

**ANALISIS KOMPONEN SENYAWA DALAM PARFUM BERMEREK YANG DIJUAL
DIPASARAN KOTA BANDUNG DENGAN METODE KROMATOGRAFI GAS
SPEKTROMETRI MASSA (KGSM)**

Laporan Tugas Akhir

**Firda Fitriani
1161027**



**Universitas Bhakti Kencana
Fakultas Farmasi
Program Strata I Farmasi
Bandung
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS KOMPONEN SENYAWA DALAM PARFUM BERMEREK YANG DIJUAL
DIPASARAN KOTA BANDUNG DENGAN METODE KROMATOGRAFI GAS
SPEKTROMETRI MASSA (KGSM)**

Laporan Tugas Akhir

Diajukan untuk memenuhi syarat kelulusan Program Strata I Farmasi

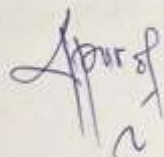
**Firda Fitriani
11161027**

Bandung, Agustus 2020

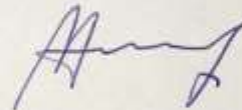
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Serta,



(Apt. Purwaniati, M.Si)



(Emma Emawati, S.T., M.Si)

ABSTRAK

ANALISIS KOMPONEN SENYAWA DALAM PARFUM BERMEREK YANG DIJUAL DIPASARAN KOTA BANDUNG DENGAN METODE KROMATOGRAFI GAS SPEKTROMETRI MASSA (KGSM)

Oleh :

Firda Fitriani

11161027

Parfum adalah produk yang sudah tidak asing dalam kehidupan sehari-hari. Konsumen yang akan membeli parfum menilai wangi parfum pada kesan pertama, selanjutnya adalah harga dan merek parfum. Perusahaan besar parfum diizinkan untuk menyembunyikan salah satu atau lebih *ingredient (trade secret)* yang dianggap penting untuk melindungi kepentingan bisnis perusahaan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui komponen senyawa yang ada didalam parfum bermerek agar bahan kimia yang terkandung di dalam produk wewangian dapat dikelompokkan berdasarkan tingkat keamanan menurut IFRA dan MSDS. Metode yang digunakan adalah kromatografi gas spektrometri massa (KGSM). Hasil penelitian berdasarkan pengelompokan IFRA (*International Fragrance Association*) terdapat sebanyak 4 senyawa yang termasuk *prohibition* atau senyawa yang tidak boleh sama sekali digunakan sebagai bahan dari parfum, 15 senyawa *restriction* dan 6 senyawa termasuk *specification*. Berdasarkan MSDS (*Material Safety Data Sheet*) dari masing-masing senyawa menunjukkan bahwa hampir semua senyawa dalam parfum memiliki potensi berbahaya bagi penggunaannya jika melebihi batas paparan.

Kata Kunci : Parfum, IFRA, MSDS, KGSM

ABSTRACT

ANALYSIS OF COMPOUND COMPONENTS IN BRAND PERFUME SOLD IN THE MARKET OF BANDUNG CITY USING METHOD GAS CHROMATOGRAPHY MASS SPECTROMETRY (GCMS)

By :

Firda Fitriani

11161027

Perfume is a product that is familiar in everyday life. Consumers who will buy perfume assess the perfume of perfume at the first impression when going to buy perfume, next is the price and brand of perfume. Large perfume companies are allowed to hide one or more ingredient (trade secret) that is considered important to protect the company's business interests. This research was conducted to determine the component compounds in branded perfume so that the chemicals contained in fragrance products can be grouped based on the level of safety according to IFRA and MSDS. The method used is GC-MS (gas chromatography mass spectrometry). The results of the study based on IFRA (International Fragrance Association) grouping there are as many as 4 compounds including prohibition or compounds that should not be used at all as ingredients of perfume, 15 restriction compounds and 6 compounds including specifications. Based on the MSDS (Material Safety Data Sheet) of each compound shows that almost all compounds in perfume have the potential to be dangerous for users if they exceed the exposure limit.

Keywords: Perfume, IFRA, MSDS, GCMS

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis komponen senyawa dalam parfum bermerek yang dijual dipasaran kota bandung dengan metode komatografi gas spektrometri massa (KGSM)**”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata satu (S1) Farmasi Universitas Bhakti Kencana Bandung.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dan bantuan beberapa pihak, baik material maupun spiritual. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Dr. Apt. Entris Sutrisno, MH.Kes, selaku rektor Universitas Bhakti Kencana Bandung.
2. Dr. Apt. Patonah, M.Si, selaku dekan Fakultas Farmasi Universitas Bhakti Kencana Bandung.
3. Apt. Purwaniati, M.Si, selaku pembimbing utama yang telah memberikan banyak waktu luang untuk memberikan ilmu, nasehat dan motivasi kepada penulis selama penelitian sehingga dapat terlaksana dengan baik.
4. Emma Emawati, S.T., M.Si, selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan ilmu dan arahan untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
5. Kedua orang tua, ayah tercinta Cep Dendi dan ibunda tersayang Mas Iis Herlawati yang telah mendoakan serta memberikan dukungan moril maupun material.
6. Sahabat seperjuangan Lisna Egisnawati, Reka Putri Ramadhan, Indri Lestari, Gina Halimatu, Putri Purnamasari, Aprilia Candra Dewi, Kerin Elfinda dan Risna Juwinar terima kasih telah memberi semangat dan mengisi hari-hari menjadi sangat menyenangkan.
7. Vieo Gangga Saputra, Fannisa Muludini, Fenti Pujianti, Siska Libriani R, Latisha Febiola R terima kasih telah menjadi penyemangat.
8. Teman-teman Farmasi FA1 angkatan 2016 terima kasih atas kebersamaannya.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, hal itu disadari karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Besar harapan penulis, semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan bagi pihak lain pada umumnya.

Bandung, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	viii
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	31
BAB IV. PROSEDUR PENELITIAN	32
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
BAB VI. SIMPULAN DAN SARAN	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori produk menurut standar IFRA	10
Tabel 2.2 Bahaya terhadap kesehatan	14
Tabel 2.3 Bahaya mudah terbakar	15
Tabel 2.4 Bahaya reaktivitas	15
Tabel 5.1 Hasil komponen senyawa sampel A.....	33
Tabel 5.2 Hasil komponen senyawa sampel B	35
Tabel 5.3 Hasil komponen senyawa sampel C	37
Tabel 5.4 Hasil komponen senyawa sampel D.....	40
Tabel 5.5 Hasil kromatogram senyawa sampel E.....	42
Tabel 5.6 Hasil komponen senyawa sampel F	43
Tabel 5.7 Hasil komponen senyawa sampel G.....	45
Tabel 5.8 Hasil komponen senyawa sampel H.....	47
Tabel 5.9 Hasil komponen senyawa sampel I	49
Tabel 5.10 Hasil komponen senyawa sampel J	51
Tabel 5.11 Klasifikasi senyawa menurut standar IFRA.....	53
Tabel 5.12 Kelompok senyawa menurut kategori MSDS	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Simbol belah ketupat NFPA 704	14
Gambar 2.2 GHS Pictograms	18
Gambar 5.1 Hasil kromatogram sampel A	33
Gambar 5.2 Hasil spectrum sampel A.....	34
Gambar 5.3 Hasil kromatogram sampel B	35
Gambar 5.4 Hasil spectrum sampel B.....	37
Gambar 5.5 Hasil kromatogram sampel C	37
Gambar 5.6 Hasil spectrum sampel C.....	39
Gambar 5.7 Hasil kromatogram sampel D.....	39
Gambar 5.8 Hasil spectrum sampel D.....	41
Gambar 5.9 Hasil kromatogram sampel E	41
Gambar 5.10 Hasil spectrum sampel E	43
Gambar 5.11 Hasil kromatogram sampel F.....	43
Gambar 5.12 Hasil spectrum sampel F	45
Gambar 5.13 Hasil kromatogram sampel G	45
Gambar 5.14 Hasil spectrum sampel G.....	46
Gambar 5.15 Hasil kromatogram sampel H	47
Gambar 5.16 Hasil spectrum sampel H.....	48
Gambar 5.17 Hasil kromatogram sampel I	49
Gambar 5.18 Hasil spectrum sampel I	50
Gambar 5.19 Hasil kromatogram sampel J	51
Gambar 5.20 Hasil spectrum sampel J.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil kromatogram.....	60
Lampiran 2 Hasil spektrum	62
Lampiran 3 Dokumentasi	63

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	MAKNA
ANSI	American National Standards Institute
APD	Alat Pelindung Diri
BM	Bobot Molekul
CAS	Chemical Abstract Services
CI	Chemical Ionization
DC	Direct Current
ECD	Electron Capture Detector
EDC	Eau de Cologne
EDP	Eau de Perfume
EDT	Eau de Toilette
EI	Electron Impact
EM	Electron Multiplier
FID	Flame Ionization Detector
FPD	Flame Photometric Detector
GCMS	Gas Chromatography-Mass Spectrometry
GHS	Global Harmonize System
HED	High Energy Dynodes
ICAO/ IATA	International Civil Aviation Organization / International Air Transport Association
IFRA	International Fragrance Association
IMDG	International Maritime Dangerous Goods
IMO	International Maritime Organisation
KG	Kromatografi Gas
KGSM	Kromatografi Gas Spektrometri Massa
LFL	Low Flammable Limit
LKBD	Lembar Data Keselamatan Bahan
m/z	Massa/ Muatannya
MS	Spektrometri Massa
MSDS	Material Safety Data Sheet
NCS	Contributions from Natural Complex substances
NFPA	National Fire Protection Association
OHSA	Occupational Safety and Health Administration
OTC	Over The Counter
RA	Relative Abundance
RID/ADR	Agreement on Dangerous Goods by Road/ Regulations concerning the International Transport of Dangerous Goods
RIFM	Research Institute of Fragrance Materials
SCOT	Support Coated Open Tubular column
TCD	Thermal Conductivity Detector
TIC	Total Ion Chromatography
UFL	Upper Flammable Limit
UHP	Ultra High Purity
USA DOT	USA Department of Transportation

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Parfum adalah produk yang dipakai sehari-hari baik pria maupun wanita. Saat ini aroma parfum sudah semakin beragam (Iswara, Rubiyanto, & Julianto, 2014). Parfum atau minyak wangi adalah campuran minyak esensial dan senyawa aroma, fiksatif, dan pelarut yang digunakan untuk memberikan bau wangi untuk tubuh manusia, objek, atau ruangan (Borgave, S., & Chaudhari, J.S., 2010). Wewangian memiliki kekuatan untuk meningkatkan kehidupan dan memicu berbagai emosi positif, membawa kenikmatan, relaksasi, atau meningkatkan harga diri (International Fragrance Association, 2019).

Mesir merupakan yang pertama memasukkan parfum ke budaya mereka, Salah satu kegunaan parfum tertua yaitu berupa pembakaran dupa dan herbal aromatik yang digunakan dalam upacara keagamaan (Burr C, 2008). Bagi masyarakat muslim, fungsi utama parfum adalah memberikan aroma wangi bagi tubuh dan pakaian sebagaimana disunahkan oleh Rosulullah SAW (Hardoyono, 2017).

Parfum yang biasa dijual tidak sepenuhnya minyak esensial murni (baik yang alami maupun sintesis), melainkan telah melewati proses pencampuran dan pengenceran, campuran tersebut terdiri dari minyak esensial, air destilasi dan alkohol. Konsumen yang akan membeli parfum menilai wangi parfum pada kesan pertama saat akan membeli parfum, selanjutnya adalah harga dan merek parfum (Borgave, S., & Chaudhari, J.S., 2010). Parfum memiliki klasifikasi pewangi yang dikelompokkan menjadi 5 jenis, yaitu *extract parfum*, *eau de parfum*, *eau de toilette*, *eau de cologne* dan *after shave*. Konsentrasi pada bahan pewangi, akan berpengaruh pada intensitas dan ketahanan wanginya, semakin tinggi konsentrasi bahan pewangi maka akan membuat wanginya menjadi lebih kuat dan tahan lama (Herz RS., 2011).

IFRA (*International Fragrance Association*) adalah badan industri yang mewakili industri wewangian di seluruh dunia. Didirikan di Jenewa pada tahun 1973. IFRA mengembangkan dan menerapkan kode praktik yang memberikan rekomendasi dan pedoman yang memastikan bahwa wewangian tersebut aman. IFRA meluncurkan pembaruan untuk standar, yang dikenal sebagai '*Amendemen ke-49*' pada Januari 2020 (International Fragrance Association, 2019).

MSDS (*Material safety data sheet*) atau dalam SK Menteri Perindustrian No 87/M-IND/PER/9/2009 dinamakan Lembar Data Keselamatan Bahan (LDKB) adalah lembar petunjuk yang berisi informasi bahan kimia meliputi sifat fisika, kimia, jenis bahaya yang ditimbulkan, cara penanganan, tindakan khusus dalam keadaan darurat, pembuangan dan informasi lain yang diperlukan. MSDS harus mengandung informasi semua sifat bahaya yang terkandung didalam bahan kimia tersebut, tidak boleh menyembunyikan dengan sengaja salah satu atau lebih sifat bahaya yang terkandung didalamnya (Ismail, 2011).

Kromatografi gas spektrometri massa (KGSM) adalah metode kombinasi antara kromatografi gas dan spektrometri massa, bertujuan untuk menganalisis berbagai senyawa dalam suatu sampel. Kromatografi gas (KG) dan spektrometri massa (SM) memiliki prinsip kerja masing-masing, namun keduanya bisa digabungkan untuk mengidentifikasi suatu senyawa, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Metode ini merupakan salah satu pemisahan yang sekaligus dapat menganalisis senyawa-senyawa organik maupun anorganik yang bersifat termotabil dan mudah menguap (Setyowati, 2013). Paduan keduanya dapat menghasilkan data yang lebih akurat dalam identifikasi senyawa yang dilengkapi dengan struktur molekulnya (Pavia dkk, 2006).

Dalam penelitian ini dilakukan analisis komponen senyawa dalam parfum untuk mengetahui sampel parfum bermerek yang diperoleh dari *counter* maupun supermarket menggunakan metode kromatografi gas-spektrometri massa (KGSM). Perusahaan besar parfum diizinkan untuk menyembunyikan salah satu atau lebih *ingredient (trade secret)* yang dianggap penting untuk melindungi kepentingan bisnis perusahaan. Maka dari itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui komponen senyawa yang ada di dalam parfum bermerek agar bahan kimia yang terkandung di dalam produk wewangian dapat dikelompokkan berdasarkan tingkat keamanan IFRA dan MSDS.

1.2 . Rumusan masalah

Komponen senyawa apakah yang ada dalam parfum bermerek yang dijual dipasaran kota bandung ?

Apakah terdapat senyawa yang tidak boleh digunakan dalam parfum bermerek yang dijual dipasaran kota bandung ?

1.3. Tujuan dan manfaat penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan komponen senyawa dalam parfum bermerek yang dijual dipasaran kota bandung dengan metode kromatografi gas-spektrometri massa.

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui komponen senyawa yang berbahaya dalam parfum bermerek yang dijual dipasaran kota bandung dengan metode kromatografi gas-spektrometri massa.

1.4. Hipotesis penelitian

Diduga senyawa yang terdapat didalam parfum bermerek memiliki potensi berbahaya bagi penggunanya dan mengandung bahan yang tidak boleh digunakan dalam parfum.

1.5. Tempat dan waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Universitas Bhakti Kencana Jl. Soekarno Hatta No. 754 Bandung. Pada bulan januari-juni 2020.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Parfum

Kata parfum berasal dari bahasa latin yaitu “*perfume*” artinya “*melalui asap*”. Parfum atau minyak wangi adalah campuran minyak esensial dan senyawa aroma, fiksatif, dan pelarut yang digunakan untuk memberikan bau wangi untuk tubuh manusia, objek, atau ruangan (Borgave, S., & Chaudhari, J.S., 2010). Wewangian memiliki kekuatan untuk meningkatkan kehidupan dan memicu berbagai emosi positif, membawa kenikmatan, relaksasi, atau peningkatan harga diri (International Fragrance Asssocation, 2019).

Kandungan parfum didominasi oleh minyak atsiri (*essential oil*) yang diperoleh dari ekstrak tanaman maupun bunga yang menghasilkan aroma wangi yang khas (Hardoyono, 2017). Parfum yang biasa dijual tidak sepenuhnya minyak esensial murni (baik yang alami maupun sintetis), melainkan telah melewati proses pencampuran dan pengenceran, campuran tersebut terdiri dari minyak esensial, air destilasi dan alkohol (Borgave, S., & Chaudhari, J.S., 2010). Parfum harus diencerkan dengan pelarut, karena mengandung konsentrasi tinggi dari komponen volatil yang mengakibatkan reaksi alergi dan kemungkinan cedera ketika digunakan langsung ke kulit atau pakaian. Pelarut dapat menguapkan minyak esensial dan membantu menyebar ke udara (Ubaidillah, 2017). Selain menggunakan ekstrak dari bunga dan tanaman herbal, produk parfum juga menggunakan pelarut-pelarut organik. Jenis pelarut organik yang sering dipakai dalam produk parfum ini diantaranya adalah etanol, etilen glikol, aseton, amil asetat dan akuades (Hardoyono, 2017).

Mesir merupakan yang pertama memasukkan parfum ke budaya mereka diikuti oleh Cina kuno, Hindu, Israel, Carthaginians, Arab, Yunani, dan Romawi. Salah satu kegunaan parfum tertua yaitu berupa pembakaran dupa dan herbal aromatik yang digunakan dalam upacara keagamaan, seringkali untuk *aromatic gums*, kemenyan dan mur, yang dikumpulkan dari pohon (Burr C, 2008). Tradisi wewangian sangat kuat dalam dunia Islam, khususnya bangsa orang Arab, didukung dengan ajaran keagamaan setelah munculnya Islam. Bagi masyarakat muslim, fungsi utama parfum adalah memberikan aroma wangi bagi tubuh dan pakaian sebagaimana disunahkan oleh Rosulullah SAW. Umat Islam meningkatkan produksi parfum dan terus menggunakan wewangian dalam kehidupan sehari-hari dan dalam ritual keagamaan. Salah satu keutamaan menggunakan parfum dan wewangian dalam menjalankan ibadah ini adalah

untuk menambah kekhusyuan dan kenikmatan ketika menjalankan ritual ibadah (Hardoyono, 2017).

Bahan kimia yang terkandung di dalam produk wewangian adalah bahan kimia sintetik yang berbahan dasar *petroleum* yang merupakan turunan benzen, aldehyd atau zat yang umumnya terkenal beracun. Beberapa bahan kimia yang biasa terkandung dalam parfum, antara lain *ethanol, benzaldehyde, benzyl acetate, a-pinene, acetone, benzyl alcohol, ethyl acetate, linalool, a-terpinene, methylene chloride, a-terpineol, camphor,* dan *limonene*. Sebagian dari bahan ini tidak berbahaya bagi tubuh. Tapi, sebagian lagi bisa menyebabkan otot tubuh tegang, lebih mudah marah, asma, sakit persendian, kelelahan, tenggorokan gatal, sakit kepala, batuk, dan iritasi kulit (Hardoyono, 2017).

Menurut salvador, klasifikasi parfum sebagai berikut :

1. Penggunaanya

- Parfum untuk pria/*men/masculin pour homme*, contohnya : *fougere, oriental,* dan *chypre,*
- Parfum untuk wanita/*women/feminime/pour femme*, contoh nya : *floral, oriental,* dan *chypre.*

2. Volatilitas

- *Top Note*, wangi pertama yang tercium dari parfum dan paling volatil, memiliki durasi yang pendek, maksimal 30 menit. Contohnya : *citrus* dan *fruity* yang berasal dari wangi buah-buahan.
- *Middle Note*, wangi yang tercium lebih dalam dari jenis top note, memiliki durasi sekitar 30 menit hingga 1 jam. Contohnya : *floral* yang berasal dari wangi bunga.
- *Base Note*, wangi yang tertinggal tahan lama dan masih dapat tercium setelah pemakaian beberapa jam. Parfum jenis ini memiliki volatilitas terkecil. Contohnya : *woody* atau parfum yang berasal dari wangi kayu-kayuan.

3. Konsentrasinya

Jumlah dan tipe pelarut yang bercampur dengan minyak wangi menentukan suatu parfum dianggap sebagai *perfume extract, Eau de parfum, Eau de toilette, Eau de Cologne dan after shave*. Persentase volume konsentrasi dalam minyak parfum adalah sebagai berikut:

- *Perfume Extract* (Ekstrak), parfum jenis ini wanginya tahan lama, yaitu hingga 48 jam, karena mengandung 20-40% konsentrat tanpa *perfume* dicampur dengan alkohol, dan yang paling mahal harganya.
- *Eau de Perfume* (EDP), wangi parfum ini bertahan hingga 24 jam. Kadar konsentratnya yaitu sekitar 15-22% dengan sedikit dicampur alkohol. Jenis ini sangat cocok untuk yang bekerja atau beraktifitas seharian. Aromanya yang memikat dan harganya lebih terjangkau.
- *Eau de Toilette* (EDT), wangi parfum ini dapat bertahan cukup lama dengan kadar konsentrat sekitar 12% dan dicampur dengan alkohol. Parfum ini hadir dalam bentuk *spray*. Harganya terjangkau untuk yang ingin selalu tampil wangi. Jenis ini cocok digunakan untuk segala suasana yang tidak membutuhkan waktu yang lama.
- *Eau de Cologne* (EDC), wangi parfum jenis ini yang paling ringan karena mengandung konsentrat sebesar 5% dan mengandung alkohol paling banyak dari ketiga jenis parfum yang sebelumnya. Biasa dikenal sebagai *Body Mist*, *Body Spray* atau *Body Splash*.
- *Aftershave*, memiliki senyawa aromatik yang sangat rendah (hanya 1%-3%) karena itu aroma tidak bertahan lama (Salvador, 2007).

4. Karakteristiknya

Pengelompokan wewangian atau *fragrance family* merupakan sistem klasifikasi yang dipakai oleh industri wewangian modern untuk menempatkan sebuah parfum ke dalam salah satu jenis wewangian sebagai berikut :

- *Floral*, yaitu kombinasi yang lembut, manis dan segar dari beberapa bunga, bunga dan buah, bunga dan aldehid serta not dengan aroma seperti bedak, *floral oriental* dengan bunga jeruk dan rempah manis. Wewangian dengan komposisi buah selain *citrus* dimasukkan ke jenis wewangian *floral*. Dulu jenis wewangian ini sangat maskulin, tetapi sekarang sudah berubah, sangat jarang parfum beraroma bunga untuk laki-laki.
- *Citrus*, yaitu kekuatan aroma dari jeruk nipis, lemon, bergamot dan lainnya. Jenis wewangian *citrus* tetap populer hingga sekarang karena sifatnya yang menyegarkan dan enerjik. Jenis wewangian ini sangat baik untuk mereka dengan gaya hidup aktif atau anak muda.

- *Oriental*, yaitu aroma yang kuat, tahan lama dan eksotis. Umum dipakai oleh lelaki dan perempuan. Biasanya berkarakter hangat, manis dan pedas seperti sedapnya *vanilla*, *tonka bean* dan *heliotrop*; aroma dupa dan damar yang misterius; *ambergris* yang *animalic*; atau pedasnya kapulaga. Wewangian *oriental* baik digunakan untuk di daerah dingin, dimalam hari atau untuk kesempatan tertentu.
- *Woody*, yaitu dominasi aroma kayu yang kuat dan berkelas, terutama cendana, cedar, gaharu (*oud/agarwood*) dan akar wangi.
- *Chypre*, merupakan jenis *citrus woody-mossy* yang bersifat *unisex*. *Chypre* ditandai dengan kontras antara kesegaran *citrus* dengan aroma *woody-oakmoss* di bagian latar.
- *Fougere*, ditandai dengan aroma kayu dan herbal yang tajam. Salah satu jenis wewangian pria yang paling populer karena sangat maskulin. Mengandung not *lavender*, *pakis* dan *oakmoss*.
- *Water (aquatic, oceanic)*, biasanya berisi not air laut, ozon, bunga air dan rerumputan. Jenis wewangian ini sangat menyenangkan untuk digunakan saat santai, di siang hari, saat jalan-jalan atau liburan karena sangat sejuk (Ubaidillah, 2017).

Minyak atsiri diperoleh dari bermacam-macam tumbuhan dari bagian-bagian tertentu seperti :

- Bunga : *rose*, *lavender*, *orange blossom* (buah limau)
- Biji : *caraway* (jintan), *almond* (*prunus amygdalus*)
- Daun : *bay* (daun salam), *thyme*, *patchoull* (nilam)
- Kayu : *sandalwood* (cendana), *cedar*, *aloe*
- Kulit kayu : *cinnamon*, *cascarilla*
- Buah : lemon (*citrus*), *nutmeg* (pala)
- Minyak bunga : *jasmin absolute*, *rose absolute*
- *Resin, gum, balsam* adalah bahan tidak menguap yang diperoleh dari tanaman tetapi bahan ini mengandung minyak menguap yang beraroma dan kental seperti *gum styrax*, *balsam peru*, *benzoin*, *myrrh* (Ubaidillah, 2017).

II.2 International Fragrance Association (IFRA)

IFRA adalah singkatan dari *International Fragrance Association*. IFRA adalah badan industri yang mewakili industri wewangian di seluruh dunia. Didirikan di Jenewa pada tahun 1973, IFRA menjadi Internasional dengan divisi regional (Eropa, Asia Pasifik dan Amerika). IFRA mengembangkan dan menerapkan kode praktik yang memberikan rekomendasi dan pedoman yang memastikan bahwa wewangian tersebut aman (International Fragrance Association, 2019).

Pada Januari tahun 2020, IFRA meluncurkan pembaruan untuk standar. Tujuannya adalah untuk menggabungkan data baru, metode baru dan jenis produk baru ke dalam sistem, memastikan bahwa konsumen dapat terus menikmati wewangian dengan percaya diri. Dikenal sebagai '*Amendment ke-49*', perubahan standar ini adalah yang terbesar dalam beberapa tahun terakhir. Berdasarkan penilaian yang berkelanjutan terhadap berbagai macam bahan yang digunakan dalam industri. IFRA telah menggunakan database pada konsumen untuk memahami bagaimana orang benar-benar menggunakan produk pewangi dalam kehidupan sehari-hari, dan untuk menetapkan aturan agar memastikan konsumen dapat terus menggunakannya dengan aman. Standar IFRA dapat melarang, membatasi, atau menetapkan persyaratan kemurnian untuk bahan tertentu. Kepatuhan terhadap standar IFRA diperlukan untuk kode praktik IFRA, tetapi tidak cukup untuk memastikan kepatuhan terhadap peraturan dan keamanan campuran atau bahan pewangi (International Fragrance Association, 2019).

Semua produk konsumen yang wangi berada dalam ruang lingkup standar IFRA dengan pengecualian produk yang jelas tidak tercakup dalam penilaian keselamatan RIFM, seperti:

- alat kesehatan,
- obat resep,
- aplikasi aromaterapi, dan
- produk konsumen yang digunakan dalam pengaturan pekerjaan (mis. sampo yang berlaku di salon rambut, pembersih tangan yang berlaku di rumah sakit, dll).

Jenis produk *over the counter* (OTC) tertentu juga berada di luar ruang lingkup standar IFRA kecuali jika produk tersebut dianggap sebagai produk kosmetik berdasarkan peraturan produk kosmetik tertentu di seluruh dunia (International Fragrance Association, 2019).

Komponen utama standar IFRA dikategorikan sebagai berikut :

- Larangan (*prohibition*) : Bahan ini tidak boleh digunakan sebagai bahan pewangi. Standar IFRA dapat melarang penggunaan suatu zat ketika dimaksudkan untuk digunakan dalam campuran pewangi. Larangan ini berlaku untuk semua aplikasi produk akhir, termasuk aplikasi kontak non-kulit.
- Pembatasan (*restriction*) : Bahan ini dapat digunakan hanya dalam jumlah terbatas seperti yang dinyatakan dalam standar. Standar IFRA yang menetapkan batas kuantitatif pada penggunaan bahan pewangi dinyatakan sebagai konsentrasi tertinggi bahan pewangi dalam produk jadi, oleh karena itu diharuskan untuk memberi tahu produsen produk konsumen, jika berniat untuk menggunakan campuran pewangi karena adanya bahan terbatas, campuran hanya boleh digunakan hingga konsentrasi maksimum yang ditentukan.
- Spesifikasi (*specification*) : Bahan ini dapat digunakan jika memenuhi kriteria yang dinyatakan dalam standar. Bahan pewangi tertentu dianggap aman untuk digunakan dalam aplikasi produk akhir tetapi dengan tingkat ketidakmurnian tertentu (misalnya jejak pelarut) atau produk reaksi atau prosedur yang ditetapkan untuk ekstraksi dan produksi (International Fragrance Association, 2019).

Kontribusi dari sumber lain, yaitu :

A. Kontribusi dari zat kompleks alami (NCS)

- Zat Terbatas, standar IFRA yang menetapkan batasan penggunaan untuk bahan pewangi tertentu dalam produk konsumen akhir harus berlaku terlepas dari apakah zat yang dibatasi ditambahkan secara langsung atau tidak langsung ke campuran aroma. Kontribusi tidak langsung dari sumber lain misalnya kehadiran dalam zat kompleks alami (*Contributions from natural complex substances; NCS*) harus diperhitungkan dalam perhitungan kadar zat terlarang.
- Zat Terlarang, standar IFRA dapat melarang penggunaan suatu zat ketika digunakan dalam campuran pewangi. Namun, ini tidak serta merta mengesampingkan penggunaan bahan pewangi alami yang mengandung zat terlarang sebagai komponen atau kontaminan, atau bahan sintetis yang mengandung zat terlarang sebagai kontaminan yaitu ditambahkan secara tidak langsung, asalkan dalam penilaian panel pakar untuk keamanan wangi ada data yang memadai yang mendukung penggunaan bahan pewangi secara aman dan tidak digunakan untuk memberikan alternatif, sumber tidak langsung dari bahan yang dilarang. Salah satu sumber zat terlarang adalah sejumlah kecil pelarut

organik yang dapat dibawa ke dalam bahan pewangi sintetis atau ekstrak organik selama proses pembuatan. Secara umum, bahan pewangi yang merupakan bahan kimia tunggal atau minyak atsiri (dalam bentuk apapun) harus dianalisis untuk mengidentifikasi komponen atau kotoran (terutama yang dilarang) pada tingkat yang memungkinkan penilaian keamanan yang berarti (International Fragrance Association, 2019).

B. Basis Schiff

Basis Schiff adalah produk kondensasi dari *aldehida* dan *amina* (primer), menghasilkan "*Imine*" (benar) dengan ikatan rangkap C = N. Karena kekhawatiran ini dapat mempengaruhi beberapa bahan yang dibatasi oleh standar IFRA yang ada dalam campuran aroma/produk jadi dan berdasarkan pada informasi yang tersedia misalnya pada informasi sifat fisikokimia, bahan-bahan ini dianggap di bawah kontribusi dari sumber lain dalam pendekatan pencegahan (International Fragrance Association, 2019).

Kategori standar IFRA berdasarkan jenis produk :

Tabel 2.1 Kategori produk menurut standar IFRA

Kategori	Tipe Produk
1	Produk diaplikasikan pada bibir
2	Produk diterapkan pada aksila
3	Produk diaplikasikan pada wajah/tubuh menggunakan ujung jari
4	Produk yang terkait dengan pewangi halus
5	Produk diaplikasikan pada wajah dan tubuh menggunakan tangan (telapak tangan)
5A	Produk lotion tubuh diaplikasikan pada tubuh menggunakan tangan (telapak tangan)
5B	Produk pelembab wajah diterapkan pada wajah menggunakan tangan (telapak tangan)
5C	Produk krim tangan dioleskan ke tangan menggunakan tangan (telapak tangan)
5D	Krim bayi, minyak bayi dan bedak bayi
6	Produk dengan paparan oral dan bibir
7	Produk diaplikasikan pada rambut dengan beberapa kontak tangan

7A	Produk bilas yang diaplikasikan pada rambut dengan beberapa kontak tangan
7B	Produk cuti diterapkan pada rambut dengan beberapa kontak tangan
8	Produk dengan paparan <i>anogenital</i> yang signifikan
9	Produk dengan eksposur tubuh dan tangan, terutama bilas
10	Produk perawatan rumah tangga dengan sebagian besar kontak tangan
10A	Perawatan rumah tangga tidak termasuk produk aerosol (tidak termasuk aerosol/produk semprot)
10B	Produk aerosol/semprot rumah tangga
11	Produk dengan kontak kulit yang dimaksudkan tetapi transfer aroma minimal ke kulit dari inert substrat
11A	Produk dengan kontak kulit yang dimaksudkan tetapi transfer aroma minimal ke kulit dari inert media tanpa paparan UV
11B	Produk dengan kontak kulit yang dimaksudkan tetapi transfer aroma minimal ke kulit dari inert substrat dengan potensi paparan UV
12	Produk yang tidak dimaksudkan untuk kontak langsung dengan kulit, transfer minimal atau tidak signifikan ke kulit

II.3 Material Sheet Data Sheet (MSDS)

Material safety data sheet atau dalam SK Menteri Perindustrian No 87/M-IND/PER/9/2009 dinamakan Lembar Data Keselamatan Bahan (LDKB) adalah lembar petunjuk yang berisi informasi bahan kimia meliputi sifat fisika, kimia, jenis bahaya yang ditimbulkan, cara penanganan, tindakan khusus dalam keadaan darurat, pembuangan dan informasi lain yang diperlukan (Ismail, 2011).

Semua bahan kimia berbahaya diwajibkan memiliki MSDS, hal ini diatur dalam berbagai peraturan seperti Keputusan Menteri Kesehatan nomor 472 tahun 1996, Keputusan Menteri Tenaga Kerja nomor 187 tahun 1999, PP 74 tahun 2001 tentang B3 dan Keputusan Menteri Perindustrian no 87 tahun 2009 tentang *global harmonize system* (GHS) (Ismail, 2011).

MSDS merupakan sumber informasi yang sangat penting mengenai sifat-sifat bahaya bahan kimia yang digunakan, misalnya sifat mudah terbakar, beracun, korosif, mudah meledak, bersifat reaktif, bahan sensitif dan lain-lain. MSDS juga merupakan sumber informasi cara penanganan jika terjadi kecelakaan dengan bahan kimia tersebut seperti tumpah, keracunan, terkena pada tubuh pekerja dan terhisap serta informasi alat pelindung diri (APD) yang diperlukan saat penanganan atau penggunaan bahan kimia

tersebut seperti kaca mata *safety*, respirator dan sarung tangan (*glove*). Semua informasi tersebut sangatlah penting bagi pengguna untuk menghindari terjadi kecelakaan bahan kimia yang bisa berakibat fatal bagi pengguna (Ismail, 2011).

MSDS harus mengandung informasi semua sifat bahaya yang terkandung didalam bahan kimia tersebut, tidak boleh menyembunyikan dengan sengaja salah satu atau lebih sifat bahaya yang terkandung didalamnya. Bahkan MSDS juga harus mencantumkan *ingredient* pembentuk produk tersebut, meskipun diijinkan untuk menyembunyikan salah satu atau lebih *ingredient (trade secret)* yang dianggap penting untuk melindungi kepentingan bisnis perusahaan. Namun pihak perusahaan harus membuka *trade secret* tersebut kepada pihak pengguna jika dalam keadaan *emergency* (Ismail, 2011)

Format LDKB sebaiknya mengikuti format *global harmonize system (GHS)* yang sudah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 23/M- IND/PER/4/2013. GHS adalah sistem global untuk standarisasi kriteria dan mengharmonisasikan sistem klasifikasi bahaya bahan kimia serta mengkomunikasikan informasi tersebut pada label LDKB (Peraturan Menteri Perindustrian RI, 2013).

Dalam peraturan ini ditetapkan bahwa MSDS harus terdiri dari 16 *section* dengan urutan sebagai berikut :

1. Identitas produk dan perusahaan

Bagian ini menjelaskan nama produk dan nama perusahaan pembuat produk tersebut. Nama produk adalah nama yang dikenal oleh masyarakat secara luas. Identitas perusahaan meliputi nama, alamat, dan nomor telepon perusahaan serta tanggal pembuatan dokumen MSDS tersebut (United Nations, 2011).

2. Komposisi/informasi kandungan bahan

Bab ini menjelaskan deskripsi bahan/jenis, sifat, identitas, dan konsentrasi bahan penyusun produk yang dibuat. Nama bahan kimia masing-masing penyusun tercantum jelas beserta *CAS number (Chemical Abstract Services)* termasuk persentase komposisi dan batas kandungan maksimal yang diijinkan (batas ambang berbahaya) dalam hubungannya kontak dengan tubuh manusia sesuai dengan standar internasional. Standar yang dipakai umumnya adalah ANSI (*American National Standards Institute*) atau OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*). Komposisi yang tepat biasanya tidak akan ditulis dalam dokumen MSDS mengingat

hal ini merupakan rahasia perusahaan bagi produsen. Akan tetapi bahan yang secara umum digunakan harus dicantumkan (United Nations, 2011).

3. Identifikasi bahaya

Identifikasi bahaya atau potensi bahaya yang ditimbulkan dijelaskan dalam bab ini. Potensi bahaya bisa berupa bahaya terhadap tubuh manusia/kesehatan, bahaya terhadap kebakaran dan bahaya terhadap reaktivitas dengan bahan lain. Sifat-sifat bahaya :

1. Bahaya kesehatan :

Menjelaskan berbagai cara bahan kimia bisa memaparkan ke tubuh pengguna dengan beberapa cara misalnya penyerapan melalui kulit, pernafasan dan lainnya. Informasi tentang gejala dan akibat terhadap kesehatan apabila tubuh terjadi kontak dengan bahan tersebut seperti :

- Efek terkena paparan yang berlebihan
- Kontak pada mata
- Kontak pada kulit
- Terhirup pada pernafasan

2. Bahaya kebakaran :

Informasi ini menentukan bahan tersebut termasuk kategori bahan mudah terbakar, dapat dibakar, tidak dapat dibakar atau membakar bahan lain. Kemudahan zat tersebut untuk terbakar ditentukan oleh :

- Titik nyala : suhu terendah dimana uap zat dapat dinyalakan.
- Konsentrasi mudah terbakar : daerah konsentrasi uap gas yang dapat dinyalakan. Konsentrasi uap zat terendah yang masih dapat dibakar disebut LFL (*low flammable limit*) dan konsentrasi tertinggi yang masih dapat dinyalakan disebut UFL (*upper flammable limit*). Sifat kemudahan membakar bahan lain ditentukan oleh kekuatan oksidasinya.
- Titik bakar : suhu dimana zat terbakar sendirinya.

3. Bahaya reaktivitas :

Sifat bahaya akibat ketidakstabilan atau kemudahan terurai, bereaksi dengan zat lain atau terpolimerisasi yang bersifat eksotermik (menghasilkan panas) sehingga eksplosif atau reaktivitasnya terhadap gas lain sehingga menghasilkan gas beracun (United Nations, 2011).

Label MSDS tanda bahaya dikelompokkan menjadi 4 hal sesuai dengan simbol belah ketupat yang terdiri dari 4 bagian :



Gambar 2.1 Simbol belah ketupat NFPA 704

(sumber: <https://id.wikipedia.org/wiki/NFPA704>)

Keterangan simbol tersebut adalah :

- Bagian sebelah kiri berwarna biru menunjukkan skala bahaya kesehatan
- Bagian sebelah atas berwarna merah menunjukkan skala bahaya kemudahan terbakar
- Bagian sebelah kanan berwarna kuning menunjukkan skala bahaya reaktivitas
- Bagian sebelah bawah berwarna putih menunjukkan skala bahaya khusus lainnya.

Angka yang tertera pada masing-masing kotak merujuk pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Bahaya terhadap kesehatan

Score	Bahaya terhadap kesehatan
4	sedikit paparan dapat menyebabkan kematian atau cedera fatal meskipun ada pertolongan
3	sedikit paparan dapat menyebabkan sakit serius atau sakit parah meskipun ada pertolongan
2	paparan cukup <i>inters</i> atau berkelanjutan dapat menyebabkan kemungkinan sakit parah atau penyakit menahun
1	paparannya dapat menyebabkan iritasi atau sakit
0	tidak berbahaya bagi kesehatan meskipun kena panas (api)

Tabel 2.3 Bahaya mudah terbakar

Score	Bahaya mudah terbakar
4	cepat menguap pada kondisi normal bahan akan terbakar dengan cepat
3	cair atau padat dapat terakar pada suhu biasa
2	bahan dapat terbakar dengan pemanasan atau dikondisikan pada temperatur tinggi
1	bahan bisa terbakar tapi dipanaskan terlebih dahulu
0	bahan kimia yang tidak dapat terbakar

Tabel 2.4 Bahaya reaktivitas

Score	Bahaya reaktivitas
4	mudah meledak dengan sendirinya atau diledakkan, tereaksi pada tekanan dan temperatur normal serta sensitif terhadap panas dan mekanik
3	mudah meledak tetapi memerlukan penyebab panas atau inisiator dan tumbukan sebelum meledak
2	tidak stabil, perubahan secara drastis akibat kenaikan temperatur atau tekanan atau reaksi secara cepat dengan air. Bereaksi hebat tetapi tidak meledak
1	stabil dalam suhu normal tetapi dapat menjadi tidak stabil akibat kenaikan temperatur atau tekanan
0	stabil, tidak reaktif, meskipun kena panas atau suhu tinggi

4. Tindakan pertolongan pertama

Pada bab ini menjelaskan cara tindakan awal apabila terjadi kontaminasi, dan paparan. karena penghirupan uap/gas, terkena mata dan kulit atau tertelan dari bahan (United Nations, 2011).

5. Tindakan penanggulangan kebakaran

Menjelaskan media pemadam api dan kebakaran akibat dari terbakarnya bahan kimia. Selain itu disertakan tatacara pemadaman kebakaran disertai APD (alat pelindung diri) yang memadai. Selain itu keterangan mengenai sifat bahan mudah terbakar, titik nyala, Batas kemampuan terbakar, batas suhu terendah dan tertinggi mudah terbakar serta bahaya khusus (United Nations, 2011).

6. Tindakan penanggulangan jika terjadi kebocoran

Dalam bab ini dijelaskan tentang hal-hal yang harus dilakukan apabila bejana penyimpan bahan kimia bocor atau tumpah (bahkan menguap) (United Nations, 2011).

7. Penanganan dan penyimpanan

Bab ini menjelaskan tata cara penanganan dan penyimpanan bahan serta kondisi khusus yang diperlukan dalam penyimpanan bahan. Kondisi gudang yang aman serta suhu dan kelembaban yang aman bagi bahan (United Nations, 2011).

8. Pengendalian pemaparan/perlindungan diri

Bab ini menjelaskan Informasi tentang alat bantu dan pelindung yang perlu pada saat pemakaian bahan tersebut. Alat pelindung diri sebagai usaha untuk mengurangi keterpaparan bahan, antara lain sebagai berikut :

- a). Perlindungan pernafasan
- b). Ventilasi
- c). Sarung tangan pelindung
- d). Pelindung mata
- e). Peralatan pelindung lainnya
- f). Pengawasan perlindungan (United Nations, 2011).

9. Sifat fisika dan kimia

Bab ini menjelaskan informasi secara fisika dan kimia. pengaruhnya terhadap kondisi sekitarnya dan menunjukkan batas atau saat material tersebut bisa berubah bentuk (mencair, menyublim atau membeku) Penjelasan sifat-sifat fisika dan kimia antara lain : titik didih, massa jenis, tekanan uap, kerapatan uap, titik beku atau titik cair, kerapatan cairan, pH, kelarutan, penampakan fisik dan bau, dan sebagainya (United Nations, 2011).

10. Stabilitas dan reaktifitas

Berisi tentang kondisi yang harus dihindari, reaksi bahan apabila tercampur dengan bahan lain seperti air, minyak, udara, produk dekomposisi yang berbahaya, produk polimerisasi yang berbahaya atau bahan kimia lain. Selain itu bab ini menjelaskan situasi dan kondisi yang harus dihindari untuk mencegah resiko reaksi bahan tersebut (United Nations, 2011).

11. Informasi toksikologi

Bab ini menjelaskan sifat racun terhadap tubuh berdasarkan analisis kimiawi medis. Sifat-sifat racun yang mungkin pada tubuh berdasarkan hasil pengujian

secara medis dan maupun hasil laporan yang pernah diterima. Keterangan sifat racun seperti: efek lokal, pemaparan akut, dan kronik, termasuk efek karsinogen, teratogen, reproduksi, mutagen, dan interaksi bahan dengan obat, alkohol (United Nations, 2011).

12. Informasi Ekologi lingkungan

Menjelaskan bahaya terhadap lingkungan, dampak lingkungan, degradasi, dan bioakumulasi dan bagaimana menangani limbah atau buangan bahan baik berupa padat, cair maupun gas. Termasuk di dalamnya cara pemusnahan (United Nations, 2011).

13. Pertimbangan pembuangan/pemusnahan limbah

Informasi tentang teknis pembuangan limbah termasuk pembuangan wadah bekas bahan kimia. Dalam bab ini menjelaskan hal-hal sebagai berikut :

- a). Langkah-langkah yang harus diambil untuk pengumpulan limbah
- b). Prosedur pengelolaan dan pengolahan limbah di lapangan
- c). Prosedur pengelolaan dan pengolahan limbah di laboratorium
- d). Metode pemusnahan limbah bahan kimia (United Nations, 2011).

14. Informasi transportasi pengangkutan

Pengangkutan bahan menjadi perhatian khusus dalam penanganan. Beberapa persyaratan internasional harus dicantumkan agar pemegang MSDS bisa mengidentifikasi secara jelas cara pengangkutan yang aman. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pengangkutan antara lain adalah nama dan jenis transportasi, tanda kelas bahaya bahan, tanda label (yang tertera pada bab 3 identifikasi bahaya), tanda merek, prosedur darurat akibat kecelakaan, prosedur penanganan awal yang harus dilakukan selama transportasi. Untuk informasi standar pengangkutan ke luar negeri mengikuti peraturan internasional. Di dalamnya terdapat pasal-pasal dan kode yang menjelaskan tatacara pengangkutan bahan. Peraturan Internasional tersebut antara lain :

- USA DOT : *USA Department of Transportation,*
- RID/ADR : *Agreement on Dangerous Goods by Road/ Regulations concerning the International Transport of Dangerous Goods,*
- IMO : *International Maritime Organisation,*
- ICAO/ IATA : *International Civil Aviation Organization/ International Air Transport Association,*

- IMDG : *International Maritime Dangerous Goods (United Nations, 2011)*.

15. Informasi yang berkaitan dengan regulasi perundang-undangan

Bab ini menjelaskan tentang peraturan perundang-undangan yang terkait dengan bahan yang tertera pada MSDS, termasuk pemberian tanda/symbol dan label, standar dan norma yang berlaku baik dalam kemasan maupun dalam handling pengangkutan (United Nations, 2011).

16. Informasi lainnya

Dalam bab ini diberikan informasi lain yang perlu bagi keselamatan dan kesehatan pekerja seperti pelatihan, saran penggunaan bahan, dan persyaratan peraturan-peraturan lainnya yang mengikat serta sumber informasi lebih lanjut (United Nations, 2011).

Terdapat banyak simbol bahan kimia yang ada, berikut ini adalah simbol bahan kimia serta contoh dan artinya :



Gambar 2.2 GHS Pictograms

(sumber : <https://www.fishersci.com/>)

1. *Toxic* (beracun)

Simbol *toxic* atau beracun menunjukkan bahwa bahan tersebut merupakan bahan yang sifatnya akan menyebabkan sakit bahkan kematian akibat racun jika bahan tersebut terhirup atau tertelan. Bahan kimia dengan simbol ini sebaiknya hindari untuk dihirup dan ditelan atau bahkan juga hindari terjadinya paparan pada kulit.

Contoh : *metanol* dan *benzena*.

2. *Very toxic* (sangat beracun)

Bahan bersifat sangat beracun dan sangat berbahaya bagi kesehatan yang juga mampu menyebabkan sakit kronis bahkan menyebabkan kematian. Hindari kontak langsung pada tubuh dan sistem pernapasan.

Contoh : *Kalium sianida*, *Hydrogen sulfida*, *Nitrobenzene* dan *Atripin*.

3. *Irritant* (iritasi)

irritant atau iritasi merupakan bahan kimia yang dapat menyebabkan iritasi ketika terjadinya paparan pada tubuh. Efek yang ditimbulkan yaitu seperti gatal bahkan hingga luka bakar kecil pada kulit. Tindakan pencegahan yang harus dilakukan adalah dengan mencegah terjadinya kontak kulit dengan bahan ini.

Contoh : *natrium hidroksida*.

4. *Oxidizing* (pengoksidasi)

Bahan kimia dengan label ini dapat bersifat sebagai oksidator atau pengoksidasi dengan kata lain bahan ini mudah terbakar pada kenaikan suhu ketika terjadi kontak dengan bahan yang mudah tereduksi. Oleh karena itu, untuk mencegah terjadinya kebakaran, biasanya bahan semacam ini disimpan dalam wadah tertutup dan terhindar dari suhu tinggi.

Contoh : *hidrogen peroksida* dan *Kalium perklorat*.

5. *Flammable* (mudah terbakar)

Simbol *flammable* hampir sama artinya dengan simbol *oxidizing*, bahan kimia dengan simbol *flammable* memiliki titik nyala api yang sangat rendah sehingga sangat mudah terbakar pada suhu panas ataupun dengan sumber api yang sangat kecil. Sama seperti pada zat pengoksidasi, bahan kimia yang mudah terbakar sebaiknya disimpan jauh dari panas dan sumber yang dapat menghasilkan api.

Contoh : *aseton*.

6. *Highly flammable* (sangat mudah terbakar)

Merupakan bahan kimia yang sangat mudah terbakar dengan tingkat lebih tinggi dari bahan *flammable*. Titik nyala bahan ini sangat rendah. Oleh karena itu sebaiknya bahan *highly flammable* dijauhkan dari sumber panas tertentu.

Contoh : *aseton* dan *logam natrium*.

7. *Extremely flammable* (sangat mudah terbakar)

Simbol *extremely flammable* ditujukan untuk bahan dengan tingkat kemudahan terbakar paling tinggi. Bahkan hanya mengalami kontak dengan udara pun bahan ini bisa terbakar. Simpan bahan ini pada tempat tertutup yang terhindar dari udara dan panas.

Contoh : *dietileter* dan *propan* (gas).

8. *Explosive* (mudah meledak)

Bahan kimia dengan simbol *explosive* merupakan bahan kimia yang mudah meledak ketika terdapat panas atau sumber api kecil, bahkan gesekan juga dapat menyebabkan bahan ini meledak.

Contoh : *trinitro toluena (TNT)*.

9. *Environmental hazard* (bahaya untuk lingkungan)

Bahan kimia dapat berbahaya bagi lingkungan dimana bahan tersebut dapat menyebabkan kematian suatu makhluk hidup. Bahan dengan simbol kimia ini sebaiknya tidak dibuang pada limbah yang mengarah ke lingkungan dan membahayakan makhluk hidup lain.

Contoh : *Tributil timah klorida, Tetraklorometan, dan Petroleum eter*.

10. *Harmfull irritant* (bahaya iritasi)

Simbol bahan kimia ini sama dengan simbol *irritant* dimana bahan kimia dapat menyebabkan iritasi, gatal dan luka bakar ketika terjadinya paparan pada kulit.

Contoh : *Etilenglikol, Diklorometan dan Fenol*.

11. *Corrosive* (korosif)

Bahan kimia dengan simbol korosif berarti dapat merusak jaringan pada makhluk hidup, iritasi, memar, bahkan hingga kulit mengelupas. Bahan korosif ini sangat berbahaya jika terkena kontak dengan kulit.

Contoh : asam sulfat pekat.

12. *Flammable solid* (padatan mudah terbakar)

Bahan dengan simbol ini termasuk bahan yang mudah terbakar namun lebih spesifik pada bahan dengan bentuk padatan atau solid. Hindarkan bahan kimia padat yang mudah terbakar dari suhu tinggi dan sumber api, bahkan bahan ini juga dapat bereaksi dengan air yang menimbulkan panas.

Contoh : *magnesium*.

13. *Flammable liquid* (cairan mudah terbakar)

Bahan ini hampir sama dengan simbol sebelumnya, namun bentuk bahan kimia ini yaitu berbentuk cairan yang mudah terbakar. Cairan ini sebaiknya dihindarkan dari bahan atau benda yang menimbulkan panas dan api.

Contoh : *benzena*.

14. *Flammable gas* (gas mudah terbakar)

Sama seperti kedua simbol sebelumnya, *flammable gas* merupakan bahan kimia yang mudah terbakar namun dalam bentuk gas. Bahan kimia ini sebaiknya dihindarkan dari sumber panas dan api.

Contoh : *gas asetilen* dan *gas hidrogen*.

15. *Poison* (racun)

Simbol bahan kimia *poison* merupakan simbol yang menandakan bahwa di dalam tempat tersebut terdapat bahan kimia beracun. Dalam menggunakan bahan ini sebaiknya berhati-hati dan menggunakan masker.

Contoh : *karbon tetraklorida*.

16. *Inhalation hazard* (bahaya terhirup)

Bahan kimia dengan simbol *inhalation hazard* merupakan bahan yang dapat mengganggu sistem pernapasan pada manusia jika terhirup atau mengalami inhalasi. Oleh karena itu sebaiknya dalam menggunakan bahan ini jangan sampai terhirup dan gunakan masker sebagai pengaman.

17. *Radioactive* (radioaktif)

Simbol radioaktif menunjukkan bahwa bahan kimia dengan simbol tersebut memiliki kandungan material radioaktif. Bahan radioaktif dapat menyebabkan pancaran radiasi secara spontan sehingga dapat menyebabkan radiasi bagi orang yang berada di dekatnya.

Contoh : *uranium*.

18. *Harmfull* (berbahaya)

Simbol *harmfull* pada bahan kimia menunjukkan bahwa bahan kimia tersebut bersifat berbahaya dan dapat mengganggu kesehatan ketika terjadi paparan dengan manusia baik secara kontak, tertelan ataupun inhalasi. Dalam penggunaan bahan ini sebaiknya berhati-hati, gunakan masker, sarung tangan pelindung dan kacamata *safety* sebagai proteksi.

Contoh : *diklorometana*.

19. *Dangerous when wet* (berbahaya ketika basah)

Material dengan simbol *dangerous when wet* merupakan bahan kimia yang bersifat reaktif dengan adanya air. Oleh karena itu jauhkan bahan kimia ini dari air, tempat yang lembab dan simpan dalam tempat kering.

Contoh : *kalsium karbida*.

20. *Non flammable gas* (gas tidak mudah terbakar)

Simbol kimia seperti ini pada umumnya berwarna hijau yang menunjukkan jika bahan kimia tersebut tidak berbahaya dimana bahan ini berupa gas yang tidak mudah terbakar.

Contoh : *oksigen* dan *helium* (Moran dkk, 2010).

II.4 Kromatografi gas spektrometri massa (KGSM)

Kromatografi gas spektrometri massa atau dikenal dengan *gas chromatography mass spectrometry* (GC-MS) adalah metode kombinasi antara kromatografi gas dan spektrometri massa, bertujuan untuk menganalisis berbagai senyawa dalam suatu sampel. Kromatografi gas dan spektrometri massa memiliki prinsip kerja masing-masing, namun keduanya bisa digabungkan untuk mengidentifikasi suatu senyawa, baik secara kualitatif maupun kuantitatif (Gandjar, G, 2007).

Kromatografi gas (KG) merupakan salah satu teknik kromatografi yang menggunakan prinsip pemisahan campuran berdasarkan perbedaan kecepatan migrasi komponen-komponen penyusunnya. Kromatografi gas biasa digunakan untuk mengidentifikasi suatu senyawa yang terdapat pada campuran gas dan menentukan konsentrasi suatu senyawa dalam fase gas. Metode ini merupakan salah satu pemisahan yang sekaligus dapat menganalisis senyawa-senyawa organik maupun anorganik yang bersifat termostabil dan mudah menguap (Setyowati, 2013).

Berdasarkan bentuk fase diam yang digunakan teknik kromatografi gas digolongkan dalam dua golongan, yaitu kromatografi padat-gas (*gas solid chromatography*) bila sebagai fase diam digunakan adsorben padat dan kromatografi gas-cair (*gas liquid chromatography*) bila sebagai fase diam digunakan fase cair yang dilapiskan pada penyangga *inert* atau sebagai lapisan tipis pada dinding kolom kapiler (Setyowati, 2013).

Spektrometri massa (SM) adalah suatu metode untuk mendapatkan berat molekul dengan cara mencari perbandingan massa terhadap muatan dari ion yang muatannya diketahui dengan mengukur jari-jari orbit melingkarnya dalam medan magnetik seragam (Gandjar, G, 2007).

Penggunaan kromatografi gas dapat dipadukan dengan spektrometri massa. Paduan keduanya dapat menghasilkan data yang lebih akurat dalam identifikasi senyawa yang dilengkapi dengan struktur molekulnya. Kromatografi gas ini mirip dengan distilasi

fraksional, karena kedua proses memisahkan komponen dari campuran, terutama berdasarkan pada perbedaan titik didih (atau tekanan uap). Namun, destilasi fraksional biasanya digunakan untuk memisahkan komponen-komponen dari campuran pada skala besar, sedangkan GC dapat digunakan pada skala yang lebih kecil yaitu mikro (Pavia dkk, 2006).

Mekanisme kerja kromatografi gas yaitu gas didalam silinder baja bertekanan tinggi dialirkan melalui kolom yang berisi fase diam, cuplikan berisi campuran yang akan dipisahkan, biasanya dalam bentuk larutan, kemudian disuntikkan kedalam aliran gas tersebut, cuplikan akan dibawa oleh gas pembawa kedalam kolom dan didalam kolom terjadi proses pemisahan. Komponen campuran yang telah terpisah satu persatu akan meninggalkan kolom dan akan terdeteksi oleh detektor (Hendayana, 2010).

Komponen alat GC-MS sebagai berikut :

1. Gas pembawa

Gas pembawa (*carrier gas*) ditempatkan dalam silinder bertekanan tinggi. Biasanya tekanan dari silinder sebesar 150 atm. Tetapi tekanan ini sangat besar untuk digunakan secara langsung (Hendayana, 2010). Gas pembawa harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Harus *inert*, tidak bereaksi dengan cuplikan, cuplikan-pelarut, dan material dalam kolom.
- Murni dan mudah diperoleh, murah.
- Sesuai/cocok untuk detektor.
- Harus mengurangi difusi gas.

Gas-gas yang sering dipakai adalah *helium*, *argon*, *nitrogen*, *karbon dioksida* dan *hidrogen*. Gas *helium* dan *argon* sangat baik, tidak mudah terbakar, tetapi sangat mahal. *Hidrogen* mudah terbakar, sehingga harus berhati-hati dalam pemakaiannya. Kadang-kadang digunakan juga *karbon dioksida*. Untuk mendapatkan hasil yang optimum, harus digunakan gas dengan kemurnian diatas 99,995%. Kontaminan seperti udara atau air dapat menyebabkan dekomposisi sampel dan kerusakan pada kolom serta detektor (Hendayana, 2010).

Pemilihan gas pembawa ditentukan oleh detektor yang digunakan. Tabung gas pembawa dilengkapi dengan pengatur tekanan keluar dan pengukur tekanan.

Sebelum masuk ke kromatografi, ada pengukur kecepatan aliran gas dan sistem penapis molekuler untuk memisahkan air dan pengotor gas lainnya. Kecepatan alir gas diatur melalui pengatur tekanan dua tingkat yaitu pengatur kasar (*coarse*) pada tabung gas dan pengatur halus (*fine*) pada kromatografi. Tekanan gas masuk ke kromatograf (yaitu tekanan dari tabung gas) diatur pada 10-50 psi (di atas tekanan ruangan) untuk memungkinkan aliran gas 25-150 mL/ menit pada kolom dan 1-25 mL/ menit untuk kolom kapiler (Hendayana, 2010).

2. Sistem injeksi (*injection port*)

Sistem injeksi digunakan untuk membawa masuk sampel ke dalam aliran gas pembawa. Sampel harus dalam bentuk fase uap. Gas dan uap dapat dimasukkan secara langsung. Tetapi kebanyakan senyawa organik berbentuk cairan dan padatan. Senyawa yang berbentuk cairan dan padatan pertama-tama harus diuapkan dan membutuhkan pemanasan sebelum masuk ke dalam kolom. Sistem injeksi dari alat KGSM selalu dipanaskan. Suhu dari sistem injeksi dapat diatur. Suhu tempat injeksi tidak boleh terlalu tinggi, karena kemungkinan akan terjadi perubahan karena panas atau penguraian dari senyawa yang akan dianalisa. Sampel diinjeksikan dengan jarum suntik mikro (*microsyringe*) melalui septum karet silikon yang dapat menutup lagi ke dalam ruang injeksi (*injection port*) yang dilapisi gelas. Jarum injeksi disebut "*gas tight syringe*". Penguapan sampel dengan segera di dalam ruang injeksi (*Flash vaporisation*) adalah metode yang umum digunakan untuk mendapatkan reproduksibilitas waktu retensi yang baik dan menjaga efisiensi kolom. Sampel cair yang diinjeksikan segera dijadikan bentuk uap, kemudian dicampur dengan gas pembawa dan dibawa sampai mencapai *split point*, sebagian akan masuk ke dalam kolom dan sebagian dihembuskan keluar. Perbandingan gas yang masuk ke dalam kolom terhadap gas yang dihembus keluar (*split ratio*) digunakan untuk memperkirakan volume sampel yang masuk ke dalam kolom kapiler. Untuk mendapatkan efisiensi kolom yang baik, pelebaran pita uap harus dicegah dengan cara injeksi sampel cepat dan volume sampel tidak berlebihan. Oleh karena itu, sistem injektor harus dapat dipanaskan supaya sampel bukan gas dapat segera dijadikan dalam bentuk uap, volume yang dimasukkan harus kecil, dan tidak ada daerah dalam sistem transport tersebut yang tidak dapat dibawa oleh gas pembawa. Jumlah cuplikan yang diinjeksikan untuk analisa adalah 0,5-50 ml gas dan 0,2-20 ml untuk cairan (Shalahuddin, 2012).

3. Kolom

Kolom berfungsi sebagai tempat pemisah yang mengandung fase diam. Ada beberapa bentuk kolom diantaranya lurus, bengkok, misal berbentuk V/W, dan kumparan/spiral. Kolom selalu berbentuk tabung. Fase bergerak akan lewat didalamnya dengan sampel (Setyowati, 2013).

Ada dua jenis kolom yang digunakan dalam KG, yaitu :

- *Packed column* (kolom yang dikapak), umumnya terbuat dari *glass* atau *stainless steel coil*. Dikapak dengan baja bebas karat, nikel, atau gelas agar tidak terjadi interaksi. Biasanya digunakan sebagai bahan pendukung yang inert seperti *diatomae* dan *chromosorb*. Fase diam cair yang akan digunakan sesuai dengan hukum “*like dissolve like*”, fase diam yang polar akan lebih berinteraksi dengan senyawa yang lebih polar, dan sebaliknya. Kolom ini memiliki ukuran panjang 1,5-10 m dan diameter 2,2-4 mm.
- *Capillary column* (kolom kapiler terbuka), umumnya terbuat dari *purified silicate glass* sehingga tidak mudah patah, berikatan secara silang antara silikon dengan oksigen, tidak seperti gelas biasa. Panjang 10-100 m dan diameter dalam kurang dari 1 mm, berkisar antara 0,3-0,5 mm. Efisiensi kolom kapiler jauh lebih tinggi dibandingkan terhadap *packed column*. Kapasitas kolom kapiler dapat dinaikkan dengan melapisi dinding kolom dengan bahan *porous*, yang akan menambah luas permukaan, dan dengan sendirinya menambah volume fase diam cair. Jenis kolom ini disebut SCOT (*Support Coated Open Tubular column*) dengan kolom ini, tahanan gas menjadi lebih rendah dan kolom dapat diperpanjang, mengakibatkan resolusi yang jauh lebih baik. Jenis *stationary phase* yang sering digunakan yaitu, *Polysiloxanes* untuk analit/sampel nonpolar, *Polyethylene glycol* untuk analit/sampel polar, dan *Inorganic* atau *polymer packing* untuk sample bersifat *small gaseous species* (Setyowati, 2013).

4. Detektor

Detektor ditempatkan dalam *outlet* kolom untuk mendeteksi solut yang teremisikan dari kolom. Detektor tersebut harus mampu memberi respon dengan cepat dan reproduksibel pada konsentrasi solut dalam fase gerak pada umumnya berkisar antara ppm-ppt. Sifat lain dari detektor adalah memberikan respon linier terhadap solut dan stabil dalam jangka waktu lama. Temperatur detektor harus diatur lebih

tinggi dari temperatur kolom, agar sampel dan segala sesuatu yang keluar dari kolom tidak mengalami kondensasi pada detektor (Hendayana, 2010). Para ilmuwan telah berhasil mengoperasikan berbagai macam detektor kromatografi gas, diantara berbagai jenis detektor yang sering digunakan yaitu :

- Detektor Konduktivitas Thermal (*Thermal Conductivity Detector*; TCD)

Suatu detektor sederhana yang dapat digunakan secara luas, berdasarkan perbedaan konduktivitas thermal aliran gas sebelum injektor dan akhir (*outlet*) kolom. Respon detektor lebih besar bila perbedaan konduktivitas gas pembawa dan solut lebih besar, karena dasar kerjanya, TCD memerlukan kontrol temperatur yang akurat, perbedaan temperatur antara blok kolom dan detektor akan mempengaruhi sensitivitas pada temperatur 15-50°C diatas temperatur kolom.

- Detektor Ionisasi Nyala (*Flame Ionization Detector*; FID)

Pada nyala hidrogen udara, senyawa organik pada umumnya akan mengalami pirolisa dan membentuk intermediat ionik, yang memungkinkan mekanisme penghantar arus listrik melalui nyala. Ion-ion tersebut dikoleksi pada *anode* dan arus listrik yang terjadi dapat diukur. Jenis gas pembawa mempengaruhi respon FID. Respon FID akan menurun sesuai dengan urutan gas pembawa : *argon>nitrogen>helium>hidrogen*. Gas hidrogen dan udara akan masuk ke dalam FID karena digunakan sebagai bahan bakar nyala.

- Detektor Fotometrik Nyala (*Flame Photometric Detector*; FPD)

Detektor ini adalah suatu filter fotometer emisi nyala, terutama digunakan untuk determinasi senyawa sulfur yang mudah menguap. Efluen kolom dialirkan melalui nyala hidrogen-udara dengan temperatur rendah.

- Detektor Penangkap Elektron (*Electron Capture Detector*; ECD)

ECD terdiri dari *-emitter* (⁶³Ni atau tritium) yang menyebabkan terjadinya ionisasi gas pembawa dan terbentuknya elektron. Apabila dalam efluen memberikan arus konstan (*constant standing current*) diantara sepasang elektroda. Arus konstan tersebut akan mengalami penurunan dengan adanya gugus elektro negatif yang mempunyai tendensi untuk menangkap elektron. Detektor ini bersifat selektif dan sangat sensitif terhadap gugus fungsional elektro

negatif seperti halogen, peroksida, kuinon, dan nitro. Tidak sensitif terhadap senyawa amin, alkohol, dan hidrokarbon (Shalahuddin, 2012).

5. Oven

Oven digunakan untuk memanaskan kolom pada temperatur tertentu sehingga mempermudah proses pemisahan komponen sampel. Kolom terletak didalam sebuah oven dalam instrumen. Suhu oven harus diatur dan sedikit dibawah titik didih sampel. Biasanya oven memiliki jangkauan suhu 30°C – 320°C (Setyowati, 2013).

6. Sumber ion

Setelah analit melalui kolom kapiler, kemudian akan diionisasi. Ionisasi pada spektrometri massa yang terintegrasi dengan GC ada dua, yaitu : *Electron Impact* (EI) atau *Chemical Ionization* (CI)

- *Electron Impact-MS*

Merupakan pola ionisasi sampel dengan berkas elektron berenergi tinggi (elektron *bombardement*). Karena energinya tinggi (70 eV) maka fragmentasinya banyak dan kelimpahan M⁺ relatif kecil, intensitas puncak ion molekul kecil, bahkan sering tidak nampak, sehingga menyulitkan interpretasi spektra.

- *Chemical Ionization-MS*

Merupakan pola ionisasi sampel yang menggunakan gas (misalnya *metan, isobutan atau ammonia*) yang diionkan. Energi ionisasi lebih kecil dibanding EI-MS, sehingga fragmentasinya lebih kecil dan kelimpahan relatif M⁺ tinggi. Dalam spektra CI, informasi mengenai BM molekul sampel diperoleh dari protonasi molekul sampel, dan harga m/z yang diperoleh adalah satu unit lebih besar dibanding BM yang sesungguhnya (Setyowati, 2013).

Pada KG-SM, lebih sering digunakan EI dengan energi 70 eV di mana prinsip kerjanya adalah molekul sampel dalam fase uap dibombardir dengan elektron berenergi tinggi (70 eV) yang menyebabkan lepasnya satu elektron dari kulit valensi molekul tersebut. Molekul yang kehilangan satu elektron akan menjadi suatu kation radikal (kation karena mempunyai muatan positif, radikal karena jumlah elektronnya ganjil). Kation radikal tersebut mengandung semua atom-atom dari molekul asal, minus satu elektron, dan disebut ion molekul (*molecular ion*), dan dinyatakan dengan M⁺. Sebagai hasil dari tabrakan dengan elektron berenergi tinggi, ion

molekul akan mempunyai energi yang tinggi dan dapat pecah menjadi fragmen yang lebih kecil (kation, radikal atau molekul netral). Ion molekul, ion fragmen dan ion radikal fragmen dipisahkan dengan menggunakan medan magnet yang dapat divariasikan sesuai dengan perbandingan massa/ muatannya (m/z) dan menghasilkan arus listrik (arus ion) pada kolektor/detektor yang sebanding dengan kelimpahan relatifnya. Fragmen dengan m/z yang besar akan turun terlebih dahulu diikuti fragmen dengan m/z yang lebih kecil. Partikel netral (yang tak bermuatan atau radikal) yang dihasilkan dalam fragmentasi tidak dapat dideteksi secara langsung dalam spektrometer massa (Setyowati, 2013).

Kebanyakan kation yang dihasilkan dalam spektrometer massa mempunyai muatan=1 ($z=1$), sehingga m/z secara langsung menunjukkan massa dari kation tersebut. Spektrum massa adalah suatu plot antara kelimpahan relatif dengan perbandingan m/z . Kelimpahan dari fragmen tergantung pada kesetimbangan antara kecepatan pembentukannya dan kecepatan dekomposisinya. Fragmen yang melimpah terbentuk dengan mudah dan mempunyai tendensi yang rendah untuk terfragmentasi lebih lanjut, atau dengan kata lain, relatif stabil. Fragmen yang paling melimpah dinyatakan mempunyai kelimpahan relatif (*relative abundance* =RA) 100% dan disebut dengan *base peak*. Kelimpahan fragmen-fragmen yang lain dinyatakan relatif terhadap *base peak*. Ketika analit keluar dari kolom kapiler, ia akan diionisasi oleh elektron dari filamen *tungsten* yang diberi tegangan listrik. Ionisasi terjadi bukan karena tumbukan elektron dan molekul, tapi karena interaksi medan elektron dan molekul, ketika berdekatan. Hal tersebut menyebabkan satu elektron lepas, sehingga terbentuk ion molekular M^+ , yang memiliki massa sama dengan molekul netral, tetapi bermuatan lebih positif. Adapun perbandingan massa fragmen tersebut dengan muatannya disebut *mass to charge ratio* yang disimbolkan m/z . Ion yang terbentuk akan didorong ke *quadrupoles* atau *mass filter*. *Quadrupoles* berupa empat elektromagnet (Setyowati, 2013).

7. Filter

Pada *quadrupoles*, ion-ion dikelompokkan menurut m/z dengan kombinasi frekuensi radio yang bergantian dan tegangan DC. Hanya ion dengan m/z tertentu yang dilewatkan oleh *quadrupoles* menuju ke detektor (Setyowati, 2013).

8. Detector

Detektor terdiri atas *high energy dynodes* (HED) dan *electron multiplier* (EM) *detector*. Ion positif menuju HED, menyebabkan elektron terlepas. Elektron kemudian menuju kutub yang lebih positif, yaitu ujung tanduk EM. Ketika elektron menyinggung sisi EM, maka akan lebih banyak lagi elektron yang terlepas, menyebabkan sebuah arus/aliran. Kemudian sinyal arus dibuat oleh detektor proporsional terhadap jumlah ion yang menuju detektor. Mekanisme kerjanya yaitu sampel diupkan di bawah vakum dan dionkan dengan menggunakan berkas elektron. Ion sampel dipercepat menggunakan medan listrik memasuki tabung penganalisis dimana ion sampel dilalukan dalam suatu medan magnet. Medan magnet akan merubah jalan/lintasan dari ion-ion. Dalam kekuatan medan magnet yang diberikan, hanya ion-ion dengan ratio massa/muatan tertentu akan difokuskan ke detector, sedang ion-ion yang lain akan dibelokkan ke dinding tabung. Dengan memvariasi kekuatan medan magnet yang digunakan, maka ion dengan m/z lebih besar akan mencapai detektor lebih dulu diikuti m/z yang lebih kecil. Arus listrik yang diterima detektor akan diperkuat dan spektrum massa dari sampel akan direkam. Data dari spektrometer massa dikirim ke komputer dan diplot dalam sebuah grafik yang disebut spektrum massa (Setyowati, 2013).

Keunggulan dari metode ini adalah sebagai berikut :

1. Efisien, resolusi tinggi sehingga dapat digunakan untuk menganalisa partikel berukuran sangat kecil seperti polutan dalam udara
2. Aliran fasa bergerak (gas) sangat terkontrol dan kecepatannya tetap.
3. Pemisahan fisik terjadi didalam kolom yang jenisnya banyak sekali, panjang dan temperaturnya dapat diatur.
4. Banyak sekali macam detektor yang dapat dipakai pada kromatografi gas (saat ini dikenal 13 macam detektor) dan respons detektor adalah proporsional dengan jumlah tiap komponen yang keluar dari kolom.
5. Sangat mudah terjadi pencampuran uap sampel kedalam fasa bergerak.
6. Kromatograf sangat mudah digabung dengan instrumen fisika-kimia yang lainnya, contohnya GC/FT-IR/MS.
7. Analisis cepat, biasanya hanya dalam hitungan menit.

8. Tidak merusak sampel.
9. Sensitivitas tinggi sehingga dapat memisahkan berbagai senyawa yang saling bercampur dan mampu menganalisa berbagai senyawa meskipun dalam kadar/konsentrasi rendah. Seperti dalam udara, terdapat berbagai macam senyawa yang saling bercampur dan dengan ukuran partikel/molekul yang sangat kecil.

Kekurangan dari metode ini adalah sebagai berikut :

1. Teknik Kromatografi gas terbatas untuk zat yang mudah menguap
2. Kromatografi gas tidak mudah dipakai untuk memisahkan campuran dalam jumlah besar. Pemisahan pada tingkat mg mudah dilakukan, pemisahan pada tingkat gram mungkin dilakukan, tetapi pemisahan dalam tingkat pon atau ton sukar dilakukan kecuali jika ada metode lain.
3. Fase gas dibandingkan sebagian besar fase cair tidak bersifat reaktif terhadap fase diam dan zat terlarut (Setyowati, 2013).