

## **Pembelajaran 1.1 : Alkana**

### **A. Materi Pelajaran**

Hidrokarbon adalah senyawa yang hanya mengandung C dan H. Hidrokarbon yang mempunyai ikatan tunggal disebut alkana, misalnya metana ( $\text{CH}_4$ ), sedangkan alkena mengandung ikatan rangkap dua, seperti etena ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ), benzena ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) dan alkuna mengandung ikatan rangkap tiga seperti etuna ( $\text{CH}\equiv\text{CH}$ ). Alkana jenis siklis apabila tiga atom C membentuk cincin disebut siklo propana, empat (siklo butana) dan lima (siklopentana), dan alkana mempunyai rumus molekul  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . Alkana disebut senyawa hidrokarbon jenuh, artinya jenuh dengan atom hidrogen, sehingga alkana tidak dapat bereaksi dengan hidrogen. Senyawa hidrokarbon yang mengandung ikatan pi disebut hidrokarbon tidak jenuh, seperti alkena dan alkuna. Senyawa alkena dapat bereaksi dengan hidrogen sehingga menghasilkan senyawa alkana.

#### **1. Pengertian dan Struktur Alkana**

**Alkana** biasa disebut dengan senyawa hidrokarbon jenuh. Senyawa ini dinamakan hidrokarbon karena di dalamnya hanya terkandung atom karbon dan hydrogen, dan dikatakan jenuh karena hanya memiliki ikatan tunggal C-H dan C-C saja. Alkana memiliki rumus umum  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ , di mana n adalah bilangan asli (bulat) yang menyatakan jumlah atom karbon. Alkana juga sering disebut sebagai senyawa alifatik (Yunani = *aleiphas* yang berarti lemak). Hal ini dikarenakan lemak-lemak hewani mengandung karbon rantai panjang yang mirip dengan alkana. Alkana dengan satu formula dapat membentuk beberapa struktur molekul. Misalnya alkana dengan empat atom karbon dapat membentuk normal butana dan isobutana, keduanya sama-sama memiliki rumus molekul  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ . Hal yang sama juga terjadi untuk  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ , dan seterusnya. Suatu senyawa yang memiliki jumlah dan macam atom sama tetapi berbeda dalam penataannya disebut dengan isomer. Isomer berasal dari bahasa Yunani; *isos* + *meros* yang berarti terbuat dari bagian yang sama. Senyawa seperti butana dan isobutana hanya berbeda pada urutan atom yang terikat satu sama lainnya, disebut isomer konstitusional.

Isomer konstitusional tidak terbatas hanya untuk alkana, tetapi juga pada sebagian besar senyawa organik. Isomer konstitusional bisa berbeda pada susunan kerangka atom karbon (seperti pada butana dan isobutana), perbedaan gugus fungsi (seperti pada etanol dan dimetil eter), atau berbeda pada penempatan gugus fungsi (isopropilamina dan

propilamina). Meskipun memiliki formula yang sama, sifat-sifat fisika kimia dari isomer biasanya berbeda.

Alkana dapat digambarkan dengan menggunakan struktur terkondensasi. Semua ikatan dalam molekul diabaikan/ dihilangkan. Jika ada tiga atom hidrogen terikat pada satu karbon, digambar atau ditulis dengan  $\text{CH}_3$ , jika dua hidrogen digambar dengan  $\text{CH}_2$ , dan seterusnya. Dengan demikian kita dapat menggambar butana dengan struktur  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$  atau  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$ .

Alkana diberi nama berdasarkan jumlah atom karbonnya. Penamaan diambil dari bahasa Yunani. Akhiran -ana ditambahkan pada akhir tiap nama untuk memberikan ciri bahwa senyawa tersebut adalah alkana. Selanjutnya, pentana berarti terdiri dari lima atom karbon, heksana terdiri dari enam karbon, dan seterusnya.

Deret Homolog Alkana adalah suatu golongan atau kelompok senyawa karbon dengan rumus umum yang sama, mempunyai sifat yang mirip dan antar suku-suku berturutannya mempunyai beda  $\text{CH}_2$ . Adapun rumus molekul, nama, dan struktur dari alkana dapat dilihat dalam Tabel 1.1.

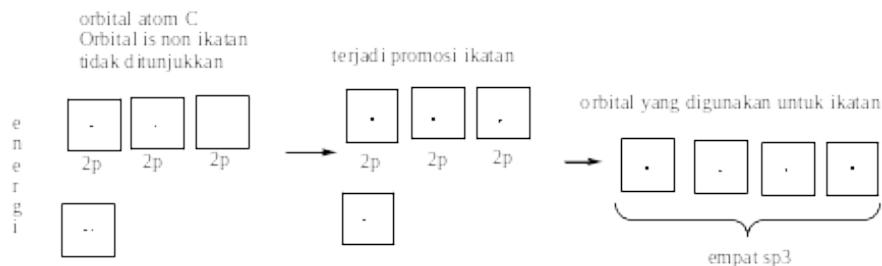
**Tabel 1.1 Rumus, Nama dan Struktur Alkana**

Rumus ( $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ )	Nama	Struktur
$\text{CH}_4$	Metana	$\text{CH}_4$
$\text{C}_2\text{H}_6$	Etana	$\text{CH}_3\text{-CH}_3$
$\text{C}_3\text{H}_8$	Propana	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
$\text{C}_4\text{H}_{10}$	Butana	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
$\text{C}_5\text{H}_{12}$	Pentana	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
$\text{C}_6\text{H}_{14}$	Heksana	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
$\text{C}_7\text{H}_{16}$	Heptana	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
$\text{C}_8\text{H}_{18}$	Oktana	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
$\text{C}_9\text{H}_{20}$	Nonana	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	Dekana	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$

Berdasarkan tabel di atas, maka dapat disimpulkan sifat-sifat deret homolog :

- Mempunyai sifat kimia yang mirip
- Mempunyai rumus umum yang sama
- Perbedaan Mr antara 2 suku berturutannya sebesar 14
- Makin panjang rantai karbon, makin tinggi titik didihnya

Adapun hibridisasi dari alkana adalah  $sp^3$ , dimana bentuk molekul dari alkana yaitu tetrahedral. Dalam hal ini atom C sebagai atom pusat menikat 4 atom hidrogen. Berikut adalah hibridisasi dari alkana yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 :



**Gambar 1.1 Hibridisasi  $sp^3$**

## 2. Tata Nama Senyawa Alkana

Berdasarkan aturan dari IUPAC ( nama sistematis ) :

- Nama alkana bercabang terdiri dari 2 bagian :
  - Bagian pertama (di bagian depan) merupakan nama cabang
  - Bagian kedua (di bagian belakang) merupakan nama rantai induk
- Rantai induk adalah rantai terpanjang dalam molekul. Jika terdapat 2 atau lebih rantai terpanjang, maka harus dipilih yang mempunyai cabang terbanyak.
- Rantai induk diberi nama alkana sesuai dengan panjang rantai.
- Cabang diberi nama *alkil* yaitu nama alkana yang sesuai, tetapi dengan mengganti akhiran **-ana** menjadi **-il**. Gugus alkil mempunyai rumus umum : $C_nH_{2n+1}$  dan dilambangkan dengan **R**.
- Posisi cabang dinyatakan dengan awalan angka. Untuk itu rantai induk perlu dinomori. Penomoran dimulai dari salah 1 ujung rantai induk sedemikian rupa sehingga posisi cabang mendapat nomor terkecil.
- Jika terdapat 2 atau lebih cabang sejenis, harus dinyatakan dengan awalan **di**, **tri**, **tetra**, **penta** dan seterusnya.
- Cabang-cabang yang berbeda disusun sesuai dengan urutan abjad dari nama cabang tersebut. Awalan **normal**, **sekunder** dan **tersier** diabaikan. Jadi **n-butyl**, **sek-butyl** dan **ters-butyl** dianggap berawalan **b-**.
  - Awalan **iso**-tidak diabaikan. Jadi **isopropil** berawal dengan huruf **i-** .
  - Awalan **normal**, **sekunder** dan **tersier** harus ditulis dengan *huruf cetak miring*.

- h) Jika penomoran ekivalen (sama) dari kedua ujung rantai induk, maka harus dipilih sehingga cabang yang harus ditulis terlebih dahulu mendapat nomor terkecil.

### 3. Sifat-sifat Alkana

- Merupakan senyawa nonpolar, sehingga tidak larut dalam air
- Makin banyak atom C (rantainya makin panjang), maka titik didih makin tinggi.

Hubungan jumlah atom C terhadap titik didih alkana di dalam Tabel 1.1.

**Tabel 1.1 Hubungan Jumlah Atom C terhadap Titik Didih Alkana**

Nama	Titik leleh (°C)	Titik didih (°C)	Massa jenis (g/cm <sup>3</sup> )
Metana	-182	-162	0,423
Etana	-183	-89	0,545
Propana	-188	-42	0,501
Butana	-138	0	0,573
Pentana	-130	36	0,526
Heksana	-95	69	0,655
Heptana	-91	98	0,684
Oktana	-57	126	0,703
Nonana	-51	151	0,718
Dekana	-30	174	0,730

- Pada tekanan dan suhu biasa, CH<sub>4</sub> - C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> berwujud gas, C<sub>5</sub>H<sub>12</sub> - C<sub>17</sub>H<sub>36</sub> berwujud cair, diatas C<sub>18</sub>H<sub>38</sub> berwujud padat
- Mudah mengalami reaksi substitusi dengan atom-atom halogen (F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub> atau I<sub>2</sub>).
- Dapat mengalami oksidasi (reaksi pembakaran).

### 4. Reaksi kimia

Seperti yang diketahui bahwa ikatan pada alkana berciri tunggal, kovalen dan nonpolar. Oleh karenanya alkana relatif stabil (tidak reaktif) terhadap kebanyakan asam, basa, pengoksidasi atau pereduksi yang dapat dengan mudah bereaksi dengan kelompok hidrokarbon lainnya. Karena sifatnya yang tidak reaktif tersebut, maka alkana dapat digunakan sebagai pelarut.

Walaupun alkana tergolong sebagai senyawaan yang stabil, namun pada kondisi dan pereaksi tertentu alkana dapat bereaksi dengan asam sulfat dan asam nitrat, sekalipun dalam temperatur kamar. Hal tersebut dimungkinkan karena senyawa kerosin dan gasoline

mengandung banyak rantai cabang dan memiliki atom karbon tersier yang menjadi activator berlangsungnya reaksi tersebut. Berikut ini ditunjukkan beberapa reaksi alkana:

#### a) Oksidasi

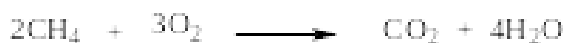
Alkana sukar dioksidasi oleh oksidator lemah atau agak kuat seperti  $\text{KMnO}_4$ , tetapi mudah dioksidasi oleh oksigen dari udara bila dibakar. Oksidasi yang cepat dengan oksigen yang akan mengeluarkan panas dan cahaya disebut pembakaran atau *combustion*.

Hasil oksidasi sempurna dari alkana adalah gas karbon dioksida dan sejumlah air. Sebelum terbentuknya produk akhir oksidasi berupa  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ , terlebih dahulu terbentuk alkohol, aldehyd dan karboksilat.

Alkana terbakar dalam keadaan oksigen berlebihan dan reaksi ini menghasilkan sejumlah kalor (eksoterm).



Reaksi pembakaran ini merupakan dasar penggunaan hidrokarbon sebagai penghasil kalor (gas alam dan minyak pemanas) dan tenaga (bensin). Jika oksigen tidak mencukupi untuk berlangsungnya reaksi yang sempurna, maka pembakaran tidak sempurna terjadi. Dalam hal ini, karbon pada hidrokarbon teroksidasi hanya sampai pada tingkat karbon monoksida atau bahkan hanya sampai karbon saja.



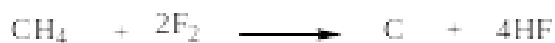
Penumpukan karbon monoksida pada knalpot dan karbon pada piston mesin kendaraan bermotor adalah contoh dampak dari pembakaran yang tidak sempurna. Reaksi pembakaran tak sempurna kadang-kadang dilakukan, misalnya dalam pembuatan *carbon black*, misalnya jelaga untuk pewarna pada tinta.

#### b) Halogenasi

Halogenasi merupakan reaksi dari alkana dengan unsur-unsur halogen. Reaksi ini akan menghasilkan senyawa alkil halida, dimana atom hidrogen dari alkana akan

disubstitusi oleh halogen sehingga reaksi ini bisa disebut reaksi **substitusi**. Halogenasi biasanya menggunakan klor dan brom sehingga disebut juga **klorinasi** dan **brominasi**. Halogen lain, fluor bereaksi secara eksplosif dengan senyawa organik sedangkan iodium tak cukup reaktif untuk dapat bereaksi dengan alkana.

Laju pergantian atom H sebagai berikut  $H_3 > H_2 > H_1$ . Kereaktifan halogen dalam mensubstitusi H yakni fluorin  $>$  klorin  $>$  brom  $>$  iodin. Reaksi antara alkana dengan fluorin menimbulkan ledakan (*eksplosif*) bahkan pada suhu dingin dan ruang gelap.



Jika campuran alkana dan gas klor disimpan pada suhu rendah dalam keadaan gelap, reaksi tidak berlangsung. Jika campuran tersebut dalam kondisi suhu tinggi atau di bawah sinar UV, maka akan terjadi reaksi yang eksoterm. Reaksi kimia dengan bantuan cahaya disebut reaksi **fitokimia**.

Dalam reaksi klorinasi, satu atau lebih bahkan semua atom hidrogen diganti oleh atom halogen. Contoh reaksi halogen dan klorinasi secara umum digambarkan sebagai berikut:



Untuk menjelaskan keadaan ini, kita harus membicarakan mekanisme reaksinya. Gambaran yang rinci bagaimana ikatan dipecah dan dibuat menjadi reaktan dan berubah menjadi hasil reaksi.

**Langkah pertama** dalam halogenasi adalah terbelahnya molekul halogen menjadi dua partikel netral yang dinamakan **radikal bebas** atau **radikal**. Suatu radikal adalah sebuah atom atau kumpulan atom yang mengandung satu atau lebih elektron yang tidak mempunyai pasangan. Radikal klor adalah atom yang klor yang netral, berarti atom klor yang tidak mempunyai muatan positif atau negatif.

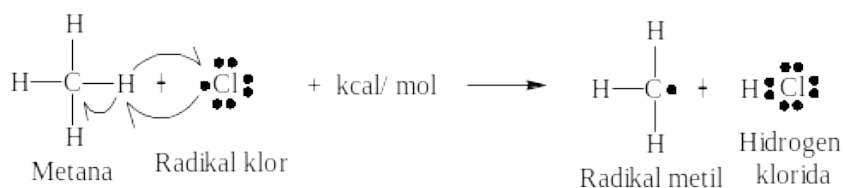


Pembelahan dari molekul  $Cl_2$  atau  $Br_2$  menjadi radikal memerlukan energi sebesar 58 kkal/mol untuk  $Cl_2$  dan 46 kkal/mol untuk  $Br_2$ . Energi yang didapat dari cahaya atau

panas ini, diserap oleh halogen dan akan merupakan reaksi permulaan yang disebut langkah permulaan.

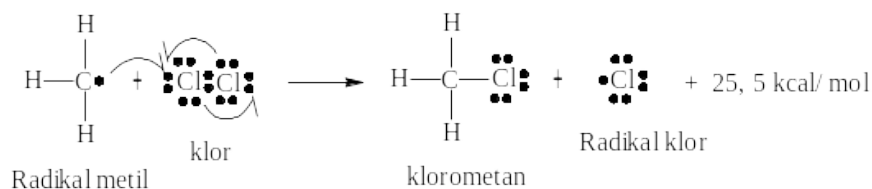
**Langkah kedua**, langkah penggandaan dimana radikal klor bertumbukan dengan molekul metana, radikal ini akan memindahkan atom hidrogen (H) kemudian menghasilkan H-Cl dan sebuah radikal baru, radikal metil ( $\cdot\text{CH}_3$ ).

Langkah I dari siklus penggandaan



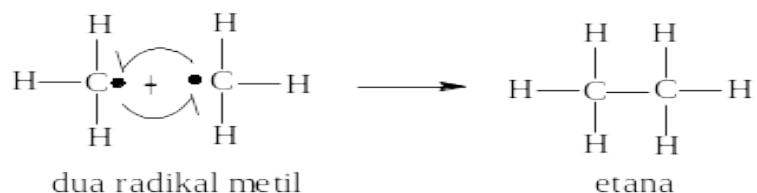
Radikal bebas metil sebaliknya dapat bertumbukan dengan molekul ( $\text{Cl}_2$ ) untuk membedakan atom khlor dalam langkah penggandaan lainnya.

Langkah 2 dari siklus penggandaan



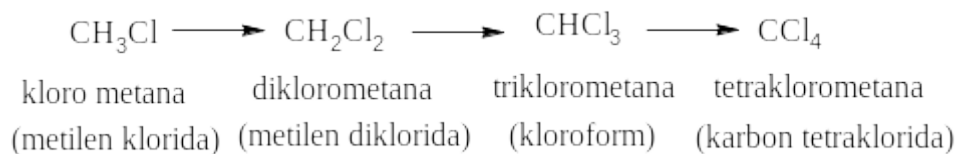
**Langkah ketiga** merupakan reaksi penggabungan. Akhir.Reaksi rantai radikal bebas berjalan terus sampai semua reaktan terpakai atau sampai radikalnya dimusnahkan. Reaksi dimana radikal dimusnahkan disebut langkah akhir. Langkah akhir akan memutuskan rantai dengan jalan mengambil sebuah radikal setelah rantai putus. Siklus penggandaan akan berhenti dan tak berbentuk lagi reaksi.

Suatu cara untuk memusnahkan radikal adalah dengan menggabungkan dua buah radikal untuk membentuk non radikal yang stabil dengan reaksi yang disebut **reaksi penggabungan (coupling reaction)**. Reaksi penggabungan dapat terjadi bila dua buah radikal bertumbukan



Radikal lainnya juga dapat bergabung untuk mengakhiri rangkaian reaksi tersebut. Misalnya  $\cdot\text{CH}_3$  dapat bergabung dengan  $\cdot\text{Cl}$  menghasilkan  $\text{CH}_3\text{Cl}$ .

Suatu masalah dengan radikal bebas adalah terbentuknya hasil campuran. Contohnya ketika reaksi khlorinasi metana berlangsung, konsentrasi dari metana akan berkurang sedangkan klorometan bertambah. Sehingga ada kemungkinan besar bahwa radikal klor akan bertumbukkan dengan molekul klorometan, bukannya dengan molekul metana. Jika halogen berlebihan, reaksi berlanjut dan memberikan hasil-hasil yang mengandung banyak halogen berupa diklorometana, trikloroetana dan tetraklorometana.



Kadaan reaksi dan perbandingan antara klor dan metana dapat diatur untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Pada alkana rantai panjang, hasil reaksinya menjadi semakin rumit karena campuran dari hasil reaksi berupa isomer-isomer semakin banyak. Misalnya pada khlorinasi propana.



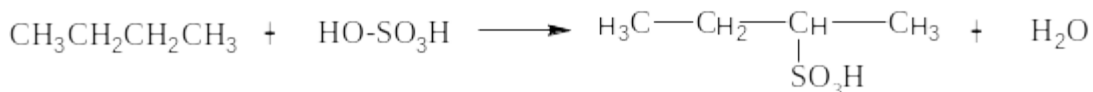
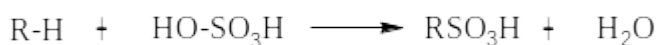
Bila alkana lebih tinggi yang dihalogenasi, campuran hasil reaksi menjadi rumit. Pemurnian atau pemisahan dari isomer-isomer sulit dilakukan. Dengan demikian halogenasi tidak bermanfaat lagi dalam sintesis alkil halida. Namun pada sikloalkana



tak bersubstitusi, dimana semua atom hidrogennya setara, maka hasil murni dapat diperoleh. Oleh karena sifatnya yang berulang terus, reaksi semacam ini disebut reaksi rantai radikal bebas.

### c) Sulfonasi Alkana

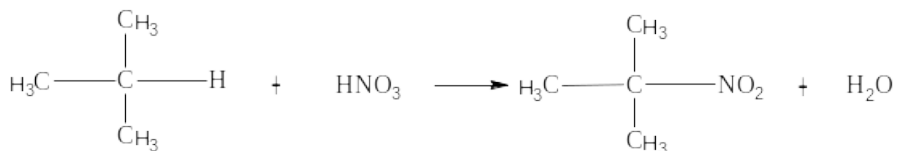
Sulfonasi merupakan reaksi antara suatu senyawa dengan asam sulfat. Reaksi antara alkana dengan asam sulfat berasap (oleum) menghasilkan asam alkana sulfonat, dalam reaksi terjadi pergantian satu atom H oleh gugus  $-\text{SO}_3\text{H}$ . Laju reaksi sulfonasi  $\text{H}_3 > \text{H}_2 > \text{H}_1$ . Contoh:



asam butana sulfonat

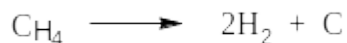
### d) Nitration

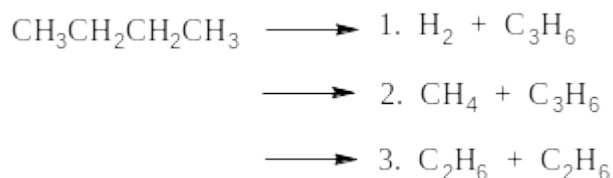
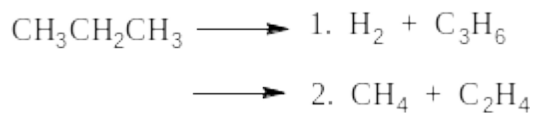
Reaksi nitration analog dengan sulfonasi, berjalan dengan mudah jika terdapat karbon tertier, jika alkananya rantai lurus reaksinya sangat lambat.



### e) Pirolisis (*Cracking*)

Proses pirolisis atau cracking adalah proses pemecahan alkana dengan jalan pemanasan pada temperatur tinggi, sekitar  $1000^\circ\text{C}$  tanpa oksigen, akan dihasilkan alkana dengan rantai karbon lebih pendek.





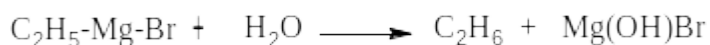
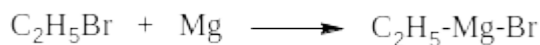
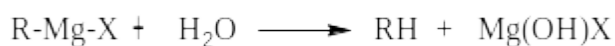
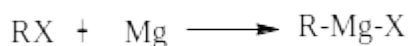
Proses pirolisis dari metana secara industri dipergunakan dalam pembuatan karbon-black. Proses pirolisa juga dipergunakan untuk memperbaiki struktur bahan bakar minyak, yaitu, berfungsi untuk menaikkan bilangannya dan mendapatkan senyawa alkena yang dipergunakan sebagai pembuatan plastik. *Cracking* biasanya dilakukan pada tekanan tinggi dengan penambahan suatu katalis (tanah liat aluminium silikat).

## 5. Sintesis atau Pembuatan

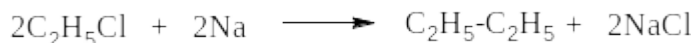
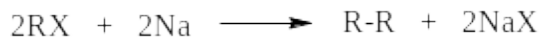
- Alkana dapat diperoleh dari reduksi alkil halida dan logam, misalnya logam Zn (campuran Zn + Cu) atau logam Na dan alkohol.



- Alkana dapat diperoleh dari alkil halida melalui terbentuknya senyawa grignard kemudian dihidrolisis.



- Alkana dapat diperoleh dari alkil halida oleh logam Na (**reaksi Wurtz**), dimana alkana yang dihasilkan mempunyai atom karbon dua kali lebih banyak dari atom karbon alkil halida yang digunakan.

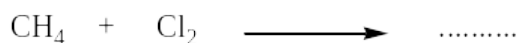


## 6. Manfaat atau kegunaan

Pada umumnya alkana digunakan sebagai bahan bakar misalnya : Gas alam, minyak bumi dan bensin. **Gas alam** mengandung sekitar 90 – 95% metana, 5 – 10% etana dari campuran alkana yang mempunyai titik rendah, terutama propana, butana, dan 2 metil propana. **Minyak bumi** merupakan suatu zat cair yang kental dan merupakan campuran dari ribuan senyawa (terutama hidrokarbon). Komponen hidrokarbon yang terdapat dalam minyak bumi dipisahkan dengan teknik distilasi fraksional. **Bensin** adalah campuran hidrokarbon yang mempunyai 6 – 12 atom karbon, kualitas bensin sebagai bahan dasar mesin ditunjukkan dengan angka oktana.

## B. Latihan

- Buatlah rantai karbon alkana dan tuliskan rumus molekul senyawa karbon yang mempunyai nama berikut.
  - 2,4-dimetilpentana
  - 4-etil-2,3-dimetilheksana
  - 3-etil-4,4,5-trimetilheptana
  - 6-etil-2,2-dimetiloktana
- Sebutkan sifat-sifat alkana (paling sedikit tiga)!
- Tuliskan semua isomer  $C_6H_{14}$ !
- Tuliskan hasil reaksi dari:



## C. Intisari Materi Pelajaran

Senyawa hidrokarbon adalah senyawa yang terdiri atas hidrogen dan karbon. Banyaknya senyawa hidrokarbon disebabkan karena keistimewaan yang dimiliki oleh atom

karbon, yaitu dapat membentuk empat ikatan dengan atom karbon lain atau dengan atom unsur lain. Pada senyawa hidrokarbon, berdasarkan jumlah atom karbon yang diikat, atom karbon dibedakan atas karbon primer, sekunder, tersier, dan kuartener. Ikatan yang terjadi pada senyawa hidrokarbon adalah ikatan kovalen, baik kovalen tunggal maupun rangkap dua serta rangkap tiga. Alkana merupakan senyawa hidrokarbon alifatik jenuh, yaitu hidrokarbon dengan rantai terbuka dan semua ikatan karbonnya merupakan ikatan tunggal. Senyawa alkana mempunyai rumus (James E. Brady):  $C_nH_{2n+2}$ . Pada umumnya alkana digunakan sebagai bahan bakar misalnya : Gas alam, minyak bumi dan bensin.

#### D. Evaluasi

1. Apakah nama senyawa berikut ini sudah sesuai dengan penamaan IUPAC? Betulkan jika masih ada nama yang salah.
  - a. 4–metilbutana
  - b. 2–etilbutana
  - c. 2,2–dimetilbutana
  - d. 3–metil–3–etilpentana
2. Gambar struktur untuk (a) n-propilsikloheksana; (b) isobutilsikloheksana; (c) 4-t-butiloktana!

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

$$\text{Tingkat penguasaan: } \frac{\text{Jumlah Jawaban Ynag Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100 \%$$

Arti tingkat penguasaan:

90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang