

# Penggunaan Aritmetika Modulo dalam Menentukan “CAS Registry Number”

Gerry Kastogi / 13513011  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia  
13513011@std.stei.itb.ac.id

**Abstract** — Makalah ini berisi penjelasan mengenai penggunaan ‘Aritmetika modulo’ dalam menentukan jenis – jenis bahan kimia yang berbeda. Dalam makalah ini juga akan dibahas mengenai cara memperoleh angka unik yang ada di akhir deretan angka Chemical Abstracts Service (CAS) dan alasan mengapa digunakan sistem penomoran dengan menggunakan ‘Aritmetika Modulo’. Teori yang digunakan dalam penomoran CAS adalah teori yang sudah ditemukan dari zaman dahulu, namun penggunaannya masih relevan untuk menentukan zat – zat kimia sampai saat ini. Perhitungan dari penomoran CAS hampir sama dengan penomoran pada ISBN, penomoran ini digunakan untuk mengklasifikasikan zat – zat kimia berdasarkan sifat – sifatnya.

**Kata kunci** : Chemical Abstracts Service (CAS), teori bilangan, Aritmetika modulo, unsur kimia, senyawa kimia, polimer, alloy, rumus molekul

## I. PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang sudah banyak teknologi dan juga teori – teori baru yang dikemukakan oleh para ahli di bidangnya masing – masing. Hal ini dikarenakan semakin kompleksnya permasalahan yang ada dan tidak mungkin lagi ditemukan solusinya dengan teori lama.

Namun dalam bidang kimia masih ada teori lama yang digunakan sampai sekarang. Teori tersebut adalah teori bilangan. Terutama yang digunakan di sini adalah Aritmetika Modulo. Dalam bidang kimia teori ini berperan penting dalam menentukan penomoran Chemical Abstracts Service atau lebih dikenal dengan nama CAS. Bilangan ini digunakan untuk memberi penomoran pada zat – zat kimia yang telah ditemukan.

Saat ini zat – zat kimia yang sudah ditemukan berjumlah lebih dari 10 juta senyawa kimia dan tentu saja akan sulit untuk mengidentifikasinya satu per satu. Oleh karena itu para ahli perlu suatu penomoran yang dapat menentukan secara spesifik zat kimia apa yang dimaksud. Banyak cara melakukan penomoran zat – zat kimia. Misalnya saja dengan mengurutkannya berdasarkan waktu zat kimia itu ditemukan, atau diurutkan berdasarkan unsur – unsur yang membentuknya, berapa banyak rantai pembentuknya, atau bahkan berdasarkan wujud dari zat kimia tersebut. Namun hal tersebut tidak dapat digunakan karena terlalu banyak zat kimia yang

memiliki sifat – sifat yang sama atau bahkan mirip. Oleh karena itu diciptakan suatu penomoran yang memanfaatkan teori bilangan. Dengan menggunakan Aritmetika Modulo para ahli dapat dengan mudah mengetahui secara spesifik zat kimia apa yang dimaksudkan, karena setiap zat kimia memiliki nomor yang unik.

Selain itu Aritmetika Modulo yang digunakan dalam menentukan penomoran CAS sudah digunakan di bidang – bidang lainnya seperti komunikasi, computer science, atau bahkan dalam bidang musik.

## II. LANDASAN TEORI

### 2.1 Teori Bilangan

Teori bilangan merupakan salah satu cabang dari ilmu matematika murni yang membahas mengenai operasi atau sifat – sifat yang berhubungan dengan bilangan bulat. Dalam teori bilangan ini dibahas beberapa teori yang berhubungan dengan bilangan bulat, di antaranya Aritmetika Modulo, Teorema Euclidean, ‘Chinese Remainder Problem’ yang ditemukan oleh Sun Tse, serta kekongruenan lanjut.

Teori bilangan ini banyak digunakan dalam kehidupan sehari – hari maupun bidang keilmuan lainnya. Seperti misalnya dalam bidang kimia digunakan untuk menentukan penomoran CAS, dalam bidang teknologi digunakan untuk mengenkripsi suatu data agar informasi yang disampaikan tidak mudah dibajak, atau bisa juga digunakan untuk menentukan nilai ISBN sebuah buku. Selain itu teori bilangan banyak digunakan di bidang *computer science*, salah satu contohnya adalah dalam melakukan perhitungan bitwise (or, xor, and).

Tidak hanya itu teori bilangan juga dapat digunakan dalam bidang – bidang kesenian seperti musik. Dalam musik sering digunakan aritmetika modulo 12 yang digunakan untuk menentukan kesamaan bunyi nada.

### 2.2 Aritmetika Modulo

Aritmetika Modulo pertama kali diperkenalkan pada tahun 1801 oleh seorang matematikawan yang bernama Carl Friedrich Gauss dalam bukunya yang berjudul “Disquisitiones Arithmeticae”. Di zaman

sekarang Aritmetika Modulo biasa digunakan untuk melakukan komputasi bilangan bulat. Salah satu penggunaannya yang paling penting adalah dalam kriptografi. Dalam kriptografi aritmetika modular secara langsung mendasari sistem kunci publik (public key) seperti RSA atau Diffie-Hellman. Selain itu Aritmetika Modulo memegang peranan penting dalam bidang teknologi komunikasi. Aritmetika modulo digunakan untuk menghasilkan sandi Solomon (Solomon Code) yang diciptakan untuk memperbaiki kesalahan pada penyampaian pesan yang terkadang rusak atau hilang. Hal ini biasanya terjadi pada penyampaian pesan yang dilakukan oleh satelit yang berada di luar angkasa dengan orang yang ada di bumi. Karena jaraknya yang begitu jauh seringkali pesan yang disampaikan tidak sempurna. Di sinilah digunakan Aritmetika Modulo untuk memperbaiki pesan yang ingin disampaikan.

Selain itu Aritmetika Modulo juga digunakan untuk mencari kekongruenan lanjar. Cara mencarinya cukup sederhana, yaitu :

$$ax \equiv b \pmod{m} \quad \dots\dots\dots (1)$$

di mana :  $m > 0$   
 $a, b =$  sembarang bilangan bulat  
 $x =$  peubah bilangan bulat

persamaan (1) di atas dapat dituliskan sebagai :

$$ax = b + km \quad \dots\dots\dots (2)$$

dari persamaan (2) dapat diperoleh nilai x

$$x = \frac{b + km}{a}$$

Lalu cobakan nilai k dengan bilangan ..., -2, -1, 0, 1, 2, ... yang menghasilkan nilai x berupa bilangan bulat.

### 2.3 Zat – Zat Kimia

Zat – zat dalam bidang kimia dibagi menjadi beberapa di antaranya adalah unsur, senyawa, polimer, serta alloy (logam paduan).

Unsur dalam bidang kimia merupakan zat kimia yang sudah tidak dapat dibagi lagi menjadi zat yang lebih kecil. Atau dengan kata lain unsur adalah zat kimia yang paling sederhana.

The image shows a standard periodic table of elements. The columns are labeled 'Group' from 1 to 18. The rows are labeled 'Period' from 1 to 7. The first two rows (Periods 1 and 2) are shown in detail. Below Period 7, there are two rows for 'Lanthanides' (groups 57-71) and 'Actinides' (groups 89-103). Each element cell contains its atomic number, symbol, and name.

Gambar 2.1 Tabel Periodik Unsur

Selain unsur ada juga senyawa yang merupakan zat kimia murni yang terdiri dari dua atau lebih unsur, yang dapat dipecah lagi menjadi unsur – unsur pembentuknya. Contohnya seperti air ( $H_2O$ ) yang dibentuk oleh unsur hidrogen ( $H_2$ ) dan oksigen ( $O_2$ ).

Zat kimia yang lain adalah polimer yang merupakan zat kimia yang terbentuk dari beberapa molekul identik yang disebut monomer. Yang terakhir ada alloy yang terbentuk dari dua atau lebih elemen di mana minimal salah satu elemennya adalah logam.

### 2.4 Penomoran CAS

Penomoran CAS atau yang dikenal juga dengan CASRN maupun nomor CAS merupakan nomor unik yang digunakan oleh Chemical Abstracts Service kepada setiap zat kimia yang sudah ditemukan oleh para ahli. Termasuk di dalamnya senyawa organik maupun anorganik, isotop, maupun alloy. Sampai saat ini penomoran CAS telah mengidentifikasi lebih dari 81 juta senyawa organik dan senyawa anorganik, serta 64 juta lebih protein serta susunan DNA. Penomoran CAS ini terdiri dari 2 – 10 digit yang unik. Sehingga dalam melakukan perhitungan untuk menentukan nomor CAS digunakan perhitungan dengan modulo 10.

## III. PERHITUNGAN NOMOR CAS

### 3.1 Teori yang Digunakan

Teori yang digunakan untuk menghitung nomor CAS adalah teori sederhana mengenai Aritmetika modulo. Misalkan ada tujuh angka unik 123-45-67 maka angka ke Sembilan dari deretan angka tersebut dapat ditentukan dengan mengalikan angka ke tujuh dengan 1, kemudian angka ke enam dengan 2, dan seterusnya sampai pada perkalian angka pertama dengan 7.

Setelah itu jumlahkan semua angka – angka yang tadi telah dikalikan. Setelah diperoleh jumlahnya maka lakukan operasi modulo pada bilangan tersebut.

### 3.2 Aritmetika Modulo dalam CAS

Penggunaan Aritmetika modulo di dalam 'CAS Registry Number' dibagi lagi ke dalam beberapa kelompok zat kimia yang berbeda. Di antaranya :

- Senyawa organik  
Merupakan bagian dari kelas besar gas, cairan, atau padatan yang molekulnya memiliki rantai karbon. Contohnya adalah metana.
- Senyawa anorganik  
Merupakan senyawa yang bukan organik, biasanya senyawa ini disintesis oleh keadaan geologi. Contohnya karbondioksida.
- Logam
- Alloys (logam leburan)
- Mineral  
Merupakan zat kimia yang stabil dalam suhu ruangan, direpresentasikan dalam rumus kimia, serta tidak berasal dari makhluk hidup.
- Senyawa koordinasi
- Logam organik
- Partikel nuklir
- Polimer  
Merupakan molekul yang berukuran besar atau yang sering dikenal dengan istilah makro molekul. Yang terdiri dari banyak sub unit.
- Isotop
- Protein

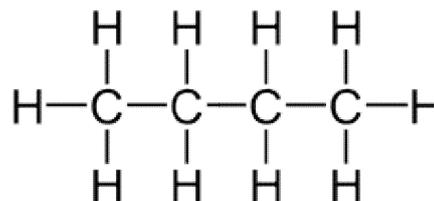
Seperti yang telah dibahas sebelumnya masing – masing zat kimia ini memiliki sifatnya masing – masing yang membuat mereka berbeda satu dengan yang lain. Setidaknya ada sekitar 15.000 senyawa kimia baru yang ditambahkan ke dalam penomoran CAS setiap harinya. Oleh karena itu penomoran ini sangatlah diperlukan di dalam menentukan zat kimia apa yang telah ditemukan.

### 3.3 Alasan Penggunaan Nomor CAS

Banyak pertanyaan yang muncul mengenai penomoran CAS ini. Namun alasan sebenarnya para ahli menggunakan penomoran CAS ini karena senyawa – senyawa kimia yang dimasukkan ke dalam basis data dapat dijelaskan atau dispesifikasikan dengan banyak cara. Di antaranya:

- Rumus molekul  
Rumus molekul menunjukkan jumlah atom yang ada di dalam suatu molekul. Contohnya rumus molekul untuk glukosa adalah  $C_6H_{12}O_6$  sedangkan rumus empiris untuk glukosa adalah  $CH_2O$ . Namun seringkali pengelompokan ini menimbulkan ambiguitas karena ada senyawa yang memiliki rumus molekul sama. Misalnya saja fruktosa, manosa, dan glukosa memiliki rumus molekul yang sama yaitu  $C_6H_{12}O_6$ .
- Struktur kimia  
Karena rumus molekul sering menimbulkan ambiguitas maka dibutuhkan struktur kimia

untuk lebih memperjelas deskripsi dari suatu zat kimia.



Gambar 3.1 struktur kimia butana

Gambar di atas merupakan contoh struktur kimia dari butane yang memiliki rumus molekul  $C_4H_{10}$

- Nama Sistematis  
Dalam bidang kimia penamaan sistematis ini diperkenalkan oleh IUPAC sebagai penamaan yang menggunakan awalan berupa angka ataupun tidak. Contohnya benzene memiliki nama sistematis cyclohexatriene.
- Nama trivial  
Dalam bidang kimia penamaan trivial sama dengan penamaan non-sistematis. Artinya dalam penamaan ini tidak menandakan apapun seperti rumus molekulnya ataupun jumlah rantainya. Dan penamaan ini juga sering menimbulkan ambiguitas karena penamaan ini biasanya berbeda di setiap perusahaan ataupun dalam wilayah geografis yang berbeda.

Keempat pengelompokan kimia di atas memiliki kelemahan masing – masing terutama ambiguitas yang membuat setiap zat kimi terkadang tidak dapat dibedakan. Oleh karena itu dipilihlah sistem penomoran CAS, karena penomoran CAS unik dan secara spesifik merujuk kepada satu jenis zat kimia meskipun dengan banyak cara zat kimia itu dapat dideskripsikan. Selain itu juga pemerintah telah memutuskan bahwa penomoran CAS ideal untuk mendeskripsikan zat kimia karena :

- Penomoran CAS unik
- Penomoran CAS dapat divalidasi dengan cepat dan pasti
- Penomoran CAS telah diakui secara internasional

### 3.4 Penomoran CAS

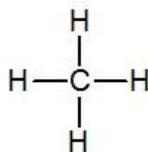
Berikut akan dijelaskan cara melakukan perhitungan nomor CAS.

- Mineral  
ZnS (Zinc sulfide)  
No. CAS : 1314-98-3

Angka 3 di belakang merupakan hasil dari penjumlahan :

$$[(8 \times 1) + (9 \times 2) + (4 \times 3) + (1 \times 4) + (3 \times 5) + (1 \times 6)] \text{ mod } 10 = 3$$

- b. Senyawa organik  
CH<sub>4</sub> (methane)



Gambar 3.2 struktur kimia metana

No. CAS : 74-82-8

Angka 8 di belakang merupakan hasil dari penjumlahan :

$$[(2 \times 1) + (8 \times 2) + (4 \times 3) + (7 \times 4)] \text{ mod } 10 \\ 58 \text{ mod } 10 = 8$$

- c. Senyawa anorganik  
C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> (glukosa)  
No. CAS : 630-08-0

Angka 0 di belakang merupakan hasil dari penjumlahan :

$$[(8 \times 1) + (0 \times 2) + (0 \times 3) + (3 \times 4) + (6 \times 5)] \text{ mod } 10 \\ 50 \text{ mod } 10 = 0$$

- d. Kristal  
FeCl<sub>2</sub>•4H<sub>2</sub>O (iron(II) chloride tetrahydrate)  
No. CAS : 13478-10-9

Angka 9 di belakang merupakan hasil dari penjumlahan :

$$[(0 \times 1) + (1 \times 2) + (8 \times 3) + (7 \times 4) + (4 \times 5) + (3 \times 6) + (1 \times 7)] \text{ mod } 10 \\ 99 \text{ mod } 10 = 9$$

- e. Logam  
Cu (tembaga)



Gambar 3.3 tembaga

No. CAS : 7440-50-8

Angka 8 di belakang merupakan hasil dari penjumlahan :

$$[(0 \times 1) + (5 \times 2) + (0 \times 3) + (4 \times 4) + (4 \times 5) + (7 \times 6)] \text{ mod } 10 \\ 88 \text{ mod } 10 = 8$$

- f. Polimer  
Polytetrafluoroethylene (PTFE)  
No. CAS : 9002-84-0

Angka 0 di belakang merupakan hasil dari penjumlahan :

$$[(4 \times 1) + (8 \times 2) + (2 \times 3) + (0 \times 4) + (0 \times 5) + (9 \times 6)] \text{ mod } 10 \\ 80 \text{ mod } 10 = 0$$

- g. Senyawa koordinasi  
Fe(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub> (ferrocene)  
No. CAS : 102-54-5

Angka 5 di belakang merupakan hasil dari penjumlahan :

$$[(4 \times 1) + (5 \times 2) + (2 \times 3) + (0 \times 4) + (1 \times 5)] \text{ mod } 10 \\ 25 \text{ mod } 10 = 5$$

- h. Logam leburan  
AlN (aluminium nitride)  
No. CAS : 24304-00-5

Angka 5 di belakang merupakan hasil dari penjumlahan :

$$[(0 \times 1) + (0 \times 2) + (4 \times 3) + (0 \times 4) + (3 \times 5) + (4 \times 6) + (2 \times 7)] \text{ mod } 10 \\ 65 \text{ mod } 10 = 5$$

Perhatikan untuk setiap zat kimia yang telah dihitung nomor CAS nya, semua memiliki nomor yang unik. Angka yang berada di deretan paling belakang dihitung berdasarkan nomor yang telah dimiliki oleh masing – masing zat kimia. Dan perhitungan ini menggunakan modulo 10 karena memang angka yang menjadi identitas setiap zat terdiri dari 2 sampai maksimal 10 digit angka. Jika seandainya ada nomor zat kimia yang lebih dari 10 digit misal 11 atau 12, tentu saja yang digunakan adalah operasi dengan modulo 11 atau 12 bukan dengan modulo 10.

Penomoran ini disimpan di dalam suatu database yang setiap harinya diperkirakan selalu mendapat tambahan sekitar 15.000 substansi atau zat kimia baru.

#### IV. KESIMPULAN

Dengan melihat betapa pentingnya penggunaan teori bilangan terutama Aritmetika Modulo dalam melakukan perhitungan nomor CAS, maka dapat disimpulkan bahwa Aritmetika Modulo tidak terbatas digunakan hanya untuk satu bidang keilmuan. Banyak hal yang bisa memanfaatkan Aritmetika Modulo, seperti untuk mengenkripsi suatu informasi dan memperbaiki error pada penyampaian informasi. Aritmetika Modulo juga banyak digunakan pada bidang keilmuan lainnya seperti dalam music, kimia, biologi, terutama hal – hal yang berkaitan dengan bilangan. Seperti misalnya pengarsipan, penomoran ISBN, maupun penomoran CAS.

Terbukti bahwa para ahli di bidang kimia sangat terbantu dengan adanya sistem penomoran CAS. Mereka dapat dengan mudah mengidentifikasi zat – zat kimia apa yang dimaksud. Karena penomoran CAS unik dan tidak ada yang sama satu dengan yang lain. Sekalipun zat – zat kimia banyak yang memiliki kesamaan dari segi sifat zat, rumus molekul maupun struktur kimianya.

Penggunaan CAS ini merupakan terobosan besar yang membuat para ahli di bidang kimia dapat dengan mudah melakukan identifikasi terhadap suatu zat kimia yang telah ditemukan. Oleh karena itu penomoran CAS ini telah diakui secara internasional sebagai penomoran yang resmi dalam bidang kimia. Dan sekarang orang dapat dengan mudah mengakses data penomoran CAS ini dari beberapa website resmi Chemical Abstracts Service.

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 9 Desember 2014

Gerry Kastogi  
13513011

## REFERENSI GAMBAR

en.wikipedia.org (gambar 3.3)  
*idem* (gambar 2.1)  
imgarcade.com (gambar 3.2)  
pharamcytimes.com (gambar 3.1)

## REFERENSI

- Nickel, Ernest H. "The Definition of A Mineral", 1995.  
Morrison, Robert T.; Boyd, Robert N.; Boyd, Robert K. "Organic Chemistry", 6<sup>th</sup> edition, Benjamin Cummings, 1992.  
Chemical Abstracts Service (CAS), American Chemical Society  
Leigh, Jeffrey. "Systematic and Trivial Nomenclature", Chemistry International, 2012.  
<https://www.cas.org/content/chemical-substances/faqs>  
CAS Chemical Search  
Holleman, A. F.; Wiberg, E. "Inorganic Chemistry" Academic Press: San Francisco, 2001.  
Greenwood, Norman N.; Earnshaw, Alan. *Chemistry of the Elements* (2nd ed.). 1997, Butterworth-Heinemann.  
Cotton, F. Albert; Wilkinson, Geoffrey, *Advanced Inorganic Chemistry* (5th ed.), 1988, New York: Wiley-Interscience,  
Painter, Paul C.; Coleman, Michael M. (1997). *Fundamentals of polymer science : an introductory text*. Lancaster, Pa.: Technomic Pub. Co.  
Chai, Yan; Guo, Ting; Jin, Changming; Haufler, Robert E.; Chibante, L. P. Felipe; Fure, Jan; Wang, Lihong; Alford, J. Michael; Smalley, Richard E. (1991). "Fullerenes with Metals Inside". *Journal of Physical Chemistry*  
Long, Calvin T. (1972), *Elementary Introduction to Number Theory* (2nd ed.), Lexington: D. C. Heath and Company  
Kenneth Ireland and Michael Rosen, "A Classical Introduction to Modern Number Theory, Second Edition", Springer-Verlag, 1990  
Cassels, J. W. S.; Fröhlich, Albrecht, eds. (1967), *Algebraic number theory*, London: Academic Press.  
G. H. Hardy; E. M. Wright (2008) [1938]. *An introduction to the theory of numbers* (rev. by D. R. Heath-Brown and J. H. Silverman, 6th ed.).