

Aplikasi Pohon Keputusan dalam Penentuan Kation dengan Analisis Kualitatif Inorganik

Diastuti Utami 13514071
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
utami3322@s.itb.ac.id

Abstrak—Suatu cara untuk menentukan kation adalah dengan analisis kualitatif. Analisis kualitatif merupakan cara untuk mengidentifikasi senyawa dengan melihat properti yang dapat dilihat secara nyata tanpa pengukuran, salah satunya adalah uji pengendapan. Penentuan kation dengan uji pengendapan memanfaatkan pohon keputusan.

Keywords—analisis kualitatif, aplikasi pohon biner, identifikasi kation, pohon keputusan, reaksi pengendapan, uji pengendapan.

I. PENDAHULUAN

Dalam suatu zat, terdapat banyak senyawa kimia. Senyawa kimia memiliki karakteristik yang berbeda-beda, tergantung pada unsur yang menyusunnya. Untuk mengetahui kandungan senyawa dan penyusunnya dalam suatu zat, diperlukan suatu metode untuk mengidentifikasi senyawa tersebut.

Metode identifikasi senyawa atau unsur dapat dibedakan menjadi metode kuantitatif dan kualitatif. Pada metode kuantitatif, senyawa atau unsur dapat diidentifikasi dengan cara mengukur kadarnya melalui cara-cara tertentu seperti titrasi. Sementara itu, pada metode kualitatif, senyawa atau unsur diidentifikasi melalui karakteristik yang dapat dilihat oleh manusia, seperti warna, baik warna nyala, warna larutan, maupun warna endapan.

Suatu senyawa netral umumnya terdiri atas kation dan anion. Pada makalah ini, akan dibahas mengenai identifikasi kation dalam suatu larutan dengan metode kualitatif. Kation dalam senyawa kimia sangat banyak jenisnya, sehingga cakupan pembahasan hanya pada kation yang umum dijumpai pada senyawa-senyawa kimia.

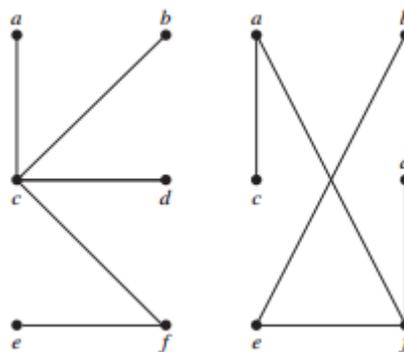
Untuk mengidentifikasi kation dalam suatu larutan, perlu diketahui karakteristik setiap kation yang menyebabkan kation tersebut unik. Pada teorinya, kation-kation tersebut dikelompokkan menjadi lima golongan untuk memudahkan identifikasi. Atas dasar karakteristik tersebut, maka dapat disusun pohon keputusan yang dapat membedakan kation yang satu dengan yang lain. Pohon keputusan ini berisi kemungkinan kation dalam suatu larutan, reagen—zat pereaksi—dan hasil yang dibedakan menjadi senyawa yang mengendap dan senyawa yang

dapat larut.

II. LANDASAN TEORI

A. Pohon

Pohon adalah graf tak-berarah terhubung yang tidak mengandung sirkuit^[1].

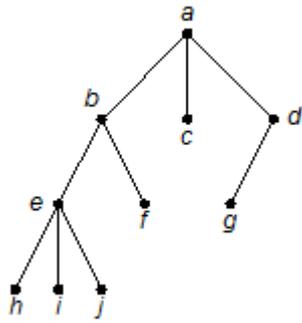


Gambar 1. Contoh pohon^[2]

Misalkan $G = (V, E)$ adalah graf tak-berarah sederhana dan jumlah simpulnya n . Maka, semua pernyataan di bawah ini adalah ekuivalen^[1]:

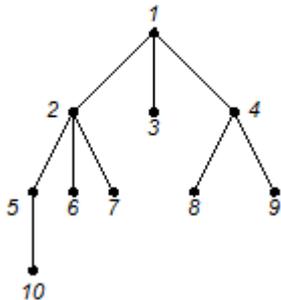
- G adalah pohon.
- Setiap pasang simpul di dalam G terhubung dengan lintasan tunggal.
- G terhubung dan memiliki $m = n - 1$ buah sisi.
- G tidak mengandung sirkuit dan memiliki $m = n - 1$ buah sisi.
- G tidak mengandung sirkuit dan penambahan satu sisi pada graf akan membuat hanya satu sirkuit.
- G terhubung dan semua sisinya adalah jembatan.

Pohon yang satu buah simpulnya diperlakukan sebagai akar dan sisi-sisinya diberi arah sehingga menjadi graf berarah dinamakan pohon berakar (*rooted tree*).^[1]



Gambar 2. Contoh pohon berakar^[2]

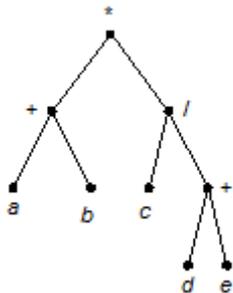
Pohon berakar yang urutan anak-anaknya penting disebut pohon terurut (ordered tree).^[1]



Gambar 3. Contoh pohon terurut^[2]

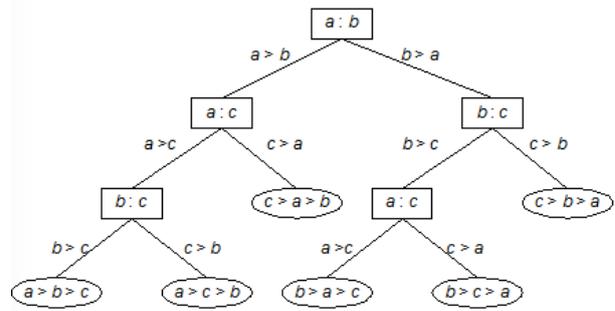
Pohon berakar yang setiap simpul cabangnya mempunyai paling banyak n buah anak disebut pohon n -ary. Pohon n -ary dikatakan teratur atau penuh (full) jika setiap simpul cabangnya mempunyai tepat n anak^[1]. Pohon n -ary yang memiliki nilai $n = 2$ disebut pohon binary (pohon biner). Penerapan pohon biner sangat banyak, di antaranya:

a. Pohon Ekspresi



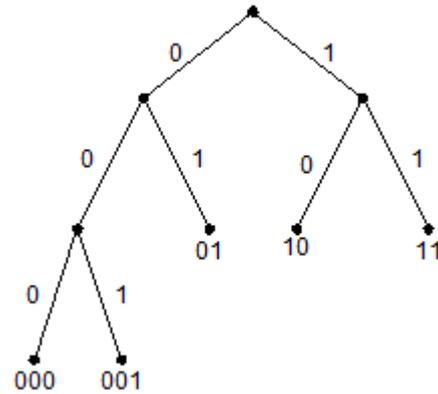
Gambar 4. Pohon ekspresi dari $(a+b)*(c/(d+e))$ ^[2]

b. Pohon Keputusan



Gambar 5. Contoh pohon keputusan^[2]

c. Kode Awalan



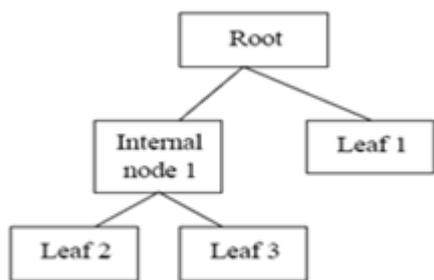
Gambar 6. Contoh kode awalan^[2]

B. Pohon Keputusan

Pohon keputusan adalah model prediksi menggunakan struktur pohon atau struktur berhirarki^[4]. Pohon keputusan merepresentasikan alternatif pemecahan masalah dari suatu persoalan.

Konsep dari pohon keputusan adalah mengubah data menjadi pohon keputusan dan aturan-aturan keputusan. Data dalam pohon keputusan biasanya dinyatakan dalam bentuk tabel dengan atribut dan record. Atribut menyatakan suatu parameter yang dibuat sebagai kriteria dalam pembentukan pohon.

Pohon keputusan merupakan himpunan aturan if...then. Setiap path dalam tree dihubungkan dengan sebuah aturan, di mana premis terdiri atas sekumpulan node-node yang ditemui, dan kesimpulan dari aturan terdiri atas kelas yang terhubung dengan leaf dari path. Bagian awal dari pohon keputusan ini adalah titik akar (root), sedangkan setiap cabang dari pohon keputusan merupakan pembagian berdasarkan hasil uji, dan titik akhir (leaf) merupakan pembagian kelas yang dihasilkan^[4].



Gambar 7. Pemodelan pohon keputusan^[4]

C. Analisis Kualitatif

Analisis kualitatif merupakan suatu metode untuk menentukan jenis senyawa melalui sifat-sifat fisiknya. Analisis kualitatif dapat dilakukan dengan berbagai metode, yaitu reaksi kering dan reaksi basah.

Reaksi kering meliputi pemanasan, uji *blowpipe*, uji nyala, uji spektroskopi, *borax bead tests*, *microcosmic salt bead test*, dan *sodium bicarbonate bead tests*.^[3]

Reaksi basah merupakan reaksi yang mencakup pembentukan endapan atau perubahan warna melalui reaksi yang mengandung media air, seperti reaksi pada larutan. Terjadinya endapan dapat diakibatkan oleh berbagai macam sebab, seperti pencampuran larutan dengan kation dan anion berbeda sehingga ada pengendapan, menambahkan konsentrasi zat hingga melewati batas kelarutannya, atau menurunkan suhu larutan. Ekstraksi endapan juga dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti filtrasi dan evaporasi.

Untuk mengetahui terjadinya pengendapan, dibutuhkan suatu parameter, yaitu kelarutan (s). Kelarutan dapat diekspresikan dalam satuan mol/L maupun g/L. Kelarutan merupakan batas konsentrasi suatu zat maksimum yang dapat larut dalam air atau pelarut lainnya. Setiap senyawa maupun ion memiliki kelarutan masing-masing. Selain itu, saat terjadi pengendapan, umumnya endapan memiliki warna yang berbeda, tergantung senyawanya. Oleh karena itu, metode ini dapat digunakan sebagai penentuan kation atau anion dalam suatu senyawa.

D. Penentuan Kation dengan Analisis Kualitatif

Kation merupakan ion yang bermuatan positif. Kation dapat berasal dari unsur dengan elektron yang telah tereksitasi, seperti Ca^{2+} , Na^+ , Ni^{2+} ; maupun senyawa bermuatan positif, seperti NH_4^+ .

Untuk memudahkan penentuan, kation dikelompokkan menjadi lima golongan—golongan ini tidak ada hubungannya dengan golongan pada tabel periodik—yaitu:

- Golongan I : Golongan ini berisi kation yang tidak larut dalam HCl, yaitu Ag^+ , Pb^{2+} , dan Hg_2^{2+} .
- Golongan II : Golongan ini berisi kation yang larut dalam asam klorida, namun tidak larut dalam bentuk sulfidanya dengan suasana asam.

Kation yang termasuk dalam golongan ini yaitu Hg^{2+} , Cu^{2+} , Bi^{3+} , Cd^{2+} , As^{3+} , As^{5+} , Sb^{3+} , Sb^{5+} , Sn^{3+} , Sn^{4+} , dan Pb^{2+} .

- Golongan III : Berisi kation yang larut dalam asam klorida dan senyawa sulfida dalam suasana asam, namun tidak larut dalam amonium sulfida dalam suasana netral maupun basa. Kation yang termasuk dalam golongan ini yaitu Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{2+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} , Co^{3+} , Ni^{2+} , dan Mn^{3+} .
- Golongan IV: Berisi kation yang larut dengan reagen pada golongan I, II, dan III, namun tidak larut dalam $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ dengan keberadaan NH_4Cl dalam suasana netral atau sedikit asam. Kation yang termasuk dalam golongan ini yaitu Ca^{2+} , Sr^{2+} , dan Ba^{2+} .
- Golongan V: Berisi kation yang larut dengan reagen-reagen yang menyebabkan kation golongan I sampai IV mengendap. Kation di golongan ini yaitu Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , dan NH_4^+ .

Masing-masing kation dari setiap golongan dapat diidentifikasi dengan cara yang berbeda-beda. Contohnya, pada golongan I, setelah kation membentuk endapan senyawa kloridanya, yaitu AgCl , Hg_2Cl_2 , dan PbCl_2 , identifikasi ketiga kation dapat dilakukan dengan mencari reagen yang dapat membedakan senyawa yang satu dengan lainnya. Perbedaan ini dapat dilihat dari larut atau tidaknya endapan, warna endapan, dan lain-lain. Contoh perbedaan reaksi ketiga kation golongan I dapat dilihat di tabel di bawah ini.

	Pb^{2+}	Hg_2^{2+}	Ag^+
HCl + NH + hot water	white $\text{PbCl}_2\downarrow$ no change dissolves	white $\text{Hg}_2\text{Cl}_2\downarrow$ black $\text{Hg}\downarrow + \text{HgNH}_2\text{Cl}\downarrow$ no change	white $\text{AgCl}\downarrow$ dissolves $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ no change
$\text{H}_2\text{S} (+ \text{HCl})$ + cc HNO_3 , boiling NH_3 , small amounts + excess	black $\text{PbS}\downarrow$ white $\text{PbSO}_4\downarrow$ white $\text{Pb}(\text{OH})_2\downarrow$ no change	black $\text{Hg}\downarrow + \text{HgS}\downarrow$ white $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2\text{S}\downarrow$ black $\text{Hg}\downarrow + \text{HgO}, \text{HgNH}_2\text{NO}_3\downarrow$ no change	black $\text{Ag}_2\text{S}\downarrow$ dissolves Ag^+ brown $\text{Ag}_2\text{O}\downarrow$ dissolves $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ brown. $\text{Ag}_2\text{O}\downarrow$ no change
NaOH, small amounts + excess	white $\text{Pb}(\text{OH})_2\downarrow$ dissolves $[\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-}$	black. $\text{Hg}_2\text{O}\downarrow$ no change	no change
KI, small amounts + excess	yellow $\text{PbI}_2\downarrow$ no change	green $\text{Hg}_2\text{I}_2\downarrow$ grey $\text{Hg}\downarrow + [\text{HgI}_4]^{2-}$	yellow $\text{AgI}\downarrow$ no change
K_2CrO_4 + NH_3	yellow $\text{PbCrO}_4\downarrow$ no change	red $\text{Hg}_2\text{CrO}_4\downarrow$ black $\text{Hg}\downarrow + \text{HgNH}_2\text{NO}_3\downarrow$	red $\text{Ag}_2\text{CrO}_4\downarrow$ dissolves $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$
KCN, small amounts + excess	white $\text{Pb}(\text{CN})_2\downarrow$ no change	black $\text{Hg}\downarrow + \text{Hg}(\text{CN})_2$ no change	white $\text{AgCN}\downarrow$ dissolves $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$
Na_2CO_3 + boiling	white $\text{PbO}, \text{PbCO}_3\downarrow$ no change	yellowish-white $\text{Hg}_2\text{CO}_3\downarrow$ black $\text{Hg}\downarrow + \text{HgO}\downarrow$	yellowish-white $\text{Ag}_2\text{CO}_3\downarrow$ brown $\text{Ag}_2\text{O}\downarrow$
Na_2HPO_4 Specific reaction	white $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow$ Benzidine (+ Br_2) blue colour	white $\text{Hg}_3\text{HPO}_4\downarrow$ Diphenyl carbazide violet colour	yellow $\text{Ag}_3\text{PO}_4\downarrow$ <i>p</i> -dimethylamino- benzylidene- rhodamine (+ HNO_3) violet colour

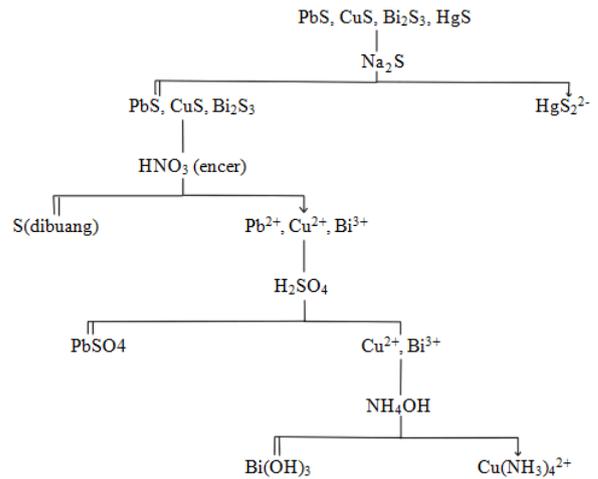
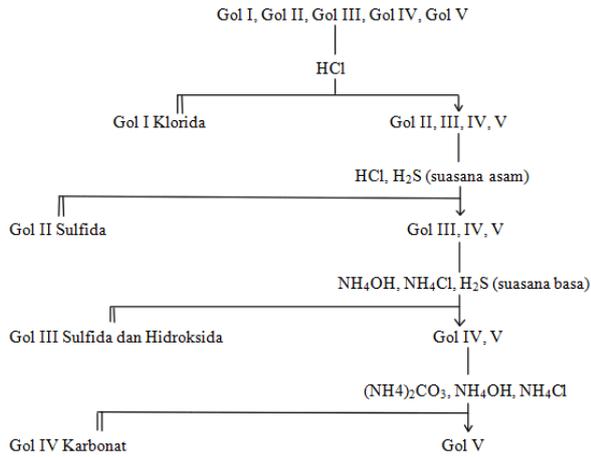
Tabel 1. Perbedaan hasil reaksi kation golongan I dengan berbagai reagen^[3]

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dari teori yang telah dipaparkan, maka penulis telah membuat pohon keputusan untuk mengidentifikasi kation golongan I sampai V. Pertama, pohon keputusan untuk menentukan golongan kation.

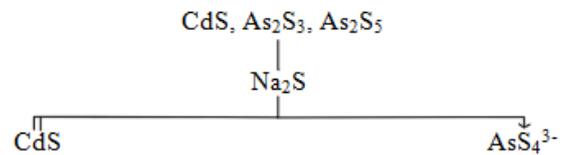
(Keterangan: tanda || pada pohon keputusan menunjukkan terjadinya pengendapan, sedangkan tanda panah

menunjukkan senyawa larut.)



Selanjutnya, untuk mengidentifikasi kation golongan I yang telah menjadi endapan dalam bentuk kloridanya, dapat dilakukan dengan penambahan air panas. Hal ini dikarenakan $PbCl_2$ larut dalam air panas, sedangkan kedua senyawa lainnya tidak. Untuk mengidentifikasi $AgCl$ dan Hg_2Cl_2 , dapat direaksikan dengan NH_4OH , karena Ag^+ akan larut dan membentuk senyawa $Ag(NH_3)_2^+$, sedangkan Hg_2^{2+} akan membentuk endapan hitam dari Hg , dan endapan putih dari $HgNH_4Cl$. Pohon keputusan untuk identifikasi kation golongan I dapat dilihat di bawah ini.

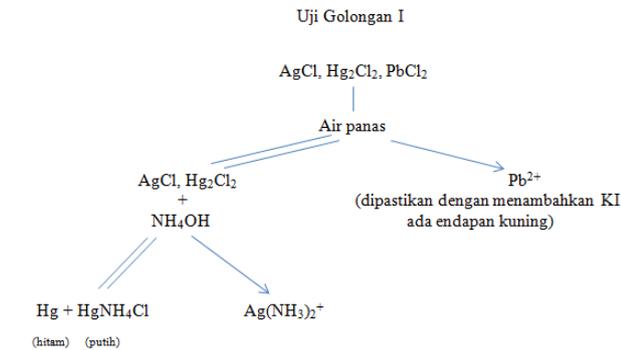
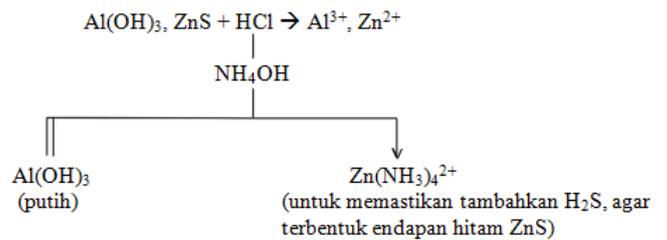
Pohon keputusan untuk memisahkan kadmium dan arsenik.



Pohon ini menunjukkan bahwa saat direaksikan dengan Na_2S , senyawa yang mengandung arsenik akan larut, sedangkan senyawa CdS akan tetap mengendap. Untuk golongan III, endapan terdiri atas:

- $Fe(OH)_3$: coklat kemerahan
- $Al(OH)_3, ZnS$: putih
- $Cr(OH)_3$: hijau
- MnS : ungu
- FeS, CoS, NiS : hitam

Maka, untuk membedakan kation pada golongan III, senyawa $Al(OH)_3$ dan ZnS harus dapat dibedakan, sama halnya dengan senyawa $FeS, CoS, dan NiS$. Perbedaan tersebut dimodelkan dalam pohon keputusan di bawah.

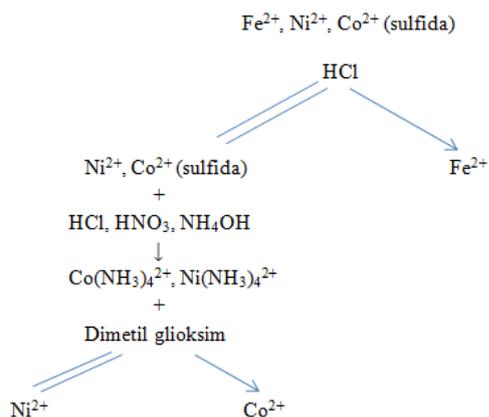


Pada kation golongan II, didapat endapan dengan warna sebagai berikut

- Hitam: PbS, CuS, Bi_2S_3, HgS
- Jingga: Antimoni (Sb_2S_3, Sb_2S_5)
- Kuning: CdS, As_2S_3, As_2S_5
- Coklat: SnS

Untuk menentukan kation dengan warna yang sama maka digunakan pohon keputusan berikut ini.

Penentuan $Pb^{2+}, Cu^{2+}, Bi^{3+}, dan Hg^{2+}$. Diidentifikasi dengan $PbSO_4$ berwarna putih, $Bi(OH)_3$ berwarna putih—senyawa ini belum teridentifikasi menyeluruh, endapannya berupa lembaran tipis sehingga sulit terlihat—yang harus direaksikan dengan Na_2SnO_2 agar menjadi unsur bismuth yang mudah teridentifikasi.



IV. CONTOH KASUS DAN APLIKASI

Pohon keputusan tersebut dapat digunakan untuk memecahkan kasus-kasus penentuan komponen dalam larutan. Contohnya:

A. Kasus 1

Seorang mahasiswa ingin mengidentifikasi suatu larutan yang kemungkinannya adalah AgNO_3 , PbNO_3 , CuCl_2 , atau KCl . Ia mereaksikan larutan dengan HCl , ternyata terbentuk endapan. Ia menguji endapan tersebut dengan air panas, dan ternyata mengendap. Kemudian, ia mereaksikan dengan NH_4OH dan semuanya menjadi larut. Apakah kation tersebut?

Direaksikan dengan HCl terbentuk endapan, maka dari akar masuk ke simpul golongan I. Pada simpul golongan I, ditentukan apakah mengendap dengan air panas, ternyata mengendap. Maka masuk ke simpul $(\text{AgCl}, \text{Hg}_2\text{Cl}_2)$, dan ditentukan apakah saat direaksikan dengan NH_4OH mengendap. Ternyata endapan tersebut menjadi larut. Maka dapat ditentukan ada kation Ag^+ , sehingga larutan awalnya adalah AgNO_3 .

B. Kasus 2

Ada suatu wadah yang menyimpan suatu larutan. Namun, penanda nama larutan tersebut sudah memudar sehingga hanya terlihat karakter ' n C '. Setelah bertanya kepada penjaga laboratorium, ia ingat bahwa C tersebut berasal dari anionnya, yaitu klorida. Akan tetapi, ia tidak ingat senyawa lengkapnya. Bagaimana cara untuk mengetahui apa senyawa tersebut jika diketahui kationnya berada di antara golongan I sampai V?

Pada kasus ini, akan diterapkan pohon keputusan sebagai alternatif solusi dari masalah. Pertama, kita tahu bahwa anionnya diakhiri huruf "n", sehingga kemungkinannya adalah Sn , Mn , atau Zn . Dari data golongan kation, kita tahu bahwa Sn termasuk golongan II, sedangkan Mn dan Zn golongan III. Maka, dengan menelusuri pohon keputusan penentuan golongan, kita dapat memisahkannya dengan mereaksikannya dengan

H_2S dalam suasana asam atau basa. Jika dalam suasana asam mengendap, artinya senyawa tersebut mengandung kation Sn , sedangkan jika larut, reaksikan dalam kondisi basa, jika mengendap, maka tentukan apakah kation tersebut Mn atau Zn dengan cara melihat warna endapannya, yaitu ungu jika Mn , dan putih jika Zn .

V. KESIMPULAN

Aplikasi pohon biner, yaitu pohon keputusan dapat digunakan dalam menentukan kation pada analisis kualitatif inorganik. Pemanfaatan pohon keputusan dapat memudahkan penentuan kation beserta karakteristiknya yang sangat banyak secara efisien, karena tidak perlu mencari reagen apa yang dapat membedakan suatu kation dengan yang lain, cukup melihat pohon keputusannya saja.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan syukur dan terima kasih pada Allah SWT karena berkat rahmatNya penulis dapat menyelesaikan makalah ini dengan baik. Penulis juga mengucapkan terima kasih pada kedua orangtua yang senantiasa mendoakan yang terbaik. Ucapan terima kasih juga penulis berikan kepada bapak Rinaldi Munir dan ibu Harlili selaku dosen mata kuliah Matematika Diskrit yang telah memberikan ilmu-ilmunya. Tak lupa pula penulis ucapkan terima kasih kepada pihak-pihak lain yang telah membantu dalam proses pembuatan makalah ini.

REFERENSI

- [1] Munir, Rinaldi, "Diktat Kuliah IF2120 Matematika Diskrit", Bandung, 2006, Bab 9.
- [2] Rosen, Kenneth H., "Discrete Mathematics and Its Application", New York: McGraw Hill, 2011, Bab 11.
- [3] Vogel, Arthur I. "Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis", Great Britain: Longman, 1979, Bab 2 dan 3.
- [4] Zumdahl, Steven S, Susan A Zumdahl, "Chemistry 8th Edition", Canada: Brooks Cole, 2010, Bab 16.
- [5] http://elearning.upnjatim.ac.id/courses/SPKKELASB/document/File_Presentasi_kelompok/Kelas_B/POHON_KEPUTUSAN.pptx?cidReq=SPKKELASB (diakses pada 9 Desember 2015)

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, 10 Desember 2015

Diastuti Utami 13514071