# PENGANTAR

# ILMU KIMIA

## UNTUK SEKOLAH LANDJUTAN

oleh

O. A. Emanuel

dan

L. Hutapea

AN NASIONAL RI

/57

Pp 273920

# PENGANTAR ILMU KIMIA

## UNTUK SEKOLAH LANDJUTAN

(Sekolah Menengah Umum, Sekolah Guru, dll)

oleh

O. A. EMANUEL

dan

L. HUTAPEA

KANTOR BIBLIOGRAFI NASIONAL
DJAKARTA
KEM. P.P. & K.

## KATA PENGANTAR

„Pengantar Ilmu Kimia" ini sengadja disusun untuk peladjar² pada sekolah landjutan (Sekolah Menengah Umum dan Sekolah Guru).

Dalam kitab ini azas² ilmu kimia diterangkan dengan tjara jang mudah dan bersahadja, supaja para peladjar mudah pula mengikutinja.

Kami berpendapat, bahwa djika bahan peladjaran jang disadjikan dalam kitab ini telah difahami dan dimiliki, tertjapailah suatu dasar jang memudahkan para peladjar mengikuti peladjaran ilmu kimia jang lebih landjut.

Istilah² jang dipergunakan sedapat mungkin kami sesuaikan dengan istilah² jang sudah umum dipakai. Dengan penjusunan kitab ini, kami mengharap telah turut kiranja berusaha kearah kesatuan pengadjaran ilmu kimia.

Selandjutnja, tegur-sapa dengan maksud hendak memperbaiki isi kitab ini sangat kami harapkan.

O. A. EMANUEL
L. HUTAPEA

Amsterdam Sept. 1951.
Pem. Siantar



# BAB I

# MA'NA-MA'NA DASAR

## § 1. PERBEDAAN PERISTIWA FISIKA DAN PERISTIWA KIMIA

**Pertjobaan I.**

Sepotong **benang platina** ditaruh diatas api. Platina itu berpidjar dengan memberikan tjahaja jang terang. Akan tetapi, setelah benang itu dikeluarkan dari api dan didinginkan pula, maka keadaannja kembali seperti keadaan sebelum ia dipanaskan. Platina tak berkurang dan tiada mengalami perobahan sifat jang kekal. Rupanja, keadaan berpidjar dan memberikan tjahaja adalah perobahan jang **bersifat sementara** sadja.

**Pertjobaan II.**

**Air** jang didinginkan berubah mendjadi air beku (es). Tetapi, apabila es dipanaskan pula, ia kembali mendjadi air. Perobahan air mendjadi es itupun hanja **bersifat sementara.**

**Pertjobaan III.**

**Garam dapur** dilarutkan kedalam air. Kalau larutan itu dipanaskan, air akan menguap dan garam dapur diperoleh kembali. Garam tiada berkurang atau berubah keadaannja.

Ketiga pertjobaan jang diatas ini termasuk pertjobaan fisika dan peristiwa² itu dinamakan **peristiwa fisika.**

**Pertjobaan IV.**

Sepotong **pita magnesium** dimasukkan kedalam api. Magnesium terbakar dengan memantjarkan tjahaja jang menjilaukan mata. Ketika itu ia menimbulkan asap jang putih pula. Magnesium

berubah mendjadi tepung putih jang berbeda benar sifatnja dengan sifat magnesium bermula. Dalam hal ini, peristiwa menghasilkan zat jang baru dengan sifat² baru.

**Pertjobaan V.**

Kita larutkan sedikit **serbuk besi kedalam asam belerang entjer.** Dari larutan keluar sedjenis gas jang tiada berbau dan jang mudah benar terbakar. Gas ini ialah hidrogen. Djika zat tjair jang ada dalam larutan diuapkan, maka tinggallah balur-balur hidjau jang berlainan benar sifatnja dengan serbuk besi.

Dalam hal inipun pertjobaan menghasilkan suatu zat jang baru dengan sifat² baru.

Pertjobaan IV dan V dinamakan pertjobaan kimia dan peristiwa jang terdjadi itu disebutkan **peristiwa kimia.**

**Kesimpulan:**

**Ilmu fisika** mempeladjari peristiwa², dimana zat-zat hanja mengalami **perobahan jang bersifat sementara.**

**Ilmu kimia** mempeladjari peristiwa², dimana zat-zat asal lenjap dan digantikan oleh **zat baru dengan sifat² baru.**

**Pertanjaan.**

Peristiwa apakah jang terdjadi pada hal² jang dibawah ini?

1. Lilin jang sedang menjala.
2. Lampu minjak jang sedang menjala.
3. Bola listrik jang menjala.

**§ 2. ANALISA DAN SINTESA.**

(analisa = peruraian; sintesa = pembentukan)

**Analisa.**

**Pertjobaan:**

Kedalam sebuah tabung-reaksi kita masukkan sedikit **oksid air raksa,** ja'ni sedjenis serbuk jang kuning kemerah-merahan. Tabung itu ditaruh diatas api. Maka pada dinding tabung mengendap tetes-tetes **air raksa.** Dari tabung itu keluar pula gas jang tiada berwarna. Gas ini ialah **zat pembakar** atau **oksigen.** Kaju jang berbara segera menjala, apabila dikenakan kepada oksigen itu.

Peristiwa jang terdjadi pada pertjobaan itu dinjatakan sebagai berikut:

oksid air raksa → air raksa + zat pembakar

Dari sedjenis zat diperoleh dua matjam zat lain. Maka dikatakan, bahwa oksid air raksa **terurai** atas air raksa dan zat pembakar. Peristiwa jang berlangsung itu ialah **reaksi kimia** jang dinamakan **analisa** atau **peruraian.**

Tjontoh analisa jang lain ialah peruraian air oleh arus listrik. Supaja air itu dapat dilalui arus listrik harus diteteskan sedikit asam belerang kepadanja. Air kemudian terurai atas **hidrogen** dan **oksigen.** Reaksi ini dinjatakan sebagai berikut:

air → hidrogen + oksigen.

**Sintesa:**

Air raksa dan oksigen dapat pula disenjawakan kembali mendjadi oksid air raksa. Demikian djuga hidrogen dan oksigen dapat bersenjawa kembali mendjadi air. Reaksi ini adalah kebalikan dari reaksi analisa.

air raksa + oksigen → oksid air raksa
hidrogen + oksigen → air.

Pada reaksi ini **dua djenis zat** bersenjawa mendjadi **satu zat** jang baru. Reaksi seperti ini dinamakan **sintesa** atau **pembentukan.**

**Kesimpulan:**

Pada **analisa** atau **peruraian** terdapat reaksi, dimana sedjenis zat terurai atas dua ragam zat baru.

Pada **sintesa** atau **pembentukan** terdapat reaksi, dimana dua ragam zat bersenjawa mendjadi satu zat baru.

## § 3. ZAT TUNGGAL ATAU UNSUR

Pada reaksi analisa jang dipertjakapkan pada § 2, kita peroleh zat² baru seperti: air raksa, oksigen dan hidrogen. Djika ditjoba pula menguraikan zat² itu, maka ternjata, bahwa pekerdjaan itu sia-sia belaka; zat² itu tiada dapat diuraikan lagi. Oleh sebab itu, air raksa, oksigen dan hidrogen dinamakan **zat tunggal** atau **unsur.**

**Batasan:**

**Unsur ialah zat tunggal jang tiada dapat diuraikan lagi atas zat² jang lain.**

Sekarang ini sudah ada kurang lebih 100 matjam unsur² jang dikenal. Unsur² itu terbagi atas dua golongan besar; ja'ni:

*a.* Gugusan **metal** atau **logam.**

*b.* Gugusan **metaloid** atau **bukan-logam.**

Untuk menjatakan unsur² itu dipergunakan tanda-tanda (simbol) jang disusun oleh **Berzelius.** Dari nama Latin atau nama Junani unsur itu diambil huruf pertama, misalnja H untuk hidrogen dan O untuk oksigen.

Tetapi ada djuga nama unsur² dengan huruf pertama jang bersamaan. Untuk membeda-bedakan unsur² itu diambil dua huruf dari nama unsur² itu, misalnja Ca untuk Calcium, Cu untuk Cuprum.

Tanda-tanda unsur itu senantiasa dimulai dengan huruf besar.

Dibawah ini menjusul daftar unsur² terpenting dengan tandanja (simbol) serta berat atom jang telah dibulatkan. Hal berat atom akan diterangkan pada paragrap jang lain. (lih. § 12).

*a.* **Unsur² gugusan logam.** Jang terpenting ialah:

| Nama | | Tanda (simbol) | Berat atom |
|---|---|---|---|
| 1. Aluminium | | Al | 27 |
| 2. Argentum | — Perak | Ag | 108 |
| 3. Aurum | — Mas | Au | 197 |
| 4. Barium | | Ba | 137,5 |
| 5. Calcium | | Ca | 40 |
| 6. Cuprum | — Tembaga | Cu | 63,5 |
| 7. Ferrum | — Besi | Fe | 56 |
| 8. Hydrargyrum | — Air raksa | Hg | 200 |
| 9. Kalium | | K | 39 |
| 10. Magnesium | | Mg | 24 |
| 11. Mangan | | Mn | 55 |
| 12. Natrium | | Na | 23 |
| 13. Plumbum | — Timbel | Pb | 207 |
| 14. Platinum | — Platina | Pt | 195 |
| 15. Stannum | — Timah | Sn | 119 |
| 16. Zincum | — Seng | Zn | 65,5 |

*b.* **Unsur² gugusan metaloid.** Jang terpenting ialah:

| Nama | | Tanda (simbol) | Berat atom |
|---|---|---|---|
| 1. Argon | | A | 40 |
| 2. Arsenicum | — Arsen, Warangan | As | 75 |
| 3. Bromium | — Brom | Br | 80 |
| 4. Carbonium | — Karbon, Arang | C | 12 |
| 5. Chlorium | — Chlor | Cl | 35,5 |
| 6. Helium | | He | 4 |
| 7. Hidrogenium | — Hidrogen | H | 1 |
| 8. Jodium | — Jod | J | 127 |
| 9. Neon | | Ne | 20 |
| 10. Nitrogenium | — Nitrogen, zat lemas | N | 14 |
| 11. Oxygenium | — Oksigen, zat pembakar | O | 16 |
| 12. Phosphorus | — Pospor, Fosfor | P | 31 |
| 13. Silicium | — Kersik | Si | 28 |
| 14. Sulfur | — Belerang | S | 32 |

**Perbedaan logam dengan metaloid.**

| Logam. | Metaloid. |
|---|---|
| 1. Berat djenis (B.D.) logam biasanja tinggi. | 1. Berat djenis metaloid umumnja rendah. |
| 2. Logam umumnja mempunjai kilap jang bagus (kilap logam). | 2. Metaloid tiada mempunjai kilap. |
| 3. Logam mudah benar menghantarkan panas(kalor) dan arus listrik. | 3. Metaloid tidak mudah menghantarkan panas dan arus listrik. |

## § 4. DARI HAL TJAMPURAN DAN PERSENJAWAAN.

**Tjampuran.**

Sifat² besi dan belerang.

Besi dapat ditarik oleh maknit. Telah kita lihat djuga, bahwa besi melarut kedalam asam belerang entjer dengan mengeluarkan

hidrogen, ja'ni sebangsa gas jang tiada berbau dan mudah terbakar. (§ 1, pertj. V)

Belerang dapat melarut kedalam zat belerang-arang, sedjenis tjairan jang busuk baunja. Apabila zat belerang-arang itu diuapkan, maka kita peroleh belerang kembali dalam bentuk balur-balur.

**Pertjobaan.**

Serbuk besi (Fe) ditjampur aduk dengan serbuk belerang (S). Tjampuran itu dimasukkan kedalam pembuluh jang berisi air. Pembuluh diberi bersumbat, lalu diguntjang. Maka ternjata, bahwa serbuk belerang naik kepermukaan air dan serbuk besi turun kedasar tabung, apabila pekerdjaan mengguntjang itu dihentikan. Kedua zat itu tiada bersenjawa dan tiada pula mengalami perobahan.

Besi itu dapat dikeluarkan dengan maknit; belerang dari tjampuran itu masih dapat melarut kedalam zat belerang-arang.

**Ketentuan:**

**Pada tjampuran, sifat² zat² jang ditjampur itu tiada berubah.**

**Persenjawaan.**

**Pertjobaan:**

Tjampuran dari 7 gram serbuk besi (Fe) dengan 4 gram serbuk belerang (S) dimasukkan kedalam sebuah tabung reaksi, lalu dihangatkan diatas api. Apabila tjampuran sudah mulai berpidjar pada suatu tempat, tabung segera didjauhkan dari api. Akan tetapi kita lihat, bahwa keadaan berpidjar itu merambat djuga keseluruh bahagian tjampuran itu, meskipun tabung itu tiada dipanaskan lagi. Hal ini membuktikan, bahwa besi dan belerang mulai bersenjawa setelah tertjapai temperatur jang tertentu tinginja dan djuga bahwa persenjawaan dari kedua zat itu menimbulkan panas. Sebelum terdjadi persenjawaan, tjampuran besi dan belerang itu harus dipanaskan dahulu. Panas jang diberikan itu diperlukannja untuk mentjapai temperatur jang tertentu tingginja.

Setelah keadaan berpidjar berachir, tinggallah zat jang kelabu warnanja dalam tabung reaksi itu (FeS).

*a.* Maknit tiada dapat lagi menarik besi dari zat baru itu.

*b.* Zat itu kita tumbuk halus[2] dalam lumpang dan kita masukkan kedalam tabung berisi air. Tabung diguntjang. Ternjata, bahwa tidak ada serbuk belerang naik kepermukaan air. Tidak ada besi turun kedasar tabung. Jang kelihatan pada dasar tabung itu ialah serbuk zat jang baru itu.

*c.* Zat itu tiada dapat melarut kedalam zat belerang-arang ($CS_2$).

*d.* Apabila zat baru itu dimasukkan kedalam asam belerang entjer, maka terdjadilah sedjenis gas jang mudah terbakar dan jang berbau telor busuk. Gas ini bukan hidrogen, melainkan gas hidrogen-sulfida ($H_2S$). Rupanja, besi dan belerang telah lenjap digantikan oleh zat baru jang berlainan benar sifat[2]-nja dengan sifat[2] besi dan belerang. Zat jang baru itu dinamakan **besi-belerang** atau **ferro-sulfida** (FeS).
Reaksi kimia itu dinjatakan sebagai berikut:

Besi + belerang → Besi- belerang.
Fe + S → FeS (ferro-sulfida).

Telah kita lihat, bahwa reaksi itu mengeluarkan panas. Reaksi jang mengeluarkan panas dinamakan **reaksi exotherm** atau **reaksi lepas-kalor.** (exo = keluar, lepas; thermos = panas, kalor).

Persenjawaan besi dengan belerang disebutkan **persenjawaan exotherm** atau **persenjawaan lepas-kalor.**

Sebaliknja ada pula reaksi jang hanja mungkin terdjadi, apabila zat[2] pada reaksi itu dipanaskan. Reaksi jang membutuhi panas itu dinamakan **reaksi endotherm** atau **reaksi butuh-kalor.** (endo = masuk; thermos = panas, kalor).

Persenjawaan jang terdjadi dalam hal ini dinamakan **persenjawaan endotherm** atau **persenjawaan butuh-kalor.**

Tjontoh persenjawaan endotherm ialah persenjawaan arang (karbon) dengan belerang (sulfur) mendjadi belerang-arang, ($CS_2$):

$$C + 2\,S \rightarrow CS_2 \text{ (karbon-sulfida).}$$

Persenjawaan endotherm tidak berapa banjak. Jang banjak terdapat ialah persenjawaan exotherm. Hampir semua persenjawaan unsur dengan oksigen termasuk persenjawaan exotherm.

**Kesimpulan:**

Perbedaan tjampuran dengan persenjawaan.

| Tjampuran. | Persenjawaan. |
|---|---|
| 1. Banjak zat jang akan ditjampur tidak perlu menurut perbandingan jang tertentu; banjak zat boleh diambil sesuka-sukanja. | 1. Banjak zat jang akan disenjawakan **harus** menurut perbandingan banjak jang tetap. |
| 2. Sifat² zat jang ditjampur itu tetap sadja sama dengan sifat²-nja semula dalam tjampuran itu. | 2. Sifat² zat jang disenjawakan lenjap. Zat jang baru terdjadi. Sifat² zat ini berbeda benar dengan sifat² zat asal. |
| 3. Pertjampuran dua djenis zat umumnja tiada mengeluarkan panas. | 3. Persenjawaan dua djenis zat kebanjakan mengeluarkan panas. |
| 4. Isi (volume) tjampuran = djumlah volume zat² jang ditjampur. | 4. Isi zat jang terbentuk pada persenjawaan tiada sama dengan djumlah isi zat² jang disenjawakan. |

## § 5. HUKUM LAVOISIER

Persenjawaan 7 gram besi dengan 4 gram belerang menghasil 11 gram besi belerang, kalau pertjobaan diadakan dengan seksama. Pertjobaan² lain djuga membuktikan, bahwa **djumlah berat zat² sebelum terdjadi reaksi sama dengan djumlah berat zat² sesudah reaksi.** Hukum ini dinamakan **hukum Lavoisier** atau **hukum kekekalan berat zat².**

Apakah terdjadi pada lilin atau lampu minjak jang sedang menjala?

Lilin semakin pendek dan ringan; minjak lampu berkurang. Dimanakah lilin jang berkurang itu? Kemana minjak jang berkurang? Ketika lilin menjala, ia bersenjawa dengan oksigen dari udara. Persenjawaan dari kedua zat itu merupakan gas jang menghilang diudara. Pada lampu minjak, demikian djugalah keadaannja: minjak bersenjawa dengan oksigen. Zat baru jang terdjadi itu lenjap diudara.

Setelah diselidiki lebih djauh, maka ternjata, bahwa djumlah berat lilin (atau minjak) dengan zat pembakar jang bersenjawa dengan lilin (atau minjak) itu sama dengan berat gas jang terbentuk pada persenjawaan itu. Dalam hal ini djuga berlaku hukum jang menjatakan, **bahwa berat zat² sebelum reaksi sama dengan berat zat² sesudah reaksi.**

Pertjobaan dengan bola lampu jang dipergunakan oleh tukang poteret untuk memperoleh tjahaja jang terang (bliksemlicht) djuga membuktikan kebenaran hukum jang tersebut diatas. Setelah lampu dipergunakan, ja'ni setelah zat jang mengadakan tjahaja terang telah terbakar mendjadi tepung, ternjata, bahwa berat bola lampu tiada berubah.

Zat jang memberi tjahaja jang terang itu bersenjawa dengan oksigen jang terdapat dalam bola lampu itu djuga. Dalam bola terdjadi zat jang baru, akan tetapi beratnja sama sadja dengan djumlah berat zat asal.

## § 6. HUKUM PROUST

Apabila kita membuat tjampuran dua djenis zat, maka banjak zat jang hendak ditjampur itu boleh kita ambil sesuka-sukanja. Banjak zat jang ditjampur itu tiada menghendaki perbandingan banjak jang tertentu. Tidak demikian halnja, pada persenjawaan. Zat² jang akan disenjawakan itu harus mempunjai perbandingan banjak jang tertentu.

*a.* Telah kita lihat, bahwa persenjawaan dari 7 gram serbuk besi dengan 4 gram serbuk belerang menghasilkan 11 gram besi-belerang. Perbandingan berat besi dan belerang jang disenjawakan itu ialah 7 : 4.

*b.* Apakah terdjadi, djika banjak belerang jang akan disenjawakan dengan 7 gram besi itu kita obah? Misalnja: kita sediakan pula 7 gram belerang. Maka ternjata, bahwa hanja 4 gram belerang, jaitu 4/7 kali sebanjak besi jang bersenjawa dengan besi jang 7 gram itu. Belerang jang 3 gram lagi tidak turut bersenjawa, melainkan tetap sadja keadaannja.

*c.* Apa pulakah terdjadi, apabila 10 gram besi disenjawakan dengan 4 gram belerang? Ternjata, bahwa hanja 7 gram besi

ja'ni 7/4 kali sebanjak beleranglah jang bersenjawa dengan belerang jang 4 gram itu.

Pada ketiga pertjobaan tadi perbandingan banjak besi dan belerang jang bersenjawa mendjadi besi-belerang senantiasa 7 : 4. Perbandingan banjak itu tetap sadja.

Oksid air raksa (HgO) jang dihangatkan terurai atas air raksa (Hg) dan oksigen ($O_2$) dengan perbandingan berat 25 : 2. Sebaliknja, apabila kita hendak membuat oksid air raksa dari air raksa dan oksigen, haruslah kita menjediakan zat² jang hendak disenjawakan ini dengan perbandingan berat 25 : 2. Djika tidak demikian, maka sebahagian dari sebuah diantara zat itu akan berlebih dan tiada turut bersenjawa. Keadaan jang demikian ini harus ditjegah.

Dari jang diterangkan diatas ini diperoleh kesimpulan jang dinjatakan oleh HUKUM PROUST:

**Perbandingan bahagian-bahagian jang membentuk tiap² persenjawaan kimia senantiasa tetap.**
atau
**Perbandingan berat zat-zat jang disenjawakan senantiasa tetap.**

## § 7. TEORI ATOM DALTON

1. Bahagian² terketjil dari suatu zat jang masih mempunjai sifat² jang sama dengan sifat² zat itu sendiri dinamakan **molekul-molekul.**
   misalnja: Oksid air raksa (HgO) dapat dibagi-bagi, sehingga diperoleh bahagian² terketjil jang tidak dapat dihaluskan lagi. Bahagian² inilah jang dinamakan molekul-molekul. Sifatnja sama sadja dengan sifat oksid air raksa itu.
2. Tiap² **molekul** terdjadi dari atom-atom.
3. **Atom** ialah bahagian terketjil dari **suatu unsur** jang mungkin terdapat dalam 1 molekul dari suatu zat.
4. Pada ilmu kimia, atom² itu boleh dianggap bahagian² unsur jang tiada dapat dipisah atau berobah lagi; dalam reaksi kimia-pun atom² itu tiada berobah; jang berobah ialah molekul, dalam mana atom itu terikat.

5. Atom[2] dari unsur jang sama senantiasa sama beratnja; berat atom itu pulalah jang membedakan unsur itu dari unsur[2] jang lain dan jang mendjadi tanda tersendiri untuk unsur itu.

6. **Molekul persenjawaan** terdjadi dari atom[2] unsur[2] jang bukan sedjenis.
misalnja:
1 molekul air ($H_2O$) terdjadi dari 2 atom hidrogen dan 1 atom oksigen. 1 molekul besi-belerang (FeS) terdjadi dari 1 atom besi dan 1 atom belerang.

7. Dalam tiap[2] molekul dari suatu persenjawaan **susunan** dan **banjak** atom[2] dari unsur[2] jang membentuk molekul persenjawaan itu senantiasa **sama** dan **tetap.**
Djadi, dalam tiap[2] molekul air misalnja, terdapat 2 atom hidrogen dan 1 atom oksigen.

8. Tiap[2] **molekul dari suatu unsur** terdjadi dari beberapa atom dari unsur itu.
misalnja: 1 molekul oksigen terdjadi dari 2 atom oksigen ($O_2$).

9. Tidak dari semua unsur[2] diketahui banjak atom jang terdapat dalam 1 molekul dari unsur itu.
Ada djuga unsur[2] jang molekulnja terdjadi dari hanja 1 atom. Kebanjakan unsur[2] dari gugusan logam demikian keadaan molekulnja. (K, Na, Ca, Ba, Mg, Al. dll).
Molekul unsur[2] jang berupa gas umumnja terdjadi dari **dua** atom dari unsur itu.
Tjontoh:
molekul oksigen : $O_2$
molekul nitrogen : $N_2$
molekul chlor : $Cl_2$
molekul hidrogen: $H_2$.
Masing-masing molekul ini terdjadi dari 2 atom.

10. Diantara atom[2] jang terdapat dalam tiap[2] molekul terdapat gaja tarik menarik jang mempersatukan atom[2] itu membentuk molekul suatu zat. Gaja tarik menarik itu dinamakan **gaja afinitet** atau **gaja gabung.** Gaja gabung ini tidak senantiasa sama besarnja.

## § 8. KETERANGAN HUKUM LAVOISIER

Apakah jang terdjadi pada reaksi kimia?

Molekul[2] zat[2] diuraikan atas atom[2] dan atom[2] ini bergabung pula membentuk **molekul zat jang baru.** Dalam molekul ini atom[2] itu mempunjai **susunan jang baru.** Djadi, djumlah atom dalam reaksi itu tiada berobah. Oleh sebab itu **djumlah** berat zat[2] pun sebelum dan sesudah terdjadi reaksi tentu tidak pula berobah.

## § 9. KETERANGAN HUKUM PROUST

Pada tiap[2] molekul dari suatu persenjawaan terdapat berapa djenis unsur[2] dan djumlah atom dari masing[2] unsur itu senantiasa tetap dalam molekul itu.

Tjontoh: Pada tiap[2] molekul asam-belerang ($H_2SO_4$) terdapat 2 atom H, 1 atom S dan 4 atom O.

Atom[2] dari sedjenis unsur sama beratnja. Perbandingan berat unsur[2] jang terdapat dalam tiap[2] molekul dari suatu persenjawaan senantiasa tetap. Pada seberapa banjak sadja dari persenjawaan itu perbandingan berat unsur[2] jang membentuknja sama sadja dengan perbandingan berat unsur[2] pada 1 molekul dari persenjawaan itu.

Tjontoh:

1 molekul air terdjadi dari 2 atom hidrogen dan 1 atom oksigen. Kita misalkan berat 1 atom hidrogen a gram dan berat 1 atom oksigen b gram. Djadi, dalam 1 molekul air terdapat 2a gram hidrogen + b gram oksigen. Kalau kita ambil 1 liter air, maka pada 1 liter air itu perbandingan berat hidrogen dan oksigen djuga 2a : b.

Apabila hidrogen dan oksigen disenjawakan, maka terdjadi air. Dalam hal ini perbandingan berat hidrogen dan oksigen jang hendak disenjawakan itu harus pulalah 2a : b.

BAB II

## TANDA-TANDA KIMIA

### § 10. ARTI TANDA-TANDA

Pada § 3 (Zat tunggal atau unsur-unsur) telah kita persoalkan simbol[2] jang disusun oleh Berzelius untuk menandakan unsur-unsur. Tanda-tanda ini djugalah jang dipergunakan untuk menjatakan:

*a.* atom unsur-unsur.
*b.* molekul unsur-unsur.
*c.* molekul persenjawaan.

*a.* **atom unsur-unsur.**

1 atom oksigen dinjatakan dengan huruf besar O.
5 O artinja 5 atom oksigen (jang lepas).
2 H artinja 2 atom hidrogen (jang lepas).

*b.* **molekul unsur-unsur.**

Tanda jang menjatakan molekul dinamakan **rumus kimia,** atau **rumus molekul.** Pada 1 molekul dari suatu unsur terdapat beberapa atom dari unsur itu. Untuk menjatakan banjak atom jang terdapat dalam 1 molekul dituliskan angka (index) pada kaki tanda unsur.

Tjontoh:

1 molekul oksigen terdjadi dari 2 atom. Tanda molekul oksigen ialah $O_2$. Djadi, $O_2$ ialah rumus kimia untuk oksigen.

Rumus kimia hidrogen: $H_2$; Nitrogen: $N_2$; Chlor: $Cl_2$.dsb.

*c.* **molekul persenjawaan.**

Rumus molekul suatu persenjawaan dinjatakan dengan tjara menuliskan berturut-turut tanda[2] dari unsur[2] jang membentuk molekul persenjawaan itu. Pada kaki tanda unsur ditaruh

angka (index) jang menjatakan banjak atom dari masing² unsur itu, apabila banjaknja lebih dari satu.

Tjontoh:

Rumus kimia besi-belerang ialah FeS; artinja: pada tiap² molekul besi-belerang terdapat 1 atom Fe dan 1 atom S.

Rumus oksid air raksa ialah HgO; pada tiap² molekul oksid air raksa terdapat 1 atom Hg dan 1 atom O.

Rumus air ialah $H_2O$; artinja: pada tiap² molekul air terdapat 2 atom hidrogen dan 1 atom oksigen.

$3H_2SO_4$ artinja 3 molekul asam sulfat dan tiap² molekul terdjadi dari 2 atom H,1 atom S dan 4 atom O. Angka 3 didepan rumus molekul menjatakan banjak molekul. Angka ini dinamakan **koëpisien.** Angka 2 dan 4 pada kaki tanda unsur H dan O disebutkan **index.** Apakah gunanja?

Banjak atom jang terdapat pada 1 molekul dari **unsur² padat** dan **air raksa** tiada diketahui; oleh sebab itu, untuk menjatakan unsur jang demikian itu hanja tandanja (simbolnja) dituliskan; diperbuat seolah-olah atom unsur² itu tiada terikat mendjadi molekul.

Tjontoh:

Untuk menjatakan air raksa ditulis Hg, untuk aluminium Al. untuk natrium Na.

Angka²jang menjatakan perbandingan banjak atom unsur² pada tanda molekul dari suatu persenjawaan merupakan angka² perbandingan jang terketjil.

Tjontoh:

Air dinjatakan dengan $H_2O$ dan bukan dengan $H_4O_2$.

Terangkanlah arti: 2 K

3 $O_2$

5 $H_2O$

3 $CaCO_3$.

## § 11. PERSAMAAN KIMIA

Sekarang dapatlah kita menjatakan reaksi kimia dengan mempergunakan tanda² dan rumus² jang telah kita peladjari. Reaksi kimia jang berlangsung itu dinjatakan dengan suatu persamaan jang dinamakan **persamaan kimia.**

**Tjontoh I.**

Reaksi persenjawaan besi dengan belerang mendjadi besi-belerang (ferro-sulfida) ditulis sebagai berikut:

$$Fe + S \rightarrow FeS.$$

Persamaan dibatja:
1 **atom** besi bersenjawa dengan 1 **atom** belerang mendjadi.
1 **molekul** besi-belerang.

Persamaan kimia itu harus memenuhi beberapa sjarat jang penting:

*a.* Menurut hukum Lavoisier berat zat² sebelum dan sesudah terdjadi reaksi harus sama. Ini berarti, bahwa **djumlah** atom unsur² disebelah kiri tanda panah harus sama dengan djumlah atom unsur² disebelah kanan.
Pada tjontoh jang diatas, banjak atom Fe disebelah kiri tanda panah harus sama dengan banjak atom Fe disebelah kanan tanda itu; demikian pula banjak atom S.

*b.* Angka² perbandingan banjak molekul atom zat² jang turut dalam persenjawaan itu harus pula merupakan angka² perbandingan terketjil.
Misalnja, pada tjontoh jang diatas **tidak boleh** dituliskan:

$$2\,Fe + 2\,S \rightarrow 2\,FeS.$$

**Tjontoh II.**

Oksid air raksa jang dihangatkan terurai atas air raksa dan zat pembakar. Rumus air raksa ialah Hg. Rumus molekul zat pembakar ialah $O_2$. Apabila betul² **gas** zat pembakar jang terdjadi, maka haruslah dituliskan $O_2$ dan bukan O.

Persamaan kimia jang menjatakan peruraian oksid air raksa itu disusun sebagai berikut:

Mula-mula dituliskan tanda² zat jang terdapat pada reaksi itu:

$$HgO \rightarrow Hg + O_2$$

Persamaan ini belum sempurna, sebab belum memenuhi sjarat jang disebutkan oleh hukum Lavoisier. Djumlah atom O disebelah kiri tanda panah belum sesuai dengan djumlah atom O disebelah kanan. Untuk memperoleh 1 molekul $O_2$, sekurang-kurangnja

diuraikan 2 molekul HgO. Oleh sebab itu didepan rumus HgO ditaruh koëfisien 2.

Djadi:

$$2\ HgO \rightarrow Hg + O_2.$$

Persamaan inipun belum djuga sempurna, sebab banjak atom Hg disebelah kiri dan kanan tanda panah belum sama. Untuk ini ditaruh pula koepisien 2 didepan tanda Hg.

Djadi:

$$2\ HgO \rightarrow 2\ Hg + O_2.$$

Persamaan ini dibatja sebagai berikut:

2 molekul oksid air raksa diuraikan atas 2 atom air raksa dan 1 molekul oksigen (zat pembakar).

Pertanjaan:

Apa sebabnja harus dituliskan 2 Hg dan bukan $Hg_2$?

Apa sebabnja harus dituliskan $O_2$ dan bukan 2O?

**Tjontoh III.**

Air dapat diuraikan dengan mempergunakan aliran listrik. Air terurai atas dua djenis gas, jaitu hidrogen dan oksigen. Rumus molekul hidrogen dan oksigen ialah $H_2$ dan $O_2$.

Mula-mula dituliskan tanda² zat jang turut pada reaksi itu:

$$H_2O \rightarrow H_2 + O_2.$$

Pada persamaan ini djumlah atom O disebelah kiri dan disebelah kanan tanda panah belum sama. Supaja demikian, ditaruh koëpisien 2 didepan tanda $H_2O$.

$$2\ H_2O \rightarrow H_2 + O_2.$$

Persamaan inipun belum sempurna, sebab djumlah atom H disebelah kiri dan kanan tanda panah belum sama. Oleh sebab itu ditaruh pula koëpisien 2 dimuka tanda $H_2$.

$$2\ H_2O \rightarrow 2\ H_2 + O_2.$$

Sekarang persamaan itu telah memenuhi hulum Lavoisier.

Persamaan dibatja:

2 molekul air terurai atas 2 molekul hidrogen dan 1 molekul oksigen.

Djika rumus zat² jang terdapat pada reaksi kimia telah diketahui,

maka dapatlah disusun persamaannja dengan mengingat hukum Lavoisier. Pada rumus zat itu tiada boleh diadakan perobahan; hanja koepisien didepan rumus jang harus disesuaikan, supaja banjak atom unsur[2] disebelah kiri tanda panah sama dengan jang disebelah kanan tanda itu.

**Soal-soal:**

Isilah koëpisien dari persamaan jang dibawah ini:

1. .... $N_2$ + .... $H_2$ → .... $NH_3$
2. .... $P_2O_5$ + .... $H_2O$ → .... $H_3PO_4$
3. .... Na + .... $H_2O$ → .... $Na_2O$ + .... $H_2$
4. .... $Na_2O$ + .... $H_2O$ → .... NaOH
5. .... $KClO_3$ → .... KCl + .... $O_2$
6. .... NaCl + $H_2SO_4$ → .... $Na_2SO_4$ + .... $H_2O$.

BAB III

## DARI HAL BERAT ZAT-ZAT

### § 12. BERAT ATOM

Berat atom unsur jang berlainan tidak sama. Supaja berat unsur² satu sama lain dapat diperbandingkan, maka diambil berat atom unsur jang terringan sebagai dasar perbandingan. Unsur jang terringan ialah hidrogen. Djadi, berat atom dari unsur² diperbandingkan dengan berat 1 atom hidrogen.

Tjontoh.

Berat atom oksigen = 16. Bilangan 16 ini menjatakan, bahwa berat 1 atom oksigen 16 × seberat 1 atom hidrogen.

Berat atom Fe = 56. Maksudnja: Berat 1 atom Fe = 56 × seberat 1 atom hidrogen.

**Batasan.**

**Berat atom suatu unsur ialah perbandingan dari berat 1 atom unsur itu dengan berat 1 atom hidrogen.**

Djadi, berat atom unsur $X = \frac{\text{berat 1 atom X}}{\text{berat 1 atom hidrogen}}$

Berat atom itu dinjatakan dengan **bilangan jang tidak bernama.**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Berat atom: | Hg | 200 | O | 16 | S 32 |
| | Ca | 40 | N | 14 | Na 23 |
| | Fe | 56 | K | 39 | C 12 |

(Lihat daftar unsur-unsur § 3).

### § 13. BERAT MOLEKUL (= M)

**Batasan.**

**Berat molekul suatu unsur atau persenjawaan ialah perbandingan berat 1 molekul dari unsur atau persenjawaan itu dengan berat 1 atom hidrogen.**

Berat molekul zat Y = $\frac{\text{berat 1 molekul Y}}{\text{berat 1 atom hidrogen}}$.

Berat molekul djuga dinjatakan dengan **bilangan jang tidak bernama.**

Kalau berat atom dari unsur² jang terdapat dalam suatu zat telah diketahui, maka mudah benar menghitung berat molekul zat itu. Untuk memperoleh berat molekul itu, berat atom dari unsur² jang terdapat dalam 1 molekul dari zat itu didjumlahkan.

Berat molekul (M) dari $H_2O = 2 \times 1 + 1 \times 16 = 18$.

M dari FeS = 56 + 32 = 88.

Bilangan 18 menjatakan, bahwa berat 1 molekul air = 18 × seberat 1 atom hidrogen.

Bilangan 88 menjatakan, bahwa berat 1 molekul besi-belerang = 88 × seberat 1 atom hidrogen.

Tjaharilah M dari: HgO, $H_2SO_4$, $Al(OH)_3$.

Pada Al $(OH)_3$: atom² dalam tanda kurung dikalikan dengan 3.

## § 14. GRAMATOM (Gramat.)

Sedjenis ukuran banjak jang dipergunakan dalam ilmu kimia ialah **gramatom.** Dalam 1 gramatom dari tiap² zat terdapat $6 \times 10^{23}$ atom. dari zat itu.

Berat atom hidrogen = 1.

Berat 1 gramatom hidrogen = 1 gram.

Berat atom besi = 56, jaitu 56 × seberat 1 atom hidrogen. Djadi, berat 1 gramatom besi = 56 × seberat 1 gramatom hidrogen = = 56 × 1 gram = 56 gram.

Berat atom O = 16.

Berat 1 gramatom O = 16 gram.

**Batasan.**

**1 gramatom dari suatu unsur ialah berat atom dari unsur itu dinjatakan dengan gram.**

Berapa gram-kah berat: 1 gramat. S?
1 gramat. Hg?
1 gramat. Na?
1 gramat. K?

**Dalam 1 gramatom dari suatu unsur terdapat $\frac{1}{h}$ atom.**

**Bukti:**

I. Telah kita peladjari, bahwa berat 1 gramatom hidrogen = 1 gram. Kita misalkan berat 1 **atom** hidrogen = h gram.

Maka dalam 1 gram hidrogen terdapat:

$\frac{1 \text{ gram}}{h \text{ gram}} \times 1$ atom hidrogen $= \frac{1}{h}$ atom hidrogen.

II. Berat 1 gramatom oksigen = 16 gram.

Berat atom oksigen 16. Djadi, berat 1 atom oksigen = 16 × seberat 1 atom hidrogen = 16 × h gram = 16 h gram.

Dalam 1 gramatom atau 16 gram oksigen terdapat:

$\frac{16 \text{ gram}}{16 \text{ h gram}} \times 1$ atom oksigen $= \frac{1}{h}$ atom oksigen.

Dengan tjara jang diatas ini dapatlah kita buktikan, bahwa dalam 1 gramatom dari tiap[2] zat terdapat $\frac{1}{h}$ atom dari zat itu.

## § 15. GRAMMOLEKUL. (grammol.)

**Grammolekul** ialah ukuran banjak untuk **molekul**[2] dari unsur[2] atau persenjawaan. Dalam 1 grammolekul dari suatu zat terdapat $6 \times 10^{23}$ molekul.

Banjak molekul dalam 1 grammolekul sama sadja dengan banjak atom dalam 1 gramatom.

**1 grammolekul dari suatu unsur atau persenjawaan ialah berat molekul unsur atau persenjawaan itu dinjatakan dengan gram.**

Djadi, 1 grammolekul dari suatu zat jang berat molekulnja M ialah M gram.

Berat molekul $O_2$ ialah $2 \times 16 = 32$.

1 grammolekul $O_2 = 2 \times 16$ gram $O_2 = 32$ gram $O_2$.

1 grammol. $H_2O = (2 \times 1 + 16)$ gram $H_2O = 18$ gram $H_2O$.

1 grammol. $FeS = (56 + 32)$ gram $FeS = 88$ gram FeS.

Berapa gramkah berat: 1 grammol. HgO? 1 grammol. $H_2SO_4$? 1 grammol. $CaCO_3$? 1 grammol. $C_6H_{12}O_6$?

Dengan tjara jang diterangkan pada gramatom dapat pula dibuktikan, bahwa 1 grammolekul dari suatu zat terdjadi dari $\frac{1}{h}$ molekul.

KANTOR BIBLIOGRAFI NASIONAL DJAKARTA

**Bukti:**

Misalkan berat 1 atom hidrogen = h gram. Maka berat 1 molekul $H_2O$ = 18 × h gram. 1 grammol. $H_2O$ = 18 gram $H_2O$ dan terdjadi dari $\frac{18 \text{ gram}}{18 \times h \text{ gram}}$ × 1 molekul $H_2O = \frac{1}{h}$ molekul $H_2O$.

**Tjatetan.**

Bilangan $\frac{1}{h}$ sangat besar, ja'ni $6 \times 10^{23}$.

Apakah gunanja dibuktikan, bahwa 1 gramatom terdjadi dari $\frac{1}{h}$ atom dan 1 grammolekul terdjadi dari $\frac{1}{h}$ molekul?

Hal ini melahirkan suatu tjara jang lain untuk membatja persamaan kimia.

**Tjontoh:**

$$Fe + S \rightarrow FeS$$

artinja:

Persenjawaan **1 atom Fe + 1 atom S memberi 1 mol. FeS.** Djika bahagian² persamaan itu masing² dibagi dengan h, maka kita peroleh:

Persenjawaan $\frac{1}{h}$ **at. Fe +** $\frac{1}{h}$ **at. S memberi** $\frac{1}{h}$ **mol. FeS.**

Tetapi $\frac{1}{h}$ at. ialah 1 gramat. dan $\frac{1}{h}$ mol. ialah 1 grammol. Oleh sebab itu persamaan itu dapatlah dibatja sebagai berikut:

**1 gramat. Fe + 1 gramat. S memberi 1 grammol. FeS,** atau **56 gram Fe + 32 gram S memberi 88 gram FeS.**

**Soal:**

Berapa banjak Fe dan S harus disenjawakan untuk memperoleh 100 gram FeS?

**Djawab:**

56 gram Fe + 32 gram S memberi 88 gram FeS.

100 gram FeS = $\frac{100}{88}$ × 88 gram FeS. Oleh sebab itu, untuk memperoleh 100 gram FeS diperlukan:

$\frac{100}{88} \times 56$ gram Fe $= 63\frac{7}{11}$ gram Fe dengan

$\frac{100}{88} \times 32$ gram S $= 36\frac{4}{11}$ gram S.

Persamaan mendjadi:

$63\frac{7}{11}$ gram Fe + $36\frac{4}{11}$ gram S memberi 100 gram FeS.

**Soal-soal:**

1. Berapa gramat.-kah: 60 gram Hg? 16 gram Cu?
2. Berapa grammol-kah: 14 gram $H_2SO_4$ (= asam sulfat)? 78 gram NaCl (= garam dapur)?
3. Berapa gram tembaga terdapat pada 25 gram $CuSO_4$ (= cuprumsulfat)?
4. Apakah kita peroleh, apabila 100 gram Fe dan 50 gram S dihangatkan?
5. Oksid air raksa dihangatkan. Maka diperoleh 12,8 gram oksigen. Berapa gram air raksa terdjadi?
6. Berapa % C terdapat dalam $CaCO_3$ (= calciumkarbonat)?
7. Berapa grammol-kah 1 liter air?

BAB IV

## DARI HAL VALENSI ATAU MARTABAT

### § 16. BATASAN VALENSI ATAU MARTABAT

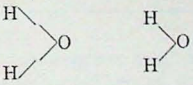
Perhatikanlah rumus-rumus persenjawaan H jang dibawah ini:
HCl = hidrochlorida (asam chlorida)
$H_2O$ = air
$NH_3$ = amoniak
$CH_4$ = gas rawa-rawa.

Pada rumus-rumus itu kita lihat, bahwa Cl, O, N, dan C masing² bersenjawa dengan 1, 2, 3, 4 atom hidrogen. Sebaliknja 1 atom H tidak pernah kita lihat bersenjawa dengan lebih dari 1 atom unsur lain; pada rumus² persenjawaan H jang diketahui demikian djugalah keadaannja. Oleh sebab itu dikatakan, bahwa 1 atom H hanja mempunjai 1 tangan-bersenjawa atau **H bervalensi 1** atau **bermartabat 1.**

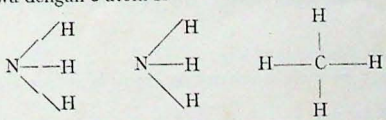
Pada persenjawaan HCl 1 atom Cl bersenjawa dengan hanja 1 atom H. Telah kita ketahui, bahwa H bervalensi 1. Tentu dalam hal ini atom Cl nistjaja mempunjai 1 tangan- bersenjawa djuga, atau Cl **bervalensi** 1.

H — — Cl  H — Cl

Dari $H_2O$ ternjata, bahwa 1 atom O bervalensi 2, sebab bersenjawa dengan 2 atom H



Dari rumus $NH_3$ ternjata, bahwa 1 atom N bervalensi 3, sebab bersenjawa dengan 3 atom H



Dari rumus $CH_4$ ternjata, bahwa C bervalensi 4, sebab bersenjawa dengan 4 atom H.

Djumlah tangan-bersenjawa 1 atom dari suatu unsur dinamakan valensi atau martabat dari unsur itu.

**Batasan I.**

**Valensi atau martabat unsur[2] jang dapat bersenjawa dengan hidrogen ialah bilangan jang menjatakan banjak atom H jang dapat bersenjawa dengan unsur itu untuk membentuk satu molekul suatu zat.**

Tidak semua unsur[2] dapat bersenjawa dengan H. Unsur[2] logam misalnja tiada mempunjai afinitet (= gaja gabung, gaja bersenjawa) terhadap hidrogen. Bagaimanakah menentukan valensi unsur[2] jang demikian itu?

Tjaranja kita terangkan dengan suatu tjontoh:

Kita hendak menentukan martabat (valensi) Na.

Kita ketahui, bahwa Na dapat bersenjawa dengan Cl mendjadi NaCl (natrium-chlorida = garam dapur). Rumus Na Cl ini kita perbandingkan dengan rumus HCl, dimana Cl bersenjawa dengan 1 atom H. Dari rumus HCl ternjata, bahwa **Cl bermartabat 1.** Pada rumus Na Cl itu Cl bersenjawa dengan 1 atom Na. Oleh sebab Cl bermartabat 1, tentu Na hanja mempunjai 1 tangan-bersenjawa pula. Djadi, Na djuga bermartabat 1.

H — — Cl  Na — — Cl

Dalam hal ini, boleh djuga dikatakan, bahwa 1 atom Na dapat menggantikan 1 atom H. Sekarang menjusul pula batasan valensi jang kedua:

**Batasan II.**

Apabila suatu unsur dapat menggantikan unsur H pada suatu persenjawaan, maka dikatakan, bahwa **valensi unsur itu ialah bilangan jang menjatakan banjak atom H jang dapat digantikan oleh 1 atom dari unsur itu pada satu persenjawaan hidrogen.**

Lagi sebuah tjontoh jang lain:

Kita hendak menentukan martabat Hg pada rumus HgO.

**Keterangan I.**

HgO kita perbandingkan dengan suatu persenjawaan oksigen dan hidrogen, misalnja $H_2O$. Hg dan 2H tentu sama valensinja,

sebab sama-sama bersenjawa dengan 1 atom O. Djadi pada rumus HgO, 2 atom H telah digantikan oleh 1 atom Hg. Banjak tangan-bersenjawa 1 atom Hg sama dengan banjak tangan-bersenjawa 2 atom H. Martabat Hg = 2.

**Keterangan II.**

Dari rumus $H_2O$ ternjata, bahwa O bervalensi 2 atau mempunjai 2 tangan-bersenjawa. Pada rumus HgO ternjata, bahwa 1 atom O bersenjawa dengan 1 atom Hg. Banjak tangan-bersenjawa Hg tentu 2 buah pula. Djadi, Hg bervalensi 2.

Ada pula unsur² jang berlainan valensinja pada beberapa persenjawaan.

Pada persenjawaan CO(karbon-mon-oksida), unsur C bervalensi 2, pada persenjawaan lain senantiasa bervalensi 4, misalnja pada $CH_4$ (gas rawa-rawa) dan $CO_2$ (karbondioksida).

Terhadap H valensi S senantiasa 2, misalnja pada persenjawaan $H_2S$ (gas hidrogen-belerang), dan terhadap O mungkin 4, misalnja pada persenjawaan $SO_2$ (belerangdioksida) atau 6, misalnja pada $SO_3$ (belerang-trioksida) Fe pada persenjawaan FeO (ferro-oksida) bervalensi 2 dan pada persenjawaan $Fe_2O_3$ (ferri-oksida) bervalensi 3.

N pada $N_2O_3$ (dinitrogen-trioksida) bervalensi 3, pada $N_2O_5$ (dinitrogen-pentoksida) bervalensi 5.

P pada $P_2O_3$ (difosfor-trioksida) bervalensi 3 dan pada $P_2O_5$ (difosfor-pent-oksida) bervalensi 5.

**DAFTAR VALENSI (MARTABAT) UNSUR-UNSUR TERPENTING**

| Val. I | Val. II | Val. III | Val. IV | Val. V | Val. VI |
|---|---|---|---|---|---|
| H | O | N (3-5) | C (2-4) | N (3-5) | S (2-4-6) |
| Na | S (2-4-6) | P (3-5) | S (2-4-6) | P (3-5) | |
| K | Ca | Al | Si | As | |
| Cl | Ba | Fe (2-3) | Sn (2-4) | | |
| Br | Mg | | | | |
| J | Zn | | | | |
| Ag | Fe (2-3) | | | | |
| Cu (1-2) | Sn (2-4) | | | | |
| Hg (1-2) | Pb (2-4) | | | | |
| | Cu (1-2) | | | | |
| | Hg (1-2) | | | | |

## § 17. RUMUS BANGUN

Valensi atau martabat suatu unsur dapat dinjatakan dengan garis[2] valensi. Simbol dari suatu unsur dibubuhi garis[2] sebanjak bilangan valensinja.

H bervalensi 1; dinjatakan dengan: H—

O bervalensi 2; dinjatakan dengan: O= atau —O—

N bervalensi 3; dinjatakan dengan: N< atau —N—

C bervalensi 4; dinjatakan dengan: C< atau —C—

Dengan mempergunakan garis[2] valensi itu dapatlah kita menjatakan **bentuk satu molekul,** ja'ni jang dinamakan **rumus bangun** dari molekul itu.

Rumus molekul air ialah $H_2O$. Rumus bangunnja ialah: H>O

Rumus molekul garam dapur (natrium-chlorida), ialah NaCl.
Rumus bangunnja: Na—Cl.

Rumus molekul difosfor-pentoksida, ialah $P_2O_5$.
Rumus bangunnja:

O
P=O
>O atau
P=O
O

O = P = O
|
O
|
O = P = O

**Soal-soal.**

Njatakanlah rumus bangun:

1. $CO_2$. 2. HgO. 3. $SO_3$. 4. $Al_2O_3$. 5. $P_2O_3$.
6. $N_2O_5$. 7. $Fe_2O_3$. 8. $CH_4$. 9. FeO. 10. $N_2O_3$.

BAB V

## OKSIGEN (= Zat pembakar) : $O_2$.

### § 18. SIFAT² FISIK

Pada temperatur dan tekanan biasa, oksigen adalah suatu gas jang tiada berwarna, tiada berbau dan mempunjai rasa tawar. Dibawah — 119° C dapat gas itu ditjairkan dengan tjara memampatkannja. Dapat-larutnja dalam air, ketjil benar. Beratnja $1^1/_9 \times$ seberat udara.

### § 19. TEMPAT TERDAPATNJA OKSIGEN

Oksigen banjak benar dialam ini. Dalam keadaan tidak-bersenjawa gas itu terdapat diudara. Lapisan udara jang terdekat kepada permukaan bumi terdjadi dari:

± 78% nitrogen (= zat lemas) atau $N_2$
± **21% oksigen (zat pembakar) atau** $O_2$
± 0,03% karbondioksida ($CO_2$)
± 1% gas² murni: helium, krypton, neon, xenon, argon.

Lain dari zat² jang tersebut diatas ada pula terdapat diudara uap air, butir² debu dan berbagai-bagai spura tumbuh-tumbuhan.

Dari jang diterangkan diatas ternjata, bahwa kira² $^1/_5$ dari udara ialah oksigen. Pertjobaan dengan sekerat fosfor dapat membuktikan hal ini.

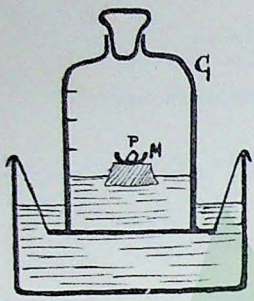
**Pertjobaan.**

Sekerat fosfor kuning (P) dimasukkan kedalam mangkok porselin (M). Mangkok ditaruh diatas sepotong gabus jang terapung pada permukaan air dalam sebuah bak. Gelas penjungkup (G) jang bersumbat dilingkupkan diatas gabus itu.

Fosfor dinjalakan dengan udjung batang logam jang lebih dahulu telah dihangatkan. Kemudian, gelas penjungkup diberi bersumbat.

Dalam gelas penjungkup terdjadi asap putih jang kemudiannja menghilang.

Kemanakah asap itu? Ketika itu djuga permukaan air dalam gelas penjungkup naik sedjurus lamanja. Kesudahannja ternjata, bahwa hanja $^4/_5$ dari udara bermula jang tinggal dalam gelas penjungkup itu. Apabila sepotong kaju jang sedang menjala dimasukkan kedalamnja, maka api itu dipadamkan oleh uadara dalam gelas penjungkup itu. Rupanja udara itu tiada mengandung oksigen lagi. Bahagian jang $^1/_5$ jang menghilang itu ialah oksigen.




Kemanakah oksigen itu?

Oksigen itu telah bersenjawa dengan fosfor mendjadi difosforpentoksida ($P_2O_5$) dan zat ini telah bersenjawa pula dengan air dalam bak mendjadi **asam-fosfat** ($H_3PO_4$).

Kedua reaksi jang berlangsung itu dapat dinjatakan sebagai berikut:

$$4P + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$$

fosfor + oksigen → difosfor-pentoksida.

$$2P_2O_5 + 6H_2O \rightarrow 4H_3PO_4$$

difosfor-pentoksida + air → asam-fosfat.

Dalam keadaan bersenjawa oksigen didapati pada:

$H_2O$ (air), $SiO_2$ (pasir), $CaCO_3$ (pualam).

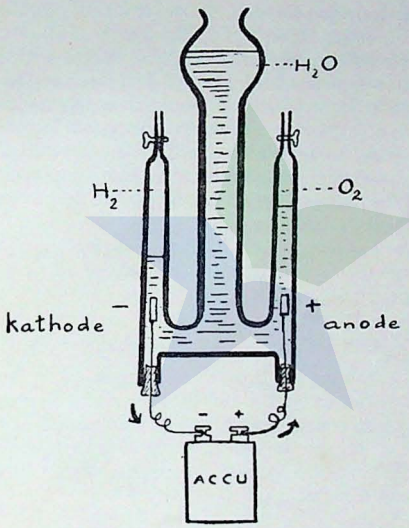
Kebanjakan zat² pada tumbuh-tumbuhan, binatang dan manusia mengandung oksigen dalam keadaan bersenjawa.

## § 20. TJARA MEMBUAT OKSIGEN

1. Pada perusahaan teknik oksigen itu diambil dari udara. Udara mula-mula ditjairkan dengan tjara memampatkannja pada temperatur jang sangat rendah. Udara jang tjair itu kemudian disulingkan berangsur-angsur. Jang pertama sekali menguap

ialah zat nitrogen (zat lemas). Zat tjair jang tinggal setelah nitrogen menguap ialah oksigen.

2. Oksigen dapat djuga dikeluarkan dari air ($H_2O$) dengan djalan **elektrolisa.** (peruraian dengan tenaga listrik) Pertjobaan jang menundjukkan hal ini ialah pertjobaan dengan mempergunakan Voltameter-air.




Voltameter diisi penuh dengan air. Supaja air lebih baik meneruskan arus listrik, diteteskan sedikit asam sulfat ($H_2SO_4$) kedalamnja. Keran tabung A dan B ditutup. Elektrode positip dan elektrode negatip dihubungkan dengan kutub elemen jang memberikan arus listrik.
Kita lihat permukaan air dalam tabung A dan B turun; dalam kedua tabung itu terbentuk gas jang volumenja berbanding

2 : 1. Gas itu ialah hidrogen dan oksigen. Air telah diuraikan oleh arus listrik atas $H_2$ dan $O_2$ menurut reaksi.

$$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2.$$

Pertjobaan itu menjatakan, bahwa hidrogen jang terdjadi ialah dua kali sebanjak oksigen. Hidrogen terdjadi pada **elektrode negatip** (kathode) dan oksigen pada **elektrode positip (anode)** Masing² elektrode itu diperbuat dari pada sekerat platina.

3. Metode membuat oksigen dengan tjara menguraikan oksid air raksa (HgO) tidak pernah dipergunakan. Di laboratorium dan pada peladjaran² fisika atau kimia disekolah-sekolah hanja sedikit oksigen diperlukan, untuk pertjobaan-pertjobaan. Oksigen itu biasanja diperoleh dengan tjara menghangatkan kalium chlorat ($KClO_3$), suatu zat putih jang berbentuk kristal² (hablur). Untuk mempertjepat reaksi dan supaja reaksi berlangsung pada temperatur jang rendah, sehingga tidak banjak panas jang diperlukan, kalium-chlorat itu ditjampur dengan batu kawi ($MnO_2$) jang telah dilumatkan.
Kalium-chlorat terurai mendjadi zat jang lain jang djuga putih warnanja dan oksigen jang keluar berupa gas. Reaksi jang berlangsung itu ialah:

$$2\ KClO_3 \rightarrow 2\ KCl + 3\ O_2 \uparrow .$$

kalium-chlorat → kalium-chlorida + oksigen.

Tanda panah menandakan, bahwa oksigen keluar berupa gas.
Setelah selesai pertjobaan itu, batu kawi kita peroleh kembali dalam keadaan bermula; zat itu tiada turut pada reaksi itu. Zat sematjam ini jang gunanja hanja untuk mempertjepat reaksi dan tiada turut mengalami reaksi, dinamakan **katalisator untuk reaksi jang tertentu itu.**

**Tjatetan:**

Pertjobaan menguraikan kalium-chlorat jang diatas harus diadakan dengan berhati-hati, supaja djangan terdjadi bahaja.

## § 21. SIFAT² KIMIA OKSIGEN

Afinitet oksigen kepada unsur² jang lain sangat besar. Hal ini berarti, bahwa persenjawaan oksigen dengan unsur² jang lain mudah benar terdjadi.

Persenjawaan suatu unsur dengan oksigen dinamakan **oksida.** Peristiwa terbentuknja suatu persenjawaan unsur dengan oksigen dinamakan **oksidasi.** Oksidasi hampir selalu reaksi exotherm.

**Pembakaran.**

Ada djuga oksidasi jang berlangsung dengan menimbulkan api; oksidasi seperti ini dinamakan **pembakaran.** Supaja suatu zat mulai terbakar, ia harus dinjalakan, artinja: ia harus dipanaskan hingga tertjapai **titik terbakarnja.** Pada temperatur jang tertentu ini tertjapailah ketjepatan reaksi jang tertentu pula.

Tiap² pembakaran membutuhi oksigen. Oleh sebab itu, api jang sedang menjala dapat dipadami dengan menghentikan pengaliran oksigen atau udara kepadanja, misalnja dengan menutupi api dengan selimut, karung goni atau pasir.

Apabila oksidasi itu terdjadi pada temperatur biasa, serta menimbulkan panas, akan tetapi tiada mengadakan api, maka oksidasi itu dinamakan **pembakaran lambat.**

Tjontoh pembakaran lambat:

1. logam berkarat.
2. tanam-tanaman jang mendjadi busuk.
3. pentjernaan makanan dalam sel-sel jang hidup.

Mudah dipahamkan, bahwa reaksi pembakaran atau oksidasi lebih tjepat berlangsung dalam oksigen melulu dari pada dalam udara jang sebahagian besar terdjadi dari zat lemas (nitrogen). Nitrogen senantiasa menghalang-halangi oksidasi.

## § 22. OKSIGEN DALAM PENGHIDUPAN SEHARI-HARI

Oksigen diperdjual-belikan orang. Gas itu dimampatkan dalam cylinder² wadja, sehingga mempunjai tekanan hingga 150 atm. Oksigen perlu benar untuk bernafas. Orang jang pingsan atjap kali disedarkan dengan gas itu. Pada tiap² rumah sakit harus ada tersedia oksigen untuk menolong orang jang kena ratjun gas.

Selain dari pada untuk pernafasan, oksigen djuga dipergunakan untuk pembakaran. Dengan gas itu diperoleh api dengan temperatur jang tinggi jang dibutuhkan untuk me-las atau memotong (autogen) wadja.

Djuga djuru² terbang, orang² dalam kapal selam, dan pekerdja² dalam tambang banjak mempergunakan oksigen.

## § 23. OKSIDA

### *a.* Oksida asam.

Persenjawaan suatu unsur dengan oksigen dinamakan **oksida.**

Pada pertjobaan dengan fosfor (lih. § 19), kita lihat bahwa fosfor bersenjawa dengan oksigen mendjadi difosforpentoksida ($P_2O_5$). Zat ini kemudian bersenjawa pula dengan air, sehingga air mempunjai rasa jang masam. Sepotong kertas lakmus biru, ja'ni kertas jang ditjelupkan kedalam lakmus (= sedjenis zat biru jang berasal dari tumbuh-tumbuhan) mendjadi merah, apabila dimasukkan kedalam air jang masam itu. Hal ini membuktikan, bahwa kedalam air itu telah melarut sedjenis asam. Asam ini ialah **asam fosfat** ($H_3PO_4$)

$$P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$$

$P_2O_5$ dinamakan **oksida asam,** sebab dapat membentuk asam bersama-sama dengan air.

**Batasan.**

**Oksida asam ialah oksida jang membentuk asam bersama sama dengan air.**

Djika air pada pertjobaan tahadi diuapkan pula, maka tinggallah asam fosfat padat jang berupa tepung jang putih warnanja.

Apabila belerang (S) dibakar, kita peroleh oksida belerang (belerang-dioksida, $SO_2$), sebangsa gas jang rangsang baunja. Gas inipun dapat bersama-sama dengan air membentuk suatu larutan jang masam, ja'ni larutan asam sulfit ($H_2SO_3$) dalam air.

$$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$$

belerang-dioksida + air → asam sulfit

$SO_2$ dinamakan djuga oksida asam.

$P_2O_5$ ialah oksida dari P. $SO_2$ ialah oksida dari S.

P dan S kedua-duanja termasuk gugusan metaloid.

**Batasan:**

**Oksida asam ialah oksida dari metaloid.**

Tjontoh oksida asam: $CO_2$, $N_2O_3$, $N_2O_5$, $P_2O_3$, $P_2O_5$, $SO_2$.

*b.* **Oksida basa.**

Bagaimanakah hal oksida logam?

CaO (calcium-oksida, kapur tohor) ialah oksida dari logam Calcium. Apabila diteteskan air kepadanja, maka terdjadilah $Ca(OH)_2$ jaitu calcium-hidroksida atau kapur mati. Reaksi jang terdjadi itu banjak mengeluarkan panas.

**Pertjobaan.**

$Ca(OH)_2$ kita larutkan kedalam air. Apabila kertas lakmus merah dimasukkan kedalam larutan itu, maka warna kertas berobah mendjadi **biru.** Keadaan ini berlawanan dengan jang telah kita lihat pada asam. Pada asam lakmus biru mendjadi merah. Zat $Ca(OH)_2$ dinamakan **basa.** Basa biasanja mempunjai rasa sabun dan terdjadi dari satu atau lebih atom logam dengan satu atau lebih gugusan OH. Tjontoh basa ialah:

$Ca(OH)_2$, NaOH, KOH, $Al(OH)_3$ dsb.

Gugusan OH itu disebut **gugusan hidroksil.** Gugusan atom atau **radikal** seperti OH, dianggap suatu kesatuan jang mempunjai valensi. Gugusan OH bervalensi 1.

$OH—$

Reaksi jang terdjadi pada pertjobaan jang diatas ialah:

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$

calcium-oksida + air → calcium-hidroksida.

Oksida seperti CaO, jang membentuk basa bersama-sama dengan air dinamakan **oksida basa.**

**Batasan:**

**Oksida basa ialah oksida logam.**

Tjontoh oksida basa: CaO, $K_2O$, $Na_2O$, BaO, MgO dll.

*c.* **Oksida indiferen.**

Oksida djenis ketiga ialah **oksida indiferen.** Oksida ini tiada dapat membentuk asam atau basa bersama-sama dengan air. Lakmus merah atau biru tiada mengalami perobahan warna dalam larutan oksida indiferen dengan air.

Tjontoh oksida indiferen: $H_2O$, CO (karbon-monoksida) $N_2O$ (dinitrogen-oksida atau gas gelak).

**Nama-nama oksida.**

Hafallah: mono = satu
di = dua
tri = tiga
tetra = empat
penta = lima.

Kata² bilangan dari bahasa Junani jang diatas ini dipergunakan pada **nama² oksida metaloid.** Banjak atom metaloid dan banjak atom O jang terdapat pada 1 molekul oksida-metaloid dinjatakan dengan kata bilangan Junani itu. Untuk metaloid kata bilangan itu ditiadakan, apabila pada molekul itu hanja terdapat satu atom.

**Tjontoh:**

$SO_2$ = sulfur-**di**oksida.
$P_2O_5$ = **di**fosfor-**pent**oksida.
$P_2O_3$ = **di**fosfor-**tri**oksida.

Sebutkanlah nama-nama oksida jang dibawah ini:

1. $N_2O_3$, 2. CO. 3. $CO_2$. 4. $N_2O_5$. 5. $SO_3$.

Bagaimana pulakah nama-nama oksida logam?

**Tjontoh:**

$Na_2O$ = natrium-oksida. $K_2O$ = kalium-oksida.

Pada tjontoh jang diatas ini kepada nama² logam itu tiada ditambahkan kata² jang lain dan tidak ada pula jang diobah-obah. Akan tetapi, apabila logam itu mempunjai dua djenis valensi, tentu dapat pula diperoleh dua djenis oksida dari logam itu. Untuk membeda-bedakan nama oksida itu, diperbuat nama logam pada oksida itu berachiran: achiran o untuk valensi jang rendah dan achiran i untuk valensi jang lainnja.

**Tjontoh:**

Logam Cu bervalensi 1 atau 2. Oleh sebab itu, ada dua matjam oksida dari logam itu, ja'ni:

$Cu_2O$ = cupro-oksida (Cu bervalensi 1).
$CuO$ = cupri-oksida (Cu bervalensi 2).
Logam Fe bervalensi 2 atau 3. Oksida dari Fe ialah:
$FeO$ = ferro-oksida (Fe bervalensi 2).
$Fe_2O_3$ = ferri-oksida (Fe bervalensi 3).
Logam Sn bervalensi 2 atau 4. Oksida dari Sn ialah:
$SnO$ = stanno-oksida (Sn bervalensi 2).
$SnO_2$ = stanni-oksida (Sn bervalensi 4).

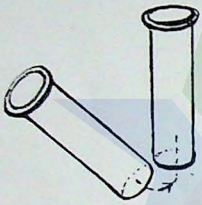
BAB VI

## HIDROGEN. $H_2$

## H = 1.

### § 24. SIFAT² FISIK

Hidrogen ialah gas jang tiada berwarna, tiada berbau dan mempunjai rasa tawar. Diantara gas, hidrogenlah gas jang paling ringan; berat 1 liter $H_2$ dengan tekanan 76 cm pada 0° C ialah 0,09 gram. Gas itu 14,4 kali lebih ringan dari udara. Dibawah temperatur — 240° C dapat hidrogen ditjairkan dengan tjara memampatkannja.



Oleh sebab gas itu djauh lebih ringan dari udara, maka kalau kita hendak mengisi sebuah tabung dengan gas itu, haruslah dibalikkan tabung jang hendak diisi itu, supaja gas naik kedalamnja.

### § 25. RAPAT UAP (D)

Dalam ilmu kimia tiada dipersoalkan djenis berat gas seperti djenis berat benda padat dan zat tjair pada ilmu fisika. Jang dipersoalkan ialah **rapat uap** dari gas. Rapat uap ini biasa dinjatakan dengan huruf D.

**Rapat uap (D) suatu gas ialah perbandingan dari berat sebanjak gas itu dengan berat sebanjak hidrogen jang sama isinja dan sama pula temperatur dan tekanannja.**

$$D = \frac{\text{berat sebanjak gas}}{\text{berat sebanjak hidrogen}}$$ dengan temperatur dan tekanan jang sama.

Djadi, D hidrogen = 1. D dari gas jang lainnja lebih dari 1.

## § 26. TEMPAT TERDAPATNJA HIDROGEN

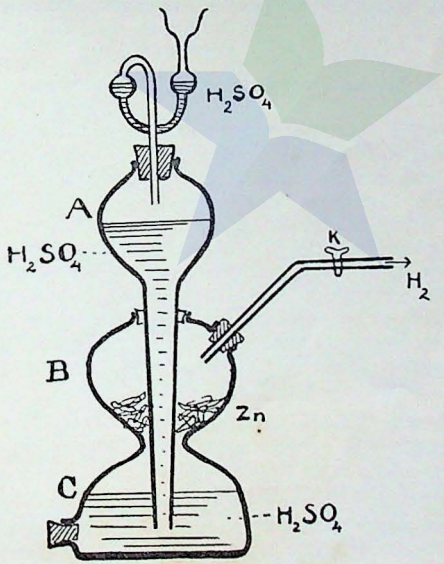
Dalam keadaan tidak-bersenjawa $H_2$ hanja terdapat di stratosper. Dalam keadaan bersenjawa zat itu banjak benar kedapatan, diantaranja pada $H_2O$, minjak tanah, pada persenjawaan dari mana tumbuh-tumbuhan, hewan dan manusia terdjadi.

## § 27. TJARA MEMBUAT HIDROGEN

*a.* Dalam dunia teknik, suatu tjara jang banjak dilakukan untuk membuat hidrogen ialah elektrolisa (peruraian air), seperti jang telah diterangkan pada peladjaran tentang oksigen (§ 20):

$$2\,H_2O \rightarrow 2\,H_2 + O_2.$$

*b.* Di laboratorium biasanja hanja sedikit $H_2$ jang diperlukan.



Hidrogen itu diperbuat dari Zn dan $H_2SO_4$ entjer dalam **pesawat Kipp.** (lihat gambar)

Apabila keran K dibuka, maka $H_2SO_4$ entjer dalam tjorong A turun ke-tabung C. Oleh sebab itu permukaan $H_2SO_4$ dalam tabung C naik, sehingga tjairan itu masuk ke ruang B. $H_2SO_4$ mengenai Zn jang ada dalam ruang itu. Reaksi kimia terdjadi; gas $H_2$ terbentuk dan keluar melalui keran K dari pesawat Kipp itu.

Apabila gas itu tidak diperlukan lagi, maka keran K itu ditutup. Gas jang terbentuk itu tiada dapat keluar lagi; ia berkumpul dalam ruang B, sehingga tekanannja bertambah besar. Gas menekan pada permukaan tjairan $H_2SO_4$ dalam ruang C. Tjairan terdesak lalu naik kembali ketjorong A. Zn dalam ruang B tiada lagi dikenai $H_2SO_4$.

Oleh sebab itu reaksi pembentukan $H_2$-pun terhenti.

Reaksi jang terdjadi pada pesawat Kipp itu dinjatakan sebagai berikut:

$$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2\uparrow.$$

Dari 1 at. Zn. dan 1 mol. $H_2SO_4$ terdjadi 1 mol. sengsulfat dan 1 mol. $H_2$.

Reaksi inilah suatu tjontoh dari **reaksi substitusi** atau reaksi penggantian, sebab Zn telah menggantikan $H_2$ dari $H_2SO_4$. Zn bervalensi 2; oleh sebab itu 1 atom Zn dapat menggantikan 2 atom H.

Seng-sulfat ($ZnSO_4$) itu dinamakan **garam.**

Garam dapat dibentuk dengan tjara menggantikan satu atau lebih atom hidrogen dari molekul asam dengan atom² logam.

Hidrogen dapat djuga diperoleh dengan mempersenjawakan suatu logam-tak-mulia dengan air. Beberapa logam, seperti Na dan K, pada temperatur biasa sadja sudah dapat bersenjawa dengan air. Apabila sekerat Na diapungkan diatas air, maka terdjadilah reaksi jang keras; ketika itu djuga terbentuk $H_2$ dan NaOH (basa). Reaksi itu dituliskan seperti berikut:

$$2\,Na + 2\,H_2O \rightarrow 2\,NaOH + H_2$$

natrium + air → natrium-hidroksida + hidrogen.

## § 28. SIFAT² KIMIA HIDROGEN

Hidrogen mudah benar terbakar (menjala). Afinitetnja kepada oksigen sangat besar. Kalau hidrogen dinjalakan, maka ia bersenja-

wa dengan oksigen jang berasal dari udara mendjadi air. Sebuah pembuluh katja jang ditaruh diatas api hidrogen menjuram disebelah dalam.

Api hidrogen hampir tak berwarna, tidak djuga terang, tetapi temperaturnja tinggi benar. Apabila hidrogen itu dinjalakan dalam zat pembakar sedjati (= tidak bertjampuran), maka temperatur apinja bertambah tinggi. Api itu dinamakan **api gas-letus** (knalgasvlam), sebab tjampuran dari 2 bahagian hidrogen dengan sebahagian oksigen dinamakan **gas-letus.** Djika gas ini dinjalakan, terdjadi letusan. Oleh sebab itu kita harus berhati-hati, kalau kita mengadakan pertjobaan dengan $H_2$. Djanganlah dinjalakan hidrogen jang keluar dari pesawat Kipp sebelum pasti diketahui, bahwa udara dalam pesawat itu sudah keluar semuanja. Apa sebabnja?

Reaksi jang terdjadi pada pembakaran $H_2$ atau ketika gasletus meletup dinjatakan sebagai berikut:

$$2\,H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O.$$

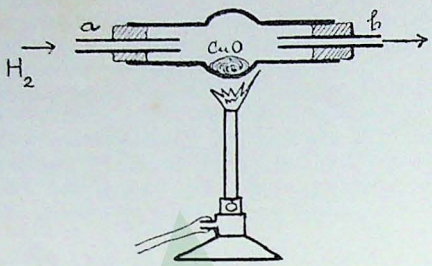
## § 29. REDUKSI

Pada temperatur jang tinggi dapat djuga hidrogen mentjabut oksigen dari beberapa oksida. Pertjobaan jang berikut membuktikan hal itu:

CuO (= cupri-oksida), sebangsa zat jang hitam warnanja, dihangatkan dalam sebuah pembuluh katja. Kedua udjung pembuluh diberi bersumbat. Kedalam masing[2] sumbat dimasukkan pembuluh[2] katja jang lain (a dan b). Hidrogen dibiarkan masuk dari pembuluh a, sehingga lalu diatas CuO. Maka kita lihat warna zat hitam itu berobah mendjadi kemerah-merahan: CuO telah berobah mendjadi tembaga merah. Hidrogen telah mentjabut (mengurangkan) oksigen dari CuO. Oksigen itu telah bersenjawa pula dengan $H_2$ mendjadi $H_2O$.

Pengurangan atom[2] oksigen dari suatu persenjawaan oksigen oleh suatu zat jang dapat bersenjawa dengan oksigen dinamakan **reduksi.** Zat jang mengurangkan oksigen itu dinamakan **alat pereduksi.** Dikatakan, bahwa CuO telah diredusir oleh $H_2$ mendjadi Cu. Sebaliknja dikatakan pula, bahwa $H_2$ telah **di-oksider** oleh CuO mendjadi $H_2O$.

**Oksidasi** dan **reduksi** ialah dua peristiwa jang berlawanan. **Mengoksider,** maksudnja: memberikan oksigen kepada suatu zat. **Mereduser,** maksudnja: mengurangkan oksigen dari suatu zat.




## § 30. HIDROGEN DALAM PENGHIDUPAN SEHARI-HARI

Hidrogen biasanja diperdjual-belikan orang dalam keadaan dimampatkan dalam cylinder[2] wadja. Gas itu dipergunakan untuk memperoleh temperatur jang tinggi pada api gas-letus. Hidrogen sangat ringan; oleh sebab itu ia dipergunakan djuga untuk mengisi balon udara. Jang terbanjak diperlukan hidrogen itu ialah untuk membuat amoniak ($NH_3$).

BAB VII

## DARI HAL ASAM, BASA DAN GARAM

### § 31. ASAM

Zn (seng) dinamakan **logam-tak-mulia.** Ada pula **logam-mulia,** misalnja Ag (perak), Au (mas) dan Pt (platina). Cu (tembaga) dan Hg (air raksa) dinamakan **logam-setengah-mulia.** Kebanjakan logam jang dikenal termasuk gugusan logam-tak-mulia.

Dengan pesawat Kipp kita telah membuat hidrogen dari Zn dan $H_2SO_4$ entjer (§ 27). Reaksi itu menghasilkan garam $ZnSO_4$ (seng sulfat).

$$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2\uparrow$$

seng + asam sulfat → seng sulfat + hidrogen.

Apabila kita masukkan suatu logam-tak-mulia kedalam asam entjer jang lain (ketjuali $HNO_3$ = asam nitrat), maka kita peroleh djuga reaksi jang sama djenisnja dengan reaksi jang diterangkan diatas ini.

**Misalnja:**

$$Fe + 2\,HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2\uparrow$$

logam-tak-mulia + asam entjer → garam + hidrogen.

Dari 1 atom Fe dan 2 molekul asam chlorida terdjadi 1 mol. ferro chlorida + 1 mol. hidrogen.

$$Fe + \begin{matrix} H\,Cl \\ H\,Cl \end{matrix} \rightarrow FeCl_2 + H_2\uparrow .$$

Dari tjontoh ini ternjata benar, bahwa 2 atom hidrogen dari 2 mol. HCl digantikan oleh 1 atom Fe.

HCl dan $H_2SO_4$ dinamakan **asam.**

**Batasan:**

**Asam ialah persenjawaan hidrogen, dimana atom² hidrogen itu dapat digantikan oleh atom² logam.**

## SIFAT-SIFAT ASAM

1. Asam jang dilarutkan kedalam air mempunjai rasa masam.
2. Asam mempunjai sifat memerahkan lakmus biru.
3. Dari asam entjer dengan logam-tak-mulia dapat diperoleh hidrogen.

Asam senantiasa persenjawaan hidrogen, akan tetapi tidak selalu persenjawaan oksigen. Ada dua djenis asam:

1°. Asam jang mengandung atom oksigen, misalnja $H_2SO_4$. $HNO_3$. (asam nitrat)

2°. Asam jang tiada mengandung atom² oksigen, misalnja HCl (asam chlorida).

## SISA ASAM

Bahagian jang tinggal dari asam, apabila atom² H jang dapat digantikan dengan logam itu ditiadakan, disebut **sisa asam.**

Sisa asam $H_2SO_4$ ialah $SO_4$
Sisa asam $HNO_3$ ialah $NO_3$.

Sisa asam dianggap suatu **radikal,** ja'ni suatu gugusan atom, jang bervalensi.

$SO_4$ bervalensi 2, oleh sebab pada $H_2SO_4$ gugusan $SO_4$ bersenjawa dengan 2 atom H.

Sisa asam $NO_3$ bervalensi 1, sebab pada $HNO_3$ ia bersenjawa dengan 1 at. H.

Sisa asam $PO_4$ bervalensi 3, sebab pada $H_3PO_4$ ia bersenjawa dengan 3 atom H.

Dibawah ini menjusul beberapa oksida jang penting beserta asam jang dapat terdjadi dari padanja:

$SO_2$ — belerang dioksida : $H_2SO_3$ = asam sulfit
$SO_3$ — belerang trioksida: $H_2SO_4$ = asam sulfat
$CO_2$ — karbon dioksida : $H_2CO_3$ = asam-karbonat.

$P_2O_5$ — dipospor-pentoksida: $H_3PO_4$: asam fosfat.
$N_2O_5$ — dinitrogen-pentoksida: $HNO_3$: asam-nitrat.

Tuliskanlah persamaan reaksi pembentukan asam jang disebut diatas ini.

**Tjatetan:**

Semua asam mudah melarut kedalam air.

## § 32. BASA

Oksida basa ada djuga jang bersenjawa dengan air mendjadi **basa** atau **hidroksida.**

$$Na_2O + H_2O \rightarrow 2\,NaOH \text{ (natrium-hidroksida)}$$
$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 \text{ (calcium-hidroksida).}$$

Satu molekul dari suatu basa terdjadi dari satu atau lebih gugusan OH dan **biasanja** 1 atau lebih atom logam.

**Sifat² basa:**

1. Basa mempunjai sifat membirukan lakmus jang merah.
2. Basa senantiasa mempunjai rasa sabun.

**Pertjobaan:**

Asam chlorida entjer (HCl) diteteskan kepada larutan NaOH. Kita peroleh sedjenis zat tjair jang tiada mengubah warna lakmus. Larutan itu disebutkan **netral.** Apabila air dari larutan itu diuapkan, maka tinggallah garam dapur dalam keadaan padat.

**Reaksi:**

$$Na|OH + H|Cl \rightarrow NaCl + H_2O.$$

Logam Na dari basa NaOH telah bersenjawa dengan sisa asam Cl mendjadi NaCl. Gugusan OH dari basa bersenjawa pula dengan atom H dari asam mendjadi air.

Dari basa dan asam itu telah terbentuk **garam.** Untuk pembentukan garam itu gugusan hidroksil digantikan oleh sisa asam.

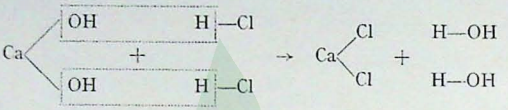
**Batasan:**

**Basa ialah persenjawaan jang mengandung beberapa gugusan OH jang dapat digantikan oleh satu atau lebih sisa asam.**

Tjontoh jang lain:

$$Ca(OH)_2 + 2\,HCl \rightarrow CaCl_2 + 2\,H_2O.$$
basa asam garam air

Untuk menerangkan reaksi itu kita pergunakan rumus bangun dari zat-zat itu:




Kedua gugusan OH dari Ca $(OH)_2$ digantikan oleh 2 sisa asam Cl. $CaCl_2$ (= calcium-chlorida) ialah sedjenis garam jang sangat banjak menghirup air dari udara.

Dibawah ini menjusul beberapa oksida basa jang terkenal beserta basa jang dapat terdjadi dari padanja:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $Na_2O$ | = natrium-oksida ; | NaOH | = natrium-hidroksida |
| $K_2O$ | = kalium-oksida ; | KOH | = kalium-hidroksida |
| CaO | = calcium-oksida ; | $Ca(OH)_2$ | = calcium-hidroksida |
| MgO | = magnesium-oksida; | $Mg(OH)_2$ | = magnesium-hidroksida |
| ZnO | = seng-oksida ; | $Zn(OH)_2$ | = seng-hidroksida |
| PbO | = timbel-oksida ; | $Pb(OH)_2$ | = timbel-hidroksida |
| $Al_2O_3$ | = aluminium-oksida ; | $Al(OH)_3$ | = aluminium-hidroksida |
| FeO | = ferro-oksida ; | $Fe(OH)_2$ | = ferro-hidroksida |
| $Fe_2O_3$ | = ferri-oksida ; | $Fe(OH)_3$ | = ferri-hidroksida. |

Perbuatlah persamaan dari reaksi pembentukan basa jang diatas ini.

**Tjontoh:**

$$Na_2O + H_2O \rightarrow 2\,NaOH$$
natrium-oksida + air → natrium-hidroksida.

Sebenarnja dipraktek tidak semua reaksi itu dapat terdjadi,

akan tetapi kebalikannja, jaitu peruraian basa mendjadi oksida basa dan air dengan tjara memanaskan basa itu mungkin benar. Oksida basa berupa zat padat.

**Radikal amonium.**

Apabila amoniak ($NH_3$) bersenjawa dengan air, terdjadilah suatu larutan jang dapat memerahkan lakmus biru. Reaksi itu ialah:

$$NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4OH$$
amoniak air amonium-hidroksida

$NH_4OH$ atau amonium-hidroksida inipun dinamakan djuga basa, meskipun pada gugusan atom $NH_4$ pada persenjawaan itu tiada terdapat unsur logam. Adapun $NH_4$ itu sama sadja sifatnja dengan sifat logam dari oksida basa. Gugusan $NH_4$ ini dinamakan **radikal amonium.** Valensinja 1. Dalam keadaan tersendiri sebagai zat, $NH_4$ itu tidak pernah terdjadi.

**Tjatetan.**

Semua basa adalah zat padat, ketjuali $NH_4OH$ jang hanja mungkin terdapat dalam larutan. Warna kebanjakan basa putih. Hanja beberapa matjam jang baik melarut dalam air, diantaranja: NaOH, KOH, $NH_4OH$ dan $Ca(OH)_2$.

## § 33. GARAM

Dua tjara pembentukan garam telah diterangkan:

**Tjara I:**

logam-tak-mulia + asam entjer → garam + hidrogen
misalnja: $Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$

**Tjara II:**

basa + asam → garam + air
misalnja: $NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$

Dari tjara I ternjata, bahwa garam dapat dibentuk dengan **menggantikan satu atau lebih atom hidrogen dengan atom logam pada molekul asam.**

Dari tjara II ternjata, bahwa garam dapat dibentuk dengan tjara **menggantikan gugusan OH dengan sisa asam pada molekul basa.**

**Batasan:**

**Garam ialah persenjawaan, jang dapat dibentuk dari asam dengan menggantikan satu atau lebih atom H dengan atom logam atau dari basa dengan menggantikan satu atau lebih gugusan OH dengan sisa asam.**

**Tjara III:**

Telah diterangkan, bahwa ada djuga oksida basa jang bersenjawa dengan air mendjadi basa. Djadi, sekiranja sebagai pengganti basa + asam diambil **oksida basa + asam,** nistjaja akan diperoleh djuga garam.

Misalnja:

$$ZnO + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2O$$

oksida basa + asam → garam + air.

**Tjara IV:**

Oksida asam ialah oksida jang bersama dengan air membentuk asam. Maka untuk pembentukan garam dapat djugalah diambil sebagai pengganti basa + asam tadi **basa + oksida asam.**

Misalnja:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O$$

basa + oksida asam → garam + air.

**Tjatetan:**

Tanda panah pada $CaCO_3$ (= calcium-karbonat) menjatakan, bahwa zat itu mengendap. Air kapur $(CaOH)_2$ mendjadi keruh, apabila dengan perantaraan sebuah pipa ditiupkan napas kedalamnja. Adapun napas jang dikeluarkan banjak mengandung $CO_2$.

**Tjara V:**

Tjara jang kelima untuk membentuk garam ialah:

Oksida basa + oksida asam → garam.

Dalam hal ini tidak ada terdjadi air.

Tjontoh:

$CaO + CO_2 \rightarrow CaCO_3$

calcium-oksida + karbon-dioksida → calcium-karbonat.

**Ichtisar:**

Dibawah ini menjusul 5 tjara pembentukan garam jang telah diterangkan itu:

1. Logam-tak-mulia + asam entjer → garam + $H_2\uparrow$.
2. Basa + asam → garam + $H_2O$.
3. Oksida basa + asam → garam + $H_2O$.
4. Basa + oksida asam → garam + $H_2O$.
5. Oksida basa + oksida asam → garam.

Tuliskanlah tjontoh dari tiap² djenis pembentukan garam!

Dibawah ini tertulis rumus dan nama beberapa asam jang penting serta nama garam jang berasal dari asam itu.

| Rumus asam | Nama asam | Nama garam |
|---|---|---|
| HCl | Asam-chlorida | — chlorida |
| $H_2S$ | Asam-sulfida | — sulfida |
| $H_2SO_3$ | Asam-sulfit | — sulfit |
| $H_2SO_4$ | Asam-sulfat | — sulfat |
| $HNO_2$ | Asam-nitrit | — nitrit |
| $HNO_3$ | Asam-nitrat | — nitrat |
| $H_3PO_3$ | Asam-fosfit | — fosfit |
| $H_3PO_4$ | Asam-fosfat | — fosfat |
| $H_2CO_3$ | Asam-karbonat | — karbonat |
| $H_2SiO_3$ | Asam-silicat | — silicat |
| $HClO_3$ | Asam-chlorat | — chlorat |

Sebutkanlah nama-nama garam jang dibawah ini:

1. $Na_2CO_3$. 2. $Na_2S$. 3. $CaSO_4$. 4. $AgNO_3$.
5. $Ca_3(PO_4)_2$. 6. $CuCl_2$. 7. $CuSO_3$. 8. $(NH_4)_3PO_4$.

Tuliskan rumus garam jang berikut:

1. Amonium-chlorida 2. Kalium-chlorat 3. Ferro-sulfida
4. Seng-sulfat 5. Aluminium-fosfat 6. Kalium-nitrat
7. Ferro-nitrat 8. Ferro-chlorida 9. Kalium-fosfat
10. Amonium-nitrat 11. Calcium-karbonat 12. Seng-silicat.

## § 34. DJENIS² GARAM

*a.* **Garam normal.**

Apabila semua atom H pada asam digantikan dengan atom logam atau semua gugusan OH pada basa digantikan dengan sisa asam, maka terbentuklah **garam normal.** Garam ini dinamakan djuga **garam netral,** oleh sebab tida mengadakan perobahan pada warna kertas lakmus.

$$2\,NaOH + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2\,H_2O$$
$$Ca(OH)_2 + 2\,HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + 2\,H_2O.$$

$Na_2SO_4$ (= natrium-sulfat) dan $Ca(NO_3)_2$ (= calcium-nitrat) dinamakan **garam normal** atau **garam netral.**

*b.* **Garam asam.**

Apabila tidak semua atom H pada asam itu digantikan oleh logam, maka terbentuklah **garam asam.** Djadi, pada garam jang terbentuk itu masih terdapat atom H. Dan oleh sebab itu reaksi garam masih masam.

Djika pada persenjawaan NaOH dengan $H_2SO_4$ pada tjontoh jang diatas banjak basa itu dikurangi sehingga hanja 1 grammolekul NaOH (dan bukan 2 grammolekul) tersedia untuk tiap² grammolekul $H_2SO_4$, maka terdjadilah reaksi seperti jang dibawah ini:

$$Na\,\boxed{OH + H}\,\rangle SO_4 \rightarrow Na\,HSO_4 + H_2O$$
$$H$$

$Na\,HSO_4$ ialah garam-asam jang dinamakan natrium-**hidro**-sulfat. atau natrium-sulfat **asam** atau natrium-**bi**sulfat.

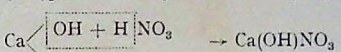
Mudah difahamkan, bahwa hanja asam dengan molekul jang mengandung lebih dari satu atom H sadja jang dapat membentuk **garam-asam.** Djadi, $H_2SO_4$, $H_3PO_4$, $H_2CO_3$ misalnja, dapat membentuk garam asam.

HCl, $HNO_3$ tidak mempunjai garam asam.

*c.* **Garam basa.**

Apabila pada molekul basa tidak semua gugusan OH digantikan oleh sisa asam, maka terbentuklah **garam basa.** Gugusan OH jang masih tinggal pada garam itu menjebabkan garam mempunjai reaksi basa.

Djika pada persenjawaan $Ca(OH)_2$ dan $HNO_3$ (lihat garam normal) hanja tersedia 1 grammolekul $HNO_3$ terhadap tiap² grammolekul $Ca(OH)_2$, maka terdjadilah reaksi jang berikut:



$Ca(OH)NO_3$ ialah garam basa dan dinamakan calcium-nitrat basa.

Hanja basa dengan molekul jang mengandung lebih dari 1 gugusan OH jang dapat membentuk garam basa. Djadi, KOH, NaOH misalnja tidak dapat membentuk garam basa.

## HIDRAT

Terusi dapat dibeli dalam bentuk balur² atau kristal jang biru. Terusi ialah persenjawaan padat dari 1 molekul $CuSO_4$ dengan 5 molekul $H_2O$. Persenjawaan jang berbentuk kristal itu dinamakan **hidrat** dan dinjatakan seperti berikut:

$$CuSO_4.5H_2O \text{ atau } CuSO_4.5 \text{ aqua.}$$

Air jang terdapat pada balur² terusi itu dinamakan **air kristal.** Apabila terusi itu dipanaskan, maka **persenjawaanmolekul** itu terurai:

$$CuSO_45H_2O \rightarrow CuSO_4 + 5H_2O.$$

Warna $CuSO_4$ itu putih, akan tetapi, djika diteteskan sedikit air kepadanja, maka segera warnanja berubah mendjadi biru.

Beberapa hidrat jang terkenal ialah:

$Na_2CO_3.10$ aqua = kristal soda.
$CaSO_4.2$ aqua = gips (Batu tahu).
$Al_2O_3.2\,H_2O$ = bauxiet.

## § 35. LATIHAN

**Menuliskan persamaan kimia.**

Ketika kita menjusun persamaan kimia, haruslah kita tanjakan kepada diri kita sendiri:

1. Reaksi jang manakah jang terdjadi?
2. Sudahkah benar rumus² pada persamaan kimia itu?
3. Apakah persamaan sudah memenuhi hukum Lavoisier?

**Tjontoh.**

Soal:

Tuliskanlah persamaan kimia dari persenjawaan asam chlorida entjer dengan aluminium.

Tjara menjusun persamaan:

Aluminium ialah logam-tak-mulia. Djadi, reaksi jang terdjadi pada persenjawaan itu ialah:

logam-tak-mulia + asam → garam + hidrogen

$$Al + HCl \rightarrow AlCl + H_2\uparrow .$$

Rumus AlCl belum benar, sebab Al bervalensi 3 dan Cl bervalensi 1. Rumus itu seharusnja $AlCl_3$.

Djadi:

$$Al + HCl \rightarrow AlCl_3 + H_2\uparrow .$$

Persamaan inipun belum sempurna, sebab djumlah atom dari unsur² disebelah kiri dan kanan tanda panah belum sama (Lavoisier).

Persamaan mendjadi:

$$2\,Al + 6\,HCl \rightarrow 2\,AlCl_3 + 3\,H_2\uparrow .$$

Persamaan ini dibatja:

2 atom aluminium dan 6 molekul asam chlorida mendjadikan 2 molekul aluminium-chlorida dan 3 molekul hidrogen.

Sempurnakanlah persamaan kimia jang dibawah ini:

1. $SO_2 + H_2O \rightarrow$
2. $N_2O_5 + H_2O \rightarrow$
3. $CO_2 + H_2O \rightarrow$
4. $SiO_2 + H_2O \rightarrow$
5. $K_2O + H_2O \rightarrow$
6. $NH_3 + H_2O \rightarrow$
7. $Zn + HCl \rightarrow$
8. $NaOH + H_2SO_4 \rightarrow$
9. $CaO + HCl \rightarrow$
10. $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow$
11. $CaO + P_2O_5 \rightarrow$
12. Cu + ..... → $CuCl_2$ + .....
13. Al + ..... → $Al_2(SO_4)_3$ + .....
14. KOH + ..... → $K_3PO_4$ + .....
15. ..... + $H_2SO_4$ → $ZnSO_4$ + .....
16. $Na_2O$ + ..... → $Na_2SO_4$
17. ..... + $H_3PO_4$ → $Na_2HPO_4$ + $H_2O$.

## ISI KITAB


**BAB I. MA'NA-MA'NA DASAR.**

§ 1. Perbedaan peristiwa fisika dan peristiwa kimia. . . 5
§ 2. Analisa dan sintesa . . . . . 6
§ 3. Zat tunggal atau unsur . . . . . 7
§ 4. Dari hal tjampuran dan persenjawaan. . . . . 9
§ 5. Hukum Lavoisier . . . . . 12
§ 6. Hukum Proust . . . . . 13
§ 7. Teori atom Dalton. . . . . 14
§ 8. Keterangan Hukum Lavoisier. . . . . 16
§ 9. Keterangan Hukum Proust. . . . . 16

**BAB II. TANDA-TANDA KIMIA.**

§ 10. Arti tanda-tanda. . . . . 17
§ 11. Persamaan kimia . . . . . 18

**BAB III. DARI HAL BERAT ZAT-ZAT.**

§ 12. Berat atom . . . . . 22
§ 13. Berat molekul. . . . . 22
§ 14. Gramatom . . . . . 23
§ 15. Grammolekul . . . . . 24

**BAB IV. DARI HAL VALENSI ATAU MARTABAT.**

§ 16. Batasan valensi atau martabat . . . . . 27
§ 17. Rumus bangun . . . . . 30

**BAB V. OKSIGEN.**

§ 18. Sifat² fisik . . . . . 31
§ 19. Tempat terdapatnja oksigen . . . . . 31
§ 20. Tjara membuat oksigen . . . . . 32
§ 21. Sifat² kimia oksigen . . . . . 34
§ 22. Oksigen dalam penghidupan sehari-hari . . . . . 35
§ 23. Oksida . . . . . 36

## BAB VI. HIDROGEN

§ 24. Sifat² fisik . . . . . 40
§ 25. Rapat uap (D) . . . . . 40
§ 26. Tempat terdapatnja hidrogen . . . . . 41
§ 27. Tjara membuat hidrogen . . . . . 41
§ 28. Sifat² kimia hidrogen . . . . . 42
§ 29. Reduksi. . . . . 43
§ 30. Hidrogen dalam penghidupan sehari-hari. . . . . 44

## BAB VII. DARI HAL ASAM, BASA DAN GARAM.

§ 31. Asam- . . . . . 45
§ 32. Basa . . . . . 47
§ 33. Garam . . . . . 49
§ 34. Djenis² garam. . . . . 52
§ 35. Latihan . . . . . 53

KANTOR BIBLIOGRAFI NASIONAL
DJAKARTA
KEM. P.P.

PERPUSTAKAAN NASIONAL RI
Tanggal : 13 Feb 2020
Item ID : 1111 4022 78
No. Induk : 2011 0010 3002 877
BIB-ID : 8010-5385 09 60
~~Beli~~/Hadiah : DNH

PERPUSTAK
18

N.V. TIMUN MAS
Van Eeghenstraat 1
Tel. 21617
AMSTERDAM-Z.