

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan mengenai: (1) Murbei Hitam, (2) Campolay, (3) Sari Buah, (4) *Design Expert Metode Mixture D-Optimal*, dan (5) Pendugaan Umur Simpan.

2.1 Murbei Hitam

2.1.1 Botani dan Nilai Gizi Buah Murbei Hitam

Murbei hitam termasuk dalam famili *moraceae* yang memiliki nama latin *Morus nigra* L (Gambar 1) dan merupakan salah satu varietas murbei yang banyak ditemukan di Indonesia. Murbei hitam (*Morus nigra* L.) merupakan salah satu dari 3 spesies murbei yang paling umum selain murbei putih (*Morus alba*) dan murbei merah (*Morus rubra*). Tanaman murbei dapat tumbuh optimal pada ketinggian 400 - 800 meter di atas permukaan laut, dengan suhu udara rata-rata 24 - 28°C dan kelembaban udara antara 65-80%. Kondisi curah hujan optimal bagi tanaman murbei antara 1500 - 2500 mm, dan akan tumbuh baik pada daerah yang sepanjang tahun mendapat curah hujan merata. Kondisi tanah optimal bagi tanaman murbei adalah pH antara 6,2 - 6,8 dengan kondisi drainase yang baik (Balai Persuteraan Alam, 2007).



Gambar 1. Buah Murbei Hitam
(Abbasi *et al.*, 2010)

Pohon murbei memiliki percabangan yang banyak, memiliki rambut halus pada cabang yang masih muda, daun tunggal, letak berseling, bertangkai panjang hingga 4 cm dan pohon ini dapat tumbuh \pm 9 meter. Helai daunnya memiliki ujung runcing, pangkal tumpul dengan tepi bergerigi, pertulangan menyirip agak menonjol, permukaan yang kasar pada bagian atas dan bawah, memiliki ukuran panjang 2,5 sampai 20 cm, lebar 1,5 cm sampai 12 cm, berwarna hijau dengan bentuk seperti bulat telur sampai berbentuk jantung. Bunga majemuk berbentuk tandan, keluar dari ketiak daun, mahkota berbentuk tajuk, dan berwarna putih. Dalam satu pohon terdapat bunga jantan, bunga betina dan bunga sempurna yang terpisah dan tanaman ini dapat berbunga sepanjang tahun (Arisandi dan Andriani, 2006).

Tumbuhan ini sudah dibudidayakan dan kadang ditemukan tumbuh liar. Penyebaran tanaman murbei di Indonesia terdapat di Jawa Barat, Jawa Timur, Sulawesi Utara, dan Sulawesi Selatan dengan kapasitas produksi pada varietas murbei hitam (*Morus nigra* L.) mencapai 5-8 ton/ha (Dalimartha, 2000). Tanaman murbei umumnya oleh masyarakat dikenal dengan pemanfaatan daunnya sebagai pakan ulat sutera. Namun, dengan perkembangan teknologi dan penelitian menunjukkan bahwa selain daunnya, buah murbei ternyata dapat dioptimalkan pemanfaatannya karena mengandung senyawa antioksidan.

Buah murbei banyak berupa buah buni, berair dan rasanya enak cenderung masam, sedikit manis dan menyegarkan. Warna buahnya saat masih muda berwarna hijau dan akan menjadi hitam saat sudah masak. Kandungan zat gizi pada buah murbei dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Zat Gizi Buah Murbei Segar (per 100 gram)

Kandungan Gizi	Jumlah
Energi	43 kkal
Proksimat	
Air	87,68 g
Karbohidrat Total	9,80 g
Lemak Total	0,39 g
Protein	1,44 g
Abu	0,69 g
Mineral	
Kalsium	39 mg
Besi	1,85 mg
Magnesium	18 mg
Fosfor	38 mg
Kalium	194 mg
Natrium	10 mg
Seng	0,12 mg
Vitamin	
Vitamin C	36,4 mg
Thiamin (B ₁)	0,029 mg
Riboflavin (B ₂)	0,101 mg
Niasin (B ₃)	0,620 mg
Vitamin B ₆	0,050 mg
Asam Folat (B ₉)	6 µg
Vitamin A, RAE	1 µg
Vitamin A, IU	25 IU
Vitamin E (alfa-tokoferol)	0,87 mg
Vitamin K	7,8 µg
Lemak	
Asam Lemak Jenuh	0,027 g
Asam Lemak Tak Jenuh Tunggal	0,041 g
Asam Lemak Tak Jenuh Ganda	0,207 g

Sumber: USDA, 2016.

Buah murbei ditinjau dari kandungan gizinya memiliki senyawa-senyawa penting yang menguntungkan bagi kesehatan manusia. Diantaranya adalah kandungan cyanidin yang berperan sebagai antosianin, insoquercetin, sakarida, asam linoleat, asam stearat, asam oleat, dan vitamin (karotin, B₁, B₂, C) (Dalimartha, 2000). Dengan kandungan nutrisi tersebut, dalam beberapa penelitian buah murbei hitam memiliki efek farmakologi diantaranya antinosiseptif, anti-

inflamasi, antimikroba, anti-melanogenik, antidiabetik, anti-obesitas, anti-hiperlipidemia, dan aktivitas antikanker. Murbei hitam juga menunjukkan efek perlindungan dan terapeutik pada sistem saraf pusat, hati, ginjal, saluran pencernaan, dan sistem reproduksi wanita (Lim dan Choi, 2019).

Selain berpotensi sebagai pangan fungsional, buah murbei juga memiliki citarasa manis dan segar sehingga cocok untuk diolah menjadi jus ataupun sirup buah murbei yang memiliki warna yang menarik. Di dalam pemanfaatannya sebagai obat, buah murbei ini sering diolah terlebih dahulu menjadi jus atau sari buah. Selain itu, di Negara Cina buah murbei dikonsumsi dalam bentuk buah segar, dan diolah menjadi selai atau diolah menjadi *liquor* (sejenis minuman buah).

2.1.2 Antioksidan dan Fungsional Buah Murbei Hitam

Radikal bebas adalah atom atau molekul yang memiliki elektron tidak berpasangan dimana seharusnya elektron tersebut berpasangan sehingga kondisi elektron tidak berpasangan tersebut menyebabkan atom atau molekul bersifat tidak stabil dan reaktif. Radikal bebas bereaksi dengan molekul di sekitarnya untuk memperoleh pasangan elektron agar mencapai kestabilan. Reaksi berlangsung terus-menerus di dalam tubuh dan menyebabkan penyakit degeneratif seperti kerusakan hati, katarak, dan kanker.

Dampak negatif radikal bebas dapat dihambat dengan adanya antioksidan. Antioksidan merupakan senyawa kimia yang dapat menyumbangkan satu atau lebih elektron kepada radikal bebas, sehingga dampak dari radikal bebas dapat diredam.

Menurut Ardhie (2011), terdapat tiga macam mekanisme kerja antioksidan pada radikal bebas, yaitu:

1. Antioksidan primer yang bekerja dengan cara mencegah terbentuknya radikal bebas menjadi molekul yang tidak merugikan. Contohnya adalah superoksida dismutase (SOD), glutathion peroksidase, dan katalase yang dapat mengubah radikal superoksida menjadi molekul air.
2. Antioksidan sekunder yang berfungsi menangkap radikal bebas dan menghalangi terjadinya reaksi berantai. Beberapa contohnya adalah vitamin A (betakaroten), vitamin C, vitamin E, dan senyawa fitokimia.
3. Antioksidan tersier yang bermanfaat untuk memperbaiki kerusakan biomolekuler yang disebabkan oleh radikal bebas, seperti memperbaiki kerusakan sel dan jaringan yang disebabkan radikal bebas.

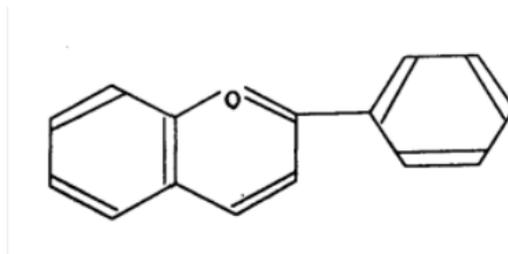
Antioksidan berdasarkan sumbernya terbagi ke dalam dua macam yaitu antioksidan alami dan antioksidan sintetis. Antioksidan sintetis contohnya seperti *Butylated Hydroxy Anisol* (BHA), *Butylated Hydroxy Toluena* (BHT), dan *Propyl Gallate* (PG) penggunaannya dibatasi karena hasil penelitian menunjukkan antioksidan sintetis bersifat karsinogenik. Antioksidan alami lebih aman dan sangat bermanfaat bagi tubuh karena bersumber dari buah-buahan dan sayuran. Senyawa seperti vitamin C, E, A, karotenoid, polifenol, asam fenolat, flavonoid, tanin, dan lignin merupakan jenis antioksidan alami yang dapat diperoleh dari buah-buahan dan sayuran (Pietta, 2000).

Buah murbei hitam adalah salah satu buah yang mengandung senyawa antioksidan dan juga berpotensi sebagai bahan pangan fungsional. Pangan

fungsional adalah pangan yang secara alami maupun melalui proses mengandung satu atau lebih senyawa yang berdasarkan hasil kajian ilmiah dianggap mempunyai fungsi-fungsi fisiologis tertentu yang bermanfaat bagi kesehatan (BPOM, 2001).

Menurut Ercisli *et al* (2010) buah murbei hitam mengandung antosianin dan vitamin C yang cukup tinggi dan kedua senyawa tersebut juga berperan sebagai antioksidan pada buah murbei hitam. Kandungan antosianin pada buah murbei hitam sebanyak 30,8 – 83 mg/100g (Özgen *et al.*, 2009). Dan kandungan vitamin C buah murbei hitam 37,06 mg/100g (Utomo, 2013).

Antosianin merupakan zat warna alami golongan flavonoid yang memberikan warna jingga, merah, ungu, biru hingga hitam pada tumbuhan. Antosianin mempunyai karakteristik kerangka karbon ($C_6C_3C_6$) dengan struktur dasar antosianin adalah 2 fenil-benzofirilium (He dan Giusti, 2010). Struktur dasar antosianin dapat dilihat pada Gambar 2.



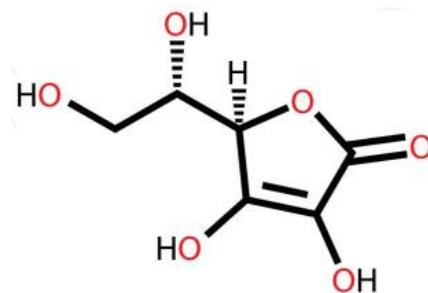
Gambar 2. Struktur Dasar Antosianin
(Trojak dan Skowron, 2017)

Antosianin bukan hanya menjadi pewarna, akan tetapi memiliki efek fungsional yang baik bagi kesehatan tubuh manusia (He dan Giusti, 2010). Adanya susunan ikatan rangkap terkonjugasi pada struktur antosianin membuat antosianin dapat berfungsi sebagai senyawa penangkal radikal bebas alami atau yang lebih dikenal sebagai senyawa antioksidan alami pada manusia. Semakin banyak gugus

hidroksil fenolik dalam struktur antosianin dapat meningkatkan fungsi antioksidannya (Barrowclough, 2015).

Fungsi antioksidan dari antosianin dapat bermanfaat dalam mencegah berbagai penyakit degeneratif, diantaranya seperti pencegahan penyakit kardiovaskuler yang disebabkan oleh penyempitan pembuluh darah arteri (aterosklerosis). Antosianin dapat melindungi membran sel lemak dari oksidasi sehingga dapat menurunkan kadar kolestrol dalam darah yang disebabkan oleh oksidasi LDL (Wallace, 2011).

Antosianin dapat lebih dipertahankan kestabilannya dalam kondisi asam (pH rendah) dan mudah terdegradasi pada kondisi basa (pH tinggi). Kondisi bebas cahaya, temperatur rendah, kopigmen, ion logam, oksigen, enzim, konsentrasi, dan tekanan pun menjadi faktor penting agar kestabilan antosianin tetap terjaga sehingga kesetimbangan antosianin tidak mudah bergeser dan mengalami degradasi (Babaloo dan Jamei, 2018).



Gambar 3. Struktur Vitamin C
(Devaki dan Reshma, 2017)

Vitamin C atau asam askorbat (Gambar 3) adalah salah satu vitamin yang sudah dikenal sebagai antioksidan, dan banyak terdapat pada buah dan sayuran. Vitamin C bersifat esensial yang berarti hanya dapat diperoleh dari asupan makanan yang dikonsumsi. Struktur vitamin C ($C_6H_8O_6$) mirip dengan struktur monosakarida

tetapi memiliki gugus enadiol yaitu ikatan rangkap antara dua gugus hidroksil (OH). Kestabilan vitamin C sangat dipengaruhi oleh pengaruh luar seperti pengaruh pemanasan saat pengolahan, lama dan suhu penyimpanan, oksidasi oleh udara dan sinar matahari (Andarwulan, 2011).

Menurut Devaki dan Reshma (2017) dalam beberapa penelitian, aktivitas antioksidan dari vitamin C dapat mencegah penyakit seperti kanker, penyakit kardiovaskular, demam, degenerasi makula (gangguan penglihatan pada orang tua), dan katarak. Pemberian vitamin C dengan dosis tinggi dapat meningkatkan ketahanan pasien kanker stadium lanjut karena vitamin C dapat berperan sebagai pro-oksidan dan dapat menghasilkan hidrogen peroksida (Chen *et al.*, 2007). Sifat antioksidan vitamin C dapat mengurangi oksidasi LDL yang merupakan penyebab penyakit kardiovaskular (Jacob, 2002). Konsumsi vitamin C dapat mempercepat pemulihan demam dengan melalui efek antihistamin yang diperoleh dari vitamin C (Johnston, 1996). Degenerasi makula dan katarak merupakan dua gangguan penglihatan yang banyak dialami oleh individu usia lanjut. Penelitian Rautiainen *et al* (2010), konsumsi vitamin C lebih dari 300 mg per hari dapat mengurangi resiko katarak hingga 75%.

2.2 Campolay

2.2.1 Botani dan Nilai Gizi Buah Campolay

Buah campolay yang memiliki nama latin *Pouteria campechiana* (Gambar 4) termasuk dalam famili *sapotaceae* yang berasal dari wilayah Amerika Tengah, khususnya di Meksiko selatan (termasuk Yucatan), Belize, Guatemala, Bahamas dan El Salvador. Buah ini memiliki beberapa nama lokal, selain sering disebut buah

campolay khususnya oleh masyarakat Jawa Barat buah ini sering disebut Sawo Belanda, Sawo Mentega, Sawo Ubi, Alkesa, atau Kanistel. Nama buah ini merujuk pada nama kota di Meksiko “*Campeche*”, dalam bahasa Inggris buah ini disebut sebagai *Canistel*, *Egg Fruit*, atau *Yellow Sapote*.



Gambar 4. Buah Campolay
(Puspita *et al.*, 2019)

Campolay dapat tumbuh dengan baik pada kondisi iklim tropis. Curah hujan antara 1250-2500 mm per tahun yang tersebar merata sepanjang tahun. Campolay masih dapat tumbuh cukup baik sampai ketinggian 900 m di atas permukaan laut, meskipun masih dapat tumbuh sampai ketinggian 2500 m di atas permukaan laut. Campolay tumbuh baik pada tanah dengan kisaran pH tanah antara 6 – 7 (Ridlo, 2017).

Buah campolay berbentuk gelendong hingga bulat telur, bulat telur terbalik atau membulat, sering berparuh di puncak, dengan kulit tipis, berlilin, halus, kuning. Daging buah aromatik, lembab atau kering seperti tepung, sangat manis. Ditinjau dari kandungan gizinya (Tabel 2), campolay memiliki kandungan gizi yang cukup lengkap seperti kandungan serat, pati, kalsium, fosfor, karotenoid, thiamin, riboflavin, niasin, vitamin A dan vitamin C (Lanerolle *et al.*, 2008).

Tabel 2. Kandungan Zat Gizi Buah Campolay (per 100 gram)

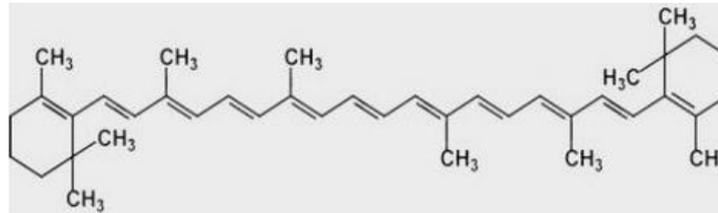
Kandungan Gizi	Jumlah
Energi	138,8 kkal
Proksimat	
Air	60,6 g
Karbohidrat Total	36,69 g
Lemak Total	0,13 g
Protein	1,68 g
Abu	0,90 g
Mineral	
Kalsium	26,5 mg
Fosfor	37,3 mg
Besi	0,92 mg
Vitamin	
Karoten	0,32 mg
Thiamin (B ₁)	0,17 mg
Riboflavin (B ₂)	0,01 mg
Niasin (B ₃)	3,72 mg
Vitamin C	58,1 mg
Asam Amino	
<i>Tryptophan</i>	28 mg
<i>Methinine</i>	13 mg
<i>Lysine</i>	84 mg

Sumber: Morton, 1992

2.2.2 Antioksidan dan Fungsional Buah Campolay

Warna kuning pada buah campolay menjadi salah satu sisi lebih karena warna kuning tersebut merupakan indikator adanya kandungan karotenoid (Puspita *et al.*, 2019). Buah campolay dilaporkan sebagai bahan pangan yang kaya karotenoid dan berperan sebagai antioksidan (Aseervatham *et al.*, 2013). Menurut Lanerolle *et al* (2008) buah campolay merupakan sumber penting karotenoid di mana buah ini memiliki total kandungan karotenoid 1,9-23,5 mg/g. Diantara jenis karotenoid yang terkandung pada buah campolay adalah beta karoten dengan kandungannya mencapai 156 µg/g (Lanerolle *et al.*, 2008). Dengan adanya kandungan senyawa karotenoid termasuk beta karoten, buah campolay dapat

berpotensi sebagai bahan pangan fungsional yang secara alami dapat mempunyai fungsi-fungsi fisiologis tertentu yang bermanfaat bagi kesehatan.



Gambar 5. Struktur Beta Karoten
(Robinson, 1995)

Menurut Astawan (2008), beta karoten merupakan salah satu antioksidan yang dapat menetralkan zat-zat radikal bebas dalam tubuh yang merupakan sumber pemicu timbulnya berbagai penyakit terutama penyakit degeneratif. Betakaroten berperan dalam fungsi faal tubuh seperti penglihatan, differensiasi sel, kekebalan, pertumbuhan dan perkembangan, reproduksi serta pencegahan kanker dan penyakit jantung. Beta karoten memberikan pengaruh pada penurunan kolesterol dimana aktivitas beta karoten dapat mencegah terjadinya plak/timbunan kolesterol di dalam pembuluh darah.

2.3 Sari Buah

2.3.1 Definisi dan Syarat Mutu Minuman Sari Buah

Menurut SNI 3719:2014, sari buah (*fruit juice*) adalah minuman yang diperoleh dengan mencampur air minum, sari buah atau campuran sari buah yang tidak difermentasi, dengan bagian lain dari satu jenis buah atau lebih dengan atau tanpa penambahan gula, bahan pangan lainnya dan bahan tambahan pangan yang diizinkan. Syarat mutu minuman sari buah disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Syarat Mutu Minuman Sari Buah Menurut SNI 3719:2014

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan : - Bau - Rasa - Warna	- - -	Khas, normal Khas, normal Khas, normal
2.	Padatan terlarut	°Brix	Sesuai Tabel 4
3.	Keasaman	%	Sesuai Tabel 4
4.	Cemaran Logam - Timbal (Pb) - Kadmium (Cd) - Timah (Sn) - Merkuri (Hg) - Arsen (As)	mg/kg mg/kg mg/kg mg/kg mg/kg	maks. 0,2 maks. 0,2 maks. 40,0 maks. 0,03 maks. 0,1
5.	Cemaran Mikroba - Angka lempeng total - <i>Coliform</i> - <i>E. coli</i> - <i>Salmonella</i> - <i>S. aureus</i> - Kapang dan Khamir	Koloni/ml Koloni/ml APM/ml - - Koloni/ml	Maks 1×10^4 Maks 20 < 3 Negatif/25ml Negatif/ml Maks 1×10^2

Sumber: BSN, 2014

Tabel 3 menunjukkan standar mutu minuman sari buah yang berisi persyaratan sensoris, padatan terlarut, keasaman, cemaran logam dan cemaran mikroba. Kemudian untuk standar total padatan terlarut dan keasaman mengacu pada masing-masing jenis buah yang digunakan. Berdasarkan SNI 3719:2014, berikut disajikan standar mutu total padatan terlarut dan keasaman dari beberapa jenis buah (Tabel 4)

Tabel 4. Padatan Terlarut dan Keasaman Sari Buah

No	Jenis Buah	Padatan Terlarut (°Brix)	Keasaman* (%)
1.	Anggur (<i>Vitis vinifera</i>)	Min 12,0	Min 0,25
2.	Apel (<i>Pyrus malus</i>)	Min 10,5	Min 0,30**
3.	Asam (<i>Tamarindus indica</i>)	Min 13,0	Min 0,30
4.	Delima (<i>Punica granatum</i>)	Min 12,0	Min 0,24
5.	Jambu Biji Merah (<i>Psidium guajava</i> var. Pink Guava)	Min 8,5	Min 0,20
6.	Jeruk (<i>Citrus sinensis</i>)	Min 11,2	Min 0,35
7.	Leci (<i>Litchi chinensis</i>)	Min 10,0	Min 0,15
8.	Mangga (<i>Mangifera indica</i>)	Min 11,0	Min 0,20
9.	Markisa (<i>Pasiflora edulis</i>)	Min 11,0	Min 0,19
10.	Melon (<i>Cucumis melo</i> L.)	Min 12,0	Min 0,15
11.	Nanas (<i>Ananas comosus</i>)	Min 10,0	Min 0,60
12.	Sirsak (<i>Annona muricata</i> L.)	Min 12,0	Min 0,45
13.	Strawberi (<i>Fragaria x. Ananassa</i>)	Min 7,5	Min 0,20
14.	Mengkudu (<i>Morinda citrifolia</i>)	Min 16,0	Min 0,90
Catatan :			
*) nilai keasaman berasal dari sari buah dan dapat ditambahkan asidulan			
**) sebagai asam malat			

Sumber: BSN, 2014

2.3.2 Penggolongan Sari Buah

Sari buah dapat dibedakan berdasarkan kekeruhannya menjadi 2 macam, yaitu sari buah keruh dan sari buah jernih. Sari buah keruh merupakan sari buah yang mengandung partikel-partikel koloid yang terdispersi sehingga tampak keruh. Penghilangan partikel-partikel tersebut akan menghasilkan sari buah yang jernih. Contoh sari buah keruh yaitu sari buah jeruk, tomat, nenas, dan aprikot, sedangkan sari buah jernih misalnya sari buah apel.

Satuhu (2004) menjelaskan bahwa Perdagangan Internasional membedakan produk sari buah berdasarkan kandungan total padatan terlarut (TPT) dan kandungan sari buah murninya. Berdasarkan penggolongan ini, sari buah dikenal dalam bentuk *fruit syrup*, *crush*, *squash*, *cordial*, *unsweetened juice*, *ready served*

fruit beverage, nectar, dan fruit juice concentrate. Penggolongan produk sari buah tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Penggolongan Produk Sari Buah

No.	Produk Sari Buah	% TPT	% Sari Buah Murni
1.	<i>Fruit Syrup</i>	65	25
2.	<i>Crush</i>	55	25
3.	<i>Squash</i>	40	25
4.	<i>Cordial</i>	30	25
5.	<i>Unsweetened juice</i>	Alami	100
6.	<i>Ready served fruit juice beverage</i>	10	5
7.	<i>Nectar</i>	15	20
8.	<i>Fruit juice concentrate</i>	32	100

Sumber: Satuhu (2004)

2.3.3 Proses Pembuatan Sari Buah

Proses pembuatan sari buah pada prinsipnya terdiri dari tahapan pengambilan sari dari buah, penyaringan, pemanasan, dan pengemasan. Menurut Farikha *et al* (2013), secara umum tahapan pembuatan sari buah, meliputi sortasi buah, pencucian, pengupasan, pemotongan, penghancuran daging buah, filtrasi, homogenisasi, pasteurisasi, pengemasan, dan penyimpanan.

Proses sortasi dilakukan untuk memilih buah yang memiliki kematangan optimum, tidak busuk, dan tidak berkapang. Hal ini penting agar sari buah yang dihasilkan memiliki kandungan gizi dan rasa yang optimal.

Proses pencucian dilakukan untuk membersihkan kotoran-kotoran yang menempel pada kulit buah, sedangkan pengupasan dilakukan untuk memisahkan kulit dengan daging buah. Setelah dikupas, daging buah dilakukan pemotongan atau pengecilan ukuran agar mempermudah proses penghancuran.

Proses penghancuran daging buah pada pembuatan sari buah bertujuan untuk mendapatkan cairan buah. Selain melalui penghancuran, proses tersebut

dapat dilakukan dengan cara pengepresan (menggunakan *juice extractor*) atau dengan cara perebusan. Berbagai metode ini dipilih berdasarkan jenis buah dan karakteristik sari buah yang dihasilkan.

Buah yang banyak mengandung biji dan cenderung memiliki sedikit serat, seperti jeruk dan markisa, maka lebih baik dilakukan dengan cara pengepresan karena hal ini dapat mencegah hancurnya biji yang dapat menyebabkan rasa pahit pada sari buah. Buah yang banyak memiliki padatan terlarut dan tersuspensi seperti jambu dan tomat, maka sebaiknya dilakukan dengan cara perebusan sehingga akan didapat sari buah yang lebih jernih jika dibandingkan dengan melalui penghancuran. Hal ini disebabkan karena adanya proses pemanasan akan menginaktivasi enzim pektat. Metode penghancuran dapat digunakan untuk ekstraksi buah nanas karena nanas memiliki padatan yang tidak terlalu banyak. Dengan cara ini, senyawa yang terekstrak menjadi optimum sehingga sari buah yang dihasilkan tidak terlalu keruh.

Filtrasi bertujuan menghilangkan sisa pulp dari sari buah dengan cara penyaringan, pengendapan, atau sentrifugasi. Namun, proses tersebut tidak dapat memisahkan partikel halus seperti senyawa pektat yang menyebabkan kekeruhan pada sari buah. Proses homogenisasi dilakukan untuk membuat sari buah homogen ketika ditambahkan bahan-bahan tambahan pangan seperti pemanis, *stabilizer*, *acidulant* dan pengawet.

Proses pasteurisasi merupakan proses pemanasan dengan suhu relatif rendah (di bawah 100° C) dengan tujuan menginaktivasi enzim dan membunuh mikroba pembusuk. Pasteurisasi pada sari buah biasa dilakukan pada suhu 75° C

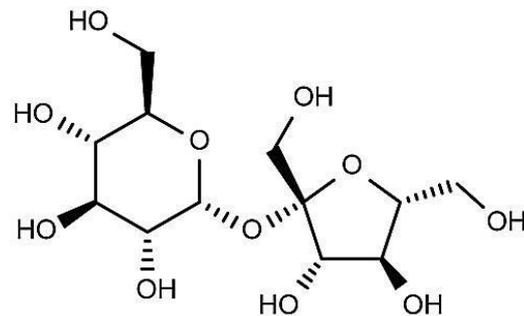
selama 15 menit. Pemilihan proses ini didasarkan pada sifat produk yang relatif asam sehingga mikroba menjadi lebih sensitif terhadap panas. Selain itu, dengan pemanasan yang lebih rendah akan meminimalkan rusaknya beberapa zat gizi seperti vitamin C.

2.3.4 Bahan Tambahan Pangan pada Sari Buah

2.3.4.1 Pemanis

Pemanis yang digunakan adalah gula pasir (sukrosa). Sukrosa merupakan senyawa disakarida yang secara sistematis kimiawi disebut α -D-gluko-piranosil- β -D-fruktofuranosida. Rumus molekul sukrosa adalah $C_{12}H_{22}O_{11}$. Sukrosa mempunyai berat molekul 342,30 g/mol terdiri dari gugus glukosa dan fruktosa. Sukrosa merupakan senyawa gula yang paling disukai (Winarno, 2004).

Titik cair sukrosa berada pada 180°C. Kristal sukrosa berbentuk sfenoid-monoklin dan stabil di udara terbuka. Indeks refraksi larutan sukrosa 10% (suhu 20°C) adalah 1,34783. Satu gram sukrosa dapat larut dalam 0,5 ml air (suhu kamar) atau dalam 0,2 ml air mendidih. Sukrosa adalah disakarida yang mempunyai peranan penting dalam pengolahan makanan dan banyak terdapat pada tebu, bit, siwalan, dan kelapa kopyor. Untuk industri-industri makanan biasa digunakan sukrosa dalam bentuk kristal halus atau kasar dan dalam jumlah yang banyak dipergunakan dalam bentuk cairan sukrosa (sirup) (Winarno, 2004). Struktur molekul sukrosa dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur Molekul Sukrosa
(Andriani, 2008)

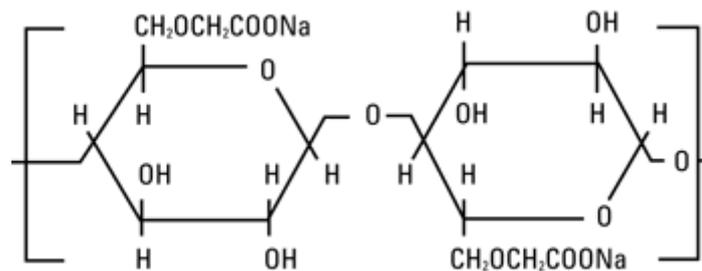
Fungsi utama sukrosa sebagai pemanis memegang peranan penting karena dapat memperbaiki flavour bahan makanan dan minuman sehingga rasa manis yang timbul dapat meningkatkan kelezatan. Rasa manis sukrosa bersifat murni, karena tidak ada *after taste*, yaitu citarasa kedua yang timbul setelah cita rasa pertama. Di samping itu, sukrosa juga memperkuat cita rasa pada makanan, karena menyeimbangkan rasa asam, pahit, dan asin atau melalui reaksi kimia seperti karamelisasi. Sukrosa merupakan pemanis karbohidrat yang biasa digunakan pada produk pangan cair/minuman dalam konsentrasi tinggi dan mengakibatkan peningkatan dalam densitas, kandungan energi, viskositas dan flavor. Konsentrasi gula yang ditambahkan pada pembuatan sari buah umumnya berkisar antara 10-15% (Andriani, 2008).

2.3.4.2 Stabilizer

Bahan penstabil emulsi atau stabilizer adalah bahan yang berfungsi untuk mempertahankan stabilitas emulsi. Cara kerja bahan penstabil adalah dengan menurunkan tegangan permukaan dengan cara membentuk lapisan pelindung yang menyelimuti globula fase terdispersi, sehingga senyawa yang tidak larut akan lebih mudah terdispersi dalam sistem dan bersifat stabil (Murtini, 2016). Zat-zat yang

termasuk dalam bahan penstabil adalah gum arab, gelatin, agar-agar, natrium alginat, pektin, karagenan, dan karboksi metil selulosa atau CMC.

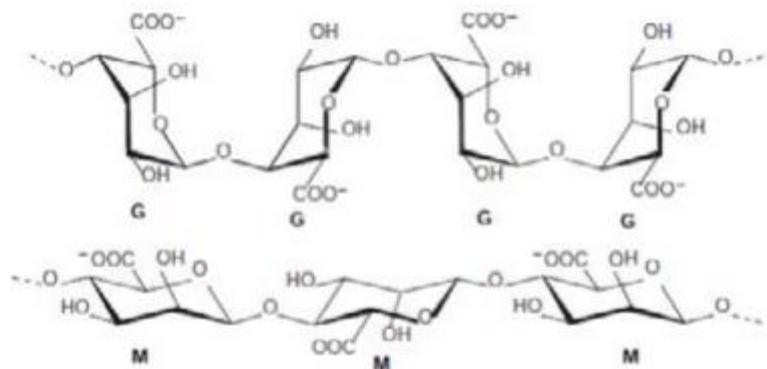
Karboksi metil selulosa (CMC) merupakan polielektrolit anionik turunan dari selulosa yang digunakan secara luas dalam industri makanan. CMC yang biasa digunakan dalam pengolahan pangan adalah natrium karboksi metil selulosa. CMC digunakan dalam industri pangan untuk memberikan bentuk, konsistensi, dan tekstur. CMC juga berperan sebagai pengikat air, pengental, dan stabilisator emulsi. CMC menjalankan fungsinya melalui interaksi antara gugusan polar dengan air dan gugusan non polar dengan lemak. Viskositas CMC dipengaruhi oleh suhu dan pH. Pada pH kurang dari 5,0 viskositasnya akan menurun, sedangkan CMC sangat stabil pada pH antara 5-11. CMC memiliki viskositas maksimum dan stabilitas yang paling baik pada pH 7-9 (Murtini, 2016). CMC dapat larut dalam air panas dan air dingin. Struktur molekul CMC dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Struktur Molekul CMC
(Andriani, 2008)

CMC telah dikenal sebagai *ingredient* dari bermacam-macam produk minuman, baik basah maupun kering. Penggunaan CMC pada sari buah bertujuan menstabilkan larutan sari buah dengan mencegah terbentuknya endapan suspensi padat pada sari buah pada jangka waktu tertentu.

Selain CMC pada penelitian ini juga digunakan Na-alginat sebagai *stabilizer* pada sari buah. Alginat merupakan polimer alami yang memiliki berat molekul tinggi. Alginat adalah garam dari asam alginat yang merupakan kopolimer dari blok β -d-mannuronic acid (M) dan epimer C-5, asam α -l-guluronic (G), dihubungkan bersama untuk membentuk polisakarida linier dengan ikatan (1,4) - glikosidik yang terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Struktur Alginat
(Imeson, 2010)

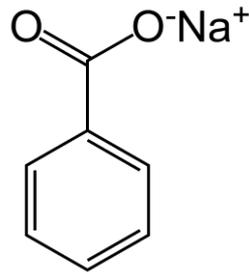
Alginat merupakan salah satu jenis hidrokoloid, yaitu suatu sistem koloid oleh polimer organik di dalam air. Alginat dapat diekstraksi dari rumput laut coklat seperti *Sargassum* sp. Alginat telah lama dimanfaatkan, baik dalam bidang pangan maupun non pangan karena memiliki fungsi yang baik sebagai bahan pengental dan sebagai bahan penstabil. Dalam bidang pangan, alginat banyak digunakan sebagai penstabil emulsi pada es krim, pensuspensi pada susu coklat, pengatur viskositas pada yoghurt, dan lain-lain (McHugh, 2008).

2.3.4.3 Bahan Pengawet

Bahan pengawet adalah bahan tambahan pangan yang dapat mencegah atau menghambat proses fermentasi, pengasaman, atau penguraian lain terhadap

makanan yang disebabkan oleh mikroorganisme (BPOM, 2019). Definisi lain menyebutkan pengawet adalah bahan tambahan makanan yang dapat mencegah atau menghambat terurainya makanan yang disebabkan oleh mikroorganisme, bahan tambahan makanan ini ditambahkan ke dalam makanan yang mudah rusak atau dengan kata lain makanan yang disukai bakteri atau jamur sebagai medium tumbuhnya (Winarno, 2004).

Jenis pengawet yang sering digunakan pada makanan salah satunya adalah asam benzoat dan turunannya. Asam benzoat lebih banyak digunakan dalam bentuk garamnya karena kelarutannya lebih baik daripada bentuk asamnya. Bentuk garam dari asam benzoat yang banyak digunakan adalah natrium benzoat. Natrium benzoat memiliki kestabilan dan tingkat kelarutan yang lebih baik dari asam benzoat karena adanya gugus Na^+ yang bermuatan positif sehingga dapat berikatan dengan gugus O pada molekul H_2O . Natrium benzoat secara fisik berupa granul atau serbuk berwarna putih, tidak berbau dan stabil di udara, mudah larut dalam air, agak sukar larut dalam etanol dan lebih mudah larut dalam etanol 90%. Menurut Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) RI nomor 11 tahun 2019, tentang batas maksimum penggunaan bahan tambahan pangan, penggunaan natrium benzoat pada produk sari buah adalah 600 mg/kg (BPOM, 2019).



Gambar 9. Struktur Natrium Benzoat
(Maidah, 2015)

Natrium benzoat bekerja efektif pada pH 2,5 - 4 sehingga banyak digunakan pada makanan atau minuman yang bersifat asam (Winarno, 2004). Benzoat sering digunakan untuk mengawetkan berbagai pangan dan minuman seperti sari buah minuman ringan, saus tomat, saus sambal, selai, jeli, manisan, kecap dan lain-lain.

Natrium benzoat telah digunakan secara luas pada berbagai produk pangan seperti minuman, dan makanan. Mekanisme kerja benzoat dan garamnya sebagai antimikroba adalah berdasarkan molekul asam yang tidak terdisosiasi akan mengganggu permeabilitas dari membran sel mikroba. Isi sel mikroba mempunyai pH yang selalu netral. Bila sel mikroba menjadi asam atau basa maka akan terjadi gangguan pada organ-organ sel sehingga metabolisme terhambat dan akhirnya sebagian sel mati (Winarno, 2004).

2.4 *Design Expert Metode Mixture D-Optimal*

Optimasi formulasi dapat dilakukan dengan berbagai metode diantaranya Metode Simplex dengan Pemrograman Linier, Software Lindo, fasilitas *Solver* pada *Microsoft Excel*, dan *Design Expert metode Mixture D-Optimal*. Metode Simplex Pemrograman Linier, Software Lindo, fasilitas *Solver* pada *Microsoft Excel*, memiliki beberapa kekurangan diantaranya kurang optimal jika diaplikasikan ke

dalam bidang teknologi pangan karena tidak berdasar kandungan gizi dan kurang menjangkau solusi optimalnya (Tiaraswara, 2016).

Menurut Tiaraswara (2016), optimasi formulasi dapat dilakukan dengan berbagai metode diantaranya Metode Simplex dengan Pemrograman Linier, Software Lindo, fasilitas *Solver* pada *Microsoft Excel*, dan *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal*. Metode Simplex Pemrograman Linier, Software Lindo, fasilitas *Solver* pada *Microsoft Excel*, memiliki beberapa kekurangan diantaranya kurang optimal jika diaplikasikan ke dalam bidang teknologi pangan karena tidak berdasar kandungan gizi dan kurang menjangkau solusi optimalnya (Tiaraswara, 2016).

Kekurangan yang dimiliki program optimasi tersebut dapat diselesaikan oleh *Design Expert* (Tiaraswara, 2016). Menurut Bas dan Boyaci (2007), *Design Expert* digunakan untuk optimasi proses dalam respon utama yang diakibatkan oleh beberapa variabel dan tujuannya adalah optimasi respon tersebut, dengan menentukan bahan-bahan yang membuat suatu formulasi paling baik mengenai variabel yang ditentukan.

Mixture Design merupakan salah satu desain pada program *Design Expert* yang dapat digunakan untuk menemukan formulasi optimal. Ada beberapa pilihan dalam *Mixture Design* yaitu *Simplex Lattice*, *Simplex Centroid*, *D-Optimal*, *Distance Based*, *Used Defined*, dan *Historical Data*. Metode *D-Optimal* merupakan pilihan desain dari *Mixture* yang bersifat fleksibel.

Metode *D-Optimal* dapat menentukan optimasi formulasi dari berbagai bahan dimana bahan yang dapat digunakan mencapai 24. Bahan dan batasan setiap

bahan dapat ditentukan lebih fleksibel yakni dapat dibuat tetap sesuai keinginan pengguna. Bahan dapat dibatasi baik batas bawah atau batas atas yang dapat disesuaikan dengan ketersediaan bahan, kemampuan bahan, dan kandungan bahan dengan kata lain dapat ditentukan variabel tetap dan berubah. Menurut Tiaraswara (2016), program *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal* dapat secara otomatis menampilkan jumlah formulasi yang sesuai dengan batasan-batasan yang telah ditentukan. Program ini juga memiliki ketelitian yang tinggi secara numerik hingga mencapai 0,001.

Penentuan formulasi optimal *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal* dilakukan berdasarkan respon yang diinginkan sesuai dengan standar produk yang ada sehingga membantu pemakai membuat formulasi yang dapat diterima masyarakat dan sesuai standar. Jumlah respon yang ditentukan dapat mencapai 999 respon yang artinya dengan jumlah respon yang banyak, formulasi produk yang ingin dihasilkan dapat lebih berkualitas dan disesuaikan dengan respon yang ada dalam standar tertentu.

Menurut Tiaraswara (2016), *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal* menyediakan fitur lengkap seperti ANOVA yang dibutuhkan untuk peneliti. Suatu variabel respon dapat dikatakan berbeda nyata atau signifikan pada taraf signifikansi 5% apabila “ $prob>F$ ” hasil analisis ragam lebih kecil dari taraf signifikansi tersebut. Variabel respon yang memiliki hasil analisis ragam berbeda nyata menunjukkan bahwa variabel uji memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respon kombinasi tersebut sehingga dapat digunakan sebagai model prediksi.

Dalam menentukan model matematik yang cocok untuk optimasi program ini akan menentukan rekomendasi berdasarkan nilai F dan R^2 terbaik dari data respon yang telah diukur dan dimasukkan ke rancangan. Model yang dianggap paling sesuai akan ditampilkan di dalam sebuah *Contour Plot* (grafik dua dimensi) atau grafik tiga dimensi. Selain fitur ANOVA, *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal* menyediakan *summary* atau rangkuman dari data yang telah didapat lengkap dengan standar deviasi, nilai minimum, maksimum, dan mean, sehingga pengguna tidak perlu menghitung lama dan hasil yang didapat sangat lengkap dan cepat.

Menurut Tiaraswara (2016), *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal* untuk mengetahui formulasi optimal berdasarkan seluruh respon program akan menyediakan fitur *solution*. Fitur ini bertujuan memberikan informasi tentang formulasi yang terpilih menurut program yang telah dirangkum berdasarkan kesimpulan seluruh respon. Selain memberikan solusi formulasi optimal berdasarkan hasil respon, solusi pun memberikan prediksi hasil respon dari formulasi optimal yang terpilih.

Design Expert metode *Mixture D-Optimal* terdiri dari enam tahap utama. Enam tahap tersebut yaitu menentukan tujuan percobaan (misalnya untuk optimasi formula), memilih ingredient penyusun yang dianggap memberikan pengaruh nyata terhadap variabel respon produk akhir, menentukan batas atas dan batas bawah berupa proporsi relatif masing-masing ingredient penyusun campuran, menentukan variabel respon yang diinginkan, membuat model yang sesuai untuk mengolah data dari respon, dan memilih disain percobaan yang sesuai.

Fungsi tujuan *Design Expert* dikenal dengan nama *desirability*. *Desirability* memiliki nilai dari 0 hingga 1,0. Bila dilihat dari aspek numerik, kegiatan optimasi merupakan kegiatan untuk mencari titik yang dapat memaksimalkan nilai *desirability*. Walaupun demikian, tujuan optimasi bukan untuk mencari nilai *desirability* 1,0 namun untuk mencari kondisi terbaik yang mempertemukan semua fungsi tujuan.

2.5 Pendugaan Umur Simpan

Umur simpan atau *shelf life* didefinisikan sebagai rentang waktu yang dimiliki suatu produk mulai dari produksi hingga konsumsi sebelum produk mengalami penurunan kualitas/rusak (sensori dan gizi) dan tidak layak untuk dikonsumsi dan hal ini berhubungan dengan kualitas pangan (Asiah *et al.*, 2018). Jika melewati waktu tersebut, produk bisa dikatakan tidak layak konsumsi. Hal ini dikarenakan produk mengalami perubahan– perubahan baik fisika, kimia maupun mikrobiologis seperti kenampakan, cita rasa dan kandungan gizi, bahkan bisa membuat keracunan atau penyakit lainnya.

Menurut Labuza (1982) empat faktor utama yang mempengaruhi umur simpan sebuah produk pangan adalah formulasi, proses pengolahan, pengemasan dan kondisi penyimpanan. Formulasi berkaitan dengan komposisi bahan, dapat meningkatkan nilai dari produk pangan, harus dipastikan keamanan dan keutuhannya untuk memperkirakan umur simpan, termasuk dalam memastikan bahwa bahan yang digunakan tidak kehilangan masa simpan. Mengenai umur simpan, faktor kunci yang berpengaruh antara lain kadar air (maupun A_w), pH dan penambahan pengawet anti mikroba ataupun antioksidan. Proses pengolahan

dimaksudkan untuk menghindari penurunan nilai mutu yang tidak diinginkan pada suatu bahan terformulasi serta mendukung perubahan fisik dan kimia yang memberikan nilai tambah produk akhir (terkecuali untuk produk yang membutuhkan aging atau pemeraman seperti keju dan wine). Setelah melalui tahapan proses pengolahan, atribut dari produk diharapkan dapat terjaga di dalam kemasan. Parameter penting yang dipengaruhi oleh pengemasan dan kondisi penyimpanan antara lain komposisi gas (oksigen, karbondioksida, gas inert, etilen dan lain sebagainya), kelembaban relatif (%RH), tekanan atau tegangan mekanik, cahaya dan suhu.

Lima pendekatan yang dapat digunakan dalam penentuan umur simpan menurut Labuza (1982), yaitu:

1. *Literature value*, nilai pustaka sering digunakan dalam penentuan awal atau sebagai pembanding dalam penentuan produk pangan karena keterlibatan fasilitas yang dimiliki produsen pangan.
2. *Distribution turn over*, merupakan cara menentukan umur simpan produk pangan berdasarkan produk sejenis yang terdapat di pasaran. Pendekatan ini dapat digunakan pada produk sejenis di pasaran yang proses pengolahan, komposisi, maupun aspek lainnya sama dengan produk pangan yang ingin ditentukan umur simpannya.
3. *Distribution abuse test*, merupakan cara penentuan umur simpan produk berdasarkan hasil analisis produk pangan selama penyimpanan dan distribusi di lapangan, atau mempercepat proses penurunan mutu dengan penyimpanan pada kondisi ekstrim (*abuse test*).

4. *Consumer complaints*, adalah penentuan umur simpan oleh produsen berdasarkan komplain konsumen atas produk yang didistribusikan.
5. *Accelerated shelf life testing* (ASLT), telah sering digunakan untuk pengujian umur simpan di laboratorium dengan menyimpan produk akhir pada kondisi lingkungan yang mempercepat proses penurunan mutu produk pangan (*abuse condition*) yang kemudian diproyeksikan umur simpan produk pada kondisi penyimpanan yang sebenarnya.

Sistem penentuan umur simpan secara konvensional membutuhkan waktu yang lama karena penetapan kadaluarsa pangan dengan metoda konvensional atau ESS (*Extended Storage Studies*) dilakukan dengan cara menyimpan suatu seri produk pada kondisi normal sehari-hari sambil dilakukan pengamatan terhadap penurunan mutunya hingga mencapai mutu kadaluarsa. Maka untuk mempercepat waktu penentuan umur simpan tersebut, digunakan waktu penentuan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) atau metoda akselerasi, yaitu kondisi penyimpanan diatur di luar kondisi normal sehingga produk dapat lebih cepat rusak dan penentuan umur simpan dapat ditentukan (Herawati, 2008).

Menurut Kusnandar (2008), tahapan melakukan percobaan ASLT adalah sebagai berikut meliputi penetapan parameter kriteria kadaluarsa, pemilihan jenis dan tipe pengemas, penentuan suhu untuk pengujian, prakiraan waktu dan frekuensi pengambilan contoh, plotting data sesuai ordo reaksi, analisis sesuai suhu penyimpanan dan analisis pendugaan umur simpan berdasarkan batas akhir penurunan mutu yang ditolerir. Penentuan umur simpan produk dengan metode akselerasi dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu 1) pendekatan kadar air

kritis dengan teori difusi dengan menggunakan perubahan kadar air dan aktivitas air sebagai kriteria kadar air sebagai kriteria kadaluwarsa, dan 2) pendekatan semi empiris dengan bantuan persamaan Arrhenius, yaitu dengan teori kinetika yang pada umumnya menggunakan ordo nol atau ordo satu untuk produk pangan (Asiah *et al.*, 2018).

Model Arrhenius umumnya digunakan untuk melakukan pendugaan umur simpan produk pangan yang sensitif oleh perubahan suhu, diantaranya produk pangan yang mudah mengalami ketengikan (oksidasi lemak), perubahan warna oleh reaksi pencoklatan, atau kerusakan vitamin C. Di antara produk pangan yang dapat ditentukan umur simpannya dengan model ini adalah makanan kaleng komersial, susu UHT, susu bubuk formula, produk *chip/snack*, sari buah, mie instan, *frozen meat/shrimp/fish*, saus sambal/tomat, bumbu dan kondimen, selai, pasta, tepung-tepungan, kacang goreng, dan produk pangan lain yang mengandung lemak tinggi (berpotensi terjadi oksidasi lemak) atau gula pereduksi dan protein (berpotensi terjadi reaksi pencoklatan). Prinsip dari metode Arrhenius dilakukan dengan menyimpan produk pangan pada suhu ekstrim, dimana kerusakan produk pangan terjadi lebih cepat, kemudian umur simpan ditentukan berdasarkan ekstrapolasi ke suhu penyimpanan. Oleh karena itu, umur simpan yang diperoleh bersifat 'pendugaan' yang validitasnya sangat ditentukan oleh model matematika yang diperoleh dari hasil percobaan.

Untuk produk pangan yang relatif mudah rusak akibat penyerapan kadar air dari lingkungan, penentuan umur simpan berdasarkan pada metode kadar air kritis. Dalam metode kadar air kritis tersebut, kerusakan didasarkan semata-mata pada

kerusakan produk akibat menyerap air dari luar hingga mencapai batas yang tidak dapat diterima secara organoleptik. Kadar air pada kondisi dimana produk pangan sudah tidak dapat diterima secara organoleptik disebut kadar air kritis. Batas penerimaan tersebut didasarkan pada standar mutu organoleptik yang akan spesifik untuk setiap jenis produk. Waktu yang diperlukan oleh produk untuk mencapai kadar air kritis menyatakan umur simpan produk. Produk pangan yang dapat ditentukan umur simpannya dengan metode ini antara lain biskuit, wafer, produk konfeksionari, makanan ringan (*snack, chips*), dan produk instan (*powder*) (Kusnandar, 2008).