

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pengertian Buah dan Sayuran

Banyak orang belum dapat membedakan antara buah dan sayuran. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2014), buah merupakan bagian tumbuhan yang berasal dari bunga atau putih dan biasanya berbiji, sedangkan sayur merupakan daun-daunan, tumbuh-tumbuhan, polong atau bijian, dan sebagainya yang dapat dimasak. Namun secara botani, buah merupakan bagian dari tanaman yang strukturnya mengelilingi biji dimana struktur tersebut berasal dari indung telur atau sebagai bagian dari bunga itu sendiri. Sayur adalah bahan makanan yang berasal dari bagian tumbuhan seperti daun, batang, dan bunga (Sediaoetomo, 2004 dalam Farida, 2010). Wortel tergolong sebagai sayuran, sedangkan tomat tergolong sebagai buah jika ditinjau dari pengertian secara botani.

### B. Deskripsi dan Kedudukan Taksonomi Wortel (*Daucus carota* L.)

Menurut Cahyono (2002), wortel merupakan tanaman sayuran umbi semusim yang berbentuk semak (perdu) yang tumbuh tegak dengan ketinggian antara 30 cm – 100 cm atau lebih, tergantung jenis atau varietasnya. Wortel tergolong sebagai tanaman semusim karena hanya berproduksi satu kali dan kemudian mati. Tanaman wortel memiliki umur yang pendek yaitu sekitar 70 – 120 hari tergantung varietasnya.

Kulit dan daging umbi wortel berwarna kuning atau jingga. Wortel memiliki batang pendek yang hampir tidak tampak. Warna kuning dari umbi

wortel berwarna kemerahan dikarenakan adanya pigmen karoten. Kulitnya tipis dan rasanya enak, renyah, gurih, dan agak manis (Ali dan Rahayu, 1997).

Menurut Cahyono (2002), kedudukan taksonomi dari wortel adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Bangsa	: Umbelliferales
Suku	: Umbelliferae
Marga	: <i>Daucus</i>
Jenis	: <i>Daucus carota</i> L.

Menurut Cahyono (2002), organ-organ pada tanaman wortel adalah:

#### 1. Daun

Daun tanaman wortel merupakan daun majemuk, menyirip ganda dua atau tiga, dan bertangkai. Anak-anak daun berbentuk lanset dengan tepi daun bercangap. Setiap tanaman memiliki 5 – 7 tangkai daun yang berukuran agak panjang, kaku dan tebal dengan permukaan yang halus, sedangkan helaian daun lemas dan tipis. Fungsinya sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis untuk menghasilkan zat-zat yang diperlukan dalam pembentukan organ vegetatif dan generatif.

#### 2. Batang

Batang tanaman wortel sangat pendek sehingga hampir tidak tampak, berbentuk bulat, tidak berkayu, agak keras, dan berdiameter 1 – 1,5 cm. Umumnya warnanya berwarna hijau tua. Batang tidak bercabang tetapi ditumbuhi oleh tangkai-tangkai daun yang berukuran panjang sehingga terlihat seperti bercabang-cabang. Batang memiliki permukaan

yang halus dan mengalami penebalan pada tempat tumbuh tangkai daun. Fungsinya sebagai jalan untuk mengangkut air dan zat makanan dari tanah ke daun dan zat hasil asimilasi dari daun ke seluruh bagian tubuh tanaman.

### 3. Akar

Akar tanaman wortel termasuk sistem perakaran tunggang dan serabut. Akar tunggang akan mengalami perubahan bentuk dan fungsi menjadi tempat penyimpanan cadangan makanan, bentuknya akan berubah menjadi besar dan bulat memanjang hingga mencapai diameter 6 cm dan memanjang sampai 30 cm tergantung varietasnya. Akar tunggang yang telah berubah bentuk dan fungsi inilah yang dikenal sebagai “umbi wortel”. Akar serabut menempel pada akar tunggang yang telah membesar (umbi), tumbuh menyamping dan berwarna kekuning-kuningan (putih gading). Fungsinya menyerap zat-zat hara dan air yang diperlukan tanaman untuk melangsungkan proses fotosintesis serta memperkokoh berdirinya tanaman.

### 4. Bunga

Bunga tanaman wortel tumbuh pada ujung tanaman, berbentuk payung berganda, dan berwarna putih atau merah jambu agak pucat. Bunga memiliki tangkai yang pendek dan tebal. Kuntum-kuntumnya terletak pada bidang lengkung yang sama. Bunga yang telah mengalami penyerbukan akan menghasilkan buah dan biji-biji yang berukuran kecil dan berbulu.

Menurut Soehardi (2004), berdasarkan bentuknya wortel yang beredar di Indonesia umumnya dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu *Imperator* dan *Chantenay*. Tipe *Imperator* memiliki ujung umbi yang runcing, sedangkan tipe *Chantenay* memiliki bentuk ujung umbi yang tumpul. Tekstur dari *Imperator* juga agak kasar dan keras, sedangkan *Chantenay* lebih halus. Bentuk wortel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Wortel tipe *Chantenay* (kiri) dan *Imperator* (kanan) (Rukmana, 1995)

### C. Kandungan Gizi Wortel

Wortel merupakan bahan pangan yang kaya manfaat. Menurut Khomsan (2009), wortel sarat dengan karoten total dan betakaroten (754 g) serta air. Kadar betakarotennya hampir dua kali lebih banyak daripada kangkung (380 g), dan tiga kali lebih banyak daripada daun caisim (286 g). Kadarnya bahkan lebih tinggi daripada bayam (409 g). Semakin jingga warna wortel, semakin tinggi kadar betakaroten wortel (Khomsan, 2009). Wortel juga kaya akan zat-zat lain yang berguna bagi tubuh. Kandungan gizi dari wortel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan gizi wortel dalam tiap 100 gram

Kandungan Gizi	Satuan	Jumlah
Kalori	kal	42,00
Protein	g	1,20
Lemak	g	0,30
Karbohidrat	g	9,30
Kalsium	mg	37,00
Zat besi	mg	0,80
Vitamin A	S.I.	12.000,00
Vitamin B	mg	0,06
Vitamin C	mg	6,00
Air	g	88,20
Sukrosa	mg	3590

Sumber: Rukmana (1995), Anonim a (2014)

Menurut Beeton (2000), betakaroten pada wortel dapat lebih efektif diserap apabila wortel dalam keadaan setengah masak daripada dalam keadaan mentah. Hal ini menyebabkan wortel lebih baik dikukus terlebih dahulu sebelum dibuat menjadi jus atau makanan saji. Kandungan betakaroten wortel banyak terdapat tepat di bawah kulit. Proses pengupasan wortel menyebabkan 20 – 30% betakaroten terbuang. Sayuran lain yang mengandung betakaroten yang digunakan pada penelitian ini adalah tomat yang dijelaskan di bawah.

#### D. Deskripsi dan Kedudukan Taksonomi Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.)

Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) merupakan tanaman berbentuk perdu atau semak dengan tinggi mencapai dua meter. Tanaman ini tumbuh baik pada dataran tinggi ataupun rendah yang kondisinya tidak terlalu basah. Tanah yang baik untuk penanaman tomat adalah tanah yang gembur dengan pH sekitar 5 – 6 serta dengan pengairan yang cukup dan teratur. Buah tomat dapat dipanen pada umur 2 – 3 bulan setelah penanaman. Tanaman

tomat merupakan tanaman semusim karena hanya dapat dipanen satu kali dan kemudian mati (Tugiyono, 1986).

Menurut Wiryanta (2002), organ-organ pada tanaman tomat adalah:

1. Batang

Batang tanaman tomat dapat mencapai 2 – 3 meter. Batang yang masih muda berbentuk bulat dan teksturnya lunak. Batang yang tua akan menjadi bersudur dan bertekstur keras berkayu. Ciri khasnya adalah tumbuhnya bulu-bulu halus di seluruh permukaannya.

2. Akar

Akar tanaman tomat berbentuk serabut yang menyebar ke segala arah. Kemampuannya menembus lapisan tanah terbatas pada kedalaman 30 – 70 cm.

3. Daun

Daun tanaman tomat berwarna hijau dan berbulu. Panjangnya sekitar 20 – 30 cm dan lebar 15 – 20 cm. Daunnya tumbuh di dekat ujung dahan atau cabang. Tangkai daun berbentuk bulat memanjang sekitar 7 – 10 cm dan ketebalan 0,3 – 0,5 cm.

4. Bunga

Bunga tanaman tomat berwarna kuning dan tersusun dalam kelompok dengan jumlah 5 – 10 bunga per kelompoknya. Kuntumnya terdiri dari lima helai daun kelopak dan lima helai mahkota. Serbuk sari bunga memiliki kantong yang letaknya menjadi satu dan membentuk bumbung yang mengelilingi tangkai kepala putih. Bunganya dapat

melakukan penyerbukan sendiri karena tipe bunga berumah satu, tetapi masih dapat terjadi penyerbukan silang.

#### 5. Buah

Buah tomat berbentuk bulat, bulat lonjong, bulat pipih, atau oval.

Buah yang masih muda berwarna hijau muda sampai hijau tua. Buah yang sudah tua berwarna merah cerah, atau gelap, merah kekuning-kuningan, atau merah kehitaman. Ada juga buah yang berwarna kuning.

#### 6. Biji

Biji tomat berbentuk pipih, berbulu, dan diselimuti daging buah. warna bijinya ada yang putih, putih kekuningan, ada juga yang kecokelatan. Biji ini umumnya digunakan untuk perbanyak tanaman.

Buah tomat yang masih muda umumnya terasa getir dan berbau tidak enak karena adanya kandungan lycopersicin yang berupa lendir dan dikeluarkan oleh 2 – 9 kantong lendir. Lycopersicin pelan-pelan akan hilang seiring dengan semakin matangnya buah sehingga baunya akan hilang dan rasanya pun menjadi enak, terasa asam manis. Warna buah yang tadinya hijau akan lambat laun menjadi warna kuning, dan seiring dengan proses pematangan akan menjadi merah yang menandakan telah matangnya buah. Ukuran buah cukup bervariasi dengan diameter antara 2 – 15 cm, tergantung varietasnya (Tim Penulis PS, 2009). Bentuk buah tomat dapat dilihat pada Gambar 2.

Menurut Tim Penulis PS (2009), para ahli taksonomi memiliki pendapat yang berbeda dalam pemberian nama resmi untuk tanaman tomat.

Alternatif nama yang diajukan oleh para ahli dalam polemik itu adalah *Lycopersicum esculentum*, *Solanum lycopersicum*, dan *Lycopersicon lycopersicum*. Setelah polemik berkepanjangan, pada akhirnya *International Code of Botanical Nomenclature* memutuskan nama ilmiah yang resmi untuk tomat adalah *Lycopersicon* untuk nama genusnya dan *lycopersicum* untuk nama spesifiknya sehingga secara lengkap namanya adalah *Lycopersicon lycopersicum* (L). Namun nama yang paling populer untuk tanaman tomat adalah *Lycopersicum esculentum* Mill. Kedudukan taksonomi tomat menurut Wiryanta (2002) adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Bangsa	: Tubiflorae
Suku	: Solanaceae
Marga	: <i>Lycopersicum</i>
Jenis	: <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.



Gambar 2. Buah tomat yang telah matang (Tim Penulis PS, 2009)

Tomat tergolong sebagai buah klimakterik yang masih mengalami proses respirasi selama penyimpanan. Tomat merupakan sayuran buah yang mudah rusak dan kerusakannya juga dapat disebabkan oleh faktor fisik, kimiawi, dan hayati. Tomat selain diolah sebagai sayuran, juga sering

dimanfaatkan dalam industri pengalengan tomat dan pembuatan saus tomat (Tugiyono, 1986).

#### **E. Kandungan Gizi Buah Tomat**

Tomat merupakan sayuran yang kaya akan berbagai senyawa antioksidan seperti likopen, alfakaroten, betakaroten, lutein, vitamin C, flavonoid, dan vitamin E (Willcox dkk., 2003). Menurut Clinton (1998), lebih dari 80% asupan likopen penduduk Amerika Serikat berasal dari tomat. Menurut Sies (1992) dalam Ginting (2008), setiap senyawa karotenoid yang dikandung dalam tomat memiliki keefektifan yang berbeda-beda dalam menjalankan fungsinya sebagai pelindung fotokimia. Menurut Bohm dkk. (2002) dalam Ginting (2008), di antara senyawa karotenoid tersebut, likopen relatif lebih efisien sebagai penangkap singlet oksigen daripada karotenoid lainnya (lebih tinggi daripada betakaroten dan alfatokoferol). Likopen memiliki kekuatan menangkap singlet oksigen (ROS nonradikal) sebesar dua kali lipat dari kemampuan betakaroten. Kandungan gizi buah tomat dapat dilihat pada Tabel 2.

Kandungan likopen dalam tomat bervariasi umumnya akibat pengaruh genetik, kematangan buah saat dipanen, serta agronomis dan kondisi lingkungan selama penanaman. Kuantitas likopen pada tomat sangat dipengaruhi oleh kematangan buah saat dipanen. Peningkatan karotenoid dapat dilihat pada perubahan pigmennya. Perubahan pigmen terjadi akibat peningkatan konsentrasi likopen di dalam plasmid (George dkk., 2004). Menurut Thompson dkk. (2000), likopen pada tomat yang masih hijau dan

belum matang (warna permukaannya hijau dan tidak ada bahan seperti jeli di atas lokusnya) adalah 25  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , hijau matang (semua permukaan berwarna hijau dan terdapat matriks jeli di semua lokus) adalah 10  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , agak matang (tidak lebih dari 10% warna permukaannya merah muda atau merah) adalah 370  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , merah matang (>90% warna permukaannya adalah merah) adalah 4600  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , terlalu matang (busuk) adalah 7050  $\mu\text{g}/100\text{g}$ .

Tabel 2. Kandungan gizi buah tomat dalam tiap 100 g bahan

Kandungan Gizi	Macam Tomat			
	Buah Muda	Buah Masak		Sari Buah
		1	2	
Energi (kal)	23,00	20,00	19,00	15,00
Protein (g)	2,00	1,00	1,00	1,00
Lemak (g)	0,70	0,30	0,20	0,20
Karbohidrat (g)	2,30	4,20	4,10	3,50
Serat (g)	-	-	0,80	-
Abu	-	-	0,60	-
Kalsium (mg)	-	-	0,60	-
Fosfor (mg)	27,00	27,00	18,00	15,00
Zat besi (mg)	0,50	0,50	0,80	0,40
Natrium (mg)	-	-	4,0	-
Kalium (mg)	-	-	266,00	-
Vitamin A (S.I.)	320,00	1.500,00	735,00	600,00
Vitamin B1 (mg)	0,07	0,06	0,06	0,05
Vitamin B2 (mg)	-	-	0,04	-
Niacin (mg)	-	-	0,60	-
Vitamin C (mg)	30,00	40,00	29,00	10,00
Air (g)	93,00	94,00	-	94,00
Sukrosa (mg)	-	-	51,00	-

Sumber: Wiryanta (2002), Anonim b (2014)

Likopen dalam buah atau sayur terletak dalam matriks pada kloroplas atau kromoplas. Efisiensi penyerapan likopen dari tomat akan rendah jika likopen masih terikat kuat dengan matriks. Likopen akan terdegradasi selama pengolahan karena terjadi proses isomerisasi dan oksidasi. Proses ini akan menghasilkan likopen yang lebih mudah diserap oleh tubuh. Memanaskan

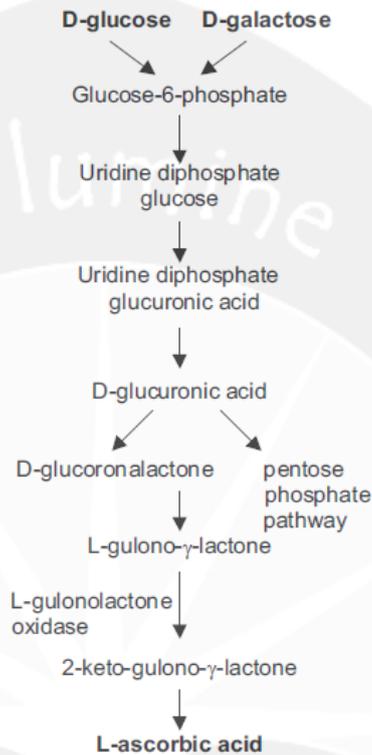
atau memasak tomat dan produk olahan tomat dapat meningkatkan bioavailabilitas likopen karena panas akan mengkonversi isomer trans- menjadi isomer cis-. Likopen dalam bentuk cis- memiliki bioavailabilitas yang lebih tinggi daripada likopen dalam bentuk trans- (Agrawal dkk., 2001). Menurut Stahl dan Sies (1992), mengkonsumsi tomat yang tidak dimasak tidak akan meningkatkan konsentrasi serum likopen.

#### **F. Vitamin C dalam Buah Tomat**

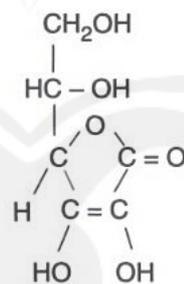
Vitamin C dalam tomat juga memiliki kadar yang cukup tinggi dibandingkan vitamin lainnya setelah vitamin A. Vitamin C atau dikenal juga sebagai asam askorbat ( $C_6H_8O_6$ ) banyak terdapat pada buah-buahan dan sayur-sayuran seperti jeruk, semangka, pepaya, tomat, brokoli, dan kembang kol. Sebagian besar dari hewan dan tumbuhan mensintesis asam askorbat dari D-glukosa atau D-galaktosa. Sebagian besar hewan memproduksi asam askorbat dalam jumlah besar dari glukosa di liver (Gambar 3). Namun marmot, kelelawar pemakan buah, kera dan manusia tidak dapat mensintesis asam askorbat karena tidak memiliki enzim L-gulonolakton oksidase sehingga manusia harus memperoleh vitamin C dari makanan atau suplemen (Naidu, 2003).

Asam askorbat merupakan molekul yang labil dapat dapat menghilang dari makanan selama proses pemasakan. Kehilangan akibat pemasakan pada vitamin C tergantung pada suhu pemanasan, luas permukaan yang terkena air, oksigen, pH, dan keberadaan dari logam transisi. Vitamin C bersifat sensitif terhadap udara, cahaya, panas, dan mudah hancur akibat penyimpanan dalam

waktu yang lama, serta pemrosesan yang berlebihan pada makanan (Naidu, 2003). Bentuk dari vitamin C dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Biosintesis L-asam askorbat pada hewan (Naidu, 2003)



Gambar 4. Struktur kimia vitamin C (Winarsi, 2007)

Asupan vitamin C harian rata-rata yang baru memenuhi pemenuhan nutrisi akan asam askorbat atau jumlah yang direkomendasikan untuk orang dewasa (> 19 tahun) sebesar 90 mg/hari untuk pria dan 75 mg/hari untuk wanita. Hasil penelitian klinis dan epidemiologis menginformasikan bahwa konsumsi asam askorbat sebesar 100 mg/hari berkaitan dengan penurunan

insiden kematian akibat penyakit jantung, stroke, dan kanker. Namun stres, merokok, alkohol, demam, dan infeksi virus dapat menyebabkan penurunan asam askorbat yang cepat dalam darah. Kekurangan asam askorbat akan menyebabkan penyakit skorbut yang ditandai dengan bengkak dan pendarahan pada gusi, kulit kering, luka terbuka pada kulit, kelelahan, gangguan menyembuhkan luka, dan depresi (Naidu, 2003).

Asam askorbat memiliki fungsi fisiologis bagi tubuh. Asam askorbat berperan sebagai kofaktor dari enzim hidroksilase dan monooksigenase yang terlibat dalam sintesis kolagen, *carnitine*, dan neurotransmitter. Asam askorbat mengakselerasi reaksi hidroksilasi dengan mempertahankan pusat aktif dari ion logam yang berada dalam kurun untuk aktivitas optimal dari enzim hidroksilase dan oksigenase (Naidu, 2003).

#### **G. Blansir pada Sayuran**

Menurut Kusnandar dan Hariyadi (2010), pengolahan pangan dengan menggunakan proses termal bertujuan untuk membunuh atau menginaktifkan mikroorganisme yang dapat menyebabkan kebusukan produk pangan maupun berbahaya bagi kesehatan. Ada beberapa macam proses pemanasan yang umum diterapkan dalam pengolahan pangan yaitu blansir, pasteurisasi, sterilisasi, dan *hot-filling*. Menurut Koswara (2009), umumnya proses yang diaplikasikan pada sayur dan buah adalah proses blansir. Menurut Nurul (2009) dalam Sari (2010), proses blansir juga selalu digunakan oleh pabrik pengolahan pangan sebagai proses pemanasan pendahuluan.

Blansir adalah proses pemanasan pada bahan pangan dengan suhu tinggi yaitu 80 – 100°C (Koswara, 2009). Tujuan blansir menurut Kusnandar dan Hariyadi (2010) adalah menginaktivasi enzim, mengurangi jumlah mikrobia awal (terutama mikrobia pada permukaan bahan pangan, buah, dan sayuran), melunakkan tekstur buah dan sayuran sehingga mempermudah proses mengisian buah/sayuran dalam wadah, dan mengeluarkan udara yang terperangkap pada jaringan buah/sayuran yang akan mengurangi kerusakan oksidasi dan membantu proses pengalengan dengan terbentuknya *head space* yang baik. Dengan demikian blansir dapat bukan ditujukan sebagai proses pengawetan, melainkan agar dapat memperbaiki mutu bahan pangan sebelum diberi proses yang lebih lanjut.

Ada dua metode blansir yang umum digunakan yaitu dengan uap air panas (*steam blanching*) dan dengan air panas (*hot water blanching*) (Isnaini dan Khamidah, 2012). Keuntungan dari *steam blanching* adalah lebih sedikitnya komponen larut air yang hilang dari bahan pangan, tetapi biayanya lebih mahal. Adapun *hot water blanching* lebih murah dan lebih hemat energi, tetapi lebih banyak komponen larut dalam air yang menghilang seperti vitamin dan mineral (Sari, 2010).

Menurut Harrison dan Andress (2006), waktu blansir sangat penting dan bervariasi antar sayuran dan ukurannya. Blansir yang terlalu singkat (*underblanching*) justru akan menstimulasi aktivitas enzim dan hasilnya lebih buruk dibandingkan sayuran yang tidak diblansir. Sementara blansir yang terlalu lama (*overblanching*) menyebabkan hilangnya flavor, warna, vitamin,

dan mineral. Waktu blansir yang dibutuhkan sebelum proses disimpan dalam suhu rendah bagi wortel yang berukuran kecil adalah 5 menit, sedangkan yang dipotong-potong kecil cukup selama 2 menit. Tomat tidak memiliki waktu yang dibatasi, tetapi disarankan selama 30 detik.

#### **H. Deskripsi Es krim**

Menurut Marshall dan Arbuckle (2000), es krim adalah makanan hasil olahan produk susu yang terdiri atas lemak, susu, gula, perasa, pewarna, penstabil, serta menggunakan tambahan lain seperti telur, buah, atau kacang yang diolah menjadi lembut karena proses penghancuran dan pengadukan sampai proses pembekuan. Menurut Badan Standardisasi Nasional (1995), es krim merupakan makanan semi padat yang proses pembuatannya meliputi campuran susu, lemak hewan maupun nabati, gula, dengan atau tanpa bahan makanan lain dan bahan makanan yang diizinkan. Es krim yang dihasilkan harus memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan, baik dalam persyaratan mutu fisik, kimia, dan mikrobiologinya (Tabel 3).

Struktur fisik es krim adalah sistem fisiko-kimia yang kompleks dengan tiga fase sistem, yaitu cair, padat, dan gas. Udara dan kristal es terdispersi dalam fase liquid kontinu yaitu fase yang ada bersama air sebagai pelarut. Fase liquid juga mengandung lemak padat, koloid protein susu, garam susu tidak terlarut, kristal laktosa dalam beberapa kasus, koloid penstabil, dan gula, serta garam terlarut dalam larutan (Marshall dan Arbuckle, 2000).

Tabel 3. Syarat mutu es krim

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan		
	- Penampakan	-	Normal
	- Bau	-	Normal
	- Rasa	-	Normal
2	Lemak	% b/b	Minimum 5,0
3	Gula (sakarosa)	% b/b	Minimum 8,0
4	Protein	% b/b	Minimum 2,7
5	Total padatan	% b/b	Minimum 3,4
6	Bahan tambahan makanan		
	- Pewarna tambahan*		
	- Pemanis buatan	-	Negatif
	- Pemantap dan pengemulsi*		
7	Cemaran logam		
	- Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 1,0
	- Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks. 20,0
8	Cemaran arsen (As)	mg/kg	Maks. 0,5
9.	Cemaran mikrobial		
	- Angka lempeng total	koloni/g	Maks. $2 \times 10^5$
	- MPN coliform	APM/g	< 3
	- <i>Salmonella</i>	koloni/25 g	Negatif
	- <i>Listeria spp</i>	koloni/ 25 g	negatif

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (1995)

### I. Bahan-Bahan dalam Pembuatan Es Krim

Bahan-bahan yang umum digunakan dalam pembuatan es krim adalah susu, lemak susu, gula, bahan penstabil, bahan pengemulsi, bahan pencitarasa, dan pewarna (Arbuckle, 1986). Lemak susu adalah lemak yang terkandung dalam susu. Lemak susu didominasi oleh asam lemak trigiliserida sekitar 95,8%. Fungsi lemak susu antara lain adalah memberikan flavor khas *creamy*, membawa flavor larut lemak, menjadi pelumas di dalam mulut dan mempengaruhi struktur dan tekstur es krim (Marshall dan Arbuckle, 2000). Lemak susu dapat memperkuat dan memperkaya flavor atau citarasa es krim

serta cenderung memperlambat laju proses pembuihan pada saat pembentukan adonan es krim.

Kadar lemak mempengaruhi tekstur pada es krim, komposisi lemak yang semakin tinggi menurunkan kandungan padatan tanpa lemak dan laktosa. Pembentukan kristal es juga akan semakin menurun dengan semakin tingginya kandungan lemak. Selain itu, lemak susu juga dapat membantu mengurangi kekerasan es krim dalam alat penyimpanan dingin, membantu dalam mempertahankan bentuk es krim, serta menghasilkan es krim yang memiliki sifat mencair yang baik. Sumber lemak yang sering digunakan adalah krim segar, krim beku, susu kental, lemak hewani, dan lemak nabati (Andrianto, 2008).

Susu tidak hanya mengandung lemak susu, bagian yang tertinggal setelah lemak dan air dihilangkan dari susu disebut padatan susu tanpa lemak (PSTL). Padatan susu tanpa lemak berfungsi untuk meningkatkan kekentalan dan ketahanan terhadap pelelehan serta menurunkan titik beku, membantu meningkatkan kapasitas *over run*, dan merupakan sumber total padatan pada es krim (Andrianto, 2008). Padatan Susu Tanpa Lemak (PSTL) mengandung protein (37%), laktosa (55%), dan mineral (8%). Laktosa berfungsi menambahkan citarasa dan mempertahankan palatabilitas es krim. Protein susu skim berfungsi untuk meningkatkan nilai gizi, memberikan citarasa, membantu pembentukan emulsi, membentuk busa yang mengikat udara dan air (Marshall dan Arbuckle, 2000).

Menurut Arbuckle dan Marshall (1996), kelebihan jumlah PSTL menyebabkan meningkatnya resiko kristalisasi laktosa selama penyimpanan, sehingga menyebabkan tekstur berpasir. Menurut Wong dkk. (1999), PSTL sangat penting dalam membentuk kristal es dan rongga udara yang kecil untuk menghasilkan masa dan tekstur yang tepat. Menurut Andreasen dan Nielsen (1998), tekstur berpasir dapat dihindari dengan menjangkau level PSTL tidak mencapai 17%. Menurut Arbuckle (1986), PSTL yang terlalu banyak akan mengakibatkan terlalu banyak akan mengakibatkan tesktur es krim yang kasar akibat adanya kristalisasi laktosa. Batas maksimal PSTL dalam es krim adalah 42%.

Gula (sukrosa) memiliki berbagai peranan dalam teknologi pangan, di antaranya sebagai pemanis, pembentuk tekstur, pengawet, pembentuk citarasa, sebagai bahan pengisi, pelarut, dan sebagai pembawa *trace element*. Gula banyak ditambahkan dalam *soft drink*, *cake*, biskuit, es krim, perment, sereal, dan makanan lain (Andrianto, 2008). Gula sebagai bahan pemanis pada es krim mengandung 99,9% padatan, sifatnya mudah larut dan densitas 1595 g/cc. Gula menurunkan titik beku es krim sehingga masih terdapat air yang tidak membeku pada suhu penyajian es krim yaitu sekitar  $-15^{\circ}\text{C}$  hingga  $-18^{\circ}\text{C}$  (Marshall dan Arbuckle, 2000). Konsentrasi gula yang dapat ditambahkan dalam adonan es krim berkisar antara 12 – 20%, tetapi yang umum digunakan adalah 14 – 16% (Arbuckle, 1986).

Menurut Andrianto (2008), es krim merupakan sistem emulsi minyak dalam air. Air pada es krim tidak pernah membeku sepenuhnya. Turun

naiknya suhu es krim yang dibekukan menyebabkan pelelehan dan pembentukan kristal es secara berulang-ulang. Fluktuasi suhu tersebut dapat menyebabkan perubahan tekstur yang tidak diinginkan. Penambahan bahan penstabil atau *stabilizer* dapat dilakukan sebagai tindakan pencegahan terhadap perubahan tersebut.

Bahan penstabil atau *stabilizer* adalah bahan yang berfungsi mempertahankan stabilitas emulsi. Cara kerja bahan penstabil adalah 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 (Fennema, 1985). Fungsi utama penstabil dalam es krim adalah mengikat air dan menghasilkan kekentalan yang tepat untuk membatasi pembentukan kristal es dan kristal laktosa, terutama selama suhu penyimpanan berfluktuasi. Penstabil juga berperan dalam pemberian udara kepada adonan selama pembekuan yaitu untuk meningkatkan kekuatan bentuk tekstur es krim serta berpengaruh terhadap suhu leleh produk (Wong dkk., 1999).

Ada dua tipe penstabil yaitu tipe gelatin dan pemantap dari tumbuhan. Penstabil tipe gelatin merupakan penstabil yang berasal dari hewan, sedangkan penstabil dari tumbuhan yang biasa digunakan adalah sodium alginate, agar-agar, dan CMC, gum lain seperti tragakan, karaya, guar, dan lain-lain (Arbuckle dan Marshall, 1996). CMC banyak digunakan oleh industri es krim sebagai pengganti gelatin karena tidak diperlukan waktu penuaan (*aging*) yang cukup lama sehingga mempersingkat waktu proses produksi.

CMC memiliki kapasitas mengikat air dan mudah larut di dalam adonan es krim. Kedua sifat tersebut penting sebagai bahan penstabil yang baik untuk es krim.

Penstabil selain CMC yang digunakan pada es krim adalah karaginan. Menurut Spagnuolo dkk. (2004), karaginan dapat digunakan untuk menghambat pemisahan fase lemak dan air. Jumlah standar penstabil yang digunakan pada susu dan produk olahannya adalah 0,15 – 0,5%. Penstabil yang digunakan untuk es krim sebesar 0,5% (Clark dkk, 2009).

Menurut Andrianto (2008), keberhasilan pengaruh *stabilizer* terhadap es krim diukur dari karakteristik sensori es krim tersebut seperti menghilangkan kristal es di permukaan es dan persepsi kristal es di dalam mulut. Jumlah *stabilizer* yang dibutuhkan bervariasi tergantung jenis dan komposisi bahan, waktu proses, suhu dan tekanan, suhu dan lama penyimpanan, serta faktor-faktor lain.

Pengemulsi merupakan campuran yang dapat menyatukan air dan lemak atau minyak (Marshall dan Arbuckle, 2000). Fungsi pengemulsi menurut Buckle dkk. (1987) adalah menurunkan waktu pembekuan, memperbaiki waktu *whipping* dan produksi es krim sehingga membentuk tekstur yang kaku dan pelelehannya seragam. Jika pengemulsi tidak ditambahkan pada proses pembuatan es krim, maka air dan lemak dapat terpisah selama penyimpanan.

Bahan-bahan yang biasanya digunakan sebagai pengemulsi adalah kuning telur, lesitin, monogliserida, dan digliserida asam lemak, serta

*polysorbate 80 (polyoxyethylene (20) sorbitan mono-oleate)*, dan *polysorbate 65 (polyoxyethylene (20) sorbitan triaerate)*. Bahan-bahan ini membantu kelarutan *ingredient* dalam es krim (Buckle dkk, 1987). Konsentrasi pengemulsi yang digunakan umumnya sebesar 0,03 – 0,2% (Clark dkk., 2009). Monogliserida dan digliserida atau keduanya pada pengemulsi berasal dari *glycerolysis* lemak nabati yang jumlahnya tidak boleh lebih dari dua persen (Marshall dan Arbuckle, 2000).

Menurut Arbuckle (1986), bahan lain yang sering ditambahkan ke dalam adonan es krim adalah bahan pencitarasa (*flavor*). Bahan pencitarasa yang ditambahkan dapat berupa senyawa sintetik maupun alami, umumnya yang sering digunakan adalah vanila, coklat, strawberry, buah-buahan, dan kacang. Ada dua hal penting yang harus diperhatikan dalam pemilihan bahan pencitarasa, yaitu jenis dan intensitasnya. Pewarna terkadang ditambahkan guna memperoleh warna yang menarik atau mengintensifkan warna produk akhir. Umumnya pemilihan warna disesuaikan dengan citarasa es krim.

Proses pembuatan es krim meliputi perhitungan adonan, persiapan adonan, pencampuran, pasteurisasi, homogenisasi, penuaan (*aging*), pembekuan, dan pengerasan (Arbuckle, 1986). Menurut Andrianto (2008), perhitungan adonan dilakukan untuk menghitung komposisi bahan baku yang akan digunakan dalam proses pembuatan es krim. Bahan-bahan kemudian dipersiapkan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan. Bahan padat dan bahan cair dicampur terlebih dahulu secara terpisah sehingga masing-masing

bahan tercampur secara homogen. Setelah itu campuran bahan-bahan padat dimasukkan ke dalam bahan-bahan cair.

Menurut Potter dan Hotchkiss (1997), pencampuran adonan dilakukan dengan mencampur dan memanaskan bahan-bahan yang cair hingga suhu 43,4°C. Setelah itu gula dan bahan kering lainnya dimasukkan ketika campuran sudah mulai memanaskan agar mempermudah pelarutan. Bahan-bahan segar seperti buah segar dan kacang ditambahkan ketika proses pembekuan.

Pemanasan bahan dapat dilakukan dengan pasteurisasi. Pasteurisasi dilakukan pada adonan es krim agar dapat membunuh sebagian besar mikrobia golongan patogen, melarutkan dan membantu pencampuran bahan-bahan penyusun, memperbaiki citarasa, menghasilkan produk yang seragam, dan memperpanjang umur produk dengan mutu yang lebih baik (Arbuckle, 1986). Pasteurisasi standar es krim yang direkomendasikan *Food and Drug Administration* (FDA) adalah 68,3°C selama 30 menit, 79,4°C selama 25 detik, atau 100°C selama beberapa detik (Eckles dkk., 1984). Menurut Potter dan Hotchkiss (1997), umumnya proses pasteurisasi dilakukan menggunakan *steam bath* pada suhu 70°C selama 30 menit, sedangkan pasteurisasi dengan *High Temperature Short Time* (HTST) dilakukan selama 25 detik pada suhu 82°C. Menurut Marshall dan Arbuckle (2000), selain fungsi-fungsi pasteurisasi di atas, fungsi lainnya adalah mencegah globula lemak bersatu serta mengurangi waktu yang diperlukan untuk proses *aging* pada adonan sehingga kekentalan tekstur es krim lebih baik.

Tahap selanjutnya adalah homogenisasi yang bertujuan membentuk adonan yang seragam dan permanen dengan cara mereduksi ukuran butiran lemak sehingga diameternya tidak lebih dari 2 mikrometer, membantu pencampuran adonan, memperbaiki tekstur dan penerimaan es krim, mereduksi waktu *aging*, meningkatkan pengembangan, serta menghasilkan produk yang seragam (Desrosier dan Tressler, 1977). Adonan es krim dihomogenisasi pada suhu 63 – 77°C karena homogenisasi pada suhu rendah dapat meningkatkan pembentukan gumpalan globula lemak, meningkatkan viskositas dan meningkatkan waktu pembekuan adonan es krim. Adonan es krim yang telah dihomogenisasi harus segera didinginkan pada suhu 4°C agar tekstur es krim menjadi halus, mencegah pertumbuhan mikrobia dan reaksi-reaksi kimia yang mungkin terjadi (Arbuckle, 1986).

Proses penuaan (*aging*) biasanya dilakukan selama 3 – 24 jam pada suhu 4,4°C atau lebih rendah. Selang waktu *aging* tergantung pada formulasi yang digunakan terutama pemilihan stabilizer yang digunakan. Proses yang berlangsung selama *aging* adalah lemak yang mencair akibat proses pemanasan akan mengeras kembali lalu penstabil akan mengembang dan mengikat air. Protein juga mengikat air sehingga viskositas adonan bertambah dan daya mengembang es krim meningkat (Potter dan Hotchkiss, 1997).

Menurut Buckle dkk. (1987), pembekuan (*freezing*) dimulai pada suhu -2,8°C. Menurut Desrosier dan Tressler (1977), proses pembekuan dilakukan dengan cepat untuk mengurangi ukuran kristal es dan membentuk tekstur yang

halus. Selama proses pembekuan, suhu adonan diturunkan dari suhu *aging* ke suhu pembekuan. Ada empat fase pembekuan yaitu:

1. Penurunan suhu dari *aging* ke suhu pembekuan ( $-2,5^{\circ}\text{C}$  sampai  $-12^{\circ}\text{C}$ )
2. Pembekuan sebagian air dalam adonan
3. Penangkapan udara ke dalam adonan
4. Pengerasan es krim

Es krim baru siap dikonsumsi setelah mengalami proses pengerasan (*hardening*). Menurut Potter dan Hotchkiss (1997), pengerasan dilakukan di dalam *freezer* tetapi tidak sambil diaduk. Temperatur yang digunakan adalah  $-34^{\circ}\text{C}$  atau lebih rendah. Menurut Campbell dan Marshall (1975), proses pengerasan dapat dianggap cukup apabila suhu di bagian tengah produk telah mencapai  $-18^{\circ}\text{C}$ . Waktu yang diperlukan untuk proses pengerasan tergantung pada ukuran dan bentuk kemasan, luas permukaan kemasan, suhu medium pendingin, kecepatan pergerakan udara pendingin, dan suhu awal produk. Proses pengerasan es krim dapat dilakukan dengan menyimpan es krim di dalam ruangan bersuhu  $-20^{\circ}\text{C}$  sampai  $-50^{\circ}\text{C}$  (Herijanto, 1994).

#### **J. Deskripsi Karotenoid**

Menurut Desiana (2000), karotenoid adalah sekelompok pigmen yang berwarna kuning, jingga, atau merah jingga yang ditemukan pada tumbuhan, kulit, cangkang/kerangka luar (eksoskeleton) hewan air serta hasil laut lainnya seperti molusca (*calm, oyster, scallop*), crustacea (lobster, kepiting, udang), dan ikan (salmon, *trout, sea beam*, kakap merah, dan tuna). Karotenoid juga

banyak ditemukan pada kelompok bakteri, jamur, ganggang, dan tanaman hijau.

Menurut Meyer (1978), karotenoid mempunyai sifat tidak larut dalam air, tetapi larut dalam lemak dan pelarut lemak. Berdasarkan jenis atom penyusunnya, karotenoid dibedakan menjadi dua jenis yaitu karoten dan xantofil. Karoten terdiri dari atom C dan H sedangkan xantofil terdiri dari atom C, H, dan O. Menurut Gama dan Stylos (2005), contoh dari karoten adalah alfakaroten/ $\alpha$ -karoten, betakaroten/ $\beta$ -karoten, dan gamakaroten/ $\gamma$ -karoten. Contoh dari xantofil adalah cataxanthin, astaxanthin, rodoxanthin, dan torularhodin.

Karotenoid alami memberikan pigmen warna secara alami pada tumbuhan seperti buah-buahan dan sayuran. Karotenoid berperan penting bagi kesehatan manusia dengan meningkatkan sistem imun, perlindungan terhadap kanker, dan berfungsi sebagai antioksidan (Suwandi, 1991; Dutta dkk., 2005). Karotenoid bersifat tidak larut dalam air, tetapi dalam lemak, mudah diisomerisasi dan dioksidasi, menyerap cahaya, meredam oksigen singlet, memblok reaksi radikal bebas, dan dapat berikatan dengan permukaan hidrofobik (Dutta dkk., 2005).

Karotenoid merupakan antioksidan yang efektif yang akan menghilangkan radikal bebas dari sistem, baik dengan bereaksi dengan radikal tersebut sehingga terbentuk senyawa yang tidak berbahaya maupun dengan mengganggu rantai reaksi radikal bebas (Britton, 1995 dalam Dutta dkk., 2005). Proteksi maksimal untuk meredam singlet oksigen dimiliki oleh

karotenoid dengan sembilan atau lebih ikatan ganda (Foote dkk., 1970 dalam Dutta dkk., 2005). Reaksi karotenoid dengan radikal bebas dilakukan dengan transfer elektron atau dengan reaksi adisi (Dutta dkk., 2005).

#### **K. Sumber Karotenoid pada Wortel dan Tomat**

Menurut Tim Redaksi Vitahealth (2004), sumber yang kaya karotenoid adalah sayuran berwarna hijau tua dan buah-buahan berwarna jingga. Beberapa contoh karotenoid adalah betakaroten dan likopen. Betakaroten merupakan pigmen kuning pada wortel dan buah-buahan berwarna jingga serta sayuran yang dikonversi oleh tubuh dan diubah menjadi vitamin A. Betakaroten merupakan penawar yang kuat untuk oksigen reaktif (suatu radikal bebas yang sangat destruktif).

Menurut Chen dkk. (1995) dalam Sulaeman dkk. (2001), wortel mengandung sebagian besar betakaroten (60-80%), alfakaroten (10 – 40%), lutein (1 – 5%), dan karoten lainnya (0,1 – 1,0%). Menurut penelitian Frederick dkk. (1998) dalam Nurjanah (2003), karotenoid merupakan komponen pencegah kanker karena adanya aktivitas provitamin A dan antioksidan. Lutein tidak memiliki aktivitas provitamin A, tetapi menunjukkan adanya kemampuan antioksidan.

Wortel yang berwarna kuning muda memiliki kandungan karotenoid berkisar antara 700 – 1200  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , sedangkan yang berwarna kuning tua memiliki kadar karoten 10.000 – 17.000  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  (Paul dan Palmer, 1972). Menurut Goodwin (1980) dalam Nurjanah (2003), kandungan betakaroten yang berbeda dipengaruhi oleh faktor varietas, musim tanam, kondisi

penyimpanan, dan metode analisa. Menurut Tim Redaksi Vitahealth (2004), betakaroten sebagai antioksidan diperlukan dengan dosis 30 – 100 mg/ hari.

Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan RI (HK.00.05.52.6291 dalam Ramadhani, 2012), nilai acuan label gizi vitamin A produk pangan untuk kelompok konsumen adalah sebesar 600 RE atau setara dengan 3600 µg betakaroten dan 7200 µg karoten total (per 100 gram). Klaim tinggi zat gizi pada suatu pangan tertentu dapat diberikan jika telah memenuhi 20% Acuan Label Gizi (ALG) per 100 gram dalam bentuk padat atau 10% ALG per 100 kkal atau 20% ALG per sajian (Karmini dan Briawan, 2004). Manusia memiliki angka kecukupan gizi vitamin A yang dianjurkan sesuai dengan umur dan jenis kelaminnya, daftarnya dapat dilihat di Tabel 4.

Tabel 4. Angka kecukupan gizi vitamin A yang dianjurkan

Golongan Umur	AKG (RE)	Golongan Umur	AKG (RE)
0 – 6 bulan	350	Wanita	
7 – 12 bulan	350	10 – 12 tahun	500
1 – 3 tahun	350	13 – 15 tahun	500
4 – 6 tahun	360	16 – 19 tahun	500
7 – 9 tahun	400	20 – 50 tahun	500
		46 – 59 tahun	500
Pria		>60 tahun	500
10 – 12 tahun	500	Hamil	+200
13 – 15 tahun	600	Menyusui	
16 – 19 tahun	700	0 – 6 bulan	+350
20 – 50 tahun	700	7 – 12 bulan	+300
46 – 59 tahun	700		
>60 tahun	600		

Sumber: Almatsier (2001)

Likopen juga merupakan pigmen merah yang terdapat pada tumbuhan, senyawa flavonoid dari kelompok karotenoid yang berfungsi sebagai antioksidan efektif yang serbaguna. Makanan yang kaya likopen adalah tomat

dan produk olahannya yang berupa saus atau pasta. Sekitar 85% dari total sumber likopen adalah bahan makanan.

Menurut Jitmau dkk. (2010), likopen merupakan salah satu antioksidan yang kuat. Senyawa antioksidan merupakan senyawa yang dapat memperlambat, menunda, dan mencegah proses oksidasi lipid dengan mencegah autooksidasi radikal bebas dalam oksidasi. Likopen yang terdapat pada berbagai produk olahan tomat secara mekanik dan pemanasan seperti saus, kecap tomat, jus, pasta, dan sop lebih mudah diserap oleh tubuh bila dibandingkan dengan tomat segar. Penyerapan yang lebih mudah tersebut disebabkan oleh pecahnya dinding sel yang kuat sehingga menyebabkan ikatan antara likopen dan matriks jaringan menjadi lebih lemah. Proses penyerapan likopen dalam tubuh terjadi bersamaan dengan lemak, setelah dicerna, likopen dibawa ke aliran darah dalam VLDL (*very low density lipoproteins*) kemudian dalam LDL (*low density lipoproteins*), dan HDL (*high density lipoproteins*), lalu didistribusikan ke dalam jaringan tubuh terutama melalui LDL yang memiliki tingkat penyerapan tertinggi.

Menurut Mikesky dkk. (2009), karotenoid dan retinoid pada satu makanan yang sama akan memberikan vitamin A yang berbeda. Aktivitas biologi di dalam tubuh pada retinoid lebih tinggi dari karotenoid sehingga kontribusi vitamin A dari retinoid lebih besar dari karotenoid. Menurut Kristina dan Sherry (2006), adanya perbedaan tersebut menyebabkan diperlukannya standarisasi satuan untuk mengukur aktivitas vitamin A keduanya. Aktivitas vitamin A dalam bahan pangan dinyatakan dalam satuan

*Retinol Activity Ekuivalen* (RAE), dengan perincian 1 RAE ekuivalen dengan 1 µg retinol, 12 µg betakaroten, dan 24 µg karotenoid. Menurut *Baylor College of Medicine* (2004), saat ini *Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine* (IOM) menggunakan faktor konversi 12 ke 1 untuk perubahan betakaroten ke vitamin A, dengan kata lain makanan yang mengandung 12 mg betakaroten ekuivalen dengan 1 mg vitamin A dalam tubuh.

Likopen termasuk dalam kelompok karoten, tetapi tidak memiliki aktivitas vitamin A yang berguna bagi kesehatan mata. Namun likopen memiliki kemampuan antioksidan yang kuat untuk meredam oksigen reaktif sehingga mengurangi oksidasi protein pada lensa mata. Kemampuan likopen pada lensa mata ini telah diuji pada tikus (Jitmau dkk., 2010).

#### **L. Hipotesis**

1. Kombinasi wortel dan tomat menyebabkan perbedaan kualitas fisik, kimia, mikrobiologis, dan organoleptik es krim.
2. Kombinasi wortel dan tomat yang tepat untuk mendapatkan es krim dengan kualitas terbaik dan disukai panelis adalah 3 : 3.