

# Sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku Industri

Dr. Ir. Momon Rusmono, M.S.  
Ir. Zein Nasution, MATps.



## PENDAHULUAN

---

**M**odul sifat fisik dan kimia bahan baku industri ini akan membahas sifat-sifat bahan hasil pertanian dalam hubungannya sebagai bahan baku industri pengolahan.

Setelah mempelajari Modul 1 ini Anda diharapkan mampu:

1. menjelaskan sifat fisik bahan hasil pertanian;
2. menjelaskan sifat kimia bahan hasil pertanian;
3. menjelaskan sifat hidratisasi bahan hasil pertanian.

Bahan hasil pertanian dimanfaatkan untuk industri pangan dan nonpangan. Bahan hasil pertanian umumnya dikelompokkan sebagai sereal (biji-bijian dan sumber karbohidrat), kacang-kacangan, umbi-umbian, hortikultura, produk perkebunan, bahan sumber minyak atsiri, bahan serat, hasil peternakan, hasil perairan, dan kelompok lainnya. Sebagian besar bahan hasil pertanian mudah rusak, bahkan ada yang sangat mudah rusak sehingga memerlukan penanganan yang baik agar tidak mengalami penurunan mutu yang sangat drastis. Perlakuan diberikan sesuai dengan sifat-sifat dari setiap bahan hasil pertanian yang ditangani. Hal ini dikarenakan faktor penurunan mutu umumnya ditentukan oleh sifat-sifat dari bahan hasil pertanian tersebut.

Selain dapat memberikan penanganan yang tepat, pengetahuan tentang sifat-sifat bahan hasil pertanian juga berguna dalam hal pemanfaatannya. Dengan pengetahuan tersebut dapat diduga atau diharapkan bahwa dari suatu jenis hasil pertanian tertentu akan sangat cocok jika digunakan untuk menghasilkan produk industri yang tertentu pula.

Sifat-sifat bahan hasil pertanian dapat dikelompokkan menjadi:

1. sifat biologis dan fisiologis;
2. sifat fisik dan termik;
3. sifat hidratisasi;
4. sifat kimia dan nilai nutrisi.

Modul satu ini terbagi atas 3 kegiatan belajar sebagai berikut.

Kegiatan Belajar 1: Sifat Fisik Bahan Hasil Pertanian

Kegiatan Belajar 2: Sifat Kimia Bahan Hasil Pertanian

Kegiatan Belajar 3: Sifat Hidratisasi Bahan Hasil Pertanian

## Kegiatan Belajar 1

### Sifat Fisik Bahan Hasil Pertanian

Sifat fisik bahan mencakup aspek yang sangat luas, mulai dari sifat fisik itu sendiri yang meliputi densitas kamba, densitas nyata, ukuran, diameter, bentuk, struktur, tekstur, sifat optik, warna, penampakan, serta sifat fisik yang berkenaan dengan panas jenis, panas laten, konduktivitas dan difusivitas panas. Berkaitan dengan kelistrikan, sifat fisik bahan meliputi konduktivitas listrik, konstanta dielektrik, dan sebagainya. Selanjutnya, sifat fisik dapat dikembangkan menjadi sifat-sifat mekanik, seperti reologi, elastisitas, dan ketebalan. Sifat hidratisasi dapat pula digolongkan sebagai sifat fisik bahan berkaitan dengan pengikatan air.

#### A. DENSITAS KAMBA DAN DENSITAS NYATA

Densitas kamba atau *bulk density* dan densitas nyata merupakan sifat fisik bijian yang penting untuk merencanakan gudang, volume alat pengolahan, dan alat transportasi. Densitas nyata adalah ukuran jumlah massa bahan per satuan volume yang nyata-nyata ditempati oleh bahan jadi, tidak termasuk ruang kosong di antaranya. Densitas kamba merupakan ukuran jumlah massa bahan per volume yang ditempatinya termasuk ruang kosong di antara bahan.

Pengukuran kedua nilai tersebut juga berbeda terutama untuk pengukuran volumenya. Untuk pengukuran volume pada densitas kamba dapat dilakukan dengan menggunakan alat pengukur volume, misalnya wadah literan. Namun, untuk pengukuran densitas nyata, volume yang sebenarnya ditempati oleh bahan diperoleh dengan cara pengukuran volume cairan yang dipindahkan oleh massa bahan, umumnya digunakan *toluene* sebagai cairannya. Pengukuran volume dilakukan dengan menggunakan gelas ukur.

Nilai densitas kamba bervariasi menurut kadar air bahan. Secara umum untuk beberapa hasil pertanian, nilai densitas kamba diperlihatkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1.  
Densitas Kamba Beberapa Hasil Pertanian

Jenis Bahan	Densitas Kamba (kg/m <sup>3</sup> )
Jagung pipil	720,9
Sorgum (canel)	640,8 – 720,9
Kacang tanah pipil	240,3 – 304,4
Gabah	512,6 – 576,7
Beras	480,6
Kacang kedelai	400,5 – 544,7
Cengkeh biji	769,0

Sumber: Considine dan Considine (1982)

## B. BENTUK BAHAN

Bentuk bahan berkaitan erat dengan varietas tanaman. Varietas tanaman, selanjutnya akan menentukan jenis penggunaannya sehingga dengan melihat bentuknya, orang dapat langsung menduga untuk penggunaan apa bahan tersebut. Bentuk bahan biji berhubungan dengan laju respirasi biji yang bersangkutan. Bentuk biji ramping umumnya mempunyai laju respirasi lebih tinggi, terutama jika ukurannya kecil. Bentuk biji didekati secara kasar dengan parameter *roundness* (kebundaran) dan *sphericity* (kebulatan).

$$\text{Roundness} = \frac{\text{Luas bundaran terkecil yang dapat meliputi seluruh proyeksi biji}}{\text{Luas proyeksi terbesar biji}}$$

$$\text{Sphericity} = \frac{\text{Akar pangkat tiga hasil kali ketiga sumbu biji}}{\text{Sumbu terpanjang biji}}$$

Bentuk biji, selain menentukan varietas juga berhubungan dengan cita rasa dan tingkat kesukaan konsumen. Selain itu, bentuk umbi dan buah menentukan desain mesin *grading*, pengupas, dan pemotong yang akan digunakan dalam pengolahannya. Umumnya bentuk umbi dan buah dikelompokkan menjadi bentuk bulat, lonjong, lebar silindris, dan tak beraturan.

### C. SIFAT PERMUKAAN, TEKSTUR, DAN KEKERASAN

Sifat permukaan buah dan umbi digunakan sebagai pertimbangan dalam proses pengupasan secara mekanis. Selain itu sifat ini juga digunakan untuk mendesain mesin grading berdasarkan ukuran. Sifat permukaan bahan meliputi sifat-sifat halus, halus berbulu halus, halus berbulu kasar, kasar tidak berbulu, dan kasar berbulu. Berdasarkan sifat kerataannya, permukaan dikelompokkan menjadi sifat permukaan rata dan sifat permukaan tidak rata (bergelombang).

Tekstur bahan hasil pertanian biasanya dihubungkan dengan kesan mulut bila bahan itu dikunyah setelah dimasak. Tekstur dinyatakan sebagai *mealy* atau berasa tepung, *gritty* atau *sandy* untuk rasa berpasir, dan *sticky* untuk rasa pulen. Kombinasi ketiga kriteria tekstur tersebut menjadi indeks disukai atau tidaknya tekstur hasil pertanian.

Kekerasan bahan hasil pertanian erat kaitannya dengan komposisi bahan dan tingkat kematangan khususnya pada buah-buahan. Umumnya buah menjadi lunak bila semakin matang meskipun ada buah yang matang tanpa menjadi lunak atau empuk.

### D. WARNA DAN PENAMPAKAN

Dalam menilai mutu fisik bijian dan hasil olahannya, warna dan penampakan sering digunakan sebagai parameter. Biasanya terdapat warna-warna tertentu untuk setiap bahan hasil pertanian yang berkaitan dengan tingkat kesukaan konsumen. Misalnya, untuk beras dinyatakan sebagai derajat putih; warna bagian dalam singkong adalah putih, kuning; ubi jalar berwarna kuning, merah, dan ungu, sedangkan kentang berwarna kuning.

Penyimpangan warna dari warna-warna yang disukai konsumen menjadi alasan sehingga suatu jenis produk tidak diterima oleh konsumen terutama untuk produk pertanian tertentu. Kelainan warna pada beberapa hasil pertanian juga berkaitan dengan kandungan senyawa beracun di dalamnya, misalnya warna biru pada singkong menunjukkan pembebasan sianida, warna hijau pada kentang berkorelasi dengan kandungan solanin.

Warna juga dapat menunjukkan tingkat kematangan, terutama pada buah-buahan. Buah yang sewaktu muda berwarna hijau umumnya menjadi kuning atau merah setelah matang. Hal tersebut disebabkan terjadinya

degradasi klorofil dan munculnya pigmen warna lain seperti xantofil (kuning).

## E. SIFAT TERMIK

Sifat termik bahan hasil pertanian berkaitan dengan banyak hal dan menentukan sifat pengolahannya. Panas jenis dan panas laten sangat penting dalam proses pengeringan, pemanasan, dan pendinginan bahan. Konduktivitas panas berkaitan dengan porositas, tekstur, dan komposisi kimia bahan yang selanjutnya akan menentukan proses pindah panas secara konduksi.



### LATIHAN

---

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Jelaskan perbedaan antara densitas kamba dan densitas nyata bahan hasil pertanian. Jelaskan pula kegunaan sifat tersebut dalam proses pengolahan hasil pertanian!
- 2) Jelaskan perbedaan antara *roundness* dan *sphericity* bentuk bahan hasil pertanian! Jelaskan pula kegunaan bentuk umbi dan buah dalam proses pengolahan hasil pertanian!
- 3) Sebutkan sifat-sifat permukaan bahan hasil pertanian dan jelaskan kegunaan sifat tersebut dalam proses pengolahan hasil pertanian!

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Anda dapat mempelajari kembali uraian materi Kegiatan Belajar 1 tentang sifat fisik bahan hasil pertanian. Apabila mendapatkan kesulitan, diskusikan dengan teman atau tutor Anda.



### RANGKUMAN

---

Untuk dapat memberikan perlakuan yang sesuai terhadap bahan hasil pertanian yang ditangani, perlu diketahui sifat-sifat dari bahan hasil pertanian tersebut. Sifat fisik bahan hasil pertanian yang penting, antara

lain meliputi densitas kamba, densitas nyata, bentuk bahan, sifat permukaan, tekstur, kekerasan, warna, penampakan, dan sifat termik.



## TES FORMATIF 1 \_\_\_\_\_

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Sifat-sifat umum bahan hasil pertanian, *kecuali* ....
  - A. mudah rusak
  - B. kamba
  - C. hidup
  - D. jumlah besar
  
- 2) Sifat fisik bahan hasil pertanian yang berkaitan dengan kelistrikan, antara lain adalah ....
  - A. difusivitas panas
  - B. elastisitas
  - C. konstanta dielektrik
  - D. tekstur
  
- 3) Sifat-sifat bahan hasil pertanian yang sangat berpengaruh terhadap umur simpan adalah ....
  - A. sifat biologis dan fisiologis
  - B. sifat fisik
  - C. sifat kimia
  - D. jawaban A dan C benar
  
- 4) Ukuran jumlah massa bahan per satuan volume yang nyata-nyata ditempati bahan jadi, tidak termasuk ruang kosong di antaranya disebut ....
  - A. densitas kamba
  - B. densitas nyata
  - C. *roundness*
  - D. *sphericity*
  
- 5) Dalam perencanaan volume alat pengolahan dan alat transportasi hasil pertanian, sifat-sifat yang harus diperhatikan, *kecuali* ....
  - A. densitas
  - B. bentuk bahan
  - C. sudut curah
  - D. waktu panen

- 6) Bentuk umbi dan buah sangat menentukan dengan desain alat ....
- A. *grading*
  - B. pengupas
  - C. pemotong
  - D. jawaban A, B, dan C benar
- 7) Warna produk hasil pertanian dapat digunakan sebagai tanda ....
- A. parameter mutu
  - B. kandungan senyawa racun
  - C. tingkat kematangan
  - D. jawaban A, B, dan C benar
- 8) Sifat fisik bahan hasil pertanian yang berkaitan dengan perencanaan desain mesin *grading* dan proses pengupasan adalah ....
- A. sifat permukaan
  - B. tekstur
  - C. kekerasan
  - D. jawaban A, B, dan C benar
- 9) Sifat bahan hasil pertanian yang sangat menentukan dalam proses pengolahannya adalah ....
- A. sifat fisik
  - B. sifat kimia
  - C. sifat termik
  - D. jawaban B dan C benar
- 10) Sifat termik bahan hasil pertanian, antara lain adalah ....
- A. warna
  - B. panas jenis
  - C. konstanta listrik
  - D. kekentalan

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$



Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali  
80 - 89% = baik  
70 - 79% = cukup  
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

## Kegiatan Belajar 2

### Sifat Kimia Bahan Hasil Pertanian

Sifat kimia bahan hasil pertanian umumnya dijabarkan sebagai nilai-nilai hasil analisis bahan makanan atau gizi dan kandungan senyawa penting lain dari bahan hasil pertanian tersebut. Pengetahuan tentang sifat kimia bahan hasil pertanian perlu dipelajari karena dapat dijadikan pedoman untuk mencari proses pengolahan yang tepat. Selain itu, juga dapat diduga jenis kerusakan yang mungkin terjadi pada bahan hasil pertanian dan cara pencegahan terjadinya kerusakan. Kandungan kimia bahan hasil pertanian secara umum adalah karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral, resin, minyak atsiri, zat warna, dan sebagainya.

#### A. KARBOHIDRAT

Karbohidrat merupakan sumber kalori utama di samping sebagai penentu karakteristik bahan pangan, misalnya rasa, warna, dan tekstur. Menurut ukuran molekulnya, karbohidrat dapat dibedakan atau dikelompokkan menjadi 3 golongan sebagai berikut.

1. *Monosakarida*, yaitu karbohidrat sederhana dengan 5 atau 6 atom karbon dalam setiap molekulnya. Contoh golongan ini adalah hidrokarbon berupa gula dalam buah-buahan yang berasa manis (*glukosa, fruktosa*)
2. *Oligosakarida*, yaitu polimer tersusun atas 2-10 monosakarida. Biasanya terdapat pada tebu dan bit (*sukrosa, maltosa, laktosa/gula susu*).
3. *Polisakarida*, merupakan polimer karbohidrat yang berbobot molekul tinggi karena tersusun atas lebih dari sepuluh unit monosakarida pada setiap molekulnya. Tiga polisakarida yang penting dalam gizi manusia adalah pati, glikogen, dan selulosa. Pati biasanya terdapat dalam sereal dan umbi-umbian. Pati mempunyai sifat tidak larut dalam air dingin.

Salah satu analisis karbohidrat yang mudah dilakukan adalah dengan perkiraan kasar atau dikenal dengan analisis proksimat (*proximate analysis*). Penentuannya dilakukan berdasarkan kandungan bahan lain, yaitu protein, lemak, abu, dan air dalam bahan sehingga sering pula disebut sebagai *analysis by difference*. Akibatnya, kandungan serat kasar dalam bahan akan dihitung sebagai karbohidrat pula.

## B. PROTEIN

Protein merupakan senyawa polimer dari asam amino yang dihubungkan dengan ikatan peptida. Setiap senyawa asam amino mengandung satu gugusan amina ( $-\text{NH}_2$ ) dan satu gugusan karboksil ( $-\text{COOH}$ ). Dari 20 jenis asam amino dasar atau asam amino baku, dapat dibentuk protein yang tak terbatas jumlahnya atau jenisnya, namun diperkirakan di alam hanya ada sekitar 2000 jenis protein.

Kadar protein dalam bahan hasil pertanian sangat beragam. Kadar protein yang tinggi terdapat pada produk hewani, misalnya pada daging, kadar proteinnya dapat mencapai 16-33%. Demikian pula pada bahan nabati kadar proteinnya juga sangat beragam, misalnya pada kacang-kacangan dan biji-bijian sumber protein dapat mencapai 16-33%, namun pada sayuran 4-10% dan pada buah-buahan hanya sekitar 0-2%.

## C. LEMAK

Lemak yang terdapat dalam pangan dibentuk dari gabungan gliserol dan asam lemak. Menurut bobotnya, lemak memiliki energi 2 kali lebih banyak dibandingkan karbohidrat atau protein. Lemak memiliki banyak manfaat dalam industri, di antaranya adalah sebagai media penghantar panas (sebagai minyak goreng, margarin, mentega, *shortening*), serta memperbaiki tekstur dan cita rasa pada produk pangan.

Umumnya lemak dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu lemak yang berbentuk padat pada suhu kamar dan minyak atau lemak yang berbentuk cair pada suhu kamar. Lemak umumnya berasal dari sumber hewani, sedang minyak berasal dari bahan nabati. Lemak padat pada umumnya mengandung asam lemak jenuh dalam persentase yang lebih tinggi daripada minyak. Minyak mengandung lebih banyak asam lemak tak jenuh.

Minyak nabati dapat dibedakan menjadi tiga kelompok sebagai berikut.

1. Minyak mengering (*drying oil*), yaitu minyak yang membentuk lapisan keras jika mengering.
2. *Semi drying oil*, yaitu minyak yang dapat kering jika dibiarkan tetapi tidak membentuk lapisan keras, misalnya minyak jagung, minyak biji kapas, dan minyak bunga matahari.

3. Minyak tidak dapat mengering meskipun dibiarkan dalam waktu yang lama (*non drying oil*), seperti minyak kelapa dan minyak kacang tanah.

#### D. VITAMIN DAN MINERAL

Vitamin yang terdapat pada bahan pangan mempunyai peranan penting untuk pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan tubuh. Vitamin dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu vitamin yang larut dalam air dan vitamin yang larut dalam lemak. Vitamin yang larut dalam air seperti vitamin B, vitamin C sedangkan vitamin yang larut dalam lemak yaitu vitamin A, D, E, dan K. Vitamin banyak terdapat di dalam buah-buahan.

Mineral digolongkan sebagai zat gizi anorganik dan disebut pula sebagai “unsur abu” dalam bahan pangan. Beberapa contoh mineral, antara lain kalsium, fosfor, besi, mangan, kalium, natrium, magnesium, serta yodium.



#### LATIHAN

---

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Sebutkan sifat-sifat kimia bahan hasil pertanian dan mengapa pengetahuan tentang sifat kimia bahan hasil pertanian tersebut perlu dipelajari! Jelaskan!
- 2) Jelaskan 3 golongan karbohidrat berdasarkan ukuran molekulnya!
- 3) Jelaskan perbedaan sifat-sifat lemak dan minyak!

#### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Anda dapat mempelajari kembali uraian materi Kegiatan Belajar 2 tentang sifat kimia bahan hasil pertanian. Apabila mendapatkan kesulitan, diskusikan dengan teman atau tutor Anda.



## RANGKUMAN

---

Sifat kimia bahan hasil pertanian umumnya dijabarkan sebagai nilai-nilai hasil analisis bahan makanan atau gizi dan kandungan senyawa penting lainnya dari bahan hasil pertanian tersebut. Kandungan kimia bahan hasil pertanian secara umum dapat dikelompokkan menjadi karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral, resin, minyak atsiri, zat warna, dan sebagainya.



## TES FORMATIF 2

---

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Beberapa sifat-sifat kimia bahan hasil pertanian antara lain tersebut di bawah ini, *kecuali* ....
  - A. lemak
  - B. resin
  - C. warna
  - D. minyak atsiri
  
- 2) Pengetahuan tentang sifat kimia bahan hasil pertanian perlu dipelajari karena dapat ....
  - A. dijadikan pedoman untuk mencari proses pengolahan yang tepat
  - B. diduga jenis kerusakan yang mungkin terjadi pada bahan hasil pertanian
  - C. dijadikan pedoman dalam menentukan cara pencegahan terjadinya kerusakan
  - D. jawaban A, B, dan C benar
  
- 3) Karakteristik bahan pangan yang tidak ditentukan oleh kandungan karbohidrat adalah ....
  - A. rasa
  - B. warna
  - C. tekstur
  - D. struktur

- 4) Karbohidrat yang tersusun dari dua molekul monosakarida adalah ....
  - A. glukosa
  - B. fruktosa
  - C. laktosa
  - D. pati
  
- 5) Pati yang terkandung dalam umbi-umbian merupakan golongan karbohidrat ....
  - A. monosakarida
  - B. oligosakarida
  - C. polisakarida
  - D. disakarida
  
- 6) Protein merupakan senyawa polimer dari ....
  - A. asam sitrat
  - B. asam amino
  - C. asam palmitat
  - D. asam stearat
  
- 7) Bahan hasil pertanian dengan kadar protein tertinggi terdapat pada produk ....
  - A. kacang-kacangan
  - B. sayuran
  - C. buah-buahan
  - D. umbi-umbian
  
- 8) Bahan kimia hasil pertanian yang dapat digunakan sebagai media pengantar panas adalah ....
  - A. lemak
  - B. protein
  - C. karbohidrat
  - D. vitamin
  
- 9) Sifat-sifat lemak yang membedakan dengan minyak adalah ....
  - A. berbentuk cair pada suhu kamar
  - B. mengandung asam lemak jenuh yang lebih tinggi
  - C. berasal dari bahan nabati
  - D. bersifat *non drying oil*

10) Vitamin yang larut dalam air adalah ....

- A. vitamin A
- B. vitamin C
- C. vitamin E
- D. vitamin K

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 3. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

## Kegiatan Belajar 3

# Sifat Hidratasi Bahan Hasil Pertanian

### A. KARAKTERISTIK HIDRATASI

Karakteristik hidratasi bahan adalah karakteristik fisik bahan yang khusus meliputi interaksi antara bahan dengan molekul air yang ada di dalamnya dan molekul air di dalam udara sekitar. Berdasarkan derajat keterikatan air dalam bahan, secara konvensional molekul air dalam bahan dapat dibedakan menjadi 4 tipe sebagai berikut.

1. *Tipe I*, yaitu molekul air yang terikat secara kimia dengan molekul bahan melalui ikatan hidrogen. Derajat pengikatan ini sangat besar sehingga air ini tidak membeku pada proses pembekuan dan sangat sulit dipisahkan dari molekul bahan. Molekul air membentuk hidrat dengan molekul-molekul lain yang mengandung atom oksigen dan nitrogen seperti karbohidrat, protein, dan garam.
2. *Tipe II*, yaitu molekul air yang terikat secara kimia membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air lainnya. Jenis ini terdapat dalam mikrokapiler bahan dan sulit dihilangkan dari bahan. Jika air ini dihilangkan dari bahan maka kadar air bahan akan tinggal 3–7%.
3. *Tipe III*, yaitu molekul air yang terikat secara fisik dalam jaringan matriks bahan membran, kapiler, dan serat. Air tipe ini mudah dikeluarkan dari bahan, bila seluruhnya diuapkan maka kadar air bahan akan tinggal sekitar 12–25%. Air ini dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhannya sehingga bila hasil pertanian agar dapat disimpan lama maka air ini harus dihilangkan.
4. *Tipe IV*, yaitu air bebas yang tidak terikat dalam jaringan bahan. Air tipe ini biasa disebut sebagai air murni dengan sifat-sifat air biasa dan keaktifan penuh.

Peranan air dalam berbagai produk hasil pertanian dapat dinyatakan sebagai kadar air dan aktivitas air ( $a_w$ ), sedangkan di udara dinyatakan dalam kelembaban mutlak (H) dan kelembaban relatif (RH).



## B. KADAR AIR

Kadar air bahan biasanya dinyatakan dalam persen terhadap bahan basah, misalnya gram per 100 gram bahan. Nilai ini disebut kadar air basis basah (bb). Kadar air basis basah dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Ka (bb)} = \frac{\text{Bobot Air dalam Bahan}}{\text{Bobot Total Bahan}} \times 100\%$$

Cara lain untuk menyatakan kadar air adalah berdasarkan bahan kering atau disebut kadar air basis kering (bk). Nilai kadar air basis kering dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$\text{Ka (bk)} = \frac{\text{Bobot Air dalam Bahan}}{\text{Bobot Kering Bahan}} \times 100\%$$

Bobot kering bahan adalah bobot bahan setelah mengalami pengeringan selama beberapa waktu sehingga bobotnya konstan. Bahan kering bukan berarti bahan tersebut tidak mengandung air sama sekali, sebenarnya masih memiliki kandungan air, tetapi sulit untuk diuapkan.

Pengukuran kadar air bahan dapat dilakukan dengan berbagai metode. Metode yang akurat adalah metode laboratorium dengan menggunakan oven atau cara oven. Cara oven terbatas penggunaannya karena tidak dapat dilakukan untuk bahan yang mengandung senyawa/komponen yang mudah menguap karena akan dianggap sebagai air. Untuk bahan yang mengandung senyawa komponen mudah menguap digunakan cara destilasi dengan pelarut toluen. Pengukuran di lapangan menggunakan alat ukur yang bekerja secara elektronik.

## C. AKTIVITAS AIR ( $A_w$ )

Aktivitas air atau *water activity* ( $a_w$ ) merupakan parameter yang perlu diperhatikan karena berkaitan dengan pertumbuhan mikroorganisme pada bahan. Aktivitas air sering diartikan sebagai kandungan air dalam bahan yang dapat dimanfaatkan bagi pertumbuhan mikroorganisme.

Secara kimia, menurut Hukum Raoult, aktivitas air ( $a_w$ ) berbanding lurus dengan jumlah molekul pelarut (air) dan berbanding terbalik dengan jumlah molekul di dalam larutan (*solution*).

Apabila dinyatakan dalam persamaan, yaitu berikut ini.

$$a_w = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

*Keterangan:*  $n_1$  = jumlah molekul dari zat yang dilarutkan.

$n_2$  = jumlah molekul pelarut (air).

$n_1 + n_2$  = jumlah molekul di dalam larutan (*solution*).

Aktivitas air dapat dihitung dari perbandingan antara tekanan uap air larutan ( $P$ ) dengan tekanan uap air murni ( $P_e$ ) pada suhu yang sama, sehingga nilai aktivitas air dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$a_w = \frac{P}{P_e}$$

#### D. RESPIRASI

Bahan hasil pertanian merupakan benda hidup meskipun sudah dipanen dari tanaman penghasilnya. Dengan demikian, berarti bahan hasil pertanian masih melakukan kegiatan kehidupan atau metabolisme, seperti saat masih berada pada tanaman penghasilnya. Proses metabolisme yang terjadi meliputi fotosintesis dan respirasi (pernapasan). Proses metabolisme yang masih terjadi pada bahan hasil pertanian adalah respirasi. Proses metabolisme yang terjadi akan mengakibatkan perubahan komponen kimia dalam bahan sehingga dapat menyebabkan pematangan, kemudian pelayuan, dan akhirnya kerusakan atau pembusukan.

*Respirasi* atau *pernapasan* adalah suatu proses metabolisme biologis dengan menggunakan oksigen untuk pembakaran senyawa makromolekul (karbohidrat, lemak, dan protein) untuk menghasilkan energi dan mengeluarkan uap air dan karbondioksida. Proses ini terjadi sampai bahan tersebut rusak dan proses kehidupan terhenti.

Faktor-faktor yang mempengaruhi respirasi dapat dibedakan atas dua faktor, yaitu faktor internal (dari dalam bahan sendiri), seperti tingkat perkembangan organ, komposisi kimia jaringan, ukuran produk, adanya

pelapisan alami pada permukaan kulitnya, dan jenis jaringan. Faktor kedua, yaitu faktor eksternal (dari luar atau lingkungan di sekeliling bahan), seperti suhu, penggunaan etilen, ketersediaan oksigen, karbondioksida, terdapatnya senyawa pengatur pertumbuhan, dan adanya luka pada bahan.

Pengukuran respirasi dapat dilakukan dengan beberapa cara berdasarkan kandungan senyawa yang mengalami perubahan selama proses respirasi, yaitu kandungan gula, ATP (Adenosin Tri-Phosphat), karbondioksida yang terbentuk atau kebutuhan oksigen. Namun, di antara senyawa tersebut yang paling mudah dianalisis adalah produksi karbondioksida karena jumlahnya cukup besar.

Berkenaan dengan proses respirasi setelah panen, bahan hasil pertanian (khususnya buah-buahan) dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu buah-buahan *klimaterik* dan *non klimaterik*. Buah-buahan *non-klimaterik* mempunyai pola laju respirasi setelah panen yang normal, yaitu terus menurun sampai akhirnya buah itu membusuk. Sedangkan buah-buahan dari kelompok *klimaterik*, setelah dipanen, laju respirasinya akan terus menurun namun pada suatu saat terjadi lonjakan laju respirasi (meningkat dengan tajam), kemudian menurun kembali ketika buah sudah mengalami kelayuan (peristiwa ini disebut dengan peristiwa *klimaterik respirasi* atau disingkat dengan *klimaterik* saja).



## LATIHAN

---

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Apa yang dimaksud dengan sifat hidratisasi bahan hasil pertanian?
- 2) Sebutkan tipe-tipe molekul air dalam bahan dan jelaskan pengertian masing-masing tipe molekul air!
- 3) Jelaskan pengertian kadar air basis basah (bb), kadar air basis kering (bk), aktivitas air, dan respirasi!

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Anda dapat mempelajari kembali Kegiatan Belajar 3, tentang sifat hidratisasi bahan hasil pertanian. Apabila mendapatkan kesulitan diskusikan dengan teman atau tutor Anda.



## RANGKUMAN

---

Karakteristik hidratisasi bahan adalah karakteristik fisik bahan yang khusus meliputi interaksi dengan molekul air yang ada di dalamnya dan molekul air di dalam udara sekitar. Kadar air basis basah (bb) merupakan kadar air bahan yang dinyatakan dalam persen terhadap bahan basah.

Kadar air basis kering (bk) merupakan kadar air bahan yang dinyatakan dalam persen terhadap bahan kering. Aktivitas air ( $a_w$ ) diartikan sebagai kandungan air dalam bahan yang dapat dimanfaatkan bagi pertumbuhan mikroorganisme.

Respirasi merupakan suatu proses metabolisme biologis dengan menggunakan oksigen untuk pembakaran senyawa makromolekul (karbohidrat, lemak, dan protein) dengan menghasilkan energi dan mengeluarkan uap air dan karbondioksida.



## TES FORMATIF 3

---

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Jika bahan dipanaskan sehingga semua air dalam bahan menguap semua maka air yang tersisa adalah air bahan tipe ....
  - A. I dan II
  - B. I dan III
  - C. II dan III
  - D. I, II, dan III
  
- 2) Tipe air yang mempunyai derajat pengikatan besar sehingga sulit membeku, yaitu tipe ....
  - A. I
  - B. II
  - C. III
  - D. IV

- 3) Di antara sifat-sifat bahan hasil pertanian berikut, yang *bukan* sifat hidratisasi adalah ....
- kadar air
  - aktivitas air
  - elastisitas
  - kelembaban relatif
- 4) Apabila bobot kering bahan sebesar 1500 kg, bobot air dalam bahan sebanyak 500 kg, maka kadar air basis basah (bb) bahan tersebut adalah ....
- 16,67%
  - 25,00%
  - 33,33%
  - 50,00%
- 5) Apabila diketahui kadar air kacang tanah pada soal no. 4 adalah 30% (basis basah) maka kadar air basis kering (bk) kacang tanah tersebut adalah ....
- 30,00%
  - 42,86%
  - 57,14%
  - 70,00%
- 6) Sifat bahan hasil pertanian yang paling berkaitan erat dengan pertumbuhan mikroba adalah ....
- kadar air
  - kadar gula
  - aktivitas air
  - kadar protein
- 7) Apabila kadar air basis basah (bb) larutan glukosa adalah 10 %, berat molekul glukosa 180, berat molekul air 18, dan berat jenis larutan 1. Besarnya aktivitas air ( $a_w$ ) larutan glukosa tersebut adalah ....
- 0,873
  - 0,936
  - 0,974
  - 0,989

- 8) Sifat biologis produk pertanian adalah masih hidup meskipun sudah dipanen dari tanaman penghasil, tanda-tanda kehidupan tersebut adalah ....
- respirasi
  - fotosintesis
  - transpirasi
  - ekskresi
- 9) Metode pengukuran respirasi yang paling mudah dilaksanakan adalah dengan cara mengukur ....
- kandungan ATP
  - pembentukan karbondioksida
  - kebutuhan oksigen
  - kadar gula
- 10) Faktor-faktor eksternal yang mempengaruhi respirasi bahan hasil pertanian, *kecuali* ....
- adanya luka pada bahan
  - kadar air bahan
  - penggunaan etilen
  - suhu penyimpanan

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 3 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 3.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 3, terutama bagian yang belum dikuasai.

## Kunci Jawaban Tes Formatif

### *Tes Formatif 1*

- 1) D
- 2) C
- 3) D
- 4) B
- 5) D
- 6) D
- 7) D
- 8) D
- 9) D
- 10) B

### *Tes Formatif 2*

- 1) C
- 2) D
- 3) D
- 4) C
- 5) C
- 6) B
- 7) A
- 8) A
- 9) B
- 10) B

### *Tes Formatif 3*

- 1) A
- 2) A
- 3) C
- 4) B
- 5) B
- 6) C
- 7) D
- 8) A
- 9) B
- 10) B

## Daftar Pustaka

- Badger, W.L dan J.T Banchero. (1985). *Introduction to Chemical Engineering*. Sidney: McGraw Hill Book, Co.
- Earle, R.L. (1969). *Unit Operation in Food Processing*. Terjemahan. Jakarta: Sastra Hudaya.
- Elanka, A.W dan Q. W Minich. (1983). *Standard Refrigeration and Air Conditioning Question and Answer*. New Delhi: Tata McGraw Hill, Co.
- Farral, A.W. (1983). *Engineering and Food Product*. New York: John Wiley and Sons.
- Geankopis, C.J. (1983). *Transport Process and Unit Operation in Chemical Engineering*. Boston: Allyn Bacon.
- Himmelblau, D.M. (1994). *Basic Principle and Calculation in Chemical Engineering*. 5<sup>th</sup>. New Delhi: Prentice Hall of India.