

Senyawa Bifungsional

Siti Aisyah, S.Pd., M.Si.



PENDAHULUAN

Pada materi Kimia Organik 1 Anda telah mempelajari berbagai senyawa organik dengan beragam gugus fungsi di antaranya adalah senyawa alkena ($-C=C-$), alkil halida ($-C-X$), alkohol ($-C-OH$), eter ($-C-O-C-$), aldehida ($-CHO$), keton ($-C=O$), asam karboksilat ($COOH$), ester ($-COOR$), dan amina ($-NH_2$). Pada modul ini Anda akan kembali mempelajari senyawa yang memiliki gugus fungsi tetapi bukan yang hanya memiliki satu gugus fungsi (monofungsional) tetapi senyawa yang memiliki dua gugus fungsi (bifungsional). Mengapa Anda perlu mempelajari senyawa bifungsional? Karena banyak reaksi sintesis yang menggunakan senyawa yang mengandung gugus fungsi lebih dari satu, selain itu sifat fisika dan kimianya pada beberapa senyawa berbeda dibandingkan dengan senyawa monofungsional. Pada Modul 1 ini Anda akan dikenalkan pada berbagai struktur senyawa yang mengandung dua gugus fungsi termasuk sifat, klasifikasi, tatanama dan pembuatannya. Sedangkan reaktivitas dan reaksi yang dapat dialami senyawa bifungsional akan dibahas pada modul berikutnya.

Setelah mempelajari modul ini diharapkan Anda dapat menjelaskan tentang senyawa bifungsional.

Pada modul ini Anda akan mempelajari senyawa bifungsional melalui dua kegiatan belajar yang pembahasannya akan meliputi struktur dan sifat, klasifikasi dan tatanama, serta pembuatan senyawa bifungsional. Setelah mempelajari modul ini diharapkan Anda mampu:

1. mendefinisikan senyawa bifungsional;
2. memberikan contoh senyawa bifungsional;
3. mengelompokkan senyawa bifungsional berdasarkan gugus fungsi yang dikandungnya;
4. menjelaskan sifat senyawa bifungsional;
5. memberikan nama senyawa bifungsional;

6. menjelaskan pembuatan senyawa 1,2-bifungsional;
7. menjelaskan pembuatan senyawa 1,3-bifungsional;
8. menjelaskan pembuatan senyawa 1,4 dan 1,5-bifungsional.

Agar Anda dapat dengan mudah mempelajarinya, maka pada modul ini pembahasan dibagi menjadi dua kegiatan belajar. Kegiatan Belajar 1 membahas mengenai struktur, klasifikasi, dan tatanama senyawa bifungsional yang mendukung pencapaian tujuan 1, 2, 3, 4, dan 5. Kegiatan Belajar 2 membahas mengenai pembuatan senyawa bifungsional yang mendukung pencapaian tujuan 6, 7, dan 8.

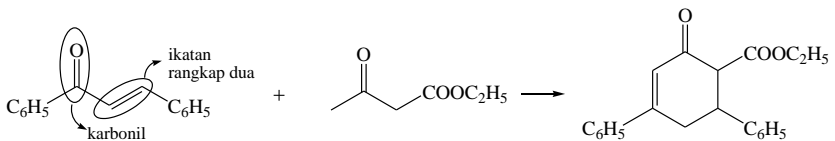
Agar dapat mencapai penguasaan yang optimal, tentu saja dibutuhkan peran aktif Anda dalam mempelajari modul ini. Peran aktif tersebut di antaranya dapat diwujudkan dengan cara membaca uraian dan contoh, mengerjakan tugas-tugas dan latihan yang diberikan, membaca rangkuman, mengerjakan tes formatif yang diulas dalam modul ini serta mengaitkannya dengan pengetahuan yang telah anda peroleh di modul-modul sebelumnya. Usahakanlah agar Anda mengerjakan soal-soal itu sendiri, dan kemudian periksa jawaban itu dalam buku ajar. Jika jawaban anda benar, berarti anda cukup menguasai bahan. Jika ada beberapa jawaban yang salah, pelajarilah kembali kegiatan belajar yang terdapat dalam Modul 1 ini. Ketekunan dan kedisiplinan dalam mempelajari materi dan mengerjakan semua tugas akan sangat membantu Anda dalam pencapaian tujuan pembelajaran secara optimal.

Selamat belajar!

KEGIATAN BELAJAR 1

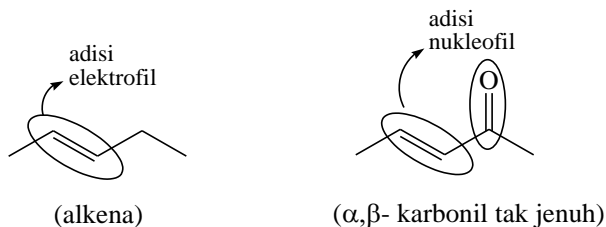
Struktur dan Klasifikasi Senyawa Bifungsional

Dalam berbagai reaksi sintesis yang terjadi di laboratorium atau reaksi sintesis yang terjadi di alam (biosintesis), sering kali melibatkan senyawa yang mengandung gugus fungsi lebih dari satu. Sebagai contoh, reaksi pembentukan cincin, pada sintesis berbagai senyawa steroid, sering dilakukan melalui anulasi cincin Robinson. Reaksi ini menggunakan senyawa α,β -karbonil tak jenuh yang mengandung dua gugus fungsi yaitu gugus karbonil dan ikatan rangkap dua yang berposisi pada karbon β dari gugus karbonil.



Gambar 1.1.
Reaksi Pembentukan Cincin Robinson

Selain itu, yang menarik dari senyawa yang memiliki gugus fungsi lebih dari satu adalah dalam banyak kasus kehadiran dua gugus fungsi atau lebih menyebabkan perubahan pada sifat fisika dan kimia, khususnya pada saat jarak antara dua gugus fungsi itu berdekatan. Sebagai contoh senyawa alkena yang memiliki ikatan rangkap dua karbon-karbon, memiliki sifat yang berbeda dengan senyawa α,β -karbonil tak jenuh yang juga memiliki ikatan rangkap dua karbon-karbon tetapi juga mengandung gugus fungsi karbonil. Ikatan rangkap dua pada senyawa karbonil α,β -karbonil tak jenuh akan mengalami reaksi adisi nukleofil sedangkan ikatan rangkap dua pada senyawa alkena hanya akan mengalami reaksi adisi dengan elektrofil.

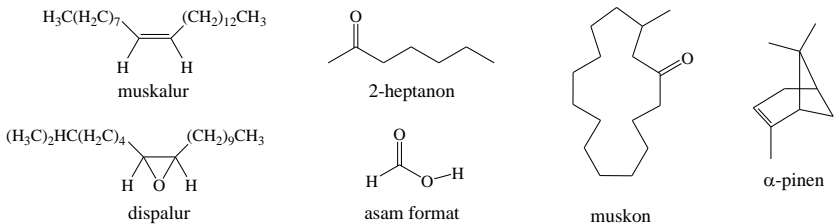


Untuk mempelajari senyawa yang memiliki gugus fungsi lebih dari satu, khususnya senyawa yang memiliki dua gugus fungsi (bifungsional), maka pada Kegiatan Belajar 1 (KB 1) ini Anda diajak untuk mengkaji struktur dan sifat senyawa bifungsional yang diikuti dengan klasifikasi dan tatanamanya. Oleh karena itu setelah menyelesaikan KB 1 ini Anda diharapkan mampu memahami karakteristik senyawa bifungsional sehingga mampu mendefinisikan dan memberikan contoh senyawa bifungsional. Selain itu, Anda diharapkan mampu menjelaskan sifat senyawa bifungsional, mengelompokkan dan memberikan nama senyawa bifungsional. Berkaitan dengan tujuan tersebut, bacalah uraian berikut dengan cermat, kerjakan latihan setelah membaca terlebih dahulu dengan seksama rambu-rambu pengerjaan latihan dan kerjakan tes formatif setelah membaca rangkuman.

A. STRUKTUR DAN SIFAT SENYAWA BIFUNGSIONAL




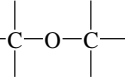







Gugus fungsi pada senyawa organik merupakan atom atau gugus atom yang merupakan pusat kereaktifan suatu molekul. Dalam suatu molekul, gugus fungsi dapat berjumlah hanya satu (monofungsional) atau lebih dari satu. Beberapa senyawa monofungsional di antaranya adalah senyawa muskalur, dispalur, heptanon, asam format, muskon dan α -pinen. **Muskalur** dan **dispalur** merupakan senyawa feromon yang dihasilkan oleh serangga untuk berkomunikasi. Muskalur dihasilkan oleh lalat rumah sedangkan dispalur dihasilkan oleh serangga kepik gipsi (*Limatria dispar*) yang merupakan serangga rakus yang dapat merusak pohon peneduh dan buah-buahan yang keduanya dihasilkan sebagai zat penarik seks. Jika kita perhatikan strukturnya maka kedua senyawa tersebut merupakan senyawa alifatik sederhana yang hanya memiliki satu gugus fungsi yang berbeda satu sama lain. Pada senyawa muskalur terdapat gugus fungsi ikatan rangkap dua (kelompok senyawa alkena) sedangkan dispalur mengandung gugus epoksida. Dengan bobot molekul yang rendah kedua senyawa tersebut jadi bersifat atsiri dan dapat tersebar dengan cepat. Senyawa **2-heptanon** merupakan senyawa yang banyak terkandung dalam minyak cengkeh. Senyawa ini merupakan cairan tidak berwarna dengan bau buah. Berdasarkan strukturnya senyawa ini merupakan senyawa alifatik yang memiliki gugus fungsi karbonil (kelompok senyawa keton). Senyawa **asam format** merupakan senyawa yang banyak dihasilkan oleh semut merah (rangrang) sehingga sering disebut sebagai asam semut. Berdasarkan strukturnya

senyawa ini merupakan senyawa alifatik yang mengandung gugus karboksil (kelompok senyawa asam karboksilat). Berbeda dengan keempat senyawa sebelumnya yang merupakan senyawa alifatik, senyawa **muskon** dan **α -pinen** merupakan senyawa siklik (cincin) yang masing-masing mengandung gugus fungsi karbonil (kelompok senyawa keton) dan ikatan rangkap dua (kelompok senyawa alkena). Senyawa muskon merupakan senyawa karbonil yang dihasilkan oleh rusa Asia Tengah. Senyawa ini sering digunakan oleh manusia sebagai parfum. Sedangkan senyawa α -pinen merupakan senyawa atsiri dari jenis terpen (akan dibahas di Modul 7) yang banyak dihasilkan oleh *turpentine* yaitu minyak yang sangat mudah menguap yang diperoleh dari pohon pinus dan digunakan sebagai cat minyak untuk melukis.



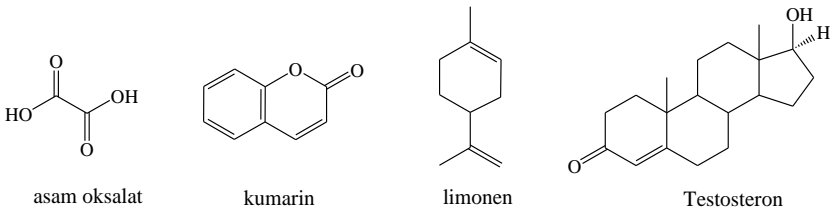
Berdasarkan uraian tersebut dapat kita lihat bahwa beberapa senyawa organik mengandung satu gugus fungsi (monofungsional) yang di antaranya adalah ikatan rangkap dua ($-\text{C}=\text{C}-$), alkohol ($-\text{C}-\text{OH}$), keton ($-\text{C}=\text{O}$), serta asam karboksilat (COOH). Beberapa gugus fungsi lainnya diantaranya adalah ikatan rangkap tiga ($-\text{C}\equiv\text{C}-$), eter ($-\text{C}-\text{O}-\text{C}-$), aldehida ($-\text{CHO}$), amina ($-\text{C}-\text{NH}_2$), amida ($-\text{CO}-\text{NH}_2$) dan halida ($-\text{C}-\text{X}-$). Gugus fungsi beserta contoh senyawanya dapat Anda lihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1.
Struktur, Golongan, dan Contoh Senyawa Monofungsional

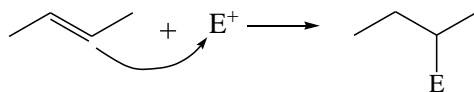
Struktur gugus fungsi	Golongan senyawa	Contoh
	Alkena	 etilena, digunakan untuk membuat polietilena
$\text{—C}\equiv\text{C—}$	Alkuna	$\text{H—C}\equiv\text{C—H}$ asetilena, digunakan untuk pengelasan
	Alkohol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{—OH}$ etanol, terdapat dalam minuman beralkohol
	Eter	$\text{C}_2\text{H}_5\text{—O—C}_2\text{H}_5$ dietileter, dahulu digunakan sebagai obat bius
	Aldehida	 formaldehida, digunakan untuk mengawetkan mayat
	Keton	$\text{H}_3\text{C—C(=O)—CH}_3$ aseton, pelarut untuk vernis
	Asam karboksilat	$\text{H}_3\text{C—C(=O)—OH}$ asam asetat (asam cuka)
	Ester	$\text{H}_3\text{C—C(=O)—O—C}_2\text{H}_5$ etil asetat, pelarut untuk cat kuku
	Amina	$\text{C}_2\text{H}_5\text{—NH}_2$ etil amina
	Amida	H—C(=O)—NH_2 formamida, pelembut untuk kertas
—X (X=halogen)	Alkil halida	$\text{H}_3\text{C—Cl}$ metil klorida

Di samping senyawa monofungsional terdapat banyak sekali senyawa organik yang mengandung gugus fungsi dua (bifungsional) atau lebih. Senyawa tersebut di antaranya adalah asam oksalat, kumarin, limonen dan testosteron. **Asam oksalat** merupakan senyawa yang banyak dihasilkan oleh tumbuhan dari famili Oxalic. Senyawa ini merupakan senyawa alifatik yang

mengandung dua buah gugus fungsi karboksil. **Kumarin** merupakan senyawa yang dapat dijumpai pada cengkeh dan rumput. Senyawa ini memberikan bau harum rumput yang baru dipangkas. Senyawa kumarin merupakan senyawa siklik yang memiliki ikatan rangkap dua dan ester siklik. **Limonen** merupakan senyawa terpen siklik yang dapat dijumpai pada kulit jeruk. Senyawa ini mengandung dua ikatan rangkap dua. **Testosteron** merupakan senyawa steroid anabolik (pembangun otot) yang sering diberikan kepada orang yang sembuh dari pembedahan atau trauma sejenis untuk mencegah pelayuan pada otot. Berdasarkan strukturnya, senyawa ini mengandung tiga gugus fungsi yaitu karbonil yang terkonjugasi dengan ikatan rangkap dua, dan hidroksil.

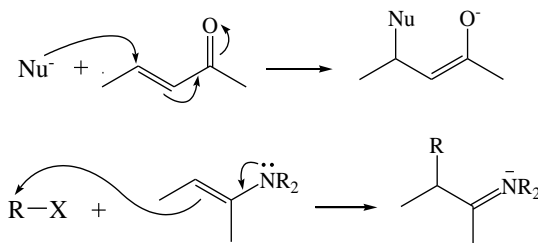


Dari contoh di atas maka dapat kita simpulkan bahwa banyak senyawa organik mengandung gugus fungsi lebih dari satu, baik itu gugus fungsi yang sejenis seperti pada asam oksalat dan limonen, maupun yang berlainan jenis seperti pada kumarin dan tetosteron. **Bagaimanakah pengaruh kehadiran gugus fungsi yang satu terhadap yang lainnya?** Dalam beberapa kasus, sifat kimia dari senyawa bifungsional/polifungsional (yang memiliki gugus fungsi lebih dari satu) serupa dengan senyawa monofungsional yang memiliki gugus yang sama. Tetapi dalam kasus yang lainnya keberadaan dua gugus fungsi atau lebih menyebabkan perubahan pada sifat fisika dan kimia, khususnya pada saat jarak antara dua gugus fungsi itu berdekatan. Sebagai contoh perhatikanlah ketiga sifat kimia dari struktur yang memiliki ikatan rangkap dua berikut ini. Senyawa alkena pertama memiliki ikatan rangkap dua karbon-karbon. Senyawa ini memiliki ikatan π (setiap ikatan rangkap dua melambangkan satu ikatan σ /sigma dan satu ikatan π /phi) yang sangat mudah menyerang elektrofil (C yang bermuatan relatif positif) dan mengalami reaksi adisi elektrofilik. Sehingga senyawa monofungsional yang memiliki ikatan rangkap dua akan bereaksi hanya dengan elektrofil.



Gambar 1.2.
Reaksi Senyawa Monofungsional Alkena

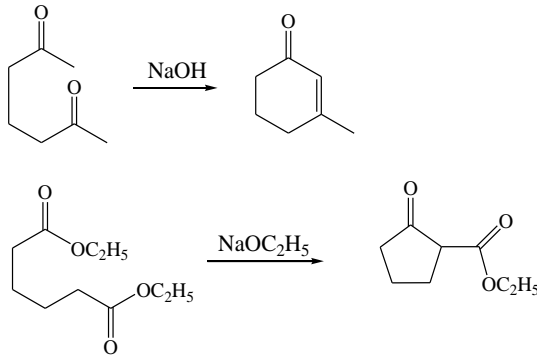
Tetapi hal ini sangat berbeda ketika pada senyawa ikatan rangkap dua juga terdapat gugus fungsi lain. Sebagai contoh senyawa yang mengandung ikatan rangkap yang terkonjugasi (posisi C yang mengandung gugus fungsi bersebelahan) dengan gugus karbonil atau disebut sebagai α,β -karbonil tak jenuh. Senyawa ini memiliki sifat kimia yang berbeda. Ikatan rangkap dua pada senyawa tersebut akan bereaksi dengan nukleofil (C yang bermuatan relatif positif) dan mengalami reaksi adisi dengan nukleofil. Bandingkan juga dengan senyawa yang memiliki ikatan rangkap lain yaitu yang terkonjugasi tetapi dengan gugus amina. Senyawa tersebut sekarang berubah menjadi suatu nukleofil kuat yang justru akan bereaksi dengan elektrofil seperti pada senyawa alkil halida. Dari uraian tersebut jelaslah bahwa kehadiran gugus kedua dapat mengakibatkan perubahan pada sifat kimia senyawa terutama pada saat posisi gugus fungsi kedua berdekatan dengan posisi gugus fungsi pertama. Lalu, bagaimanakah jika posisi gugus kedua berjauhan? Apakah gugus tersebut akan mengakibatkan perubahan sifat kimia molekul?



Gambar 1.3.
Reaksi Senyawa Bifungsional Alkena

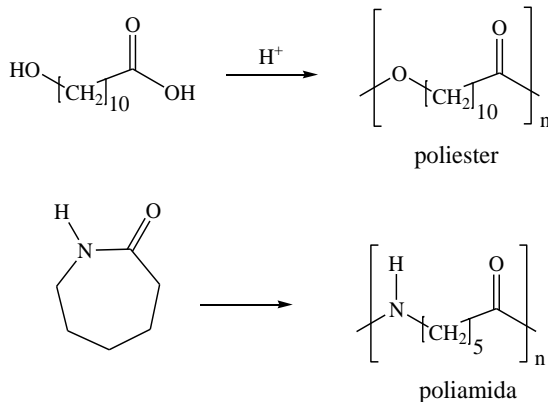
Pada beberapa kasus, ketika dua gugus fungsi terpisahkan secara jauh, ternyata kedua gugus fungsi tersebut masih dapat berinteraksi satu dengan yang lainnya. Ada beberapa hal yang dapat terjadi pada kondisi ini. Yang pertama, pada saat kedua gugus fungsi yang berinteraksi tersebut terdapat dalam satu molekul maka akan terjadi reaksi intramolekuler yang akan

mengarah pada pembentukan senyawa siklik. Sebagai contoh, senyawa diketon dan dieter yang dapat mengalami reaksi kondensasi aldol dan claisen pada kondisi dasar yang mengarah pada pembentukan senyawa siklik.



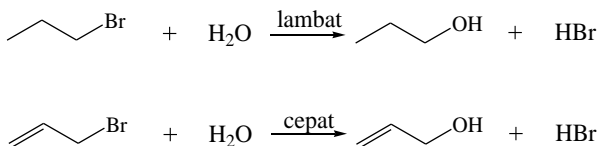
Gambar 1.4.
Reaksi Intramolekuler Senyawa Bifungsional

Sedangkan pada kondisi yang kedua di mana gugus fungsi yang berinteraksi dengan gugus fungsi lain terdapat pada molekul yang berlainan maka akan mengarah pada pembentukan senyawa polimer. Sebagai contoh perhatikanlah reaksi pembentukan polimer berikut. Senyawa asam hidroksil karboksilat dan senyawa amida siklik di bawah ini bereaksi dengan gugus fungsi dalam molekul yang berlainan membentuk senyawa poliester dan poliamida.



Gambar 1.5.
Reaksi Pembentukan Polimer Senyawa Bifungsional

Selain mengubah sifat kimia, kehadiran gugus fungsi kedua juga dapat mengubah kecepatan reaksi yang terjadi. Untuk lebih jelasnya perhatikanlah reaksi di bawah ini. Senyawa monofungsional alkil halida (propil bromida) yang memiliki gugus fungsi halida, bereaksi sangat lambat dengan air menghasilkan senyawa alkohol. Tetapi kecepatan reaksinya berubah dengan kehadiran gugus fungsi kedua yang dalam kasus ini adalah ikatan rangkap dua. Senyawa 3-bromo-1-propena yang memiliki ikatan rangkap dua dan gugus fungsi halida bereaksi cepat dengan air. Penjelasan lebih jauh mengenai perubahan sifat kimia pada senyawa bifungsional akan dibahas pada modul berikutnya.

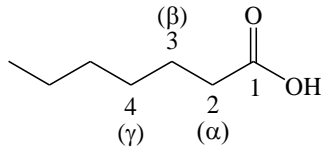


Gambar 1.6.
Reaksi Senyawa Monofungsional dan Bifungsional Halida

B. KLASIFIKASI SENYAWA BIFUNGSIONAL

Untuk mempermudah mempelajari senyawa bifungsional, maka dilakukan pengelompokan atau pengklasifikasian senyawa yang biasanya dilakukan berdasarkan karakter/jenis gugus fungsi dan posisi relatif antar gugus fungsi tersebut.

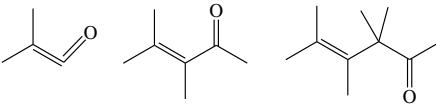
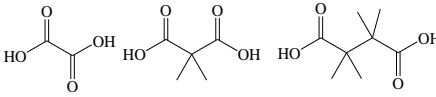
Berdasarkan Tabel 1.2 terdapat dua kelompok utama senyawa bifungsional yaitu kelompok senyawa yang memiliki dua jenis gugus fungsi yang sama yaitu kelompok senyawa diol, diena, diamina, dikarbonil, dan dikarboksilat, serta kelompok senyawa yang memiliki dua jenis gugus fungsi yang berbeda yaitu hidroksikarbonil, amina karbonil, dan karbonil tak jenuh. Selain berdasarkan jenis gugus fungsi, pengelompokan juga dapat dilakukan berdasarkan posisi antara gugus fungsi yang satu dengan gugus fungsi yang lain. Posisi antara dua gugus fungsi dapat bersebelahan (1,2 atau α), terhalang oleh satu atom C (1,3 atau β), terhalang oleh dua atom C (1,4 atau γ), atau terhalang oleh lebih dari dua atom C (Gambar 1.7).



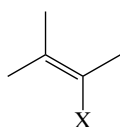
Gambar 1.7.
Posisi Gugus Fungsi Relatif terhadap Gugus Karboksil

Tabel 1.2.
Jenis, Kelompok, dan Contoh Senyawa Bifungsional

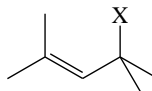
Jenis gugus fungsi	Kelompok senyawa	Contoh senyawa
Ikatan rangkap dua	Diena	<p>1,2- 1,3- 1,4-</p>
Hidroksil	Diol	<p>1,2- 1,3- 1,4-</p>
Amina	Diamin	<p>1,2- 1,3- 1,4-</p>
Hidroksil dan karbonil	Hidroksikarbonil	<p>$\alpha(2-)$ $\beta(3-)$ $\gamma(4-)$</p>
Amina dan karbonil	Aminokarbonil	<p>$\alpha(2-)$ $\beta(3-)$ $\gamma(4-)$</p>
Karbonil	Di karbonil (dion)	<p>$\alpha(2-)$ $\beta(3-)$ $\gamma(4-)$</p>

Jenis gugus fungsi	Kelompok senyawa	Contoh senyawa
Ikatan rangkap dua dan karbonil	Karbonil tak jenuh (enon)	 keten(1,2-) $\alpha,\beta(2,3-)$ $\beta,\gamma(3,4-)$
Karboksil	Dikarboksilat	 $\alpha(1,2-)$ $\beta(1,3-)$ $\gamma(1,4-)$

Selain kelompok senyawa bifungsional yang tercantum pada Tabel 1.2, terdapat beberapa kelompok senyawa bifungsional lain yang dianggap sebagai turunan dari senyawa pada Tabel 1.2. Kelompok bifungsional tersebut di antaranya adalah turunan vinil dan turunan alil. Di mana enol, enol eter, enammin, dan vinil halida dapat dianggap sebagai turunan asam karboksilat. Sedangkan alil alkohol, alil eter, alil amina, dan alil halida dapat dianggap sebagai senyawa yang berhubungan dengan α -karbonil tersubstitusi.



$X = \text{OH}$ enol
 $X = \text{OR}$ enol eter
 $X = \text{NR}_2$ enammin
 $X = \text{halogen}$ vinil halida



$X = \text{OH}$ alil alkohol
 $X = \text{OR}$ alil eter
 $X = \text{NR}_2$ alil amin
 $X = \text{halogen}$ alil halida

Gambar 1.8.
Kelompok Senyawa Turunan Vinil dan Turunan Alil

Hal yang perlu diperhatikan, masih terdapat beberapa senyawa bifungsional lain yang tidak tercantum pada kegiatan belajar ini. Selain itu terdapat juga senyawa yang mengandung gugus fungsi lebih dari dua yang disebut sebagai senyawa polifungsional. Tetapi dengan berbekal pengetahuan pada kegiatan belajar ini Anda diharapkan mampu mempelajarinya.

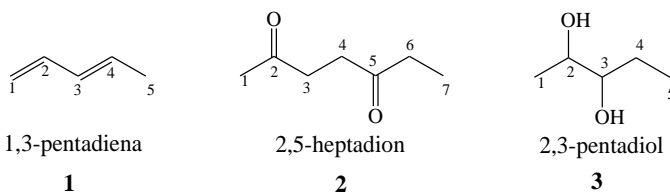
C. TATANAMA SENYAWA BIFUNGSIONAL

Seperti halnya kelompok senyawa organik yang lain, kelompok senyawa bifungsional memiliki aturan tatanama sendiri. Untuk senyawa yang mengandung dua gugus fungsi yang identik, senyawa tersebut diberi nama sama dengan senyawa monofungsionalnya, kecuali diberi tambahan di atau tri untuk menunjukkan jumlah gugus fungsi yang lebih dari satu. Sedangkan untuk senyawa yang mengandung dua gugus fungsi yang berbeda maka salah satu gugus fungsi menjadi “awalan” dan gugus fungsi lainnya menjadi “akhiran”. Gugus fungsi yang menjadi “akhiran” merupakan gugus fungsi dengan prioritas gugus fungsi paling tinggi, sedangkan gugus fungsi dengan prioritas lebih rendah menjadi “awalan”. Tabel 1.3 menunjukkan prioritas gugus fungsi dari yang tertinggi sampai yang terendah. Sedangkan untuk menunjukkan posisi dari gugus fungsi, dapat digunakan penomoran dengan menggunakan angka (1,2,3, dan seterusnya) atau menggunakan huruf latin (α , β , γ , δ , dan seterusnya). Untuk pemberian nama senyawa secara individu, penggunaan angka untuk menunjukkan posisi gugus fungsi lebih sering digunakan, sedangkan huruf latin secara khusus digunakan untuk menunjukkan kelompok yang berbeda dari dua senyawa bifungsional.

Tabel 1.3.
Urutan Prioritas Gugus Fungsi

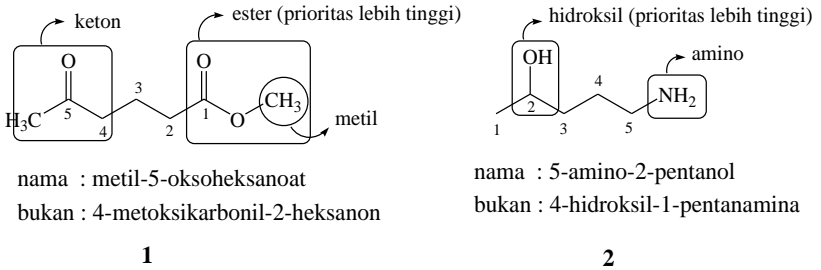
Gugus fungsi	Awalan	Akhiran	Akhiran alternatif
-COOH	karboksil-	asam -oat	asam -karboksilat
-SO ₃ H	sulfo-	asam -esulfonat	
-COOR	alkoksikarbonil-	-oat	-karboksilat
-SO ₃ R	alkoksisulfonil-	-esulfonat	
-COCl	kloroformil	-oil klorida	-karbonilklorida
-CONH ₂	karbamoil-	-amida	-karboksamida
-CN	siano-	-enitril	-karbonitril
-CHO	okso- (atau formil-)	-al	-karbaldehida
-C=O	okso-	-on	
-OH	hidroksi-	-ol	
-SH	merkpto-	-etiol	
-NH ₂	amino-	-amina	
-OR	alkoksi-	-	
-SR	alkiltio-	-	
-Cl	kloro-	-	
-NO ₂	nitro-	-	

Untuk lebih memperjelas cara memberikan nama kepada senyawa bifungsional, pelajarilah contoh berikut ini. Untuk senyawa dengan gugus fungsi sejenis perhatikanlah tiga senyawa berikut ini. Senyawa nomor **1** memiliki dua gugus fungsi ikatan rangkap dua (diena) pada posisi C no 1 dan 3. Dengan jumlah atom C sebanyak lima maka nama senyawa 1 adalah 1,3-pentadiena. Senyawa nomor **2** memiliki dua gugus fungsi keton (dion) pada posisi no 2 dan 5. Dengan jumlah karbon tujuh maka nama senyawa tersebut adalah 2,5-heptadion. Sama dengan senyawa sebelumnya maka senyawa nomor 3 diberi nama 2,3-pentadiol.



Gambar 1.9.
Contoh Nama Senyawa dengan Gugus Fungsi Sejenis

Sedangkan untuk senyawa dengan gugus fungsi yang berbeda perhatikanlah penamaan dua senyawa berikut ini. Senyawa nomor **1** memiliki dua gugus fungsi yang berbeda yaitu karbonil dan ester. Berdasarkan urutan prioritas, gugus ester memiliki derajat lebih tinggi dibandingkan keton sehingga gugus ester menjadi akhiran (-oat) dan diberi nomor lebih kecil, sedangkan keton menjadi awalan (okso-). Dengan jumlah karbon pada rantai utama sebanyak enam, maka nama senyawa nomor **1** adalah metil-5-oksoheksanoat. Senyawa nomor **2** memiliki dua gugus fungsi hidroksil dan amino. Berdasarkan urutan prioritas, gugus hidroksil memiliki derajat lebih tinggi dibandingkan amino, sehingga gugus hidroksil menjadi akhiran (-ol) dan diberi nomor lebih kecil sedangkan amino menjadi awalan (amino-). Dengan jumlah karbon pada rantai utama sebanyak lima maka nama senyawa nomor **2** adalah 5-amino-2-pentanol.



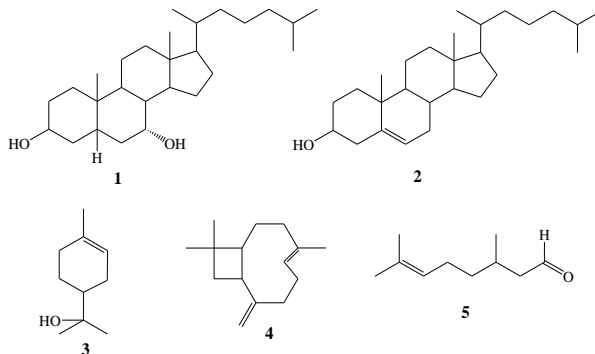
Gambar 1.10.
Contoh Nama Senyawa dengan Gugus Fungsi Berbeda



LATIHAN

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

Perhatikan struktur di bawah ini dan cobalah menjawab pertanyaan tentang senyawa-senyawa tersebut.



- 1) Kelompokkanlah kelima senyawa di atas berdasarkan jenis gugus fungsi yang dimilikinya!
- 2) Pada senyawa nomor **2**, **3**, dan **4**, terdapat gugus fungsi dengan jenis yang berbeda. Tentukan mana gugus fungsi yang memiliki prioritas yang lebih tinggi dalam tatanan!
- 3) Berikanlah nama untuk senyawa nomor **5**!

Supaya latihan yang Anda kerjakan menjadi terarah dan Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan, bacalah dengan cermat rambu-rambu pengerjaan latihan berikut ini.

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Untuk menjawab pertanyaan tersebut maka Anda harus memperhatikan masing-masing gugus fungsi yang terdapat pada masing-masing senyawa. Kemudian gabungkan kedua jenis gugus fungsi tersebut. Sebagai contoh pada senyawa nomor 1 terdapat dua gugus fungsi hidroksil –OH. Maka senyawa tersebut termasuk gugus fungsi diol.
- 2) Untuk menjawab pertanyaan tersebut maka Anda harus mengetahui prioritas gugus fungsi. Jika lupa maka Anda dapat melihat kembali urutannya pada Tabel 1.3.
- 3) Untuk menjawab pertanyaan tersebut maka perhatikanlah jenis gugus fungsinya kemudian tentukan prioritasnya. Berilah nomor sesuai dengan penomoran senyawa monofungsional dari gugus fungsi prioritas tertinggi. Gugus fungsi dengan prioritas tertinggi akan menjadi akhiran pada nama senyawa tersebut.



RANGKUMAN

Gugus fungsi pada senyawa organik merupakan atom atau gugus atom yang merupakan pusat kereaktifan suatu molekul. Dalam suatu molekul, gugus fungsi dapat berjumlah hanya satu (monofungsional) atau lebih dari satu. Dalam beberapa kasus, sifat kimia dari senyawa bifungsional/polifungsi (yang memiliki gugus fungsi lebih dari satu) serupa dengan senyawa monofungsional yang memiliki gugus yang sama. Tetapi dalam kasus yang lainnya keberadaan dua gugus fungsi atau lebih menyebabkan perubahan pada sifat fisika dan kimia. Selain mengubah sifat kimia, kehadiran gugus fungsi kedua juga dapat mengubah kecepatan reaksi yang terjadi.

Senyawa bifungsional dapat diklasifikasikan berdasarkan karakter/jenis gugus fungsi dan posisi relatif antar gugus fungsi tersebut. Kelompok utama senyawa bifungsional di antaranya adalah diol, diena, diamina, dikarbonil, dikarboksilat, hidroksikarbonil, amina karbonil, dan karbonil tak jenuh. Selain kelompok utama terdapat beberapa kelompok yang diklasifikasikan sebagai turunan dari kelompok utama, di antaranya

adalah turunan vinil (enol, enol eter, enamina, dan vinil halida) yang dianggap sebagai turunan asam karboksilat dan turunan alil (alil alkohol, alil eter, alil amina, dan alil halida) yang dianggap sebagai senyawa yang berhubungan dengan α -karbonil tersubstitusi.

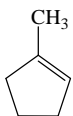
Seperti halnya kelompok senyawa organik yang lain, kelompok senyawa bifungsional memiliki aturan tatanama sendiri. Untuk senyawa yang mengandung dua gugus fungsi yang identik, senyawa tersebut diberi nama sama dengan senyawa monofungsionalnya, kecuali diberi tambahan di atau tri untuk menunjukkan jumlah gugus fungsi yang lebih dari satu. Sedangkan untuk senyawa yang mengandung dua gugus fungsi yang berbeda maka salah satu gugus fungsi menjadi “awalan” dan gugus fungsi lainnya menjadi “akhiran”. Gugus fungsi yang menjadi “akhirian” merupakan gugus fungsi dengan prioritas gugus fungsi paling tinggi.



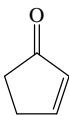
TES FORMATIF 1 _____

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

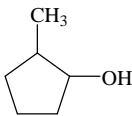
- 1) Dari struktur senyawa berikut yang termasuk senyawa bifungsional adalah



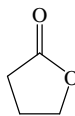
1



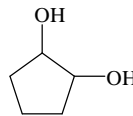
2



3



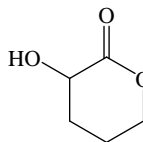
4



5

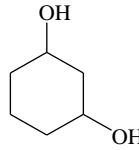
- A. 1 dan 3
 B. 2 dan 4
 C. 2 dan 5
 D. 4 dan 5
- 2) Gugus fungsi yang dimiliki oleh senyawa berikut adalah

- A. keton dan hidroksil
 B. eter, keton dan hidroksil
 C. hidroksil, ikatan rangkap dua, dan eter
 D. hidroksil dan ester



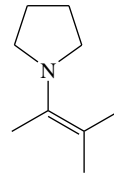
3) Posisi gugus fungsi hidroksil (-OH) terhadap gugus hidroksil lain pada senyawa berikut adalah

- A. 1,2
- B. 1,3
- C. 1,4
- D. 1,5

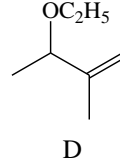
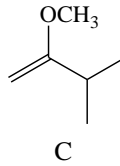
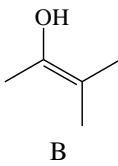
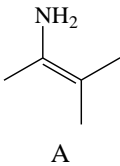


4) Senyawa di bawah ini termasuk bifungsional kelompok

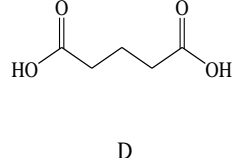
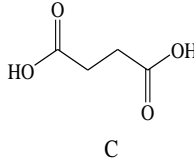
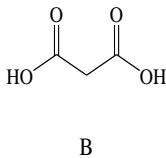
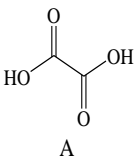
- A. enol
- B. enol eter
- C. enammin
- D. alil amin



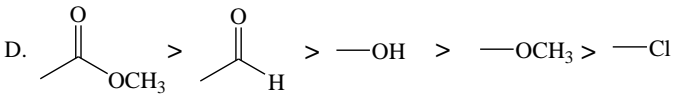
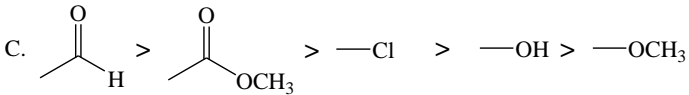
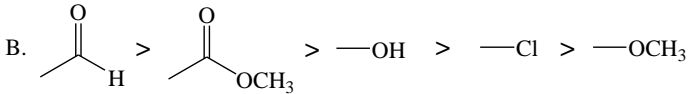
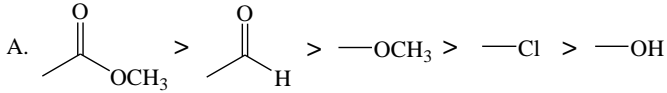
5) Senyawa di bawah ini yang *bukan* sebagai turunan asam karboksilat adalah



6) Kehadiran gugus fungsi kedua pada senyawa bifungsional akan mengubah sifat fisika dan kimia. Perubahan ini akan dipengaruhi oleh jenis dan posisi gugus fungsi kedua. Salah satu contohnya adalah tingkat keasaman dari senyawa dikarboksilat berbeda-beda. Dari keempat senyawa berikut ini yang tingkat kesamaannya paling tinggi adalah

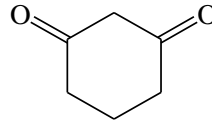


7) Urutan prioritas gugus fungsi yang benar adalah



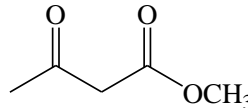
8) Nama yang tepat untuk struktur senyawa di bawah ini adalah

- A. 1,3-sikloheksanon
- B. 1,3-sikloheksandion
- C. 1,5-sikloheksanon
- D. 1,5-sikloheksandion

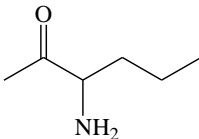


9) Nama yang tepat untuk struktur senyawa di bawah ini adalah

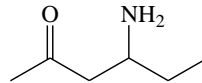
- A. metil-1,3-oksobutanoat
- B. metil-3-oksobutanoat
- C. 4-metoksikarbonil-2-butanon
- D. 3-metoksikarbonil-1-butanon



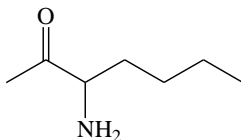
10) Struktur yang tepat untuk senyawa 3-amino-2-heksanon adalah



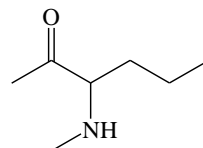
A



B



C



D

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**Pembuatan Senyawa Bifungsional**

Pada Kegiatan Belajar 2 Anda akan mempelajari pembuatan senyawa bifungsional. Seperti dijelaskan pada kegiatan belajar (KB) 1, senyawa bifungsional dapat dikelompokkan berdasarkan jenis dan posisi gugus fungsi. Untuk mempermudah mempelajari pembuatan senyawa bifungsional, maka pembahasan akan dikelompokkan berdasarkan posisi gugus fungsi. Pada KB ini Anda akan mempelajari pembuatan senyawa 1,2-bifungsional, 1,3-bifungsional, 1,4-bifungsional, dan 1,5-bifungsional. Oleh karena itu setelah menyelesaikan KB 2 ini Anda diharapkan mampu memahami cara pembuatan senyawa bifungsional berdasarkan posisi gugus fungsi. Berkaitan dengan tujuan tersebut, bacalah uraian berikut dengan cermat, kerjakan latihan setelah membaca terlebih dahulu dengan seksama rambu-rambu pengerjaan latihan dan kerjakan tes formatif setelah membaca rangkuman.

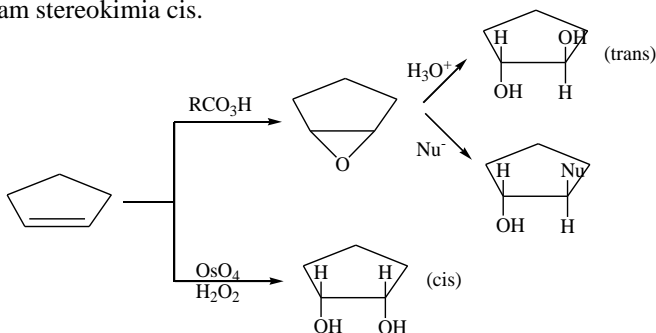
A. PEMBUATAN SENYAWA 1,2-BIFUNGSIONAL

Senyawa 1,2-bifungsional merupakan senyawa yang posisi gugus fungsinya bersebelahan. Senyawa tersebut di antaranya adalah 1,2-diol, 2-hidroksikarbonil, dan asam-2-amino karboksilat. Senyawa 1,2-bifungsional dapat dibuat dari monofungsional seperti senyawa alkena, keton, aldehida, asilklorida, dan ester, atau dari senyawa bifungsional lain, melalui reaksi oksidasi, dimerisasi, hidrolisis, atau aminasi.

1. Senyawa 1,2-bifungsional dari alkena

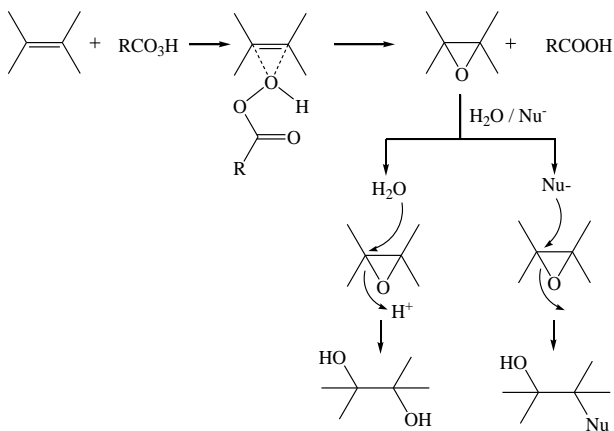
Senyawa alkena menyediakan akses secara langsung untuk banyak senyawa 1,2-bifungsional. Senyawa 1,2-diol dapat dibuat dari senyawa alkena melalui mekanisme oksidasi menggunakan oksidator asam peroksida (RCO_3H) atau osmium tetraoksida (OsO_4). Pembuatan senyawa 1,2-diol melalui reaksi alkena dengan asam peroksida terjadi melalui pembentukan senyawa epoksida. Pembentukan senyawa epoksida kemudian diikuti oleh hidrolisis dalam suasana asam atau basa menghasilkan senyawa diol, atau diikuti oleh serangan nukleofil lain menghasilkan senyawa 1,2-bifungsional yang lain (tergantung nukleofilnya). Hal yang sangat menarik adalah hidrolisis dalam suasana asam/basa atau serangan nukleofil lain terhadap

epoksida akan menghasilkan senyawa stereokimia trans. Sedangkan reaksi oksidasi menggunakan osmium tetraoksida akan menghasilkan senyawa 1,2-diol dalam stereokimia cis.



Gambar 1.11.
Pembuatan Senyawa 1,2-Bifungsional dari Alkena

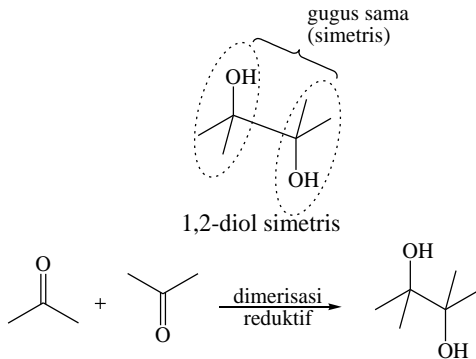
Perbedaan stereokimia yang dihasilkan pada pembuatan senyawa 1,2-diol dapat dijelaskan melalui mekanisme berikut ini. Reaksi alkena dengan asam peroksida menghasilkan suatu epoksida yang kemudian mengalami serangan nukleofil dari arah yang berlawanan (inversi konfigurasi) atau yang disebut sebagai anti adisi. Sedangkan reaksi alkena dengan osmium tetraoksida tidak melalui pembentukan epoksida, sehingga menghasilkan senyawa diol yang berbeda secara stereokimia.



Gambar 1.12.
Mekanisme Pembuatan Senyawa 1,2-Bifungsional dengan RCO_3H

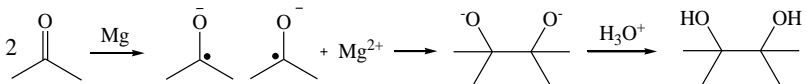
2. Senyawa 1,2-bifungsional melalui pembentukan pinakol

Untuk menghasilkan senyawa 1,2-diol yang simetris maka dapat dipakai senyawa aldehida atau keton melalui reaksi dimerisasi (penggabungan dua molekul) reduktif.



Gambar 1.13.
Pembuatan Senyawa 1,2-Diol Simetris

Mekanisme reaksi yang terjadi pada pembuatan senyawa 1,2-diol simetris yang menggunakan senyawa keton, melibatkan kopling dua anion radikal yang dibentuk melalui interaksi keton dengan logam. Pereaksi logam yang digunakan di antaranya adalah logam Mg atau padanan logam Na-Hg.



Gambar 1.14.
Mekanisme Pembuatan Senyawa 1,2-Diol Simetris

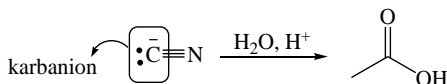
3. Pembentukan senyawa 1,2-bifungsional menggunakan anion asil

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk membuat senyawa 2-hidroksikarbonil adalah dengan menggunakan spesi yang setara dengan anion asil. Spesi tersebut akan berperan sebagai karbanion (karbon bermuatan negatif) dan juga dapat dikonversi menjadi gugus karbonil.



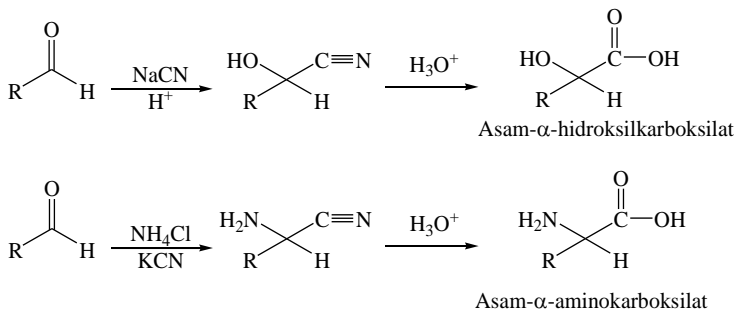
Gambar 1.15.
Anion Asil

Seperti telah kita ketahui atom C pada gugus fungsi karbonil merupakan atom C yang bermuatan relatif positif. Spesi yang setara dengan anion asil secara efektif akan membalikkan polaritas normal dari gugus karbonil dari bermuatan relatif positif menjadi bermuatan negatif (berperan sebagai karbanion). Selain itu spesi ini juga harus dapat dikonversi menjadi gugus karbonil. Salah satu spesi yang memenuhi persyaratan tersebut adalah anion sianida.



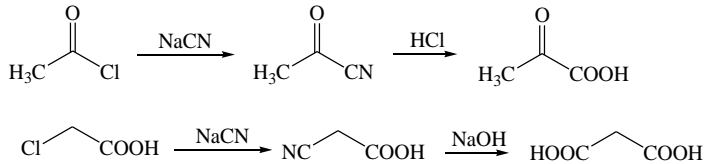
Gambar 1.16.
Anion Sianida sebagai Spesi Setara Anion Asil
(Berperan sebagai karbanion dan jika dihidrolisis menghasilkan gugus karbonil)

Dengan mereaksikan anion sianida dengan senyawa aldehida maka beberapa senyawa 1,2-bifungsional seperti asam- α -hidroksilkarboksilat dan asam- α -aminokarboksilat dapat dibuat.



Gambar 1.17.
Pembuatan Senyawa 1,2-bifungsional menggunakan Spesi Setara Anion Asil

Selain itu beberapa senyawa 1,2-bifungsional lain seperti asam- α -karbonil karboksilat, serta asam dikarboksilat juga dapat dibuat dengan menggunakan spesi setara anion asil.

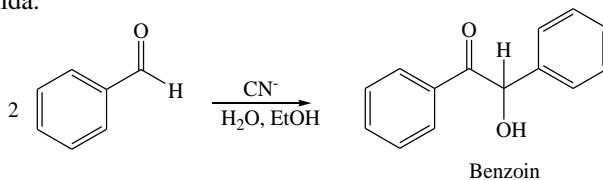


Gambar 1.18.

Pembuatan Senyawa 1,2-bifungsional menggunakan Spesi Setara Anion Asil

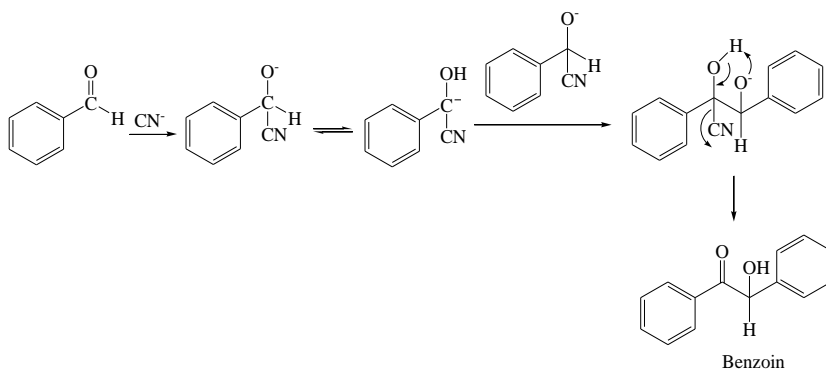
4. Pembentukan senyawa 1,2-bifungsional melalui kondensasi benzoin dan asiloin

Kondensasi benzoin merupakan reaksi dimerisasi senyawa aldehida. Reaksi ini melibatkan senyawa yang mengandung gugus fungsi aldehida (biasanya merupakan senyawa aromatis) yang dikatalisis dengan sejumlah anion sianida.



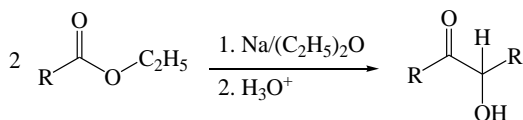
Gambar 1.19.
Reaksi Pembentukan Benzoin

Mekanisme yang terjadi pada kondensasi benzoin diperkirakan melalui pembentukan karbanion yang selanjutnya akan bereaksi dengan molekul aldehida yang kedua. Karbanion yang dihasilkan pada reaksi ini bertindak sebagai suatu spesi yang setara dengan anion asil yang akan menghasilkan gugus karbonil.



Gambar 1.20.
Mekanisme Reaksi Pembentukan Benzoin

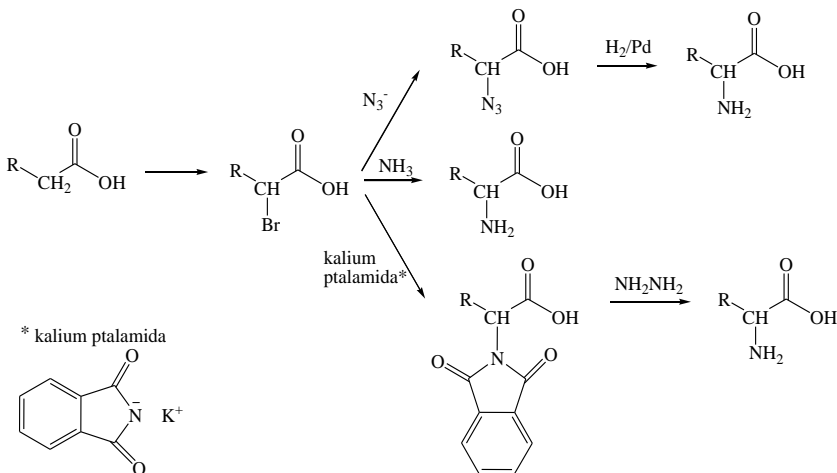
Selain menggunakan aldehida, dimerisasi untuk menghasilkan senyawa 1,2-bifungsional juga dapat menggunakan senyawa ester dan reaksinya disebut sebagai kondensasi asiloin. Namun demikian mekanisme yang terjadi pada reaksi kondensasi asiloin berbeda dengan kondensasi benzoin. Reaksi ini melibatkan pembentukan radikal seperti pada pembentukan pinakol.



Gambar 1.21.
Reaksi Pembentukan Asiloin

5. Senyawa 1,2-bifungsional dari α -halokarbonil

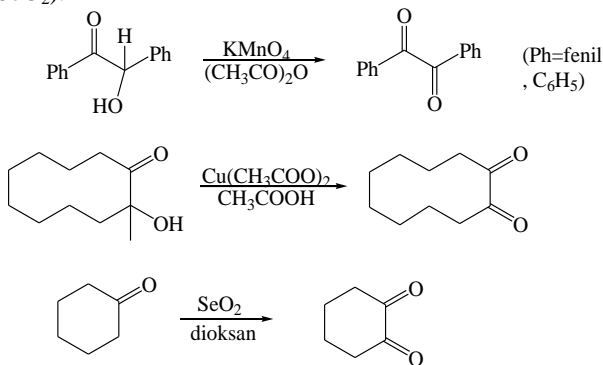
Senyawa α -halokarbonil merupakan pereaksi yang dapat digunakan untuk membuat senyawa 1,2-bifungsional. Sebagai contoh senyawa asam- α -amino dapat dibuat dengan menggunakan asam- α -halo yang dibuat melalui halogenasi asam karboksilat. Asam- α -halo yang terbentuk kemudian diaminiasi menggunakan beberapa reagen seperti ion azida, potasium ptalamida, dan amoniak. Pembahasan sintesis asam- α -amino dengan cara ini akan dibahas lebih lanjut pada materi tentang protein.



Gambar 1.22.
Reaksi Pembentukan Asam- α -amino

6. Pembentukan senyawa 1,2-bifungsional melalui reaksi oksidasi

Senyawa 1,2-bifungsional juga dapat dibuat dengan cara oksidasi senyawa bifungsional α -hidroksikarbonil dengan menggunakan oksidator seperti kalium permanganat (KMnO_4), tembaga asetat ($\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$). Selain itu oksidasi juga dapat dilakukan terhadap senyawa monofungsional yang mengandung gugus karbonil dengan menggunakan oksidator selenium dioksida (SeO_2).



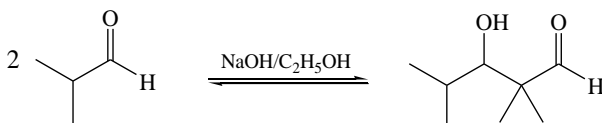
Gambar 1.23.
Reaksi Oksidasi pada Pembentukan Senyawa 1,2-bifungsional

B. PEMBUATAN SENYAWA 1,3-BIFUNGSIONAL

Seperti pada pembuatan senyawa 1,2-bifungsional, pembuatan senyawa 1,3-bifungsional juga dapat dibuat dari monofungsional atau senyawa bifungsional. Reaksi yang terlibat di antaranya adalah reaksi kondensasi Aldol, Claisen, dan eliminasi.

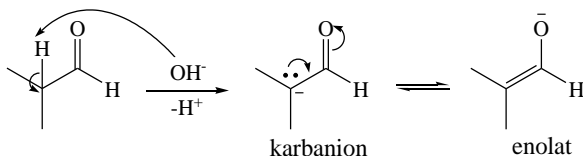
1. Pembentukan senyawa 1,3-bifungsional melalui reaksi kondensasi Aldol

Reaksi Aldol dalam bentuk yang sederhana merupakan penggabungan dua molekul (dimerisasi) aldehida atau keton yang dikatalisis oleh basa.



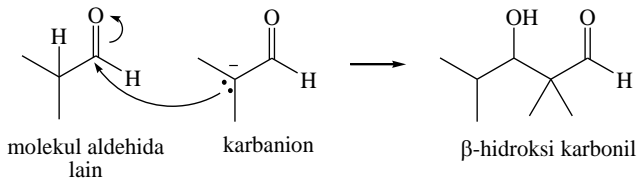
Gambar 1.24.
Reaksi Umum Kondensasi Aldol

Seperti kita ketahui, senyawa yang memiliki gugus fungsi karbonil (seperti pada aldehida dan keton) bersifat asam dengan cara melepaskan ion H^+ yang terikat pada atom C sebelah gugus fungsi karbonil (C- α) membentuk C yang bermuatan negatif (karbanion) yang berkesetimbangan dengan bentuk enolatnya. Tingkat keasaman dari senyawa keton/aldehida ini akan mempengaruhi reaksi Aldol.



Gambar 1.25.
Sifat Asam Senyawa Karbonil (pembentukan Karbanion)

Mekanisme reaksi Aldol melibatkan pembentukan karbanion (lihat Gambar 1.25) yang diikuti dengan adisi nukleofilik/karbanion pada atom C (yang relatif bermuatan positif yang berasal dari karbonil) pada molekul aldehida/keton yang lain (Gambar 1.26).

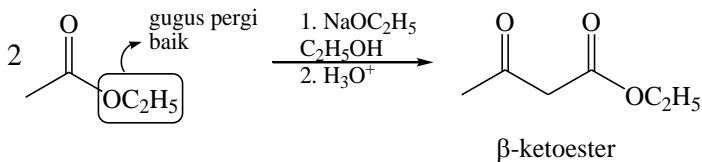


Gambar 1.26.
Serangan karbanion pada molekul aldehida lain

Reaksi Aldol merupakan metode yang atraktif untuk membuat senyawa β -hidroksilkarbonil, namun demikian metode ini jarang digunakan karena beberapa hal di antaranya adalah menghasilkan campuran produk (jika digunakan senyawa aldehida/keton yang berbeda).

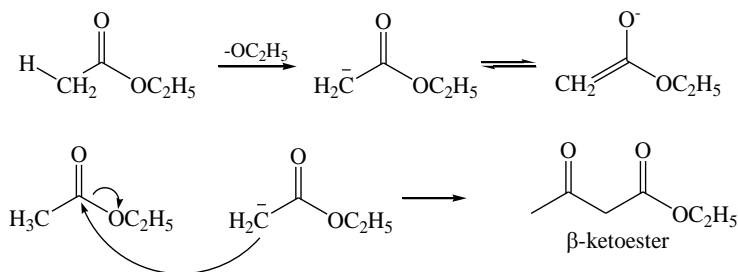
2. Pembentukan senyawa 1,3-bifungsional melalui reaksi kondensasi Claisen

Kondensasi Claisen, seperti juga kondensasi Aldol merupakan reaksi penggabungan dua molekul. Namun pada reaksi kondensasi Claisen molekul yang terlibat adalah molekul ester yang memiliki gugus pergi yang baik. Lepasnya gugus pergi tersebut akan menghasilkan produk yang tetap memiliki gugus karbonil.



Gambar 1.27.
Reaksi Umum Kondensasi Claisen

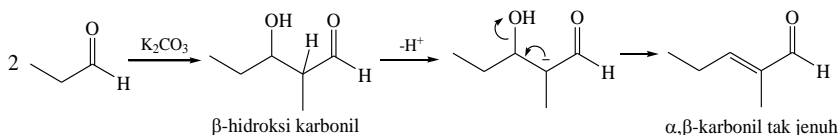
Seperti pada kondensasi Aldol, reaksi kondensasi Claisen dipengaruhi oleh tingkat keasaman H- α . Mekanisme yang terjadi melibatkan pembentukan karbanion yang dikatalisis basa yang diikuti dengan serangan karbanion pada C yang bermuatan relatif positif dan diikuti oleh lepasnya gugus pergi.



Gambar 1.28.
Mekanisme Reaksi Kondensasi Claisen

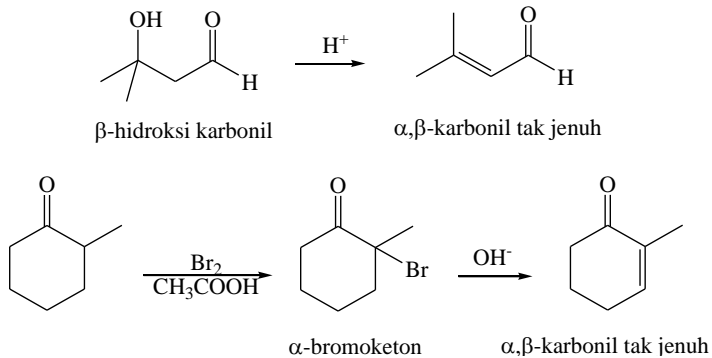
3. Pembentukan senyawa α,β -bifungsional melalui reaksi eliminasi

Senyawa α,β -karbonil tak jenuh dapat dibuat melalui reaksi kondensasi Aldol atau melalui sejumlah reaksi serupa yang melibatkan kondensasi dari senyawa karbonil. Jadi pada kondensasi Aldol atau reaksi sejenis, produk reaksinya tidak akan berhenti sampai produk β -hidroksikarbonil tetapi akan terus mengalami reaksi eliminasi membentuk α,β -karbonil tak jenuh, kecuali jika dikondisikan agar tidak mengalami reaksi eliminasi.



Gambar 1.29.
Reaksi Eliminasi yang Mengikuti Reaksi Kondensasi Aldol

Selain itu, tentu saja mereaksikan senyawa β -hidroksikarbonil dengan asam dapat digunakan untuk membuat senyawa α,β -karbonil tak jenuh melalui reaksi eliminasi. Selain itu eliminasi dapat juga dilakukan terhadap α -bromoketon untuk menghasilkan senyawa α,β -karbonil tak jenuh.



Gambar 1.30.

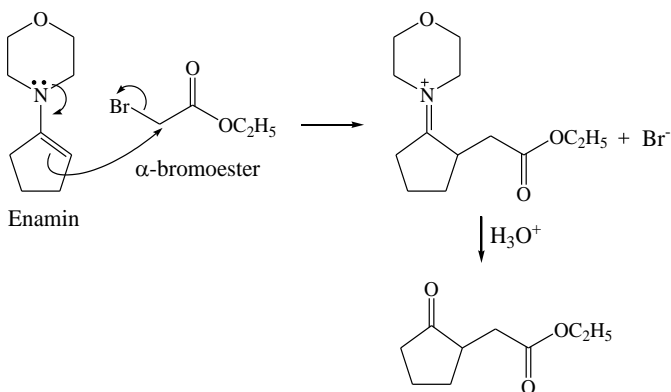
Reaksi Eliminasi Pembentukan Senyawa α,β -karbonil tak jenuh

C. PEMBUATAN SENYAWA 1,4- DAN 1,5-BIFUNGSIONAL

Pembuatan senyawa 1,4- dan 1,5-bifungsional lebih banyak melibatkan senyawa bifungsional. Sebagai contoh senyawa 1,4-dikarbonil dapat dibuat dari senyawa bifungsional lain enamin. Selain itu pembuatan senyawa ini juga dapat dilakukan melalui pemutusan oksidatif senyawa alilik.

1. Pembuatan senyawa 1,4- dan 1,5-bifungsional menggunakan pereaksi enamin

Salah satu pereaksi yang dapat digunakan untuk membuat senyawa 1,4- dan 1,5-bifungsional adalah senyawa bifungsional enamin. Enamin merupakan pereaksi nukleofil yang dapat mengalami berbagai reaksi di antaranya adalah reaksi alkilasi (Gambar 1.31) untuk menghasilkan senyawa bifungsional karbonil.

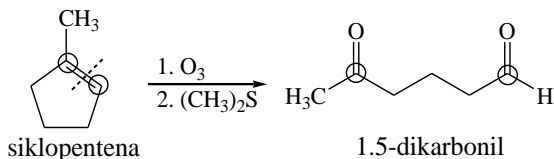


Gambar 1.31.

Reaksi Pembentukan Senyawa 1,4-karbonil Menggunakan Enamin

2. Pembuatan senyawa 1,4- dan 1,5-bifungsional melalui pemutusan cincin

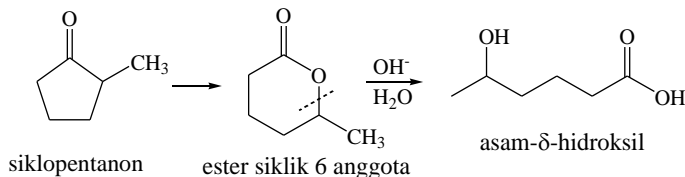
Senyawa alisiklik lima atau enam anggota merupakan sumber yang sering digunakan untuk membuat senyawa 1,4- dan 1,5-bifungsional melalui reaksi pemutusan oksidatif. Sebagai contoh pemutusan oksidatif melalui ozonolisis dari senyawa turunan siklopentena yang menghasilkan senyawa 1,5-dikarbonil. Perhatikanlah gambar di bawah ini. Ikatan rangkap dari dua atom C (perhatikan bagian yang dilingkari) pada senyawa siklopentena mengalami pemutusan dengan penambahan senyawa ozon. Kedua atom C tersebut kemudian berubah menjadi gugus fungsi karbonil. Karena senyawa yang mengalami pemutusannya adalah senyawa siklik, maka hasilnya adalah suatu senyawa alifatik.



Gambar 1.32.

Ozonolisis Pada Senyawa Siklopentena

Selain melalui ozonolisis, pemutusan oksidatif juga dapat melalui reaksi oksidasi Baeyer-Viliger dari suatu senyawa siklopentanon yang akan menghasilkan senyawa ester siklik enam anggota dan selanjutnya dapat dihidrolisis menghasilkan senyawa asam- δ -hidroksil.



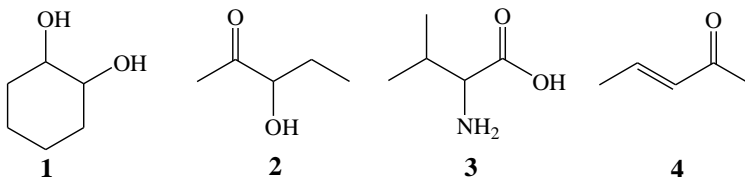
Gambar 1.33.
Pemutusan Oksidatif Baeyer-Viliger



LATIHAN

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

Perhatikan struktur di bawah ini dan sarankanlah pereaksi yang dapat digunakan untuk membuat senyawa tersebut.



Supaya latihan yang Anda kerjakan menjadi terarah dan Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan, bacalah dengan cermat rambu-rambu pengerjaan latihan berikut ini.

Petunjuk Jawaban Latihan

Senyawa nomor **1**, **2**, dan **3** merupakan senyawa 1,2-bifungsional. Untuk membuat senyawa **1** Anda dapat menggunakan salah satu teknik membuat senyawa 1,2-diol yaitu dengan menggunakan oksidasi alkena atau dimerisasi keton. Untuk membuat senyawa nomor **2** Anda dapat menggunakan salah

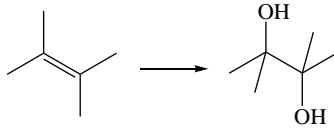
satu teknik membuat senyawa 2-hidroksilkarbonil yaitu dengan menggunakan kondensasi Aldol menggunakan keton/aldehida atau kondensasi Claisen menggunakan ester. Sedangkan untuk membuat senyawa nomor 3 Anda dapat memilih salah satu cara membuat α -amino. Berbeda dengan tiga senyawa sebelumnya, senyawa nomor 4 merupakan senyawa 1,3-bifungsional. Untuk membuat senyawa nomor 4 Anda dapat menggunakan metode eliminasi untuk membuat senyawa α,β -keton tak jenuh.



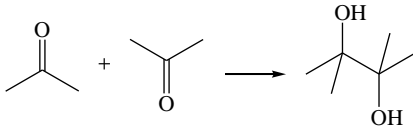
RANGKUMAN

Senyawa bifungsional dapat dibuat dari monofungsional seperti senyawa alkena, keton, aldehida, asilklorida, dan ester, atau dari senyawa bifungsional lain. Pembuatan senyawa bifungsional ini melibatkan banyak reaksi di antaranya adalah reaksi oksidasi, kondensasi, hidrolisis, aminasi, eliminasi, atau pemutusan oksidatif.

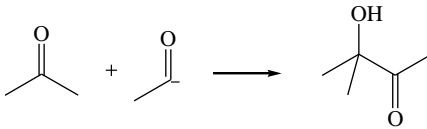
Senyawa **1,2-diol** dapat dibuat dari alkena melalui mekanisme reaksi oksidasi menggunakan oksidator asam peroksida (RCO_3H) atau osmium tetraoksida, atau menggunakan senyawa karbonil melalui pembentukan pinakol (dimerisasi dengan mekanisme radikal). Senyawa 1,2-bifungsional **turunan karbonil** seperti senyawa 1,2-hidroksilkarbonil dapat dibuat menggunakan spesi yang setara dengan anion asil. Penggunaan anion asil (spesi yang setara) juga dapat digunakan untuk membuat senyawa 1,2-bifungsional turunan karbonil yang lain seperti asam- α -hidroksil karboksilat dan asam- α -amino karboksilat, asam- α -karbonil karboksilat, serta asam dikarboksilat. Senyawa 1,2-bifungsional turunan karbonil juga dapat dibuat melalui kondensasi benzoin dan asiloin menggunakan senyawa aldehida dan ester. Khusus untuk pembuatan **asam- α -amino karboksilat** dapat digunakan α -halokarbonil melalui reaksi aminasi. Selain itu senyawa 1,2-bifungsional juga dapat dibuat melalui reaksi oksidasi senyawa bifungsional lain dengan menggunakan oksidator seperti kalium permanganat (KMnO_4), tembaga asetat ($\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$). Selain itu oksidasi juga dapat dilakukan terhadap senyawa monofungsional yang mengandung gugus karbonil dengan menggunakan oksidator selenium dioksida (SeO_2).



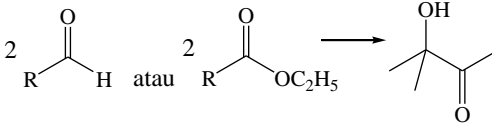
oksidasi alkena



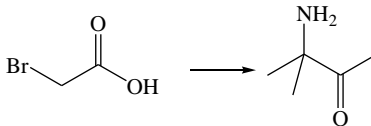
dimerisasi keton
melalui pembentukan pinakol



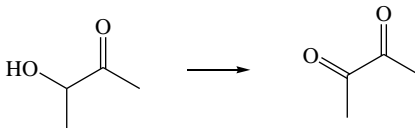
menggunakan spesi setara
anion asil



kondensasi benzoin/
asiloin

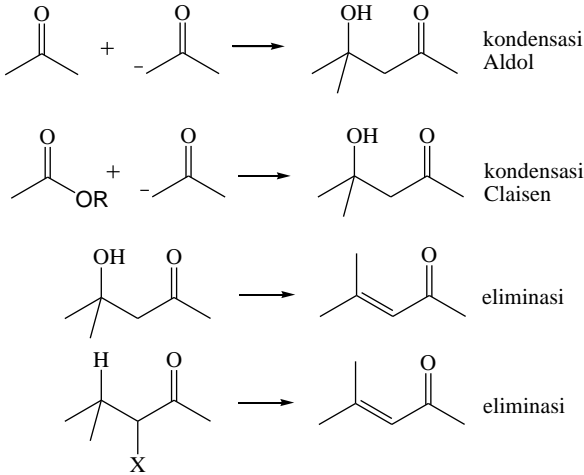


aminasi

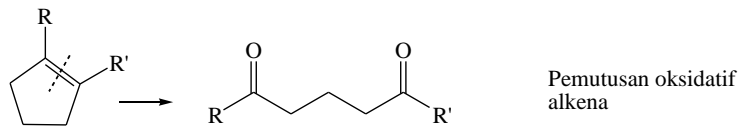
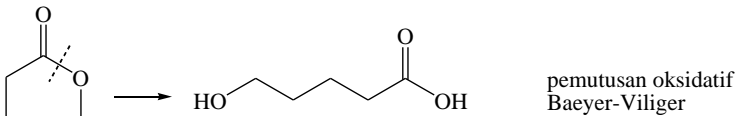
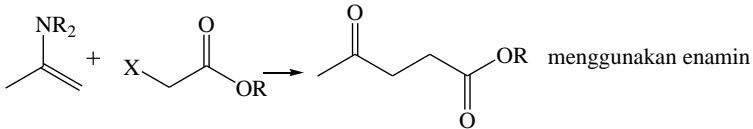


oksidasi

Seperti pada pembuatan senyawa 1,2-bifungsional, pembuatan senyawa 1,3-bifungsional juga dapat dibuat dari monofungsional atau senyawa bifungsional. Reaksi yang terlibat di antaranya adalah reaksi kondensasi Aldol, Claisen, dan eliminasi.



Pembuatan senyawa 1,4- dan 1,5-bifungsional lebih banyak melibatkan senyawa bifungsional. Sebagai contoh senyawa 1,4-dikarbonil dapat dibuat dari senyawa bifungsional lain seperti enamin. Selain itu pembuatan senyawa ini juga dapat dilakukan melalui pemutusan oksidatif senyawa alisiklik.



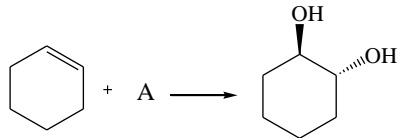


TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk membuat senyawa 1,2-diol adalah menggunakan senyawa alkena yang ditambah suatu oksidator. Oksidator (A) yang dapat digunakan agar dihasilkan senyawa diol dengan stereokimia trans adalah

- A. osmium tetraoksida (OsO_4)
- B. asam peroksida ($\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$)
- C. natrium hidroksida (NaOH)
- D. natrium sianida (NaCN)



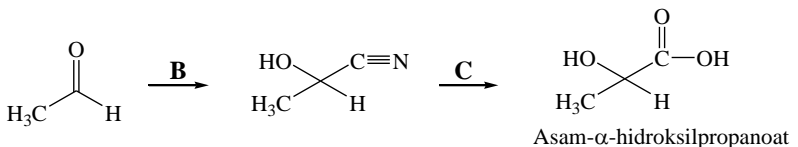
- 2) Mekanisme yang terjadi pada reaksi antara alkena dengan oksidator A pada soal nomor 1 adalah

- A. pembentukan epoksida
- B. radikal bebas
- C. kondensasi
- D. reduksi

- 3) Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mensintesis senyawa 1,2-bifungsional adalah menggunakan spesi yang setara dengan anion asil. Pernyataan berikut yang **tidak benar** tentang anion asil adalah

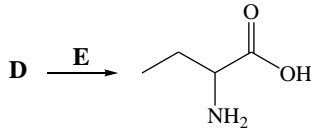
- A. dapat berperan sebagai karbanion
- B. dapat dihidrolisis dan hasilnya adalah gugus karboksil/karbonil
- C. dapat bereaksi dengan karbon bermuatan negatif/relatif negatif (nukleofil)
- D. salah satu contohnya adalah CN^-

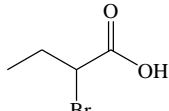
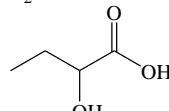
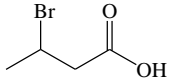
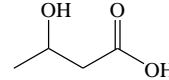
- 4) Pereaksi B dan C yang digunakan pada reaksi di bawah ini berturut-turut adalah



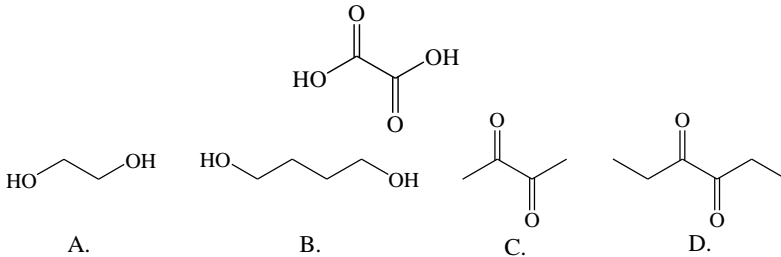
- A. NaCN , RCO_3H
- B. NaCN , H_3O^+
- C. CH_3COCl , NaOH
- D. CH_3COCl , H_3O^+

- 5) Pereaksi D dan E berturut-turut yang digunakan untuk membuat senyawa asam- α -aminokarboksilat berikut ini adalah

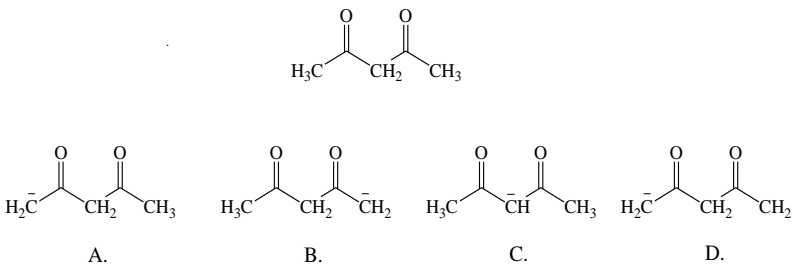


- A.  dan NH_3 C.  dan NH_3
 B.  dan NH_3 D.  dan NH_3

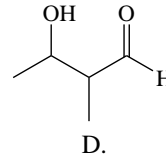
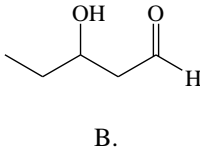
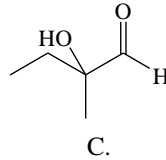
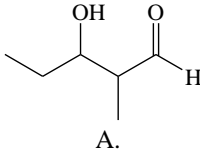
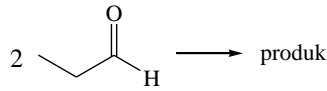
- 6) Salah satu cara yang dapat digunakan untuk membuat senyawa bifungsional adalah dengan mengoksidasi senyawa bifungsional lain. Senyawa bifungsional (A) yang dapat digunakan untuk membuat senyawa asam oksalat adalah



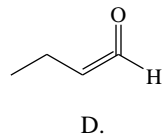
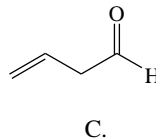
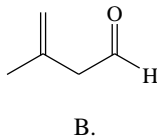
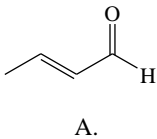
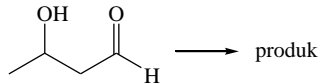
- 7) Jika pada senyawa dikarbonil di bawah ini ditambahkan basa (dengan jumlah mol setara dikarbonil) maka akan terbentuk suatu anion. Struktur anion tersebut adalah



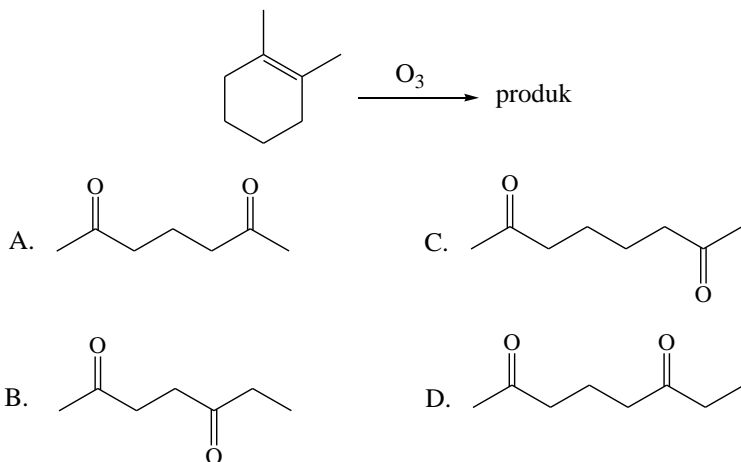
8) Produk dari reaksi kondensasi Aldol berikut ini adalah



9) Produk reaksi kondensasi Aldol bersifat tidak stabil dan mudah mengalami reaksi eliminasi. Sifat ini sering digunakan untuk membuat produk senyawa bifungsional. Berdasarkan hal tersebut, struktur produk reaksi di bawah ini adalah



10) Struktur senyawa bifungsional yang dihasilkan dari reaksi pemutusan alkena berikut adalah



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

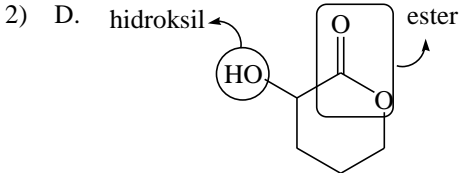
< 70% = kurang

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

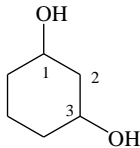
Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

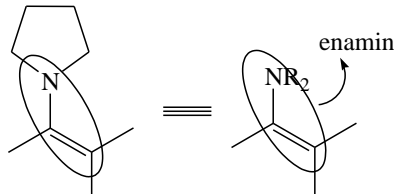
1) C. Jelas.



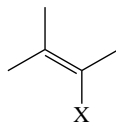
3) B.



4) C.



5) D. Kelompok senyawa yang dianggap sebagai turunan karboksilat adalah



X = OH	enol
X = OR	enol eter
X = NR ₂	enamin
X = halogen	vinil halida

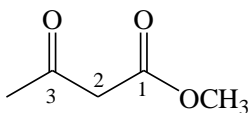
6) A. Semakin dekat posisi gugus fungsi karboksilat, semakin bersifat asam.

7) D. Jelas.

8) B. Senyawa berbentuk sikli dengan jumlah karbon sebanyak enam (sikloheksan) pada atom C no 1 dan 3 terdapat dua gugus karbonil (1,3-dion) sehingga nama senyawanya adalah 1,3-sikloheksandion.

9) B. Gugus fungsi ester (-COOR-) memiliki derajat lebih tinggi dibanding keton (C=O) sehingga jadi akhiran. Penomoran dapat dilihat di bawah ini. Sehingga nama senyawanya adalah Metil-3-

oksobutanoat

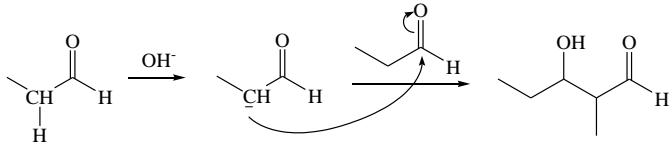


10) A. Jelas.

Tes Formatif 2

- 1) B. Oksidasi terhadap alkena dengan oksidator asam peroksida akan menghasilkan senyawa 1,2-diol dengan stereokimia trans.
- 2) A. Mekanismenya pembentukan epoksida yang diikuti serangan nukleofil.
- 3) C. Jelas.
- 4) B. Pada pereaksi ditambah senyawa B dihasilkan produk yang memiliki gugus CN, artinya salah satu pereaksinya adalah CN^- (NaCN). Pada tahap berikutnya gugus CN diubah menjadi asam karboksilat berarti terjadi hidrolisis dalam suasana asam (H_3O^+) atau basa.
- 5) A. Salah satu cara membuat senyawa asam- α -amino karboksilat adalah aminasi (dapat dilakukan dengan penambahan NH_3) terhadap asam- α -halokarboksilat.
- 6) A. Gugus asam karboksilat dapat dihasilkan dari oksidasi alkohol primer. Pada senyawa asam oksalat jumlah atom C adalah dua. Sehingga carilah alkohol primer yang hanya mengandung atom C sebanyak dua juga.
- 7) C. Senyawa karbonil (keton) bersifat asam dengan melepas atom $\text{H}\alpha$ (atom H yang terikat pada atom C sebelah gugus fungsi karbonil). Tingkat keasaman makin tinggi (H makin mudah lepas) jika gugus penarik elektron (gugus karbonil) lebih banyak. Sehingga pada senyawa 1,3-dion atom H yang dilepaskan adalah yang diapit oleh dua gugus fungsi karbonil.

- 8) A. Reaksi aldol merupakan penggabungan (kondensasi) molekul aldehida atau keton. Mekanisme diawali dengan lepasnya atom $H\alpha$ yang menghasilkan suatu karbanion yang akan menyerang elektrofil C bermuatan positif atau relatif positif. Produk akhirnya adalah suatu hidroksi karbonil.



- 9) A. Jelas.
- 10) C. Jumlah atom C yang terdapat pada senyawa siklik adalah enam dan terdapat dua gugus metil pada siklik sehingga total hasil pemutusan adalah delapan atom C. Posisi gugus fungsi karbonil dihitung dari jumlah atom C yang memisahkan ikatan rangkap (terdapat empat atom C yang memisahkan atom C yang berikatan rangkap).

Daftar Pustaka

Fessenden & Fessenden, a.h. Hadyana P. (1994). *Kimia Organik Jilid 1 dan 2, Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.

Hart, H., Craine, L.E., Hart, D.J. a.h. Achmadi, S.S. (2003). *Kimia Organik, edisi kesebelas*. Jakarta: Erlangga.

Ward, Robert S. (1996). *Bifunctional Compounds*. Oxford University Press.