

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kacang Benguk (*Mucuna pruriens L.*)

Tanaman benguk (*Mucuna pruriens var. utilis*) berbentuk perdu dan tergolong tanaman yang melilit pada batang/pohon tanaman lain. Buahnya menggerombol 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 di simpan 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). Kacang benguk disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kacang benguk (*Mucuna pruriens L.*).

Sumber: Sutanto, 2010.

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 (Haryoto, 2000).

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 1.

Tabel 1. Kandungan gizi biji benguk per 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 RI (1979).

2.2 Sukun (*Artocarpus communis*)

Tanaman sukun berasal dari daerah New Guinea Pasifik yang kemudian dikembangkan di daerah Malaysia sampai ke Indonesia. Buah sukun berbentuk bulat agak lonjong seperti buah melon. Warna kulit buah hijau muda sampai kuning kecoklatan. Ketebalan kulit berkisar antara 1-2 mm. Buah muda permukaan kulit buahnya kasar dan menjadi halus setelah buah tua. Tekstur buah saat mentah keras, dan menjadi lunak-masir setelah matang. Daging buah berwarna putih, putih kekuningan dan kuning, tergantung jenisnya. Rasa buahnya saat mentah agak manis dan manis setelah matang, dengan aroma spesifik. Ukuran berat buah dapat mencapai 4 kg. Panjang tangkai buah (pedicel), berkisar antara 2,5-12,5 cm tergantung varietas. Gambar sukun disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sukun (*Artocarpus communis*).

Sumber: Sutanto, 2010.

Produksi buah sukun dapat mencapai 50-150 buah/tanaman. Produktivitas tanaman tergantung daerah dan iklimnya. Paling sedikit setiap tanaman dapat menghasilkan 25 buah dengan rata-rata 200-300 buah per musim. Untuk setiap hektar lahan dapat menghasilkan buah sukun sebanyak 16-32 ton. Budidaya

tanaman sukun secara monokultur jarang dilakukan. Umumnya pohon sukun ditanam sebagai tanaman pinggiran, untuk penghalang angin, atau kadang – kadang sebagai pelindung tanaman kopi. Musim panen sukun biasanya dua kali setahun, yaitu bulan Januari – Februari dan Juli – September (Widowati, 2003).

Dari hasil penelitian Medikasari (2005) terhadap sifat fisik, sifat kimia dan amilograf tepung sukun pada berbagai tingkat kematangan buah, diperoleh kadar protein berkisar antara 0,65-4,66%, kadar lemak 0,20-1,88%, kadar karbohidrat 84,61-90,71%, kadar serat kasar 32,23-39,66%, kadar pati 31,32-42,44%, kadar abu 1,98-4,40% dan kadar air 5,88-7,07%. (Siddhuraju dan Becker, 2005), kacang benguk tiap 100 g kacang benguk mengandung 332 kalori, 3 g lemak, 55 g karbohidrat, 130 mg kalsium, 200 mg fosfor, 2 mg besi, 70 S.I vitamin A, 0,3 vitamin B dan 15 g air .

Buah sukun mengandung karbohidrat, mineral dan vitamin cukup tinggi (Tabel 2). Setiap 100 g buah sukun mengandung karbohidrat 27,12 g, kalsium 17 mg, vitamin C 29 mg, kalium 490 mg dan nilai energi 103 kalori. Dibandingkan dengan beras, buah sukun mengandung mineral dan vitamin lebih lengkap tetapi nilai kalorinya rendah, sehingga dapat digunakan untuk makanan diet (Widowati, 2003). Dengan kadar karbohidrat yang cukup tinggi (27,12%), buah sukun berpeluang untuk diolah menjadi tepung. Pemanfaatan tepung sukun menjadi makanan olahan dapat mensubstitusi penggunaan terigu sampai 50 hingga 100% tergantung jenis produknya.

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. Lama pengeringan dengan sinar matahari lama pengeringan tergantung cuaca. Pada udara yang cerah, lama pengeringan sekitar 1 - 2 hari (Widowati, 2003). Kandungan kimia buah sukun dapat di lihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan kimia buah sukun per 100 g bahan.

Komponen	Jumlah
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).

2.3 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 (Ezeagu, 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, 1995).

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, 1995). 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 antitrypsin 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 umur 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 mikrogram/100 kkal atau 3 mikrogram/100 g dan tidak lebih dari 2,5 mikrogram/100 kkal atau 10 mikrogram/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

12 Cemarkan

Logam :

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

Mikroba :

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

Menurut Setyani dkk (2010), pada pembuatan BMC dari tepung sukun dan kacang benguk germinasi digunakan tepung sukun 35-40%, tepung kacang benguk germinasi 19,4-26,4%, bahan tambahan tepung susu skim 10-25%, tepung gula 10%, minyak jagung 10%, soda kue 0,1%, dan garam 0,5% menghasilkan

BMC dengan komposisi zat gizi makro dan mikro serta energi yang memenuhi syarat SNI 01-7111.1-2005. Produk BMC terbaik dari hasil penelitian tersebut adalah formula dengan komposisi tepung sukun 38%, tepung kacang benguk 26,4%, tambahan susu skim 15%, gula 10%, minyak jagung 10%, soda kue 0,1%, dan garam 0,5%. Produk ini memiliki komposisi: protein sekitar 12%, lemak 10%, karbohidrat 70%, mineral: Na, Fe, Zn, dan vitamin A 26,0 eq. Retinol, PER sebesar 2,828, Dc sejati sebesar 83,627, HCN 0,041mg/g, asam fitat 0,096 mg/g, produk berasa manis, aroma dan penerimaan secara keseluruhan disukai.

2.5 Pendugaan Umur Simpan

Menurut Speigel (1992), penentuan umur simpan secara umum adalah penanganan suatu produk dalam kondisi yang dikehendaki dan dipantau setiap waktu sampai produk mengalami kerusakan. Umur simpan produk berkaitan erat dengan nilai kadar air, suhu dan kelembaban.

Menurut Hine (1987), pada proses perkiraan umur simpan sangat tergantung pada tersedianya data mengenai:

1. Mekanisme penurunan mutu produk yang dikemas.
2. Unsur-unsur yang terdapat di dalam produk yang langsung mempengaruhi laju penurunan mutu produk.
3. Mutu produk dalam kemasan.
4. Bentuk dan kemasan yang diinginkan.
5. Mutu produk pada saat dikemas.
6. Mutu dari produk masih dapat diterima.
7. Variasi iklim selama distribusi dan penyimpanan.

8. Resiko perlakuan mekanis selama distribusi dan penyimpanan yang mempengaruhi kebutuhan kemasan.
9. Sifat barrier pada bahan kemasan untuk mencegah pengaruh unsur-unsur luar yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan mutu produk.

Menurut Syarieff dkk (1989), faktor-faktor yang mempengaruhi umur simpan makanan yang dikemas adalah sebagai berikut:

1. Keadaan alamiah atau sifat makanan dan mekanisme berlangsungnya perubahan, misalnya kepekaan terhadap air dan oksigen, dan kemungkinan terjadinya perubahan kimia internal dan fisik.
2. Ukuran kemasan dalam hubungannya dengan volumenya.
3. Kondisi atmosfer (terutama suhu dan kelembaban) di mana kemasan dapat bertahan selama transit dan sebelum digunakan.
4. Ketahanan keseluruhan dari kemasan terhadap keluar masuknya air, gas dan bau, termasuk perekatan, penutupan, dan bagian-bagian yang terlipat.

Menurut *Institute of Food Technology* (IFT, 1974), umur simpan produk pangan adalah selang waktu antara saat produksi hingga saat konsumsi di mana produk berada dalam kondisi yang memuaskan pada sifat-sifat penampakan, rasa aroma, tekstur dan nilai gizi. *National Food Processor Association* (1978), mendefinisikan sebagai berikut: 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 (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, perubahan bau, reaksi pencoklatan, perubahan unsur organoleptik, dan kemungkinan terbentuknya racun. Faktor yang sangat berpengaruh terhadap penurunan mutu produk pangan adalah perubahan kadar air dalam produk.

Umur simpan suatu produk yang dikemas dapat ditetapkan dengan menggunakan dengan metode *Accelerated Storage Studies* (ASS) (Floros, 1993). Metode ini menggunakan suatu kondisi lingkungan yang dapat mempercepat (*accelerated*) terjadinya reaksi-reaksi penurunan mutu produk pangan. Metode ASS dapat menggunakan Studi Kinetika Reaksi dengan menggunakan bantuan persamaan Arrhenius. Pada metode Arrhenius, produk pangan disimpan pada kondisi suhu yang ekstrim, sehingga parameter kritisnya mengalami penurunan mutu akibat pengaruh panas.

Menurut Mizrahi dan Karel (1977), penggunaan uji akselerasi dapat dilakukan pada produk kering jika secara kontinyu kadar air produk berubah selama penyimpanan dan jika kecepatan rusak hanya tergantung pada kadar air dan suhu. Metode ini didasarkan pada kecepatan kerusakan dengan perlakuan produk dengan kelembaban relatif (RH) dan suhu tinggi. Umur simpan BMC dari tepung

sukun dan kacang benguk germinasi dapat diketahui melalui penurunan parameter mutu yang kemudian di hitung dengan persamaan Arrhenius.

Penentuan umur simpan produk pangan dapat dilakukan dengan dua metode yaitu metode *Extended Storage Studies* (ESS) dan *Accelerated Storage Studies* (ASS). ESS atau sering disebut dengan metode konvensional adalah penentuan tanggal kadaluwarsa dengan jalan menyimpan suatu seri produk pada kondisi normal sehari-hari sambil dilakukan pengamatan terhadap penurunan mutunya hingga mencapai tingkat mutu kadaluwarsa. Metode ini akurat dan tepat, namun memerlukan waktu yang lama dan analisis parameter yang lebih banyak. Metode ASS menggunakan suatu kondisi lingkungan yang dapat mempercepat reaksi penurunan mutu produk pangan. Kelebihan metode ini adalah waktu pengujian yang relatif singkat, namun tetap memiliki ketepatan dan akurasi yang tinggi.

Metode akselerasi pada dasarnya adalah metode kinetik yang disesuaikan untuk produk-produk tertentu. Model-model yang diterapkan pada penelitian akselerasi ini menggunakan dua cara pendekatan yaitu : (1) Pendekatan kadar air kritis dengan bantuan teori difusi, yaitu suatu cara pendekatan yang diterapkan untuk produk kering dengan menggunakan kadar air atau aktifitas air sebagai kriteria kadaluwarsa dan (2) pendekatan semi empiris dengan bantuan persamaan Arrhenius, yaitu suatu cara pendekatan yang menggunakan teori kinetika yang pada umumnya mempunyai ordo reaksi nol atau satu untuk produk pangan (Syarief dan Halid, 1993).

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 simpanannya 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).

Suhu merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perubahan makanan. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka laju reaksi berbagai senyawa kimia akan semakin cepat. Oleh karena itu, dalam menduga kecepatan penurunan mutu makanan selama penyimpanan faktor suhu harus selalu diperhitungkan. Dalam penyimpanan makanan, keadaan suhu ruangan penyimpanan selayaknya dalam keadaan tetap dari waktu ke waktu tetapi seringkali keadaan suhu penyimpanan berubah-ubah dari waktu ke waktu. Apabila keadaan suhu penyimpanan tetap dari waktu ke waktu (atau dianggap tetap) maka perumusan masalah bisa lebih sederhana, yaitu untuk menduga laju penurunan mutu cukup dengan menggunakan persamaan Arrhenius (Syarief dan Halid, 1993).

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 enzimatis (misalnya pada buah dan sayuran segar serta beberapa pangan beku); reaksi kecoklatan non-enzimatis (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

A₀ = 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:

$$k = k_0 \cdot \exp^{(-E_a/RT)} \quad (3)$$

dimana:

k = konstanta laju penurunan mutu

k_0 = konstanta (faktor frekuensi yang tidak tergantung suhu)

E_a = energi aktivasi

T = suhu mutlak (Kelvin)

R = konstanta gas (1.986 kal/mol K)

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). Dari persamaan tersebut 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 Penyimpanan (°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).

2.5.1 Pendugaan Umur Simpan Makanan Sapihan

Pendugaan umur simpan makanan sapihan dengan metode akselerasi (penyimpanan dipercepat) model Arrhenius. Metode ini menggunakan suatu kondisi lingkungan ekstrim (suhu tinggi) sehingga dapat mempercepat terjadinya penurunan mutu produk pangan. Berikut langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam penentuan umur simpan makanan sapihan:

Langkah pendugaan umur simpan dengan kinetika reaksi:

1. Mengidentifikasi faktor-faktor kritis yang menentukan umur simpan produk.
2. Menentukan 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. Menentukan nilai k untuk tiap suhu penyimpanan terhadap semua faktor yang dipilih. Nilai k meningkat semakin tinggi suhu.

6. Membuat persamaan Arrhenius yang menunjukkan hubungan antara $1/T$ (dalam Kelvin) dan $\ln k$ (untuk 3 suhu pengamatan).
7. Menghitung nilai k pada suhu penyimpanan atau distribusi yang dikehendaki. Nilai k dari persamaan ini merupakan laju penurunan mutunya per hari (penurunan unit mutu organoleptik per hari atau k) pada suhu tersebut.
8. Menentukan dugaan umur simpan produk. Selisih skor awal produk dan skor pada saat produk tidak sesuai dibagi laju penurunan mutu (k) pada suhu distribusi merupakan umur simpan produk (Koswara dkk, 2004).

2.6 Alumunium Foil

Alumunium foil adalah lembaran alumunium yang padat dan tipis dengan ketebalan $<0,15$ mm. Nama lain alumunium foil adalah Al-foil atau Alu-foil, Tinfoil dan Silver-foil. Alumunium foil mempunyai sifat hermetic, fleksibel dan tidak tembus cahaya. Foil digunakan sebagai bahan pelapis yang dapat ditempatkan pada bagian dalam atau lapisan tengah sebagai penguat pada kertas atau plastik. Sifat-sifat alumunium foil yang lebih tipis dapat diperbaiki dengan memberi lapisan plastik atau kertas menjadi foil-plastik, foil-kertas, atau kertas-foil-plastik. Berbagai makanan yang dikemas dengan menggunakan alumunium foil menunjukkan makanan tersebut cukup baik dan tahan terhadap alumunium dengan resiko pengkaratan kecil. Teknik pengemasan dengan cara mengkombinasikan berbagai bentuk (fleksibel) telah menghasilkan suatu bentuk yang disebut *retort pouch* dengan keunggulan yang dimiliki seperti daya simpan tinggi, penutupan mudah, kuat tidak mudah sobek tertusuk, tahan terhadap proses

sterilisasi, resisten terhadap penetrasi lemak, minyak atau komponen makanan lainnya (Rohima, 2010).

Alumunium merupakan bahan kemasan yang juga banyak digunakan. Alumunium tidak memiliki ketahanan terhadap oksigen sehingga pada lapisan atas sering dilapisi dengan alumunium oksida. Namun, ada berbagai macam gas, uap air dan cairan yang agresif yang dapat merusak lapisan tersebut. Misalnya air kontak dengan logam berat. Keuntungan utama penggunaan alumunium dibandingkan bahan kemasan lain adalah sifat absolut kedap terhadap cahaya dan gas. Kelemahan utama adalah tingginya kebutuhan energi pada saat produksi, dimana telah diupayakan mengurangnya dengan menggunakan kembali bahan-bahan kemasan alumunium (Syarief dkk, 1989).

Pengujian fisik dilakukan terhadap bahan kemasan alumunium foil dengan tiga ketebalan yang berbeda yaitu 50 μm , 80 μm dan 100 μm . Pengujian ini meliputi densitas, gramatur, laju transmisi gas oksigen atau *oksigen transmission rate* (O_2 TR), dan laju transmisi uap air atau *water vapor transmission rate* (WVTR). Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa ketebalan kemasan alumunium foil berbanding terbalik dengan nilai WVTR. Semakin meningkat ketebalan kemasan maka daya ketebalan permeabilitas kemasan terhadap uap air semakin rendah. Permeabilitas dan ketebalan kemasan tersebut juga berkaitan dengan densitas dan gramatur dimana alumunium foil dengan ketebalan 50 μm , memiliki nilai densitas dan gramatur yang terkecil dibandingkan ketebalan 80 μm dan 100 μm . Alumunium foil ketebalan 0,05 mm memiliki densitas 0,721 g/cm^3 , gramatur 36,037 g/m^2 , WVTR 0,5749 $\text{g}/\text{m}^2/24\text{jam}$ dan O_2TR 0,8492 $\text{cc}/\text{m}^2/24 \text{jm}$.

Aluminium foil ketebalan 0,08 mm memiliki densitas $1,058 \text{ g/cm}^3$, gramatur $84,617 \text{ g/m}^2$, WVTR $0,1298 \text{ g/m}^2/24\text{jam}$ dan O_2TR $0,2933 \text{ cc/m}^2/24 \text{ jm}$. Aluminium foil dengan ketebalan 0,10 mm densitas $1,103 \text{ g/cm}^3$, gramatur $110,273 \text{ g/m}^2$, WVTR $0,0768 \text{ g/m}^2/24\text{jam}$ dan O_2TR $0,3199 \text{ cc/m}^2/24 \text{ jm}$ (Reynaldy, 2010).