

## ULASAN

# Bakteri Pembuat Partikel Magnet (*Magnetotactic Bacteria*)

ARIS TRI WAHYUDI

Jurusan Biologi FMIPA Institut Pertanian Bogor, Jalan Raya Pajajaran, Bogor 16144

Tel. 251-311681, Fax. 251-328837, E-mail: dupakbio@mipabogor.net.id

Diterima 19 Maret 1997/Disetujui 3 Oktober 1997

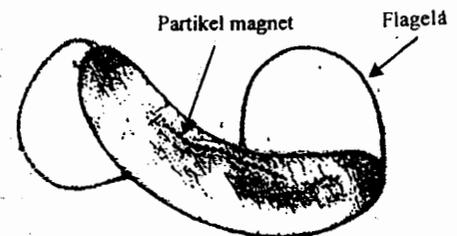
### PENDAHULUAN

Sejak tahun 1975 telah diketahui bahwa kelompok bakteri akuatik tertentu cenderung bergerak atau berenang sepanjang garis bidang magnet yang dipengaruhi oleh bidang magnet bumi. Bakteri macam ini dikenal sebagai bakteri magnetotaktik yang diketahui mampu membuat partikel-partikel magnet di dalam selnya dengan jumlah rata-rata per sel sekitar 10 - 30 partikel. Partikel-partikel ini dihubungkan oleh suatu ikatan rantai tunggal maupun ganda. Semua bakteri pembuat partikel magnet diketahui termasuk bakteri gram negatif, namun demikian penelitian terhadap bakteri ini masih relatif jarang dilakukan. Potensi bakteri ini sangat besar baik dipandang dari sudut ekologi maupun aplikasi bioteknologinya. Baru beberapa tahun terakhir ini penelitian mengenai telaah ekologi bakteri magnetotaktik, biomineralisasi partikel-partikel magnet, maupun bioteknologinya mulai banyak dilakukan oleh para peneliti di luar negeri.

Partikel magnet di dalam sel bakteri dapat berbentuk oksida besi, yaitu magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), sulfida besi yaitu greigit ( $\text{Fe}_7\text{S}_8$ ) (Bazylinski *et al.* 1993) atau kombinasi antara greigit dan pirit besi ( $\text{FeS}_2$ ). Partikel tersebut di dalam sel diselubungi oleh membran magnetosom (Bazylinski *et al.* 1995). Bagi bakteri ini, partikel magnet tersebut berperan dalam respons magnetotaktiknya (Gambar 1).

### KEHADIRAN BAKTERI MAGNET

Kehadiran bakteri magnet di alam telah menimbulkan berbagai pertanyaan di antara para ahli, terutama dalam hal pembentukan magnetostratigrafi dan palaeomagnetisme. Para ahli kimia lebih tertarik terutama mengenai bagaimana cara bakteri ini memproduksi partikel magnet yang sangat kecil (sekitar 50 nm) tanpa bantuan suhu, pH, dan tekanan tinggi yang sering digunakan dalam produksi partikel magnet secara industri. Para ahli mikrobiologi dan biologi molekuler lain lagi dalam memandang bakteri ini sebagai objek. Mereka justru lebih tertarik pada bagaimana biomineralisasi partikel magnet ini dapat dibuat di dalam sel, bagaimana besi yang merupakan komponen utama partikel magnet masuk melalui membran magnetosom, dan apakah ada gen yang berperan dalam mengendalikan transpor besi ke dalam sel masuk melalui membran magnetosom. Jika gen yang berperan besar dalam sintesis partikel magnet diketahui dan



Gambar 1. Penampilan bakteri pembuat partikel magnet *Magnetospirillum magnetotacticum* dengan magnetosom di dalam sel, yang dilihat melalui mikroskop elektron transmisi (Blakemore & Frankel 1981).

dapat diklon pada bakteri lain yang mudah dikulturkan maka kemungkinan untuk memproduksi partikel magnet secara besar-besaran dengan menggunakan bakteri sebagai pabriknya dapat dilakukan.

Selama ini baru beberapa bakteri magnet saja yang dapat dibiakkan karena bakteri ini tergolong rewel atau manja, namun pada tahun 1996 telah ditemukan metode yang tepat untuk mengisolasi jenis-jenis bakteri ini tanpa menggunakan magnet. Metode tersebut diawali dengan cara menginkubasi sedimen, pengkayaan bakteri dalam media, isolasi bakteri yang diperkaya melalui pembentukan koloni, optimasi kondisi selama pertumbuhan, dan sintesis partikel magnet. Salah satu metodenya telah diubah oleh kelompok peneliti dari laboratorium Tadashi Matsunaga dari Tokyo University of Agriculture and Technology, Jepang (Sakaguchi *et al.* 1996). Di samping itu, peran utama bakteri ini di lingkungan perairan masih banyak yang belum terungkap sehingga menjadikan suatu tantangan untuk menelaah peran ekologi bakteri ini.

*Magnetospirillum magnetotacticum* (dulu *Aquaspirillum magnetotacticum*) merupakan salah satu contoh bakteri magnet yang telah lama diketahui dapat dibiakkan di laboratorium. Kehadiran bakteri ini terutama dijumpai pada bagian sedimen perairan tawar, tepatnya pada bagian perbatasan antara zona yang beroksigen dan yang tidak beroksigen (zona aerob-anaerob). Spesies lain yang juga dapat ditemukan pada bagian sedimen perairan tawar, yaitu *Magnetospirillum* galur MGT-1 dan galur AMB-1, *M. gryphiswaldense*, dan *Bilophococcus magnetotacticus*. Di

samping itu, pada sedimen perairan laut juga dapat ditemukan adanya bakteri magnet tersebut. Untuk mempelajari bakteri magnet yang tidak dapat dibiakkan dapat digunakan teknik analisis *Polymerase Chain Reaction* (PCR). Melalui teknik ini juga dapat diketahui hubungan filogeninya, baik dengan kelompok bakteri magnet itu sendiri maupun dengan kelompok bakteri lain, yaitu dengan menggunakan primer yang spesifik bagi molekul DNA ribosom 16S (rDNA) (Thorhill *et al.* 1995).

### BIOMINERALISASI PARTIKEL MAGNET

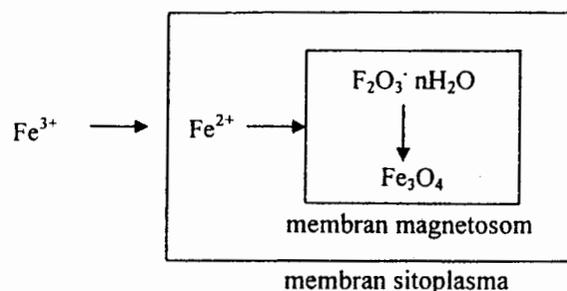
Biom mineralisasi partikel magnet merupakan suatu proses yang sangat menarik. Magnetosom yang menyelimuti partikel magnet ternyata mengandung dua jenis protein, yaitu protein dengan berat molekul 15 kDa dan 33 kDa. Proses biom mineralisasi ini meliputi: (i) pengambilan besi, (ii) transpor besi ke dalam ruang sitoplasma dan melewati membran partikel magnet (magnetosom), (iii) presipitasi feri oksida terhidroksi dalam vesikel, dan (iv) transformasi fase besi amorf menjadi partikel magnet (Mann *et al.* 1990). Namun, beberapa aspek masih belum begitu jelas, misalnya apakah ion feri atau fero yang diambil dan ditransportasikan, dan protein-protein manakah yang mengontrol reaksi (iii) dan (iv). Protein yang terdapat pada membran magnetosom tersebut sangat berperan penting dalam transpor besi dari lingkungan ke dalam vesikel membran sel bakteri pembuat magnet, khususnya pada spesies *Magnetospirillum* galur AMB-1. Untuk melakukan fungsinya ternyata diperlukan adanya penambahan molekul *adenosine triphosphate* (ATP) (Nakamura *et al.* 1995).

Untuk memahami secara lebih mendalam mengenai partikel magnet yang dibuat oleh bakteri-bakteri tersebut diperlukan alat bantu mikroskop elektron transmisi beresolusi tinggi. Dengan alat ini akan dapat diketahui berbagai bentuk partikel magnet yang dibuat oleh bakteri tersebut, baik berbentuk kubus, empat persegi panjang, heksagonal, maupun seperti peluru. Namun demikian, kalau hanya untuk melihat magnetosom yang membentuk rantai memanjang mengikuti panjang sel, dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop kontras fase. Magnetosom tersebut akan terlihat seperti benang gelap yang tertanam pada bagian dalam dinding sel bakteri (Bazylinski *et al.* 1995).

Dalam proses biom mineralisasi partikel magnet, kondisi lingkungan seperti konsentrasi oksigen ( $O_2$ ) dan atau hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) merupakan peubah yang sangat menentukan. Molekul  $O_2$  sangat diperlukan untuk sintesis  $Fe_3O_4$ , terutama yang telah diamati pada *M. magnetotacticum*, sementara  $H_2S$  dalam sintesis produksi partikel  $Fe_3S_4$ . Gambar 2 menunjukkan skema proses biom mineralisasi partikel magnet.

### BEBERAPA APLIKASI

Banyak aspek yang dapat dimanfaatkan dari bakteri pembuat magnet ini, baik dari segi ekologi maupun aplikasi bioteknologinya. Dari segi ekologi, bakteri pembuat magnet dapat berperan dalam daur ulang atau siklus besi di lingkungan dan sebagai pengguna hidrogen sulfida ( $H_2S$ )



Gambar 2. Proses biom mineralisasi partikel magnet magnetit (Mann *et al.* 1990).

yang dijumpai pada perairan yang tercemar. Dari segi aplikasi bioteknologinya, bakteri magnet ini dapat dimanfaatkan dalam berbagai kepentingan terutama dalam pembuatan pita magnet, tinta cetak magnet, katalis, asai klinik, imunoasai untuk menentukan imunoglobulin G (Mann *et al.* 1990), pembawa DNA dalam proses transformasi pada sianobakteri (Takeyama *et al.* 1995), maupun untuk pemisahan tipe-tipe sel dalam penelitian patologi (Mann *et al.* 1990). Oleh karena itu, dalam jangka pendek maupun jangka panjang bakteri ini mempunyai prospek yang baik, dipandang dari segi ekologi, maupun aplikasi bioteknologinya.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bazylinski, D.A., B.R. Heywood, S. Mann & R.B. Frankel. 1993.  $Fe_3O_4$  and  $Fe_3S_4$  in bacterium. *Nature* 366: 218.
- Bazylinski, D.A., R.B. Frankel, B.R. Heywood, S. Mann, J.W. King, P.L. Donaghay & A.K. Hanson. 1995. Controlled biomineralization of magnetite ( $Fe_3O_4$ ) and greigite ( $Fe_3S_4$ ) in magnetotactic bacterium. *Appl. Environ. Microbiol.* 61: 3232-3239.
- Blakemore, R.P. & R.B. Frankel. 1981. Magnetic navigation on bacteria. *Sci. Am.* 42: 58-65.
- Mann, S., N.H.C. Sparks & R. Board. 1990. Magnetotactic bacteria: microbiology, biomineralization, palaeomagnetism and biotechnology. *Adv. Microbiol. Physiol.* 31: 125-181.
- ✓ Nakamura, C., J.G. Burgess, K. Sode & T. Matsunaga. 1995. An iron-regulated gene, *magA*, encoding an iron transport protein of *Magnetospirillum* sp. strain AMB-1. *J. Biol. Chem.* 270: 28392-28396.
- ✓ Sakaguchi, T., N. Tsujimura & T. Matsunaga. 1996. A novel method for isolation of magnetic bacteria without magnetic collection using magnetotaxis. *J. Microbiol. Met.* 26: 139-145.
- ✓ Takeyama, H., A. Yamazawa, C. Nakamura & T. Matsunaga. 1995. Application of bacterial magnetic particles as novel DNA carriers for ballistic transformation of a marine cyanobacterium. *Biotechnol. Tech.* 9: 355-360.
- ✓ Thornhill, R.H., J.G. Burgess & T. Matsunaga. 1995. PCR for detection of indigenous uncultured magnetic cocci in sediment and phylogenetic analysis of amplified 16S ribosomal DNA. *Appl. Environ. Microbiol.* 61: 495-500.