

## Geologi: Holistik Sains Dalam Perspektif 4 Dimensi dan *Knowledge-Based* sebagai Produk Sains

Taufan Wiguna\*

### Abstrak

Geologi dikenal sebagai sains kebumihan yang mempelajari batuan serta tahapan yang terjadi sebelum, saat, dan setelah terbentuknya batuan yang mana tahapan tersebut diikuti oleh proses fisika, kimia, dan biologi. Penelitian geologi mencakup seluruh wilayah di bumi dengan berbagai keanekaragaman topik, dari wilayah ekuator hingga kutub dan dari daratan tertinggi hingga laut terdalam. Melalui serangkaian penelitian geologi yang telah dilakukan di berbagai belahan bumi, makalah ini akan mendiskusikan geologi sebagai (i) holistik sains, (ii) sains dengan perspektif 4 dimensi (ruang dan waktu), (iii) sains yang menghasilkan *knowledge-based* produk. Geologi merupakan sains lanjutan dari sains lainnya yang kemudian diaplikasikan pada bumi. Oleh sebab itu dikenal beberapa cabang ilmu di geologi berdasarkan keterkaitannya dengan bidang sains lainnya seperti geofisika, geokimia, paleontologi, geostatistik, dll. Penerapan sains tersebut dilakukan pada suatu spasial kemudian diinversi sehingga penelitian geologi menghasilkan sejarah bumi dalam suatu spasial. Hasil tersebut berupa pencampuran antara informasi yang absolut dan interpretatif. Di lingkungan industri, hasil penelitian geologi berujung pada rekomendasi untuk pengambilan keputusan atau kebijakan. Geologi telah menjawab tantangan-tantangan atas kebutuhan material sumber daya alam (mineral, batubara, minyak dan gas bumi), mitigasi dan penanggulangan bencana, kajian lingkungan, perencanaan wilayah, dan pembangunan infrastruktur.

Kata-kata kunci: geologi, sains, dimensi, produk

### Pendahuluan

Sains dasar telah berkembang dari sebuah teori menjadi sesuatu yang dapat diaplikasikan untuk perkembangan teknologi dan pemenuhan kebutuhan manusia. Salah satu sains yang muncul dari pengaplikasian sains dasar adalah geologi. Penelitian geologi mencakup keseluruhan wilayah di bumi, di darat dan di laut maupun di daratan tertinggi hingga lautan terdalam, dengan berbagai topik sains dasar yang terkait.

Geologi telah menjawab tantangan industri melalui eksplorasi berbagai sumberdaya alam, perencanaan infrastruktur dan pembangunan, mitigasi bencana, dan lain lain. Pada makalah ini akan dibahas kaitan geologi dengan sains dasar, perspektif geologi mengenai ruang dan waktu, dan produk yang dapat dihasilkan.

### Teori

Sejak abad ke-18, yang ketika itu disebut sebagai kelahiran geologi modern, hingga saat ini telah muncul berbagai teori, seperti: stratigrafi dan *uniformitarianism* [1] [2], pengapungan benua (*continental drift*) dan tektonik lempeng (*plate tectonic*) [3] [4] [5], dimana kehadiran teori-teori tersebut diikuti oleh penerapan sains dasar. Penerapan sains dasar di bidang geologi merupakan metode untuk meneliti proses yang terjadi di litosfer baik masa lalu, saat ini, maupun untuk meramal masa depan. Perpaduan antara sains dasar dengan geologi memunculkan istilah

sub-bidang keilmuan tertentu, di antaranya : paleontologi [6] [7], geofisika [8] [9], geokimia [10] [11], dan geostatistik [12] [13].

Sudut pandang geologi mengenai waktu berkisar puluhan ribu hingga jutaan tahun yang tertuang dalam skala waktu geologi [14] [15]. Dalam suatu ruang dengan waktu tertentu (dalam skala waktu geologi), terdapat proses-proses yang terjadi pada litosfer. Seorang ahli geologi mencoba merekonstruksi proses-proses tersebut berdasarkan informasi yang diperoleh saat ini. *The present is the key to the past* menjadi sebuah kutipan dalam prinsip geologi [1] [2]. Geologi merupakan ilmu sejarah bumi dan bersifat interpretasi [16] [17] [18].

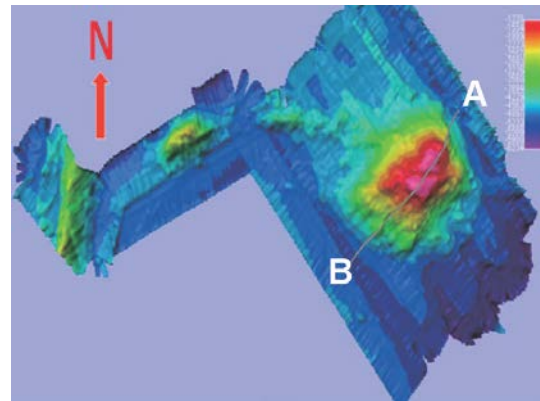
Menurut Carin [19], terdapat tiga aspek pada sains, terdiri dari: produk, proses (Sarkim [20] menyebutnya sebagai metode), dan sikap. Produk sains muncul akibat adanya proses dan sikap sains. Sains memiliki dua produk, yaitu: produk aktivitas empiris berupa fakta dan produk aktivitas analisis berupa konsep, prinsip, dan teori.

Jauh lebih dalam tentang produk sains, Staver [21] menjelaskan bahwa produk sains lebih dari sekedar konsep dan fakta. Produk sains harus mencakup empat aspek, yaitu: konsep, penyelidikan ilmiah, fakta, dan pemecahan masalah.

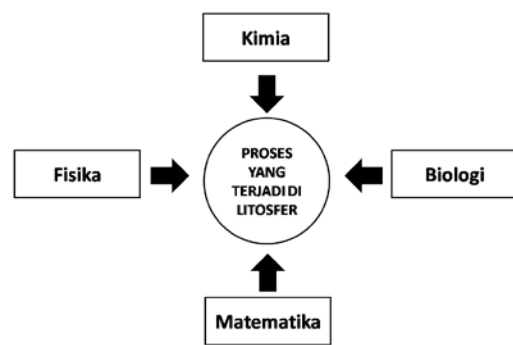
## Hasil dan Diskusi

Awalnya, penerapan sains dasar untuk menyelidiki bumi ditujukan untuk menjawab misteri alam semesta dan proses terciptanya bumi secara saintifik. Penerapan sains dasar tersebut kemudian berfokus pada penentuan umur bumi dan proses yang terjadi pada kerak bumi (litosfer). Data yang diperoleh dari hasil penyelidikan memberikan informasi atau fakta. Informasi tersebut akan digunakan untuk rekonstruksi kejadian geologi dengan memperhatikan aspek ruang dan waktu sehingga diperoleh sejarah litosfer suatu daerah.

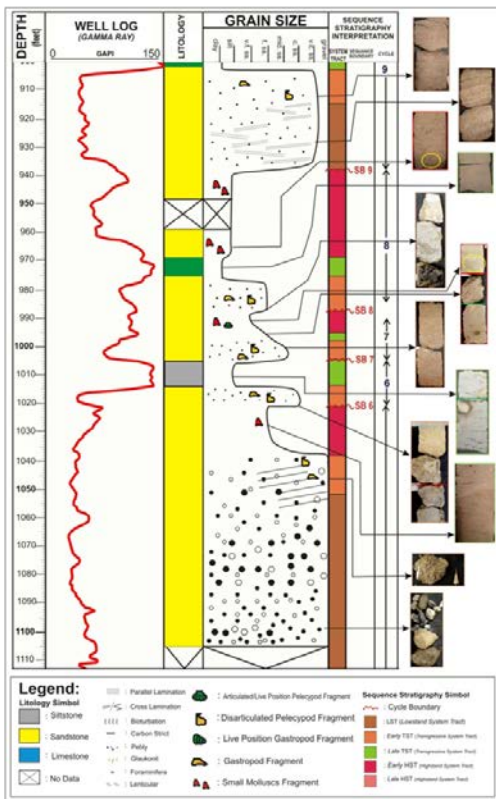
Berbagai metode yang digunakan, seperti: fisika dan biologi dapat diaplikasikan pada sumur pengeboran hidrokarbon untuk memperoleh stratigrafi atau urutan pengendapan dan lingkungan masa lalu (*paleoenvironment*) di suatu area (Gambar 1) [22], fisika diaplikasikan pada akuisisi *multibeam* untuk memperoleh data kedalaman laut (batimetri) di gunung laut Bengkulu dan geomatika untuk memproses data tersebut sehingga menghasilkan morfologi gunung bawah laut yang dapat digunakan ahli geologi untuk menjelaskan geomorfologi gunung bawah laut tersebut (Gambar 2) [23]. Geologi dapat dikatakan sebagai suatu sains kebumihan yang menggunakan satu atau lebih sains dasar untuk menjelaskan peristiwa yang terjadi di litosfer (Gambar 3).



Gambar 2. Geomorfologi Gunung bawah laut di perairan Bengkulu [23]



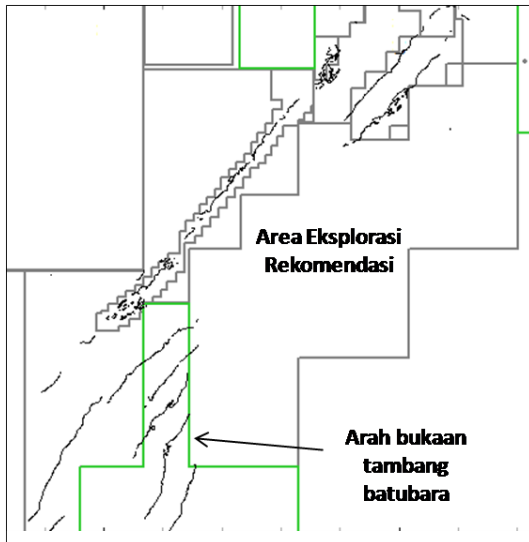
Gambar 3. Geologi merupakan penerapan sains dasar untuk penyelidikan litosfer



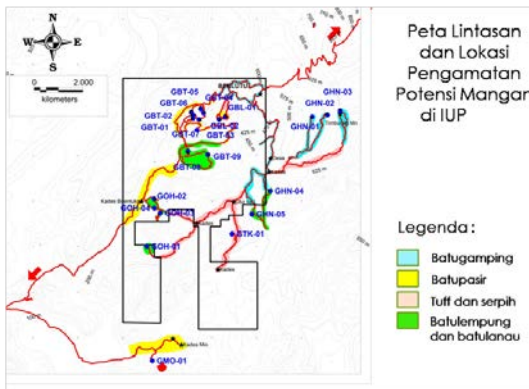
Gambar 1. Tafonomi moluska, besar butir, dan *gamma ray* [22]

Sebagai salah satu sains kebumihan, geologi telah diterapkan untuk berbagai tujuan penyelidikan oleh industri seperti eksplorasi dan eksploitasi mineral, batubara, dan hidrokarbon. Pengaplikasian geologi dalam industri-industri tersebut menjadikan tenaga ahli geologi memiliki nilai jual yang mana produk tenaga ahli geologi dapat berupa fisik maupun non-fisik. Kedua produk tersebut memiliki kualitas berdasarkan dasar-dasar pengetahuan (*knowledge-based*) ahli geologi.

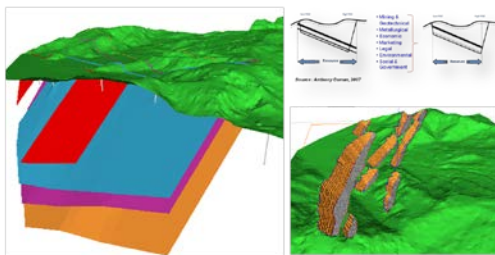
Produk para ahli geologi memiliki tahapan tertentu berdasarkan data yang dikumpulkan dari daerah penyelidikan. Produk-produk ahli geologi secara berurutan adalah sbb.: rekomendasi penentuan daerah penyelidikan (Gambar 4 [24]), data-data hasil deskripsi di lapangan (Gambar 1 [22]), peta lintasan survei/peta geologi (Gambar 5 [25]), rekomendasi lanjut (dicontohkan pada Gambar 6 [26]) untuk rekomendasi area bukaan tambang berdasarkan data lapangan yang terdiri dari deskripsi batuan dan kemenerusan batubara, kualitas batubara, pemodelan (geostatistik), dan faktor-faktor penentu perhitungan cadangan. Produk geologi secara fisik tertuang sebagai suatu informasi dan rekomendasi sedangkan produk non-fisik adalah kemampuan menganalisis.



Gambar 4. Rekomendasi ahli geologi untuk area izin usaha pertambangan [24]



Gambar 5. Peta Geologi sebagai produk penyelidikan geologi [25]

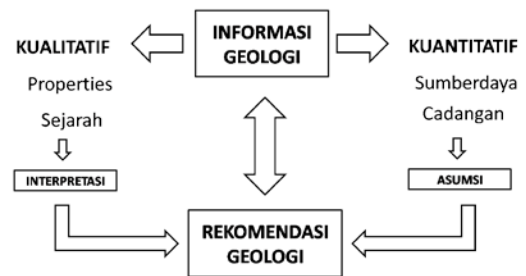


Gambar 6. Kiri: Pemodelan lapisan batubara berdasarkan data bor; Kanan atas: Faktor yang diperhitungkan untuk menentukan cadangan batubara; Kanan bawah: Rencana bukaan tambang berdasarkan faktor di atas [24]

Informasi geologi yang bersifat kualitatif [26] berupa hasil interpretasi dari pengumpulan dan pengolahan data lapangan sedangkan informasi yang kuantitatif berupa hasil matematis yang terdapat asumsi di dalamnya. Kedua sifat ini mendukung ahli geologi untuk menghasilkan produk lanjutan yaitu suatu rekomendasi dalam menentukan atau merencanakan suatu program seperti penentuan bukaan tambang batubara

pada suatu area usaha pertambangan. Pengambilan dan pengolahan data baik secara kualitatif maupun kuantitatif, informasi geologi, serta analisis untuk menghasilkan suatu rekomendasi memiliki keterkaitan yang sangat vital. Pengambilan data yang baik akan menghasilkan suatu informasi geologi yang baik. Informasi geologi yang akan membawa ahli geologi ke arah rekomendasi yang benar.

Produk geologi membutuhkan suatu proses untuk memperoleh produk lainnya [27] [28]. Proses ini disebut penyelidikan yang mana menerapkan sains-sains dasar untuk mengetahui lebih dalam mengenai litosfer sebagaimana yang dibahas di atas.



Gambar 7. Knowledge-based produk geologi

### Kesimpulan

Geologi menerapkan empat sains dasar (matematika, fisika, kimia, dan biologi) untuk mempelajari proses-proses yang terjadi pada litosfer. Geologi memandang ruang dan waktu (4 dimensi) dalam 2 hal, yaitu perubahan massa yang terjadi pada suatu ruang dan perpindahan suatu massa ke ruang yang berbeda. Produk geologi berupa informasi atau fakta geologi yang tertuang dalam peta dan laporan penyelidikan. Rekomendasi sebagai suatu produk geologi untuk pemecahan masalah yang dibutuhkan industri.

### Ucapan terima kasih

Terima kasih kepada Dr. Aswan serta para pengajar di Teknik Geologi ITB, ibu S.I. Qivayanti dari Chevron Pacific Indonesia (CPI) atas studi tafonomi menggunakan data core milik CPI, Ir. Ronald Sibaranie M.Min., MAusIMM and Arnazt P. Adryanto, ST, MAusIMM dari PT. Stania Bara Consulting atas hasil geostatistik batubara dan konsep serta prinsip batubara dalam dunia industri. Terima kasih kepada M. Ubaidillah dari PT. Dabljubrothers atas kerjasama pemetaan mangan. Terima kasih atas dukungan para senior di Balai Teknologi Survei Kelautan – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, antara lain: Sri Ardhyastruti, ST., MT., Yudo Haryadi, ST., MT., Rahadian, ST., MT., dan Dwi Haryanto, ST.

## Referensi

- [1] Charles Lyell, "Principles of Geology", John Murray, London, Vol. 1, Ed. 4, 1835, p. 406
- [2] Jack Repcheck, "The Man Who Found Time: James Hutton and the Discovery of the Earth's Antiquity", Basic Book, Philadelphia, 2003, p. 247
- [3] Lisa Yount, "Alfred Wegener: creator of the continental drift theory", Chelsea House Publisher, London, 2009, p. 160
- [4] John Erickson, "Plate Tectonics: Unraveling the Mysteries of the Earth", Checkmark Books, New York, 2001, p.290
- [5] Wolfgang Frisch, Martin Meschede, dan Ronald Blakey, "Plate Tectonics: Continental Drift and Mountain Building", Springer, New York, 2011, p.212
- [6] Colin W. Stearn, Robert L. Carroll, "Paleontology: The Record of Life", Wiley, Edisi pertama, 1989, p. 464
- [7] Beudoin, A. B. dan Head, M. J. (eds), "The Palynology and Micropalaeontology of Boundaries", Geological Society, London, 2004, p. 355.
- [8] Kalyan Kumar Roy, "Potential Theory in Applied Geophysics", Springer, 2008, p. 651
- [9] Mamdouh R. Gadallah dan Ray Fisher, "Exploration Geophysics", Springer, 2010, p. 266
- [10] John W. Valley dan David R. Cole (eds), "Stable Isotope Geochemistry", Reviews in Mineralogy and Geochemistry, Vol. 43, Mineralogical Society of Amer, 2001, p. 662
- [11] Hugh R. Rollinson, "Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation", Longman Geochemistry Series, Routledge, 1993, p. 384
- [12] P.J. Lee, "Statistical Methods for Estimating Petroleum Resources", Studies in Mathematical Geosciences, Book 8, Oxford University Press, 2008, p. 256
- [13] Steve McKillup dan Melinda Darby Dyar, "Geostatistics Explained: An Introductory Guide for Earth Scientists", Cambridge University Press, 2010, p. 414
- [14] Felix M. Gradstein, James G. Ogg, Alan G. Smith (eds), "A Geologic Time Scale 2004", Cambridge University Press, 2005, p. 610
- [15] James G. Ogg, Gabi Ogg, Felix M. Gradstein, "The Concise Geologic Time Scale", Edisi Pertama, Cambridge University Press, 2008, p. 228
- [16] Robert Frodeman, "Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science", Geological Society of America Bulletin, v. 107, no. 8 1995, p. 960-968
- [17] Kim A. Kastens, Cathryn A. Manduca, Cinzia Cervato, Robert Frodeman, Charles Goodwin, Lynn S. Liben, David W. Mogk, Timothy C. Spangler, Neil A. Stillings, dan Sarah Titus, "How geoscientists think and learn", Eos Trans. AGU, 90 (31), 2009, 265-266.
- [18] Jeff Dodick dan Nir Orion, "Geology as an Historical Science: Its Perception within Science and the Education System", Science & Education 12, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 2003, p. 197-211,
- [19] Arthur A Carin, "Teaching modern science", Macmillan Coll Div, Edisi ke-6, 1992, p. 386
- [20] T. Sarkim, "Humaniora dalam pendidikan sains", PT. Grafika, Bandung
- [21] John R. Staver, "Teaching science", International Academy of Education (IAE) and the International Bureau of Education (IBE), Switzerland, 2007, p. 28
- [22] Taufan Wiguna, Dody Suryadi, Yudha Risnandar S., Aswan, Muhammad Fahmi, Satia Graha, dan S.I. Qivayanti, "Taphonomic Study of Molluscs to Construct Sequence Stratigraphy Architecture in Tanjung-1, Medan-1, Buaya-1, Biawak-1 Well, Sihapas Group, Tanjungmedan Area, Central Sumatra Basin, Riau", Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan IAGI Ke-38, 13-14 Oktober 2009, Semarang, Indonesia.
- [23] Taufan Wiguna dan Dwi Haryanto, 2015, Geologi dan Geomorfologi Gunung Bawah Laut di Perairan bengkulu berdasarkan data multibeam", Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Ke-2 Ikatan Ahli Kebencanaan Indonesia, 26-28 Mei 2015, UGM - Yogyakarta, Indonesia, *in press*
- [24] PT. Stania Bara Consulting, Internal Report, 2011
- [25] PT. Dabljubrothers. Internal Report, 2013
- [26] Taufan Wiguna, "Side Scan Sonar Application for Surficial Sediment Characterization and Geological Interpretation at Eastern Jakarta Bay", Prosiding IPB International Convention Center 2015 (IICC 2015) 16-18 Maret, Bogor, Indonesia, *in press*
- [27] Taufan Wiguna dan Sri Ardhyastuti, "Application of Parasound Data for Sediment Study on a Methane Seep Site at Simeulue Basin" dipresentasikan pada International (ICMNS 2014), 2-3 November 2014, ITB - Bandung, Indonesia
- [28] Sri Ardhyastuti dan Taufan Wiguna, "Application of Parasound Data for Observation on a Methane Seep Site at Simeulue Basin", Prosiding PIT HAGI ke-39, 13-16 Oktober 2014, Solo, Indonesia.

Taufan Wiguna  
Geoscientist, Technology Center for Marine Survey  
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi  
taufan.wiguna@bppt.go.id