

**SKRIPSI**

**PENGARUH JENIS INDIKATOR WARNA TERHADAP LABEL  
INDIKATOR KESEGARAN PADA *FRESH-CUT* NANGKA (*Artocarpus  
heterophyllus*)**

Disusun dan diajukan oleh

**GLORIA TIARA SOLON**

**G031 19 1061**



**PROGAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**PENGARUH JENIS INDIKATOR WARNA TERHADAP LABEL INDIKATOR  
KESEGARAN PADA *FRESH-CUT* NANGKA (*Artocarpus heterophyllus*)**

**The Effect of Color Indicators Types of Freshness Indicator Labels In *Fresh-cut*  
Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*)**

**OLEH :**

**GLORIA TIARA SOLON  
G031 19 1061**



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pengaruh Jenis Indikator Warna terhadap Label Indikator  
Kesegaran *Fresh-cut* Nangka (*Artocarpus heterophyllus*)  
Nama : Gloria Tiara Solon  
Nim : G031191061

Menyetujui,



Prof. Ir. Andi Dirpan, S.TP., M.Si, PhD  
Pembimbing I



Dr. rer.nat. Zainal, S.TP., MFoodTech  
Pembimbing II

Mengetahui,



Dr. Febrina Bastian, S.TP., M.Si  
Ketua Program Studi

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gloria Tiara Solon  
NIM : G031191061  
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya yang berjudul

### **“PENGARUH JENIS INDIKATOR WARNA TERHADAP LABEL INDIKATOR KESEGARAN *FRESH-CUT* NANGKA (*Artocarpus heterophyllus*)”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Juli 2023



Gloria Tiara Solon

# DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN .....	vii
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
1. PENDAHULUAN .....	10
1.1 Latar Belakang .....	10
1.2 Rumusan Masalah .....	11
1.3 Tujuan Penelitian.....	11
1.4 Manfaat Penelitian.....	11
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	12
2.1 Nangka ( <i>Artocarpus heterophyllus</i> ) .....	12
2.2 <i>Intelligent Packaging</i> .....	13
2.3 Label Indikator .....	13
2.4 Penyimpanan Buah.....	14
3. METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	16
3.2 Alat dan Bahan .....	16
3.3 Desain Penelitian.....	16
3.4 Prosedur Penelitian.....	16
3.4.1 Pembuatan Larutan Warna (Wanihsuksombat et al, 2010).....	16
3.4.2 Pembuatan Label Indikator Kesegaran (Al Obaidi et al, 2022 Modifikasi) ...	16
3.4.3 Aplikasi Label Indikator Kesegaran pada Kemasan <i>Fresh-cut</i> nangka.....	17
3.5 Parameter Pengamatan .....	17
3.5.1 Sensitivitas Larutan Warna (Noiwan et al, 2022) .....	17
3.5.2 Analisis Kolorimetri .....	17
3.5.3 Analisis Konsentrasi Karbondioksida (CO <sub>2</sub> ).....	18
3.5.4 Pengujian <i>Fourier Transform Infrared</i> (FT-IR) (Goodarzi et al, 2020) .....	18
3.5.5 Pengujian Kekerasan (Nurdjanah et al, 2012) .....	18
3.5.6 Pengujian pH (AOAC, 1995) .....	18

3.5.7	Pengujian Total Padatan Terlarut (Lestari et al, 2017) .....	18
3.5.8	Pengujian Kadar Vitamin C (Badriyah dan Manggara, 2017).....	19
3.5.9	Pengujian Total Asam (AOAC, 1995) .....	19
3.5.10	Total Mikroba (Pablo dan Galvez, 2019; Dirpan et al, 2022).....	19
3.5.11	Analisa Data (Goodarzi et al, 2020) .....	20
3.6	Diagam Alir .....	20
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1	Sensitivitas Larutan Warna .....	21
4.2	Kolorimetri Label Indikator .....	22
4.3	Kolorimetri <i>Fresh-cut</i> Nangka .....	26
4.4	Konsentrasi Karbondioksida (CO <sub>2</sub> ) dan Oksigen (O <sub>2</sub> ).....	27
4.5	<i>Fourier Transform Infrared</i> (FT-IR) .....	28
4.6	Pengujian Kekerasan .....	29
4.7	Derajat Keasaman (pH) .....	30
4.8	Total Padatan Terlarut.....	31
4.9	Kadar Vitamin C.....	32
4.10	Total Asam.....	32
4.11	Total Mikroba .....	33
4.12	Korelasi Perubahan Warna Label Indikator Kesegaran dengan Parameter Kerusakan <i>Fresh-cut</i> Nangka .....	34
5.	PENUTUP .....	36
5.1	Kesimpulan.....	36
5.2	Saran.....	36
	DAFTAR PUSTAKA .....	37
	LAMPIRAN .....	42

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Desain Aplikasi Label Indikator Kesegaran pada Kemasan Fresh-cut Nangka. ....	17
Gambar 2. Desain Label Indikator Kesegaran. ....	17
Gambar 3. Kurva Standar Vitamin C .....	19
Gambar 4. Prosedur Penelitian.....	20
Gambar 5. Hasil Sensitivitas Larutan Warna (a) MR (b) BTB (c) PR.....	21
Gambar 6. Hasil Nilai °Hue Label Indikator Kesegaran Methyl Red.....	22
Gambar 7. Hasil Nilai °Hue Label Indikator Kesegaran Bromothymol Blue.....	23
Gambar 8. Hasil Nilai °Hue Label Indikator Kesegaran <i>Phenol Red</i> .....	24
Gambar 9. Visualisasi Pengaplikasian Label Indikator Kesegaran dalam Kemasan Fresh-cut Nangka selama 24 Jam pada Suhu Ruang.....	25
Gambar 10. Hasil Nilai $\Delta E$ Label Indikator Kesegaran Methyl red, Bromothymol blue, dan Phenol Red. ....	26
Gambar 11. Hasil Nilai $\Delta E$ <i>Fresh-cut</i> Nangka .....	27
Gambar 12. Hasil Analisa Konsentrasi Karbondioksida dan Oksigen Selama Penyimpanan Fresh-cut Nangka (a) CO <sub>2</sub> (b) O <sub>2</sub> .....	28
Gambar 13. Hasil Pengujian FT-IR Label Indikator Kesegaran Phenol Red.....	29
Gambar 14. Hasil Pengujian Kekerasan <i>Fresh-cut</i> Nangka.....	30
Gambar 15. Hasil Pengujian pH Fresh-cut Nangka .....	30
Gambar 16. Hasil Pengujian Total Padatan Terlarut Fresh-cut Nangka.....	31
Gambar 17. Hasil Pengujian Kadar Vitamin C Fresh-cut Nangka.....	32
Gambar 18. Hasil Pengujian Total Asam Fresh-cut Nangka.....	33
Gambar 19. Hasil Pengujian Total Mikroba Fresh-cut Nangka .....	34
Gambar 20. Korelasi Perubahan °Hue terhadap Keseluruhan Parameter Label Indikator Kesegaran Phenol Red selama Penyimpanan 24 Jam pada Suhu Ruang.....	35

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengukuran Kolorimetri Label Indikator Kesegaran Selama 24 Jam .....	42
Lampiran 2. Hasil Pengukuran Nilai $\Delta E$ <i>Fresh-cut</i> Nangka Selama 24 Jam.....	49
Lampiran 3. Hasil Pengukuran Konsentrasi Karbondioksida (%) dan Oksigen (%) .....	51
Lampiran 4. Hasil Pengukuran Kekerasan (N) <i>Fresh-cut</i> Nangka.....	53
Lampiran 5. Hasil Pengukuran pH <i>Fresh-cut</i> Nangka .....	54
Lampiran 6. Hasil Pengukuran Total Padatan Terlarut ( $^{\circ}$ Brix) <i>Fresh-cut</i> Nangka .....	55
Lampiran 7. Hasil Perhitungan Kadar Vitamin C (%) <i>Fresh-cut</i> Nangka.....	56
Lampiran 8. Hasil Perhitungan Total Asam (%) <i>Fresh-cut</i> Nangka.....	57
Lampiran 9. Hasil Perhitungan Total Mikroba <i>Fresh-cut</i> Nangka Selama 24 Jam.....	58
Lampiran 10. Dokumentasi Penelitian .....	59



## ABSTRAK

GLORIA TIARA SOLON (NIM. G031 19 1061). PENGARUH JENIS INDIKATOR WARNA TERHADAP LABEL INDIKATOR KESEGRAN PADA *FRESH-CUT* NANGKA (*ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS*). Dibimbing oleh **ANDI DIRPAN dan ZAINAL**

**Latar Belakang:** *Fresh-cut* nangka (*Artocarpus heterophyllus*) merupakan salah satu produk buah segar yang dapat dikonsumsi secara instan, namun rentan mengalami kerusakan karena aktivitas metabolisme sebagai salah satu buah klimaterik. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui tingkat kesegaran buah tersebut adalah dengan menggunakan label indikator kesegaran yang menerapkan konsep *intelligent packaging* pada *fresh-cut* nangka. Dalam label indikator kesegaran digunakan indikator warna seperti *methyl red*, *bromothymol blue*, dan *phenol red* yang merupakan jenis indikator warna dalam mendeteksi perubahan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). **Tujuan** untuk mengetahui pengaruh jenis indikator *methyl red*, *bromothymol blue*, dan *phenol red* terhadap label indikator *fresh-cut* nangka, untuk menentukan indikator warna terbaik berdasarkan kesesuaian perubahan parameter kesegaran buah dengan perubahan warna label indikator, serta menentukan profil perubahan warna label indikator kesegaran. **Metode** penelitian ini menyiapkan larutan warna *methyl red*, *bromothymol blue*, dan *phenol red* yang kemudian digunakan untuk pembuatan label indikator kesegaran yang selanjutnya diaplikasikan pada *fresh-cut* nangka pada suhu  $25^\circ\text{C}$  selama 24 jam penyimpanan. Parameter pengujian meliputi total padatan terlarut ( $^\circ\text{Brix}$ ), pH, total asam (%), kadar vitamin C (%), kekerasan (N),  $\Delta E$  *fresh-cut* nangka, gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{O}_2$  (%), total mikroba (CFU/g), dan warna label indikator kesegaran ( $^\circ\text{Hue}$  dan  $\Delta E$ ). **Hasil** penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi gas  $\text{O}_2$  dan tingkat kekerasan menurun selama perlakuan, sedangkan total mikroba dan  $\text{CO}_2$  mengalami peningkatan yang berarti kesegaran buah semakin menurun dan dapat diketahui dengan perubahan warna label indikator kesegaran menjadi semakin berwarna kuning. Parameter pH, total padatan terlarut, dan total asam berfluktuatif, namun parameter kadar vitamin C konstan. Nilai  $\Delta E$  *fresh-cut* nangka menunjukkan warna buah mengalami perubahan dengan jelas yang ditandai dengan warna *fresh-cut* nangka berubah dari warna kuning cerah menjadi kuning gelap serta sejalan dengan perubahan label indikator. Nilai  $^\circ\text{Hue}$  label indikator sesuai dengan total mikroba *fresh-cut* nangka yang ditandai dengan nilai  $\Delta E$  yang mencapai 43,16 yang berarti label indikator *phenol red* berubah warna dari ungu menjadi kuning. **Kesimpulan** dari penelitian adalah label indikator kesegaran *phenol red* memberikan profil perubahan warna terbaik yang sesuai dengan kondisi kesegaran *fresh-cut* nangka, yaitu berwarna ungu dalam kondisi segar, berwarna merah menandakan segera dikonsumsi, dan berwarna kuning yang menandakan sudah tidak layak dikonsumsi serta memiliki nilai  $\Delta E$  tertinggi.

**Kata Kunci:** *methyl red*, *bromothymol blue*, *phenol red*, *fresh-cut* nangka (*Artocarpus heterophyllus*), gas  $\text{CO}_2$ , label indikator kesegaran

## ABSTRACT

GLORIA TIARA SOLON (NIM. G031 19 1061). EFFECT OF COLOR INDICATOR TYPES ON FRESHNESS INDICATOR LABEL ON *FRESH-CUT* JACKFRUIT (*ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS*). Supervised by **ANDI DIRPAN and ZAINAL**

**Background:** *Fresh-cut* jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) is one of the fresh fruit products that can be consumed instantly, but is vulnerable to damage due to its metabolic activity as a climatic fruit. One way to determine the freshness level of the fruit is by using a freshness indicator label that applies the concept of intelligent packaging on the *fresh-cut* jackfruit. In the freshness indicator label, color indicators such as *methyl red*, *bromothymol blue*, and phenol red are used which are types of color indicators in detecting changes in carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). **The purpose** of this study was to determine the effect of *methyl red*, *bromothymol blue*, and phenol red indicator types on the indicator label of *fresh-cut* jackfruit, to determine the best color indicator based on the suitability of changes in fruit freshness parameters with changes in indicator label color, and to determine the color change profile on the freshness indicator label of *fresh-cut* jackfruit. **The research method** consisted of preparing *methyl red*, *bromothymol blue*, and phenol red dye solutions, which were then used to manufacture the freshness indicator labels which were then applied to *fresh-cut* jackfruit at 25°C for 24 hours during storage. The observations included total soluble solids (°Brix), pH, total acid (%), vitamin C content (%), hardness (N),  $\Delta E$  of *fresh-cut* jackfruit, CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> gas (%), total microbes (CFU/g), and freshness indicator label color (°Hue and  $\Delta E$ ). **The results** showed that O<sub>2</sub> gas concentration and hardness level decreased during the treatment. At the same time, total microbes and CO<sub>2</sub> increased, which means that the freshness of the fruit was decreasing and can be seen by the change in the color freshness indicator labels to become more yellow. The pH, total soluble solids, and total acid parameters fluctuated, but the vitamin C content was constant. The  $\Delta E$  value of *fresh-cut* jackfruit showed that the color of the fruit had changed clearly which was marked by the color of the freshness indicator label changing from bright yellow to dark yellow and in line with the changes in the indicator label. The °Hue value on the indicator label corresponds to the total microbes of *fresh-cut* jackfruit, as indicated by the  $\Delta E$  value reaching 43.16 which means that the phenol red indicator label changes color from purple to yellow. **The conclusion** of the study was that the phenol red freshness indicator label provides the best color change profile that corresponds to the freshness condition of *fresh-cut* jackfruit, which is purple in fresh condition, red indicating immediate consumption, and yellow indicating it is not suitable for consumption and has the highest  $\Delta E$  value.

**Keywords:** *methyl red*, *bromothymol blue*, phenol red, *fresh-cut* jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*), CO<sub>2</sub> gas, freshness indicator labels

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman, konsumen saat ini lebih menyukai produk pangan yang dapat dikonsumsi dengan mudah dan praktis. Tidak hanya itu, masyarakat juga akan lebih memilih produk pangan yang memiliki manfaat kesehatan untuk dikonsumsi sehari-hari. Salah satu jenis produk pangan segar yang dapat dikonsumsi dengan mudah adalah buah yang telah dipotong seperti *fresh-cut* nangka. Nangka merupakan buah yang berukuran besar dan memiliki banyak manfaat bagi kesehatan. Kandungan nutrisi pada buah nangka diantaranya vitamin C, vitamin A, zat besi, sodium, kalsium, niasin, riboflavin, seng, dan thiamin. Selain itu, nangka juga mengandung isoflavin, lignan, dan saponin yang bersifat sebagai antihipertensi, anti kanker, dan mampu menurunkan degenerasi sel kulit (Swami *et al*, 2012). Selama penyimpanan, buah tersebut akan tetap melakukan respirasi sejalan dengan proses pematangannya dan akan menurunkan kesegaran buah. Tingkat kesegaran ini sangat penting untuk diketahui konsumen sebelum mengonsumsi buah tersebut. Cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui tingkat kesegaran *fresh-cut* nangka adalah menggunakan kemasan cerdas yang mampu memberikan informasi mengenai perubahan yang terjadi pada produk.

Saat ini, dunia industri juga terus memperbaharui kemasan yang mereka gunakan. Tentunya, kemasan tersebut harus mampu menjaga keamanan produk dan memudahkan konsumen untuk mengetahui sifat atau kondisi produk didalamnya. Konsep kemasan ini disebut *intelligent packaging*. *Intelligent packaging* mampu memantau perubahan kondisi di dalam produk pangan dan lingkungannya (Schaefer and Cheung, 2018). Pengaplikasian *intelligent packaging* akan sangat membantu konsumen dalam memilih produk segar seperti *fresh-cut* nangka yang akan dikonsumsi. Salah satu jenis *intelligent packaging* yang masih terus dikembangkan adalah label indikator kesegaran berbasis perubahan CO<sub>2</sub> selama penyimpanan pada produk pangan segar.

Label indikator kesegaran merupakan label yang dapat mendeteksi perubahan kesegaran pada produk dan ditandai dengan adanya perubahan warna pada label indikator. Pada produk pangan segar seperti *fresh-cut* nangka, label indikator akan mendeteksi perubahan yang terjadi selama proses respirasi. Respirasi berlangsung dengan menyerap oksigen dan bereaksi dengan glukosa menghasilkan karbondioksida, air, dan energi. Selanjutnya, interaksi antara karbondioksida dan air akan berlanjut menghasilkan asam karbonat (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Senyawa asam ini akan terdeteksi oleh label indikator sehingga menyebabkan label indikator mengalami perubahan warna (Noiwan *et al*, 2022).

Lapisan label indikator kesegaran dapat menggunakan plastik PET dan LDPE karena keduanya memiliki sifat permeabilitas yang dibutuhkan. Plastik LDPE yang digunakan sebagai lapisan dalam label memiliki permeabilitas gas yang tinggi sehingga mudah ditembus oleh gas. Hal ini dikarenakan LDPE memiliki derajat percabangan rantai yang tinggi dan kristalinitas rendah sehingga oksigen mudah masuk ke dalam matriks LDPE (Kim *et al*, 2015). Sementara itu, plastik PET memiliki permeabilitas gas yang rendah sehingga sulit untuk ditembus oleh gas serta memiliki permeabilitas uap air yang tinggi (Janczak *et al*, 2018). Oleh karena itu, plastik PET dapat digunakan pada lapisan luar label indikator kesegaran.

Bahan dalam pembuatan label indikator dapat menggunakan plastik dan bahan alami yang diperoleh dari bahan nabati. Namun, penggunaan komponen alami sebagai bahan dalam pembuatan label indikator kesegaran masih cukup sulit diaplikasikan dalam skala industri

karena masih lemahnya intensitas warna yang dihasilkan serta stabilitas yang cukup rendah (Luchese *et al*, 2018). Disisi lain, komponen penyusun label indikator yang terbuat dari bahan kimia juga bersifat toksik dan membahayakan kesehatan apabila telah kontak dengan produk (Liu *et al*, 2022). Indikator kesegaran yang terbuat dari tiga lapisan dinilai lebih aman bagi produk pangan karena dapat mencegah terjadinya kontak antara pewarna sintetis dengan produk di dalam kemasan (Al Obaidi *et al*, 2022). Kuswandi *et al* (2013) meneliti tentang indikator kesegaran menggunakan *bromophenol blue* terhadap sensitivitas perubahan pH pada jambu utuh. Baek *et al* (2018) telah meneliti tentang karakterisasi indikator PEBA yang menggunakan *bromothymol blue* dan *methyl red* sebagai indikator warna yang merespon perubahan pH dan menunjukkan perubahan CO<sub>2</sub> pada kimchi. Al Obaidi *et al* (2022) meneliti tentang indikator CO<sub>2</sub> menggunakan *phenol red* dan *bromothymol blue* untuk mendeteksi kesegaran daging ayam. Chen *et al* (2018) meneliti tentang keefektifan label indikator pH menggunakan campuran *methyl red* dan *bromothymol blue* terhadap paprika hijau pada suhu dingin. Namun, hingga saat ini masih belum dilakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan indikator larutan warna yang berbeda terhadap perubahan kesegaran sampel *fresh-cut* nangka. Oleh karena itu, dilakukan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh indikator warna yang berbeda (*bromothymol blue*, *methyl red*, dan *phenol red*) dan indikator terbaik untuk digunakan sebagai label indikator kesegaran, serta profil perubahan warna pada label indikator kesegaran.

## 1.2 Rumusan Masalah

*Fresh-cut* nangka termasuk produk yang mengalami proses respirasi selama penyimpanan. Proses respirasi tersebut akan menghasilkan CO<sub>2</sub> yang akan berinteraksi dengan air dan menghasilkan senyawa asam berupa asam karbonat yang dapat menurunkan tingkat kesegaran pada produk. Tingkat kesegaran atau perubahan pada produk dapat diamati dengan label indikator kesegaran yang terbuat dari indikator warna. Hingga saat ini, belum dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penggunaan indikator warna yang berbeda (*methyl red*, *bromothymol blue*, dan *phenol red*) sebagai bahan larutan warna pada label indikator, dan indikator warna yang terbaik saat diaplikasikan sebagai label indikator kesegaran, serta profil perubahan warna label indikator pada saat produk dalam kondisi segar dan saat kondisi tidak layak dikonsumsi yang disimpan pada suhu ruang.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menganalisa pengaruh perbedaan indikator *methyl red*, *bromothymol blue*, dan *phenol red* terhadap label indikator kesegaran *fresh-cut* nangka
2. Untuk menentukan indikator warna terbaik yang dapat digunakan sebagai label indikator kesegaran *fresh-cut* nangka.
3. Untuk menentukan profil perubahan warna label indikator kesegaran.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk menambah pengetahuan mengenai indikator warna yang terbaik saat diaplikasikan pada kemasan *fresh-cut* nangka.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Nangka (*Artocarpus heterophyllus*)

Nangka merupakan tanaman jenis buah yang berukuran besar dan tumbuh di daerah tropis. Tanaman ini memiliki daun yang tebal, berwarna hijau tua, dan bagian ujung yang meruncing. Buah nangka berukuran panjang 30-90 cm, lebar 50 cm, dan pada bagian kulit memiliki duri yang pendek. Berat dari buah nangka dapat mencapai 20kg, dengan buah berwarna kuning, berukuran tebal, dan memiliki biji yang berbentuk lonjong (Dalimartha, 2000).

Klasifikasi buah nangka sebagai berikut (Ahasan *et al*, 2021) :

Kingdom : Plantae

Ordo : Rosales

Famili : Moraceae

Genus : *Artocarpus*

Spesies: *Artocarpus heterophyllus*

Tanaman ini dapat dimanfaatkan mulai dari buah hingga kulitnya. Buah nangka dapat dikonsumsi secara langsung atau dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Biji nangka dapat diolah menjadi sayuran dan tepung, sedangkan kulit buahnya dapat menjadi bahan dalam pembuatan selai dan agar-agar (Saha *et al*, 2022). Tidak hanya itu, kandungan nutrisi pada buah nangka sangat beragam, yakni 16-25g karbohidrat, 1.0-1.50g serat, 1.20-1.90g protein, 0.10-0.40g lemak, 20-37mg kalsium, 27mg magnesium, 38-41mg fosfor, 0.50-1.10mg zat besi, 7-10mg vitamin C, 175-540mg vitamin A, dan sebagainya. Berbagai kandungan nutrisi tersebut tentunya memiliki manfaat bagi kesehatan tubuh seperti anti-inflamasi, anti-kanker, anti maag, dan anti hipertensi (Khan *et al*, 2021). Di Indonesia, buah nangka terbagi menjadi dua jenis, yakni nangka salak dan nangka bubur. Nangka salak memiliki ciri daging buah keras dan tebal, rasa cukup manis, dan kurang harum. Sedangkan, nangka bubur memiliki daging buah yang tipis, berair, beraroma harum tajam, dan rasa manis (Suryanto, 2018). Proses respirasi nangka berlangsung dalam fase pra-klimaterik, klimaterik, dan pasca-klimaterik, Fase pra-klimaterik akan menghasilkan 160mg CO<sub>2</sub>h<sup>-1</sup>kg<sup>-1</sup>. Kemudian pada fase klimaterik menghasilkan 245mg CO<sub>2</sub>h<sup>-1</sup>kg<sup>-1</sup>. Sementara itu, setelah melewati fase klimaterik maka laju respirasi akan menurun sehingga hanya menghasilkan 60-70mg CO<sub>2</sub>h<sup>-1</sup>kg<sup>-1</sup> (Selvaraj dan Pal, 1989). Fase puncak klimaterik buah nangka akan berlangsung pada pematangan hari ke tiga dan pada hari ke delapan melewati puncak klimaterik (Saxena *et al*, 2011).

Akibat proses klimaterik yang berlangsung, buah nangka mudah mengalami kerusakan, sehingga saat ini dikembangkan metode pengolahan buah secara minimal untuk memperlambat pembusukan, namun tetap mempertahankan nutrisi yang terkandung dalam buah. *Minimally processed* tersebut dapat dilakukan dengan memisahkan buah nangka dari kulitnya dan diberi perlakuan perendaman dengan larutan kalsium untuk mempertahankan tekstur pada buah (Ramli *et al*, 2017). Secara umum, pengolahan *fresh-cut fruit* dapat dilakukan dengan pembilasan menggunakan larutan klorin dengan suhu 0 hingga 1°C pada pH netral. Namun, pembilasan dengan larutan klorin tidak dapat mencegah kontaminasi secara menyeluruh. Oleh karena itu, tetap diperlukan proses sanitasi yang baik mulai dari pemotongan hingga pengemasan buah (Pablo and Galvez, 2019).

## 2.2 Intelligent Packaging

Kemasan cerdas (*intelligent packaging*) merupakan jenis kemasan yang dapat memonitor, merekam, dan memberikan informasi kepada konsumen tentang perubahan yang terjadi pada produk di dalam kemasan (Lydekaityte dan Tambo, 2020). Sistem kemasan cerdas juga dapat menggabungkan beberapa informasi tentang kondisi penyimpanan, komposisi produk, dan pertumbuhan mikroba di dalam produk pangan (Yam *et al*, 2005). *Intelligent packaging* terbagi menjadi tiga jenis, diantaranya *indicators*, *sensors*, dan *radiofrequency identification* (RFID). *Indicators* bekerja dengan cara mendeteksi keberadaan zat pada produk lalu memberikan informasinya melalui perubahan karakteristik indikator, seperti perubahan warna. *Sensors* bekerja dengan cara mengeluarkan sinyal yang akan mendeteksi target lalu mengubah sinyal tersebut menjadi informasi elektronik terukur. Selanjutnya *radiofrequency identification* berkerja menggunakan sensor nirkabel gelombang radio dalam mengidentifikasi perubahan produk, kemudian hasilnya dapat diketahui dari tag RFID yang berisi nomor ID data hasil identifikasi produk (Biji *et al*, 2015). Pengaplikasian kemasan cerdas biasanya menggunakan indikator warna sebagai bahan dalam label yang mampu berubah seiring dengan adanya perubahan dalam produk. Label cerdas tersebut dapat dimasukkan ke dalam kemasan atau dicetak pada bahan untuk mendeteksi kestabilan atau perubahan produk didalamnya (Kerry dan Butler, 2008).

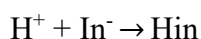
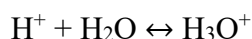
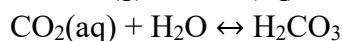
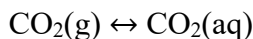
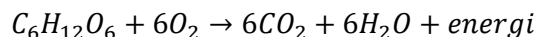
Perubahan produk dalam kemasan dapat menentukan kesegaran atau kualitas produk tersebut. Beberapa parameter yang dapat menentukan kualitas produk, yaitu ketersediaan nutrisi, kadar oksigen, suhu, dan sebagainya (Luchese *et al*, 2018). *Intelligent packaging* dapat memantau kondisi produk berdasarkan salah satu parameter penting yang berhubungan dengan produk yang akan dianalisa. Selain itu, *intelligent packaging* dapat dibuat dari bahan alami maupun bahan sintetis. Beberapa bahan alami yang dapat dijadikan sebagai pewarna *intelligent packaging*, yaitu flavonoid, karotenoid, tannin, quinonoid, dan klorofil yang dapat berasal dari buah, sayur, serangga, dan mikroba (Yusuf *et al*, 2017). Sedangkan pewarna sintetis yang digunakan dalam *intelligent packaging*, yaitu indigotin, brilliant blue, tartazine, quinonline yellow, fast geen FCF, titanium oksida (TiO<sub>2</sub>), dan sebagainya (Mohammadian *et al*, 2020).

## 2.3 Label Indikator

Label indikator merupakan salah satu jenis *smart packaging* yang menggunakan larutan warna indikator untuk mendeteksi adanya perubahan kualitas produk. Prinsip dari label cerdas ini adalah interaksi senyawa volatil dari produk dan indikator pH pada label akan menyebabkan terjadinya perubahan warna (Nitiyacassari, 2019). Indikator pH yang biasanya digunakan adalah indikator *methyl red* (MR), *bromothymol blue* (BTB), dan *phenol red* (PR). *Methyl red* merupakan indikator pH yang akan berwarna merah pada kondisi asam (pH 4,4) dan berwarna kuning pada kondisi basa (pH 6,2). *Bromothymol blue* merupakan indikator yang berwarna biru pada kondisi basa (pH 7,6) dan berwarna kuning pada kondisi asam (pH 6). *Phenol red* merupakan indikator yang berwarna kuning pada kondisi asam (pH 6,5) dan berwarna merah pada kondisi basa (pH 8,1). Penggunaan label indikator pada kemasan juga dapat memperkirakan masa simpan produk selama penyimpanan. Setiap perubahan yang terjadi pada produk juga akan menyebabkan perubahan pada label sesuai tingkat perubahan pH yang terdeteksi (Pratama *et al*, 2016).

Salah satu perubahan pada produk yang dapat dideteksi oleh label indikator adalah adanya peningkatan karbondioksida yang dihasilkan dari proses respirasi. Selama proses

respirasi, buah akan menghasilkan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), dan energi. Kemudian  $\text{CO}_2$  yang terbentuk akan bereaksi dengan air dan menghasilkan asam karbonat yang melepaskan ion  $\text{H}^+$  dan bereaksi dengan indikator (In) yang bersifat basa sehingga terjadi perubahan warna pada label indikator (Noiwan *et al*, 2022). Formulasi proses respirasi dan pembentukan senyawa asam yang akan bereaksi dengan label adalah sebagai berikut.



Selain karbondioksida, perubahan label indikator kesegaran juga dapat disebabkan oleh adanya senyawa volatil asam organik yang terbentuk selama proses pematangan. Senyawa volatil yang bersifat asam tersebut akan terdeteksi oleh label indikator sehingga menyebabkan perubahan warna (Kuswandi *et al*, 2019). Umumnya, senyawa volatil yang dapat dideteksi oleh label indikator adalah etilen. Etilen termasuk senyawa yang berperan penting dalam proses pematangan buah khususnya pada buah klimaterik karena pada buah klimaterik akan terjadi peningkatan produksi etilen selama berlangsungnya respirasi. Konsentrasi senyawa etilen dapat diketahui oleh konsumen melalui perubahan warna pada label indikator (Firouz *et al*, 2021).

## 2.4 Penyimpanan Buah

Penyimpanan merupakan salah satu faktor yang menentukan kualitas buah. Penyimpanan buah perlu memperhatikan beberapa hal, yakni suhu, kelembaban, komposisi udara, organisme, dan respirasi. Kondisi dalam ruang penyimpanan harus diatur untuk menjaga keamanan dan kualitas pangan (Asiah *et al*, 2020). Suhu penyimpanan perlu dikontrol karena setiap pangan memiliki suhu optimum yang berbeda. Penyimpanan bahan pangan pada suhu yang lebih rendah atau lebih tinggi dari suhu optimumnya, maka akan mengakibatkan terganggunya aktivitas metabolisme pada bahan pangan tersebut. Kelembapan juga harus dikontrol agar kelembapan bahan sama dengan kelembapan lingkungan, agar mencegah terjadinya kehilangan kadar air pada bahan atau peningkatan kadar air berlebih yang mengakibatkan tumbuhnya mikroorganisme pembusuk. Komposisi udara juga dapat diatur dengan mengurangi oksigen dan meningkatkan nitrogen agar menghambat terjadinya pembusukan. Selama penyimpanan, organisme dapat tumbuh pada bahan pangan sehingga perlu dicegah dengan menjaga kebersihan ruang penyimpanan dan melakukan penyemprotan fungisida dengan dosis yang tepat. Proses respirasi pada buah juga terus berlangsung selama penyimpanan, sehingga untuk menekan proses respirasi tersebut perlu ditempatkan pada suhu yang tepat (Asiah *et al*, 2020). Selain itu, perubahan nutrisi yang terjadi selama penyimpanan, diantaranya perubahan vitamin C yang dapat terjadi pada suhu tinggi, dan denaturasi protein yang juga dapat mempengaruhi kenampakan pangan. Selain perubahan kandungan nutrisi, perubahan warna, aroma, dan rasa juga dapat terjadi bila kondisi penyimpanan tidak tepat. Umumnya, buah dan sayuran rentan mengalami kerusakan rasa, aroma, dan warna pada suhu dingin. Kerusakan tersebut juga disebut dengan *chilling injury*, dimana buah dan sayur akan mengalami gejala bintik-bintik hitam pada permukaan, rusaknya sel pada bahan, terjadinya

pencoklatan dan pelunakan buah. Penggunaan suhu dingin dapat pula menyebabkan terjadinya penurunan aroma atau *off-flavor* karena difusi dan dekomposisi senyawa ester serta senyawa H<sub>2</sub>S yang terbentuk selama penyimpanan suhu dingin/beku (Asiah *et al*, 2020).

Umumnya, buah nangka utuh disimpan pada suhu 12°C dan dapat juga disimpan dalam kemasan pada suhu 5-6°C. Ketebalan dari kulit buah nangka dapat mencegah terjadinya kehilangan air pada buah, namun buah utuh yang disimpan dibawah suhu 12°C dapat mengalami *chilling injury* yang ditandai dengan terjadinya pelunakan buah, timbulnya lubang dipermukaan, dan terjadi pencoklatan (Saxena *et al*, 2011). *Chilling injury* yang terjadi pada buah dapat disebabkan oleh peningkatan CO<sub>2</sub> yang dihasilkannya (Zhang *et al*, 2013).