

Kajian Aksiologi tentang Kontribusi dan Kontroversi Pemanfaatan Amonia dari Proses Haber-Bosch

Abdul Latip^{1,2}

¹Program Doktor Pendidikan IPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

²Program Studi Pendidikan IPA, Universitas Garut, Indonesia
abdullatip@upi.edu

Abstract: *The purpose of this article is to conduct an axiological study of the Haber-Bosch process. The Haber-Bosch process had both contributions and controversies early on in its discovery. The study in writing this article uses a literature review which consists of selecting the topic to be reviewed, searching and selecting articles related to the topic, analyzing and synthesizing the literature, and organizing the writing. The literature reviewed relates to the main themes, namely the Haber-Bosch process, the use of Haber-Bosch products, and axiological studies on Haber-Bosch products. The results of the axiological study show that: 1) The breakthrough from Haber-Bosch related to ammonia production provides benefits for the sustainability of the agricultural sector and the survival of European society. In the current context, the Haber-Bosch process has both theoretical and practical uses. 2) On the other hand, the Haber-Bosch process is used by Haber to maintain the supply of gunpowder and manufacture toxic gases used as chemical weapons that killed hundreds of thousands of people. This certainly shows something unethical and shows a scientific paradox.*

Keywords: axiology; Haber; Bosch; Ammonia

PENDAHULUAN

Ilmu kimia sebagai bagian dari sains dibangun melalui proses rasa ingin tahu ilmuwan, proses pemikiran dan metode ilmiah. Ilmu dan konsep kimia yang dipelajari saat ini merupakan buah pemikiran para ilmuwan terdahulu yang telah melalui proses pengujian secara empiris sehingga kebenarannya sudah teruji. Ilmu dan konsep kimia yang dipelajari saat ini tidak jarang dilabeli dengan nama ilmuwan penemu ilmu atau konsep tersebut sebagai bentuk penghargaan atas karya dan temuannya (Jailani, I, A., 2018). Beberapa contoh nama ilmuwan kimia sebagai penemu yang kemudian menjadi label pada konsep kimia tersebut diantaranya bilangan Avogadro, teori asam basa Bronstead-Lowry, dan hukum Faraday. Selain itu, nama ilmuwan sebagai penemu konsep kimia juga ditemui pada berbagai proses kimia yang sampai sekarang masih digunakan, seperti proses Ostwald sebagai nama proses pembuatan

asam nitrat, proses Hall-Héroult yang merupakan proses pembuatan Aluminium, dan proses Haber-Bosch yang merupakan proses pembuatan amonia.

Label nama ilmuwan pada teori atau proses kimia ini dipelajari dan dikenalkan pada materi kimia pada berbagai jenjang pendidikan. Sebagai contoh Proses Haber-Bosch, proses ini merupakan salah satu materi yang dipelajari dalam kimia, baik pada tingkat Sekolah menengah maupun pada tingkat perguruan tinggi. Pada tingkat SMA, proses Haber-Bosch biasanya dipelajari pada materi penerapan konsep kesetimbangan kimia dalam industri. Pada pembahasan yang disajikan pada buku SMA lebih menekankan pada pembuatan gas amonia yang dikaitkan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran kesetimbangan kimia. Pada bab lain, proses Haber-Bosch juga dibahas pada materi kimia unsur, namun pembahasannya hanya sebatas pada proses reaksi dan produk amonia yang dihasilkan. Lebih lanjut, pembahasan mengenai Haber-Bosch juga

menekankan pada pembahasan mengenai kegunaan amonia dalam berbagai bidang, terutama pada bahan baku pembuatan pupuk.

Pada sejarahnya pun, proses Haber-Bosch ini dikembangkan berdasarkan pada kebutuhan di bidang pertanian yang saat itu di Eropa sedang mengalami berbagai kendala, seperti kurangnya kesuburan tanah (Suyanta, 2013). Hal ini yang mendasari terobosan Haber-Bosch dalam pembuatan gas amonia sebagai bahan baku pupuk sebagai upaya meningkatkan kesuburan tanah. Kontribusi dari Haber-Bosch ini sering disinggung dalam buku kimia walaupun penyajiannya sangat singkat dan fokus pada inti informasinya, yaitu mengenai peran Haber dalam bidang kimia yang berbuah hadiah Nobel. Tidak dipungkiri, temuan Haber mengenai produksi amonia ini sangat berarti baik untuk masa saat itu maupun masa kini. Pada masa kini, proses Haber-Bosch ini masih menjadi salah satu referensi yang terus digunakan dalam kegiatan industri pupuk.

Pada sisi lain, pemberian nobel kepada Haber sebenarnya menuai pro dan kontra karena adanya kontroversi yang dilakukan oleh Haber pada saat perang dunia 1. Adanya kontribusi dan kontroversi yang dilakukan Haber dalam memanfaatkan proses Haber-Bosch ini menjadi salah satu hal yang menarik untuk dikaji dari sudut filsafat terutama dari sudut kajian aksiologi yang menekankan pada kajian manfaat atau nilai suatu ilmu (Firman, H., 2019). Berdasarkan hal tersebut, maka pada artikel ini akan dijabarkan pembahasan mengenai kajian aksiologi pada proses Haber-Bosch secara kegunaan dan etika.

METODE

Metode analisis pada penulisan artikel ini menggunakan kajian pustaka (literatur review) dengan langkah kajian pustaka terdiri dari 4 langkah, yaitu pemilihan topik yang akan direview, mencari dan menyeleksi

artikel yang berkaitan dengan topik, menganalisis dan mensintesis literatur, dan mengorganisasikan tulisan (Ramdhani, A., et al., 2014). Fokus topik pembahasan pada artikel ini terdiri dari kajian literatur mengenai proses Haber-Bosch, kontribusi dan kontroversi produk dari proses Haber-Bosch. Topik yang menjadi fokus kajian tersebut akan mengarahkan pada pemaparan mengenai kajian aksiologi aspek etika mengenai produk dari proses Haber-Bosch.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai hasil dan pembahasan dari kajian literatur berkaitan dengan kajian aksiologi mengenai kontribusi dan kontroversi produk dari proses Haber-Bosch. Adapun pembahasannya terdiri dari tiga bagian, yaitu penjabaran mengenai aksiologi sebagai cabang filsafat ilmu, perkembangan proses Haber-Bosch dan kajian aksiologi pada aspek etika pada kontribusi dan kontroversi produk hasil proses Haber-Bosch.

Aksiologi sebagai Cabang Ilmu Filsafat

Aksiologi merupakan cabang ilmu filsafat, kata aksiologi sendiri berasal dari axios (bahasa Yunani) yang berarti nilai dan logos yang berarti ilmu atau teori. Jadi, aksiologi secara sederhananya adalah “teori tentang nilai”. Sementara menurut Firman (2019) menyatakan bahwa aksiologi menekankan pada kajian nilai dan manfaat. Pada kajiannya, aksiologi berkaitan dengan persoalan moral (etika) dan persoalan keindahan (estetika).

Etika merupakan cabang ilmu filsafat aksiologi yang menekankan pembahasannya pada masalah yang berkaitan dengan moral, perilaku, norma, dan adat istiadat yang berlaku pada komunitas tertentu. Pada penjabarannya, etika terdiri dari tiga jenis, yaitu 1) meta etika yang membahas makna teoritis dan menjadi acuan untuk menerapkan maupun membangun etika atau moral dalam suatu kelompok masyarakat. 2) etika normatif yang membahas cara praktis dalam menentukan suatu tindakan moral, dengan kata lain pembahasan mengenai etika normatif ini berkaitan dengan cara-cara praktis menentukan tindakan apa saja yang dianggap beretika atau sebaliknya. dan, 3) etika terapan yang membahas mengenai apa yang wajib dilakukan seseorang dalam situasi tertentu atau wilayah tindakan tertentu (Rosnawati, et al, 2021).

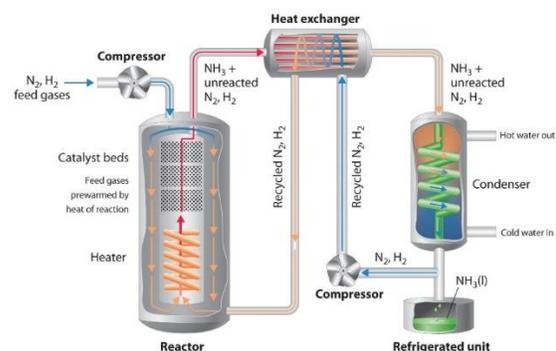
Pada tinjauan lain, aksiologi memiliki dua kegunaan, yaitu kegunaan secara teoritis dan kegunaan secara praktis (Abdulhak, I., 2008). Kegunaan secara teoritis berkaitan dengan pemanfaatan suatu ilmu dalam pembelajaran pada dunia pendidikan dalam berbagai bentuk, yaitu buku, ensiklopedia dan lainnya. Sementara kegunaan secara praktis berkaitan dengan pemanfaatan ilmu pada tataran penerapan atau aplikasi mengenai pemahaman yang sudah diperoleh dalam konteks nyata.

Mengenal Proses Haber-Bosch

Proses Haber-Bosch merupakan salah satu materi yang dipelajari di tingkat SMA pada materi kesetimbangan kimia, pada proses ini produk yang dihasilkan berupa gas amonia (NH_3). Proses ini dikembangkan oleh ilmuwan kimia

berkebangsaan jerman, yaitu Fritz Haber and Carl Bosch. Pada prosesnya, teknik awal yang dilakukan Haber menggunakan suhu 1000o Celsius dalam tekanan normal dan hanya menghasilkan 0.0044% amonia. Haber memperbaharui teknik fiksasi ini dengan tekanan tinggi yaitu 200 atm dengan suhu yang tidak terlalu tinggi yaitu 600 derajat celsius, serta penambahan katalis kimia Osmium untuk menangkap Nitrogen dan mengikatnya menjadi senyawa amonia yang nantinya dapat diubah menjadi pupuk (Sheppard, D., 2017). Teknik fiksasi ini kemudian menghasilkan efisiensi yang menghasilkan amonia dengan peningkatan yang signifikan yaitu dari hasil 0.0044% meningkat menjadi 18%.

Ide fiksasi dari Haber ini selanjutnya dilaksanakan dalam skala industri masal pada sebuah perusahaan pengadaan pupuk milik Carl Bosch, sejak saat itulah proses fiksasi nitrogen ini dikenal dengan nama proses Haber-Bosch. Berikut gambar set alat proses Haber-Bosch.



Gambar 1. Rangkaian alat Proses Haber-Bosch

Pembahasan Kajian Aksiologi Pada Produk Proses Haber-Bosch Pemanfaatan Amonia dari Proses Haber-Bosch

Pada akhir abad ke-19 dan awal abad ke-20, di Eropa terjadi lonjakan

jumlah penduduk yang signifikan tetapi tidak diimbangi dengan kesiapan pangan akibat lahannya mengalami penurunan kesuburan karena terus menerus digunakan. Selain itu, terjadi alih fungsi lahan pertanian besar-besaran di Eropa menjadi lahan pabrik yang menyebabkan semakin sempitnya lahan pertanian dan para petani mulai beralih menjadi pegawai pabrik. Haber-Bosch menjawab krisis tersebut melalui terobosan pembuatan amonia dari gas nitrogen dan hidrogen. Proses Haber Bosch menjadi salah satu pencapaian terbesar pada abad ke-20 (Suyanta, 2013).

Awalnya produksi pupuk sangat bergantung pada deposit amonia di alam yang terbatas. Sejak terobosan ini, pupuk dapat dengan mudah diproduksi dari nitrogen atmosfer yang melimpah. Produksi pangan langsung meningkat dan krisis makanan pun teratasi. Dampak signifikannya, amonia sebagai produk dari proses Haber-Bosch ini menjadikan manusia terhindar dari kepunahan.

Penjelasan tersebut menunjukkan bahwa amonia sebagai produk proses Haber-Bosch memberikan dampak manfaat yang signifikan bagi kehidupan masyarakat di Eropa pada saat itu. Jika tidak ditemukan cara memperoleh amonia dari proses Haber-Bosch, maka stok pangan akan semakin berkurang dan tidak bisa memenuhi kebutuhan pangan masyarakat Eropa yang waktu itu terus berkembang jumlahnya. Atas kontribusinya yang signifikan ini, Haber mendapatkan hadiah Nobel pada tahun 1918.

Proses Haber-Bosch merombak sekitar 100 juta ton Nitrogen pada setiap tahun, sebagian besar digunakan untuk menghasilkan pupuk buatan. Dalam pupuk buatan, amonia yang dihasilkan

oleh proses Haber-Bosch biasanya berakhir sebagai Amonium nitrat (NH_4NO_3) atau Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$). Adanya pupuk buatan, para petani dunia akan memiliki sedikit harapan untuk mendukung populasi manusia yang sangat besar di Bumi. Amonia yang dihasilkan dari proses ini juga digunakan untuk membuat plastik, obat-obatan dan bahan peledak.

Penjelasan mengenai pemanfaatan dan dampak signifikan dari amonia sebagai produk proses Haber-Bosch untuk kehidupan dapat ditinjau dari fungsi aksiologi, yaitu kegunaan teoritis dan kegunaan praktis. Kegunaan secara teoritis berhubungan dengan segala materi pembelajaran di dunia pendidikan. Semua ilmu pengetahuan biasanya dirangkum dalam bentuk tulisan yakni bisa dalam bentuk buku, ensiklopedia, dan lain sebagainya. Ilmu pengetahuan dalam dunia pendidikan adalah unsur utama. Digunakan untuk membangun sumber daya manusia yang memiliki etika dan memiliki estetika dalam menilai suatu hal. Sekaligus bisa mendapatkan lebih banyak ilmu pengetahuan yang bermanfaat bagi kehidupan.

Secara kegunaan teoritis, proses Haber-Bosch tertuang dalam materi pelajaran di kelas XI SMA pada mata pelajaran kimia, walaupun secara konten tidak banyak dibahas secara mendalam mengenai proses Haber-Bosch ini. Namun demikian, paparan mengenai materi ini memberikan wawasan kepada para siswa tentang reaksinya, prosesnya, sampai pada pemanfaatannya. Lebih lanjut, proses Haber-Bosch pun menjadi bahan kajian penelitian bidang teknik kimia dan bidang pertanian yang terus mengembangkan proses dan hasil produksinya.

Secara kegunaan praktis yang berkaitan dengan penerapan atau aplikasi dari pemahaman ilmu pengetahuan menunjukkan bahwa proses Haber-Bosch sudah digunakan dalam tataran praktis. Pengetahuan serta temuan Haber dan Bosch tentang pemanfaatan ide fiksasi nitrogen untuk menghasilkan amonia langsung diterapkan dalam skala industri yang hasilnya dimanfaatkan untuk membantu proses pertanian pada saat itu. Di Indonesia, amonia telah diproduksi oleh beberapa industri, yaitu PT. Petrokimia Gresik, PT. Pupuk Sriwijaya, PT. Pupuk Kujang, PT. Pupuk Kaltim, dan PT. Bahan Baku. Hasil dari produksi amonia tersebut sebagian besar dijadikan pupuk urea yang digunakan untuk kebutuhan pertanian di Indonesia dan sebagian di impor (Amalia, et al., 2015).

Kontroversi Penggunaan Amonia dan Gas Beracun

Pada awal penemuan proses fiksasi nitrogen oleh Haber, selain menghasilkan produk amonia yang memberikan manfaat signifikan bagi pertanian dan kehidupan di Eropa, penemuan Haber pun menjadi kunci penting kemenangan Jerman di awal perang. Walaupun terjadi blokade suplai Nitrat dari Chili sebagai produsen terbesar nitrat alami pada masa itu oleh Angkatan Laut Inggris, hal tersebut tidak serta merta membuat Jerman lumpuh. Metode Haber selain membuat tanah subur dengan pupuk, juga menyediakan suplai Amonia untuk pembuatan mesiu (Charles, D., 2005).

Pada sumber lain dijelaskan bahwa Haber memanfaatkan proses produksi amonia untuk memproduksi gas beracun semasa perang. Dalam studinya mengenai gas beracun, Haber

menemukan hubungan matematika yang mudah antara konsentrasi (C) gas dan waktu (t) gas terhirup dengan persamaan matematis yaitu $C \times t = k$, di mana k ialah tetapan. Dengan kata lain, pembukaan pada tingkat rendah gas selama waktu yang lama dapat menyebabkan akibat yang sama (misal kematian) sebagai pembukaan konsentrasi tinggi selama waktu singkat (Smill, V., 2004; Charles, D., 2005).

Pada sejarahnya, gas beracun ini menjadi senjata kimia mematikan semasa perang dunia. Pada 22 April 1915, Fritz Haber mengawasi pelepasan 168 ton gas beracun yang diarahkan ke perahanan pasukan prancis. Pada saat itu, gas memenuhi parit-parit pertahanan sehingga tidak ada tempat lari dan semua udara dipenuhi asap kuning. Gas beracun ini menyebabkan kematian sekitar 10.000 korban dari pasukan belgia dan prancis pada jam-jam pertama. Lebih lanjut, pada pertempuran kedua menyebabkan kematian 70.000 tentara prancis dan inggris dan 35.000 tentara Jerman serta Austria. Berikut gambaran pelepasan gas beracun yang diawasi oleh Fritz Haber.



Gambar 2. Pelepasan gas beracun pada saat perang dunia I

Peristiwa kematian ratusan ribu orang akibat gas beracun merupakan tindakan yang amoral sekaligus menjadi sebuah ironi dan kontroversi berkaitan dengan pemanfaatan hasil dari proses Haber-Bosch yang merupakan salah satu proses penting dalam sejarah

penyediaan pangan dan penyelamatan warga di Eropa.

Paradoks Sains dalam Proses Haber-Bosch

Peristiwa yang menunjukkan adanya kontribusi dan kontroversi dalam pemanfaatan produk proses Haber-Bosch menunjukkan sebuah paradoks sains. Pada spirit awal saintis yaitu Haber dan Bosch berupaya mengungkap fenomena alam adanya kebutuhan dan tantangan ketahanan pangan melalui penyediaan lahan yang subur dengan pupuk yang bisa dibuat dalam waktu yang lebih cepat. Namun karena pengetahuan yang dikembangkannya dapat diaplikasikan untuk mengubah alam, maka sains pun digunakan untuk memenuhi kebutuhan dan kesejahteraan (Firman, H., 2019). Pada kondisi perkembangannya, selain dimanfaatkan untuk menghasilkan bahan baku pupuk dari proses Haber-Bosch tersebut, selanjutnya prinsip dari proses tersebut juga digunakan untuk memenuhi kekuasaan dan kesejahteraan.

Lebih lanjut, peristiwa tersebut juga menunjukkan bahwa sebenarnya proses Haber-Bosch itu bersifat netral, yang menjadikan merusak dan bermanfaat adalah pengguna dan ilmunya. Hal ini sejalan dengan pendapat Firman (2019) yang menyatakan bahwa sains itu bersifat netral. Sementara yang membuat sains itu menjadi negatif (merusak) dan positif (bermanfaat) adalah para pembuat keputusan, ilmuwan, teknolog, politisi, pengusaha dan penggunaanya.

PENUTUP

Kajian aksiologi pada proses Haber-Bosch menunjukkan bahwa proses Haber-Bosch pada awal

penemuannya merupakan salah satu terobosan tersukses pada abad 20 yang memberikan dampak signifikan pada sektor pertanian dan keberlangsungan kehidupan masyarakat Eropa. Pada konteks saat ini, proses Haber-Bosch memiliki kegunaan baik secara teoritis maupun secara praktis. Namun demikian, Fritz Haber selaku penemu proses Haber-Bosch memanfaatkan proses ini untuk menjaga ketersediaan mesiu dan pembuatan gas beracun yang dijadikan sebagai senjata kimia pada perang dunia 1 dan menewaskan ratusan ribu orang. Peristiwa tersebut menunjukkan suatu yang tidak etis karena memanfaatkan pengetahuan untuk kekuasaan, dalam konteks tersebut terjadi suatu paradoks sains.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulhak, I. (2008). Filsafat ilmu pendidikan. Bandung:Remaja Rosdakarya.
- Amalia, et al. (2015). Evaluasi Kinerja Aqueous Amonia Plant (Studi Deskriptif di Pabrik Pupuk). *Jurnal Fluida* Volume, 11 (2), 27-33.
- Charles, D. (2005). *MASTER MIND The rise and fall of Fritz Haber, the Nobel laureate who launched the age of chemical warfare*. Perseus Publishing.
- Firman, H. (2019). *Pengantar Filsafat Ilmu Pengetahuan Alam. Sekolah Pascasarjana. Universitas Pendidikan Indonesia*.
- Jailani, I., (2018). Kontribusi Ilmuwan Muslim Dalam Perkembangan Sains Modern. *Jurnal THEOLOGIA*, 29(1), 165-188.
- Ramdhani, A., et al. (2014). Writing a Literature Review Research Paper: A step-by-step approach. *International Journal of Basic and Applied Science*, 3(1), 47-56.
- Rosnawati, et al. (2021). Aksiologi Ilmu Pengetahuan dan Manfaatnya bagi Manusia. *Jurnal Filsafat Indonesia*, 4(2), 186-194.
- Sheppard, D. (2017). Robert Le Rossignol, 1884–1976: Engineer Of The ‘Haber’ Process. *Notes Rec.*71, 263–296. doi:10.1098/rsnr.2016.0019
- Smil, V. (2004). *Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the Transformation of World Food Production*, Amazon.com. <http://www.amazon.com/EnrichingEarth-Fritz-TransformationProduction/dp/0262693135>.
- Suyanta. (2013). Sepuluh Kisah Inspiratif sebagai Bahan Ice Breaking dalam Pembelajaran Ilmu Kimia. Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia V. Surakarta, 6 April 2013