

**RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)**  
**MATA KULIAH: STOIKIOMETRI PROGRAM**  
**STUDI PENDIDIKAN KIMIA**  
**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY BANDA ACEH**

**A. IDENTITAS**

- |                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| 1. Prodi                   | : Pendidikan Kimia     |
| 2. Kode Mata kuliah        | : 2032PKM010           |
| 3. Nama Mata kuliah        | : Stoikiometri         |
| 4. Semester/SKS            | : I/2 SKS              |
| 5. Jenis Mata Kuliah       | : Wajib                |
| 6. Koordinator Mata Kuliah | : Adean Mayasri, M,Sc. |
| 7. Dosen Pengampu          | : Adean Mayasri, M.Sc. |

**B. CAPAIAN PEMBELAJARAN LULUSAN (CPL-Prodi)**

**1. Sikap:**

- Menjunjung tinggi nilai kemanusiaan dalam menjalankan tugas berdasarkan agama, moral dan etika (S2)
- Memahami diri secara utuh sebagai pendidik dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap nilai-nilai akademik yaitu kejujuran, kebebasan dan otonomi akademik yang diembannya (S11)

**2. Pengetahuan:**

- Memahami konsep teoritis dan aplikasi tentang struktur, dinamika, dan energi bahan kimia, pemisahan, analisis sintesis dan karakteristik (Content Knowledge) (P5)
- Menguasai pengetahuan dan langkah-langkah dalam mengembangkan pemikiran kritis, logis, kreatif, inovatif dan sistematis serta memiliki keingintahuan intelektual untuk memecahkan masalah pada tingkat individual dan kelompok dalam komunitas akademik dan non akademik (P3)

**3. Keterampilan Umum:**

- Mampu mengkaji implikasi pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora sesuai dengan keahliannya berdasarkan kaidah, tata cara, dan etika ilmiah dalam rangka menghasilkan solusi, gagasan, desain atau kritik seni, menyusun deskripsi saintifik hasil kajiannya dalam bentuk skripsi atau laporan tugas akhir dan mengunggahnya dalam laman perguruan tinggi (KU3)
- Mampu memanfaatkan teknologi informasi baik secara mandiri maupun bekerja-sama untuk pembelajaran (KU9)

**4. Keterampilan Khusus:**

- Mengidentifikasi permasalahan dan memilih alternatif solusi berdasarkan teori dan temuan penelitian, serta merancang dan mengimplementasikannya dalam penelitian pendidikan kimia secara (KK3)

### 5. Keterampilan Tambahan:

- Mampu merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi pembelajaran dengan pendekatan pembelajaran siswa aktif, yang memanfaatkan potensi lingkungan setempat sesuai standar proses dan mutu yang ditetapkan; (KT1.a.)

### C. CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (CPMK)

1. Mampu melakukan simulasi atas materi yang diperoleh (M1);
2. Mampu mengaplikasikan teori-teori Stoikiometri dalam kehidupan sehari-hari (M2);
3. Mampu merancang atau merencanakan simulasi dalam mengaplikasikan teori Stoikiometri yang dipelajari (M3);
4. Mampu memahami dan menggunakan dengan tepat Stoikiometri yang sesuai dengan kasus yang dihadapi, sehingga menghasilkan kesimpulan yang terbaik, yang berguna dalam pengambilan keputusan (M4).

### D. DESKRIPSI MATA KULIAH

Mata kuliah ini merupakan mata kuliah wajib bagi semua mahasiswa pada program studi Pendidikan Kimia yang meliputi metode faktor label dan berbagai konversi satuan dasar, hukum dasar perhitungan kimia, massa atom relatif dan massa molekul relatif, konsep mol, jenis reaksi kimia, persamaan reaksi dan pereaksi pembatas, biloks dan penyetaraan redoks, konsentrasi larutan, penentuan rumus kimia dan kemurnian zat.

### E. MATRIKS KEGIATAN PEMBELAJARAN

Per-temuan	Kemampuan Akhir yang diharapkan (sub CPMK)	Bahan Kajian /Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran	Metode Pembelajaran	Alokasi waktu	Pengalaman Belajar mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator, bobot)	Referensi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	<p>-Mahasiswa mampu menunjukkan sikap menerima perjanjian kontrak kuliah dengan baik dan penuh tanggungjawab</p> <p>-Mahasiswa termotivasi untuk menguasai kompetensi akhir yang diharapkan</p> <p>-Mahasiswa dapat mengingat dan menjelaskan kembali materi dasar kimia dasar</p>	<p>Kontrak perkuliahan</p> <p>Review materi Kimia Dasar I dan II</p> <p>Pengenalan Stoikiometri</p>	Kuliah, Luring	Ceramah, Diskusi, Pembelajaran Berbasis Masalah	<p><b>PTM</b> 2 x 50 menit</p> <p><b>TKT</b> 2 x 60 menit</p> <p><b>TKM</b> 2 x 60 menit</p>	<p><b>PTM</b></p> <p>-Mahasiswa mendengar penjelasan tentang ruang lingkup perkuliahan dan materi ajar</p> <p>-Mahasiswa berdiskusi tentang ruang lingkup perkuliahan dan materi ajar (2x50 menit)</p> <p><b>TKT</b></p> <p>Tugas 1: Mengerjakan soal tentang dasar Kimia Anorganik (2x60 menit)</p> <p><b>TKM</b></p> <p>Tugas 2 : Membaca referensi yang berkaitan</p>	<p>-Bentuk penilaian tes tulis/lisan</p> <p>-Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</p> <p>-Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</p> <p>-Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</p>	<p>Raymond Chang, (2004), Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Jilid 1 Edisi 3, Jakarta: Erlangga.</p> <p>Ralph H Petrucci. (1987), Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Jakarta Erlangga.</p> <p>Hardjono Sastrohamidjojo, (2018), Kimia Dasar,</p>

						dengan sejarah perkembangan atom (2x60 menit)		Yogyakarta: UGM Press.  Chusnur Rahmi. (2022). Modul Pembelajaran berbasis Multiple Representasi
2	Mahasiswa mampu menerapkan metode faktor label dan berbagai konversi satuan dasar dalam perhitungan kimia	Metode Faktor Label Berbagai Konversi Satuan Dasar	Kuliah, Luring	<b>Model:</b> <i>Pembelajaran Saintifik</i>  <b>Metode:</b> diskusi, presentasi, tanya jawab <b>(Interaktif, dan kolaboratif)</b>	<b>PTM</b> 2 x 50 menit  <b>TKT</b> 2 x 60 menit  <b>TKM</b> 2 x 60 menit	<b>PTM</b> -Mahasiswa mendengar penjelasan tentang materi perkuliahan -Mahasiswa berdiskusi tentang materi perkuliahan (2x50 menit)  <b>TKT</b> Tugas 3 : Mengerjakan soal tentang metode faktor label dan konversi satuan dasar (2x60 menit)  <b>TKM</b> Tugas 4 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan metode faktor label dan konversi satuan (2x60 menit)	- Bentuk penilaian tes tulis/lisan - Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan - Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan - Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%	Raymond Chang, (2004), Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Jilid 1 Edisi 3, Jakarta: Erlangga. Ralph H Petrucci. (1987), Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Jakarta Erlangga. Hardjono Sastrohamidjojo, (2018), Kimia Dasar, Yogyakarta: UGM Press. Chusnur Rahmi. (2022). Modul Pembelajaran berbasis Multiple Representasi
3	Mahasiswa mampu menganalisis penerapan hukum dasar perhitungan kimia	Hukum Dasar Kimia: Hukum Lavoisier Hukum Proust Hukum Dalton Hukum Gay-Lussac Hukum Avogadro  <a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1563/1/012028/meta">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1563/1/012028/meta</a>	Kuliah, Luring	<b>Model:</b> <i>Pembelajaran Saintifik</i>  <b>Metode:</b> diskusi, presentasi, tanya jawab	<b>PTM</b> 2 x 50 menit  <b>TKT</b> 2 x 60 menit	<b>PTM</b> -Mahasiswa mendengar penjelasan tentang materi perkuliahan -Mahasiswa berdiskusi tentang materi perkuliahan (2x50 menit)  <b>TKT</b> Tugas 5: Mengerjakan soal tentang hukum dasar kimia (2x60 menit)	- Bentuk penilaian tes tulis/lisan - Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan - Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan - Mampu menguasai materi	Raymond Chang, (2004), Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Jilid 1 Edisi 3, Jakarta: Erlangga. Ralph H Petrucci. (1987), Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Jakarta Erlangga.

					<b>TKM</b> 2 x 60 menit	<b>TKM</b> Tugas 6 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan massa atom relatif (2x60 menit)	yang dipelajari minimal 75%	Hardjono Sastrohamidjojo, (2018), Kimia Dasar, Yogyakarta: UGM Press. Chusnur Rahmi. (2022). Modul Pembelajaran berbasis Multiple Representasi
4	Mahasiswa mampu memahami massa atom relatif dan massa molekul relatif	Massa Atom Relatif Massa Molekul Relatif	Kuliah, Luring	<b>Model:</b> <i>Pembelajaran Saintifik</i>  <b>Metode:</b> diskusi, presentasi, tanya jawab	<b>PTM</b> 2 x 50 menit  <b>TKT</b> 2 x 60 menit  <b>TKM</b> 2 x 60 menit	<b>PTM</b> - Mahasiswa mendengar penjelasan tentang materi perkuliahan -Mahasiswa berdiskusi tentang materi perkuliahan (2x50 menit)  <b>TKT</b> Tugas 7: Mengerjakan latihan soal tentang Ar dan Mr (2x60 menit)  <b>TKM</b> Tugas 8 : Mencari artikel penelitian yang berkaitan dengan konsep mol (2x60 menit)	- Bentuk penilaian tes tulis/lisan - Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan - Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan - Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%	Raymond Chang, (2004), Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Jilid 1 Edisi 3, Jakarta: Erlangga. Ralph H Petrucci. (1987), Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Jakarta Erlangga. Hardjono Sastrohamidjojo, (2018), Kimia Dasar, Yogyakarta: UGM Press. Chusnur Rahmi. (2022). Modul Pembelajaran berbasis Multiple Representasi
5	Mahasiswa mampu memahami konsep mol dalam perhitungan kimia	Pengertian Mol Hubungan Mol dengan Massa Hubungan mol dengan volume dan tekanan	Kuliah, Luring	<b>Model:</b> <i>Pembelajaran Saintifik</i>  <b>Metode:</b> diskusi, presentasi, tanya jawab	<b>PTM</b> 2 x 50 menit  <b>TKT</b> 2 x 60 menit	<b>PTM</b> - Mahasiswa mendengar penjelasan tentang materi perkuliahan -Mahasiswa berdiskusi tentang materi perkuliahan (2x50 menit)  <b>TKT</b>	- Bentuk penilaian tes tulis/lisan - Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan - Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan	Raymond Chang, (2004), Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Jilid 1 Edisi 3, Jakarta: Erlangga. Ralph H Petrucci. (1987), Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Jakarta Erlangga.

					TKM 2 x 60 menit	Tugas 9: Mengerjakan latihan soal tentang Konsep Mol (2x60 menit)  TKM Tugas 10 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan stoikiometri gas (2x60 menit)	- Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%	Hardjono Sastrohamidjojo, (2018), Kimia Dasar, Yogyakarta: UGM Press. Chusnur Rahmi. (2022). Modul Pembelajaran berbasis Multiple Representasi
6	Mahasiswa mampu menerapkan konsep mol pada perhitungan kimia	Beberapa konsep stoikiometri gas terkait gas ideal	Kuliah, Luring	<b>Model:</b> <i>Pembelajaran Sainifik</i>  <b>Metode:</b>  diskusi, presentasi, tanya jawab	PTM 2 x 50 menit   TKT 2 x 60 menit   TKM 2 x 60 menit	<b>PTM</b> - Mahasiswa mendengar penjelasan tentang materi perkuliahan -Mahasiswa berdiskusi tentang materi perkuliahan (2x50 menit)  <b>TKT</b> Tugas 11: Mengerjakan soal tentang stoikiometri gas (2x60 menit)  <b>TKM</b> Tugas 12: Membaca referensi lain yang berkaitan dengan konsep yang telah dipelajari (2x60 menit)	- Bentuk penilaian tes tulis/lisan - Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan - Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan - Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%	Raymond Chang, (2004), Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Jilid 1 Edisi 3, Jakarta: Erlangga. Ralph H Petrucci. (1987), Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Jakarta Erlangga. Hardjono Sastrohamidjojo. (2018). Kimia Dasar. Yogyakarta: UGM Press. Chusnur Rahmi. (2022). Modul Pembelajaran berbasis Multiple Representasi
8	Menyelesaikan soal-soal metode faktor label & berbagai konversi satuan dasar, hukum dasar perhitungan kimia, massa atom relatif & massa molekul relatif, dan konsep mol	Materi dari pertemuan 1-8	Ujian tengah semester (UTS)		PTM 2 x 50 menit	Mahasiswa menjawab soal-soal yang diujikan dengan benar	- Bentuk penilaian tes tulis essay - Kriteria dan Indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan - Ketepatan menjelaskan materi yang ditanyakan	

							- Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%	
8	Mahasiswa mampu menjelaskan jenis reaksi kimia	Berbagai Jenis Reaksi Kimia	Kuliah, Luring	<p><b>Model:</b> <i>Pembelajaran Saintifik</i></p> <p><b>Metode:</b> diskusi, presentasi, tanya jawab</p>	<p><b>PTM</b> 2 x 50 menit</p> <p><b>TKT</b> 2 x 60 menit</p> <p><b>TKM</b> 2 x 60 menit</p>	<p><b>PTM</b> - Mahasiswa mendengar penjelasan tentang materi perkuliahan -Mahasiswa berdiskusi tentang materi perkuliahan (2x50 menit) <b>(kontekstual, dan tematik)</b></p> <p><b>TKT</b> Tugas 13: Mengerjakan soal tentang jenis reaksi kimia (2x60 menit)</p> <p><b>TKM</b> Tugas 14 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan persamaan reaksi kimia dan pereaksi pembatas (2x60 menit)</p>	<p>- Bentuk penilaian tes tulis/lisan</p> <p>- Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</p> <p>- Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</p> <p>- Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</p>	<p>Raymond Chang, (2004), Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Jilid 1 Edisi 3, Jakarta: Erlangga.</p> <p>Ralph H Petrucci. (1987), Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Jakarta Erlangga.</p> <p>Hardjono Sastrohamidjojo, (2018), Kimia Dasar, Yogyakarta: UGM Press.</p> <p>Chusnur Rahmi. (2022). Modul Pembelajaran berbasis Multiple Representasi</p>
9	Mahasiswa mampu menganalisis persamaan reaksi dan pereaksi pembatas	Persamaan Reaksi Kimia Pereaksi Pembatas	Kuliah, Luring	<p><b>Model:</b> <i>Pembelajaran Saintifik</i></p> <p><b>Metode:</b> diskusi, presentasi, tanya jawab</p>	<p><b>PTM</b> 2 x 50 menit</p> <p><b>TKT</b> 2 x 60 menit</p>	<p><b>PTM</b> - Mahasiswa mendengar penjelasan tentang materi perkuliahan -Mahasiswa berdiskusi tentang materi perkuliahan (2x50 menit)</p> <p><b>TKT</b> Tugas 15: Mengerjakan soal tentang persamaan reaksi dan pereaksi pembatas (2x60 menit)</p>	<p>- Bentuk penilaian tes tulis/lisan</p> <p>- Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</p> <p>- Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</p> <p>- Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</p>	<p>Raymond Chang, (2004), Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Jilid 1 Edisi 3, Jakarta: Erlangga.</p> <p>Ralph H Petrucci. (1987), Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Jakarta Erlangga.</p>

					<b>TKM</b> 2 x 60 menit	<b>TKM</b> Tugas 16 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan biloks dan penyetaraan redoks (4x60 menit)		Hardjono Sastrohamidjojo, (2018), Kimia Dasar, Yogyakarta: UGM Press.  Chusnur Rahmi. (2022). Modul Pembelajaran berbasis Multiple Representasi
10	Mahasiswa mampu menentukan biloks dan penyetaraan reaksi redoks	Penentuan biloks Penyetaraan reaksi redoks	Kuliah, Luring	<b>Model:</b> <i>Pembelajaran Saintifik</i>  <b>Metode:</b> diskusi, presentasi, tanya jawab	<b>PTM</b> 2 x 50 menit   <b>TKT</b> 2 x 60 menit   <b>TKM</b> 2 x 60 menit	<b>PTM</b> - Mahasiswa mendengar penjelasan tentang materi perkuliahan -Mahasiswa berdiskusi tentang materi perkuliahan (2x50 menit)  <b>TKT</b> Tugas 17: Mengerjakan soal tentang menentukan biloks dan penyetaraan reaksi redoks (4x60 menit)  <b>TKM</b> Tugas 18 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan konsentrasi larutan (2x60 menit)	- Bentuk penilaian tes tulis/lisan - Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan - Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan - Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%	Raymond Chang, (2004), Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Jilid 1 Edisi 3, Jakarta: Erlangga.  Ralph H Petrucci. (1987), Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Jakarta Erlangga.  Hardjono Sastrohamidjojo, (2018), Kimia Dasar, Yogyakarta: UGM Press.  Chusnur Rahmi. (2022). Modul Pembelajaran berbasis Multiple Representasi
11	Mahasiswa mampu memahasi konsep konsentrasi larutan	Konsentarsi Larutan:  molaritas molalitas % w/w % v/v	Kuliah, Tutorial	<b>Model:</b> <i>Pembelajaran Saintifik</i>  <b>Metode:</b>	<b>PTM</b> 2 x 50 menit	<b>PTM</b> - Mahasiswa mendengar penjelasan tentang materi perkuliahan -Mahasiswa berdiskusi tentang materi perkuliahan	- Bentuk penilaian tes tulis/lisan - Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan	Raymond Chang, (2004), Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Jilid 1 Edisi 3, Jakarta: Erlangga.

		% w/v ppm ppb fraksi mol normalitas		diskusi, presentasi, tanya jawab	<b>TKT</b> 2 x 60 menit	(2x50 menit) <b>TKT</b> Tugas 19: Mengerjakan soal tentang konsep konsentrasi larutan (2x60 menit)	- Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan - Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%	Ralph H Petrucci. (1987), Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Jakarta Erlangga.  Hardjono Sastrohamidjojo, (2018), Kimia Dasar, Yogyakarta: UGM Press.  Chusnur Rahmi. (2022). Modul Pembelajaran berbasis Multiple Representasi
12	Mahasiswa mampu menganalisis konsep konsentrasi larutan	Perhitungan konsentrasi larutan berdasarkan pengenceran larutan	Kuliah, Tutorial	<b>Model:</b> <i>Pembelajaran Saintifik</i>  <b>Metode:</b> diskusi, presentasi, tanya jawab	<b>PTM</b> 2 x 50 menit  <b>TKT</b> 2 x 60 menit  <b>TKM</b> 2 x 60 menit	<b>PTM</b> - Mahasiswa mendengar penjelasan tentang materi perkuliahan - Mahasiswa berdiskusi tentang materi perkuliahan (4x50 menit) <b>TKT</b> Tugas 21: Mengerjakan soal tentang konsentrasi larutan (4x60 menit)  <b>TKM</b> Tugas 22 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan penentuan rumus kimia (4x60 menit)	- Bentuk penilaian tes tulis/lisan - Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan - Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan - Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%	Raymond Chang, (2004), Kimia Dasar Konsep- Konsep Inti Jilid 1 Edisi 3, Jakarta: Erlangga.  Ralph H Petrucci. (1987), Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Jakarta Erlangga.  Hardjono Sastrohamidjojo, (2018), Kimia Dasar, Yogyakarta: UGM Press.  Chusnur Rahmi. (2022). Modul Pembelajaran berbasis Multiple Representasi



13	Mahasiswa mampu memahami penentuan rumus kimia	Penentuan Rumus Empiris Rumus Molekul Senyawa	Kuliah, Tutorial	<b>Model:</b> <i>Pembelajaran Saintifik</i>  <b>Metode:</b> diskusi, presentasi, tanya jawab	<b>PTM</b> 2 x 50 menit  <b>TKT</b> 2 x 60 menit  <b>TKM</b> 2 x 60 menit	<b>PTM</b> - Mahasiswa mendengar penjelasan tentang materi perkuliahan - Mahasiswa berdiskusi tentang materi perkuliahan (2x50 menit)  <b>TKT</b> Tugas 23: Mengerjakan soal tentang penentuan rumus kimia (2x60 menit)  <b>TKM</b> Tugas 24 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan persamaan senyawa hidrat (2x60 menit)	- Bentuk penilaian tes tulis/lisan - Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan - Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan - Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%	Raymond Chang, (2004), Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Jilid 1 Edisi 3, Jakarta: Erlangga.  Ralph H Petrucci. (1987), Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Jakarta Erlangga.  Hardjono Sastrohamidjojo, (2018), Kimia Dasar, Yogyakarta: UGM Press.  Chusnur Rahmi. (2022). Modul Pembelajaran berbasis Multiple Representasi
14	Mahasiswa mampu memahami penentuan rumus kimia (lanjutan)	Penentuan persamaan senyawa hidrat (air kristal)	Kuliah, Tutorial	<b>Model:</b> <i>Pembelajaran Saintifik</i>  <b>Metode:</b> diskusi, presentasi, tanya jawab	<b>PTM</b> 2 x 50 menit  <b>TKT</b> 2 x 60 menit  <b>TKM</b> 2 x 60 menit	<b>PTM</b> - Mahasiswa mendengar penjelasan tentang materi perkuliahan - Mahasiswa berdiskusi tentang materi perkuliahan (2x50 menit)  <b>TKT</b> Tugas 25: Mengerjakan soal tentang persamaan senyawa hidrat (2x60 menit)  <b>TKM</b> Tugas 26 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan kemurnian zat	- Bentuk penilaian tes tulis/lisan - Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan - Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan - Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%	Raymond Chang, (2004), Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Jilid 1 Edisi 3, Jakarta: Erlangga.  Ralph H Petrucci. (1987), Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Jakarta Erlangga.  Hardjono Sastrohamidjojo, (2018), Kimia Dasar,

						(2x60 menit)		Yogyakarta: UGM Press.  Chusnur Rahmi. (2022). Modul Pembelajaran berbasis Multiple Representasi
15	Mahasiswa mampu mengaplikasikan perhitungan kemurnian zat	Kemurnian Zat	Kuliah, Tutorial	<b>Model:</b> <i>Pembelajaran Saintifik</i>  <b>Metode:</b> diskusi, presentasi, tanya jawab <b>(saintifik).</b>	<b>PTM</b> 2 x 50 menit  <b>TKT</b> 2 x 60 menit  <b>TKM</b> 2 x 60 menit	<b>PTM</b> - Mahasiswa mendengar penjelasan tentang materi perkuliahan -Mahasiswa berdiskusi tentang materi perkuliahan (2x50 menit)  <b>TKT</b> Tugas 27: Mengerjakan soal tentang perhitungan kemurnian zat (2x60 menit)  <b>TKM</b> Tugas 28 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan materi yang telah dipelajari (2x60 menit)  <b>Internalisasi, kolaboratif</b>	- Bentuk penilaian tes tulis/lisan - Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan - Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan - Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%	Raymond Chang, (2004), Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Jilid 1 Edisi 3, Jakarta: Erlangga.  Rahm H Patrucci (1987) Kimia Dasar dan Sifat-sifat Molekul, Jakarta Erlangga.  Hardjono Sastrohamidjojo, (2018), Kimia Dasar, Yogyakarta: UGM Press.  Chusnur Rahmi. (2022). Modul Pembelajaran berbasis Multiple Representasi
16	Mahasiswa mampu menjawab soal-soal tes terhadap materi yang telah diajarkan dari pertemuan 8-15 minimal 75%	Materi ajar yang telah dipelajari dari pertemuan 8-15	Ujian Akhir Semester (UAS)		<b>PTM</b> 2 x 50 menit	Mahasiswa menjawab soal-soal yang diujikan dengan benar	- Bentuk penilaian tes tulis essay - Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan - Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan	

								- Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

## F. REFERENSI

### 1. Wajib

Raymond Chang, (2004), Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Jilid 1 Edisi 3, Jakarta: Erlangga.  
 Ralph H Petrucci. (1987), Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Jakarta Erlangga.

### 2. Pendukung

Hardjono Sastrohamidjojo, (2018), Kimia Dasar, Yogyakarta: UGM Press.  
 Chusnur Rahmi. (2022). Modul Pembelajaran berbasis Multiple Representasi

Mengetahui:  
 Ketua Prodi Pendidikan Kimia,



Dr. Mujakir, M.Pd.Si.  
 NIP. 197703052009121004

Banda Aceh, 26 Agustus 2022  
 Dosen Pengampu,

Adean Mayasri, M.Sc.  
 NIP. 199203122018012002

**FORMAT RANCANGAN  
TUGAS KEGIATAN TERSTRUKTUR (TKT)**

Nama Mata Kuliah : Stoikiometri  
Kode mata Kuliah : 2032PKM010  
Semester : I  
SKS : 2

1. Tujuan Tugas : Mahasiswa mampu menguasai secara teoritis konsep Stoikiometri yang meliputi metode faktor label dan berbagai konversi satuan dasar, hukum dasar perhitungan kimia, massa atom relatif dan massa molekul relatif, konsep mol, jenis reaksi kimia, persamaan reaksi dan pereaksi pembatas, biloks dan penyetaraan reaksi redoks, konsentrasi larutan, penentuan rumus kimia dan kemurnian zat.
2. Uraian Tugas :
  - a. Obyek garapan : Materi perkuliahan yang terdapat dalam RPS
  - b. Yang harus dikerjakan dan batasan-batasan : Membuat ringkasan materi, mengerjakan latihan soal, menyelesaikan kasus
  - c. Metode/ cara pengerjaan, acuan yang digunakan : Melakukan analisis konten terhadap keterkaitan materi ajar yang dipelajari dengan dunia pendidikan kimia, mengerjakan latihan soal sesuai alur dan persamaan yang diberikan, ditulis tangan menggunakan pena
  - d. Deskripsi luaran tugas yang dihasilkan/dikerjakan : lembar jawaban tugas
3. Kriteria Penilaian:
  - a. ketepatan waktu penyerahan 30%
  - b. kesempurnaan substansi/isi 60%
  - c. desain 10%

Mengetahui:

Ketua Prodi Pendidikan Kimia,



Dr. Mujakir, M.Pd.Si.  
NIP. 197703052009121004

Banda Aceh, 26 Agustus 2022

Koordinator Mata Kuliah/Dosen Pengampu,

Adean Mayasri, M.Sc.  
NIP. 199203122018012002

**FORMAT RANCANGAN  
TUGAS KEGIATAN MANDIRI (TKM)**

Nama Mata Kuliah : Stoikiometri  
Kode mata Kuliah : 2032PKM010  
Semester : I  
SKS : 2

**Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)**

1. Mampu melakukan simulasi atas materi yang diperoleh (M1);
2. Mampu mengaplikasikan teori-teori Stoikiometri dalam kehidupan sehari-hari (M2);
3. Mampu merancang atau merencanakan simulasi dalam mengaplikasikan teori Stoikiometri yang dipelajari (M3);
4. Mampu memahami dan menggunakan dengan tepat Stoikiometri yang sesuai dengan kasus yang dihadapi, sehingga menghasilkan kesimpulan yang terbaik, yang berguna dalam pengambilan keputusan (M4).

---

**Jenis Tugas**

Pengayaan/remedial mata kuliah secara mandiri: dapat berupa membaca referensi tambahan mata kuliah atau observasi mandiri dengan tujuan pemenuhan secara maksimal capaian pembelajaran mata kuliah (CPMK).

Mengetahui:

Ketua Prodi Pendidikan Kimia,



Dr. Mujakir, M.Pd.Si.  
NIP. 197703052009121004

Banda Aceh, 26 Agustus 2022

Koordinator Mata Kuliah/Dosen Pengampu,

Adean Mayasri, M.Sc.  
NIP. 199203122018012002

## FORMAT PENILAIAN SIKAP, PENGETAHUAN, DAN KETERAMPILAN

### A. PENILAIAN SIKAP (RUBRIK)

Prediket	Skor Angka	Deskripsi Perilaku
Sangat Baik	4	Menunjukkan sikap religius, jujur, disiplin, bertanggung jawab dalam proses perkuliahan dengan sangat baik
Baik	3	Menunjukkan sikap religius, jujur, disiplin, bertanggung jawab dalam proses perkuliahan dengan baik
Cukup	2	Menunjukkan sikap religius, jujur, disiplin, bertanggung jawab dalam proses perkuliahan dengan cukup
Kurang	1	Menunjukkan sikap religius, jujur, disiplin, bertanggung jawab dalam proses perkuliahan dengan kurang
Gagal	0	Menunjukkan sikap religius, jujur, disiplin, bertanggung jawab dalam proses perkuliahan dengan gagal

#### Keterangan:

##### Prediket

Diisi dengan deskripsi tingkatan nilai, dengan jumlah tingkat yang kerinciannya sesuai dengan yang dikehendaki.

##### Skor angka

Diisi dengan rentang angka yang sesuai dengan tingkat nilai pada kolom jenjang.

### B. KRITERIA PENILAIAN PENGETAHUAN

Skor (% Pencapaian)	Nilai	Predikat	Nilai Bobot
90 – 100	A	Sangat Baik Sekali	4,00
85-89	A-	Sangat Baik	3,67
78-84	B+	Baik	3,33
72-77	B	Agak Baik	3,00
68-71	B-	Cukup	2,67
65-67	C+	Agak kurang Baik	2,33
60-64	C	Kurang Baik	2,00
50-59	D	Sangat Kurang Baik	1,00
0 – 49	E	Gagal	0

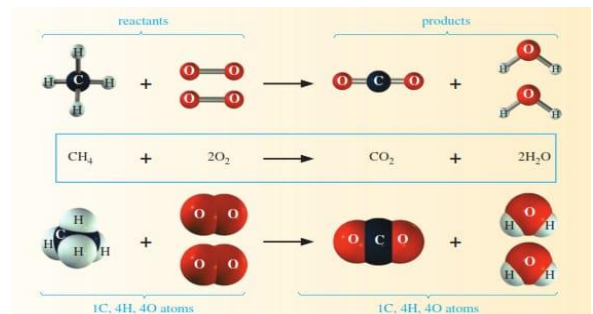
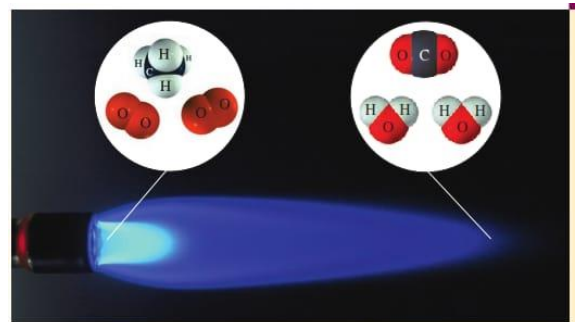
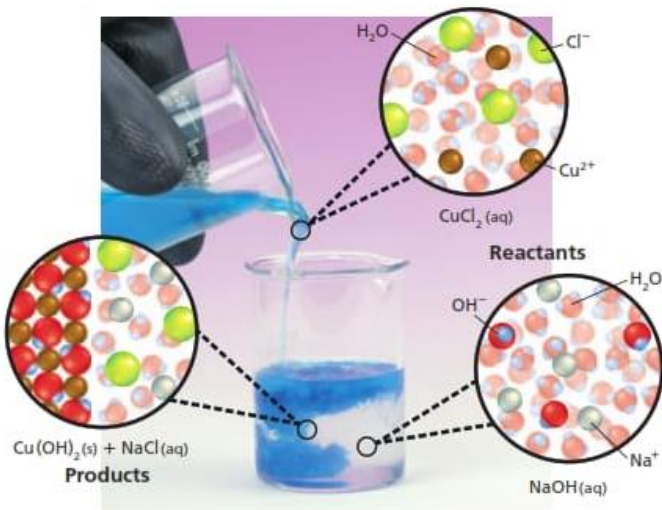
**C. KRITERIA PENILAIAN KETERAMPILAN**

<b>Skor (% Pencapaian)</b>	<b>Nilai</b>	<b>Predikat</b>	<b>Nilai Bobot</b>
90 – 100	A	Sangat Baik Sekali	4,00
85-89	A-	Sangat Baik	3,67
78-84	B+	Baik	3,33
72-77	B	Agak Baik	3,00
68-71	B-	Cukup	2,67
65-67	C+	Agak kurang Baik	2,33
60-64	C	Kurang Baik	2,00
50-59	D	Sangat Kurang Baik	1,00
0 – 49	E	Gagal	0

# STOIKIOMETRI

## BERBASIS MULTIPLE REPRESENTASI

Chusnur Rahmi, M.Pd



PRODI PENDIDIKAN KIMIA

FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'aalaamiin, puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan hidayah, rahmat, dan kemudahan sehingga penulisan Modul Perkuliahan Stoikiometri Berbasis Multipel Representasi telah selesai disusun. Ide pengembangan modul ini berawal dari kenyataan terbatasnya sumber belajar mahasiswa pada perkuliahan stoikiometri. Hal ini menjadi kesulitan bagi mahasiswa dalam memahami konsep stoikiometri dengan baik. Modul ini disusun untuk mengatasi kesulitan tersebut.

Modul ini disusun secara terstruktur dan sistematis sesuai dengan Rencana Pembelajaran Semester (RPS) mata kuliah stoikiometri Prodi Pendidikan Kimia Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry. Konsep disajikan pada tiga level representasi kimia untuk memudahkan mahasiswa dalam memahami konsep yang sulit. Dalam hal ini, penulis mengembangkan modul perkuliahan berbasis multipel representasi sebagai upaya menumbuhkembangkan model mental kimia mahasiswa yang utuh. Modul ini dapat digunakan sebagai sumber belajar mandiri oleh mahasiswa pada perkuliahan stoikiometri. Modul ini juga bermanfaat bagi dosen yang mengajarkan stoikiometri.

Modul ini selesai disusun berkat budi baik berbagai pihak. Terimakasih kepada staf pengajar stoikiometri Prodi Pendidikan Kimia Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry yang telah berbagi ilmu pengetahuan. Terimakasih kepada rekan sahabat dan mahasiswa yang telah memberikan sumbangsih dalam penulisan modul ini. Semoga modul ini bermanfaat bagi mahasiswa dan dosen yang mempelajari stoikiometri untuk pemahaman yang lebih baik. Semoga modul ini menjadi pahala yang terus mengalir. Aamiin.

Banda Aceh, Mei 2022

Chusnur Rahmi

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar.....	I
Daftar Isi.....	ii
Petunjuk Penggunaan Modul.....	iv
Bab 1 Pendahuluan.....	1
Bab 2 Metode Faktor Label & Konversi Satuan.....	3
A. Metode Faktor Label.....	3
B. Faktor Konversi.....	5
Bab 3 Hukum Dasar Perhitungan Kimia.....	11
1. Hukum Lavoisier (Hukum Kekekalan Massa).....	11
2. Hukum Proust (Hukum Perbandingan Tetap).....	13
3. Hukum Dalton (Hukum Perbandingan Berganda).....	16
4. Hukum Gay Lussac (Hukum Perbandingan Volume).....	18
5. Hukum Avogadro (Hukum Perbandingan Volume).....	20
Bab 4 Massa Atom Relatif & Massa Molekul Relatif.....	24
A. Massa Atom Relatif.....	24
B. Massa Molekul Relatif.....	28
Bab 5 Konsep Mol.....	31
A. Pengertian Mol.....	31
B. Hubungan Mol dengan Massa.....	34
C. Hubungan Mol dengan Volume.....	36
D. Stoikiometri Gas Ideal.....	38
Bab 6 Reaksi Kimia.....	42
A. Jenis Reaksi kimia.....	42
B. Persamaan Reaksi Kimia.....	45
C. Pereaksi Pembatas.....	50

Bab 7 Konsentrasi Larutan.....	54
A. Satuan Konsentrasi Larutan.....	54
1. Molaritas (M) .....	54
2. Molalitas (m) .....	56
3. Persen Massa (% massa) .....	57
4. Persen Volume (% volume).....	57
5. Persen massa/volume (%w/v).....	58
6. <i>part per million</i> (ppm) .....	58
7. <i>part per billion</i> (ppb) .....	59
8. Fraksi Mol (X) .....	60
9. Normalitas (N) .....	61
B. Pengenceran Larutan.....	62
Bab 8 Rumus Empiris dan Rumus Molekul .....	66
A. Rumus Empiris .....	66
B. Rumus Molekul Senyawa .....	69
C. Rumus Senyawa Hidrat (Air Kristal) .....	71
Bab 9 Kemurnian Zat .....	74
Evaluasi.....	76
Daftar Pustaka.....	89

## ● ● ● PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL ● ● ●

Modul ini terdiri atas 9 bagian utama yaitu Pendahuluan; Metode Faktor Label dan Konversi Satuan; Hukum Dasar Perhitungan Kimia; Massa Atom Relatif dan Massa Molekul Relatif; Konsep Mol; Reaksi Kimia; Konsentrasi Larutan; Rumus Empiris dan Rumus Molekul Senyawa; Kemurnian Zat. Keistimewaan modul ini adalah menyajikan materi stoikiometri pada tiga level representasi kimia untuk memudahkan mahasiswa memahami konsep kimia secara utuh. Modul ini juga memberikan contoh fenomena kontekstual yang dekat dengan kehidupan kita. Representasi kimia pada modul ini dikutip dari buku *General Chemistry* dan web yang kebenarannya konsep kimianya telah ditelaah. Modul ini menggunakan faktor konversi untuk mengubah satuan dalam perhitungan kimia.

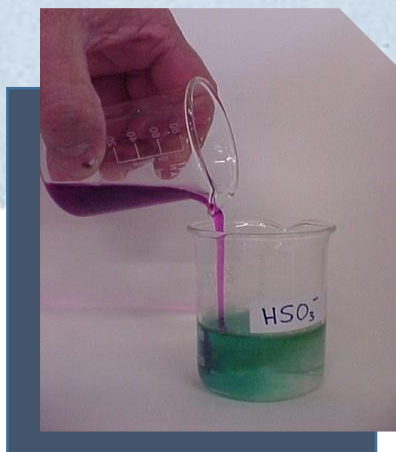
Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan modul ini adalah:

- 1. Awali dengan berdoa sebelum memulai perkuliahan.
- 2. Kompetensi yang akan dicapai (Sub CPMK).
- 3. Ruang lingkup materi.
- 4. Keterkaitan teks dengan gambar yang disediakan dalam modul.
- 5. Menyelesaikan semua tugas latihan untuk mengukur pemahaman konsep.



## BAB I PENDAHULUAN

Apakah Anda terkejut ketika melakukan eksperimen laboratorium, Anda melihat warna ungu kalium permanganat menghilang ketika dicampurkan natrium hidrogen sulfit? Mengapa demikian?



Gambar 1. Reaksi Kalium Permanganat dengan Natrium Hidrogen Sulfit  
Sumber: slideplayer.com

Jika Anda menyimpulkan bahwa kalium permanganat telah habis dan reaksi berhenti, Anda benar. Reaksi kimia seperti reaksi kalium permanganat dengan natrium hidrogen sulfit berhenti ketika salah satu reaktan habis. Berapa gram kalium permanganat yang diperlukan untuk bereaksi sempurna dengan massa natrium hidrogen sulfit yang diketahui? Berapa gram produk yang dihasilkan? Hal ini dipelajari pada Stoikiometri.

Istilah stoikiometri berasal dari bahasa Yunani, *stoicheion* ("unsur") dan *metron* ("mengukur"). Stoikiometri merupakan cabang ilmu kimia yang mengkaji hubungan kuantitatif antara pereaksi dan hasil reaksi dalam suatu reaksi kimia. Stoikiometri meliputi perhitungan kimia yang mendeskripsikan komposisi kimia, reaksi kimia, dan perbandingan massa unsur-unsur dalam senyawa.

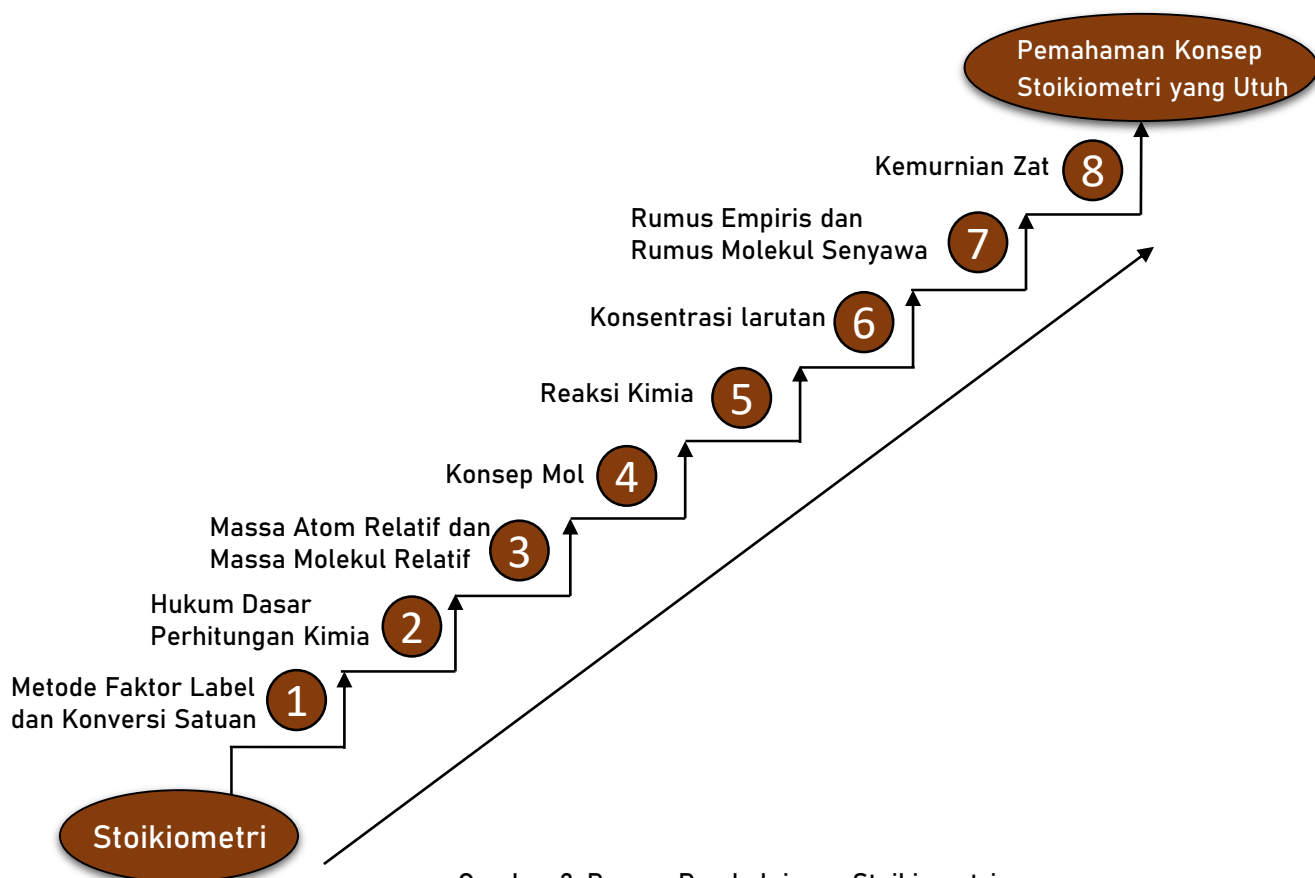
Pemahaman terhadap stoikiometri dibangun berdasarkan pemahaman konsep massa atom, rumus kimia, hukum kekekalan massa, dan hukum perbandingan tetap. Mengapa jumlah massa zat sebelum dan setelah reaksi itu sama? Mengapa perbandingan massa unsur dalam suatu senyawa itu tetap? Dalton mengemukakan bahwa pada prinsipnya reaksi kimia adalah pemutusan dan pembentukan ikatan. Maka jumlah dan jenis atom sebelum dan setelah reaksi adalah sama.

Dengan mengetahui massa aluminium dan besi(III) oksida yang bereaksi dalam perubahan kimia spektakuler yang ditunjukkan oleh Gambar 2, Anda juga mengetahui jumlah masing-masing atom dan dapat memprediksi massa aluminium oksida dan logam besi yang terbentuk.



Gambar 2. Perubahan Kimia Spektakuler  
Sumber: Silberberg, 2012

Pada modul perkuliahan ini, kita akan membahas dengan lengkap submateri stoikiometri yang dapat dilihat pada bagan berikut:



Gambar 3. Proses Pembelajaran Stoikiometri

## BAB 2

### METODE FAKTOR LABEL & KONVERSI SATUAN

Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

1. Mahasiswa mampu menerapkan metode faktor label dalam perhitungan kimia
2. Mahasiswa mampu menerapkan berbagai konversi satuan dasar dalam perhitungan kimia

Kimia adalah ilmu eksperimental. Salah satu syarat terpenting dalam kimia adalah kita memiliki cara untuk mengukur sesuatu. Untuk mempelajari stoikiometri dengan baik diperlukan konsep metode faktor label dan konversi satuan.

#### A. Metode Faktor Label

Metode faktor label merupakan cara penyelesaian soal perhitungan yang selalu menuliskan angka diikuti dengan satuannya. Metode faktor label ini digunakan pada perhitungan kimia reaksi. Untuk itu, kita harus mengetahui satuan yang digunakan dalam pengukuran ilmiah. Berdasarkan perjanjian internasional tahun 1960, para ilmuwan di seluruh dunia sekarang menggunakan Sistem Internasional untuk Satuan (SI) untuk pengukuran ilmiah (Tabel 1).

Tabel 1. Satuan Dasar dalam SI

Besaran	Satuan	Lambang Satuan
Massa	Kilogram	Kg
Panjang	Meter	M
Waktu	Detik	S
Temperatur	Kelvin	K
Arus listrik	Amper	A
Jumlah zat	Mol	mol
Intensitas cahaya	Candela	Cd

Sumber: Whitten *et al.*, 2014

**Besaran** adalah sesuatu yang dapat diukur dan dapat dinyatakan dengan angka, sedangkan satuan adalah pembanding dalam suatu pengukuran. Tabel 1 menunjukkan tujuh satuan dasar yang digunakan dalam faktor label. Kombinasi dari satuan dasar ini menghasilkan satuan turunan. Misalnya satuan turunan untuk kecepatan (m/s) adalah satuan dasar panjang (m) dibagi dengan satuan dasar waktu (s).

Tabel 2. Satuan Turunan dalam SI

Besaran	Rumus	Lambang Satuan
Luas	panjang $\times$ lebar	m <sup>2</sup>
Volume	panjang $\times$ lebar $\times$ tinggi	m <sup>3</sup>
Massa jenis	massa/volum	kg/m <sup>3</sup>
Kecepatan	jarak/waktu	m/s
Percepatan	perubahan kecepatan/waktu	m/s <sup>2</sup>
Gaya	massa $\times$ percepatan	(kg.m)/s <sup>2</sup> newton (N)
Tekanan	gaya/luas	kg/(m.s <sup>2</sup> ) pascal (P)
Energi	gaya $\times$ jarak	(kg. m <sup>2</sup> )/s <sup>2</sup> joule (J)

Sumber: McMurry *et al.*, 2015

Besaran SI yang sering digunakan dalam stoikiometri adalah **massa**, **volume**, **temperatur**, dan **waktu**. Massa dalam satuan SI diukur dengan kilogram (kg). Satuan ini terlalu besar jika digunakan untuk stoikiometri. Dalam perhitungan reaksi kimia, massa zat biasanya dinyatakan dalam miligram (mg) dan gram (g). Satuan SI untuk volume adalah meter kubik (m<sup>3</sup>), sedangkan dalam kimia volume zat dinyatakan dalam liter (L) dan mililiter (mL). **Satuan SI untuk temperatur adalah Kelvin (K)**.



Namun, pengukuran temperatur di laboratorium umumnya menggunakan termometer dengan derajat Celcius ( $^{\circ}\text{C}$ ). Perlu diperhatikan bahwa penulisan satuan Kelvin tidak disertai dengan derajat.

Untuk itu, kita harus mengubah satuan massa, volume, dan temperatur zat tersebut. Untuk mengubah satuan yang diberikan menjadi satuan yang kita inginkan diperlukan faktor konversi.

## B. Faktor Konversi

Faktor konversi menggunakan logika matematika untuk memecahkan masalah yang berhubungan dengan perubahan satuan pada stoikiometri. Faktor konversi merupakan hubungan antara dua satuan atau kuantitas yang dinyatakan dalam bentuk pecahan. Tiap faktor konversi berperan untuk mengubah suatu satuan ke satuan yang lain. Penggunaan faktor konversi mengandalkan dua kebenaran yang berhubungan dengan matematika:

- (1) Persamaan apa saja dapat dirubah ke dalam bentuk pecahan yang sama dengan satu;
- (2) Jumlah yang sama pada pembilang dan penyebut dari pecahan dapat dicoret.

Faktor konversi dapat berasal dari sebuah persamaan atau perbandingan.

- 1) Faktor konversi yang berasal dari sebuah persamaan diperoleh dengan membagi ke dua sisi persamaan dengan salah satu kuantitasnya.

Cermati contoh sederhana berikut:

$$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$$

Bila persamaan dibagi 1000 g, maka  $\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1$  dan bila

dibagi dengan 1 kg, maka  $1 = \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}$

Dengan demikian,  $\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1$  dan  $\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 1$

adalah faktor konversi dari  $1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$ .

2) Faktor konversi yang berasal dari sebuah perbandingan dapat dilihat pada contoh di bawah ini:

Contoh:

Seorang siswa memperoleh imbalan Rp 500 tiap jam.

Contoh ini dapat ditulis Rp 500 ~ 1 jam.

Faktor konversinya adalah  $\frac{\text{Rp } 500}{1 \text{ jam}}$  dan  $\frac{1 \text{ jam}}{\text{Rp } 500}$

Penggunaan faktor konversi lebih memudahkan kita untuk memahami konsep kimia yang berhubungan dengan perhitungan dalam stoikiometri. Beberapa faktor konversi untuk panjang, volume, dan massa dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Faktor Konversi untuk Besaran Panjang, Volume, dan Massa

Besaran	Konversi Satuan
Panjang	1 km = $10^3$ m 1 cm = $10^{-2}$ m 1 mm = $10^{-3}$ m 1 nm = $10^{-9}$ m 1 Å = $10^{-10}$ m
Volume	1 mL = 1 cm <sup>3</sup> = $10^{-3}$ L 1 m <sup>3</sup> = $10^6$ cm <sup>3</sup> = $10^3$ L
Mass	1 kg = $10^3$ g 1 mg = $10^{-3}$ g 1 ton = $10^3$ kg

Sumber: Whitten *et al.*, 2014



(a)

(b)

(c)

Gambar 4. Tiga Jenis Neraca Untuk Mengukur Massa Zat di Laboratorium  
Sumber: Whitten *et al.*, 2014

- (a) Neraca balok rangkap 3 untuk menimbang massa zat hingga  $\pm 0,01$  g,
- (b) Neraca elektronik modern untuk menimbang massa zat hingga  $\pm 0,001$  g, dan
- (c) Neraca analitik modern yang dapat digunakan untuk menimbang massa zat hingga  $\pm 0,0001$  g.

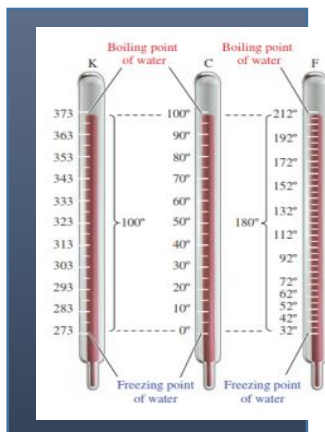
Menurutmu, neraca manakah yang memiliki derajat keakuratan paling tinggi? Mengapa demikian?

Dari kiri ke kanan: gelas kimia 150 mL (hijau); buret 25 mL (merah); labu ukur 1000 mL (kuning); gelas ukur 100 mL (biru); dan piper volumetrik 10 mL (hijau).



Gambar 5. Beberapa Alat Ukur Volume di Laboratorium Kimia  
Sumber: Whitten *et al.*, 2014

Pada tekanan atmosfer standar, Kelvin dan derajat Celcius memiliki interval yang sama ( $100^\circ$ ) dalam pengukuran titik beku dan titik didih air. Perbedaannya adalah angka-angka yang ditetapkan untuk setiap titik pada skala pengukurannya. Skala Celcius menunjukkan angka  $0^\circ\text{C}$  untuk titik beku air dan  $100^\circ\text{C}$  untuk titik didih air, sedangkan skala Kelvin menunjukkan angka 0 K untuk titik beku air yang disebut temperatur nol mutlak ( $-273,15^\circ\text{C}$ ).



Gambar 6. Hubungan skala temperature Celcius, Kelvin, dan Fahrenheit

Sumber: Whitten *et al.*, 2014

Hubungan antara skala Kelvin dan Celcius dapat dituliskan sebagai berikut:

$$K = ^\circ\text{C} + 273,15^\circ \quad \text{atau} \quad ^\circ\text{C} = K - 273,15^\circ$$

Berbeda dengan skala Kelvin dan Celcius, skala Fahrenheit memiliki interval pengukuran  $180^\circ$ . Air membeku pada temperatur  $32^\circ\text{F}$  dan mendidih pada temperatur  $212^\circ\text{F}$ . Skala Celcius memiliki interval  $100^\circ$  sedangkan skala Fahrenheit mempunyai interval  $180^\circ$ . Dari informasi tersebut, kita dapat menuliskan faktor konversi temperatur untuk skala Celcius ke Fahrenheit adalah  $\frac{100^\circ\text{C}}{180^\circ\text{F}} = 1$  atau  $\frac{1,0^\circ\text{C}}{1,8^\circ\text{F}} = 1$

Namun karena titik awal kedua skala tersebut berbeda, kita harus mengurangi  $32^\circ\text{F}$  untuk mencapai titik nol pada skala Celcius. Sehingga faktor konversi untuk mengubah temperatur adalah sebagai berikut:

$$^\circ\text{C} = \frac{1,0^\circ\text{C}}{1,8^\circ\text{F}} (x^\circ\text{F} - 32^\circ\text{F}) \quad \text{atau} \quad ^\circ\text{F} = \left(x^\circ\text{C} \times \frac{1,8^\circ\text{F}}{1,0^\circ\text{C}}\right) + 32^\circ\text{F}$$

Contoh Soal:

1. Sebuah sampel emas memiliki massa  $0,234 \text{ mg}$ . Berapa massanya dalam g dan kg?

Penyelesaian:

Strategi:  $0,234 \text{ mg Au} = ? \text{ g Au}$

$0,234 \text{ mg Au} = ? \text{ kg Au}$

Kita menggunakan hubungan  $1 \text{ g} = 1000 \text{ mg}$  dan  $1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$  untuk menuliskan faktor konversi satuan. Maka,

Faktor konversi dari  $1 \text{ g} = 1000 \text{ mg}$  adalah  $\frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} = 1$

Faktor konversi dari dari 1 kg = 1000 g adalah  $\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1$

Pengubahan satuan:

$$\begin{aligned} 0,234 \text{ mg Au} &= 0,234 \text{ mg Au} \times 1 \\ &= 2,34 \times 10^{-4} \text{ g Au} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2,34 \times 10^{-4} \text{ g Au} &= 2,34 \times 10^{-4} \text{ g Au} \times 1 \\ &= 2,34 \times 10^{-4} \text{ g Au} \times \frac{1 \text{ kg Au}}{1000 \text{ g Au}} \\ &= 2,34 \times 10^{-7} \text{ kg Au} \end{aligned}$$

Dengan demikian, 0,234 mg sampel Au setara dengan  $2,34 \times 10^{-4} \text{ g Au}$  dan  $2,34 \times 10^{-7} \text{ kg Au}$

2. Pada skala Fahrenheit, temperatur  $100^\circ$  menunjukkan keadaan sistem yang panas. Berapakah temperatur ini pada skala Celcius?

Penyelesaian:

Strategi:  $100^\circ\text{F} = ?^\circ\text{C}$

Faktor konversi yang digunakan untuk mengubah temperatur adalah

$$^\circ\text{C} = \frac{1,0^\circ\text{C}}{1,8^\circ\text{F}} (x^\circ\text{F} - 32^\circ\text{F})$$

Pengubahan satuan:

$$\begin{aligned} 100^\circ\text{F} &= \frac{1,0^\circ\text{C}}{1,8^\circ\text{F}} (x^\circ\text{F} - 32^\circ\text{F}) \\ &= \frac{1,0^\circ\text{C}}{1,8^\circ\text{F}} (100^\circ\text{F} - 32^\circ\text{F}) \\ &= \frac{1,0^\circ\text{C}}{1,8^\circ\text{F}} (68^\circ\text{F}) \\ &= 38^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Dengan demikian,  $100^\circ$  pada skala Fahrenheit berada pada temperatur  $38^\circ\text{C}$ .

## Latihan

1. Volume benda padat yang bentuknya tidak beraturan dapat ditentukan dari volume air yang dipindahkannya. Sebuah gelas ukur berisi 19,9 mL air. Ketika dimasukkan sepotong kecil bijih timah galena, volume air meningkat menjadi 24,5 mL. Berapa volume bijih timah galena dalam  $\text{cm}^3$  dan L?
2. Pada gambar di samping, garam dapur yang dipanaskan meleleh pada suhu  $1474^\circ\text{F}$ . Berapakah temperatur tersebut pada skala Celcius dan Kelvin?
3. Aisyah memiliki suhu tubuh  $38,7^\circ\text{C}$ . Jika suhu tubuh normal adalah  $98,6^\circ\text{F}$ , apakah Dini mengalami demam?
4. Kloroform yang pernah digunakan sebagai anestesi memiliki massa jenis 1,483 g/mL pada  $20^\circ\text{C}$ . Jika 9,37 g kloroform diperlukan untuk reaksi kimia, berapa volume cairan yang akan anda gunakan?



## Kunci Jawaban

1. 4,6 mL dan  $4,6 \times 10^{-3}\text{L}$
2.  $801^\circ\text{C}$  dan 1074 K
3. Suhu tubuh Dini  $101,7^\circ\text{F}$ ; Dini mengalami demam.
4. 6,318 mL



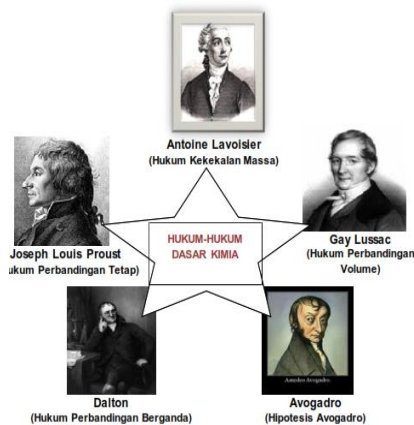
## BAB 3

# HUKUM DASAR PERHITUNGAN KIMIA

### Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

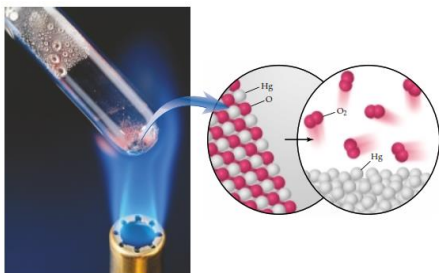
- Mahasiswa mampu menganalisis penerapan hukum dasar perhitungan kimia

Konsep kimia diperoleh dan dibuktikan melalui eksperimen laboratorium. Penelitian yang cermat terhadap perubahan materi telah melahirkan hukum-hukum dasar kimia yang menunjukkan hubungan kuantitatif antara pereaksi dan hasil reaksi. Pemahaman stoikiometri dibangun berdasarkan pemahaman terhadap hukum-hukum yang mendasari perhitungan-perhitungan dalam kimia. Hukum tersebut adalah hukum Lavoisier, hukum Proust, hukum Dalton, hukum Gay-Lussac, dan hukum Avagadro.



Gambar 7. Tokoh Penemu Hukum Dasar Kimia  
Sumber: Indahyati & Srisumarlinah, 2016

### 1. Hukum Lavoisier (Hukum Kekekalan Massa)



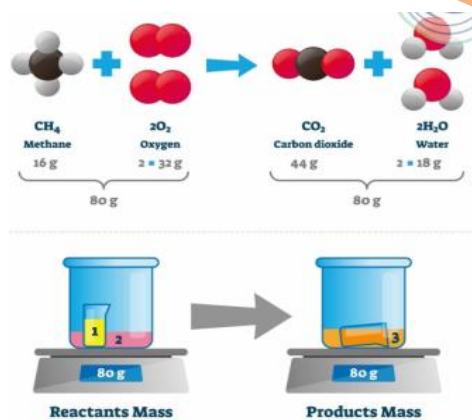
Gambar 8. Serbuk merah HgO yang dipanaskan terurai menjadi merkuri cair keperakan dan gas oksigen yang tidak berwarna

Sumber: McMurry *et al.*, 2015

Antonie Lavoisier (1743-1794) melakukan eksperimen dengan memanaskan merkuri(II) oksida, HgO dalam wadah tertutup (Gambar 8). Melalui pengukuran yang cermat, ia menunjukkan bahwa massa cairan merkuri dan gas oksigen sebagai hasil reaksi sama dengan massa reaktan serbuk HgO. Reaksi kimia tersebut dapat ditulis dengan persamaan:



Pernyataan hukum Lavoisier adalah pada reaksi kimia tidak terjadi perubahan massa zat, massa zat sebelum dan sesudah reaksi adalah tetap. Hukum ini dikenal sebagai hukum kekekalan massa.



Gambar 9. Penerapan Hukum Lavoisier  
Sumber: [www.embibe.com](http://www.embibe.com)

Validitas hukum Lavoisier dapat dibuktikan dengan melakukan percobaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Dalam setiap reaksi kimia, jumlah massa hasil reaksi yang terbentuk sama dengan jumlah massa reaktannya.



Gambar 10. Pembuktian Hukum Lavoisier Melalui Percobaan  
Sumber: McMurry *et al.*, 2015



Pada Gambar 10, (a) sebanyak 3,25 g  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  dan 3,32 g KI yang telah ditimbang dilarutkan dalam aquades; kemudian (b) kedua larutan tersebut dicampur. Reaksi kimia langsung terjadi yang ditandai dengan perubahan warna oranye pada larutan. Selanjutnya dilakukan penyaringan untuk memisahkan padatan  $\text{HgI}_2$  dan larutan yang tersisa diuapkan untuk memperoleh padatan  $\text{KNO}_3$ ; (c) Kedua hasil reaksi ditimbang. Penyaringan campuran reaksi menghasilkan 4,55 g  $\text{HgI}_2$  dan penguapan air menghasilkan 2,02 g  $\text{KNO}_3$ . Hitunglah jumlah massa reaktan dan jumlah massa hasil reaksi? Apakah reaksi tersebut memenuhi hukum Lavoisier?

## 2. Hukum Proust (Hukum Perbandingan Tetap)

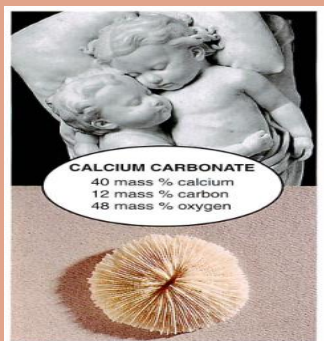
Dalam kehidupan sehari-hari, jarang sekali kita menjumpai senyawa dalam keadaan murni. Senyawa pada umumnya berada dalam bentuk campuran. Misalnya, batu kapur tidak 100% mengandung senyawa  $\text{CaCO}_3$ . Bahkan banyak juga zat yang ada di laboratorium kimia tidak murni 100%.

Massa suatu senyawa dalam campurannya sering dinyatakan dalam satuan %. Satuan ini menunjukkan tingkat kemurnian senyawa tersebut. Semakin besar nilainya maka semakin banyak kandungan senyawa tersebut dalam campuran. Dengan demikian, tingkat kemurniannya juga semakin tinggi. Persentase ini dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ massa senyawa} = \frac{\text{massa senyawa dalam campuran}}{\text{massa campuran}} \times 100\%$$

Dalam stoikiometri juga dikenal persentase masa unsur dalam senyawa. Persentase massa unsur menunjukkan kadar unsur dalam senyawa murni. Persentase massa unsur dalam senyawa ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$\% \text{ massa unsur} = \frac{\text{jumlah atom} \times \text{massa molar atom}}{\text{massa molar senyawa}} \times 100\%$$



Gambar 11. Kalsium Karbonat dalam Marmer, Karang, Kapur, dan Kerang  
Sumber: Silberberg, 2012

Senyawa  $\text{CaCO}_3$  dapat ditemukan secara alami dalam berbagai bentuk seperti marmer, karang, kapur, dan kerang. Meskipun sumbernya berbeda, persentase massa unsur-unsur penyusun kalsium karbonat tidak berubah. Kalsium karbonat tersusun atas tiga unsur yaitu kalsium, karbon, dan oksigen dengan persentase massa yang tetap (Gambar 11).

Perhatikan hasil percobaan pengukuran unsur-unsur pembentuk senyawa  $\text{CaCO}_3$  yang telah dilakukan oleh Joseph Proust (Tabel 4).

Tabel 4. Perbandingan Massa Unsur Penyusun 20 g Kalsium Karbonat

<b>Analisis Massa</b> (g/20,0 g)	<b>Fraksi Massa</b> (bagian/1,00 bagian)	<b>Persen Massa</b> (bagian/100 bagian)
8,0 g kalsium	0,40 kalsium	40% kalsium
2,4 g karbon	0,12 karbon	12% karbon
9,6 g oksigen	0,48 oksigen	48% oksigen
20,0 g	1,00 fraksi massa	100% massa

Sumber: Silberberg, 2012

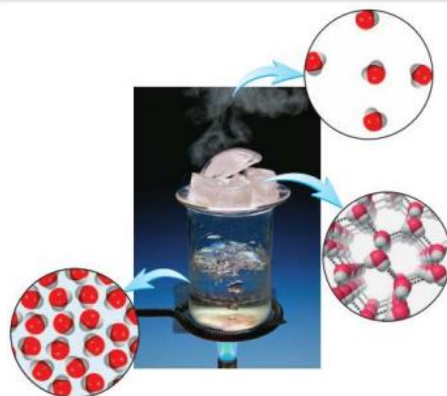
Berdasarkan Tabel 4, jumlah fraksi massa adalah 1,00 dan jumlah persen massa adalah 100%. Hukum Proust menyatakan bahwa kalsium karbonat selalu mengandung unsur kalsium, karbon, dan oksigen dalam persentase massa tertentu. Sampel murni kalsium karbonat selalu mengandung 40% unsur kalsium, 12% karbon, dan 48% oksigen.

Pernyataan hukum Proust adalah perbandingan massa unsur-unsur dalam suatu senyawa adalah tertentu dan tetap. Hukum ini dikenal sebagai hukum perbandingan tetap. Hukum Proust menjelaskan bahwa dalam sampel-sampel yang berbeda dari senyawa yang sama selalu mengandung unsur-unsur penyusun yang sama dengan perbandingan massa yang sama pula. Berdasarkan hukum Proust, kita dapat menggunakan data fraksi massa untuk menentukan massa unsur yang terkandung dalam suatu sampel senyawa menggunakan persamaan berikut:

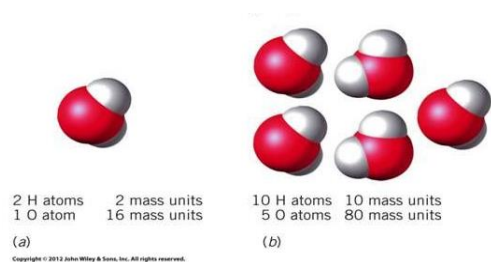
$$\text{massa unsur} = \text{massa senyawa} \times \frac{\text{fraksi massa unsur}}{\text{fraksi massa senyawa}}$$

$$\text{massa unsur dalam sampel} = \text{massa senyawa dalam sampel} \times \frac{\text{massa unsur dalam senyawa}}{\text{massa senyawa}}$$

Penerapan hukum Proust juga dapat dibuktikan pada setiap sampel air murni. Di alam, air dapat diperoleh dari beragam sumber. Air dapat berwujud padat, cair, dan gas. Meskipun berasal dari sumber yang beragam dan bagaimanapun bentuknya, perbandingan massa unsur hidrogen dan oksigen dalam air adalah 1 : 8.



Gambar 12. Tiga Wujud Senyawa H<sub>2</sub>O  
Sumber: Chang *et al.*, 2011



Gambar 13. Perbandingan Jumlah Atom dan Massa Unsur-Unsur Penyusun Air  
Sumber: John Willey *et al.*, 2012

Gambar 13 mendeskripsikan pada level submikroskopik jumlah atom-atom dari setiap unsur penyusun senyawa H<sub>2</sub>O. Satu molekul H<sub>2</sub>O tersusun atas dua atom hidrogen dan satu atom oksigen (Gambar a), dan lima molekul H<sub>2</sub>O (Gambar b) tersusun atas sepuluh atom hidrogen dan lima atom oksigen.

Massa satu atom hidrogen adalah 1 sma sedangkan massa satu atom oksigen adalah 16 sma. Perbandingan jumlah atom hidrogen dan oksigen dalam molekul  $H_2O$  adalah 2:16 atau 10:80. Berdasarkan hukum Proust, maka perbandingan massa unsur hidrogen dan oksigen dalam air adalah 1:2.

### 3. Hukum Dalton (Hukum Perbandingan Berganda)



Gambar 14. Pembakaran Karbon Menghasilkan Gas Karbon Monoksida dan Gas Karbon Dioksida

Sumber: [www.biodifferences.com](http://www.biodifferences.com)

Beberapa unsur dapat bergabung dengan unsur lain dengan lebih dari satu cara dan menghasilkan lebih dari satu senyawa. Fenomena yang terjadi ketika dua unsur membentuk lebih dari satu senyawa dikemukakan oleh Dalton. Misalnya, ketika karbon dibakar dengan oksigen yang berlimpah, maka akan menghasilkan gas karbon dioksida. Namun jika sumber oksigen terbatas, selain menghasilkan karbon monoksida, pembakaran karbon juga membentuk gas karbon monoksida.

Senyawa karbon monoksida dan karbon dioksida yang dihasilkan oleh karbon dan oksigen selanjutnya kita sebut sebagai senyawa I dan senyawa II. Pada suhu dan tekanan pengukuran yang sama, kerapatan senyawa I adalah 1,25 g/L sedangkan kerapatan senyawa II adalah 1,98 g/L. Sifat kedua senyawa juga sangat berbeda. Senyawa I bersifat racun dan mudah terbakar, sedangkan senyawa II tidak. Perhatikan dengan cermat analisis massa dari kedua senyawa tersebut sebagai berikut:

Senyawa I : 57,1% oksigen dan 42,9% karbon

Senyawa II : 72,7% oksigen dan 27,3% karbon

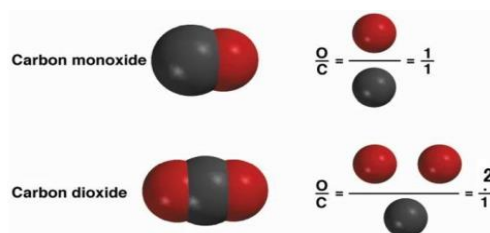
Untuk melihat fenomena perbandingan berganda dalam kedua senyawa ini, kita menggunakan persen massa oksigen dan karbon. Kemudian, kita membagi massa oksigen dengan massa karbon pada tiap senyawa untuk menentukan massa oksigen yang dapat bergabung dengan massa karbon yang jumlahnya tetap. Misalnya diketahui massa senyawa yang digunakan adalah 100 g. Perhatikan perbandingan karbon dan oksigen dalam kedua senyawa berikut:

Massa oksigen	Senyawa I	Senyawa II
$\frac{\text{massa oksigen}}{100 \text{ g senyawa}}$	57,1	72,7
$\frac{\text{massa karbon}}{100 \text{ g senyawa}}$	42,9	27,3
$\frac{\text{massa oksigen}}{\text{massa karbon}}$	$\frac{57,1}{42,9} = 1,33$	$\frac{72,7}{27,3} = 2,66$

Perbandingan oksigen pada senyawa I dan II adalah  $\frac{2,66}{1,33} = \frac{2}{1}$

Pernyataan hukum Dalton adalah jika dua unsur dapat bergabung membentuk lebih dari satu senyawa, maka massa-massa dari unsur yang pertama dengan suatu massa tetap dari unsur yang kedua akan berbanding sebagai bilangan bulat yang sederhana. Hukum ini dikenal sebagai hukum perbandingan berganda.

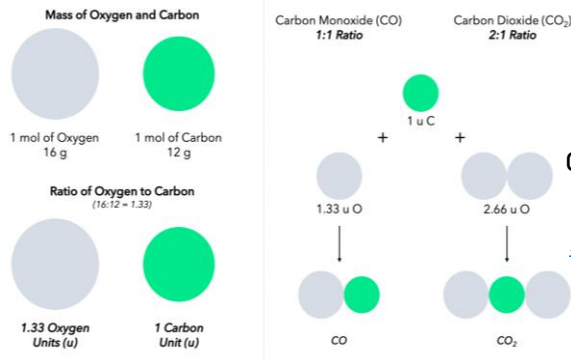
Hukum Dalton menjelaskan bahwa dalam dua senyawa dari unsur-unsur yang sama, perbandingan massa salah satu unsur relatif terhadap unsur yang lain adalah bulat dan sederhana.



Gambar 15. Perbandingan Jumlah Atom Oksigen dalam Senyawa CO dan CO<sub>2</sub>

Sumber: Silberberg, 2012 dan McGraw-Hill, 2009

Berdasarkan hukum Dalton, maka pada contoh di atas, perbandingan massa oksigen dan karbon adalah 2 : 1 (Gambar 15) bukan 2,66 : 1,33 atau angka lain yang tidak sederhana.



Gambar 16. Aplikasi Hukum Dalton dalam Senyawa CO dan CO<sub>2</sub>

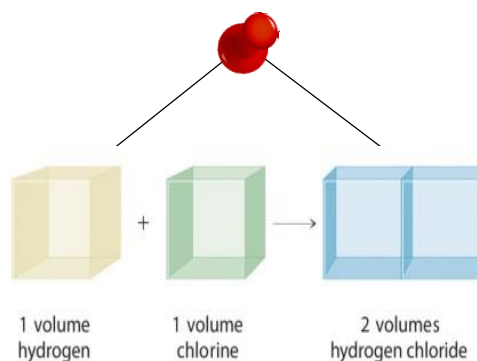
Sumber: [www.exp11.com](http://www.exp11.com)

Penerapan hukum Dalton juga dapat dibuktikan pada senyawa H<sub>2</sub>O dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Perbandingan massa oksigen dengan massa hidrogen dalam air dan hidrogen peroksida adalah 1:2. Dalam air, satu mol atom oksigen bergabung dengan dua mol atom hidrogen. Sedangkan dalam hidrogen peroksida, dua mol atom oksigen bergabung dengan 2 mol atom hidrogen. Sehingga dalam kedua senyawa tersebut, perbandingan atom oksigen dengan atom hidrogen adalah 1:2.

#### 4. Hukum Gay Lussac (Hukum Perbandingan Volume)

Dalam stoikiometri, sejumlah zat dapat bereaksi sebanyak mol dan massa tertentu dalam suatu reaksi kimia. Pereaksi yang berwujud gas biasanya bereaksi dalam sejumlah volume tertentu. Joseph Gay Lussac (1778-1850) melakukan pengukuran volume gas-gas yang terlibat dalam suatu reaksi kimia pada temperatur dan tekanan yang sama. Jika satuan volume yang digunakan adalah Liter, maka dapat dinyatakan bahwa satu liter gas hidrogen bereaksi dengan satu liter gas klorin untuk membentuk dua liter gas hidrogen klorida (Gambar 17).

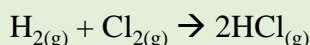
Pernyataan hukum Gay Lussac adalah pada temperatur dan tekanan tetap, perbandingan volume gas-gas yang terlibat dalam suatu reaksi sesuai dengan koefisien reaksi masing-masing gas tersebut. Hukum ini dikenal sebagai hukum perbandingan volume. Berdasarkan hukum Gay Lussac, jika salah satu gas sudah diketahui volumenya, maka volume gas-gas lain pada persamaan reaksi tersebut dapat dicari.



Gambar 17. Representasi hasil eksperimen Gay Lussac

Sumber: <https://chem.libretexts.org>

Perhatikan reaksi berikut:

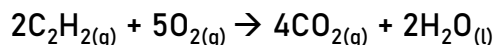


Jika diketahui satuan volume gas yang digunakan adalah Liter, maka faktor konversi untuk reaksi tersebut diantaranya adalah  $\frac{1 \text{ L H}_2}{1 \text{ L Cl}_2}$  dan  $\frac{2 \text{ L HCl}}{1 \text{ L H}_2}$ . Faktor konversi  $\frac{1 \text{ L H}_2}{1 \text{ L Cl}_2}$  digunakan untuk menghitung volume gas  $\text{H}_2$  jika volume gas  $\text{Cl}_2$  diketahui, sedangkan faktor konversi  $\frac{2 \text{ L HCl}}{1 \text{ L H}_2}$  untuk menghitung volume gas  $\text{HCl}$  jika volume gas  $\text{H}_2$  diketahui.

Contoh Soal:



Persamaan reaksi pembakaran gas karbid adalah:



Berapa volume gas oksigen yang diperlukan untuk membakar 100 L gas karbid?

Gambar 18. Gas karbid tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan sangat mudah terbakar dimanfaatkan untuk sektor industri

Sumber: <https://www.acetylenegasplant.com>

Penyelesaian:

Strategi:  $100 \text{ L C}_2\text{H}_2 \rightarrow ? \text{ L O}_2$

$$\text{Volume O}_2 \text{ yang diperlukan} = 100 \text{ L C}_2\text{H}_2 \times \frac{5 \text{ L O}_2}{2 \text{ L C}_2\text{H}_2} = 250 \text{ L O}_2$$

## 5. Hukum Avogadro (Hukum Perbandingan Volume)

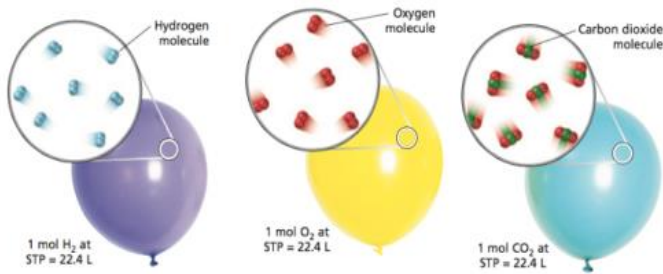


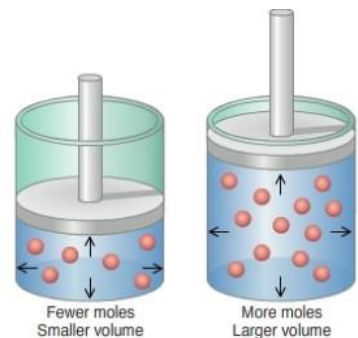
Fig. 11 from Modern Chemistry, Raymon Davis et al, HRW

Gambar 19. Satu Mol Gas  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ , dan  $\text{CO}_2$  pada Keadaan STP  
Sumber: Davis *et al.*, 2009



**K**etika balon sedang dipompa untuk memasukkan gas, balon yang dipompa dapat mengembang karena jumlah partikel (atom atau molekul) gas di dalam balon tersebut bertambah. Dengan kata lain, volume gas dan jumlah mol berbanding lurus. Semakin besar volume gas maka jumlah partikel semakin banyak, begitu juga sebaliknya (Gambar 20).

Perhatikan Gambar 19 dengan cermat! Balon berwarna ungu, kuning, dan biru masing-masing berisi gas  $\text{H}_2$ , gas  $\text{O}_2$ , dan gas  $\text{CO}_2$ . Setiap balon mempunyai volume 22,4 L. Ketiga balon berisi 1 mol gas. Gas berada pada suhu  $0^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm, keadaan STP (*Standar Temperature and Pressure*). Menurut Anda, apakah ketiga balon tersebut mempunyai volume yang sama? Berapakah volume gas dalam setiap balon pada keadaan STP?



Gambar 20. Hubungan Volume dan Jumlah Molekul Gas Menurut Avogadro

Sumber: Timberlake, 2013



Pernyataan hukum Avogadro adalah pada temperatur dan tekanan yang sama, semua gas dengan volume yang sama mengandung jumlah partikel yang sama pula. Untuk dua sampel gas pada temperatur dan tekanan yang sama, hubungan volume dan jumlah mol gas menurut Avogadro dinyatakan sebagai berikut.

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \quad (T, P \text{ konstan})$$

Keterangan:

$V_1$  = Volume gas 1 (Liter)

$V_2$  = Volume gas 2 (Liter)

$n_1$  = Jumlah molekul gas 1 (mol)

$n_2$  = Jumlah molekul gas 2 (mol)

Avogadro menyatakan bahwa pada keadaan STP, volume yang ditempati oleh satu mol gas disebut sebagai **volume molar gas**. Volume molar gas ideal adalah 22,4 Liter/mol pada keadaan STP. Berdasarkan hipotesis tersebut dapat diketahui bahwa pada keadaan STP, volume gas  $H_2$ ,  $O_2$ , dan  $CO_2$  di dalam setiap balon adalah 22,4 L (Gambar 19).

Contoh Soal:

Pada suhu dan tekanan tertentu, 0,2 mol gas oksigen volumenya 1 Liter. Berapa volume 1,5 mol gas hidrogen pada T dan P yang sama dengan gas oksigen tersebut?

Penyelesaian:

Strategi: 1 L  $O_2$  : 0,2 mol  $O_2$  = ? L  $H_2$  : 1,5 mol  $H_2$

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \quad (T, P \text{ konstan})$$

Volume  $H_2$  pada P, T yang sama dengan  $O_2$  =  $1L O_2 \times \frac{1,5 \text{ mol } H_2}{0,2 \text{ mol } O_2} = 7,5 L H_2$



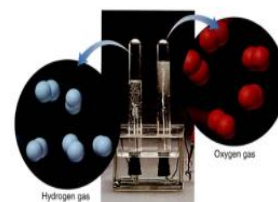
1. Pada gambar di samping ini, pembakaran 2,4 gram magnesium di udara menghasilkan 4 gram magnesium oksida. Berapa gram oksigen yang dibutuhkan dalam reaksi itu ?



Sumber: [www.chemistryworld.com](http://www.chemistryworld.com)

2. Pada gambar di samping, air mengalami proses elektrolisis menghasilkan gas oksigen dan gas hidrogen.

Perhatikan data pada tabel berikut:



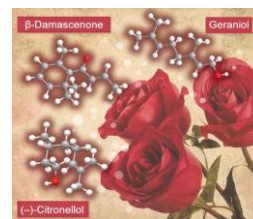
Sumber: Silberberg, 2012

Tabel Data Hasil Percobaan Elektrolisis Air

Massa Unsur-unsur Pembentuk (gram)		Massa senyawa air (gram)
Massa Hidrogen	Massa Oksigen	
1	8	9
2	16	18
3	24	27
4	32	36

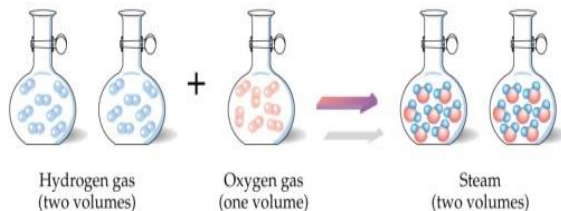
Berdasarkan Tabel di atas, tentukanlah persentase massa unsur hidrogen dan oksigen dalam 18 g H<sub>2</sub>O.

3. Geraniol, C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>O merupakan senyawa utama yang memberikan bau harum pada bunga mawar. Senyawa ini juga ditemukan dalam daun geranium. Berapa massa karbon dalam 45 mg geraniol?



Sumber: [www.acs.org](http://www.acs.org)

5. Perhatikan gambar berikut



Berapa Liter uap air yang dapat terbentuk dari 8,60 Liter gas oksigen?

6. Sebanyak 50 Liter gas karbon dioksida mengandung  $5,0 \times 10^{23}$  molekul pada suhu dan tekanan yang sama, tentukan:

- Jumlah molekul 10 liter gas hidrogen
- Volume gas nitrogen yang mengandung  $1,5 \times 10^{23}$  molekul

### Kunci Jawaban

- 1,6 gram
- % H = 11,11% dan %O = 88,89%
- 83,33%
- Perbandingan massa oksigen dalam senyawa  $\text{NO}_2$  dan  $\text{N}_2\text{O}$  adalah 1:4
- 17,2 Liter
- $1,0 \times 10^{23}$  molekul gas  $\text{H}_2$  dan 15 Liter gas  $\text{N}_2$



## BAB 4

### MASSA ATOM RELATIF & MASSA MOLEKUL RELATIF

Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

- Mahasiswa mampu memahami massa atom relatif dan massa molekul relatif

#### A. Massa Atom Relatif

Jika anda membeli 1 kg beras, bagaimana cara anda menentukan berapa butir beras di dalamnya? Pertanyaan ini analog dengan berapa jumlah atom pada isotop C-12 yang massanya 12 g. Apakah mungkin anda menimbang satu atom secara langsung? Anda tidak mungkin dapat memegang dan menimbang 1 atom secara langsung bukan? Pada kenyataannya anda dapat memegang dan menimbang satu butir beras.

Atom adalah partikel yang sangat kecil sekali. Atom yang paling besar hanya mempunyai massa  $4,8 \times 10^{-22}$  g dengan diameter  $5 \times 10^{-10}$  m. Neraca analitik di laboratorium dapat menimbang zat sampai  $10^{-4}$  mg. Ini artinya, massa atom tidak dapat ditimbang menggunakan neraca analitik yang ada di laboratorium. Akan tetapi, massa satu atom relatif dengan atom lainnya dapat ditentukan melalui eksperimen.

Secara eksperimen, massa atom relatif ditentukan dengan menetapkan nilai massa satu atom dari unsur untuk digunakan sebagai standar. Berdasarkan persetujuan internasional, standar yang ditetapkan adalah atom isotop Carbon-12 yang mempunyai massa 12 amu (*atomic mass unit*).

Massa atom adalah massa dari sebuah atom dalam satuan amu. Satu amu dimaknai sebagai massa dari seperduabelas massa satu atom Carbon-12 yang dapat dituliskan dengan:

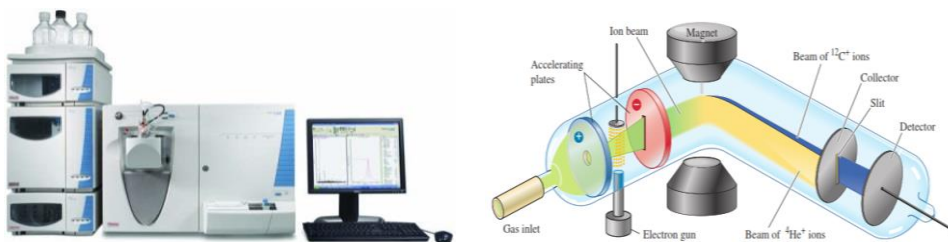
$$1 \text{ amu} = \frac{1}{12} \text{ massa 1 atom C-12}$$

Para pakar membandingkan massa atom yang berbeda-beda menggunakan skala massa atom relatif dengan lambang " $A_r$ ". Isotop atom C-12 digunakan sebagai standar karena mempunyai kestabilan inti yang inert dibanding atom lainnya. Dengan demikian, massa atom relatif ( $A_r$ ) menyatakan perbandingan massa rata-rata suatu atom terhadap 1/12 massa atom C-12. Secara aljabar dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_r X &= \frac{\text{massa rata-rata atom X amu}}{\frac{1}{12} \text{ atom C} - 12 \text{ amu}} \\ &= \frac{\text{massa rata-rata atom X amu}}{1 \text{ amu}} \end{aligned}$$

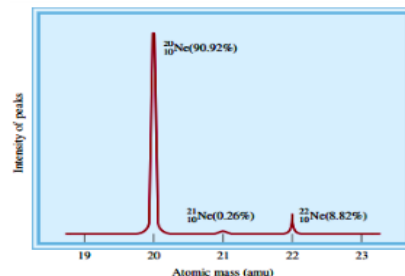
Dari persamaan tersebut, massa rata-rata suatu atom dapat ditentukan. Massa rata-rata atom memperhitungkan semua isotop yang ditemukan di alam. Perlu dipahami bahwa untuk menentukan massa atom suatu unsur, kita harus menghitung rata-rata massa campuran isotopnya yang terdapat di alam.

Isotop adalah unsur-unsur sejenis dengan massa dan kelimpahan yang berbeda di alam. Data kelimpahan dan massa isotop diperoleh dari spektrometer massa (Gambar 21). Metode ini akurat untuk menentukan massa atom.



Gambar 21. Spektrometer massa  
Sumber: Whitten *et al.*, 2014

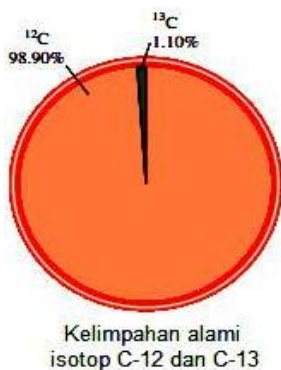
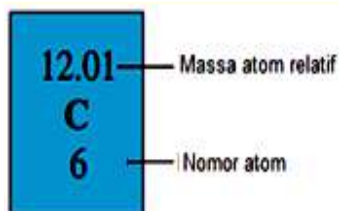
Spektrometer massa awalnya dikembangkan oleh FW Aston seorang ahli fisika Inggris untuk menentukan keberadaan tiga isotop Neon di alam. Ekperimen yang akurat menghasilkan spektrum massa (Gambar 22) yang berhasil mengidentifikasi keberadaan isotop Neon-20 (massa atom 19,9924 amu, kelimpahan 90,92%), isotop Neon-21 (massa atom 20,9940 amu, kelimpahan 0,257%), dan isotop Neon-22 (massa atom 21,9914 amu, kelimpahan 8,82%)



Gambar 22. Spektrum Massa Isotop Neon

Sumber: Chang *et al.*, 2011

Spektrum massa (Gambar 22) menunjukkan bahwa isotop Neon-21 memiliki kelimpahan yang sangat kecil hanya 0,257%. Angka ini berarti bahwa hanya terdapat 26 buah isotop Ne-21 dalam 1000 atom Ne.



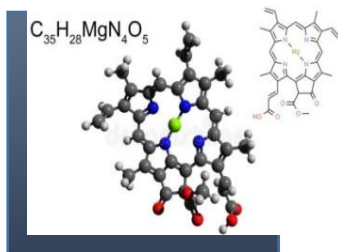
Gambar 23. Karbon dan Isotopnya  
Sumber: Azhar, 2020

Perrhatikan massa atom karbon pada sistem periodik! Di sana tertera bahwa massa atom karbon adalah 12,01 amu (Gambar 23), bukan 12 amu. Perbedaan ini disebabkan karena unsur karbon di alam memiliki lebih dari satu isotop yaitu isotop Carbon-12 dan Carbon-13. Isotop Carbon-12 memiliki kelimpahan 98,90% yang jauh lebih banyak dibandingkan isotop Carbon-13 dengan kelimpahan hanya 1,10% (Gambar 22).

Massa atom Carbon-12 adalah 12,00000 amu, sedangkan Carbon-13 bermassa 13,00335 amu. Sehingga, massa rata-rata atom Carbon =  $(0,9890 \times 12,00000 \text{ amu}) + (0,0110 \times 13,00335 \text{ amu}) = 12,01 \text{ amu}$ . Dengan demikian, massa rata-rata satu atom Carbon adalah 12,01 amu.

Anda harus mampu membedakan konsep massa atom dan massa atom relatif. Kedua istilah ini memiliki makna yang berbeda. Pada sistem periodik yang dicantumkan adalah massa atom relatif. Angka ini dimaknai sebagai massa rata-rata 1 atom unsur atau massa 1 atom unsur. Massa atom ini dibandingkan terhadap  $1/12$  isotop  $^{12}\text{C}$  sehingga disebut dengan massa atom relatif ( $A_r$ ). Massa atom relatif tidak mempunyai satuan. Massa atom relatif suatu unsur ( $A_r$ ) adalah bilangan yang menyatakan perbandingan massa satu atom unsur tersebut dengan  $1/12$  massa satu atom C-12.

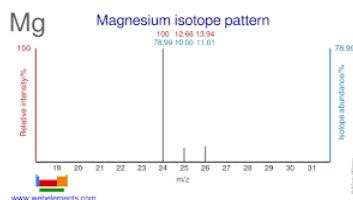
### Contoh Soal



Gambar 24. Struktur Klorofil  
Sumber: google.com

Magnesium (Mg) terdapat dalam klorofil sebagai unsur penting bagi kehidupan tumbuhan (Gambar 24). Manusia juga membutuhkan asupan magnesium 0,3 g/hari. Spektrum massa mengidentifikasi tiga isotop magnesium dengan massa dan kelimpahan sebagai berikut. Hitung massa rata-rata atom Mg. Berapakah  $A_r$  Mg?

Isotop	Kelimpahan (%)	Massa (amu)
$^{24}\text{Mg}$	78,99	23,98504
$^{25}\text{Mg}$	10,00	24,98584
$^{26}\text{Mg}$	11,01	25,98259



Penyelesaian:

Ketiga isotop Mg berkontribusi terhadap massa atom rata-rata Mg berdasarkan kelimpahannya.

Strategi:

$$\text{Massa rata-rata atom Mg} = (0,7899)(23,98504 \text{ amu}) + (0,1000)(24,98584 \text{ amu}) \\ + (0,1101)(25,98259 \text{ amu}) = 24,30 \text{ amu}$$

$$A_r \text{ Mg} = \frac{\text{massa rata-rata Mg}}{\frac{1}{12} \text{ atom C} - 12 \text{ amu}} \\ = \frac{24,30 \text{ amu}}{\frac{1}{12} \text{ atom C} - 12 \text{ amu}} = 24,30$$



## B. Massa Molekul Relatif

Jika massa atom-atom yang terikat pada suatu molekul sudah diketahui, kita dapat menghitung massa molekulnya. Massa molekul merupakan jumlah massa atom-atom yang terikat pada molekul tersebut. Massa molekul dengan mudah dapat ditentukan jika rumus molekulnya diketahui.



Gambar 25. Air dan Model Molekulnya  
Sumber: Whitten *et al.*, 2014

Rumus molekul air adalah  $\text{H}_2\text{O}$ . Rumus molekul ini bermakna bahwa pada molekul  $\text{H}_2\text{O}$  terdapat 2 atom H dan 1 atom O yang terikat secara kovalen. Berdasarkan rumus molekulnya, model molekul  $\text{H}_2\text{O}$  dapat digambarkan dengan model *ball-and-stick* (tengah) atau *space-filling* (kanan) (Gambar 25). Jadi, massa 1 molekul  $\text{H}_2\text{O}$  adalah 2 massa atom H ditambah dengan 1 massa atom O.



$$\begin{aligned}
 \text{Massa 1 molekul H}_2\text{O} &= \text{massa 2 atom H} + \text{massa 1 atom O} \\
 &= (2 \times 1,008 \text{ amu}) + (16,00 \text{ amu}) \\
 &= 18,02 \text{ amu}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan operasi aljabar di atas, diperoleh massa 1 molekul air adalah 18,02 amu. Berapakah massa molekul relatifnya?

Massa molekul relatif ( $M_r$ ) didefinisikan sebagai perbandingan massa 1 molekul unsur atau senyawa terhadap  $1/12$  massa 1 atom C-12. Secara matematika dituliskan:

$$\begin{aligned}
 M_r(\text{unsur}) &= \frac{\text{massa molekul unsur}}{\frac{1}{12} \text{ massa 1 atom C} - 12} \\
 M_r(\text{senyawa}) &= \frac{\text{massa molekul senyawa}}{\frac{1}{12} \text{ massa 1 atom C} - 12}
 \end{aligned}$$

Definisi ini sama seperti penetapan  $A_r$  suatu atom, sehingga  $M_r$  dapat dihitung dengan menjumlahkan  $A_r$  dari atom-atom penyusun molekul tersebut. Sama halnya dengan  $A_r$ , massa molekul relatif ( $M_r$ ) juga tidak mempunyai satuan karena massanya dibandingkan dengan  $1/12$  massa atom C-12. Secara matematika, hubungan  $A_r$  dan  $M_r$  dituliskan sebagai berikut:

$$M_r = \sum A_r \text{ atom penyusun}$$

Berdasarkan hubungan tersebut, maka massa molekul relatif senyawa  $\text{H}_2\text{O}$  adalah

$$\begin{aligned}
 M_r \text{ H}_2\text{O} &= (\text{jumlah atom H} \times A_r \text{ H}) + (\text{jumlah atom O} \times A_r \text{ O}) \\
 &= (2 \times 1) + (1 \times 16) \\
 &= 18
 \end{aligned}$$

## Latihan

1. Perak memiliki 46 isotop, namun hanya dua isotop yang ditemukan di alam yaitu  $^{107}\text{Ag}$  dan  $^{109}\text{Ag}$ . Tentukan massa rata-rata atom Ag berdasarkan data spektrometer massa berikut ini. Berapakah  $A_r$  Ag?

Isotop	Massa (amu)	Kelimpahan (%)
$^{107}\text{Ag}$	106,90509	51,84
$^{109}\text{Ag}$	108,90476	48,16

2. Massa atom rata-rata Cl adalah 35,453. Atom ini merupakan campuran dari isotopnya dengan massa 34,97 amu dan 36,97 amu. Tentukan persen komposisi dari dua isotop Cl tersebut.
3. Dua isotop litium di alam terdiri atas 7,42% dengan massa 6,015 amu dan 92,58% dengan massa 7,016 amu. Hitunglah  $A_r$  Li.
4. Tentukan massa molekul relatif senyawa berikut:
- $\text{H}_2\text{SO}_4$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
  - $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
  - $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
  - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

## Kunci Jawaban

- Massa atom Ag = 107,87 amu  
 $A_r$  Ag = 107,87
- 75,85% isotop 1 dan 24,15% isotop 2
- $A_r$  Li = 7
- a. 98,01      c. 246,47      e. 390,30  
b. 46,08      d. 342,340

## BAB 5

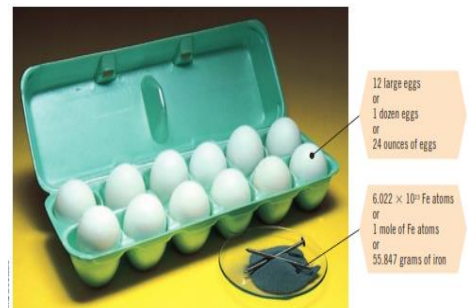
### KONSEP MOL

#### Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

1. Mahasiswa mampu memahami konsep mol dalam perhitungan kimia
2. Mahasiswa mampu menerapkan konsep mol pada perhitungan kimia
3. Mahasiswa mampu mengaplikasikan konsep dasar stoikiometri pada perhitungan kimia

#### A. Pengertian Mol

Dalam kehidupan sehari-hari, kita menggunakan beragam satuan untuk mengukur jumlah suatu objek seperti 1 pasang (2 item), 1 lusin (12 item), 1 kodi (20 item), 1 gross (144 item), dan 1 rim (500 item). Apakah satuan tersebut dapat digunakan untuk menyatakan jumlah partikel dalam senyawa kimia? Dua belas butir telur setara dengan 1 lusin atau 24 ons (Gambar 26). **Apakah satuan tersebut dapat digunakan untuk mengukur sejumlah partikel atom besi?**



Gambar 26. Jumlah Zat Dalam Satuan yang Berbeda  
Sumber: Whitten *et al.*, 2014

Kimiawan telah menetapkan satuan SI untuk jumlah zat adalah mol. Para pakar menggunakan mol sebagai satuan untuk menyatakan jumlah partikel (atom, molekul, ion) pada suatu zat. Definisi mol didasarkan pada  $6,022 \times 10^{23}$  atom yang terdapat tepat pada 12 g isotop Carbon-12. Angka  $6,022 \times 10^{23}$  ini dikenal sebagai bilangan Avogadro dengan lambang “ $L$ ”.

$$1 \text{ mol} = 6,022 \times 10^{23} \text{ partikel}$$

Bilangan Avogadro dapat didefinisikan sebagai jumlah partikel dalam 1 mol zat. Dengan kata lain, satu mol setiap zat mengandung  $6,022 \times 10^{23}$  partikel penyusun zat itu (atom, molekul, atau ion). Artinya 1 mol atom, 1 mol molekul, atau 1 mol ion, jumlahnya sebanyak bilangan Avogadro. . Bilangan ini merupakan angka yang sangat besar, sangat sesuai digunakan sebagai satuan jumlah atom, molekul, dan ion yang ukurannya sangat kecil dan jumlahnya sangat banyak. Satu mol  $H_2O$  mengandung molekul air sebanyak  $6,022 \times 10^{23}$ . Dalam 1 mol tembaga terdapat  $6,022 \times 10^{23}$  atom tembaga. Satu mol NaCl mengandung ion-ion penyusunnya sebanyak bilangan Avogadro (Gambar 27).



Gambar 27. Partikel dalam Satu Mol  $H_2O$ , Cu, dan NaCl  
Sumber: Silberberg, 2012

Atom besi sebanyak  $6,022 \times 10^{23}$  disebut 1 mol (Gambar 26). Konsep ini dapat ditulis dengan persamaan  $1 \text{ mol Fe} = 6,022 \times 10^{23} \text{ atom Fe}$ . Faktor konversi dari persamaan tersebut adalah  $\frac{1 \text{ mol Fe}}{6,022 \times 10^{23} \text{ atom Fe}} = 1$  untuk mengubah atom Fe ke mol Fe, dan  $\frac{6,022 \times 10^{23} \text{ atom Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = 1$  untuk mengubah mol Fe ke atom Fe.

### Contoh Soal



Gambar 28. Besi (Fe) dan Struktur Kristalnya  
Sumber: [www.webelements.com](http://www.webelements.com)

Berapa jumlah atom yang terdapat dalam 0,75 mol Fe?

Penyelesaian:

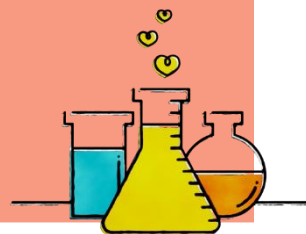
Strategi: 0,75 mol Fe  $\rightarrow$  ? atom Fe

Pengubahan satuan: 0,75 mol Fe = 0,75 mol Fe  $\times$  1

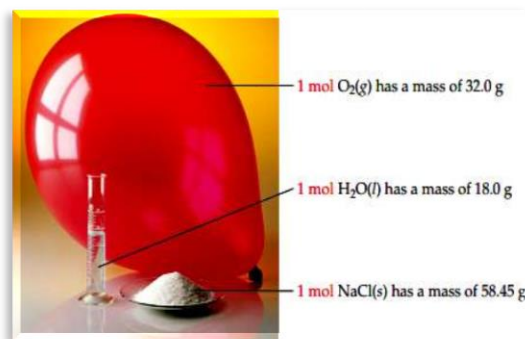
$$= 0,75 \text{ mol Fe}$$

$$= 0,75 \times 6,022 \times 10^{23} \text{ atom Fe}$$

$$= 4,5165 \times 10^{23} \text{ atom Fe}$$



Tiga senyawa kimia dengan wujud yang berbeda masing-masing mengandung 1 mol partikel penyusunnya (Gambar 29). Satu mol gas  $O_2$  mengandung  $6,022 \times 10^{23}$  molekul  $O_2$  memiliki massa 32,0 g. Dalam satu mol air terdapat  $6,022 \times 10^{23}$  molekul  $H_2O$  dengan massa 18,0 g. Dalam satu mol kristal NaCl terdapat  $6,022 \times 10^{23}$  ion  $Na^+$  dan  $6,022 \times 10^{23}$  ion  $Cl^-$ . Satu mol NaCl massanya 58,45 g. Satu mol setiap zat mengandung jumlah partikel sebanyak bilangan Avogadro, dengan massa yang berbeda. Massa tersebut merupakan massa untuk satu mol zat.



Gambar 29. Satu Mol gas  $O_2$ , cairan  $H_2O$ , dan kristal NaCl

Sumber: Brown *et al.*, 2012

Massa satu mol zat disebut dengan massa molar ( $M_m$ ). Massa molar Carbon-12 adalah 12 g dan terdapat  $6,022 \times 10^{23}$  atom  $^{12}C$ . Angka massa molar C-12 (dalam gram) sama dengan massa atomnya (dalam amu). Ini artinya, satu mol setiap zat sama dengan massa zat yang jumlahnya sebanyak bilangan  $A_r$  (untuk atom) atau  $M_r$  (untuk molekul) zat. Massa 1 mol aluminium adalah 27,0 g sehingga dapat dinyatakan bahwa massa molar ( $M_m$ ) Al = 27,0 g/mol.



Gambar 30. Satu mol Hg, Cu, Fe, Zn, S, dan Br<sub>2</sub>  
 Sumber: Whitten *et al.*, 2014

Setiap 1 mol Hg, Cu, Fe, Zn, dan S mempunyai massa molar sebanyak massa atom relatifnya. Begitu pula satu mol Br<sub>2</sub> mempunyai massa molar sebanyak massa molekul relatifnya (Gambar 30). **Berapakah massa molar Hg, Cu, Fe, Zn, S, dan Br<sub>2</sub>?**

## B. Hubungan Mol dengan Massa

Masing-masing zat seperti gula pasir, logam timbal, kalium dikromat, merkuri, air, tembaga, natrium klorida, dan belerang mengandung 1 mol partikel (Gambar 31). **Apakah semua zat itu memiliki massa yang sama?**



Gambar 31. Satu Mol Unsur dan Senyawa  
 Sumber: McMurry *et al.*, 2015

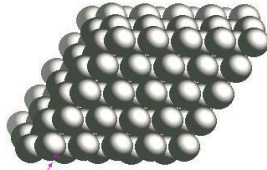
Massa suatu zat (dalam satuan gram) dapat ditentukan dari data massa molar dan bilangan Avogadro. Notasi massa molar (1 mol X = massa molar X) dan bilangan Avogadro (1 mol X =  $6,022 \times 10^{23}$  atom X) dapat digunakan sebagai faktor konversi untuk menghitung massa. Jika X adalah simbol unsur, maka faktor konversi yang digunakan dalam perhitungan dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{1 \text{ mol X}}{\text{massa molar X}} = 1 \text{ yang menghubungkan massa dan mol atom}$$

$$\frac{1 \text{ mol X}}{6,022 \times 10^{23} \text{ atom X}} = 1 \text{ yang menghubungkan mol dan jumlah atom.}$$



## Contoh Soal



Gambar 32. Logam Seng (Zn) dan Struktur Kristalnya  
Sumber: [www.webelements.com](http://www.webelements.com)

Seng (Zn) merupakan logam yang digunakan untuk membuat kuningan dan melapisi besi untuk mencegah korosi (Gambar 32). Berapa mol Zn dan jumlah atom yang terdapat dalam 45,9 g Zn? ( $A_r \text{ Zn} = 65,39$ ).

Penyelesaian:

$A_r \text{ Zn} = 65,39$  artinya adalah massa 1 atom Zn = 65,39 amu

Massa molar Zn = 65,39 g/mol sehingga massa 1 mol Zn = 65,39 g

Untuk mengubah satuan gram menjadi mol, faktor konversi yang digunakan

adalah  $\frac{1 \text{ mol Zn}}{65,39 \text{ g Zn}} = 1$

Strategi: g Zn  $\rightarrow$  ? mol Zn

Pengubahan satuan:

$$45,9 \text{ g Zn} = 45,9 \text{ g Zn} \times 1$$

$$= 45,9 \text{ g Zn} \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{65,39 \text{ g Zn}}$$

$$= 0,702 \text{ mol Zn}$$

Dengan demikian, dalam 45,9 g Zn terdapat 0,702 mol atom Zn.

Selanjutnya, untuk menentukan jumlah atom pada 45,9 g Zn kita menggunakan konsep 1 mol Zn =  $6,022 \times 10^{23}$  atom Zn

Untuk mengubah mol menjadi atom, faktor konversi yang digunakan adalah

$$\frac{6,022 \times 10^{23} \text{ atom Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 1$$

Strategi: mol Zn  $\rightarrow$  ? atom Zn

Pengubahan satuan:  $0,702 \text{ mol Zn} = 0,702 \text{ mol Zn} \times 1$

$$\begin{aligned} &= 0,702 \text{ mol Zn} \times \frac{6,022 \times 10^{23} \text{ atom Zn}}{1 \text{ mol Zn}} \\ &= 4,227 \times 10^{23} \text{ atom Zn} \end{aligned}$$

Dalam 1 mol Zn mengandung  $6,022 \times 10^{23}$  atom Zn. Karena jumlah atom Zn 0,702 mol (kurang dari 1 mol), maka jumlah atom Zn adalah  $4,227 \times 10^{23}$  (kurang dari  $6,022 \times 10^{23}$ ).

### C. Hubungan Mol dengan Volume

Avogadro menyatakan bahwa volume 1 mol gas pada temperatur dan tekanan yang tetap (STP) adalah sama. Eksperimen yang dilakukan pada temperatur  $0^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm menemukan bahwa  $1 \text{ L O}_2 = 1,429 \text{ g O}_2$ . Volume untuk 1 mol molekul gas  $\text{O}_2$  dapat dihitung menggunakan faktor konversi  $\frac{1 \text{ L O}_2}{1,429 \text{ g O}_2} = 1$  menurut perhitungan berikut:

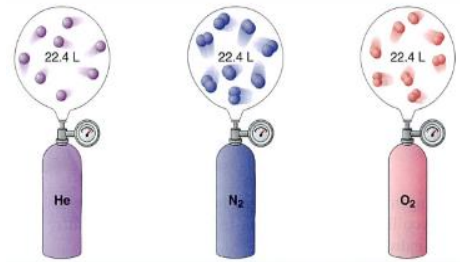
$$\begin{aligned} 1 \text{ mol molekul O}_2 &= 32 \text{ g O}_2 \\ &= 32 \text{ g O}_2 \times 1 \\ &= 32 \text{ g O}_2 \times \frac{1 \text{ L O}_2}{1,429 \text{ g O}_2} \\ &= 22,4 \text{ L O}_2 \end{aligned}$$

Hukum Avogadro menyatakan bahwa 1 mol gas pada STP memiliki volume 22,4 L. Gambar 31 menyajikan tabung gas yang masing-masing berisi gas He,  $\text{N}_2$ , dan  $\text{O}_2$  dengan volume 22,4 L. Masing-masing tabung berisi 1 mol gas.



Volume 1 mol gas disebut volume molar gas. Konsep ini dapat dituliskan dengan notasi 1 mol = 22,4 L sehingga faktor konversi yang dapat digunakan untuk menghitung volume gas adalah:

$$\frac{1 \text{ mol gas X}}{22,4 \text{ L gas X}} = 1 \quad \text{dan} \quad \frac{22,4 \text{ L gas X}}{1 \text{ mol gas X}} = 1$$



Gambar 33. Satu Mol Gas He, N<sub>2</sub>, dan O<sub>2</sub> pada Keadaan STP

Sumber: Silberberg, 2012

### Contoh Soal



Berapakah volume yang ditempati oleh 2,75 mol gas N<sub>2</sub> pada STP?

Penyelesaian:

Strategi: mol N<sub>2</sub> → ? L N<sub>2</sub>

Pengubahan satuan:

$$2,75 \text{ mol N}_2 = 2,75 \text{ mol N}_2 \times 1$$

$$= 2,75 \text{ mol N}_2 \times \frac{22,4 \text{ L}}{1 \text{ mol N}_2}$$

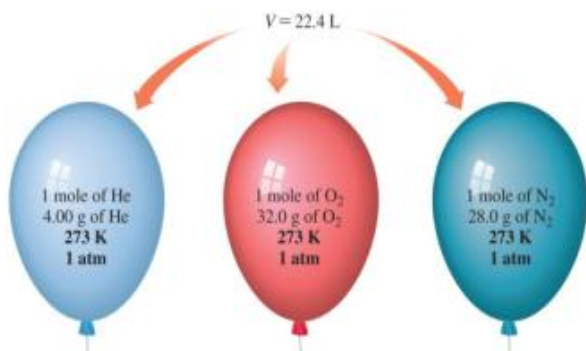
$$= 61,6 \text{ L N}_2$$

Pada STP, 1 mol gas N<sub>2</sub> mempunyai volume 22,4 L. Karena jumlah mol gas N<sub>2</sub> 2,75 mol (lebih dari 1 mol), maka volume yang ditempati gas N<sub>2</sub> adalah 61,6 L (lebih dari 22,4 L).

### D. Stoikiometri Gas Ideal

Gas ideal didefinisikan sebagai gas yang volume molekul dan gaya tarik-menarik antar molekulnya sangat kecil sehingga tidak berpengaruh terhadap perilaku gas. Meskipun gas ideal tidak benar-benar ada, sebagian besar gas sederhana seperti N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, dan gas mulia menunjukkan perilaku yang hampir ideal pada keadaan STP.

Volume 1 mol molekul gas He, O<sub>2</sub>, dan N<sub>2</sub> pada STP (273 K, 1 atm) adalah 22,4 L (Gambar 32). Volume gas di dalam balon tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan gas ideal.



Gambar 34. Satu Mol Gas He, O<sub>2</sub>, dan N<sub>2</sub> pada Keadaan STP

Sumber: Timberlake, 2013

Volume molar gas ditentukan pada keadaan STP (*Standard Temperature and Pressure*) yaitu pada temperatur 0°C dan tekanan 1 atm. Volume molar gas pada keadaan STP dapat ditentukan menggunakan persamaan gas ideal berikut:

$$PV = nRT$$

Keterangan:

P = Tekanan (atm)

V = Volume (Liter)

N = Mol

R = Kostanta gas ideal (0,082 L.atm.mol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>)

T = Temperatur (K)

Volume molar gas He (Gambar 34) pada keadaan standar dapat dihitung menggunakan persamaan gas ideal sebagai berikut:

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{1 \text{ mol} \times 0,082 \text{ L.atm.mol}^{-1} \times 273 \text{ K}^{-1}}{1 \text{ atm}} = 22,4 \text{ Liter}$$

Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan gas ideal, volume molar gas He pada keadaan STP adalah 22,4 Liter. Berapakah volume gas He pada keadaan tidak standar? Berapakah volume gas He yang diukur bukan pada temperatur 0°C dan bukan pada 1 atm? Perhatikan contoh berikut ini.

Berapakah volume 1 mol gas He pada suhu 27°C dan tekanan 1,5 atm?

Jawab:

$$27^{\circ}\text{C} = 27 + 273 \text{ K} = 300 \text{ K}.$$

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{1 \text{ mol} \times 0,082 \text{ L. atm. mol}^{-1}\text{K}^{-1} \times 300 \text{ K}}{1,5 \text{ atm}} = 16,4 \text{ Liter}$$

Pada persamaan gas ideal, kita dapat menemukan hubungan antara massa zat, jumlah partikel, dan volume gas dengan mencermati beberapa faktor konversi yang telah dibahas sebelumnya. Perhatikan contoh berikut:

1. Berapakah massa gas helium yang terdapat dalam balon udara dengan volume 0,22 Liter pada tekanan 1 atm dan temperatur 27°C?

Penyelesaian:

Mol gas He ditentukan menggunakan persamaan gas ideal,

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(1 \text{ atm}) \times (0,22 \text{ L})}{(0,082 \text{ L. atm. mol}^{-1}\text{K}^{-1}) \times (300 \text{ K})} = 0,008 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol He} = 4 \text{ g He}$$

$$0,008 \text{ mol He} \rightarrow ? \text{ g He}$$

$$0,008 \text{ mol He} = 0,008 \text{ mol He} \times 1$$

$$= 0,008 \text{ mol He} \times \frac{4 \text{ g He}}{1 \text{ mol He}}$$

$$= 0,032 \text{ g He}$$

Dengan demikian, massa gas He dalam 0,22 Liter adalah 0,032 g.



2. Berapa jumlah molekul gas dalam balon yang berisi 5,6 L gas CO<sub>2</sub> pada tekanan 2 atm dan temperatur 42°C?.

Penyelesaian:

Mol gas CO<sub>2</sub> ditentukan menggunakan persamaan gas ideal,

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(2 \text{ atm}) \times (5,6 \text{ L})}{(0,082 \text{ L. atm. mol}^{-1}\text{K}^{-1}) \times (315 \text{ K})} = 0,43 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol CO}_2 = 6,022 \times 10^{23} \text{ molekul CO}_2$$

$$0,43 \text{ mol CO}_2 \rightarrow ? \text{ molekul CO}_2$$

$$0,43 \text{ mol CO}_2 = 0,43 \text{ mol CO}_2 \times 1$$

$$= 0,43 \text{ mol CO}_2 \times \frac{6,022 \times 10^{23} \text{ molekul CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2}$$

$$= 2,58 \times 10^{23} \text{ molekul CO}_2$$

Dengan demikian, jumlah molekul CO<sub>2</sub> dalam 5,6 L gas CO<sub>2</sub> adalah  $2,58 \times 10^{23}$

### Latihan

1. Pada suhu dan tekanan tertentu, 1 gram gas metana mengandung  $3,7625 \times 10^{22}$  molekul metana. Berapakah jumlah molekul yang terdapat dalam 16 gram gas metana?
2. Berapa jumlah molekul O<sub>2</sub> yang terdapat dalam 16 gram O<sub>2</sub>?
3. Berapa mol sepotong besi yang massanya 10 gram?
4. Berapa liter volume yang ditempati oleh 7,40 g gas CO<sub>2</sub> pada STP?
5. Berapa mg massa dari 44,8 L gas SO<sub>3</sub> pada STP?
6. Berapa volume 2,2 g gas CO<sub>2</sub> jika pada suhu dan tekanan yang sama 1 L gas SO<sub>3</sub> massanya 2 g?

7. Batu kapur, CaO dihasilkan melalui penguraian termal kalsium karbonat,  $\text{CaCO}_3$  menurut persamaan reaksi berikut:



Berapa volume gas  $\text{CO}_2$  pada STP yang dihasilkan dari penguraian 152 g  $\text{CaCO}_3$ ?

8. Balon berisi gas  $\text{CO}_2$  mempunyai volume 5,6 L pada tekanan 2 atm dan suhu  $42^\circ\text{C}$ . Berapa jumlah atom O dalam 5,6 L gas  $\text{CO}_2$ ?

### Kunci Jawaban

1.  $6,022 \times 10^{23}$  molekul
2.  $3,01 \times 10^{23}$  molekul  $\text{O}_2$
3. 0,179 mol
4. 3,77 L  $\text{CO}_2$
5. 160.000 mg  $\text{SO}_3$
6. 2 L  $\text{CO}_2$
7. 34,1 L gas  $\text{CO}_2$
8.  $5,18 \times 10^{23}$



## BAB 6 REAKSI KIMIA

Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

1. Mahasiswa mampu menjelaskan jenis reaksi kimia
2. Mahasiswa mampu menganalisis persamaan reaksi dan pereaksi pembatas

### A. Jenis Reaksi kimia

Reaksi kimia mempengaruhi seluruh aspek kehidupan kita. Reaksi kimia yang terjadi di dalam tubuh menghasilkan energi yang kita butuhkan untuk hidup. Reaksi kimia menghasilkan serat alami dari tumbuhan dan hewan. Di dunia industri, reaksi kimia juga menghasilkan serat sintetis nilon dan poliester. Reaksi kimia yang terjadi pada mesin kendaraan menyediakan energi untuk menggerakkan kendaraan.

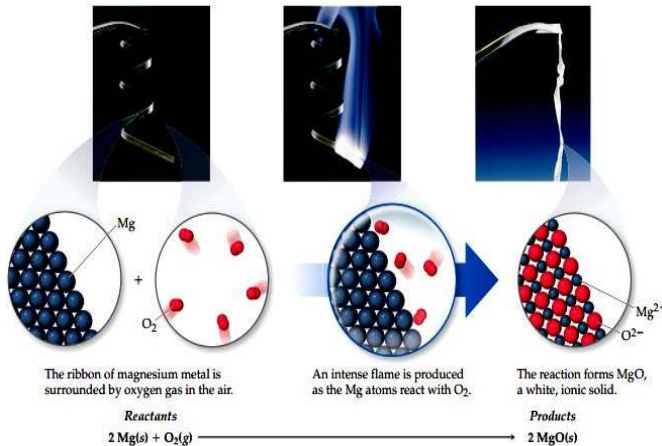
Reaksi kimia terjadi ketika suatu zat mengalami penataan ulang atom-atom membentuk zat lain yang berbeda sifatnya. Reaksi kimia disebut juga perubahan kimia. Secara makroskopik, terjadinya reaksi kimia dapat diamati melalui fenomena berubahnya warna dan wujud zat, terbentuknya gas dan endapan, serta perubahan energi dalam bentuk panas atau pancaran cahaya (Gambar 35).



Gambar 35. Gejala Makroskopik Terjadinya Reaksi Kimia  
Sumber: Whitten *et al.*, 2014; Silberberg, 2012

Reaksi kimia yang sering terjadi digolongkan ke dalam tiga jenis reaksi berikut:

1. Reaksi kombinasi terjadi ketika dua atau lebih zat bereaksi untuk membentuk satu produk. Reaksi kombinasi yang terjadi antara logam dan non logam membentuk senyawa padatan ion, sedangkan reaksi dua non logam menghasilkan senyawa kovalen.

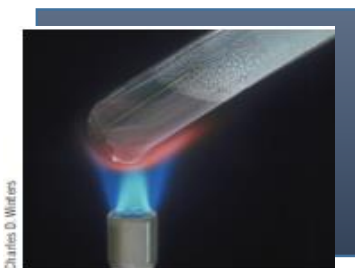


Gambar 36. Reaksi Pembakaran Logam Mg  
Sumber: Brown *et al.*, 2012

Pembakaran logam magnesium di udara membentuk magnesium oksida merupakan reaksi kombinasi. Reaktan yang terlibat adalah logam magnesium dan gas oksigen. Karena yang bereaksi adalah logam dan non logam maka produk yang terbentuk adalah padatan ion magnesium oksida.

Ketika magnesium bereaksi dengan oksigen, magnesium kehilangan dua elektron membentuk ion  $Mg^{2+}$ . Oksigen memperoleh dua elektron dan membentuk ion  $O^{2-}$ . Selanjutnya kation  $Mg^{2+}$  berinteraksi dengan anion  $O^{2-}$  membentuk magnesium oksida,  $MgO$  (Gambar 36).

2. Reaksi dekomposisi terjadi ketika satu senyawa terurai menghasilkan dua atau lebih unsur atau senyawa lain. Contohnya penguraian oksida logam seperti merkuri(II) oksida,  $HgO$  melalui pemanasan yang menghasilkan merkuri dan oksigen (Gambar 37).



Gambar 37. Reaksi Penguraian Merkuri(II) Oksida  
Sumber: Whitten *et al.*, 2014

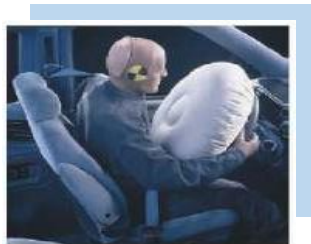
Contoh reaksi dekomposisi lainnya adalah penguraian  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{NaN}_3$ . Kalsium karbonat jika dipanaskan terurai menghasilkan batu kapur,  $\text{CaO}$  dan gas  $\text{CO}_2$ . Reaksi ini penting dalam proses komersial. Batu kapur yang dihasilkan dari pemanasan logam karbonat digunakan sebagai material dasar pada industri semen yang bernilai ekonomi.



Sodium azide,  $\text{NaN}_3$  terdekomposisi dengan cepat menghasilkan gas  $\text{N}_2$ .

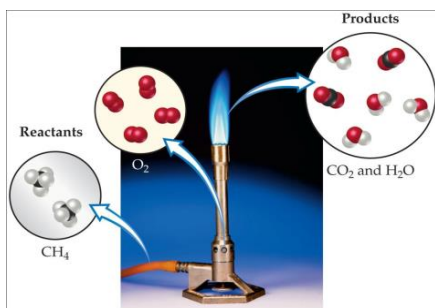


Penguraian  $\text{NaN}_3$  sebanyak  $\pm 100$  g dapat menghasilkan  $\pm 50$  L gas  $\text{N}_2$ . Reaksi penguraian ini digunakan sebagai kantong penyelamat berudara pada mobil (Gambar 38).

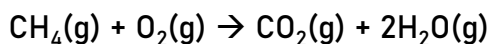


Gambar 38. Gas  $\text{N}_2$  dalam Kantong Udara Mobil  
Sumber: Brown *et al*, 2012

3. Reaksi pembakaran umumnya berlangsung dengan cepat menghasilkan nyala. Reaktan pada reaksi ini sering melibatkan  $\text{O}_2$  dari udara. Reaksi pembakaran yang umum terjadi adalah pembakaran senyawa hidrokarbon dengan  $\text{O}_2$  di udara. Metana merupakan senyawa hidrokarbon komponen utama gas alam. Gas metana terbakar di udara menghasilkan  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  (Gambar 39).



Gambar 39. Reaksi Pembakaran Gas Metana ( $\text{CH}_4$ )  
Sumber: Brown *et al*, 2012



Senyawa hidrokarbon lain yang mengalami reaksi pembakaran adalah propana. Propana berwujud gas tidak berwarna dan tidak berbau.

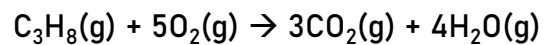


Gas propana digunakan sebagai bahan bakar memasak rumah tangga. Reaksi pembakaran gas propana dengan oksigen membentuk karbon dioksida dan uap air (Gambar 40).



Gambar 40. Reaksi Pembakaran GasPropana (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)

Sumber: McMurry *et al.*, 2015

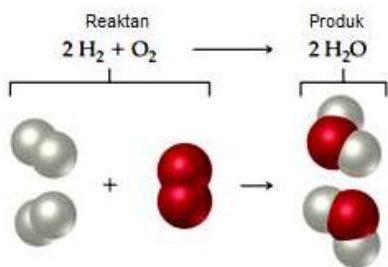


Pembakaran gas metana dan propana menghasilkan gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Jumlah gas oksigen yang diperlukan dan produk yang dihasilkan pada pembakaran kedua senyawa hidrokarbon tersebut berbeda. Jumlah molekul O<sub>2</sub> yang dibutuhkan pada pembakaran bergantung pada jumlah hidrokarbon. Jumlah molekul CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O yang terbentuk bergantung pada komposisi hidrokarbon.

## B. Persamaan Reaksi Kimia

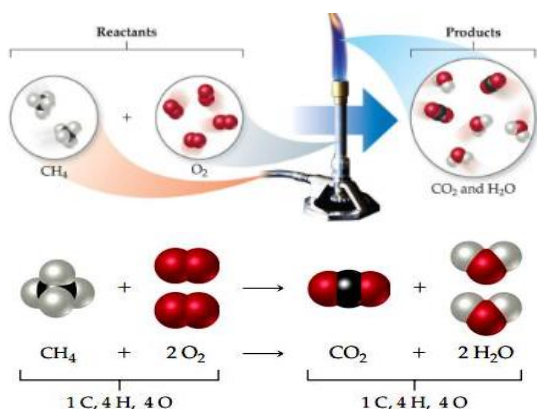
Dalam reaksi kimia terbentuk zat baru (produk reaksi) yang berbeda dari zat semula (pereaksi). Walaupun terjadi perubahan materi, namun pada reaksi kimia tetap berlaku hukum Lavoisier dan teori atom Dalton. Dalam reaksi kimia, jumlah atom-atom hasil reaksi sama dengan jumlah atom-atom pereaksi. Reaksi kimia direpresentasikan pada level simbolik dalam bentuk persamaan reaksi kimia.

Persamaan reaksi kimia menyatakan kesetaraan jumlah zat-zat yang bereaksi (pereaksi) dan jumlah zat-zat hasil reaksi (produk reaksi). Dalam penulisan persamaan reaksi kimia (Gambar 41), rumus kimia pereaksi dituliskan pada ruas kiri dan rumus kimia hasil reaksi dituliskan pada ruas kanan.



Gambar 41. Persamaan Reaksi Kimia Pembakaran Gas Hidrogen  
 Sumber: Brown *et al.*, 2012

Antara kedua ruas tersebut dihubungkan oleh tanda panah ( $\rightarrow$ ) yang menyatakan arah reaksi. Tanda plus pada persamaan reaksi bermakna “bereaksi dengan”, dan tanda panah bermakna “menghasilkan”. Fasa reaktan dan produk dituliskan dalam tanda kurung di bagian kanan setiap zat. Contohnya, metana bereaksi dengan oksigen menghasilkan karbon dioksida dan uap air (Gambar 42).



Gambar 42. Representasi Submikroskopik dan Simbolik  
 Persamaan Reaksi Pembakaran Metana

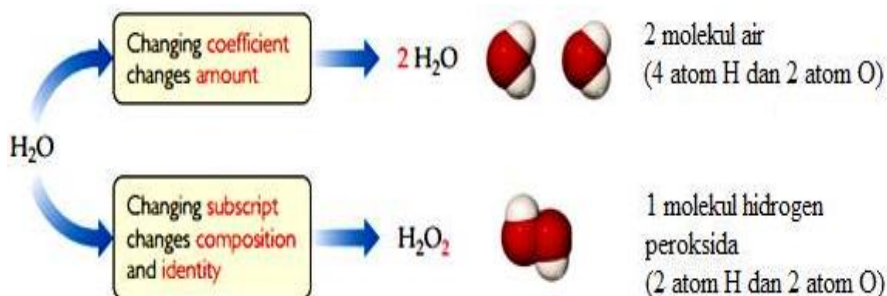
Sumber: Brown *et al.*, 2012

Pada reaksi pembakaran metana (Gambar 42), reaktan yang terlibat adalah  $\text{CH}_4$  dan  $\text{O}_2$ . Produk yang dihasilkan adalah  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Pada persamaan reaksi setara, jumlah atom C, H, dan O pada ruas kiri dan ruas kanan tanda panah telah sama.

Pada ruas kiri terdapat 4 atom H, supaya jumlah atom H pada ruas kanan juga 4 maka koefisien reaksi 2 dituliskan di depan  $\text{H}_2\text{O}$ . Jumlah atom diperoleh dari hasil perkalian masing-masing *subscript* dalam rumus kimia zat dengan koefisien reaksi yang ditulis di depan rumus kimia zat tersebut pada persamaan reaksi. Ini artinya,  $2\text{H}_2\text{O}$  mengandung 4 atom H dan 2 atom O.

Selanjutnya, pada ruas kanan terdapat 4 atom O (2 atom O dari  $\text{CO}_2$  dan 2 atom O dari  $2\text{H}_2\text{O}$ ). Agar jumlah atom O pada ruas kiri juga 4, maka koefisien reaksi 2 dituliskan di depan  $\text{O}_2$ . Dengan demikian,  $2\text{O}_2$  mengandung 4 atom O. Koefisien 1 untuk  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$  tidak ditulis pada persamaan reaksi setara. Persamaan reaksi setara (Gambar 42) menyatakan bahwa 1 molekul  $\text{CH}_4$  bereaksi dengan 2 molekul  $\text{O}_2$  menghasilkan 1 molekul  $\text{CO}_2$  dan 2 molekul  $\text{H}_2\text{O}$ .

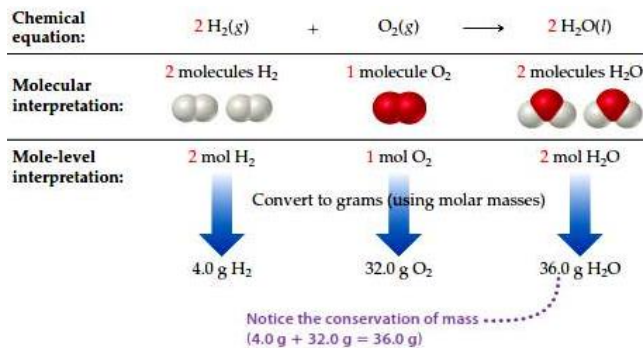
Pada persamaan reaksi kimia, rumus kimia zat pada ruas kiri tanda panah disebut reaktan, sedangkan pada ruas kanan tanda panah disebut produk. Untuk menyetarakan jumlah atom yang sejenis pada ruas kiri dan kanan, dituliskan koefisien reaksi di depan rumus kimia zat. Koefisien reaksi merupakan bilangan bulat paling sederhana yang menyatakan jumlah relatif molekul yang terlibat dalam reaksi. Koefisien reaksi 1 tidak ditulis.



Gambar 43. Perbedaan Koefisien dan *Subscript*  
 Sumber: Brown *et al.*, 2012

Pada penyetaraan reaksi kimia, perlu dipahami dengan baik perbedaan koefisien reaksi dengan *subscript* (Gambar 43). Koefisien reaksi menunjukkan jumlah molekul dalam reaksi. Koefisien reaksi ditulis di depan rumus kimia zat dan disetarakan pada persamaan reaksi. *Subscript* menyatakan jumlah atom dalam molekul. *Subscript* terdapat pada rumus senyawa atau unsur. Merubah *subscript* artinya merubah rumus senyawa. Oleh karena itu, ketika menyetarakan persamaan reaksi, *subscript* tidak boleh dirubah.

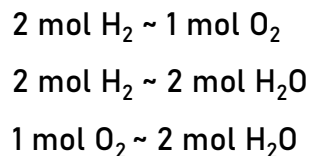
Persamaan reaksi setara memberikan informasi kuantitatif yang berhubungan dengan jumlah zat yang terlibat dalam reaksi. Pada persamaan reaksi setara, koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah mol zat yang terlibat pada reaksi. Dengan mengetahui jumlah mol reaktan, Anda dapat menentukan jumlah produk yang dihasilkan. Begitu pula sebaliknya. Pada persamaan reaksi setara, jumlah mol satu senyawa adalah ekuivalen (setara atau sebanding) dengan jumlah mol senyawa lainnya pada persamaan reaksi tersebut.



Gambar 44. Interpretasi Persamaan Reaksi Setara pada Pembakaran Hidrogen

Sumber: Brown *et al.*, 2012

Pada persamaan reaksi pembakaran hidrogen yang setara (Gambar 44), secara stoikiometri 2 mol  $\text{H}_2$  ekuivalen dengan 1 mol  $\text{O}_2$  dan 2 mol  $\text{H}_2\text{O}$ . Secara stoikiometri, pernyataan “ekuivalen” dinyatakan dengan lambang  $\sim$  dapat digunakan sebagai faktor konversi. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa:

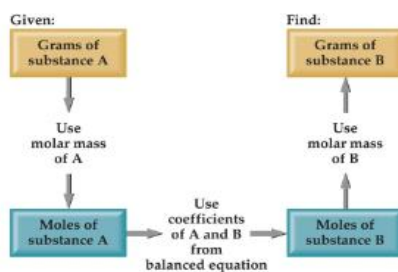


Persamaan reaksi kimia yang setara dapat dimaknai secara kuantitatif pada level molekul dan jumlah mol. Pada level molekul, persamaan reaksi pembakaran hidrogen (Gambar 44) diinterpretasikan dengan membaca koefisien reaksinya yaitu 1 molekul  $\text{H}_2$  tepat bereaksi dengan 1 molekul  $\text{O}_2$  menghasilkan 2 molekul  $\text{H}_2\text{O}$ . Interpretasi reaksi pada level mol adalah 1 mol  $\text{H}_2$  tepat bereaksi dengan 1 mol  $\text{O}_2$  menghasilkan 2 mol  $\text{H}_2\text{O}$ .

Satuan mol dapat dirubah ke satuan gram menggunakan massa molar sebagai faktor konversi. Dengan demikian, 4 g  $H_2$  tepat bereaksi dengan 32 g  $O_2$  membentuk 36 g  $H_2O$ . Persamaan reaksi setara ini memenuhi hukum Lavoisier. Jumlah massa reaktannya setara dengan jumlah massa produk yang dibentuk.

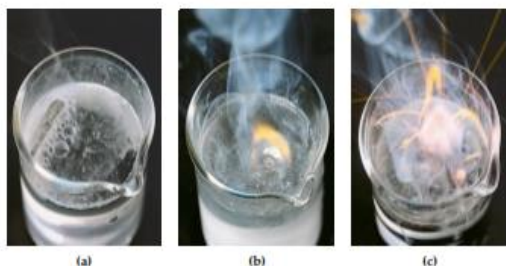
Pada stoikiometri persamaan reaksi, diperoleh hubungan antara massa, massa molar, dan koefisien reaksi (Gambar 45). Massa senyawa dapat diubah ke mol menggunakan faktor konversi massa molar. Mol satu senyawa dapat diubah ke mol senyawa lain menggunakan faktor konversi koefisien reaksi pada persamaan reaksi setara.

Dalam menyelesaikan stoikiometri persamaan reaksi, langkah-langkah yang perlu diikuti adalah 1) menulis persamaan reaksi setara; 2) mengubah massa zat yang diketahui ke dalam mol; 3) menghitung jumlah mol zat yang ditanya menggunakan perbandingan mol setara pada persamaan reaksi; 4) mengubah jumlah mol zat yang ditanya ke massa yang diinginkan.



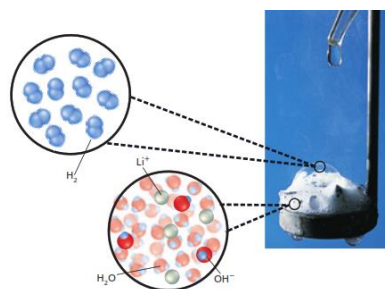
Gambar 45. Korelasi Massa, Massa Molar, dan Koefisien Reaksi  
Sumber: Brown *et al.*, 2012

Cermati dengan baik contoh berikut.



Gambar 46. Reaksi Logam Alkali dengan Air:  
(a) Litium, (b) Sodium, (c) Kalium

Sumber: McMurry *et al.*, 2015

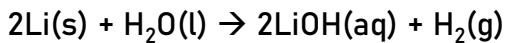


Gambar 47. Representasi Makroskopik dan Submikroskopik Reaksi Litium dengan Air

Sumber: Dingrando *et al.*, 2002

Semua logam alkali bereaksi dengan molekul air membentuk gas hidrogen dan alkali metal hidroksida. Berapa gram massa Li yang diperlukan untuk menghasilkan 7,79 g H<sub>2</sub>?

Penyelesaian:



Koefisien reaksi menunjukkan perbandingan mol

2 mol Li ~ 1 mol H<sub>2</sub>

1 mol Li = 6,941 g Li

Strategi:

7,79 g H<sub>2</sub> → ? mol H<sub>2</sub> → ? mol Li → ? g Li

$$7,79 \text{ g H}_2 \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ g H}_2} \times \frac{2 \text{ mol Li}}{1 \text{ mol H}_2} \times \frac{6,941 \text{ g Li}}{1 \text{ mol Li}} = 53,6 \text{ g Li}$$

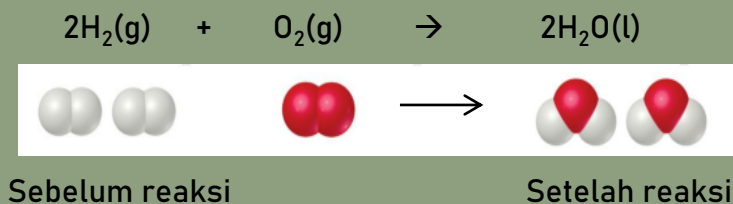
Langkah kunci menghitung dari gram H<sub>2</sub> ke mol H<sub>2</sub>, kemudian ke mol Li dan ke gram Li adalah menggunakan persamaan reaksi setara dan massa molar.

### C. Pereaksi Pembatas

Ketika seorang kimiawan mengerjakan suatu reaksi, pereaksi yang digunakan biasanya tidak terdapat dalam jumlah stoikiometri yang tepat sesuai dengan perbandingan koefisien reaksinya pada persamaan reaksi kimia yang setara. Hal ini dilakukan agar sejumlah tertentu pereaksi dapat menghasilkan produk reaksi yang berguna dengan jumlah yang maksimum. Seringkali suatu pereaksi ditambahkan dalam jumlah berlebih untuk menjamin agar seluruh pereaksi diubah menjadi produk yang diinginkan. Akibatnya, beberapa pereaksi akan bersisa pada akhir reaksi.

Dalam suatu reaksi kimia, maksimum produk yang terbentuk bergantung pada jumlah awal pereaksi pembatas. Pereaksi pembatas adalah pereaksi yang lebih dulu habis bereaksi dalam suatu reaksi kimia. Tidak ada lagi produk yang dapat terbentuk ketika pereaksi pembatas telah habis digunakan. Pereaksi berlebih adalah pereaksi yang terdapat dalam jumlah lebih besar daripada yang diperlukan untuk bereaksi dengan sejumlah tertentu pereaksi pembatas.

Untuk meramalkan jumlah produk dari sebuah reaksi, perlu ditentukan reaktan mana yang berperan sebagai pereaksi pembatas. Perhatikan reaksi pembentukan air dari pembakaran hidrogen.



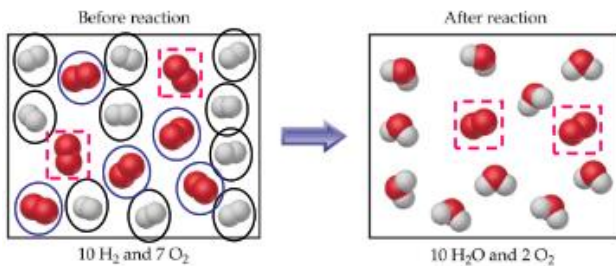
Pada persamaan reaksi setara, setiap 2 mol  $\text{H}_2$  bereaksi membutuhkan 1 mol  $\text{O}_2$  untuk membentuk 2 mol  $\text{H}_2\text{O}$ . Pada level submikroskopik, persamaan reaksi ini menunjukkan bahwa 2 molekul  $\text{H}_2$  bereaksi dengan 1 molekul  $\text{O}_2$  menghasilkan 2 molekul  $\text{H}_2\text{O}$ . Apa yang terjadi jika kita mencampurkan 10 mol  $\text{H}_2$  dengan 5 mol  $\text{O}_2$ ? Reaktan mana yang habis bereaksi?

Dari persamaan reaksi setara, 2 mol  $\text{H}_2$  ekuivalen dengan 1 mol  $\text{O}_2$  (2 mol  $\text{H}_2 \sim 1$  mol  $\text{O}_2$ ). Jika demikian, maka 10 mol  $\text{H}_2$  akan habis bereaksi dengan 5 mol  $\text{O}_2$ .

$$10 \text{ mol H}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol H}_2} = 5 \text{ mol O}_2$$

$\text{O}_2$  yang tersedia sebanyak 7 mol, sedangkan yang bereaksi hanya 5 mol  $\text{O}_2$ . Ini artinya, bersisa 2 mol  $\text{O}_2$  pada akhir reaksi. Dengan demikian, zat yang berperan sebagai pereaksi pembatas adalah  $\text{H}_2$  karena  $\text{H}_2$  habis bereaksi. Secara simbolik, data tersebut dapat disajikan pada tabel mol untuk memudahkan perhitungan.

Jumlah	$2\text{H}_2(\text{g})$	+	$\text{O}_2(\text{g})$	→	$2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
Awal	10 mol		7 mol		0 mol
Perubahan	-10 mol		-5 mol		+10 mol
Akhir	0 mol		2 mol		10 mol



Gambar 48. Representasi Submikroskopik Molekul Pada Reaksi Pembakaran 10 Mol H<sub>2</sub>

Sumber: Brown *et al.*, 2012

Pada tabel mol, sebanyak 10 mol H<sub>2</sub> bereaksi dengan 5 mol O<sub>2</sub> membentuk 10 mol H<sub>2</sub>O. Ini artinya, semua molekul H<sub>2</sub> digunakan untuk membentuk produk reaksi. Pada akhir reaksi dihasilkan 10 mol H<sub>2</sub>O dan 2 mol O<sub>2</sub> yang bersisa.

Jumlah molekul reaktan yang bereaksi dan produk yang terbentuk tersebut secara submikroskopik disajikan pada Gambar 48. Sebelum reaksi terjadi, terdapat 10 molekul H<sub>2</sub> dan 7 molekul O<sub>2</sub> sebagai reaktan. Setelah reaksi terjadi, dihasilkan 10 molekul H<sub>2</sub>O yang bercampur dengan 2 molekul O<sub>2</sub>. Ini artinya, 10 molekul H<sub>2</sub> habis bereaksi dengan 5 molekul O<sub>2</sub>. Sehingga dalam reaksi ini, H<sub>2</sub> adalah pereaksi pembatas sedangkan O<sub>2</sub> adalah pereaksi berlebih.

## Latihan

1. Cisplatin adalah obat kemoterapi yang digunakan untuk menangani penyakit kanker. Senyawa ini dihasilkan dari reaksi amonia dengan kalium tetrakloroplatinat.



Sumber: McMurry *et al.*, 2015



Jika 10 g K<sub>2</sub>PtCl<sub>4</sub> dicampurkan dengan 10 g NH<sub>3</sub> untuk bereaksi, tentukan:

- a. Pereaksi pembatas
- b. Massa pereaksi berlebih yang bereaksi dan bersisa
- c. Massa cisplatin yang dihasilkan



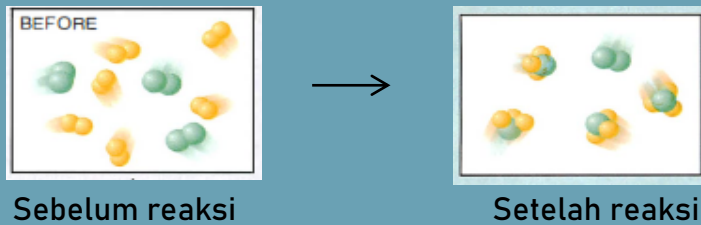
2. Endapan  $\text{Ni(OH)}_2$  terbentuk ketika larutan  $\text{NaOH}$  yang tidak berwarna ditambahkan ke dalam larutan  $\text{NiCl}_2$  berwarna hijau (Gambar 50). Berapa massa  $\text{Ni(OH)}_2$  yang dihasilkan dari campuran dua larutan yang mengandung 25,9 g  $\text{NiCl}_2$  dan 10 g  $\text{NaOH}$ ?



Gambar 50. Reaksi Pembentukan Padatan  $\text{Ni(OH)}_2$

Sumber: Whitten *et al.*, 2014

3. Industri nuklir menggunakan klorin trifluorida dalam bahan bakar uranium untuk pembangkit listrik. Klorin trifluorida merupakan gas yang sangat reaktif. Gas ini dihasilkan dari reaksi  $\text{Cl}_2$  dengan  $\text{F}_2$ . Pada gambar di bawah ini, molekul klorin (bola hijau) dan fluorin bola (kuning).



Tuliskan persamaan reaksi setara dan tentukan pereaksi pembatas pada reaksi tersebut.

### Kunci Jawaban

1. a.  $\text{K}_2\text{PtCl}_4$   
b. 0,819 g  $\text{NH}_3$  bereaksi dan 9,2 g  $\text{NH}_3$  bersisa  
c. 7,32 g  $\text{Pt(NH}_3)_2\text{Cl}_2$
2. 11,6 g  $\text{Ni(OH)}_2$
3.  $\text{Cl}_2(\text{g}) + 3\text{F}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{ClF}_3(\text{g})$   
Pereaksi pembatas adalah  $\text{F}_2(\text{g})$

## BAB 7

### KONSENTRASI LARUTAN

Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

1. Mahasiswa mampu memahami konsep konsentrasi larutan
2. Mahasiswa mampu menganalisis konsep konsentrasi larutan

#### A. Satuan Konsentrasi Larutan

Dalam suatu reaksi kimia, beberapa pereaksi dan hasil reaksi dapat berada dalam bentuk larutan. Larutan adalah campuran homogen zat terlarut dan pelarut. Larutan sederhana biasanya terdiri atas zat terlarut yang dilarutkan dalam suatu pelarut. Misalnya larutan natrium hidroksida dibuat dengan melarutkan NaOH padat dalam air (Gambar 51).



**Gambar 51.** Padatan NaOH dan Larutan NaOH  
Sumber: [www.sciencephoto.com](http://www.sciencephoto.com)

Jumlah zat terlarut dalam sejumlah tertentu pelarut dinyatakan dengan konsentrasi. Jumlah zat terlarut yang dapat dilarutkan dalam suatu pelarut sangat beragam. Untuk itu, perlu diketahui konsentrasi larutan yang tepat dalam perhitungan stoikiometri. Konsentrasi larutan dapat dinyatakan dengan satuan molaritas, molalitas, % massa, % volume, % massa/volume, ppm, ppb, fraksi mol, dan normalitas.

#### 1. Molaritas (M)

Molaritas adalah satuan konsentrasi larutan untuk menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam setiap liter larutan.

$$M = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{Liter larutan}}$$

Cermati dengan baik contoh berikut.

Tentukan molaritas larutan jika 80 g NaOH dilarutkan dalam air hingga menjadi 1 L larutan.

Penyelesaian:

1 mol NaOH = 40 g NaOH

Strategi: 80 g NaOH  $\rightarrow$  ? mol NaOH

$$80 \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} = 2 \text{ mol NaOH}$$

$$M = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{liter larutan}} = \frac{2 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 2 \text{ M}$$



Gambar 52. Pembuatan Larutan Kalium Permanganat  
Sumber: Whitten *et al.*, 2014

Di laboratorium kimia, Anda dapat membuat larutan sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan. Misalnya, larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 M. Sebelum membuat larutan, anda harus menghitung massa  $\text{KMnO}_4$  yang terdapat dalam 0,01 M larutan  $\text{KMnO}_4$ . Sebanyak 0,395 g  $\text{KMnO}_4$  (0,0025 mol) ditimbang dan dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL. Serbuk  $\text{KMnO}_4$  dilarutkan dalam  $\text{H}_2\text{O}$  dengan cara diaduk. Kemudian ditambahkan pelarut  $\text{H}_2\text{O}$  ke dalam labu ukur dengan hati-hati sampai tanda kalibrasi pada leher labu. Labu ditutup, larutan kemudian dikocok secara menyeluruh sampai homogen (Gambar 52).

## 2. Molalitas (m)

Molalitas adalah satuan konsentrasi larutan untuk menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam setiap kg pelarut.

$$m = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{kg pelarut}}$$

Molalitas larutan sangat bergantung pada jumlah zat terlarut, bukan pelarut. Pada enam gelas kimia (Gambar 53), sejumlah kristal senyawa ionik dilarutkan dalam 100 gram air pada 100°C. Searah jarum jam, ke dalam gelas kimia paling kiri dilarutkan 102 g  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (larutan merah oranye), 191 g  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (larutan merah tua), 341 g  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (larutan hijau), 203 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (larutan biru), 39 g  $\text{NaCl}$  (larutan putih), dan 79 g  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  (larutan kuning). Massa kristal yang dilarutkan akan menentukan konsentrasi molalitas setiap larutan. Larutan yang mengandung jumlah mol zat terlarut lebih banyak mempunyai molalitas yang lebih besar.



Gambar 53. Larutan dengan Konsentrasi Molalitas  
Sumber: Whitten *et al.*, 2014

### Contoh

Tentukan molalitas larutan jika 37 g metanol dilarutkan dalam 1750 g air.

Penyelesaian:

1 mol  $\text{CH}_3\text{OH}$  = 32 g  $\text{CH}_3\text{OH}$

Strategi: 37 g  $\text{CH}_3\text{OH}$  → ? mol  $\text{CH}_3\text{OH}$

$$37 \text{ g } \text{CH}_3\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol } \text{CH}_3\text{OH}}{32 \text{ g } \text{CH}_3\text{OH}} = 1,15 \text{ mol } \text{CH}_3\text{OH}$$

$$m = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{massa pelarut (kg)}} = \frac{1,15 \text{ mol } \text{CH}_3\text{OH}}{1,75 \text{ kg } \text{H}_2\text{O}} = 0,65 \text{ molal}$$

### 3. Persen Massa (% massa)

Persen massa adalah satuan konsentrasi larutan untuk menyatakan kadar massa zat terlarut dalam setiap satuan massa larutan.

$$\% \text{ massa} = \frac{\text{massa zat terlarut}}{\text{massa larutan}} \times 100\%$$

Dalam larutan nikel(II) sulfat ( $\text{NiSO}_4$ ) 6% (Gambar 54), terdapat 6 g  $\text{NiSO}_4$  dalam 100 g larutan. Larutan ini dapat dibuat dengan melarutkan 6 g  $\text{NiSO}_4$  dalam 94 g air.



Gambar 54. Padatan  $\text{NiSO}_4$  dan larutan  $\text{NiSO}_4$  6%

Sumber: Whitten *et al.*, 2014

#### Contoh

Glukosa sebanyak 10 gram dilarutkan dalam 100 g air. Tentukan % massa glukosa dalam larutan tersebut.

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \% \text{ Glukosa} &= \frac{\text{massa zat terlarut}}{\text{massa larutan}} \times 100\% \\ &= \frac{10 \text{ g glukosa}}{10 \text{ g glukosa} + 100 \text{ g air}} \times 100\% = 9,09\% \end{aligned}$$

### 4. Persen Volume (% volume)

Persen volume adalah satuan konsentrasi larutan untuk menyatakan kadar volume zat terlarut dalam setiap satuan volume larutan. Etanol 98% (v/v) mengandung 98 ml etanol dalam 100 ml larutan (Gambar 55).



Gambar 55. Larutan Etanol 98%  
Sumber: <https://sainskimia.com>

$$\% \text{ volume} = \frac{\text{volume zat terlarut}}{\text{volume larutan}} \times 100\%$$

### Contoh

Berapa mL alkohol yang terlarut dalam 50 mL larutan alkohol 25%?

Penyelesaian:

$$25\% \text{ alkohol} = \frac{\text{volume alkohol}}{\text{volume larutan}} \times 100\%$$

$$\text{volume alkohol} = 25\% \times 50 \text{ mL} = 12,5 \text{ mL}$$

### 5. Persen massa/volume (%w/v)

Persen massa/volume adalah satuan konsentrasi larutan untuk menyatakan kadar zat terlarut dalam setiap satuan volume larutan.

$$\% \text{ massa/volume} = \frac{\text{massa zat terlarut}}{\text{volume larutan}} \times 100\%$$

Satuan konsentrasi persen massa/volume dapat ditemukan pada cairan infus yang mengandung larutan NaCl dengan konsentrasi 0,9% (Gambar 56). Pada label cairan infus tertera bahwa dalam 500 mL larutan mengandung 4,5 g NaCl dan 500 mL air. Dengan demikian, dalam 1 Liter larutan terdapat 9 g NaCl.



Gambar 56. Larutan NaCl 0,9% dalam Cairan Infus  
Sumber: [www.google.com](http://www.google.com)

### 6. *part per million* (ppm)

ppm adalah satuan konsentrasi larutan untuk menyatakan jumlah zat terlarut dalam setiap satu juta larutan. 1 ppm ekuivalen dengan 1 mg zat terlarut dalam 1 kg larutan.

$$\text{ppm} = \frac{\text{mg zat terlarut}}{\text{kg larutan}}$$

Konsentrasi 1 ppm bermakna bahwa setiap 1 kg larutan mengandung 1 mg zat terlarut. Pada suhu ruang, konsentrasi 1 ppm juga dimaknai bahwa setiap 1 Liter larutan mengandung 1 mg zat terlarut. Satuan ini digunakan untuk larutan yang sangat encer. Konsentrasi ppm sering digunakan untuk menyatakan konsentrasi zat pengotor di udara atau air. Konsentrasi zat terlarut dalam air seperti garam anorganik dan mineral direkomendasikan antara 30-400 ppm (Gambar 57). Air minum yang baik memiliki konsentrasi ideal kurang dari 100 ppm. Semakin rendah ppm, semakin rendah jumlah zat terlarut dalam air. Air dengan konsentrasi di bawah 400 ppm aman digunakan untuk mandi dan mencuci.



Gambar 57. Konsentrasi Ideal Air  
Sumber: [www.wikihow.com](http://www.wikihow.com)

### Contoh

Kadar maksimum gas metana di udara adalah 0,0002% (% massa). Berapa kadar gas metana dalam satuan ppm?

Penyelesaian:

$$\text{ppm} = \frac{0,0002 \text{ mg metana}}{100 \text{ mg larutan}} \times \frac{1.000.000 \text{ mg larutan}}{1 \text{ kg larutan}} = 2 \text{ ppm}$$

### 7. *part per billion* (ppb)

*part per billion* adalah satuan konsentrasi larutan untuk menyatakan jumlah zat terlarut dalam setiap satu miliar larutan. 1 ppb ekuivalen dengan 1 mg zat terlarut dalam 1000 kg larutan.

$$\text{ppb} = \frac{\text{mg zat terlarut}}{10^3 \text{ kg larutan}}$$

Konsentrasi 1 ppb berarti bahwa setiap 1 kg atau 1 Liter larutan mengandung 0,001 mg zat terlarut. Satuan ini digunakan untuk larutan yang lebih encer dari ppm. Konsentrasi ppb juga sering digunakan untuk menyatakan konsentrasi zat pengotor yang terdapat di udara atau air. Seperempat sendok teh gula yang dilarutkan dalam kolam renang menghasilkan konsentrasi larutan  $\pm 1$  ppb (Gambar 58).



Gambar 58. Larutan 1 ppb  
Sumber: McMurry *et al.*, 2015

### Contoh

Seorang peneliti menemukan 0,003 g merkuri dalam 1000 kg sampel air. Berapa konsentrasi merkuri dalam satuan ppb?

Penyelesaian:

$$\text{ppb} = \frac{0,003 \text{ g merkuri}}{1000 \text{ kg larutan}} \times \frac{1000 \text{ mg merkuri}}{1 \text{ g merkuri}} = 0,003 \text{ ppb}$$

## 8. Fraksi Mol (X)

Fraksi mol adalah satuan konsentrasi larutan untuk menyatakan perbandingan jumlah mol zat terhadap jumlah keseluruhan mol.

$$\text{Fraksi mol A} = \frac{\text{mol zat A}}{\text{jumlah mol semua komponen}}$$



### Contoh

0,1 mol NaCl dilarutkan dalam 100 g air murni. Berapa fraksi mol NaCl?

Penyelesaian:

$$1 \text{ mol H}_2\text{O} = 18 \text{ g}$$

$$100 \text{ g H}_2\text{O} \rightarrow \text{mol H}_2\text{O}$$

$$100 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} = 5,56 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$\text{fraksi mol NaCl} = \frac{\text{mol NaCl}}{\text{mol NaCl} + \text{mol H}_2\text{O}} = \frac{0,1 \text{ mol}}{0,1 \text{ mol} + 5,56 \text{ mol}} = 0,018$$

## 9. Normalitas (N)

Normalitas adalah satuan konsentrasi larutan untuk menyatakan jumlah gram ekuivalen zat terlarut dalam setiap liter larutan.

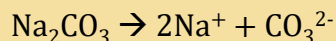
$$N = \frac{\text{ekivalen zat terlarut}}{\text{Liter larutan}}$$

Satuan ini digunakan untuk menyetarakan zat dalam reaksi, sehingga jumlah ekuivalen zat terlarut bergantung pada jenis reaksi yang terjadi. Pada reaksi asam basa, 1 mol ekuivalen asam sebanding dengan 1 mol ion H<sup>+</sup>. Untuk basa, 1 mol ekuivalennya sebanding dengan 1 mol ion -OH. Pada reaksi redoks, nilai ekuivalen bergantung pada jumlah elektron yang dilepaskan atau diterima.

### Contoh

Hitung Normalitas 0,321 g natrium karbonat dalam 250 ml larutan.

Penyelesaian:



$$1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3 = 105,99 \text{ g}$$

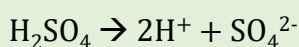
$$N = \frac{\text{ekivalen zat terlarut}}{\text{liter larutan}} = \frac{0,321 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{105,99 \text{ g}} \times \frac{2 \text{ eq}}{1 \text{ mol}}}{0,250 \text{ L}} = 0,0755 \text{ N}$$

Normalitas larutan asam atau basa dengan sangat mudah ditentukan dari konsentrasi molaritas dengan mengetahui jumlah ion hidrogen atau hidroksida yang dihasilkan dalam larutan. Misalnya, larutan HCl 2 M juga memiliki konsentrasi 2 N karena setiap molekul asam klorida membentuk satu mol ion hidrogen. Demikian pula, larutan asam sulfat 2 M memiliki konsentrasi 4 N karena setiap molekul asam sulfat menghasilkan dua mol ion hidrogen. Begitu juga pada basa. Larutan NaOH 0,05 M juga memiliki konsentrasi 0,05 N karena natrium hidroksida menghasilkan satu mol ion hidroksida.

### Contoh

Berapa Normalitas larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1M?

Penyelesaian:



$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 1M} = 1 \text{ mol/L}$$

$$1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 = 98 \text{ g}$$

$$N = \frac{\text{ekivalen zat terlarut}}{\text{liter larutan}} = \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \times \frac{2 \text{ eq}}{1 \text{ mol}} = 2 \text{ N}$$

### B. Pengenceran Larutan

Satu kaleng minuman yang berisi jus jeruk beku mengandung sejumlah mol vitamin C (Gambar 59). Sebelum diminum, jus jeruk beku harus diencerkan dengan menambahkan air. Dalam larutan yang dihasilkan, jumlah vitamin C tidak berubah sedangkan konsentrasi larutan menurun. Begitu juga dengan banyak larutan kimia perlu diencerkan dalam penggunaannya di laboratorium.



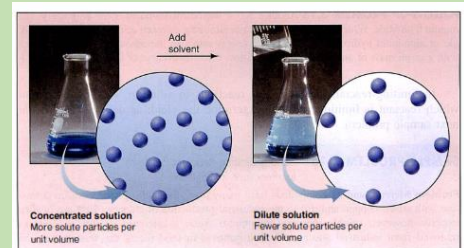
Gambar 59. Pengenceran Jus Jeruk Beku  
Sumber: McMurry *et al.*, 2015

Larutan encer (molaritas lebih rendah) dapat dibuat dengan menambahkan sejumlah pelarut ke dalam larutan pekatnya (molaritas lebih tinggi). Ketika suatu larutan diencerkan, jumlah mol zat terlarut yang ada tidak berubah. Tetapi volume dan konsentrasi larutan berubah.

Sebelum pengenceran, larutan dengan konsentrasi molar  $M_1$  dan volume awal  $V_1$ . Setelah larutan diencerkan, konsentrasi dan volume larutan berubah menjadi  $M_2$  dan  $V_2$ . Karena jumlah mol zat terlarut tidak berubah selama pengenceran (tidak ada zat terlarut yang ditambahkan) maka

$$V_1M_1 = V_2M_2$$

Larutan encer mengandung lebih sedikit partikel zat terlarut per satuan volumenya dan memiliki konsentrasi yang lebih rendah daripada larutan pekat (Gambar 60). Molaritas larutan menurun karena jumlah mol zat terlarut yang sama dibagi dengan jumlah liter larutan yang lebih banyak.



Gambar 60. Pengenceran Larutan Pekat  
Sumber: Silberberg, 2012



Gambar 61. Pengenceran Larutan  $K_2CrO_4$  0,1 M  
Sumber: Whitten *et al.*, 2014

Pengenceran larutan di laboratorium menggunakan labu volumetrik (Gambar 61). 100 mL larutan  $K_2CrO_4$  0,1 M diencerkan dengan menambahkan air ke dalamnya sampai volume larutan 1000 mL. Maka, konsentrasi larutan setelah diencerkan adalah

$$V_1M_1 = V_2M_2$$

$$M_2 = \frac{V_1M_1}{V_2} = \frac{100 \text{ mL} \times 0,1 \text{ M}}{1000 \text{ mL}} = 0,01 \text{ M}$$

Dengan demikian, setelah pengenceran dihasilkan 1000 mL larutan  $K_2CrO_4$  0,01 M. Larutan ini mengandung zat terlarut  $K_2CrO_4$  dengan jumlah yang sama dengan 100 mL larutan  $K_2CrO_4$  0,1 M.

### Latihan

1. Berapa gram massa  $Na_2SO_4$  yang diperlukan untuk membuat 0,5 L larutan dengan konsentrasi molar 0,25 M  $Na_2SO_4$ .
2. Sebanyak 0,025 g NaCl dilarutkan ke dalam 50 g air. Tentukan % massa NaCl dalam larutan tersebut.
3. Hitunglah fraksi mol glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) dalam larutan gula 36%, jika diketahui  $M_r$  glukosa = 180,  $M_r$  air = 18.
4. Suatu larutan dibuat dengan melarutkan 125 g benzena dalam pelarut toluena menghasilkan 326,3 mL larutan. Tentukan % massa/volume larutan tersebut.
5. Etilen glikol ( $C_2H_6O_2$ ) sebanyak 31 g dilarutkan dalam 200 g air. Berapakah kemolalan larutan yang terbentuk?
6. Dalam udara kering yang bersih terdapat 0,03% gas karbon dioksida. Berapa kadar gas karbon dioksida dalam satuan ppm?
7. Berapa Normalitas larutan asam fosfat 2 M?
8. Di laboratorium disediakan 5 mL larutan amonia 14,8 M. Berapa volume air yang harus ditambahkan untuk mengencerkan larutan tersebut hingga konsentrasi  $NH_3$  1 M?

1. 17,80 g
2. 0,05%
3. 0,05
4. 38,31%
5. 2,5 molal
6. 300 ppm
7. 6 N
8. 74 mL



## BAB 8

# RUMUS EMPIRIS DAN RUMUS MOLEKUL



### Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

- Mahasiswa mampu memahami penentuan rumus kimia

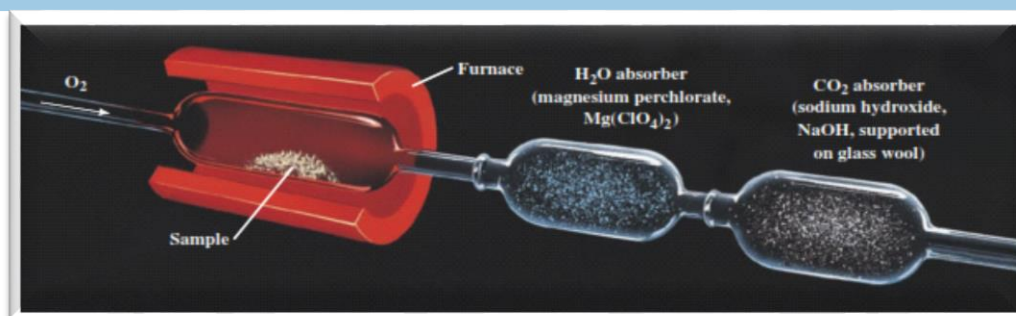
Dalam ilmu kimia, semua senyawa ditulis menggunakan lambang yang menunjukkan unsur penyusun dan komposisinya. Lambang dari suatu senyawa disebut rumus kimia. Rumus kimia suatu senyawa menyatakan unsur yang terdapat dalam suatu senyawa dan perbandingan atom-atom tiap unsur penyusun senyawa itu. Jumlah atom dituliskan sebagai subscript setelah lambang unsurnya. Subscript merupakan bilangan bulat sederhana yang menyatakan perbandingan mol.

#### A. Rumus Empiris

**Rumus empiris** adalah rumus kimia paling sederhana. Rumus empiris ditulis dengan membagi *subscript* dalam rumus molekul menjadi bilangan bulat paling kecil. Rumus ini memberikan informasi tentang atom-atom yang terikat dan perbandingan paling sederhana dari atom-atom tersebut.

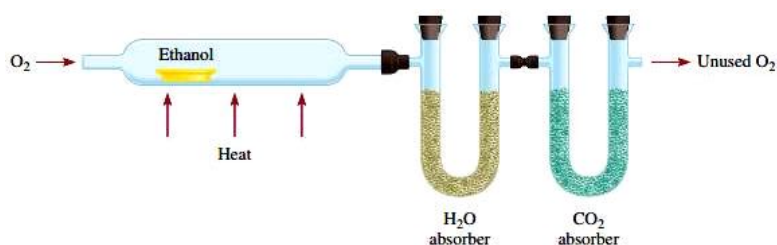
Hidrogen peroksida merupakan senyawa kimia yang digunakan sebagai antiseptik dan pemutih. Rumus molekul hidrogen peroksida adalah  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Rumus kimia ini menyatakan bahwa setiap molekul peroksida tersusun atas 2 atom H dan 2 atom O. Perbandingan atom H dan atom O dalam molekul ini adalah 2 : 2 atau 1 : 1. Berdasarkan perbandingan paling sederhana tersebut, maka rumus empiris hidrogen peroksida adalah HO. Sebagian besar molekul memiliki rumus empiris yang sama dengan rumus molekulnya, seperti  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ , dan  $\text{CO}_2$ .

Rumus empiris ditentukan secara eksperimen melalui analisis komposisi unsur penyusun senyawa. Analisis karbon dan hidrogen dalam senyawa dilakukan dengan rangkaian alat pembakaran yang ditunjukkan pada Gambar 62. Senyawa yang dibakar menghasilkan  $H_2O$  yang diserap oleh absorben  $Mg(ClO_4)_2$ , dan  $CO_2$  yang diserap oleh padatan  $NaOH$ . Jumlah hidrogen yang dihasilkan diperoleh dari meningkatnya massa penyerap  $H_2O$ , sedangkan meningkatnya massa penyerap  $CO_2$  dapat digunakan untuk menghitung massa karbon yang dihasilkan.



Gambar 62. Instrumen Analisis Persen Komposisi Karbon dan Hidrogen  
Sumber: Whitten et al., 2014

Rumus empiris etanol ditentukan secara eksperimen menggunakan seperangkat alat (Gambar 63). Etanol yang dibakar menghasilkan  $CO_2$  dan  $H_2O$  yang diserap oleh absorben dalam pipa U. Massa  $CO_2$  dan  $H_2O$  yang dihasilkan ditunjukkan oleh bertambahnya massa pipa U.



Gambar 63. Eksperimen Penentuan Rumus Empiris Etanol  
Sumber: Chang et al., 2011

Pembakaran 11,5 g etanol menghasilkan 22 g  $CO_2$  dan 13,5 g  $H_2O$ . Massa karbon dan hidrogen yang dihasilkan dari 11,5 g sampel dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{mass of C} = 22.0 \text{ g } \cancel{\text{CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol } \cancel{\text{CO}_2}}{44.01 \text{ g } \cancel{\text{CO}_2}} \times \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol } \cancel{\text{CO}_2}} \times \frac{12.01 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}}$$

$$= 6.00 \text{ g C}$$

$$\text{mass of H} = 13.5 \text{ g } \cancel{\text{H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol } \cancel{\text{H}_2\text{O}}}{18.02 \text{ g } \cancel{\text{H}_2\text{O}}} \times \frac{2 \text{ mol H}}{1 \text{ mol } \cancel{\text{H}_2\text{O}}} \times \frac{1.008 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}}$$

$$= 1.51 \text{ g H}$$

Dari perhitungan diperoleh bahwa 11,5 g etanol mengandung 6,00 g C dan 1,51 g H. Sehingga massa oksigen = massa sampel - (massa C + massa H)

$$= 11,5 \text{ g} - (6,00 \text{ g} + 1,51 \text{ g}) = 4,06 \text{ g}$$

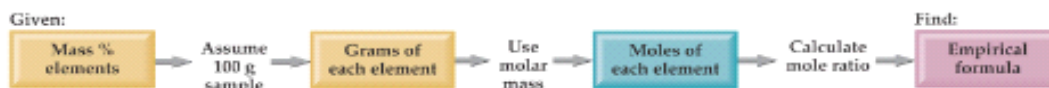
Jumlah mol C, H, dan O ditentukan sebagai berikut:

$$\text{moles of C} = 6.00 \text{ g } \cancel{\text{C}} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12.01 \text{ g } \cancel{\text{C}}} = 0.500 \text{ mol C}$$

$$\text{moles of H} = 1.51 \text{ g } \cancel{\text{H}} \times \frac{1 \text{ mol H}}{1.008 \text{ g } \cancel{\text{H}}} = 1.50 \text{ mol H}$$

$$\text{moles of O} = 4.0 \text{ g } \cancel{\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16.00 \text{ g } \cancel{\text{O}}} = 0.25 \text{ mol O}$$

Jumlah mol C, H, dan O harus dibagi dengan bilangan mol terkecil yaitu 0,25. Hal ini dilakukan karena *subscript* pada rumus kimia harus bilangan bulat sederhana. Oleh sebab itu, rumus empiris etanol adalah  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ .



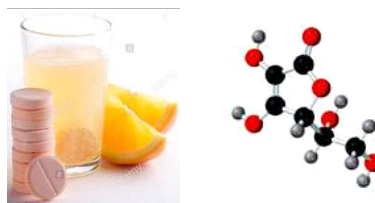
Gambar 64. Menghitung Rumus Empiris dari Persen Komposisi  
Sumber: Brown *et al.*, 2012

Rumus empiris dapat ditentukan dari persen komposisi massa setiap unsur penyusun dalam senyawa (Gambar 64). Persen massa dapat diubah menjadi massa setiap unsur dengan mengasumsikan massa sampel 100 g. Massa setiap unsur dapat diubah menjadi mol menggunakan faktor konversi massa molar. Mol setiap unsur diubah menjadi perbandingan mol dengan bilangan bulat paling sederhana. Perbandingan mol ini ditulis sebagai *subscript* setiap unsur pada rumus empiris. Perhatikan contoh berikut:



## Contoh

Vitamin C (asam askorbat) adalah asam organik yang digunakan untuk mengobati sariawan. Vitamin C mengandung unsur C, H dan O dengan persen massa masing-masing 40,92%, 4,58%, dan 54,50%. Tentukan bagaimana rumus empirisnya.



Gambar 65. Asam Askorbat dan Struktur Molekulnya  
Sumber: Mc Murry *et al.*, 2015

Penyelesaian:

Data persen massa diubah menjadi mol, dengan rumus empiris  $C_xH_yO_z$

$$x = 40,92 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12,01 \text{ g C}} = 3,407$$

$$y = 4,58 \text{ g H} \times \frac{1 \text{ mol H}}{1,008 \text{ g H}} = 4,540$$

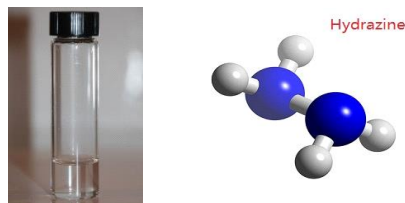
$$z = 54,50 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16 \text{ g O}} = 3,406$$

$$x : y : z = 3,407 : 4,540 : 3,406 = 3 : 4 : 3$$

Dengan demikian, rumus empiris vitamin C adalah  $C_3H_4O_3$ .

## B. Rumus Molekul Senyawa

Rumus molekul menunjukkan jenis dan jumlah atom yang sesungguhnya terikat pada suatu molekul. Misalnya, senyawa *hydrazine* digunakan sebagai bahan bakar roket memiliki rumus molekul  $N_2H_4$  (Gambar 66). Rumus molekul ini menyatakan bahwa sesungguhnya pada 1 molekul *hydrazine* terdapat dua atom N dan empat atom H.



Gambar 66. *Hydrazine* dan Struktur Molekulnya

Sumber: [www.chemicalbook.com](http://www.chemicalbook.com)

Data persen komposisi massa menghasilkan rumus empiris dengan *subscripts* bilangan bulat terkecil. Rumus molekul dapat ditentukan dengan mengetahui rumus empiris dan massa molar molekul. Untuk banyak senyawa, rumus molekul merupakan kelipatan dari rumus empirisnya. Misalnya butana dengan rumus molekul  $C_4H_{10}$  mengandung jumlah atom C dan H dua kali lebih banyak dari rumus empirisnya  $C_2H_5$ . Dengan demikian, rumus molekul dapat diperoleh dengan mengalikan rumus empiris dengan bilangan bulat  $n$ .

$$\text{Rumus molekul} = n \times \text{rumus empiris}$$

Sehingga,

$$\text{Massa molar molekul} = n \times \text{massa molar empiris}$$

### Contoh

Asam askorbat (Vitamin C) memiliki rumus empiris  $C_3H_4O_3$ . Jika massa molar molekul asam askorbat adalah 176 g. Bagaimanakah rumus molekulnya?

Penyelesaian:

$$\text{Massa molar empiris} = 3(12,01 \text{ g}) + 4(1,008 \text{ g}) + 3(16,0 \text{ g}) = 88,0 \text{ g}$$

$$\text{Massa molar molekul} = 176 \text{ g}$$

Perbandingan massa molar molekul dengan massa molar empiris adalah

$$\frac{\text{massa molar molekul}}{\text{massa molar empiris}} = \frac{176 \text{ g}}{88 \text{ g}} = 2$$

Massa molar molekul asam askorbat dua kali massa molar empirisnya. Massa molar sesungguhnya adalah 2 kali massa molar empiris yaitu 176 g. Ini artinya ada 2 unit  $C_3H_4O_3$ , sehingga rumus molekulnya adalah  $C_6H_8O_6$ .

### C. Rumus Senyawa Hidrat (Air Kristal)

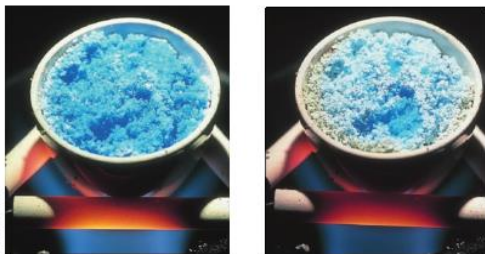
**Senyawa hidrat** adalah senyawa yang mengikat molekul air. Contoh senyawa hidrat seperti  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Makna rumus tersebut adalah setiap 1 mol  $\text{CuSO}_4$  mengikat 5 molekul air. Pengikatan molekul air pada senyawa hidrat menyebabkan berubahnya warna senyawa tersebut. Senyawa  $\text{CuSO}_4$  yang berwarna putih mengikat 5 molekul air membentuk senyawa hidratnya  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  yang berwarna biru (Gambar 67).



Gambar 67. Kristal  $\text{CuSO}_4$  (Putih) dan Senyawa Hidratnya  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (Biru)

Sumber: Chang *et al.*, 2011

Cermatilah contoh berikut.



Gambar 68. Padatan Putih  $\text{CuSO}_4$  diperoleh dari Penguapan Air Kristalnya

Sumber: Whitten *et al.*, 2014

Sebanyak 5 gram senyawa hidrat dipanaskan sampai semua air kristalnya menguap dan membentuk 3,2 gram padatan  $\text{CuSO}_4$  (Gambar 68). Tentukan rumus senyawa hidratnya.

Penyelesaian:

Massa  $\text{H}_2\text{O}$  yang menguap = massa senyawa hidrat – massa  $\text{CuSO}_4$

$$= 5 \text{ g} - 3,2 \text{ g} = 1,8 \text{ g}$$

$$1 \text{ mol } \text{CuSO}_4 = 159,5 \text{ g}$$

$$1 \text{ mol } \text{H}_2\text{O} = 18 \text{ g}$$

$$\text{mol } \text{CuSO}_4 = 3,2 \text{ g } \text{CuSO}_4 \times \frac{1 \text{ mol } \text{CuSO}_4}{159,5 \text{ g } \text{CuSO}_4} = 0,02 \text{ mol}$$

$$\text{mol H}_2\text{O} = 1,8 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} = 0,1 \text{ mol}$$

Perbandingan mol  $\text{CuSO}_4$  dan mol  $\text{H}_2\text{O}$

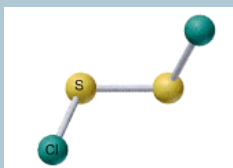
$$\text{mol CuSO}_4 : \text{mol H}_2\text{O} = 0,02 \text{ mol} : 0,1 \text{ mol} = 1 : 5$$

Perbandingan mol menunjukkan bahwa 1 mol  $\text{CuSO}_4$  mengikat 5 mol air, sehingga rumus senyawa hidrat adalah  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

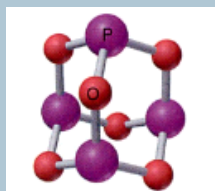
## Latihan

1. Tentukan rumus empiris dan rumus molekul dari senyawa berikut:

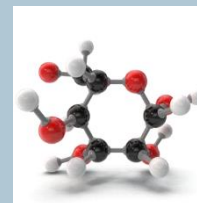
(a)



(b)



2. Glukosa merupakan salah satu produk metabolisme karbohidrat yang digunakan dalam cairan infus (Gambar 69). Glukosa memiliki rumus molekul  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Tentukan rumus empiris dan persen komposisi unsur penyusun glukosa.



Gambar 69. Glukosa dan Struktur Molekulnya

Sumber: McMurry et al., 2015

3. Senyawa yang mengandung belerang dan oksigen merupakan polutan udara yang menjadi penyebab utama terjadinya hujan asam. Analisis sampel murni mengungkapkan bahwa senyawa tersebut mengandung massa 50,1% sulfur dan 49,9% oksigen. Tentukan rumus empiris senyawa itu.

4. Asam kaproat dapat ditemukan pada aroma kaus kaki yang kotor. Pada analisis pembakaran 0,450 g sampel asam kaproat dihasilkan 0,418 g  $H_2$  dan 1,023 g  $CO_2$ . Tentukan rumus empiris dan rumus molekul senyawa jika massa molar molekul asam kaproat adalah 116,2 g.
5. Sebanyak 12,2 gram kristal garam  $BaCl_2 \cdot xH_2O$  dipanaskan sehingga menghasilkan 10,4 gram  $BaCl_2$ . Tentukan rumus kristal garam tersebut.

### Kunci Jawaban

1. Rumus empiris: (a)  $SCl$ , (b)  $P_2O_3$   
Rumus molekul: (a)  $S_2Cl_2$ , (b)  $P_4O_6$
2. Rumus empiris:  $CH_2O$   
Persen komposisi: 40% C, 6,72% H, dan 53,3% O.
3.  $SO_2$
4. Rumus empiris:  $C_3H_6O$   
Rumus molekul:  $C_6H_{12}O_2$
5.  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$

## BAB 9 KEMURNIAN ZAT

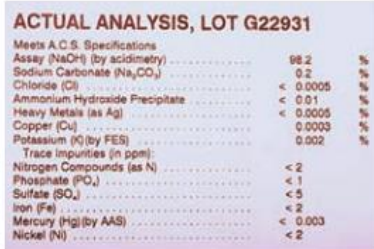
### Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

- Mahasiswa mampu mengaplikasikan perhitungan kemurnian zat

Sebagian besar zat yang tersedia di laboratorium kimia tidak 100% murni. Ketika sampel yang tidak murni digunakan, zat pengotor perlu diperhitungkan. Misalnya NaOH memiliki persen kemurnian 98,2% (Gambar 70). Informasi ini memberitahukan kita bahwa terdapat 1,8% zat pengotor dalam NaOH. Sehingga faktor konversi yang dapat digunakan dalam perhitungan adalah

$$\frac{98,2 \text{ g NaOH}}{100 \text{ g sampel}}, \quad \frac{1,8 \text{ g pengotor}}{100 \text{ g sampel}}, \quad \text{dan} \quad \frac{1,8 \text{ g pengotor}}{98,2 \text{ NaOH}}$$

Sampel tidak pernah 100% murni. Persen kemurnian digunakan untuk menentukan kemurnian sampel tertentu. Kadar kemurnian suatu zat dinyatakan dengan persen kemurnian. Persen kemurnian adalah persentase massa zat tertentu dalam sampel yang tidak murni



ACTUAL ANALYSIS, LOT G22931

Meets A.C.S. Specifications		
Assay (NaOH) (by acidimetry)	98.2	%
Sodium Carbonate (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	0.2	%
Chloride (Cl)	< 0.0005	%
Ammonium Hydroxide Precipitate	< 0.01	%
Heavy Metals (as Ag)	< 0.0005	%
Copper (Cu)	0.0003	%
Potassium (K) (by FES)	0.002	%
Trace Impurities (in ppm):		
Nitrogen Compounds (as N)	< 2	
Phosphate (PO <sub>4</sub> )	< 1	
Sulfate (SO <sub>4</sub> )	< 5	
Iron (Fe)	< 2	
Mercury (Hg) (by AAS)	< 0.003	
Nickel (Ni)	< 2	

Dennis Drenner

Gambar 70. Label Botol Reagen NaOH  
Sumber: Whitten *et al.*, 2014

Persen kemurnian suatu zat dapat ditentukan menggunakan persamaan matematika berikut:

$$\% \text{ kemurnian} = \frac{\text{massa zat murni}}{\text{massa pengotor}} \times 100\%$$

Cermatilah contoh berikut:

Hitung massa NaOH dan zat pengotor yang terdapat dalam 45,2 g NaOH dengan kemurnian 98,2%.

Penyelesaian:

Persen kemurnian NaOH memberikan faktor konversi  $\frac{98,2 \text{ g NaOH}}{100 \text{ g sampel}}$

Persen pengotor =  $100\% - 98,2\% = 1,8\%$  memberikan faktor konversi  $\frac{1,8 \text{ g pengotor}}{100 \text{ g sampel}}$

$$\text{massa NaOH} = 45,2 \text{ g sampel} \times \frac{98,2 \text{ g NaOH}}{100 \text{ g sampel}} = 44,4 \text{ g}$$

$$\text{massa pengotor} = 45,2 \text{ g sampel} \times \frac{1,8 \text{ g pengotor}}{100 \text{ g sampel}} = 0,81 \text{ g}$$

### Latihan

1. Berapakah persen kemurnian 109,2 g aspirin dalam 121,2 g sampel?
2. Kapur mengandung kalsium karbonat. Kita dapat mengukur kemurnian kalsium karbonat dengan mengetahui jumlah karbon dioksida yang dilepaskan. Sebanyak 10 g kapur yang direaksikan dengan asam klorida encer berlebih menghasilkan 2,128 Liter gas  $\text{CO}_2$  pada STP. Tentukan kemurnian  $\text{CaCO}_3$  dalam kapur tersebut.
3. Hitung massa  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  dan pengotor dalam 25 gram  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  dengan kemurnian 98,3%.

### Kunci Jawaban

1. 90%
2. 95%
3. Massa  $\text{Na}_3\text{PO}_4 = 24,5 \text{ g}$   
Massa pengotor = 0,5 g

## Evaluasi



1. Tabel berikut ini merupakan data volume gas pada keadaan STP.

Zat	Berat (g)	Mol	Volume (L)	Jumlah molekul
$\text{NO}_2$	46	1	22,4	$6,02 \times 10^{23}$
$\text{NH}_3$	17	1	22,4	$6,02 \times 10^{23}$
CO	28	1	22,4	$6,02 \times 10^{23}$
$\text{CH}_4$	17	1	22,4	$6,02 \times 10^{23}$

Berdasarkan data tersebut, menurut hukum Avogadro dapat disimpulkan bahwa ....

- A. Pada suhu dan tekanan tertentu, setiap gas beratnya sama mengandung jumlah molekul yang berbeda
  - B. Pada suhu dan tekanan tertentu, setiap gas yang volumenya sama mengandung jumlah molekul yang sama
  - C. Pada suhu dan tekanan tertentu, setiap gas yang beratnya berbeda mengandung jumlah molekul yang berbeda
  - D. Pada suhu dan tekanan tertentu, setiap gas yang volumenya sama mengandung jumlah molekul yang berbeda
  - E. Pada suhu dan tekanan tertentu, setiap gas yang volumenya berbeda mengandung jumlah molekul yang sama
2. Massa atom dua isotop stabil boron adalah B-12 (19,78%) dan B-11 (80,22%) adalah 10,0129 amu dan 11,0093 amu. Massa rata-rata atom Boron adalah ....
- A. 10,00
  - B. 10,50
  - C. 10,81
  - D. 11,00
  - E. 11,50



3. Berdasarkan analisa spektrometer massa, data kelimpahan relatif isotop silikon di alam adalah 92,23% Si-28    4,67% Si-29    3,10% Si-30  
 Massa atom relatif ( $A_r$ ) silikon adalah ....
- A. 27,53  
 B. 28,11  
 C. 28,53  
 D. 28,93  
 E. 29,00
4. Massa 1 atom Besi ( $A_r$  Fe = 56) adalah ....
- A.  $6,3 \times 10^{-23}$  g  
 B.  $9,3 \times 10^{-23}$  g  
 C.  $9,8 \times 10^{24}$  g  
 D.  $10,3 \times 10^{-23}$  g  
 E.  $98,3 \times 10^{23}$  g
5. Tabel berikut ini menyatakan 1 g atom Hidrogen, 16 g atom Oksigen dan 23 g atom Natrium masing-masing mengandung  $6,022 \times 10^{23}$  atom. Jika 4 mol masing-masing atom tersebut sebagaimana pada tabel di bawah ini:

Jumlah Mol	Jumlah atom H	Jumlah atom O	Jumlah Atom Na
4	.....	.....	.....

Jumlah atom-atom Hidrogen, Oksigen dan Natrium pada tabel di atas adalah ....

- A.  $1 \times (6,022 \times 10^{23})$  atom H,  $1 \times (6,022 \times 10^{23})$  atom O dan  $4 \times (6,022 \times 10^{23})$  atom Na  
 B.  $2 \times (6,022 \times 10^{23})$  atom H,  $2 \times (6,022 \times 10^{23})$  atom O dan  $4 \times (6,022 \times 10^{23})$  atom Na  
 C.  $4 \times (6,022 \times 10^{23})$  atom H,  $4 \times (6,022 \times 10^{23})$  atom O dan  $4 \times (6,022 \times 10^{23})$  atom Na  
 D.  $4 \times (6,022 \times 10^{23})$  atom H,  $4 \times (6,022 \times 10^{23})$  atom O dan  $3 \times (6,022 \times 10^{23})$  atom Na  
 E.  $2 \times (6,022 \times 10^{23})$  atom H,  $1 \times (6,022 \times 10^{23})$  atom O dan  $4 \times (6,022 \times 10^{23})$  atom Na

6. Tabel berikut ini menampilkan hubungan antara bilangan Avogadro dengan massa molar gas.

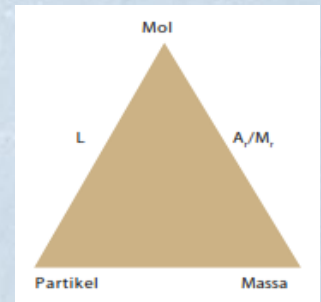
Zat	Massa Molar (g/mol)	Jumlah Molekul	Volume Molar (L/mol)
NO <sub>2</sub>	.....	6,022x10 <sup>23</sup>	22,4
NH <sub>3</sub>	.....	6,022x10 <sup>23</sup>	22,4
CO <sub>2</sub>	.....	6,022x10 <sup>23</sup>	22,4
CH <sub>4</sub>	.....	6,022x10 <sup>23</sup>	22,4

Berdasarkan perhitungan yang mengacu pada Hukum Avogadro, massa molar gas NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada keadaan STP adalah ....

- A. 26 g/mol NO<sub>2</sub>, 18 g/mol NH<sub>3</sub>, 43 g/mol CO<sub>2</sub> dan 18 g/mol CH<sub>4</sub>
- B. 36 g/mol NO<sub>2</sub>, 12 g/mol NH<sub>3</sub>, 32 g/mol CO<sub>2</sub> dan 26 g/mol CH<sub>4</sub>
- C. 36 g/mol NO<sub>2</sub>, 26 g/mol NH<sub>3</sub>, 53 g/mol CO<sub>2</sub> dan 28 g/mol CH<sub>4</sub>
- D. 46 g/mol NO<sub>2</sub>, 17 g/mol NH<sub>3</sub>, 44 g/mol CO<sub>2</sub> dan 16 g/mol CH<sub>4</sub>
- E. 56 g/mol NO<sub>2</sub>, 18 g/mol NH<sub>3</sub>, 33 g/mol CO<sub>2</sub> dan 8 g/mol CH<sub>4</sub>
7. Tanda tangan yang dituliskan dengan pensil memerlukan rata-rata 1 mg karbon. Jika pensil itu hanya mengandung karbon (A<sub>r</sub> C =12), jumlah atom karbon untuk satu tanda tangan adalah ....
- A. 55 x10<sup>19</sup> atom C
- B. 50 x10<sup>20</sup> atom C
- C. 50 x10<sup>18</sup> atom C
- D. 45 x10<sup>18</sup> atom C
- E. 35 x10<sup>19</sup> atom C
8. Hubungan antara jumlah partikel (molekul, atom, ion) dengan volume gas dan jumlah partikel dengan massa suatu zat adalah ....
- A. Pada suhu dan tekanan tertentu, setiap gas yang volumenya sama mengandung jumlah molekul yang sama atau satu mol .
- B. Pada 0°C dan 1 atm (keadaan STP), volume pada satu mol gas adalah 22,4 liter dan terkandung 6,02 × 10<sup>23</sup> jumlah partikel (molekul, atom, ion)

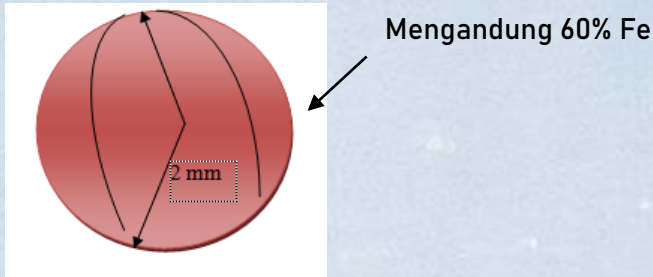
- C. Dalam 18 g air ( $M_r \text{ H}_2\text{O} = 18$ ) terkandung  $6,02 \times 10^{23}$  molekul  $\text{H}_2\text{O}$  dan Dalam 23 g natrium ( $A_r \text{ Na} = 23$ ) terkandung  $6,02 \times 10^{23}$  atom Na
- D. Dalam 18 g air ( $M_r \text{ H}_2\text{O} = 18$ ) terkandung  $18 \text{ g} \times 6,02 \times 10^{23}$  molekul  $\text{H}_2\text{O}$  dan Dalam 23 g natrium ( $A_r \text{ Na} = 23$ ) terkandung  $23 \text{ g} \times 6,02 \times 10^{23}$  atom Na
- E. Pernyataan a, b dan c benar

9. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa dalam 18 g air terkandung  $6,02 \times 10^{23}$  molekul  $\text{H}_2\text{O}$ , dalam 23 g natrium terkandung  $6,02 \times 10^{23}$  atom Na, dan dalam 58,5 g natrium klorida terkandung  $6,02 \times 10^{23}$  satuan rumus NaCl. Bila diketahui  $M_r \text{ H}_2\text{O} = 18$ ,  $A_r \text{ Na} = 23$ , dan  $M_r \text{ NaCl} = 58,5$ . Berdasarkan informasi tersebut, terlihat adanya hubungan yang teratur antara massa zat (g),  $A_r$  atau  $M_r$ , dan jumlah partikel ( $L$ ). Berdasarkan gambar disamping, hubungan tersebut dinyatakan sesuai dengan pernyataan.....



- A. Bahwa massa zat yang besarnya sama dengan nilai  $A_r$  atau  $M_r$  mengandung jumlah partikel sebanyak  $6,02 \times 10^{23}$  atau sebesar satu mol
- B. Bahwa massa satu mol zat berbeda nilainya dengan nilai  $A_r$  atau  $M_r$  disebut Massa Molar dengan satuan L/mol
- C. Bahwa massa satu mol zat yang besarnya sama dengan nilai  $A_r$  (untuk atom) atau  $M_r$  (untuk senyawa), massa satu mol zat disebut massa molar dengan satuan g/mol
- D. Massa satu mol zat berbeda dengan nilai  $A_r$  (untuk atom) atau  $M_r$  (untuk senyawa), mengandung jumlah partikel sebanyak  $6,02 \times 10^{23}$
- E. Pernyataan a dan c adalah benar

10. Sebuah bola Baja yang terbuat dari baja mengandung 60% Fe, dan memiliki jari-jari 2 mm serta rapatannya 7,75 g/cm<sup>3</sup>.

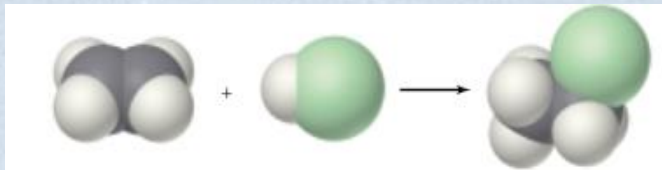


- Jumlah atom Fe (Ar Fe = 55,8) yang terdapat pada bola tersebut adalah ....
- A.  $6,022 \times 10^{24}$  Atom Fe
  - B.  $6,022 \times 10^{22}$  Atom Fe
  - C.  $6,022 \times 10^{21}$  Atom Fe
  - D.  $6,022 \times 10^{19}$  Atom Fe
  - E.  $6,022 \times 10^{18}$  Atom Fe
11. Jumlah molekul N<sub>2</sub> yang terdapat dalam 5,6 L gas N<sub>2</sub> diukur pada keadaan STP (volume molar = 22,4 L/mol) adalah ...
- A.  $1,505 \times 10^{23}$  molekul
  - B.  $1,505 \times 10^{21}$  molekul
  - C.  $1,505 \times 10^{20}$  molekul
  - D.  $1,505 \times 10^{19}$  molekul
  - E.  $1,505 \times 10^{18}$  molekul
12. Persamaan reaksi  $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$  belum setara. Koefisien reaksi pada persamaan setara adalah...
- A. 1, 2, 4, 8
  - B. 2, 7, 4, 6
  - C. 2, 14, 4, 6
  - D. 3, 2, 1, 4
  - E. 3, 1, 1, 1

13. Persamaan reaksi kimia  $C_4H_{10}(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$  dianggap belum setara. Agar reaksinya setara, maka koefisien reaksinya adalah...

- A.  $2C_4H_{10}$ ,  $8O_2$  dan  $8CO_2$ ,  $10H_2O$
- B.  $2C_4H_{10}$ ,  $8O_2$  dan  $8CO_2$ ,  $10H_2O$
- C.  $4C_4H_{10}$ ,  $8O_2$  dan  $6CO_2$ ,  $10H_2O$
- D.  $2C_4H_{10}$ ,  $8O_2$  dan  $10CO_2$ ,  $10H_2O$
- E.  $2C_4H_{10}$ ,  $13O_2$  dan  $8CO_2$ ,  $10H_2O$

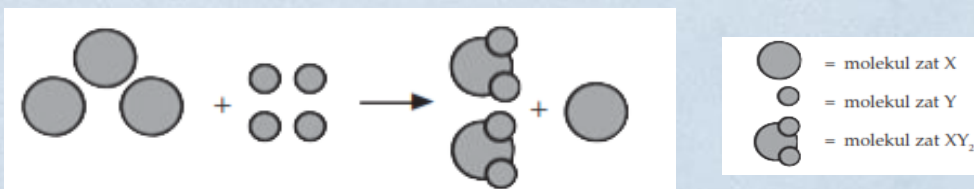
14. Gambar berikut ini menunjukkan reaksi etilena ( $C_2H_4$ ) dengan hidrogen klorida ( $HCl$ ) membentuk etilena klorida ( $C_2H_5Cl$ )



Berdasarkan struktur molekul di atas, persamaan reaksi kimia tersebut adalah...

- A.  $2C_2H_4(g) + 4HCl(g) \rightarrow 5C_2H_5Cl(g)$
- B.  $C_2H_4(g) + 4HCl(g) \rightarrow 2C_2H_5Cl(g)$
- C.  $2C_2H_4(g) + 3HCl(g) \rightarrow 7C_2H_5Cl(g)$
- D.  $C_2H_4(g) + HCl(g) \rightarrow C_2H_5Cl(g)$
- E.  $4C_2H_4(g) + HCl(g) \rightarrow C_2H_5Cl(g)$

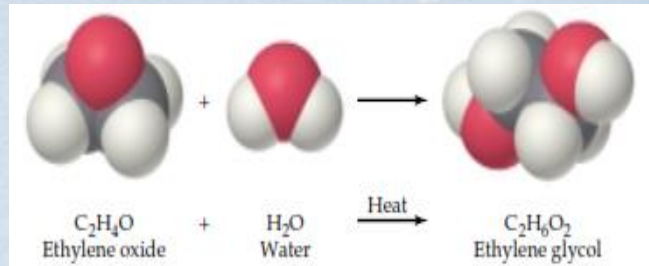
15. Gambar di bawah ini adalah ilustrasi mengenai pereaksi pembatas



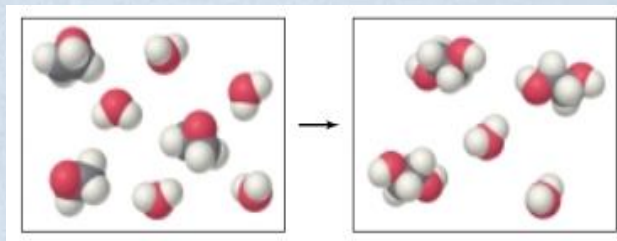
Pereaksi pembatas pada gambar tersebut adalah...

- A. molekul zat X
- B. molekul zat  $XY_2$
- C. molekul zat Y
- D. molekul zat X dan  $XY_2$
- E. molekul zat X dan Y

16. Gambar di bawah ini adalah reaksi antara oksida etilen dan molekul air.



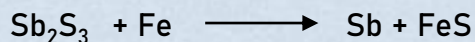
Bila diilustrasikan 3 molekul oksida etilen direaksikan dengan 5 molekul air menurut gambar berikut ini :



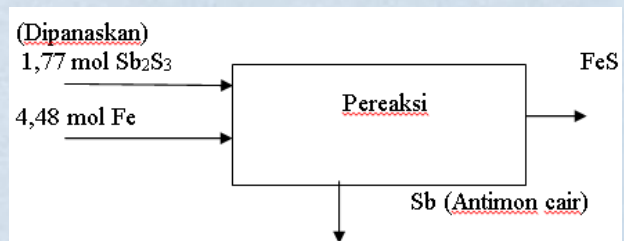
Pereaksi pembatas dan pereaksi berlebih serta jumlah yang tersisa adalah ....

- A.  $H_2O$  pereaksi pembatas dan 3 molekul  $C_2H_4O$  tidak bereaksi
- B.  $C_2H_4O$  pereaksi pembatas dan 1 molekul  $H_2O$  tidak bereaksi
- C.  $C_2H_4O$  pereaksi pembatas dan 2 molekul  $H_2O$  tidak bereaksi
- D.  $H_2O$  pereaksi pembatas dan 4 molekul  $C_2H_4O$  tidak bereaksi
- E.  $C_2H_4O$  pereaksi pembatas dan 5 molekul  $H_2O$  tidak bereaksi

17. Persamaan reaksi kimia sebagai berikut:



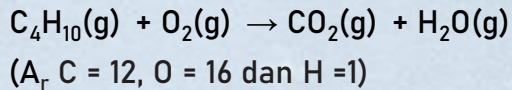
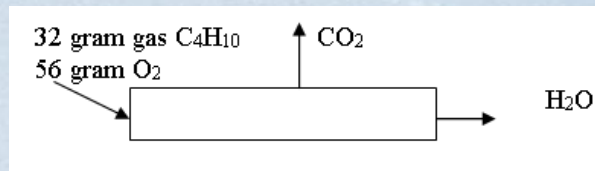
( $A_r$  Sb = 122 , Fe = 56 , S = 32 )



Pereaksi pembatas dan pereaksi berlebih pada reaksi tersebut adalah ....

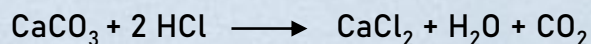
- A.  $Sb_2S_3$  pereaksi pembatas, membutuhkan Fe sebanyak 1,49 mol
- B. Fe pereaksi pembatas, membutuhkan  $Sb_2S_3$  sebanyak 1,49 mol

18. Gambar berikut ini menampilkan reaksi butana dengan oksigen



Massa  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  yang bereaksi dengan 56 gram  $\text{O}_2$  dan massa  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  yang tersisa adalah ...

- A. 14,52 g  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  bereaksi dan tersisa 17,48 g  $\text{C}_4\text{H}_{10}$
  - B. 15,62 g  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  bereaksi dan tersisa 16,38 g  $\text{C}_4\text{H}_{10}$
  - C. 16,20 g  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  bereaksi dan tersisa 15,80 g  $\text{C}_4\text{H}_{10}$
  - D. 16,45 g  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  bereaksi dan tersisa 15,55 g  $\text{C}_4\text{H}_{10}$
  - E. 17,50 g  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  bereaksi dan tersisa 14,50 g  $\text{C}_4\text{H}_{10}$
19. Batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) bereaksi dengan asam klorida ( $\text{HCl}$ ) menurut persamaan berikut:



Jika 1.00 mol  $\text{CO}_2$  memiliki volume 22,4 L pada kondisi reaksi tersebut, volume gas  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan dari reaksi 2,35g  $\text{CaCO}_3$  dengan 2,35 g  $\text{HCl}$  adalah .... ( $A_r$  : Ca = 40, C = 12, Cl = 35, H = 1 dan O = 16)

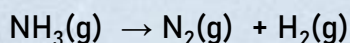
- A. 0,68 L  $\text{CO}_2$
  - B. 0,52 L  $\text{CO}_2$
  - C. 0,48 L  $\text{CO}_2$
  - D. 0,45 L  $\text{CO}_2$
  - E. 0,23 L  $\text{CO}_2$
20. Reaksi antara gas  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  membentuk 34 g  $\text{NH}_3$  menurut persamaan berikut:



Jika 28 g N<sub>2</sub> direaksikan dengan 14 g H<sub>2</sub>, massa H<sub>2</sub> yang diperlukan agar N<sub>2</sub> habis bereaksi adalah... (A<sub>r</sub>: N = 14 dan H = 1)

- A. 6 g H<sub>2</sub>
- B. 6,5 g H<sub>2</sub>
- C. 8 g H<sub>2</sub>
- D. 8,5 g H<sub>2</sub>
- E. 14 g H<sub>2</sub>

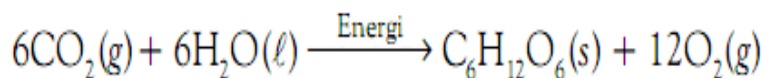
21. Amonia terurai menurut persamaan berikut:



Jika mula-mula terdapat  $n$  molekul NH<sub>3</sub>, maka setelah amonia terurai sempurna akan diperoleh...

- A.  $n$  molekul N<sub>2</sub>
- B.  $2n$  molekul N<sub>2</sub>
- C.  $3n$  molekul H<sub>2</sub>
- D.  $(3/2)n$  molekul H<sub>2</sub>
- E.  $(5/2)n$  molekul H<sub>2</sub>

22. Perhatikan reaksi kimia yang terjadi pada proses fotosintesis berikut:

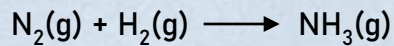


Jumlah molekul CO<sub>2</sub> yang diperlukan untuk membentuk 90 g glukosa pada proses fotosintesis dengan bantuan energi matahari adalah... (A<sub>r</sub>: C = 12, O = 16 dan H = 1)

- A.  $19,00 \times 10^{23}$
- B.  $18,06 \times 10^{23}$
- C.  $18,06 \times 10^{20}$
- D.  $16,20 \times 10^{23}$
- E.  $16,06 \times 10^{22}$

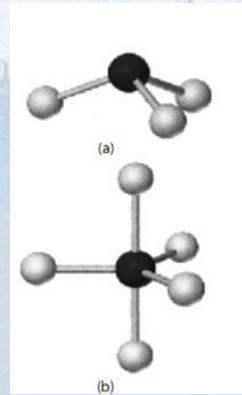


23. Pada suhu dan tekanan tertentu, gas  $N_2$  direaksikan dengan gas  $H_2$  membentuk gas  $NH_3$  menurut persamaan reaksi berikut:



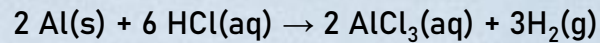
Jika gas  $H_2$  yang bereaksi sebanyak  $7,5 \times 10^{23}$  molekul, jumlah molekul  $NH_3$  yang terbentuk adalah .... ( $A_r$  : N = 14 dan H = 1)

- A.  $5,01 \times 10^{23}$  molekul  $NH_3$
  - B.  $8,03 \times 10^{23}$  molekul  $NH_3$
  - C.  $10,02 \times 10^{21}$  molekul  $NH_3$
  - D.  $10,20 \times 10^{13}$  molekul  $NH_3$
  - E.  $18,20 \times 10^{19}$  molekul  $NH_3$
24. Oktana ( $C_8H_{18}$ ) dibakar dalam mesin mobil. Pada pembakaran sempurna 2 liter oktana, volume  $CO_2$  yang dihasilkan pada keadaan STP adalah .... ( $A_r$  : C = 12, O = 16 dan H = 1)
- A. 12,525 liter  $C_8H_{18}$
  - B. 15,128 liter  $C_8H_{18}$
  - C. 16,128 liter  $C_8H_{18}$
  - D. 18,128 liter  $C_8H_{18}$
  - E. 22,500 liter  $C_8H_{18}$
25. Kadar karbon dan nitrogen dalam urea ( $CO(NH_2)_2$ ) adalah.... ( $A_r$  : C = 12 ; N = 4 ; O = 16 ; dan H = 1)
- A. 20% C dan 43,22 % N
  - B. 20% C dan 46.66 % N
  - C. 20% C dan 49 % N
  - D. 30% C dan 50,22 % N
  - E. 35% C dan 50 % N



26. Fosfor dan klorin dapat membentuk dua macam senyawa. Dalam senyawa X, 2 g fosfor tepat bereaksi dengan 6,9 g klorin. Dalam senyawa Y, 2 g fosfor tepat bereaksi dengan 11,5 g klorin. Rumus kedua senyawa ini adalah.....
- $\text{PCl}$  dan  $\text{P}_5\text{Cl}_3$
  - $\text{PCl}_3$  dan  $\text{PCl}_5$
  - $\text{P}_2\text{Cl}_2$  dan  $\text{PCl}_4$
  - $\text{P}_2\text{Cl}_3$  dan  $\text{PCl}$
  - $\text{P}_3\text{Cl}_2$  dan  $\text{P}_5\text{Cl}_3$
27. Suatu senyawa terdiri dari 43,7% P dan 56,3% O ( $A_r$ : P = 31 dan O = 16). Rumus molekul senyawa tersebut adalah...
- $\text{P}_2\text{O}_2$
  - $\text{P}_2\text{O}_3$
  - $\text{P}_2\text{O}_5$
  - $\text{P}_2\text{O}_{10}$
  - $\text{P}_3\text{O}_6$
28. Suatu senyawa terdiri dari 60% karbon, 5% hidrogen, dan sisanya nitrogen ( $A_r$  C = 12, H = 1, N = 14). Rumus empirisnya adalah...
- $\text{C}_2\text{H}_2\text{N}$
  - $\text{C}_3\text{H}_3\text{N}_3$
  - $\text{C}_3\text{H}_3\text{N}_3$
  - $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_5$
  - $\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_3$
29. Kadar karbon yang terdapat dalam 50 gram  $\text{CaCO}_3$  ( $A_r$  C = 12, O = 16, Ca = 40) adalah ....
- |        |         |        |
|--------|---------|--------|
| A. 12% | C. 18 % | E. 35% |
| B. 15% | D. 20%  |        |

30. Suatu paduan logam terdiri dari aluminium dan tembaga. Al direaksikan dengan larutan HCl menurut persamaan berikut:



Adapun tembaga tidak bereaksi. Jika 0,35 g paduan logam itu menghasilkan 415 mL  $\text{H}_2$  diukur pada STP, maka persen massa Al dalam paduan itu adalah ....

( $A_r$ : Al = 27, H = 1 dan Cl = 35)

- A. 33,55 %
- B. 35,22 %
- C. 40,66 %
- D. 45,88 %
- E. 55,60 %

## Kunci Jawaban

1. B
2. C
3. B
4. B
5. C
6. D
7. C
8. E
9. E
10. C
11. A
12. B
13. E
14. D
15. C
16. C
17. B
18. B
19. B
20. A
21. D
22. B
23. A
24. C
25. B
26. B
27. C
28. A
29. A
30. D

## DAFTAR PUSTAKA

Azhar, M. (2020). *Mudah Memahami Stoikiometri: Perhitungan Zat pada Rumus Kimia dan Persamaan Reaksi*. Padang: SUKABINA Press.

Brady JE, Jepsen ND, Hyslop A. (2012). *Chemistry*, 6<sup>th</sup> ed. John Wiley and Sons, Inc.  
Brown TL, Eugene L, Bursten BE, Murphy CJ, Woodward PM. (2012). *Chemistry the Central Science*, 12<sup>th</sup> ed. Pearson Education Inc. USA

Budiwati, R. (2019). *Kimia Dasar*. Bandung: Iteas.

Chang R, Overby J (2011). *General Chemistry, The Essential Concept*. McGraw-Hill

Davis, RE. (2009). *Modern Chemistry*. Holt Rinehart and Winston Inc.

Dingrando L, Buthelezi T, Hainen N, Wistrom C, Zike Dinah. (2013). *Chemistry: Matter and Change*. McGraw-Hill.

Indahyati TH, Srisumarlinah W. (2016). *Modul Pelatihan Guru Profesional: Stoikiometri dan Ikatan Kimia*. Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

Jepsen ND, Brady JE, Hyslop A. (2012). *Chemistry, The Molecular Nature of Matter*. John Wiley and Sons, Inc.

Lewis R, Evans W. (2006). *Chemistry*, 3<sup>rd</sup> ed. Palgrave Macmillan. New York.

McMurry JE, Fay RC (2015). *Chemistry*, 7<sup>th</sup> ed. Pearson Education Inc. USA.

Moore JT, Hanglely RH. (2007). *Chemistry for The Utterly Confused*. Mc Grall Hill.

Narayanan KV, Lakshmikutty B. (2017). *Stoichiometry and Process Calculations*, 2<sup>rd</sup> ed. PHI Learning Private Limited. Delhi.

Silberberg, MS. (2012). *Principles of General Chemistry*, 3<sup>rd</sup> ed. Mc Grall Hill.

Sunarya Y. (2018). *Kimia Dasar 1*. Bandung: Yrama Widya.

Takeuchi, Y. (2006). *Basic Chemistry*. Iwanami Shoten Publisher. Tokyo.

Timberlake KC. (2013). *General, Organic, and Biological Chemistry*, 4<sup>th</sup> ed. Pearson Education Inc. USA.

Tro NJ. (2018). *Introductory Chemistry Essentials*, 6<sup>th</sup> ed. Pearson Education Inc. USA.

Whitten KW, Davis RE, Peck ML, Stanley GG. (2014). *Chemistry*, 10<sup>th</sup> ed. Brooks/Cole. USA.

Zumdahl SS, Zumdahl SA, DeCoste DJ. (2018). *Chemistry*, 10<sup>th</sup> ed. Cengage Learning.