

PENDAHULUAN



**Gambar 2.1.** S-(+)-Karvona adalah komponen utama yang terkandung dalam minyak biji jintan (caraway seed oil) dan penyebab aroma khas pada minyak tersebut. Sementara itu, R-(-)-Karvona adalah komponen utama yang terkandung pada minyak permen (spearmint oil) dan penyebab aroma khas pada minyak tersebut. R-(-)-Karvona dan S-(+)-karvona adalah dua senyawa berbeda yang berisomeri, perbedaannya dibuktikan dari aroma berbeda yang dihasilkannya. Kedua senyawa tersebut mempunyai rumus molekul sama, tetapi berbeda dalam penataan ruang atom-atom penyusunnya.

Di antara senyawa-senyawa organik yang telah diketahui di alam ini, ternyata banyak ditemukan senyawa-senyawa berbeda yang mempunyai rumus molekul sama. Sebagai contoh, senyawa etanol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) dan dimetil eter ( $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ), dua senyawa berbeda tersebut mempunyai rumus molekul sama, yaitu  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ . Etanol dalam kehidupan sehari-hari sering diperdagangkan dengan nama alkohol, sering digunakan sebagai cairan pensteril dalam berbagai aktivitas medis, pelarut berbagai cairan obat dan parfum, serta merupakan komponen aktif pada berbagai minuman keras. Saat ini, etanol telah dikembangkan menjadi salah satu sumber energi alternatif, terutama etanol hasil olahan dari bahan nabati yang

dikenal dengan nama bioetanol. Etanol mempunyai titik didih 78,5°C. Sementara itu, dimetil eter adalah suatu gas (titik didih -23,6 °C) yang pernah digunakan sebagai refrigerant (gas pendingin dalam lemari es) dan gas dorong produk-produk aerosol (spray). Etanol adalah isomer dari dimetil eter, dengan kata lain etanol dan dimetil eter adalah senyawa-senyawa yang berisomeri. Dengan demikian, **isomer adalah senyawa-senyawa berbeda yang mempunyai rumus molekul sama.**

Contoh lain dari senyawa-senyawa yang berisomeri adalah senyawa R-(-)-karvona dan senyawa S-(+)-karvona. Kedua senyawa tersebut mempunyai rumus molekul sama, yaitu C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>O, tetapi mempunyai struktur molekul yang berbeda seperti diperlihatkan pada Gambar 2.1. Perbedaan struktur R-(-)-karvona dan S-(+)-karvona hanya terletak pada susunan ruang gugus-gugus yang terikat pada karbon yang ditandai, walaupun demikian keduanya mempunyai sifat yang berbeda. R-(-)-Karvona mempunyai aroma mint yang khas, dan senyawa ini ditemukan sebagai komponen utama pada minyak permen (*spearmint oil*), sedangkan S-(+)-karvona mempunyai aroma tajam yang khas pada minyak biji jintan (*caraway seed oil*).

Dengan demikian, setelah mempelajari tulisan ini, Anda diharapkan dapat memahami pengertian isomeri, jenis-jenis isomeri, dan stereoisomeri. Secara lebih khusus setelah mempelajari modul ini Anda diharapkan dapat :

1. Menyebutkan pengertian isomeri
2. Membedakan isomeri struktur dan stereoisomeri
3. Membedakan isomeri rangka, posisi, dan fungsional.
4. Memberikan contoh isomeri rangka, posisi, dan fungsional.
5. Menjelaskan ciri-ciri isomeri cis-trans pada senyawa asiklis
6. Membedakan sistem cis-trans dan *E-Z*
7. Menggunakan aturan deret prioritas untuk menentukan isomer *E-Z*
8. Menjelaskan isomeri cis-trans pada senyawa organik siklis
9. Membedakan jenis-jenis konfigurasi
10. Menentukan konfigurasi absolut R/S berdasarkan sistem Cahn-Ingold-Prelog pada suatu karbon kiral
11. Membedakan pengertian enantiomer, diastereomer, dan senyawa meso
12. Menentukan hubungan senyawa yang berstereoisomer sebagai enantiomer atau diastereomer

## Kegiatan Belajar 1 ISOMERI DAN JENIS-JENIS ISOMERI



**Gambar 2.2** Dua senyawa organik, yaitu metilbutanoat dan propiletanoat yang mempunyai rumus molekul sama menampilkan aroma yang berbeda.

### 1.1. Pengertian Isomeri

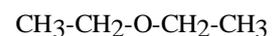
Isomeri adalah gejala atau peristiwa terdapatnya beberapa senyawa berbeda yang mempunyai rumus molekul sama. Senyawa-senyawa yang berisomeri dikatakan merupakan isomer satu sama lain. Fenomena terdapatnya tiga senyawa berbeda, yaitu 1-butanol (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH), 2-butanol (CH<sub>3</sub>CHOHCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>) dan dietileter (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>) yang mempunyai rumus molekul sama, yaitu C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>O, merupakan gejala isomeri.



1-butanol



2-butanol



dietileter

Senyawa 1-butanol merupakan isomer dari senyawa 2-butanol, senyawa 1-butanol juga merupakan isomer dari senyawa dietileter. Apakah 2-butanol merupakan isomer dari dietil eter? Tentu iya, senyawa 1-butanol, 2-butanol dan dietileter merupakan isomer satu sama lain. Oleh karena itu, isomer adalah suatu senyawa dari beberapa senyawa yang mempunyai rumus molekul sama, tetapi mempunyai sifat berbeda akibat perbedaan susunan atom-atomnya. Dengan kata lain, **isomer adalah suatu senyawa dari beberapa senyawa berbeda yang mempunyai rumus molekul sama**. Kata isomer berasal dari kata Latin *isomeres* yang berarti

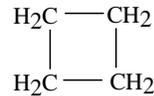
mempunyai bagian yang sama. *Isomeres* sendiri merupakan gabungan dari kata *iso* yang artinya sama, dan *meros* yang artinya adalah bagian.

Perhatikan dua senyawa berikut:



1-butena

titik didih =  $-5^\circ\text{C}$



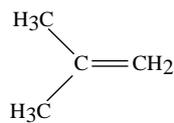
siklobutana

titik didih  $13^\circ\text{C}$

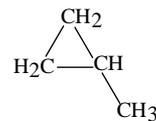
Apakah kedua senyawa tersebut merupakan senyawa yang berbeda? Apakah rumus molekul kedua senyawa tersebut? Apakah kedua senyawa tersebut mempunyai rumus molekul sama? Apakah kedua senyawa tersebut berisomeri? Kedua senyawa tersebut jelas merupakan senyawa yang berbeda, hal tersebut diketahui dari struktur dan sifat kedua senyawa yang berbeda. Senyawa 1-butena merupakan senyawa dengan rantai karbon terbuka dan mempunyai gugus fungsi berupa ikatan rangkap dua, sedangkan siklobutana merupakan senyawa dengan rantai karbon tertutup atau siklis dan tidak mempunyai ikatan rangkap dua. Senyawa 1-butena berwujud gas pada suhu kamar, karena mempunyai titik didih  $5^\circ\text{C}$ , sedangkan siklobutana berwujud gas, atau dapat berupa cairan pada daerah bersuhu rendah (yaitu yang mempunyai suhu kamar kurang dari  $13^\circ\text{C}$ ), misalnya di Eropa pada musim dingin, karena mempunyai titik didih  $13^\circ\text{C}$ . Senyawa 1-butena mempunyai rumus molekul  $\text{C}_4\text{H}_8$ , dan siklobutana juga mempunyai rumus molekul sama,  $\text{C}_4\text{H}_8$ . Karena kedua senyawa merupakan senyawa berbeda tetapi mempunyai rumus molekul sama, maka 1-butena dan siklobutana berisomeri.

Adakah senyawa lain selain 1-butena dan siklobutana yang mempunyai rumus molekul  $\text{C}_4\text{H}_8$ ? Apakah 2-butena merupakan isomer dari 1-butena dan siklobutana? Struktur 2-butena adalah  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$ . Senyawa ini berbeda dengan 1-butena karena letak ikatan rangkap duanya berbeda, dan berbeda dengan siklobutana karena rantai karbonnya terbuka, sedangkan siklobutana tertutup. Akan tetapi, 2-butena mempunyai rumus molekul yang sama dengan 1-butena atau siklobutana, yaitu  $\text{C}_4\text{H}_8$ . Dengan demikian 2-butena adalah isomer dari 1-butena dan siklobutana.

Dapatkan Anda menemukan isomer lain yang mempunyai rumus molekul  $C_4H_8$ ? Bila jawaban Anda ya, tunjukkan struktur dan nama dari isomer-isomer tersebut ? Dengan demikian, terdapat berapa isomer yang mempunyai rumus molekul  $C_4H_8$  ? Akan tetapi, bila jawaban Anda tidak terdapat senyawa lain yang mempunyai rumus molekul  $C_4H_8$ , selain 1-butena, 2-butena, dan siklobutana, pertimbangkanlah beberapa senyawa berikut:



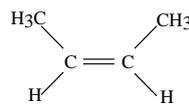
2-metil-1-propena



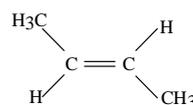
1-metilsiklopropana

Apakah kedua senyawa tersebut merupakan isomer dari 1-butena, 2-butena, dan siklobutana ?

Bila diperhatikan lebih lanjut, ternyata terdapat dua jenis 2-butena, yaitu :



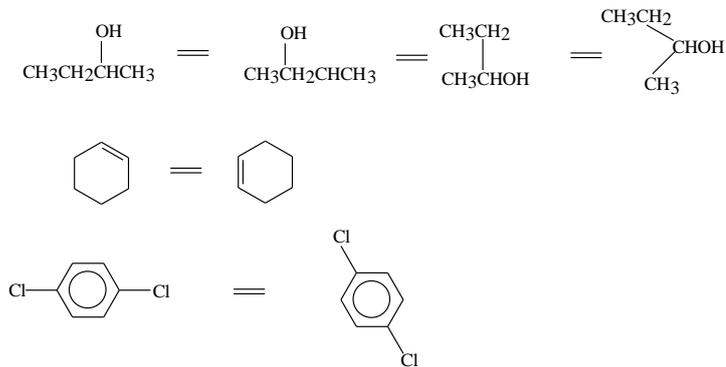
cis-2-butena  
titik didih  $1^{\circ}C$



trans-2-butena  
titik didih  $2,5^{\circ}C$

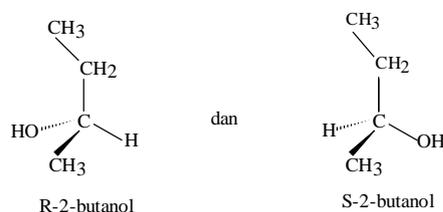
Apakah kedua senyawa tersebut merupakan senyawa yang berbeda? Cis-2-butena dan trans-2-butena berbeda dalam susunan gugus atau atom yang terikat pada karbon ikatan rangkap, pada cis-2-butena gugus-gugus metil terikat pada sisi ikatan rangkap yang sama, sedangkan pada trans-2-butena gugus-gugus metil terikat pada sisi ikatan rangkap yang bersebrangan. Perbedaan struktur keduanya menyebabkan sifat keduanya juga berbeda, salah satunya dapat ditunjukkan dari titik didih cis-2-butena dan trans-2-butena yang berbeda. Dengan demikian, cis-2-butena dan trans 2-butena merupakan isomer satu sama lain.

Suatu molekul dapat bergerak dalam ruang, menekuk atau membelit sehingga dapat digambarkan dengan beberapa cara yang berbeda. Oleh karena itu, perlu kehati-hatian untuk menentukan apakah suatu struktur merupakan isomer dari struktur yang lain, atau merupakan senyawa yang identik. Perhatikanlah struktur-struktur di bawah ini, setiap baris struktur yang ditunjukkan bukan merupakan isomeri, tetapi merupakan senyawa identik.

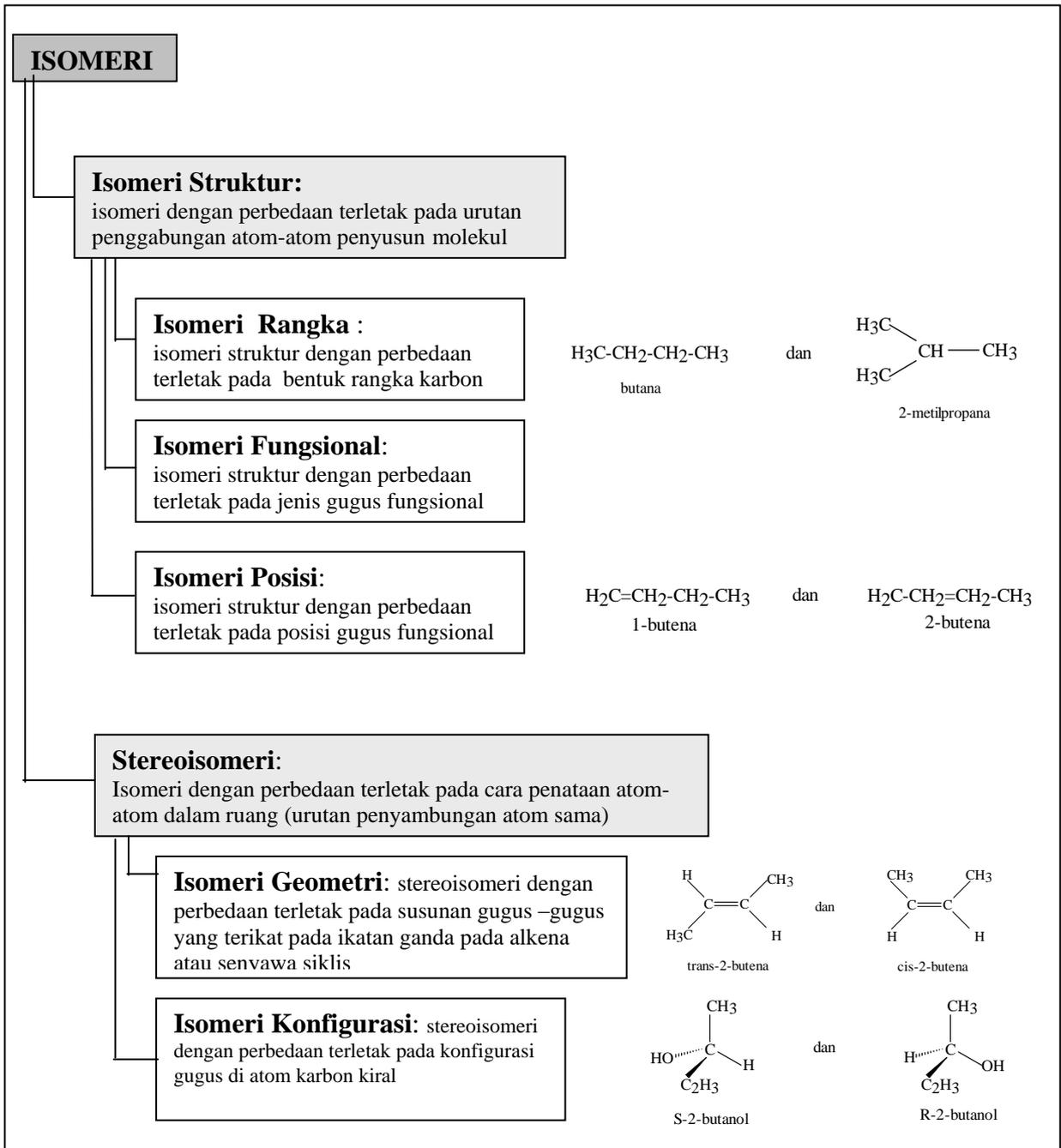
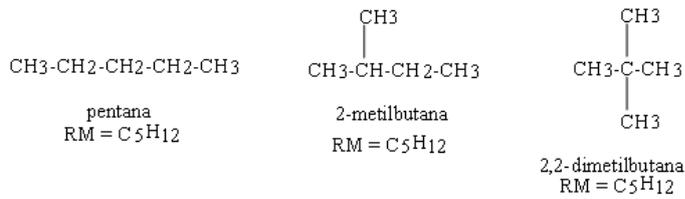


## 2. Jenis-jenis Isomeri

Senyawa-senyawa yang berisomeri adalah senyawa-senyawa yang berbeda satu sama lain, dan perbedaannya disebabkan oleh cara penyusunan atom-atomnya. Terdapat dua jenis isomeri, yaitu **isomeri struktur dan stereoisomeri** (Gambar 2.3). **Isomeri struktur adalah isomeri dengan perbedaan terletak pada urutan penggabungan atom-atom yang menyusun molekul, sedangkan stereoisomeri adalah isomeri dengan perbedaan terletak pada cara penataan atom-atom dalam ruang, tetapi urutan penggabungan atom-atomnya tidak berbeda.** Sebagai contoh 1-butanol dan 2-butanol adalah isomer struktur, karena urutan penggabungan atom oksigen dari gugus hidroksil (gugus OH) pada rangka karbonnya berbeda. Akan tetapi, R-2-butanol dan S-2-butanol adalah dua senyawa yang berstereoisomeri, keduanya mempunyai urutan penggabungan atom-atom yang sama, tetapi penataan ruang atom-atom pada atom karbon nomor 2 tidak sama, yang menyebabkan R-2-butanol dan S-2-butanol mempunyai sifat berbeda, yaitu memutar bidang cahaya terpolarisasi pada polarimeter ke arah yang berbeda.

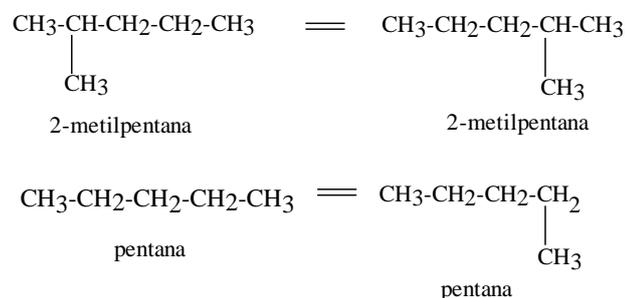


Terdapat tiga jenis **isomeri struktur, yaitu isomeri rangka, fungsional dan posisi.** **Isomeri rangka adalah gejala terdapatnya beberapa senyawa yang berumus molekul sama, tetapi mempunyai rangka karbon berbeda.** Contoh isomeri rangka adalah pentana, 2-metilbutana, dan 2,2-dimetilpropana.



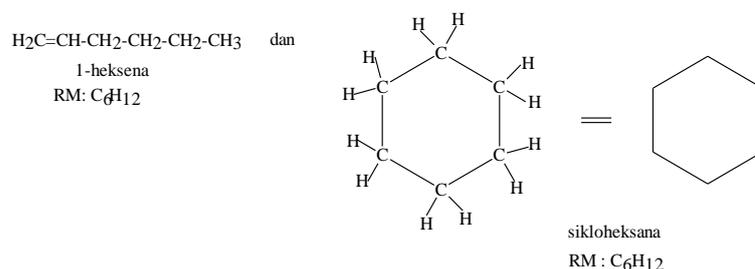
Gambar 2.3. Jenis-jenis Isomeri

Alkana dengan jumlah atom karbon tiga atau kurang, tidak mempunyai isomer. Pada senyawa berumus molekul  $\text{CH}_4$  (metana),  $\text{C}_2\text{H}_6$  (etana) dan  $\text{C}_3\text{H}_8$  (propana) hanya terdapat satu cara untuk menyusun atom-atomnya, tidak terdapat peluang lainnya, sehingga tidak ditemukan isomernya. Akan tetapi, alkana dengan empat karbon mempunyai dua cara penataan atom-atomnya, sehingga ditemukan dua isomer yang mempunyai rumus molekul  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , yaitu butana dan 2-metilpropana. Makin besar jumlah atom karbon yang terdapat dalam rumus molekul, makin banyak senyawa-senyawa yang berisomeri. Pada senyawa-senyawa dengan rumus molekul  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  ditemukan terdapat 3 isomer struktur,  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  ditemukan terdapat 5 isomer struktur, dan  $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$  ditemukan terdapat 75 isomer struktur. ***Cobalah untuk menggambarkan lima isomer struktur yang mempunyai rumus molekul  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ . Untuk memastikan bahwa kelima struktur yang Anda gambarkan seluruhnya berbeda satu sama lain, coba tuliskan namanya.*** Ingat kedua struktur berikut adalah identik dan bukan isomer satu sama lain.



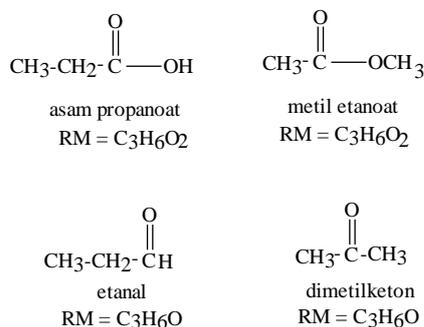
**Isomeri fungsional adalah gejala terdapatnya beberapa senyawa dengan rumus molekul sama, tetapi mempunyai jenis gugus fungsional yang berbeda.** Sebagai contoh adalah senyawa etanol,  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$  dan senyawa dimetil eter,  $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ . Etanol dan dimetil eter mempunyai rumus molekul sama yaitu  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ , tetapi mempunyai jenis gugus fungsional berbeda, etanol merupakan senyawa kelompok alkohol, sedangkan dimetil eter termasuk senyawa kelompok eter. Senyawa-senyawa yang termasuk ke dalam kelompok alkohol (kecuali metanol,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ) selalu berisomeri fungsional dengan senyawa-senyawa dalam kelompok eter. ***Cobalah untuk menggambarkan isomer-isomer fungsional senyawa yang mempunyai rumus molekul  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ , dan  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ .***

Kelompok senyawa lain yang juga selalu ditemukan berisomeri fungsional adalah alkena dan sikloalkana, seperti 1-heksena dan sikloheksana. Senyawa 1-heksena mempunyai gugus fungsi ikatan rangkap dua, sedangkan sikloheksana merupakan senyawa berikatan jenuh (tunggal). Kedua senyawa berbeda tersebut mempunyai rumus molekul sama, sehingga merupakan isomer satu sama lain, dan perbedaan kedua senyawa tersebut terletak pada jenis gugus fungsionalnya, sehingga keduanya merupakan isomer fungsional satu sama lain.



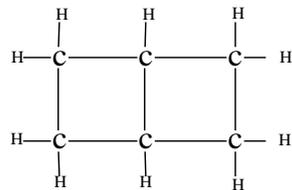
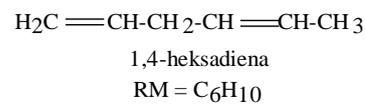
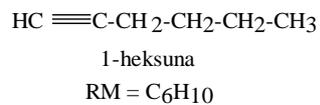
**Dapatkan Anda menentukan isomer fungsional dari 2-pentena dan 3-heptena ?**

Isomeri fungsional juga ditemukan pada kelompok asam karboksilat dan ester. Contohnya adalah asam propanoat dan metiletanoat, gugus fungsional asam propanoat adalah gugus karboksil ( $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ ), sedangkan metiletanoat mempunyai gugus fungsional ester ( $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OR}$ ), tetapi keduanya mempunyai rumus molekul sama. Fenomena serupa ditemukan pula pada senyawa kelompok aldehida dan keton.

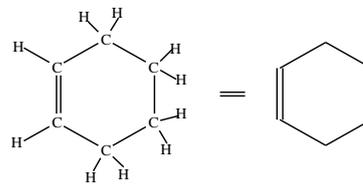


Terdapat kelompok senyawa lain yang juga sering ditemukan mempunyai isomeri fungsional, yaitu alkuna, alkadiena, sikloalkena, dan bisikloalkana. Sebagai contoh 1-heksuna, 1,4-heksadiena, sikloheksena, dan bisiklo[2.2.0]-heksana. Keempat senyawa berbeda tersebut mempunyai rumus molekul sama,

yaitu  $C_6H_{10}$ , jadi keempatnya merupakan isomer satu sama lain. Perbedaan antara keempat senyawa tersebut terletak pada jenis gugus fungsionalnya, 1-heksuna mempunyai gugus fungsi ikatan rangkap tiga, senyawa 1,4-heksadiena mempunyai dua gugus fungsi ikatan rangkap dua, sikloheksena mempunyai satu gugus fungsi ikatan rangkap dua, dan bisiklo[2.2.0]heksana mempunyai gugus fungsi ikatan jenuh (tunggal), dengan demikian keempatnya merupakan isomer fungsional satu sama lain.



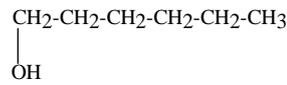
bisiklo[2.2.0]heksana  
RM =  $C_6H_{10}$



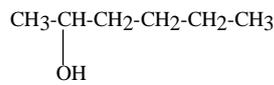
sikloheksena  
RM =  $C_6H_{10}$

Perhatikan bahwa 1-heksuna dan 2-heksuna juga merupakan isomer satu sama lain, karena keduanya mempunyai rumus molekul sama. Walaupun demikian 1-heksuna dan 2-heksuna bukan merupakan isomeri fungsional, karena keduanya mempunyai jenis gugus fungsional sama. Keduanya juga tidak dapat digolongkan sebagai isomeri rangka, karena urutan rangka karbon keduanya sama. Kalau demikian, termasuk isomeri apakah 1-heksuna dan 2-heksuna? Keduanya digolongkan ke dalam **isomeri posisi, karena merupakan peristiwa terdapatnya beberapa senyawa berumus molekul sama, tetapi berbeda pada posisi gugus fungsionalnya.**

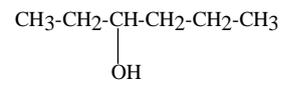
Contoh isomeri posisi lainnya adalah 1-heksanol, 2-heksanol, dan 3-heksanol. Ketiganya merupakan senyawa berbeda dengan rumus molekul sama, dan perbedaan ketiganya terletak pada posisi gugus fungsionalnya. Berikut ini merupakan beberapa contoh isomeri posisi lainnya.



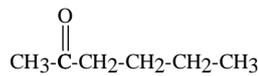
1-heksanol  
RM = C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O



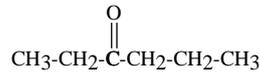
2-heksanol  
RM = C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O



3-heksanol  
RM = C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O

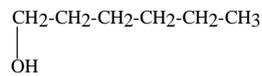


2-heksanon  
RM = C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O

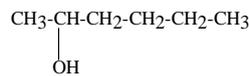


3-heksanon  
RM = C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O

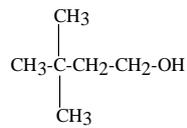
Perhatikan beberapa senyawa yang berisomeri di bawah ini, yang manakah di antara isomer-isomer tersebut yang merupakan isomeri rangka, fungsional, dan posisi.



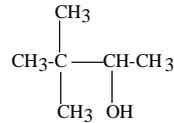
1-heksanol  
RM = C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O



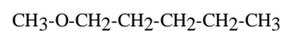
2-heksanol  
RM = C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O



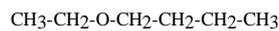
3,3-dimetil-1-butanol  
RM = C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O



3,3-dimetil-2-butanol  
RM = C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O



metilpentil eter  
RM = C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O



butil eter  
RM = C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O

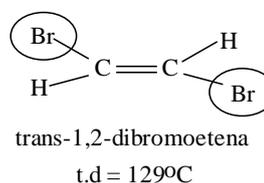
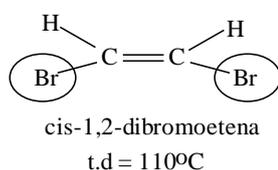
Isomeri rangka ditemukan pada 1-heksanol dan 3,3-dimetil-1-butanol. Keduanya mempunyai jenis gugus fungsional yang sama, jadi jelas bukan isomeri fungsional. Akan tetapi, apakah keduanya tergolong isomeri rangka atau isomeri posisi? Pada isomeri posisi, bentuk rangka karbonnya harus sama, tetapi posisi gugus fungsionalnya yang berbeda. Pada 1-heksanol bentuk rangka karbonnya lurus, sedangkan pada 3,3-dimetil-1-butanol bentuk rangka karbonnya bercabang, jadi bentuk rangka karbonnya tidak sama, sehingga tidak dapat dikelompokkan sebagai isomeri posisi, tetapi sebagai isomer rangka. Isomeri rangka lainnya yang ditemukan pada contoh struktur-struktur di atas adalah 1-heksanol dan 3,3-

dimetil-2-butanol; 2-heksanol dan 3,3-dimetil-1-butanol; serta 2-heksanol dan 3,3-dimetil-2-butanol.

Isomeri fungsional ditemukan pada senyawa yang jenis gugus fungsionalnya berbeda. Dengan demikian, pada contoh-contoh di atas isomeri fungsional ditemukan pada 1-heksanol dan metilpentil eter; 2-heksanol dan metilpentil eter, 3,3-dimetil-2-butanol dan metilpentil eter; 3,3-dimetil-1-butanol dan metilpentil eter; 1-heksanol dan butiletil eter; 2-heksanol dan butiletil eter, 3,3-dimetil-2-butanol dan butiletil eter; serta 3,3-dimetil-1-butanol dan butiletil eter.

Isomeri posisi ditemukan pada senyawa berangka karbon dan berjenis gugus fungsional sama, tetapi posisi gugus fungsionalnya berbeda. Pada contoh-contoh di atas, isomeri posisi ditemukan pada 1-heksanol dan 2-heksanol; 3,3-dimetil-1-butanol dan 3,3-dimetil-2-butanol, serta metilpentil eter dan butiletil eter.

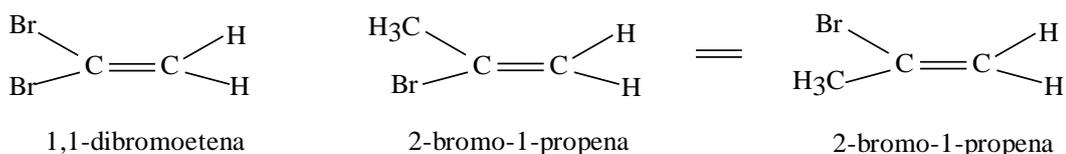
Stereoisomeri merupakan peristiwa terdapatnya beberapa senyawa berbeda dengan rumus molekul sama, dan **perbedaan antara senyawa-senyawa tersebut terletak pada cara penataan atom-atom dalam ruang, tetapi urutan penggabungan atom-atomnya tidak berbeda.** Terdapat berbagai jenis stereoisomeri, yaitu **isomeri geometri** (atau **isomeri *cis-trans***), dan **isomeri konfigurasi**. Isomeri geometri terdapat pada senyawa-senyawa alkena yang pada setiap atom karbon ikatan rangkapnya mengikat dua gugus yang berbeda. **Isomeri geometri didefinisikan sebagai peristiwa terdapatnya beberapa senyawa berbeda yang mempunyai rumus molekul sama, dan perbedaan di antara senyawa-senyawa tersebut terletak pada cara penataan gugus-gugus di sekitar ikatan rangkap.**



Contoh isomeri geometri adalah *cis*-1,2-dibromoetena dan *trans*-1,2-dibromoetena. Keduanya merupakan dua senyawa berbeda, salah satunya dibuktikan dari perbedaan titik didihnya. Urutan penggabungan atom-atom kedua senyawa tersebut sama, tetapi penataan ruang atom-atom di sekitar ikatan

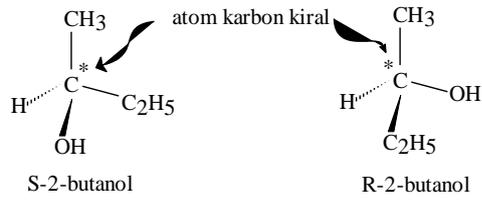
rangkapnya berbeda, jadi keduanya tidak termasuk isomeri struktur, tetapi stereoisomeri, khususnya isomeri geometri. Perbedaan nama keduanya ditunjukkan dengan awalan *cis* dan *trans*. Awalan *cis* digunakan untuk memberi nama alkena dengan dua gugus pada kedua karbon berikatan rangkap terletak pada sisi yang sama. Sebaliknya, awalan *trans* digunakan untuk memberi nama alkena dengan dua gugus pada kedua karbon berikatan rangkap terletak pada sisi yang bersebrangan.

Persyaratan isomeri geometri adalah tiap karbon yang terlibat dalam ikatan rangkap harus mengikat dua gugus yang berlainan, misalnya H dan F, atau CH<sub>3</sub> dan CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>. Jika salah satu karbon atau kedua karbon yang berikatan rangkap mengikat dua gugus yang identik, misalnya dua atom Br atau dua gugus CH<sub>3</sub>, maka tak mungkin terjadi isomeri geometri. Perhatikan bahwa pada contoh-contoh di bawah ini tidak mungkin ditemukan isomeri geometri.



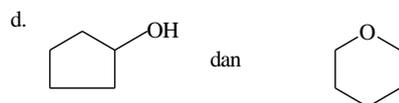
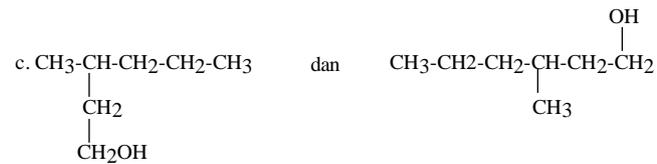
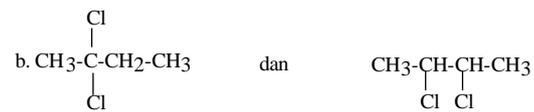
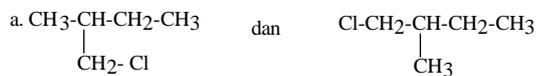
Selain pada alkena, isomeri geometri ditemukan pula pada senyawa siklis atau sikloalkana. Pembahasan isomeri geometri pada senyawa siklis akan dilanjutkan pada kegiatan belajar berikutnya.

Berbeda dengan isomeri geometri yang harus terjadi pada senyawa berikatan rangkap dua atau senyawa siklis, isomeri konfigurasi berlangsung pada senyawa berikatan tunggal yang tidak mempunyai bidang simetri. Salah satu ciri senyawa yang tidak mempunyai bidang simetri adalah terdapat satu atau lebih atom karbon kiral atau asimetris, yaitu atom karbon yang mengikat 4 (empat) gugus berbeda. Cara penataan 4 (empat) gugus berbeda pada suatu atom karbon kiral disebut konfigurasi. Oleh karena itu, peristiwa terdapatnya beberapa senyawa berbeda yang mempunyai rumus molekul sama, dan perbedaannya terletak pada konfigurasi atom karbon kiral (penataan empat gugus berbeda di sekitar atom karbon kiral) disebut **isomer konfigurasi**. Pembahasan lebih lengkap tentang isomeri konfigurasi terdapat pada kegiatan belajar berikutnya.

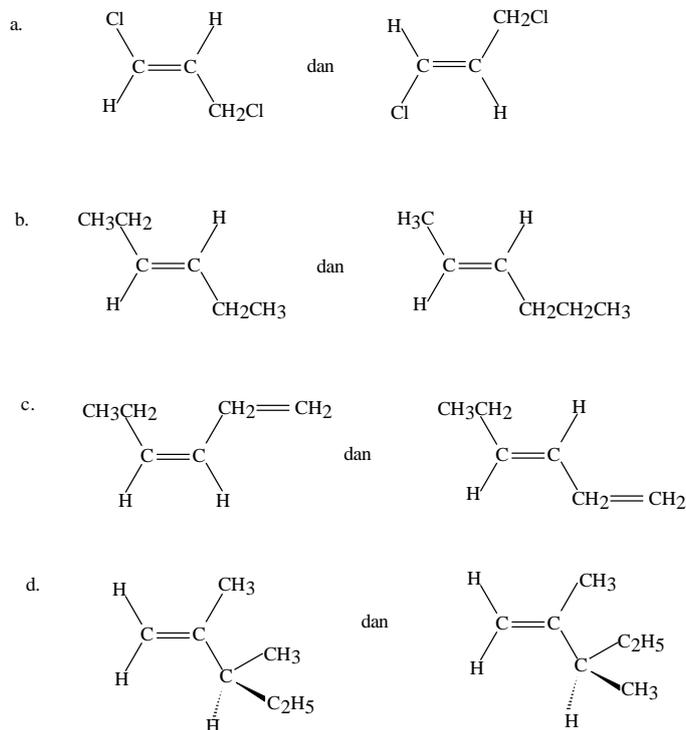


### 1.3 Latihan

1. Tentukan di antara dua senyawa berikut yang berisomeri dan yang merupakan senyawa identik.



2. Tunjukkan apakah pasangan struktur di bawah ini merupakan isomeri stuktur, stereoisomeri atau senyawa identik.



#### 1.4 Rambu-rambu Jawaban Latihan

- 1 a. Kedua struktur tersebut mempunyai rumus molekul sama, yaitu  $C_5H_{11}Cl$ , tetapi keduanya menggambarkan dua senyawa yang identik. Salah satu cara untuk dapat memastikan apakah suatu struktur merupakan isomer dari struktur yang lain adalah dengan cara memberikan nama pada kedua struktur tersebut. Dengan memperhatikan aturan tatanama senyawa organik seperti yang telah diungkapkan dalam modul 1, struktur di sebelah kiri mempunyai rantai karbon terpanjang empat karbon, sehingga namanya adalah 1-kloro-2-metilbutana. Struktur di sebelah kanan juga mempunyai rantai karbon terpanjang empat karbon, sehingga namanya juga 1-kloro-2-metilbutana. Karena mempunyai nama yang identik, maka kedua struktur tersebut bukan isomer satu sama lain, tetapi merupakan satu senyawa identik.
- b. Kedua struktur mempunyai rumus molekul sama, yaitu  $C_4H_8Cl_2$ . Struktur pertama tidak sama dengan struktur kedua karena posisi ikatan atom-atom Cl tidak sama. Perbedaan keduanya juga dicirikan oleh perbedaan nama keduanya. Struktur sebelah kiri mempunyai nama 2,2-diklorobutana,

sedangkan struktur sebelah kanan mempunyai nama 1,2-diklorobutana. Dengan demikian kedua struktur tersebut merupakan isomer satu sama lain.

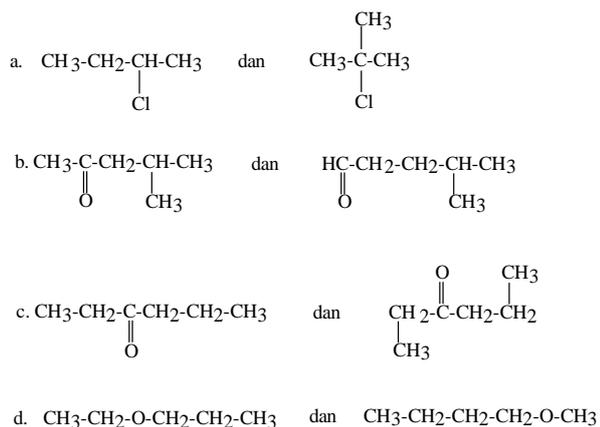
- c. Kedua struktur mempunyai rumus molekul sama, yaitu  $C_7H_{16}O$ , akan tetapi kedua struktur menggambarkan satu senyawa identik. Persamaan keduanya diperlihatkan oleh persamaan namanya, yaitu 3-metil-1-heksanol.
  - d. Rumus molekul dari kedua struktur tersebut sama, yaitu  $C_5H_{10}O$ , akan tetapi kedua struktur jelas merupakan senyawa yang berbeda. Struktur yang pertama adalah suatu alkohol, yaitu 1-siklopentanol, sedangkan yang kedua adalah suatu eter siklik atau lakton. Karena kedua senyawa berbeda tadi mempunyai rumus molekul sama, maka keduanya merupakan isomer satu sama lain.
- 2.a. Kedua struktur merupakan satu senyawa identik. Hal itu dibuktikan dari nama keduanya yang sama, yaitu trans-1,3-dikloro-1-butena.
  - b. Kedua struktur bukan merupakan isomeri geometri, tetapi merupakan isomeri struktur, atau lebih tepatnya isomeri posisi karena posisi ikatan rangkap dari kedua struktur berbeda. Struktur di sebelah kiri adalah trans-3-heksena, sedangkan struktur di sebelah kanan adalah trans-2-heksena. Setiap struktur mempunyai isomer geometri masing-masing, yaitu trans-3-heksena dengan cis-3-heksena, sedangkan trans-2-heksena berisomeri geometri dengan cis-2-heksena.
  - c. Kedua struktur merupakan isomeri geometri, karena mempunyai urutan penggabungan atom sama, tetapi penataan ruang atom-atomnya di sekitar ikatan rangkap berbeda. Struktur sebelah kiri adalah cis, sedangkan yang sebelah kanan trans.
  - d. Kedua struktur bukan merupakan isomeri geometri, karena salah satu karbon yang membentuk ikatan rangkap mengikat dua atom yang sama. Akan tetapi salah satu karbon dalam struktur tersebut merupakan atom karbon kiral, dan penataan ruang atom atau gugus di sekitar atom karbon kiral berbeda, sehingga keduanya merupakan isomeri konfigurasi.

## 1.5 Rangkuman

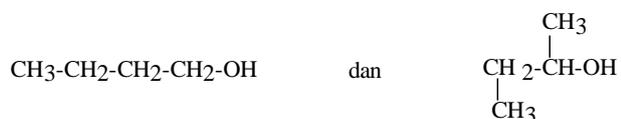
**Isomeri** adalah gejala terdapatnya beberapa senyawa berbeda yang mempunyai rumus molekul sama. Senyawa-senyawa yang berisomeri disebut **isomer** satu sama lain. Isomeri dapat dibagi menjadi **isomeri struktur** dan **stereoisomeri**. Isomeri struktur adalah isomeri dengan perbedaan terletak pada urutan penggabungan atom-atom, sedangkan stereoisomeri adalah isomeri dengan perbedaan terletak pada penataan ruang atom-atomnya, sedangkan urutan penggabungan atom-atomnya tidak berbeda. Terdapat beberapa jenis isomeri struktur, diantaranya **isomeri rangka**, yaitu isomeri struktur dengan perbedaan terletak pada bentuk rangka karbon; **isomeri fungsional**, yaitu isomeri struktur dengan perbedaan terletak pada jenis gugus fungsionalnya; dan **isomeri posisi**, yaitu isomeri struktur dengan perbedaan terletak pada posisi gugus fungsionalnya. Sementara itu, dalam stereoisomeri terdapat **isomeri geometri**, yaitu stereoisomeri dengan perbedaan terletak pada penataan ruang di sekitar ikatan rangkap atau rantai siklis, sedangkan **isomeri konfigurasi**, yaitu stereoisomeri dengan perbedaan terletak pada penataan ruang di sekitar atom karbon kiral.

## 1.6 Tes Formatif 1

1. Dua struktur di bawah ini yang bukan merupakan pasangan isomer adalah ....

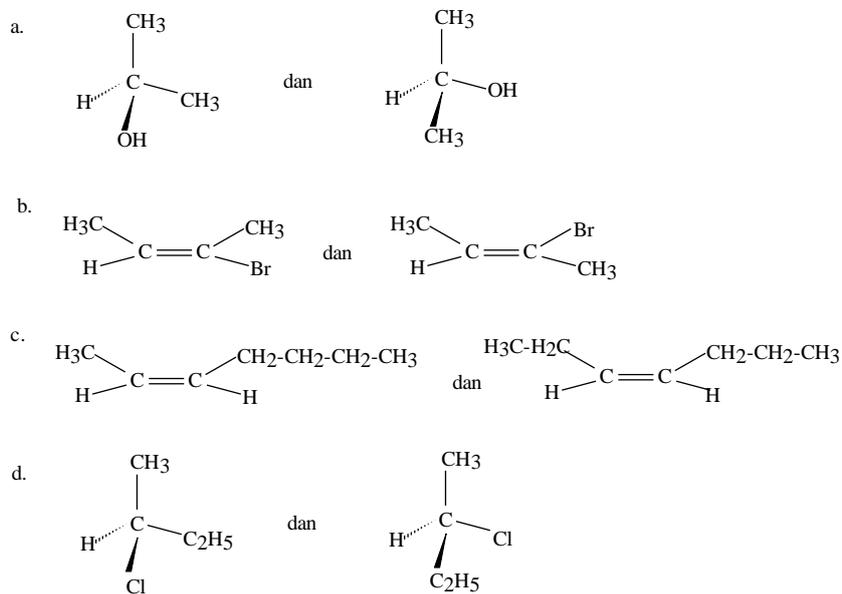


2. Termasuk jenis isomeri apakah kedua struktur berikut

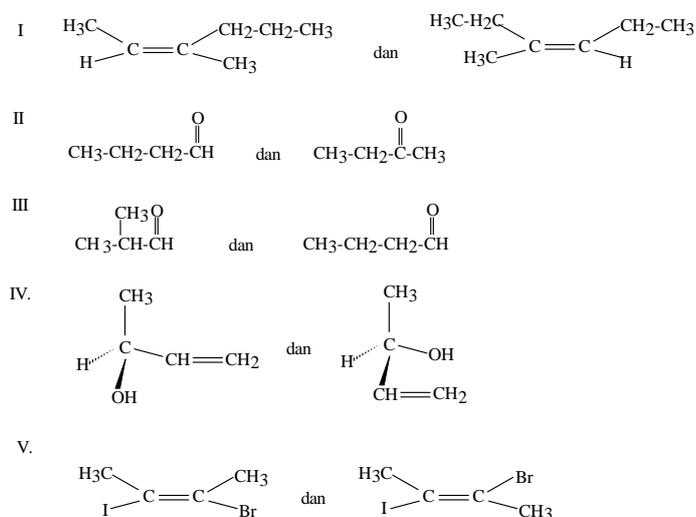




7. Manakah di antara senyawa berikut yang dapat mempunyai isomeri geometri ?
- 1-kloropropena
  - 1-heksena
  - 3-bromopropena
  - 1,5-heksadiena
8. Manakah di antara senyawa berikut yang dapat mempunyai isomeri konfigurasi?
- 2,2-dikloropropana
  - 1,2-diklorobutana
  - 2-metilheksana
  - 2,3-dimetilbutana
9. Kedua struktur di bawah ini yang menunjukkan isomeri konfigurasi adalah ....



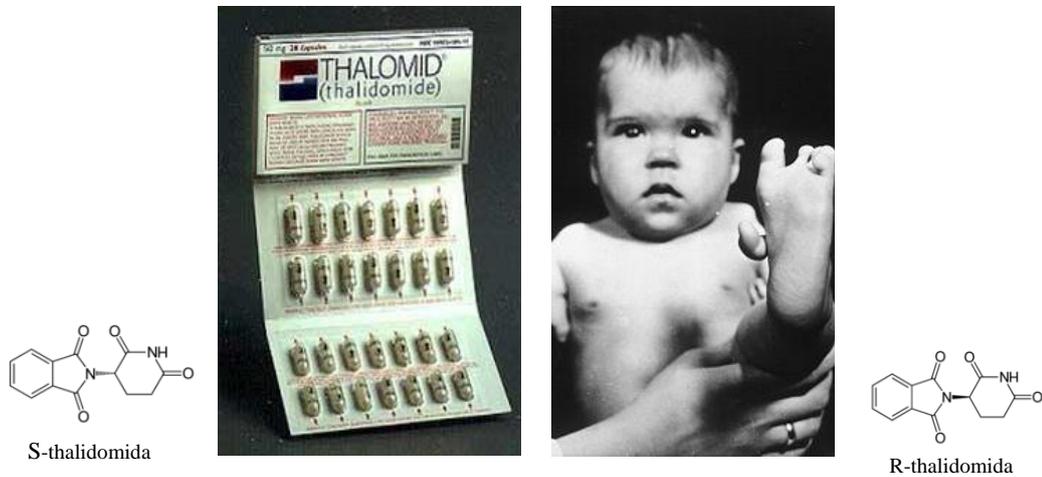
10. Terdapat beberapa pasangan struktur yang berisomeri berikut:



Termasuk jenis isomeri apakah setiap pasangan struktur tersebut ?

- a. I = isomeri geometri, II = isomeri posisi, III = isomeri rangka, IV = isomeri fungsional, V = isomeri konfigurasi
- b. I = isomeri geometri, II = isomeri posisi, III = isomeri rangka, IV = isomeri konfigurasi, V = isomeri fungsional
- c. I = isomeri posisi, II = isomeri fungsional, III = isomeri rangka, IV = isomeri konfigurasi, V = isomeri geometri
- d. I = isomeri posisi, II = isomeri rangka, III = isomeri fungsional, IV = isomeri konfigurasi, V = isomeri geometri.

## Kegiatan Belajar 2 STEREOISOMERI



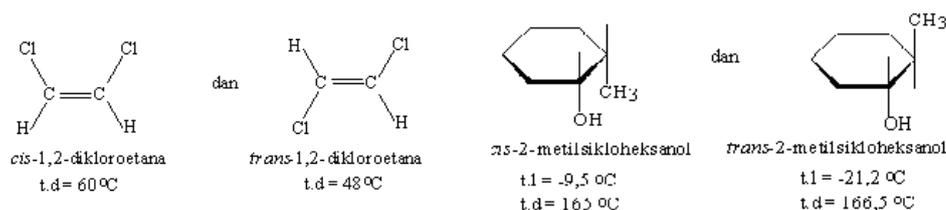
**Gambar 2.4** Thalidomida merupakan obat yang dipasarkan sekitar tahun 1950 hingga 1960-an sebagai obat penghilang mual pada wanita hamil (morning sickness), tapi ternyata menyebabkan ribuan bayi yang lahir dari ibu yang mengkonsumsi thalidomida mengalami cacat fisik. Ternyata thalidomida dijual dalam bentuk campuran rasemat, jadi terdapat R-thalidomida dan S-thalidomida dalam jumlah sama. R-thalidomida berfungsi sebagai obat penenang dan penghilang mual, sedangkan S-thalidomida menyebabkan cacat fisik pada janin.

Seperti yang telah dikemukakan sebelumnya, terdapat beberapa jenis isomeri, yaitu isomeri struktur dan stereoisomeri atau isomeri ruang. **Stereoisomeri** atau **isomeri ruang** adalah peristiwa terdapatnya beberapa senyawa yang mempunyai rumus molekul sama, tetapi mempunyai penataan ruang atom-atom yang berbeda, sedangkan urutan penggabungan atom-atomnya tidak berbeda. Terdapat dua jenis stereoisomeri, yaitu isomeri geometri dan isomeri konfigurasi atau isomeri optis aktif. **Isomeri geometri** berlangsung pada senyawa yang mempunyai ikatan yang bersifat tegar atau rigid (ikatan yang tidak dapat berotasi), yaitu pada alkena (senyawa berikatan rangkap dua) dan sikloalkana, selain itu pada atom-atom karbon yang berikatan rangkap atau yang merupakan anggota cincin sikloalkana harus mengikat dua gugus yang berbeda, bila tidak mengikat dua gugus yang berbeda, tidak mungkin ditemukan isomeri geometri. **Isomeri konfigurasi** ditemukan hanya pada senyawa-senyawa yang tidak mempunyai bidang simetri. Salah satu ciri senyawa yang tidak mempunyai bidang simetri adalah terdapat atom karbon yang mengikat empat gugus berbeda, yang disebut **karbon kiral**.

## 2.1. Isomeri Geometri

Isomeri geometri dikenal juga dengan nama isomeri *cis-trans*. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, isomeri ini termasuk jenis stereoisomeri atau isomeri ruang. Isomeri ini hanya ditemukan pada senyawa-senyawa yang berikatan tegar atau rigid, sehingga tidak dapat berotasi, seperti alkena dan sikloalkana. Isomeri geometri dapat terjadi karena terdapat perbedaan penataan ruang gugus-gugus di sekitar ikatan rangkap dua suatu alkena atau di sekitar dua karbon anggota cincin suatu sikloalkana. Dua gugus yang terletak pada satu sisi yang sama, disebut *cis* (dari Bahasa Latin, yang artinya pada sisi yang sama), sedangkan dua gugus yang terletak pada sisi-sisi yang berlawanan disebut *trans* (dari Bahasa Latin, artinya bersebrangan).

Perhatikan struktur-struktur berikut:

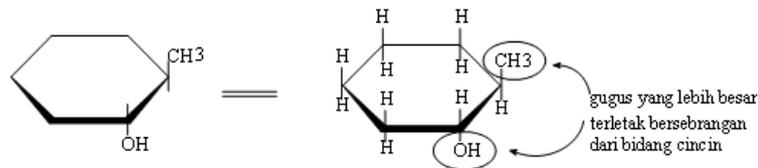


Tampak pada *cis*-1,2-dikloroetana, kedua gugus Cl terletak pada sisi yang sama dari ikatan rangkap. Bila kedua gugus Cl berada pada posisi bersebrangan dari ikatan rangkap, maka terbentuk *trans*-1,2-dikloroetana. Senyawa *cis* dan *trans*-1,2-dikloroetana merupakan dua senyawa yang berbeda, seperti terlihat dari perbedaan titik didihnya.

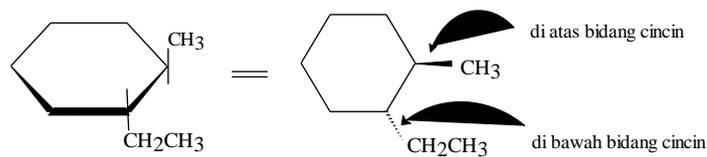
Isomeri geometri atau isomeri *cis-trans* dapat ditemukan juga pada senyawa siklik berikatan tunggal atau sikloalkana. Seperti juga pada ikatan rangkap, ikatan tunggal pada suatu struktur cincin tidak dapat berotasi bebas. Oleh karena itu, bila terdapat dua atom karbon anggota cincin yang masing-masing mengikat dua gugus berbeda selain atom karbon anggota cincin, maka akan ditemukan isomeri geometri. Struktur *cis*, bila gugus-gugus pada dua atom karbon cincin tersebut terletak pada sisi yang sama dari bidang cincin, sebaliknya bila

gugus-gugus pada dua atom karbon cincin terletak pada sisi yang berlawanan dari bidang cincin, maka bentuk struktur tersebut adalah *trans*.

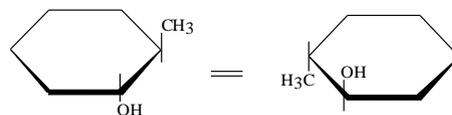
Pada contoh penggambaran di bawah ini, atom-atom hidrogen yang terikat pada cincin dan ikatan-ikatan mereka tidak ditunjukkan.



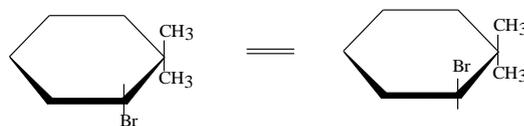
Penggambaran gugus-gugus yang terletak di bawah atau di atas bidang cincin dapat juga dilakukan dengan tanda baji putus-putus dan penuh seperti terlihat pada contoh di bawah ini



Perhatikan juga bahwa pasangan struktur di bawah ini menggambarkan senyawa yang sama, dan bukan merupakan pasangan isomer.

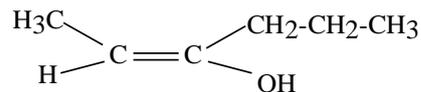


Isomeri cis-trans hanya dapat terbentuk bila terdapat dua karbon anggota cincin yang masing-masing mengikat dua gugus berbeda. Perhatikan bahwa kedua struktur di bawah ini bukan merupakan isomeri cis-trans, kedua struktur ini merupakan senyawa identik.



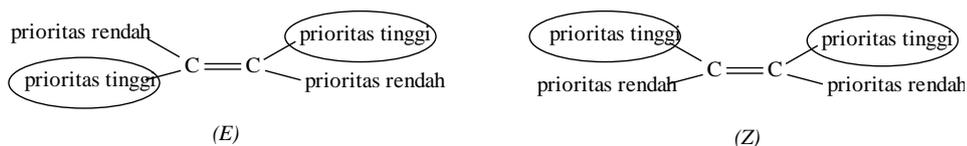
Pada struktur tersebut hanya terdapat satu atom karbon yang mengikat dua gugus berbeda yaitu atom karbon yang mengikat Br dan H. Atom-atom karbon anggota cincin yang lain mengikat dua gugus sama. Pada senyawa seperti itu tidak ditemukan isomeri geometri atau isomeri *cis-trans*. Penataan ruang gugus Br, baik di atas maupun di bawah bidang cincin tidak akan menghasilkan senyawa berbeda.

Penamaan *cis-trans* pada alkena dapat dilakukan bila pada kedua karbon berikatan tegar terdapat dua gugus yang sama. Bila atom-atom karbon berikatan tegar mengikat empat gugus yang berbeda, maka akan sulit untuk memberikan penamaan *cis* atau *trans*. Perhatikan struktur di bawah ini, apakah merupakan struktur *cis* atau *trans* ?



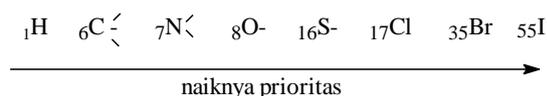
Pada sistem seperti ini, tidak dapat digunakan sistem penamaan *cis-trans*, akan tetapi harus digunakan sistem penamaan yang lebih umum, yaitu **sistem (E) dan (Z)**. Huruf *E* berasal dari kata Bahasa Jerman “*entgegen*” yang berarti bersebrangan, sedangkan huruf *Z* berasal dari kata Bahasa Jerman “*zusammen*” yang artinya bersama-sama.

Sistem (*E*) dan (*Z*) didasarkan pada pemberian prioritas kepada atom atau gugus yang terikat pada setiap karbon ikatan rangkap. Jika kedua gugus berprioritas lebih tinggi terletak pada sisi yang berlawanan, maka isomer itu adalah (*E*). Sebaliknya, bila kedua gugus berprioritas tinggi terletak pada sisi yang sama, maka isomer itu adalah (*Z*). Secara sederhana ketentuan tersebut dapat dinyatakan dengan



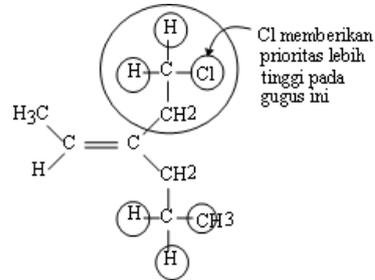
### Aturan Penentuan Prioritas

1. Prioritas ditentukan oleh nomor atom dari atom yang berikatan langsung dengan atom-atom karbon ikatan rangkap. Nomor atom yang lebih tinggi mempunyai prioritas yang lebih tinggi.



2. Jika atom-atom yang terikat sama, maka yang digunakan sebagai dasar adalah atom yang terikat berikutnya sampai diperoleh perbedaan prioritas. Dalam

contoh berikut ditunjukkan nomor atom yang dijadikan dasar penentuan prioritas.

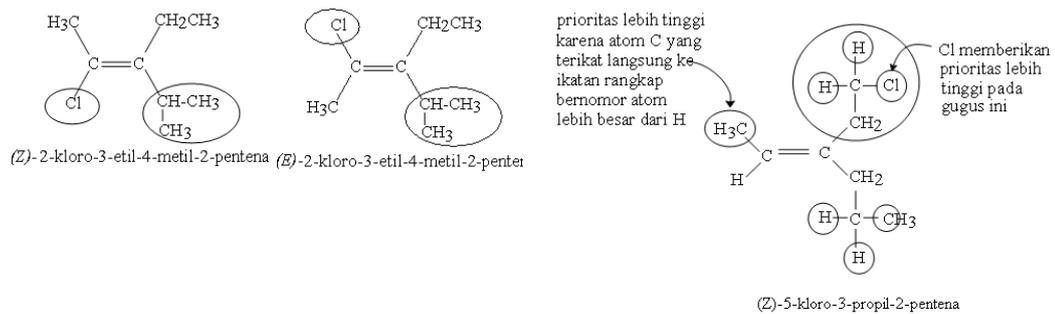


3. Atom-atom yang terikat oleh ikatan rangkap dua atau rangkap tiga dianggap mengikat dua atau tiga atom sejenis dengan ikatan tunggal. Tiap atom berikatan rangkap dua didua-kalikan dan berikatan rangkap tiga, di tiga-kalikan.

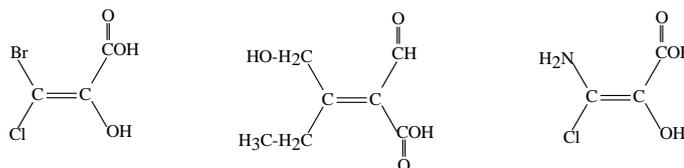
Contoh:



Perhatikan contoh sistem penamaan alkena dengan sistem (*E*) dan (*Z*) berikut:

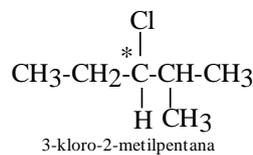


Cobalah untuk menentukan gugus yang berprioritas lebih tinggi, lalu tetapkan sebagai sistem (*E*) atau (*Z*).



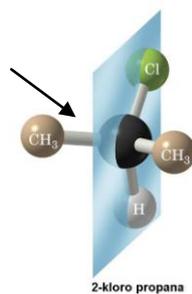
## 2.2 Isomeri Konfigurasi

Jenis stereoisomeri yang lain adalah isomeri konfigurasi atau isomer optis. Isomeri konfigurasi terjadi pada molekul yang tidak mempunyai bidang simetri. Bidang simetri adalah bidang imajiner yang membagi molekul menjadi dua bagian yang satu sama lain adalah bayangan cerminnya. Molekul yang tidak mempunyai bidang simetri akan berinteraksi dengan bidang cahaya terpolarisasi sehingga bidang cahaya terpolarisasi akan berputar, baik ke kiri atau ke kanan. Kemampuan memutar bidang cahaya terpolarisasi tersebut, baik arah maupun besar sudut putarnya dapat diketahui dengan alat polarimeter. Salah satu ciri molekul yang tidak mempunyai bidang simetri adalah pada molekul tersebut terdapat atom karbon yang mengikat empat gugus berbeda. Atom karbon seperti itu disebut **atom karbon kiral atau asimetris**. Sebagai contoh, atom karbon nomor 3 pada molekul 3-kloro-2-metilpentana adalah atom karbon kiral, karena mengikat empat gugus berbeda, yaitu H, CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, Cl, dan CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Atom karbon kiral atau pusat kiral seringkali diberi tanda \*.

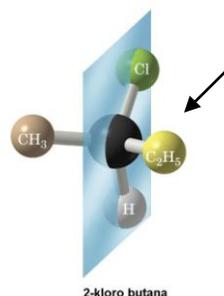


Molekul yang mempunyai pusat kiral tidak mungkin mempunyai bidang simetri, seperti ditunjukkan pada Gambar di bawah ini.

2-kloropropana mempunyai bidang simetri yang membagi molekul menjadi dua bagian identik



2-klorobutana **tidak** mempunyai bidang simetri yang membagi molekul menjadi dua bagian identik.



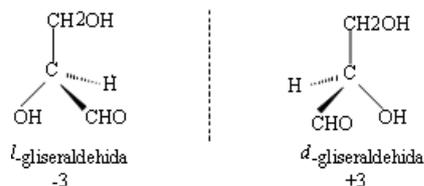
**Gambar 2.5 Molekul yang mempunyai dan tidak mempunyai bidang simetri**

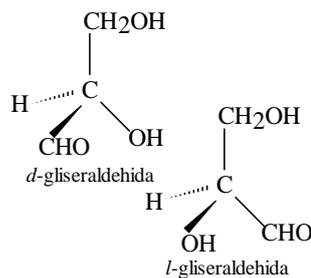
Pada 2-kloropropana yang **tidak mempunyai pusat kiral (akiral)** terdapat bidang simetri yang dapat membagi molekul menjadi dua bagian yang identik. Molekul yang tidak mempunyai pusat kiral disebut molekul akiral, 2-

kloropropana merupakan contoh molekul akiral. Sebaliknya, pada 2-klorobutana yang mempunyai pusat kiral tidak terdapat bidang simetri. Molekul yang mempunyai pusat kiral disebut molekul kiral, 2-klorobutana merupakan contoh molekul kiral. Pusat kiral pada 2-klorobutana terdapat pada atom karbon nomor dua. Empat gugus berbeda yang terikat pada karbon nomor dua adalah H, CH<sub>3</sub>, Cl dan C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>.

Ketiadaan bidang simetri menyebabkan perubahan penataan ruang gugus-gugus yang terikat pada pusat kiral akan menghasilkan senyawa yang berbeda. Perbedaan tersebut ditunjukkan oleh perbedaan arah perputaran bidang cahaya terpolarisasi yang berinteraksi dengan molekul kiral tersebut. Terdapat dua kemungkinan penataan ruang gugus-gugus di sekitar pusat kiral, sehingga untuk senyawa dengan satu nama yang mempunyai satu pusat kiral akan mempunyai dua senyawa berbeda yang merupakan isomer satu sama lain.

Sebagai contoh, gliseraldehida mempunyai satu pusat kiral, yaitu atom karbon nomor dua. Terdapat empat gugus berbeda yang terikat pada atom karbon nomor 2, yaitu H, CH<sub>2</sub>OH, CHO dan OH. Keempat gugus berbeda tersebut mempunyai dua cara penataan ruang yang berbeda sehingga terdapat dua bentuk senyawa yang merupakan isomer satu sama lain. Isomer yang satu memutar bidang cahaya terpolarisasi ke kanan (diberi tanda +) dengan besar sudut putar 3, karena itu isomer ini diberi nama *d*-gliseraldehida. Huruf *d* ditambahkan di depan nama gliseraldehida untuk menunjukkan arah putaran bidang cahaya terpolarisasi, *d* diambil dari kata Latin *dexter* yang artinya kanan. Sementara itu, isomer yang lain memutar bidang cahaya terpolarisasi ke arah sebaliknya, yaitu ke kiri (diberi tanda -) dengan besar sudut putar sama (yaitu 3). Isomer ini diberi nama *l*-gliseraldehida, huruf *l* berasal dari kata Latin *levo* yang artinya kiri.





Secara struktur, kedua isomer tersebut akan merupakan bayangan cermin satu sama lain. Artinya, bila salah satu isomer ditempatkan di depan cermin, maka bayangan cermin yang muncul akan mempunyai struktur yang identik dengan isomer yang lainnya. Akan tetapi, keduanya tidak dapat saling dihimpitkan. Fenomena ini mirip dengan fenomena tangan kiri dan tangan kanan. Kedua tangan tersebut mempunyai bentuk yang merupakan bayangan cermin satu sama lain. Tangan kiri dan bayangan cerminnya (yaitu tangan kanan) hanya dapat dihimpitkan secara saling berhadapan seperti ketika bertepuk tangan, akan tetapi bila dihimpitkan dengan arah hadap yang sama, misalnya sama-sama menghadap ke depan, keduanya pasti tidak dapat berhimpitan. Ini menunjukkan keduanya merupakan senyawa yang berbeda. Oleh karena itulah muncul istilah kiral, yang berasal dari kata Latin *chiro*, yang artinya tangan.

Bila diperhatikan, *l*-gliseraldehida dan *d*-gliseraldehida mempunyai rumus molekul sama, mempunyai urutan penggabungan atom-atom yang sama, tetapi berbeda dalam cara penataan ruang di seputar pusat kiral. Cara penataan ruang di seputar pusat kiral disebut **konfigurasi**. Fenomena terdapatnya beberapa senyawa yang mempunyai rumus molekul sama, tetapi berbeda dalam penataan ruang gugus-gugus di sekitar pusat kiral disebut **isomeri konfigurasi**. Senyawa-senyawa yang berisomeri konfigurasi dapat merupakan bayangan cermin satu sama lain, tetapi dapat pula satu sama lain tidak merupakan bayangan cermin. Isomer-isomer konfigurasi yang merupakan bayangan cermin satu sama lain disebut **enantiomer**. Senyawa-senyawa yang berenantiomer mempunyai sifat fisik (titik didih, indeks bias, keasaman, dll) dan sifat termodinamika (energi bebas, entalpi, entropi, dll) yang identik. Perbedaan senyawa-senyawa yang berenantiomer terletak pada interaksinya dengan senyawa kiral lain, dan

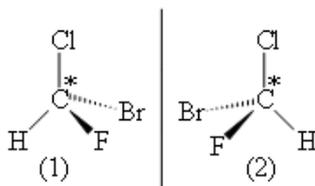
interaksinya dengan bidang cahaya terpolarisasi (optis aktif). Oleh karena itu, isomeri konfigurasi dikenal juga dengan nama **isomeri optis aktif**.

Bagaimanakah cara menandai konfigurasi di suatu pusat kiral? Terdapat beberapa cara untuk menandai konfigurasi di suatu pusat kiral, yaitu konfigurasi absolut dan konfigurasi relatif. Konfigurasi absolut ditentukan berdasarkan struktur penataan ruang gugus-gugus di seputar karbon kiral sesungguhnya. Konfigurasi relatif muncul sebelum struktur penataan ruang gugus-gugus di seputar karbon kiral sesungguhnya diketahui. Karena belum diketahui itulah, konfigurasi ditentukan dengan cara membandingkan dengan suatu standar, jadi disebut konfigurasi relatif.

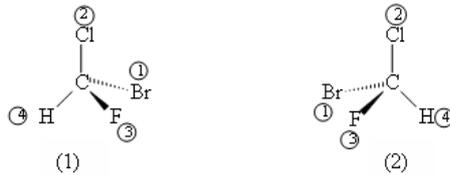
Cara penentuan konfigurasi absolut dikemukakan oleh tiga orang ahli kimia yaitu R.S. Chan (Inggris), C.K. Ingold (Inggris) dan V. Pulog (Swis). Cara penamaan/penentuan konfigurasi absolut yang mereka kemukakan dikenal dengan sistem **R/S** atau sistem **Chan-Ingold-Pulog (CIP)**. Huruf R dan S merupakan singkatan kata berasal dari bahasa Latin, yaitu R = *rectus*, artinya kanan dan S = *sinister*, artinya kiri.

Dalam menentukan konfigurasi absolut sistem R/S ini, Chan-Ingold-Pulog menetapkan gugus-gugus yang terikat pada suatu pusat kiral dengan prioritas berbeda-beda. Cara penentuan prioritas untuk atom/gugus yang terikat pada pusat kiral adalah serupa dengan urutan prioritas gugus untuk menentukan isomeri *E-Z*.

Sebagai contoh cara penentuan konfigurasi absolut, perhatikan konfigurasi absolut pada senyawa (1) dan (2) berikut. Kedua senyawa tersebut merupakan pasangan enantiomer bromo-fluoro-kloro metana.



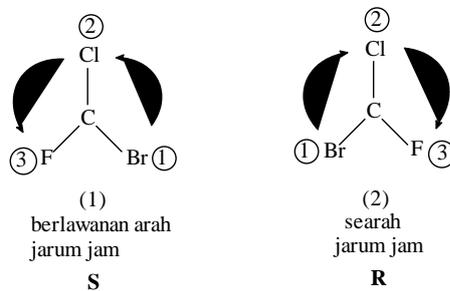
- Urutkan prioritas keempat atom yang terikat pada pusat kiral berdasarkan nomor atomnya. Diketahui nomor atom  $\text{Br} = 35$ ,  $\text{Cl} = 17$ ,  $\text{F} = 9$ ,  $\text{H} = 1$ , maka urutan prioritas keempat atom di atas adalah  $\text{Br} > \text{Cl} > \text{F} > \text{H}$ .



- Gambarkan proyeksi molekul sedemikian rupa hingga atom dengan prioritas terendah ada di belakang atau putar struktur (1) dan (2) sehingga atom H ada di belakang.

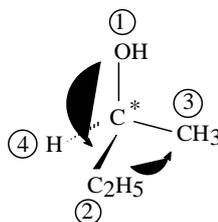


- Buat anak panah mulai dari atom/gugus berprioritas paling tinggi ke prioritas yang lebih rendah.

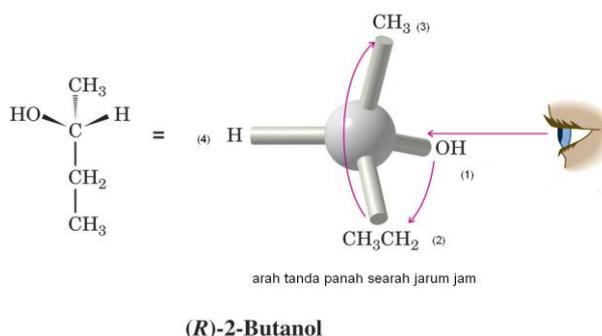


- Bila arah anak panah searah jarum jam, konfigurasinya adalah R. Bila arah anak panah berlawanan dengan arah jarum jam, konfigurasinya adalah S. Jadi konfigurasi struktur (1) adalah S, sedangkan konfigurasi struktur (2) adalah R.

Perhatikan struktur 2-butanol di bawah ini. Apakah konfigurasi pada pusat kiral molekul 2-butanol di bawah ini ?



Atom/gugus yang terikat pada C kiral adalah OH, CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> dan H. Urutan prioritas atom/gugus tersebut sesuai aturan penentuan prioritas adalah OH > C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> > CH<sub>3</sub> > H. Gugus C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> berprioritas lebih tinggi dari CH<sub>3</sub> karena atom-atom setelah C pada gugus C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> adalah C,H,H yang mempunyai jumlah nomor atom lebih tinggi dari H,H,H pada CH<sub>3</sub>. Karena gugus yang mempunyai prioritas paling rendah (yaitu H) sudah terletak di belakang, maka dapat langsung digambarkan anak panah dari gugus berprioritas paling tinggi (prioritas nomor 1), yaitu OH ke gugus berprioritas lebih tinggi berikutnya (prioritas nomor 2), yaitu C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, dan terakhir ke gugus CH<sub>3</sub>. Perhatikan arah anak panah berlawanan dengan arah jarum jam. Oleh karena itu, konfigurasi struktur tersebut adalah S, lengkapnya ditulis S-2-butanol. Coba untuk berlatih lagi menentukan konfigurasi senyawa kiral berikut, kali ini gugus berprioritas terendah belum berada di belakang. Untuk itu perhatikan Gambar 2.6.



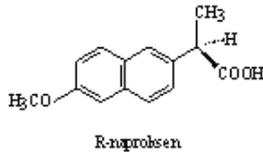
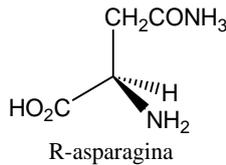
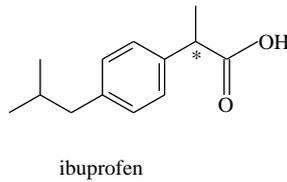
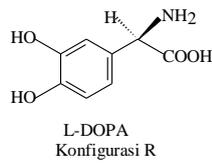
**Gambar 2.6 Cara penentuan konfigurasi absolut**

Bagaimanakah arah perputaran bidang cahaya terpolarisasi senyawa yang mempunyai konfigurasi R atau S? Apakah ke kiri atau ke kanan? Penting untuk diingat bahwa **konfigurasi absolut R atau S tidak ada hubungannya dengan arah perputaran bidang cahaya terpolarisasi**. Konfigurasi absolut R atau S

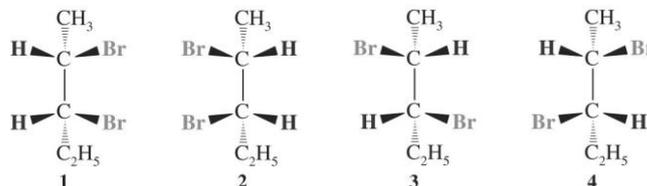
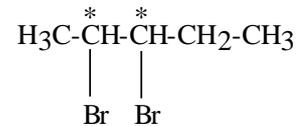
tidak ditentukan dari percobaan dengan polarimeter, tetapi ditetapkan berdasarkan strukturnya. Dengan demikian, senyawa kiral yang berkonfigurasi R dapat memutar bidang cahaya terpolarisasi ke kanan atau ke kiri, tergantung hasil percobaannya, begitu pula dengan senyawa kiral yang berkonfigurasi S. Sebagai contoh, senyawa karvona dengan konfigurasi S memutar bidang cahaya terpolarisasi ke kanan (+ atau *d*), sehingga ditulis S-(+)-karvona. Contoh lain adalah senyawa 2-metil-1-butanol yang memutar bidang cahaya terpolarisasi ke kanan ternyata mempunyai konfigurasi R, sehingga ditulis R-(+)-2-metil-1-butanol.

Walaupun senyawa-senyawa yang berisomeri konfigurasi hanya mempunyai perbedaan dalam sifat memutar bidang cahaya terpolarisasi, tetapi seringkali senyawa-senyawa tersebut mempunyai efek biologis yang sangat berbeda. Contohnya pada S-karvona dan R-karvona, contoh yang telah ditampilkan pada awal modul ini. Kedua senyawa tersebut berisomeri konfigurasi, perbedaan keduanya hanya terletak pada konfigurasi di sekitar atom karbon kiral, tetapi dampaknya pada perbedaan sifat sangat nyata. S-karvona mempunyai aroma khas jantan, sedangkan R-karvona mempunyai aroma khas mint. Contoh lain adalah S-naproksen dan R-naproksen, kedua senyawa yang hanya berbeda pada konfigurasi atom kiralnya tersebut, ternyata mempunyai aktivitas biologis sangat berbeda. S-naproksen dikenal sebagai obat antiinflamatori yang aman, sedangkan R-naproksen dilaporkan bersifat racun untuk liver. Oleh karena itu, obat antiinflamatori komersial yang mempunyai kandungan aktif naproksen, harus memisahkan S-naproksen dari R-naproksen, dan hal tersebut memerlukan biaya yang cukup tinggi.

Contoh lainnya adalah obat anti Parkinson yang dikenal dengan nama L-DOPA atau L-dopamina, ternyata hanya yang mempunyai konfigurasi R yang aktif sebagai anti-parkinson, sedangkan isomer S-nya tidak aktif. Begitu pula dengan ibuprofen, hanya enantiomer S yang berfungsi sebagai penghilang rasa sakit. Asam amino R-asparagina rasanya manis, sementara S-asparagina rasanya pahit. R-Talidomida adalah zat sedatif dan hipnotik, padahal enantiomernya, yaitu S-talidomida merupakan teratogen kuat.

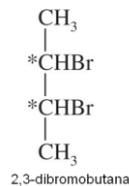


Perhatikan senyawa 2,3-dibromopentana. Apakah pada 2,3-dibromopentana terdapat atom karbon kiral/asimetris? Ada berapa banyak atom karbon kiral pada senyawa tersebut? Pada 2,3-dibromopentana terdapat 2 pusat kiral. **Senyawa dengan n pusat kiral akan mempunyai jumlah maksimum stereoisomer sebanyak  $2^n$ .** Karena pada 2,3-dibromopentana terdapat 2 pusat kiral, maka akan mempunyai jumlah maksimum stereoisomer  $2^2 = 4$ , yaitu

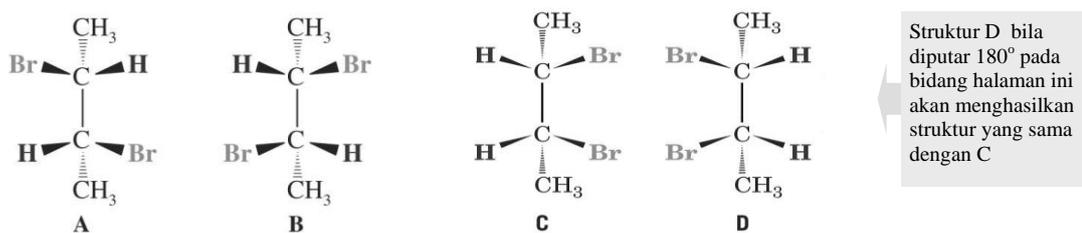


Dari empat stereoisomer yang telah ditunjukkan, terdapat pasangan stereoisomer yang merupakan bayangan cermin satu sama lain, yaitu pasangan senyawa 1 dan 2; juga pasangan senyawa 3 dan 4. Terdapat pula pasangan stereoisomer yang bukan merupakan bayangan cermin satu sama lain, yaitu pasangan 1 dan 3; 1 dan 4; 2 dan 3; serta 2 dan 4). **Pasangan stereoisomer yang merupakan bayangan cermin satu sama lain disebut pasangan enantiomer.** Sementara itu, **pasangan stereoisomer yang bukan merupakan bayangan cermin satu sama lain disebut pasangan diastereoisomer.** Pasangan enantiomer mempunyai sifat fisik sama kecuali arah putaran bidang cahaya terpolarisasi, sehingga sulit dipisahkan, sedangkan pasangan diastereomer mempunyai sifat fisik berbeda, sehingga lebih mudah untuk dipisahkan.

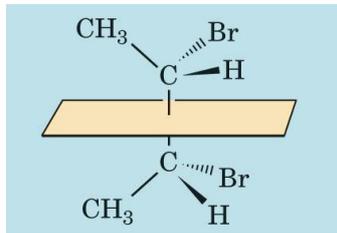
Walaupun jumlah stereoisomer maksimum dapat diperkirakan dari rumus  $2^n$ , akan tetapi penentuan jumlah stereoisomer pada senyawa yang memiliki lebih dari satu pusat kiral harus dilakukan secara hati-hati, karena terdapat kemungkinan dua struktur yang digambarkan bukan merupakan stereoisomer satu sama lain, tetapi merupakan senyawa identik atau senyawa **meso**. Perhatikan senyawa 2,3-dibromobutana yang mempunyai dua pusat kiral.



Sesuai dengan rumus  $2^n$ , maka jumlah maksimum stereoisomer pada 2,3-dibromobutana adalah  $2^2 = 4$ . Keempat kemungkinan struktur stereoisomer tersebut adalah

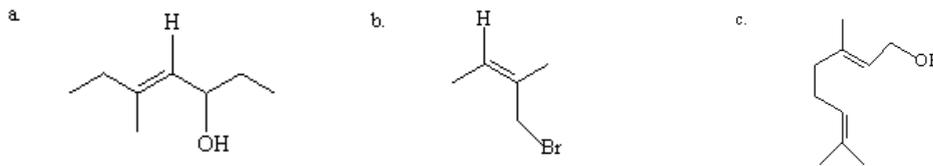


Pasangan A dan B merupakan pasangan enantiomer, tetapi C dan D bukan merupakan stereoisomer, karena C dan D merupakan senyawa yang identik atau senyawa meso. Dengan demikian, jumlah stereoisomer dari 2,3-dibromobutana tidak 4, tetapi hanya 3, yaitu A, B, dan C (atau D). Dari ketiga stereoisomer tersebut, struktur A dan B merupakan pasangan enantiomer, sedangkan pasangan A dan C, serta B dan C merupakan pasangan diastereoisomer. Akan tetapi, benarkah C dan D merupakan senyawa yang identik? Untuk mengetahuinya, putarlah senyawa D  $180^\circ$  pada bidang kertas, maka akan dihasilkan struktur yang identik dengan C. Senyawa C dan D adalah senyawa meso. Dengan demikian, **senyawa meso adalah senyawa akiral walaupun mempunyai pusat kiral**. Senyawa meso tidak bersifat optis aktif, berhimpit dengan bayangan cerminnya, dan mempunyai bidang simetri.



### 2.3 Latihan

1. Tandai setiap ikatan rangkap pada senyawa berikut sebagai *E* atau *Z*.

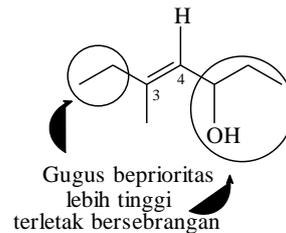


4. Pada senyawa 3,4-heksandiol,

- Tentukan jumlah maksimum stereoisomer
- Tentukan pasangan enantiomer dan diastereomer

### 2.4. Rambu-rambu jawaban latihan

1. a. Perhatikan gugus-gugus yang terikat pada ikatan rangkap. Pada karbon nomor 3 terikat dua gugus, yaitu  $\text{CH}_2\text{CH}_3$  (etil) dan  $\text{CH}_3$  (metil). Gugus etil mempunyai prioritas lebih tinggi dari gugus metil. Selanjutnya, perhatikan pula gugus-gugus yang terikat pada karbon nomor 4. Pada karbon tersebut terdapat gugus H dan gugus  $\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_3$ , dan gugus H berprioritas lebih rendah. Gugus yang berprioritas lebih tinggi, yaitu  $\text{CH}_2\text{CH}_3$  dan  $\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_3$  terletak pada posisi bersebrangan. Dengan demikian notasi alkena tersebut adalah *E*.

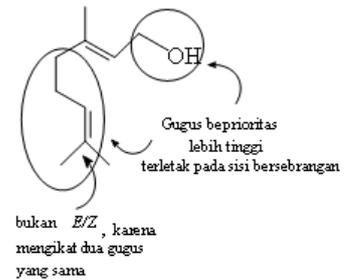


b. Pada alkena ini ikatan rangkap terletak pada karbon 2 dan 3. Dua gugus yang terikat pada karbon 2 adalah H dan  $\text{CH}_3$ , yang berprioritas lebih tinggi adalah  $\text{CH}_3$ . Sementara itu, dua gugus yang terikat pada karbon 3 adalah gugus  $\text{CH}_3$  dan  $\text{CH}_2\text{Br}$ , dan yang mempunyai prioritas lebih tinggi

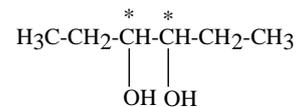


adalah  $\text{CH}_2\text{Br}$ . Karena  $\text{CH}_3$  di karbon 2 dan  $\text{CH}_2\text{Br}$  di karbon 3 terletak pada satu sisi. Maka alkena tersebut bernotasi *Z*.

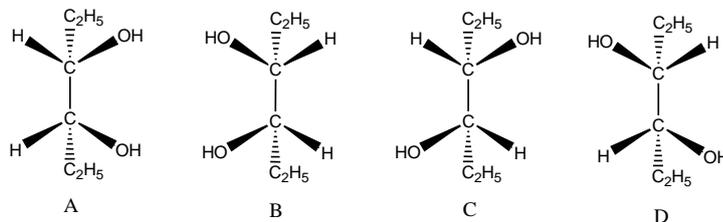
- c. Pada senyawa ini terdapat dua ikatan rangkap, akan tetapi salah satu ikatan rangkap mengikat dua gugus yang sama, sehingga pada bagian ikatan rangkap tersebut tidak akan ditemukan isomeri geometri, dengan sendirinya tidak diperlukan pemberian notasi *E/Z*. Akan tetapi, pada ikatan rangkap yang satunya lagi, kedua karbon ikatan rangkap mengikat dua gugus yang berbeda, sehingga akan ditemukan isomeri geometri. Gugus yang mempunyai prioritas lebih tinggi terletak pada posisi bersebrangan, maka bagian alkena tersebut bernotasi *E*.



2. a. Pada 3,4-heksandiol terdapat 2 pusat kiral, oleh karena itu jumlah stereoisomer yang mungkin adalah  $2^2 = 4$ .



- b. Empat stereoisomer yang mungkin untuk 3,4-heksandiol adalah



Akan tetapi, A dan B merupakan senyawa yang identik atau senyawa meso. Dengan demikian, 3,4-heksandiol hanya mempunyai 3 stereoisomer, yaitu A (=B), C, dan D. Di antara ketiganya, pasangan C dan D merupakan pasangan enantiomer, sedangkan yang merupakan pasangan diastereomer adalah pasangan A dan C, dan pasangan A dan D.

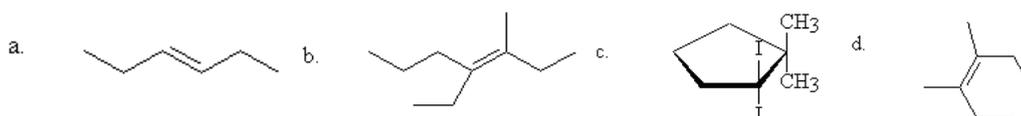
## 2.5. Rangkuman

**Stereoisomeri** atau **isomeri ruang** adalah peristiwa terdapatnya beberapa senyawa yang mempunyai rumus molekul sama, tetapi mempunyai penataan ruang atom-atomnya yang berbeda, sedangkan urutan penggabungan atom-

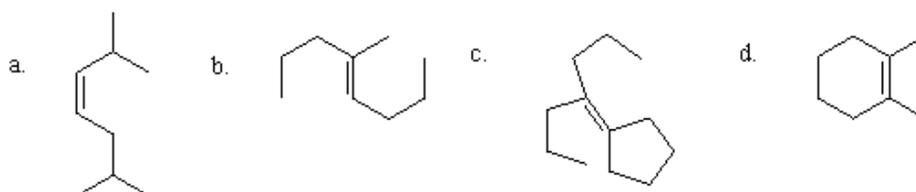
atomnya tidak berbeda. Terdapat dua jenis stereoisomeri, yaitu isomeri geometri dan isomeri konfigurasi atau isomeri optis aktif. **Isomeri geometri** berlangsung pada senyawa yang mempunyai ikatan yang bersifat tegar atau rigid (ikatan yang tidak dapat berotasi), yaitu pada alkena (senyawa berikatan rangkap dua) dan sikloalkana, selain itu pada atom-atom karbon yang berikatan rangkap atau yang merupakan anggota cincin sikloalkana harus mengikat dua gugus yang berbeda, bila tidak mengikat dua gugus yang berbeda, tidak mungkin ditemukan isomeri geometri. **Isomeri konfigurasi** ditemukan hanya pada senyawa-senyawa yang tidak mempunyai bidang simetri. Salah satu ciri senyawa yang tidak mempunyai bidang simetri adalah terdapat atom karbon yang mengikat empat gugus berbeda, yang disebut **karbon kiral**. Cara penentuan konfigurasi suatu karbon kiral dapat menggunakan sistem **konfigurasi absolut R/S** atau **Chan-Ingold-Pulog (CIP)**. Hubungan di antara stereoisomer dapat berupa pasangan **enantiomer**, bila merupakan bayangan cermin satu sama lain, dan dapat berupa **diastereomer**, bila bukan merupakan bayangan cermin satu sama lain.

## 2.6 Tes Formatif 2

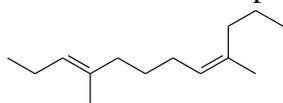
1. Di antara alkena-alkena berikut yang mempunyai hubungan cis adalah ....



2. Di antara alkena-alkena di bawah ini yang mempunyai notasi *E* adalah ....



3. Tentukan notasi *E/Z* pada setiap ikatan rangkap pada alkadiena

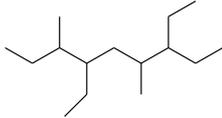


- a. (3E, 8Z)                      b. (3E, 8E)                      c. (3Z, 8Z)                      d. (3Z, 8E)

4. Manakah dari senyawa berikut yang tidak mempunyai pusat kiral ?

- a. 2,2-dikloropropana                      c. 1,2-diklorobutana  
 b. 3-metilheksana                      d. 2,3-dimetilheksana

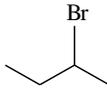
5. Pada senyawa berikut ini, terdapat berapa pusat kiral ?

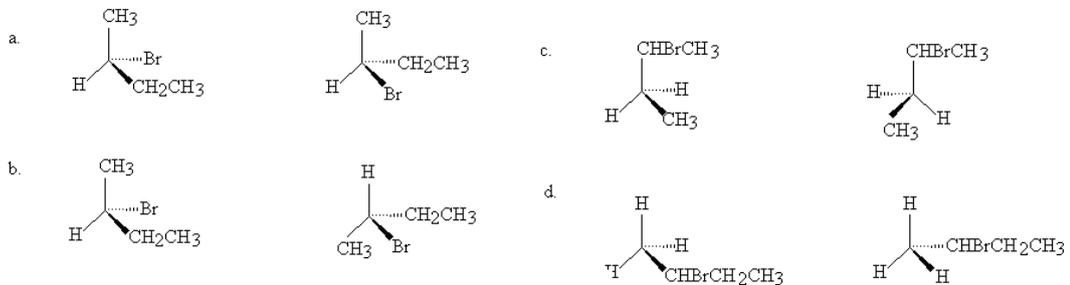


- a. satu                      b. dua                      c. tiga                      d. empat

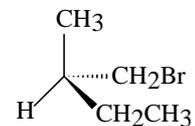
6. Urutan gugus-gugus berikut dengan prioritas menurun menurut aturan sistem R/S adalah ....

- a. H<sub>3</sub>C-, HS-, H<sub>2</sub>C=CH<sub>2</sub>-, H-                      c. H<sub>3</sub>C-, HO-, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>-, HOCH<sub>2</sub>-  
 b. HS-, H<sub>2</sub>C=CH<sub>2</sub>-, H<sub>3</sub>C-, H-                      d. O=CH-, HO-, H-, H<sub>3</sub>C-

7. Pasangan enantiomer dari senyawa kiral  adalah ....

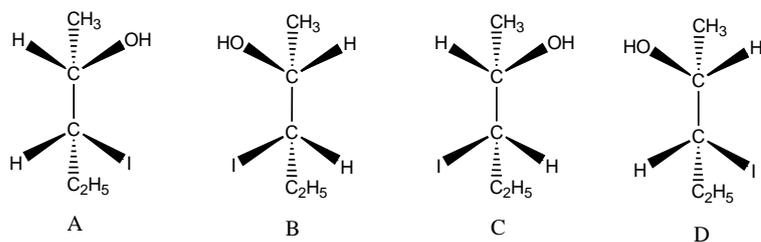


8. Berilah nama senyawa berikut dilengkapi dengan notasi konfigurasi absolutnya (R atau S).



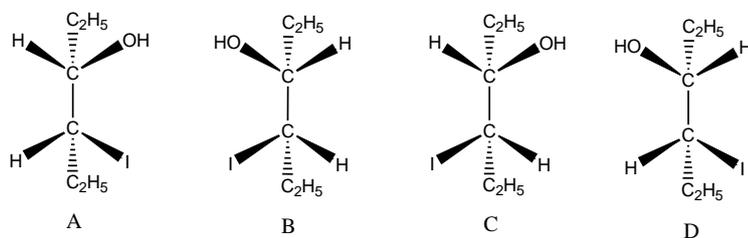
- a. (S)-2-metil-1-bromobutana                      b. (R)-2-metil-1-bromobutana  
 c. (S)-1-bromo-2-metilbutana                      d. (R)-1-bromo-2-metilbutana

9. Dari stereoisomer–stereoisomer di bawah ini, manakah yang merupakan pasangan enantiomer ?



- a. A dan B; C dan D  
 b. A dan C; A dan D; B dan C; B dan D  
 c. A dan B saja  
 d. C dan D saja

10. Pernyataan yang benar mengenai hubungan di antara stereoisomer-stereoisomer berikut adalah ....



- a. A dan B = pasangan enantiomer, B dan C = pasangan diastereomer, C dan D = senyawa meso.  
 b. C dan D = pasangan enantiomer, A dan B = pasangan diastereomer, B dan C = senyawa meso.  
 c. A dan B = pasangan enantiomer, C dan D = pasangan diastereomer, B dan C = pasangan diastereomer.  
 d. C dan D = pasangan enantiomer, B dan C = pasangan diastereomer, A dan D = pasangan diastereomer.

### Daftar Pustaka

Allinger, N.L., Cava, M.P., De Jongh, D.C., Johnson, C.R., Lebel, N.A., Stevens, C.L., 1986, *Organic Chemistry*, New York: Worth Publisher Inc.

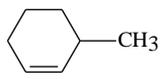
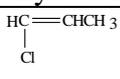
Fessenden, R.J., dan Fessenden, J.S., Alih bahasa oleh Pudjaatmaka, A.H., 1982., *Kimia Organik*, Jilid 1, Jakarta: Erlangga

Hart, H., Craine, L.E., dan Hart, D.J., Alih bahasa oleh Achmadi, S.S., 2003, *Kimia Organik, Suatu Kuliah Singkat*, Jakarta: Erlangga

Solomons, T.W.G., 1990, *Fundamentals of Organic Chemistry*, 3rd ed., New York: John Wiley & Sons

### Kunci Jawaban Tes Formatif 1

No	Kunci	Penjelasan
1	c	Dua struktur di bawah ini yang <u>bukan</u> merupakan pasangan isomer adalah pilihan c, karena keduanya merupakan satu senyawa identik, yaitu etilpropilketon. Dua struktur pada pilihan a merupakan isomeri rangka, karena mempunyai bentuk rangka karbon yang berbeda tetapi mempunyai rumus molekul sama. Dua struktur pada pilihan b merupakan isomeri fungsional, karena mempunyai jenis gugus fungsional yang berbeda tetapi mempunyai rumus molekul sama. Demikian pula halnya dengan dua struktur pada pilihan d yang merupakan isomeri posisi, karena mempunyai posisi gugus fungsional berbeda tetapi mempunyai rumus molekul sama.
2	b	Kedua struktur tersebut berisomeri posisi karena posisi gugus hidroksi berbeda, tetapi berumus molekul sama. Pada struktur sebelah kiri, posisi gugus hidroksil (-OH) terdapat pada karbon 1, sehingga namanya 1-butanol. Sementara itu, pada struktur di sebelah kanan, posisi gugus -OH terdapat pada karbon nomor 2, sehingga namanya 2-butanol.
3	b	Metilheksanoat mempunyai struktur $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C(=O)-O-CH}_3$ , dan mempunyai rumus molekul $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$ . Struktur pada pilihan a, b, c, dan d semuanya mempunyai rumus molekul sama, yaitu $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$ , akan tetapi yang merupakan isomer rangka dari metil heksanoat adalah struktur pada pilihan b, karena mempunyai bentuk rangka karbon berbeda. Pilihan a berbeda dengan metilheksanoat dalam jenis gugus fungsionalnya, sehingga disebut isomeri fungsional. Pilihan c berbeda dengan metil heksanoat dalam posisi gugus fungsionalnya, sedangkan pilihan d menggambarkan struktur identik dengan metilheksanoat.
4	c	Struktur 1-heptuna adalah $\text{CH}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ dan mempunyai rumus molekul $\text{C}_7\text{H}_{12}$ . Pilihan c, yaitu 3-heptuna, $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ , mempunyai jenis gugus fungsional sama, tetapi berbeda posisinya, sehingga merupakan isomer posisi, bukan isomer fungsional. Pilihan a, b, dan d menyajikan pilihan senyawa berumus molekul sama, yaitu $\text{C}_7\text{H}_{12}$ , tetapi jenis gugus fungsionalnya berbeda, sehingga merupakan isomer fungsional 1-heptuna. Struktur 2,4-heptadiena adalah $\text{CH}_3\text{-CH}=\text{CH-CH}=\text{CH-CH}_2\text{-CH}_3$ ,

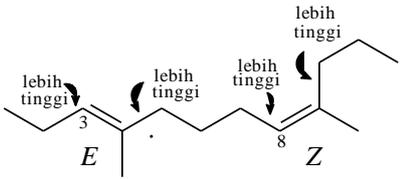
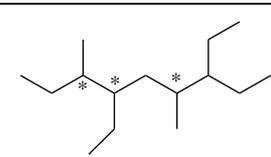
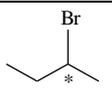
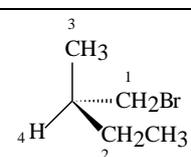
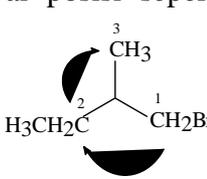
No	Kunci	Penjelasan
		<p>sikloheptena adalah , dan 3-metil-1-sikloheksena adalah .</p>
5	<b>a</b>	<p>Struktur pada pilihan a merupakan stereoisomernya, karena berbeda pada penataan ruang atom-atomnya, sedangkan urutan penggabungan atom-atomnya tidak berbeda. Struktur pada pilihan b merupakan isomer posisinya, karena berbeda pada posisi gugus fungsionalnya. Struktur pada pilihan c merupakan isomer fungsionalnya karena berbeda jenis gugus fungsionalnya. Struktur pada pilihan d merupakan isomer rangkanya, karena berbeda pada bentuk rangka karbonnya. Oleh karena itu, pilihan b, c, dan d merupakan isomer strukturnya, hanya pilihan a yang bukan merupakan isomer strukturnya.</p>
6	<b>d</b>	<p>Pasangan struktur yang merupakan isomer geometri adalah d, struktur sebelah kiri merupakan isomer trans, sedangkan struktur sebelah kanan merupakan isomer cis. Pasangan struktur pada pilihan a merupakan satu senyawa identik. Pasangan struktur pada pilihan b merupakan isomer posisi, dan masing-masing struktur tidak mungkin mempunyai isomer geometri karena salah satu karbon berikatan rangkap mengikat dua gugus yang sama. Pasangan struktur pada pilihan c merupakan satu senyawa identik.</p>
7	<b>a</b>	<p>Struktur 1-kloropropena . Pada setiap atom karbon yang berikatan rangkap terikat dua gugus yang berbeda, maka dimungkinkan terjadinya isomeri geometri. Pada 1-heksena, 3-bromopropena, dan 1,3-heksadiena terdapat karbon berikatan rangkap yang mengikat dua gugus yang sama, sehingga tidak mungkin terjadi isomeri geometri.</p>
8	<b>b</b>	<p>Untuk dapat mempunyai isomeri konfigurasi, suatu molekul harus mempunyai atom karbon kiral. Di antara 2,2-dikloropropana; 1,2-diklorobutana; 2-metilheksana, dan 2,3-dimetilbutana yang mempunyai atom karbon kiral hanya 1,2-diklorobutana, sedangkan yang lain tidak mempunyai atom karbon kiral. Atom karbon kiral pada 1,2-diklorobutana ditunjukkan dengan tanda bintang pada</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}^*-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{Cl} \quad \text{Cl} \end{array}$ <p>struktur berikut.</p>
9	<b>d</b>	<p>Isomeri konfigurasi ditemukan pada senyawa yang tidak mempunyai bidang simetri, salah satu cirinya adalah terdapat atom karbon kiral, yaitu atom karbon yang mengikat empat gugus berbeda. Pada pilihan d terdapat atom karbon kiral, yaitu atom karbon nomor dua, dan konfigurasi atau penyusunan ruang gugus-gugus di atom karbon kiral pada struktur di sebelah kiri berbeda dengan struktur di sebelah kanan.</p>

No	Kunci	Penjelasan
		Oleh karena itu, kedua struktur pada pilihan d berisomeri konfigurasi. Pasangan struktur pada pilihan a tidak berisomeri konfigurasi, karena tidak mempunyai atom karbon kiral. Pasangan struktur pada pilihan b bukan merupakan isomeri konfigurasi, tetapi isomeri geometri. Pasangan struktur pada pilihan c juga bukan merupakan isomeri konfigurasi, melainkan isomeri posisi, karena posisi ikatan rangkap pada kedua struktur berbeda.
10	c	I = isomeri posisi karena berbeda pada posisi ikatan rangkap, II = isomeri fungsional karena berbeda jenis gugus fungsionalnya, struktur sebelah kiri aldehida, sebelah kanan keton, III = isomeri rangka karena berbeda dalam bentuk rangka karbonnya, IV = isomeri konfigurasi karena berbeda dalam konfigurasi di atom karbon kiral, V = isomeri geometri karena berbeda penataan ruang gugus-gugus di sekitar ikatan rangkap.

### Kunci Jawaban Tes Formatif 2

No	Kunci	Penjelasan
1	d	Hubungan cis berlangsung bila terdapat dua gugus sama yang terikat pada kedua atom karbon ikatan rangkap, dan posisi kedua gugus tersebut terletak pada sisi ikatan rangkap yang sama. Pilihan a bukan cis karena kedua gugus etil terletak pada sisi yang bersebrangan. Pilihan b juga tidak dapat dikatakan berhubungan sebagai cis, karena gugus yang berprioritas lebih tinggi tidak sama dan berada pada posisi bersebrangan, sehingga lebih tepat diberi notasi E. Pada pilihan c karena dua gugus yang terikat pada suatu karbon cincin sama, maka tidak mungkin ditemui hubungan cis/trans. Pilihan d merupakan pilihan tepat, karena pada kedua karbon ikatan rangkap terdapat gugus berprioritas lebih tinggi yang sama dan terletak pada posisi yang sama
2	b	Alkena pada pilihan a dan d mempunyai karbon-karbon yang mengikat gugus berprioritas lebih tinggi pada sisi yang sama., oleh karena itu mempunyai notasi Z. Sementara itu, alkena pada pilihan c tidak merupakan isomer geometri, karena atom karbon ikatan rangkapnya mengikat gugus yang sama. Pilihan b adalah pilihan yang benar, karena gugus berprioritas lebih tinggi, yaitu $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2$ terletak pada posisi bersebrangan, sehingga alkena tersebut mempunyai notasi E.



No	Kunci	Penjelasan
3	d	<p>Pada ikatan rangkap yang terletak pada atom C 3 dan 4, dua gugus yang berprioritas lebih tinggi terletak pada posisi bersebrangan, jadi notasinya <i>E</i>, sedangkan pada ikatan rangkap yang terletak pada atom C nomor 8 dan 9, dua gugus yang berprioritas lebih tinggi terletak pada sisi yang sama, maka notasinya <i>Z</i>. Dengan demikian nama lengkap alkadiena tersebut adalah <b>(3<i>E</i>,8<i>Z</i>)-4,9-dimetildodekadiena.</b></p> 
4	a	<p><math>\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ \text{CH}_3\text{-C-CH}_3 \\   \\ \text{Cl} \end{array}</math> 2,2-Dikloropropana adalah senyawa yang tidak mempunyai pusat kiral, karena tidak ada karbon yang mengikat 4 gugus berbeda.</p>
5	c	<p>Karbon kiral adalah karbon yang mengikat empat gugus berbeda. Pada senyawa tersebut terdapat tiga karbon kiral, yaitu</p> 
6	b	<p>Dari empat gugus HS-, H<sub>2</sub>C=CH-, H<sub>3</sub>C-, H-, atom yang terikat langsung dengan atom C kiral adalah S, C, C, dan H. Nomor atom S&gt;C&gt;H, jadi HS- berprioritas paling tinggi, dan H berprioritas paling rendah. H<sub>2</sub>C=CH- mempunyai prioritas lebih tinggi dari H<sub>3</sub>C, karena setelah C pertama pada H<sub>2</sub>C=CH- terikat C, C, dan H, sedangkan pada H<sub>3</sub>C terikat H, H, H.</p>
7	a	<p>Pada senyawa tersebut, pusat kiralnya adalah . Oleh karena itu pasangan enantiomernya adalah pasangan struktur pada pilihan a. Kedua struktur pada pilihan b merupakan senyawa yang sama, sedangkan pilihan c dan d tidak digambarkan pada pusat kiral.</p>
8	d	<p>Untuk mengetahui konfigurasi absolut senyawa tersebut, maka tentukan urutan prioritas setiap gugus yang terikat pada karbon kiral, hasilnya adalah . Bila gugus berprioritas terendah diletakkan di belakang, maka gugus-gugus yang lain mempunyai posisi seperti dalam gambar. Bila ditarik anak panah dari gugus berprioritas 1 ke prioritas 2 dan selanjutnya 3, maka arah perputarannya searah jarum jam, jadi konfigurasinya R. Karena gugus terpanjangnya rantai 4 karbon, maka nama lengkapnya adalah <b>(R)-1-bromo-2-metilbutana.</b></p> 
9	a	<p>Di antara struktur-struktur tersebut yang merupakan pasangan enantiomer adalah A dan B, juga C dan D. Pilihan b merupakan</p>

No	Kunci	Penjelasan
		pasangan-pasangan diastereomer, sedangkan pilihan c dan d merupakan pasangan enantiomer, tetapi tidak lengkap karena masih terdapat pasangan enantiomer lain yang belum disebutkan.
10	<b>d</b>	Di antara stereoisomer tersebut tidak terdapat senyawa meso, terdapat dua pasang enantiomer, yaitu A dan B, serta C dan D, sedangkan pasangan diastereomer ada 4 yaitu A dan C; A dan D; B dan C; B dan D. Oleh karena itu, pilihan yang paling tepat adalah d.

## GLOSSARIUM

Akiral	:	Molekul tidak kiral, sehingga berhimpit dengan bayangan cerminnya
Campuran rasemik	:	Suatu campuran 1:1 dari dua enantiomer
Cis	:	Suatu awalan yang artinya “ pada sisi yang sama”
Diastereomer	:	Pasangan stereoisomer yang tidak merupakan bayangan cermin satu sama lain
<i>E</i>	:	Notasi untuk menandai adanya gugus yang berprioritas lebih tinggi berada pada sisi yang bersebrangan dari suatu ikatan rangkap
Enantiomer	:	Pasangan stereoisomer yang merupakan bayangan cermin satu sama lain
Isomer	:	Senyawa-senyawa berbeda yang mempunyai rumus molekul sama
Isomer cis-trans	:	Isomer yang mempunyai urutan penyusunan atom-atom yang sama, tetapi berbeda dalam penataan atom-atom di sekitar ikatan rangkap atau suatu cincin
Isomer struktur	:	Molekul-molekul yang mempunyai rumus molekul sama, tetapi berbeda dalam cara penyusunan atom-atom
Kiral	:	Suatu molekul yang tidak mempunyai bidang simetri, sehingga berhimpit dengan bayangan cerminnya
Konfigurasi	:	Susunan/penataan ruang atom-atom di seputar pusat kiral
Konfigurasi absolut	:	Sistem penentuan konfigurasi pada suatu pusat kiral berdasarkan struktur sesungguhnya, ditandai dengan R atau S
Polarimeter	:	Suatu alat untuk mengukur kemampuan suatu senyawa untuk memutar bidang cahaya terpolarisasi
R	:	Dari Bahasa Latin, rectus, artinya lurus, benar. Digunakan dalam system konfigurasi absolute R/S untuk menunjukkan jika gugus berprioritas terendah dijauhkan dari kita, urutan prioritas gugus dari yang paling tinggi ke yang lebih rendah pada suatu pusat kiral adalah searah jarum jam.
S	:	Dari Bahasa Latin, sinister, artinya kiri. Digunakan dalam system konfigurasi absolut R/S untuk menunjukkan jika

gugus berprioritas terendah dijauhkan dari kita, urutan prioritas gugus dari yang paling tinggi ke yang lebih rendah pada suatu pusat kiral adalah berlawanan dengan arah jarum jam.

- Senyawa meso : Senyawa yang mempunyai bidang simetri, walaupun mempunyai pusat kiral
- Sistem R,S : Suatu rangkaian aturan untuk menentukan konfigurasi absolut (sesungguhnya) di sekitar pusat kiral
- Stereoisomer : Isomer-isomer yang berbeda dalam cara penataan ruang atom-atom
- Stereokimia : Bidang kimia yang mempelajari struktur molekul dalam ruang
- Trans : Suatu awalan yang artinya “ pada sisi yang bersebrangan
- Z : Notasi untuk menandai adanya gugus yang berprioritas lebih tinggi berada pada sisi yang sama dari suatu ikatan rangkap