

Suatu Grup pada Struktur Aljabar yang Dibangun dari Senyawa Kimia

Abdiel Bellamy Thomas*, Muhammad Syahid, Nikken Prima Puspita

Departemen Matematika, FSM, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, Semarang

*Penulis Korespondensi: abdiellbellamythomas@gmail.com

Abstract. Group is a set with binary operation and satisfy some axioms. In this paper we want to show groups which constructed from chemical conditions. For the first, there are chemical compounds, between the set from H_2 , O_2 , and H_2O . Here, we have condition that the set $A = \{H_2, O_2, H_2O\}$ is a group with a chemical compounds reaction as it binary operation. Moreover, A is an abelian group as a compensating of the chemical compound. The second, we also have another group from other chemical compound, i.e., acidic compounds. Let $B = \{\text{acid, bases, salt+water}\}$ is a set and the binary operation $*$ defined as a chemical compounds reaction. We shown that B is an abelian group over $*$.

Keywords: Group Structure; Abelian Group Structure; Chemical Compounds; Chemical Reaction

1. Pendahuluan

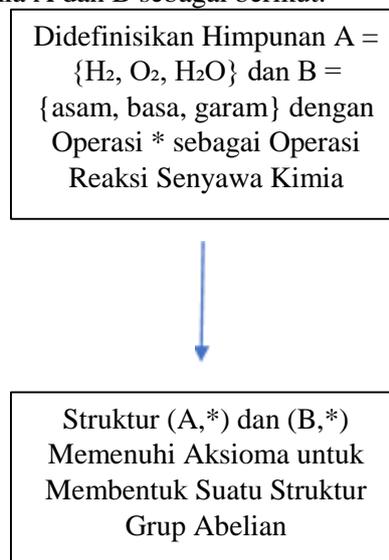
Struktur grup adalah sebuah himpunan dengan operasi biner dan memenuhi beberapa aksioma. Selama ini, penerapan matematika, terutama pada struktur aljabar abstrak, masih jarang dikonstruksikan dari himpunan hal-hal yang berada di kehidupan sehari-hari. Terdapat banyak hal di dalam kehidupan yang dapat dikonstruksikan menjadi sebuah struktur aljabar abstrak, dalam hal ini struktur aljabar grup. Struktur aljabar grup merupakan suatu himpunan dengan operasi biner dan memenuhi beberapa aksioma tertentu (Novi *et al.*, 2011).

Dalam kehidupan, banyak dijumpai senyawa-senyawa kimia, di antaranya H_2 , O_2 , H_2O , asam, basa, dan garam+air. Berdasarkan pendapat Susana (2003), H_2O merupakan suatu zat kimia berupa oksida hidrogen yang merupakan produk reaksi dari hidrogen dan oksigen. Demikian juga garam merupakan produk reaksi dari senyawa asam dan basa (Maratusholihah, 2017). Operasi yang terdapat antarsenyawa kimia disebut sebagai reaksi senyawa kimia.

Pada penelitian ini, peneliti bertujuan untuk mengonstruksikan suatu grup abelian $A = \{H_2, O_2, H_2O\}$ terhadap operasi reaksi senyawa kimia yang disimbolkan dengan $*$. Selain itu, juga dapat dikonstruksikan grup abelian $B = \{\text{asam, basa, garam+air}\}$ terhadap operasi yang sama, yaitu reaksi senyawa kimia yang disimbolkan dengan $*$. Dari penelitian ini, masyarakat secara umum, terutama civitas academica dapat mengetahui bahwa struktur aljabar abstrak tidak hanya sekadar teori saja, melainkan juga memiliki terapan dalam kehidupan sehari-hari.

2. Metode

Pada penelitian ini, objek yang diteliti adalah himpunan senyawa kimia $A = \{H_2, O_2, H_2O\}$ dan himpunan senyawa kimia $B = \{\text{asam, basa, garam}\}$. Diagram 1 adalah alur penelitian struktur aljabar grup pada himpunan senyawa kimia A dan B sebagai berikut.



Gambar 1. Alur Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Menurut Faizah (2019:29), misalkan A suatu himpunan tak kosong dan $*$ adalah operasi biner pada A . Himpunan A disebut grup jika memenuhi sifat-sifat:

a) Asosiatif

Operasi tersebut bersifat asosiatif, yaitu $(a * b) * c = a * (b * c)$ untuk setiap $a, b, c \in A$.

b) Eksistensi elemen identitas

Terdapat suatu elemen identitas $e \in A$ sehingga $a * e = e * a = a$ untuk setiap $a \in A$. Elemen identitas pada suatu grup bersifat tunggal (Judson, 2013).

c) Eksistensi elemen invers

Untuk setiap elemen $a \in A$, terdapat suatu elemen invers $a^{-1} \in A$ sehingga $a * a^{-1} = a^{-1} * a = e$. Setiap elemen $a \in A$, tepat memiliki satu elemen invers saja, yang dinotasikan dengan $a^{-1} \in A$ (Musta'awun, 2012).

Suatu operasi $*$ disebut operasi biner apabila untuk setiap pasangan terurut $a, b \in A$, dikawankan dengan tepat satu nilai, yaitu $a * b$ dan himpunan A tertutup di bawah operasi $*$, yaitu untuk setiap $a, b \in A$, maka $a * b \in A$. Lebih lanjut, apabila operasi $*$ pada grup A bersifat komutatif, yaitu untuk setiap $a, b \in A$ berlaku $a * b = b * a$, maka struktur grup $(A, *)$ disebut grup abelian (Isro'iyah, 2019:9).

Pada penelitian ini, akan dibangun suatu himpunan senyawa kimia $A = \{H_2, O_2, H_2O\}$ dan $B = \{\text{asam, basa, garam+air}\}$. Kemudian, didefinisikan operasi $*$ atas himpunan A dan B dengan definisi sebagai reaksi senyawa kimia. Akan ditunjukkan bahwa struktur $(A, *)$ dan $(B, *)$ membentuk struktur grup abelian.

3.1. Struktur Grup pada Himpunan Senyawa Kimia H_2 , O_2 , dan H_2O

Diketahui suatu himpunan $A = \{H_2, O_2, H_2O\}$ dengan operasi $*$ berupa operasi reaksi senyawa kimia. Hasil pereaksian antarsenyawa kimia pada himpunan A ditunjukkan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Reaksi Antarsenyawa di A

| a | b | $a * b$ | $b * a$ |
|--------|--------|---------|---------|
| H_2 | O_2 | H_2O | H_2O |
| H_2 | H_2O | H_2 | H_2 |
| O_2 | H_2O | O_2 | O_2 |
| O_2 | H_2 | H_2O | H_2O |
| H_2O | H_2 | H_2 | H_2 |
| H_2O | O_2 | O_2 | O_2 |
| H_2 | H_2 | H_2 | H_2 |
| O_2 | O_2 | O_2 | O_2 |
| H_2O | H_2O | H_2O | H_2O |

Akan ditunjukkan bahwa struktur $(A, *)$ merupakan struktur grup abelian. Sifat well-defined pada A dapat terlihat pada saat pereaksian antarsenyawa H_2 dengan O_2 atau O_2 dengan H_2 menghasilkan H_2O , H_2 dengan H_2O atau H_2O dengan H_2 tetap menghasilkan H_2 , dan O_2 dengan H_2O atau H_2O dengan O_2 tetap menghasilkan O_2 sehingga akan selalu menghasilkan senyawa yang tunggal atau tepat satu nilai. Diambil sebarang $a, b \in A$, berdasarkan hasil reaksi antarsenyawa di A diperoleh $a * b \in A$ juga. Terbukti bahwa operasi $*$ merupakan operasi biner atas himpunan A . Pada tabel 1 di atas juga terlihat bahwa operasi $*$ pada himpunan A bersifat komutatif karena untuk setiap senyawa kimia $a, b \in A$ berlaku $a * b = b * a$. Pereaksian senyawa H_2 dengan H_2 dan O_2 dengan O_2 secara berturut-turut menghasilkan senyawa H_2 dan O_2 juga tetapi dengan jumlah molekul yang berbeda karena pereaksian senyawa H_2 dengan H_2 dan O_2 dengan O_2 menghasilkan volume H_2 dan O_2 yang berbeda sehingga jumlah molekulnya pun juga berbeda berdasarkan hukum Avogadro (Wasonowati, 2014). Dari sini dapat disimpulkan bahwa senyawa H_2 dan O_2 yang dihasilkan tergolong sebagai elemen yang berbeda. Selanjutnya akan dibuktikan setiap aksioma grup.

a. Asosiatif

Diambil sebarang senyawa kimia $a, b, c \in A$. Berdasarkan tabel 1, $\forall a, b, c \in A$ didapatkan bahwa

$$(a * b) * c = a * (b * c)$$

Hal ini juga ditunjukkan pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Sifat Asosiatif pada Himpunan A

| $a * (b * c)$ | $(a * b) * c$ | Hasil |
|----------------------|----------------------|--------|
| $H_2 * (H_2O * O_2)$ | $(H_2 * H_2O) * O_2$ | H_2O |
| $H_2 * (O_2 * H_2O)$ | $(H_2 * O_2) * H_2O$ | H_2O |
| $H_2O * (H_2 * O_2)$ | $(H_2O * H_2) * O_2$ | H_2O |
| $H_2O * (O_2 * H_2)$ | $(H_2O * O_2) * H_2$ | H_2O |
| $O_2 * (H_2O * H_2)$ | $(O_2 * H_2O) * H_2$ | H_2O |
| $O_2 * (H_2 * H_2O)$ | $(O_2 * H_2) * H_2O$ | H_2O |

b. Eksistensi elemen identitas

Dipilih $e = H_2O$, sedemikian sehingga untuk sebarang senyawa kimia $a \in A$ berlaku

$$a * e = a * H_2O = a$$

$$e * a = H_2O * a = a$$

Elemen $e = H_2O$ disebut sebagai elemen identitas di A terhadap operasi biner $*$. Hasil pereaksian senyawa-senyawa di A dengan H_2O ditunjukkan juga pada tabel 1 di atas.

c. Eksistensi elemen invers

Diambil sebarang senyawa kimia $a \in A$, terdapat $a^{-1} \in A$ yang disebut elemen invers dari elemen a sedemikian sehingga diperoleh $a * a^{-1} = a^{-1} * a = H_2O$ karena menurut Putro (2022), pereaksian senyawa H_2 dengan O_2 atau O_2 dengan H_2 menghasilkan senyawa H_2O yang ditunjukkan dalam reaksi kimia $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ (pada Kimia, simbol “+” merupakan simbol pereaksian senyawa kimia).

Berdasarkan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa himpunan A di bawah operasi biner $*$, yaitu operasi reaksi senyawa kimia, memenuhi aksioma untuk membentuk struktur grup abelian.

3.2. Struktur Grup pada Himpunan Senyawa Kimia Asam, Basa, Garam+air

Diketahui juga suatu himpunan $B = \{\text{asam, basa, garam+air}\}$ dengan operasi $*$ berupa operasi reaksi senyawa kimia. Senyawa asam dan basa yang berada pada himpunan B ini merupakan senyawa asam kuat dan basa kuat. Garam yang berada pada himpunan B merupakan garam netral atau memiliki nilai $pH = 7$ karena hasil reaksi antara senyawa asam kuat dan basa kuat (Waskitarini *et al.*, 2017). Hasil pereaksian senyawa-senyawa pada B disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Reaksi Antarsenyawa di B

| a | b | $a * b$ | $b * a$ |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Asam | Basa | Garam+air | Garam+air |
| Asam | Garam+air | Asam | Asam |
| Basa | Garam+air | Basa | Basa |
| Basa | Asam | Garam+air | Garam+air |
| Garam+air | Asam | Asam | Asam |
| Garam+air | Basa | Basa | Basa |
| Asam | Asam | Asam | Asam |
| Basa | Basa | Basa | Basa |
| Garam+air | Garam+air | Garam+air | Garam+air |

Akan ditunjukkan bahwa struktur $(B,*)$ merupakan struktur grup abelian. Diperlihatkan bahwa operasi $*$ pada himpunan B merupakan operasi biner. Pada tabel 3, terlihat bahwa reaksi antarsenyawa di himpunan B menghasilkan senyawa yang berada di himpunan B juga sehingga himpunan B tertutup di bawah operasi $*$. Selain itu, apabila diambil sebarang $a_1, a_2, b_1, b_2 \in B$ dimana $a_1 = a_2$ dan $b_1 = b_2$, maka $a_1 * b_1 = a_2 * b_2$, terlihat pada tabel 3 di atas. Oleh karena itu, operasi $*$ pada himpunan B merupakan operasi biner atas himpunan B . Apabila tabel 3 diperhatikan lebih lanjut, operasi biner $*$ pada himpunan B memenuhi sifat komutatif karena untuk setiap $a, b \in B$ berlaku $a * b = b * a$. Pereaksian senyawa asam dengan asam dan basa dengan basa menghasilkan senyawa asam dan basa juga tetapi dengan pH yang berbeda. Dari situ dapat disimpulkan bahwa senyawa asam dan basa yang dihasilkan dianggap sebagai elemen yang berbeda dengan senyawa asam dan basa mula-mula. Selanjutnya, akan ditunjukkan bahwa struktur $(B,*)$ memenuhi setiap aksioma grup.

a. Asosiatif

Diambil sebarang senyawa kimia $a, b, c \in B$. Berdasarkan tabel 3, $\forall a, b, c \in B$ berlaku sifat asosiatif, yaitu

$$a * (b * c) = (a * b) * c$$

Lebih lanjut, sifat asosiatif juga diperlihatkan pada tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Sifat Asosiatif pada Himpunan B

| $a * (b * c)$ | $(a * b) * c$ | Hasil |
|-----------------------|-----------------------|-----------|
| Asam*(basa*garam+air) | (Asam*basa)*garam+air | Garam+air |
| Asam*(garam+air*basa) | (Asam*garam+air)*basa | Garam+air |
| Basa*(asam*garam+air) | (Basa*asam)*garam+air | Garam+air |
| Basa*(garam+air*asam) | (Basa*garam+air)*asam | Garam+air |
| Garam+air*(asam*basa) | (Garam+air*asam)*basa | Garam+air |
| Garam+air*(basa*asam) | (Garam+air*basa)*asam | Garam+air |

b. Eksistensi elemen identitas

Dipilih $e = \text{garam} + \text{air}$, sedemikian sehingga untuk sebarang senyawa kimia $a \in B$ berlaku

$$a * e = a * \text{garam} + \text{air} = a$$

$$e * a = \text{garam} + \text{air} * a = a$$

Elemen $e = \text{garam} + \text{air}$ disebut sebagai elemen identitas di B terhadap operasi biner $*$. Hasil pereaksian senyawa-senyawa di B dengan senyawa garam+air ditunjukkan pada tabel 3.

c. Eksistensi elemen invers

Diambil sebarang senyawa kimia $a \in B$, terdapat $a^{-1} \in B$ yang merupakan elemen invers dari elemen a sedemikian sehingga diperoleh $a * a^{-1} = a^{-1} * a = \text{garam} + \text{air}$. Menurut Maratusholihah (2017:923), hasil reaksi antara asam kuat dengan basa kuat adalah garam netral.

Berdasarkan pembahasan di atas, himpunan B di bawah operasi biner $*$ membentuk struktur grup abelian.

4. Penutup

Didefinisikan suatu himpunan senyawa kimia $A = \{H_2, O_2, H_2O\}$ dan $B = \{\text{asam, basa, garam+air}\}$. Himpunan A dan B terhadap operasi $*$ yang didefinisikan sebagai operasi pereaksian senyawa kimia memenuhi setiap aksioma untuk membentuk struktur grup. Kemudian, operasi $*$ pada grup $(A,*)$ dan $(B,*)$ memenuhi sifat komutatif sehingga grup A dan B juga merupakan grup abelian. Elemen identitas pada grup A dan B bersifat tunggal berdasarkan tabel 1 dan 3. Selain itu, setiap elemen di A dan B memiliki elemen invers dengan tunggal juga berdasarkan tabel 1 dan 3.

Daftar Pustaka

- Darmiyanti, W., Rahmawati, Y., Kurniadewi, F., & Ridwan, A. (2017). Analisis model mental siswa dalam penerapan model pembelajaran Learning Cycle 8E pada materi hidrolisis garam. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia (JRPK)*, 7(1), 38-51.
- Dewi, N. R., Eliyati, N., & Marbun, O. H. (2011). Kajian Struktur Aljabar Grup pada Himpunan Matriks yang Invertibel. *Jurnal Penelitian Sains*, 14(1).
- Faizah, H. (2019). Pemahaman mahasiswa tentang konsep grup pada mata kuliah struktur aljabar. *MUST: Journal of Mathematics Education, Science and Technology*, 4(1), 23-34.
- Isro'iyah, L. (2019). *Grup Abelian yang dibangun oleh Engel Set Berhingga* (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya).
- Judson, T. W. (2013). *Abstract Algebra: Theory and Applications*. Orthogonal Publishing.

- Maratusholihah, N. F., Rahayu, S., & Fajaroh, F. (2017). Analisis miskonsepsi siswa sma pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 2(7), 919-926.
- Musta'awun, A., & Musta'awun, A. (2012). Penerapan Teori Grup dalam Mencari Penyelesaian Permainan Rubik's Cube $3 \times 3 \times 3$.
- Putro, B. C. (2022). Pengaruh Produksi Uap Air Hasil dari Pemanfaatan Panas Buang pada EXhaust Terhadap Performa Honda Beat 110cc.
- Susana, T. (2003). Air sebagai sumber kehidupan. *Oseana*, 28(3), 17-25.
- Wasonowati, R. R. T., Redjeki, T., & Ariani, S. R. D. (2014). Penerapan model problem based learning (PBL) pada pembelajaran hukum-hukum dasar kimia ditinjau dari aktivitas dan hasil belajar siswa kelas X IPA SMA Negeri 2 Surakarta tahun pelajaran 2013/2014. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 3(3), 66-75.

Ucapan Terimakasih

Peneliti ingin berterima kasih kepada Ibu dosen pembimbing, yaitu Ibu Dr. Nikken Prima Puspita, S.Si., M.Si. yang telah memberikan motivasi yang kuat untuk peneliti mengerjakan paper ini. Tidak lupa juga untuk teman-teman terdekat peneliti yang selalu memberikan dukungan yang terbaik.