

Prospek dan Manfaat Kajian Kemagnetan Batuan pada Perubahan Iklim dan Lingkungan

Siti Zulaikah

Jurusan Fisika Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang 05 Malang

E-mail: siti.zulaikah.fmipa@um.ac.id

Abstrak

Kemagnetan batuan telah dikaji dan dikembangkan di Indonesia sejak abad 19. Kajian tersebut dimulai dengan aplikasinya pada *paleomagnetisme*, yaitu pelacakan arah medan magnetik bumi di masa lampau dan berlanjut hingga awal abad 20, kajian kemagnetan batuan telah merambah pada aplikasi perubahan iklim dan lingkungan dalam bidang yang dikenal *magnetoclimatology* dan *environmental magnetism*. Aplikasi kajian kemagnetan batuan ini dituntun oleh keberadaan mineral magnetik pada sedimen atau tanah, yang mana jenis, morfologi, jumlah dan bentuk ukuran bulir mineral magnetik berubah karena perubahan iklim dan lingkungan. Selanjutnya perubahan iklim dan lingkungan dimasa lampau yang dapat digunakan sebagai petunjuk prediksi iklim mendatang, dapat ditelusuri dari keberadaan mineral magnetik pada sedimen. Kondisi iklim lampau dan lingkungan dapat ditelusuri sejauh usia batuan yang digunakan sebagai sampel. Cara inilah yang digunakan peneliti untuk menunjukkan hubungan yang sangat dekat antara sifat magnetik batuan dan iklim serta lingkungan yang sepiantas terdengar aneh.

Kata Kunci : Kemagnetan Batuan, Iklim dan Lingkungan

PENDAHULUAN

Kajian Kemagnetan Batuan telah sangat meluas dan terus berkembang. Dimulai dengan aplikasi pada *paleomagnetism* yang dapat digunakan untuk melacak tektonika lempeng (Butler, 1992), selanjutnya Kemagnetan Batuan dapat diaplikasikan dalam bidang-bidang lain, yakni : *biomagnetism*, yaitu kajian tentang kemagnetan pada makhluk hidup; *enviromagnetism*; *magnetoclimatology* (Maher and Thompson, 1999; Evans and Heller, 2003); industri (Yulianto dkk, 2003b) dan terakhir yang saat ini tengah berkembang adalah *agromagnetism* (Agustine, dkk 2013 ; Zulaikah, dkk 2015) dan *volcanomagnetism*.

, kita memerlukan data iklim yang sangat panjang ke belakang. Oleh karenanya diperlukan data iklim lampau. Data iklim lampau tidak dapat kita peroleh melalui rekaman data BMKG. Data tersebut dapat diperoleh melalui studi paleoklimatologi.

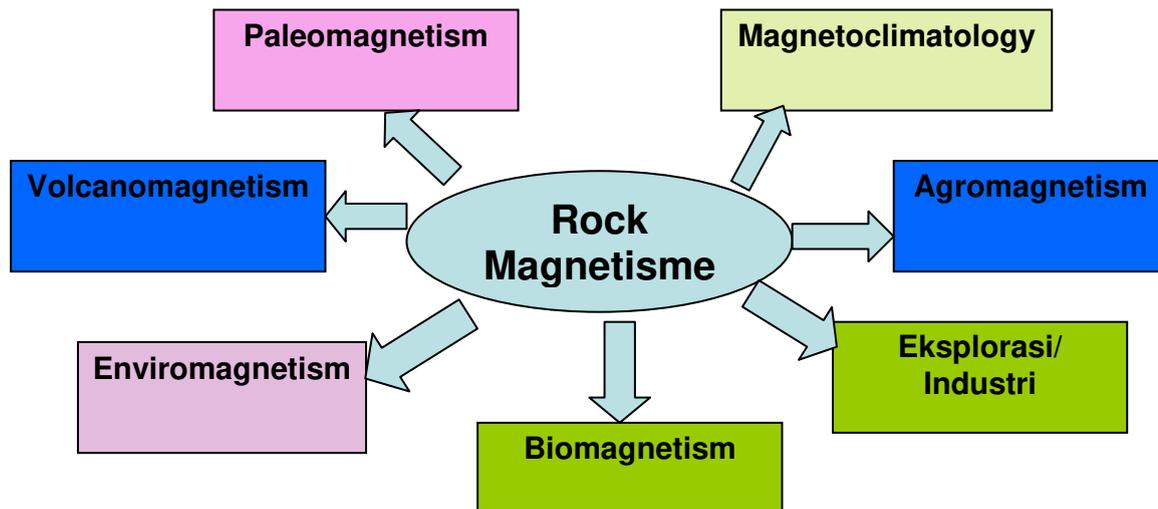
Berbagai aplikasi kemagnetan batuan dapat dilihat pada gambar 1.

Kajian magnetoclimatologi dan *environmental magnetism* sendiri telah berkembang di Indonesia sejak tahun 2000 (Zulaikah et al., 2003). Kajian tersebut dilakukan dengan memanfaatkan sifat magnetik batuan stalagmit untuk melacak kondisi iklim dan lingkungan di masa lampau. Sifat dan perilaku iklim sangat *chaotic*. Climatologist terus berupaya melakukan pengolahan data dan prediksi iklim mendatang untuk mendapatkan gambaran iklim yang lebih jelas. Sebagai bahan acuan dalam prediksi iklim

Salah satu studi paleoklimatologi adalah *magnetoclimatology* disamping studi-studi lain seperti *paleontology* dan *dendroclimatology* (studi lingkaran tahun pohon untuk melacak iklim). Studi tersebut juga telah berkembang di Indonesia sejak tahun 1931 oleh ilmuwan Belanda, Berlage dan terus berlanjut melalui

kerjasama riset antara peneliti ITB dan LDEO Columbia universty (Bijaksan, et al, 2007). Beberapa hasil dari kerjasama tersebut telah dihasilkan beberapa paper yang

mendeskrripsikan kondisi iklim kering di Jawa selama dua abad terakhir (D'Arrigo et al., 2006)



Gambar 1. Diagram aplikasi Kemagnetan Batuan

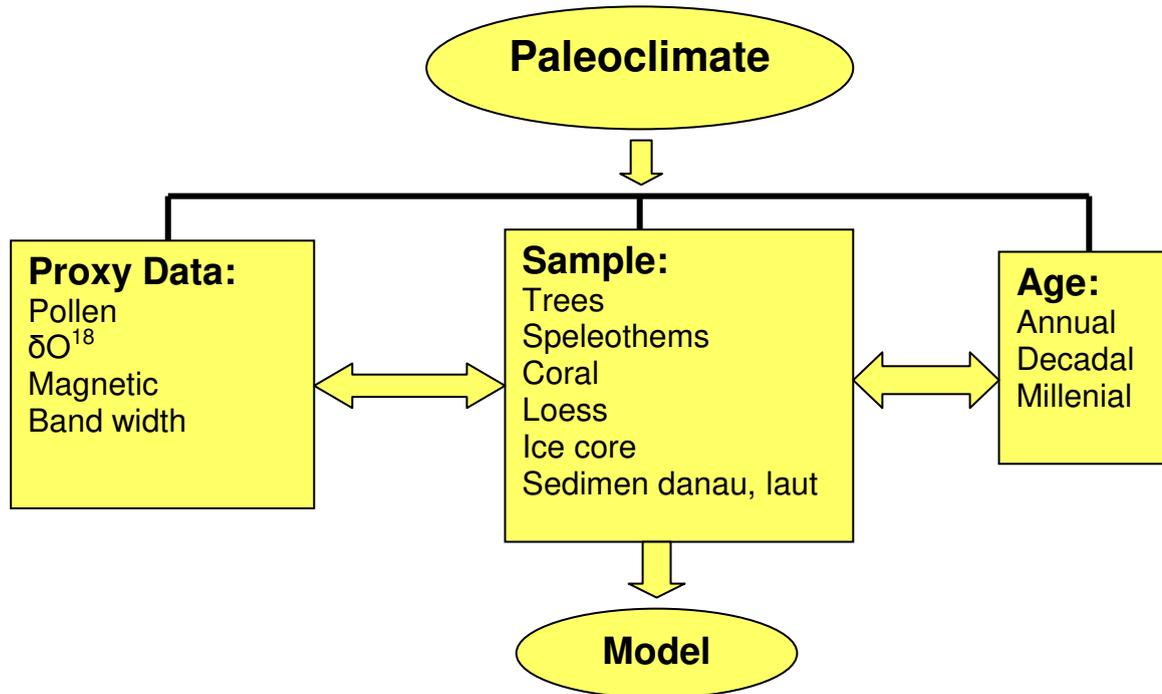
Ada tiga unsur penting yang perlu dipertimbangkan dalam studi paleoklimatologi, yaitu sampel yang akan digunakan, kurun waktu yang akan dilihat dan proxy data (data tidak langsung) yang akan kita gunakan. Ketiga unsur tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2.

Sifat Magnetik Batuan sebagai Clue Perubahan Iklim dan Lingkungan

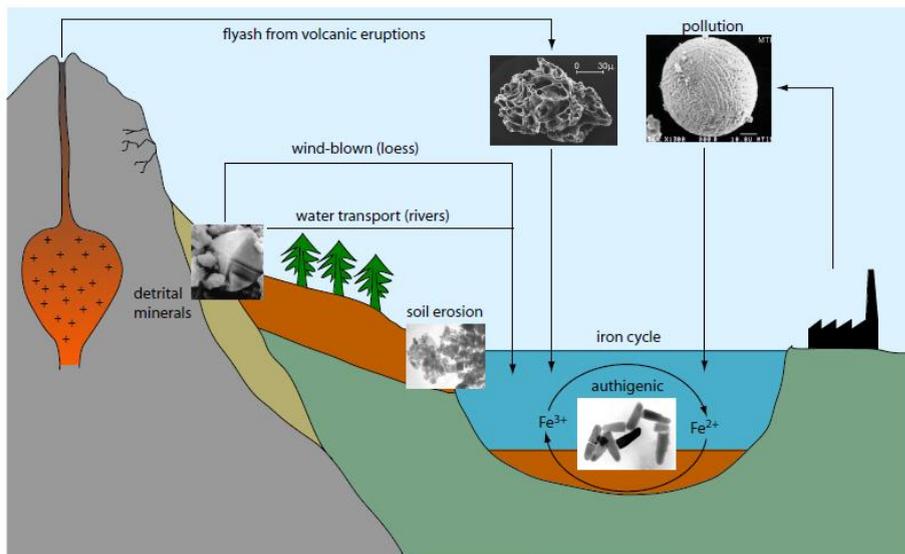
Sifat magnetik batuan tergantung pada mineral magnetik pembawa sifat magnetiknya. Sifat-sifat mineral magnetik tergantung pada jenis, jumlah, bentuk dan ukuran bulir mineral magnetik. Sifat magnetik batuan dalam aplikasinya pada iklim dan perubahan lingkungan dapat dilacak dari keempat faktor tersebut. Sebagai contoh, dalam studi lingkungan, jumlah mineral magnetik pada sedimen atau tanah terbukti berasosiasi dengan jumlah logam berat. Selanjutnya berdasarkan kesamaan ini, sifat magnetik dapat digunakan sebagai indikator keberadaan logam berat pada endapan. Studi ini telah banyak diterapkan pada pemetaan polusi tanah (Lou et al., 2000; Zulaikah, 2012; Kanu, et al., 2013; Dlouha, et

al.,2013; Aydin and Aykol, 2015), polusi sungai (Gautam et al., 2000 ; Nurbaiti, 2011; Bilinski et al., 2014;). Hal yang sama juga dapat dilakukan pada deteksi bentuk dan ukuran bulir mineral magnetik. Bentuk dan ukuran bulir mineral magnetik terukur melalui sifat magnetik maupun dapat dilihat visual dengan bantuan mikroskop.

Bentuk dan ukuran mineral magnetik dapat memberikan petunjuk kondisi lingkungan tertentu. Sebagai contoh, dalam sistem danau, keberadaan mineral magnetik dikontribusi oleh erosi yang dikenal sebagai mineral detrital dengan visualisasi berbentuk kristal, mineral magnetik lain dalam sistem danau dikontribusi dari polusi kendaraan bermotor maupun pabrik. Bentuk mineral magnetik dari polusi ini cenderung berbentuk bulat. Mineral magnetik juga dapat berasal dari letusan gunung atau erupsi vulkanik, dengan bentuk cenderung tak beraturan dan keropos seperti batu karang. Disamping itu proses *authigenic*, dalam danau juga menghasilkan mineral magnetik yang cenderung berbentuk memanjang (Gambar 3).



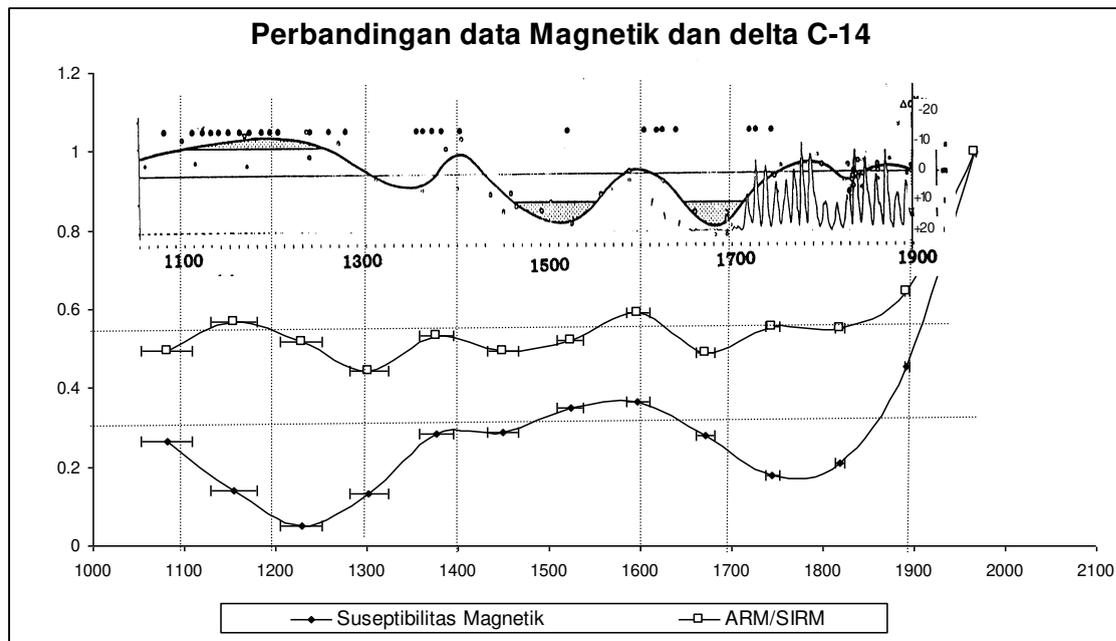
Gambar 2. Tiga unsur penting dalam studi paleoklimatologi



Gambar 3. Asal mula dan morfologi mineral magnetik dalam lingkungan danau.

Bentuk dan ukuran mineral magnetik juga dapat digunakan sebagai *proxy* indikator perubahan iklim. Sebagai contoh: besar kecilnya ukuran bulir mineral magnetik dapat digunakan untuk melacak besar kecilnya kecepatan angin sepanjang umur sedimen. Melalui pengukuran susceptibilitas magnetik pada endapan dan membandingkan hasil

pengukuran tersebut dengan proxy data lain, akhirnya kita dapat memprediksi kondisi iklim mendatang. Gambar 4 adalah contoh hasil perbandingan data antara sifat magnetik pada stalagmit dan data sunspot serta data delta C-14. Dari data tersebut dapat diprediksi bahwa sejak tahun 2000 hingga \pm tahun 2050 Indeks basah iklim akan terus mengalami peningkatan.



Gambar 4. Data magnetik dan perbandingannya dengan data lain dalam paleoklimatologi.

METODE PENGUKURAN DAN INTERPRETASI DATA

Beberapa parameter kemagnetan batuan dapat diukur dengan menggunakan seperangkat peralatan standar kemagnetan batuan yaitu suseptibilitas magnetik dapat diukur dengan susceptibility meter, stabilitas magnetik dapat dilacak dengan menggunakan demagnetizer dan magnetometer, saturasi magnetik dapat dilihat dengan pemberian medan magnet luar dan magnetisasinya diukur dengan magnetometer. Disamping itu pengukuran pendukung dapat dilakukan dengan menguji prosentasi mineral magnetik melalui keberadaan unsur Fe dengan menggunakan XRF (X-Ray Fluorescence), mengetahui morfologi mineral magnetik dengan menggunakan SEM atau TEM, dan mengetahui kandungan mineral magnetik dengan menggunakan XRD.

Data yang diperoleh dalam pengukuran kemagnetan batuan juga tidak memerlukan olah data yang rumit. Bahkan data suseptibilitas magnetik secara langsung dapat dibandingkan dengan proxy data yang lain (Gambar 4)

PROSPEK DAN PELUANG RISET

Berdasarkan pada uraian di atas, dapat dipahami bahwa aplikasi kajian kemagnetan batuan sangat luas dan jika merujuk pada

ketiga unsur dalam studi paleoklimatologi, riset dibidang ini terbuka peluang yang sangat lebar. Kerjasama penelitian sangat memungkinkan untuk dilakukan antar institusi. Dilihat dari sampel dan fasilitas peralatan Laboratorium Kemagnetan Batuan ITB, telah tersedia perangkat peralatan Kemagnetan Batuan cukup memadai untuk studi ini. Di laboratorium sentral (lab sentral) Universitas Negeri Malang juga tersedia suseptibilitas magnetik dan peralatan pengukuran pendukung seperti XRF, SEM EDAX, dan FTIR. Laboratorium Geofisika UNSRI juga memiliki perangkat peralatan pengukuran kemagnetan batuan. Laboratorium Geofisika UGM memiliki susceptibility meter yang sangat sensitif yaitu Kappabridge KLY-2.

Dengan melihat ketersediaan alat, riset yang berbasis pada kemagnetan batuan dan aplikasinya pada berbagai bidang khususnya dalam magnetoclimatology dan envromagnetic yang memungkinkan untuk terus dikembangkan. Kami meyakini sangat terbuka ruang kerjasama antar institusi baik di dalam maupun di luar negeri. Kerjasama dengan institusi luar negeri juga telah dilakukan oleh kelompok kemagnetan batuan dari institt teknologi bandung dengan Brown University dalam pengeboran sampel di danau Towuti di Soroako. Kelompok kemagnetan batuan

alamiah di Indonesia juga telah mendeklarasikan diri dalam Masyarakat Kemagnetan Alamiah Indonesia (MKAI) pada november 2015.

PETUTUP DAN MANFAAT KAJIAN

Sifat dan perilaku iklim sangat *chaotic*. Perubahan iklim sangat berkaitan dengan sejarah timbul tenggelamnya suatu budaya. Sebagai contoh pada saat iklim kering, budaya maritim berkembang dan menghasilkan hasil maritim yang melimpah dan sebaliknya budaya agrobisnis merosot. Demikian sebaliknya pada iklim basah budaya agrobisnis berkembang sangat baik dan budaya maritim merosot. Perubahan iklim seyogyanya dapat menjadi rujukan dalam pembangunan nasional. Perubahan iklim ekstrim seperti El-Nino dan La-Nina secara langsung berpengaruh pada ketahanan nasional. Sebagai contoh, El-Nino

tahun 1997 yang berdampak pada krisis air dan pangan, secara langsung berdampak pada krisis ekonomi dan ketahanan nasional terganggu dan secara tidak langsung berdampak pada runtuhnya orde baru. Kejadian serupa juga terjadi di Masa-masa sebelumnya seperti keruntuhan Mojopahit, juga didahului oleh iklim kering yang sangat panjang. Contoh lain juga dapat kita lihat pada tenggelamnya budaya Maya di Meksiko yang terjadi sekitar tahun 1200, mengalami kekeringan panjang selama kurang lebih 200 tahun. Kekeringan panjang tersebut bukan berarti tidak terjadi hujan, namun indeks basah menurun selama kurun waktu tersebut. Dengan mempelajari iklim purba dalam waktu yang panjang, kita dapat melacak iklim purba tersebut dan tentu merupakan petunjuk untuk prediksi iklim mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustine, E., Fitriani, D., Saifuddin, L.O., Tamuntuan, G., and Bijaksana, S., 2013, Magnetic susceptibility properties of pesticide contaminated volcanic soil, Padjajaran International Physics Shymposium, 5.
- Aydin, A., and Aykol, E., 2015, Observing urban soil pollution using magnetic susceptibility, International journal environmental research, 9(1): 295-302.
- Berlage, H.P., 1931, On the relationship between thickness of tree rings of Djati trees and rainfall on Java. *Tectona*, 24:939-953.
- D'Arrigo, R., Wilson, J. Palmer, P. Krusic, A. Curtis, J. Sakulich, S. Bijaksana, S. Zulaikah, and L.O. Ngkoimani, 2006, Monsoon drought over Java, Indonesia during the past two centuries , *Geophysical Research Letter*, 33.
- Dlouha, S., Petrovsky, E., Kapicka, A., Boruvka, L., Ash, C., and Drabek, O., 2013, Investigated of polluted alluvial soils by magnetic susceptibility methods. A case study of Litavka River. *Soil & Water Res.* 8 (4): 151-157.
- Evans, M.E. and Heller, F., 2003, *Environmental Magnetism: principles and application of enviromagnetics*, Academic Press, pp.299.
- Bijaksana, S., Ngkoimani, L.A., D'Arrigo, R., Krusic, P., Palmer, J., Sakulich, J., and Zulaikah, S., 2007, Status of tree ring research from teak (*Tectona grandis*) for climate, *Jurnal Geofisika*, Edisi 2007 No 2.
- Bilinski, S.F., Bilinski, H., Tibljas, D., Tomasic, N., Maldini, K., and Scholger, R., 2014, Initial magnetic susceptibility measurement in sediments of Croatian and Slovenian rivers, *NewTrend on Paleo, Rock and Environmental magnetism*.
- Butler, R.F., 1992, *Paleomagnetism*, Blackwell Oxford, pp.319.
- Gautam, P., Hosoi, A., Regmi, K.R., Khadka, D.R., and Fujiwara, Y., 2000, Magnetic minerals and magnetic properties of the Siwalik group sediments of the Karnali river section in Nepal, *Earth Planets Space*, 2000 (52): 337-345.
- Kanu, M.O., Meludu, O.C., and Oniku, S.A., 2013, A Preliminary Assesment of soil pollutionin some parts of Jalingo, Metropilis, Nigeria using magnetic susceptibility method, *Jordan journal of Earth and Environmental Sciences*, 5 (2); 53-61.

- Lou, W., Dongsheng, L., and Houyuan, L., 2000, Magnetic susceptibility properties of polluted soils, Chinese Science Bulletin, 45(18); 1723-1726.
- Maher, B. and Thompsons, R., 1999, Quaternary climates, environments and magnetism, Cambridge university press, pp. 390.
- Nurbaiti, U., 2011, Magnetic properties of suspended of polluted heavy metasediment from Semarang river, Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, 2011(7): 134-137.
- Yulianto, A., Bijaksana, S., Loeskmanto, W., dan Kurnia, D., 2003b, Produksi Hematit (α -Fe₂O₃) dari pasir besi: Pemanfaatan potensi alam sebagai bahan industri berbasis sifat kemagnetan, Jurnal Sains Materi Indonesia, 5 (1), 51-54.
- Zulaikah, S., H.I., The, S. Bijaksana, U. Fauzi and N. Yulita, 2003, Preliminary result of magnetic records in stalagmite, Jurnal Geofisika, 2003 (2) 25-30.
- Zulaikah, S., 2012, Magnetic Susceptibility of Sediments and Correlation with Heavy Metals: Case Study from Malang-Indonesia, Presented in AOGS-AGU 2012, Singapore 13-17 August 2012.
- Zulaikah, S., Nugroho Adi P., Prayekti, E.B., Mumfarikha, N., dan Hikma, R.A., 2015, Pengukuran Resistivitas dan Dielektrisitas Tanah Perkebunan Apel: Sebuah Langkah Awal dalam Studi *Agrogeophysic*, Seminar Nasional Fisika, UNJ, 6 Juni 2015.