurunan unit mutu organoleptik per hari atau  $k$ ) pada suhu tersebut.
8. Tentukan dugaan umur simpan produk. Selisih skor awal produk dan skor saat produk tidak sesuai dibagi laju penurunan mutu ( $k$ ) pada suhu distribusi merupakan umur simpan produk (Hariyadi, 2004).

Menurut Kusnandar (2004), kriteria pemilihan umur simpan yang akan dipilih berdasarkan pada :

1. Parameter mutu yang mengalami penurunan sangat cepat selama penyimpanan, yaitu ditunjukkan dengan nilai koefisien slope mutlak yang paling besar .
2. Parameter mutu yang sangat sensitif terhadap suhu, yaitu dilihat dari persamaan Arrhenius atau dilihat dari energi aktivasinya yang paling rendah (semakin rendah energi aktivasinya menunjukkan parameter mutu tersebut semakin sensitif terhadap perubahan suhu). Sensitivitas parameter mutu terhadap suhu juga dapat dilihat dari nilai koefisien korelasinya. Semakin besar nilai korelasinya maka semakin besar hubungan antara perubahan nilai  $k$  terhadap suhu.
3. Apabila terdapat lebih dari 1 parameter mutu yang memenuhi kriteria (1) dan (2) maka dipilih umur simpan yang paling pendek.

## 2.6 Kadar Air Kritis

Kadar air kritis merupakan kondisi lingkungan pada penyimpanan yang memiliki kelembaban relative dan ekstrim. Produk pangan kering yang disimpan akan mengalami penurunan mutu akibat penyerapan uap air. Persamaan matematika adalah alat bantu yang digunakan pada metode Arrhenius untuk memprediksi umur simpan pangan. Pada dasarnya persamaan-persamaan ini adalah deskripsi kuantitatif dari sistem yang terdiri dari produk, bahan pengemas, dan lingkungan (Arpah, 2001).

Dalam bentuk persamaan umum, penurunan mutu suatu produk pangan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Dq/dt = f \{RH, T, PO_2, K\} \quad (1)$$

Dimana :

$dQ/dt$  = laju penurunan mutu persatuan waktu

RH= kelembaban relative

$pO_2$  = tekanan oksigen pengemas

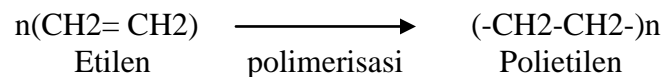
K = faktor komposisi atau pengemas

Semua model pendugaan umur simpan metode arrhenius menggunakan persamaan 1 sebagai acuan dalam memformulasikan model prediktif penentuan umur simpan

## 2.7 Plastik Poliethilen

Menurut Nurminah (2002), polietilen ini banyak digunakan dalam pengemasan dibandingkan dengan plastik lainnya. Dari segi ekonomis polietilen harganya lebih murah dibandingkan transparan film lainnya, daya permeabilitas cukup baik, serta cukup memiliki daya tahan terhadap uap air, tetapi daya tahan terhadap penetrasi dari gas kurang baik. Permukaan dari poliethilene adalah non polar, sehingga tidak mudah dicetak. Untuk ini sebelum dicetak diadakan *corona treatment* agar bisa tinta melekat, karena sifatnya tidak berwarna berbau, banyak digunakan untuk kemasan makanan dan obat.

Polietilen merupakan film yang lunak, transparan dan fleksibel, mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik. Dengan pemanasan akan menjadi lunak dan mencair pada suhu 110°C. Berdasarkan sifat permeabilitasnya yang rendah serta sifat-sifat mekaniknya yang baik, polietilen mempunyai ketebalan 0.001 sampai 0.01 inchi, yang banyak digunakan sebagai pengemas makanan, karena sifatnya yang thermoplastik, polietilen mudah dibuat kantung dengan derajat kerapatan yang baik. Konversi etilen menjadi polietilen (PE) secara komersial semula dilakukan dengan tekanan tinggi, namun ditemukan cara tanpa tekanan tinggi. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Polietilen dibuat dengan proses polimerisasi adisi dari gas etilen yang diperoleh dari hasil samping dari industri minyak dan batubara. Proses polimerisasi yang dilakukan

ada dua macam, yakni pertama dengan polimerisasi yang dijalankan dalam bejana bertekanan tinggi (1000-3000 atm) menghasilkan molekul makro dengan banyak percabangan yakni campuran dari rantai lurus dan bercabang. Cara kedua, polimerisasi dalam bejana bertekanan rendah (10-40 atm) menghasilkan molekul makro berantai lurus dan tersusun parallel (Nurminah, 2002).

Kemasan yang dapat digunakan sebagai wadah penyimpanan harus memenuhi beberapa persyaratan, yakni dapat mempertahankan mutu produk supaya tetap bersih serta mampu memberi perlindungan terhadap produk dari kotoran, pencemaran, dan kerusakan fisik, serta dapat menahan perpindahan gas dan uap air. Salah satu jenis kemasan bahan pangan yaitu plastik. Faktor yang mempengaruhi konstanta permeabilitas pada kemasan plastik antara lain adalah jenis permeabilitas, ada tidaknya ikatan silang (*cross linking*), suhu, bahan tambahan elastis (*plasticer*), jenis polimer film, sifat dan besar molekul gas, serta kelarutan bahan. Nilai konstanta beberapa kemasan plastik disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Konstanta beberapa jenis kemasan plastik

Jenis kemasan	Ketebalan	Nilai permeabilitas (ml $\mu$ /cm <sup>2</sup> )	Nilai k
LDPE	0,025 mm	0,82	1
HDPE	0,03 mm	0,1	1

Sumber : Syarief *et al.* (1989)

Jenis permeabilitas film bergantung pada bahan yang digunakan, dan permeabilitas film *polyethylene* (PE) lebih kecil daripada *polypropylene* (PP). Hal ini menunjukkan bahwa gas atau uap air akan lebih mudah masuk pada bahan pengemas jenis PP

daripada PE. Ikatan silang sangat ditentukan oleh kombinasi bahan yang digunakan. Konstanta PE dan *biaxially oriented polypropylene* (BOPP) lebih baik daripada konstanta PE pada PP. Peningkatan suhu juga mempengaruhi pemuaiian gas yang menyebabkan terjadinya perbedaan konstanta permeabilitas. Keberadaan air akan menimbulkan perenggangan pada pori-pori film sehingga meningkatkan permeabilitas. Polimer film dalam bentuk kristal atau *amorphous* akan menentukan permeabilitas. Permeabilitas *low density polyethylene* (LDPE) mencapai tiga kali permeabilitas *high density polyethylene* (HDPE). HDPE (high density polyethylene) memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram, dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. HDPE dipasaran memiliki tebal 0,03 mm dengan nilai permeabilitas 0,1 ml  $\mu/\text{cm}^2$  dan biasa digunakan untuk mengemas produk pangan (Herawati, 2008).