

## Fasies dan Model Sedimentasi Endapan Karbonat Formasi Wonosari di bagian Selatan Pulau Jawa

M. Safei Siregar, Praptisih dan M. Makruf Mukti

Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

**Abstrak.** Endapan karbonat mempunyai arti penting dalam eksplorasi minyak dan gas bumi. Dalam batuan ini bisa terdapat berbagai jenis porositas yang terbentuk secara primer maupun sekunder yang menjadikannya berfungsi sebagai sebagai batuan reservoir yang baik. Di Indonesia ladang minyak dan gas bumi dengan reservoir batuan karbonat Tersier banyak ditemukan. Salah satu endapan karbonat yang tersingkap luas di permukaan Pulau Jawa adalah Formasi Wonosari. Formasi batuan karbonat berumur Miosen Tengah-Pliosen ini menyebar mulai dari Selatan Yogyakarta, Jawa Tengah sampai Jawa Timur. Penelitian yang dilakukan pada formasi ini mulai dari daerah Parangtritis (selatan Yogyakarta) sampai Panggul (Timur Pacitan), menunjukkan bahwa terdapat 5 (lima) fasies karbonat pembentuk Formasi Wonosari. Kelima fasies tersebut adalah: (1) fasies *planktonic packstone-wackestone* terbentuk pada *toe of slope*, (2) fasies *packstone-rudstone* diendapkan pada *reef slope*, (3) fasies *boundstone* terbentuk pada *reef zone*, (4) fasies *grainstone-packstone* merupakan sedimen *surge channel lagoon* dan (5) fasies *algal-foraminiferal packstone* terbentuk pada *back reef-shelf*. Berdasarkan tipe fasies, sebaran dan lingkungannya, batuan karbonat Formasi Wonosari ditafsirkan terbentuk sebagai endapan *rinned shelf platform* dengan lereng terumbu berada di Utara.

**Kata kunci:** fasies, karbonat, sedimentasi, lingkungan pengendapan.

### PENDAHULUAN

Endapan karbonat sangat penting artinya dalam eksplorasi minyak dan gas bumi. Berbagai tipe porositas, baik yang terjadi secara primer maupun sekunder bisa terdapat dalam jenis batuan ini menjadikannya sebagai reservoir minyak dan gas bumi yang baik. Ladang minyak dan gas bumi dengan reservoir batuan karbonat Tersier banyak ditemukan di Indonesia, diantaranya Cekungan Sumatera Selatan, Cekungan Jawa Barat Utara, Cekungan Jawa Timur, Cekungan Banggai-Sula, Cekungan Salawati dan sebagainya. Mempelajari endapan-endapan karbonat yang tersingkap di permukaan akan menghasilkan data yang lebih lengkap dan jelas dibandingkan dengan data bawah permukaan di lapangan-lapangan minyak karena keterbatasan pemboran yang biayanya mahal.

Di Pulau Jawa banyak formasi batuan karbonat yang tersingkap, salah satu diantaranya adalah Formasi Wonosari berumur Miosen Tengah-Pliosen yang menyebar mulai dari Selatan Yogyakarta sampai Jawa Timur. Singkapan-singkapan di daerah ini sangat baik dan akses pencapaiannya cukup banyak. Penelitian dilakukan dengan pengamatan detil pada singkapan-singkapan permukaan, mempelajari karakter fisik dan biota batuan, menggolongkannya menjadi tipe-tipe



fasies, memetakan sebaran-sebaran fasies dan merekonstruksi model pembentukannya melalui kajian hubungan antara satu fasies dengan fasies lainnya. Penelitian ini ditunjang oleh pekerjaan laboratorium seperti analisis petrografi, paleontologi dan *polish slab* untuk melengkapi dan memperjelas pengolahan data.

Makalah ini merupakan hasil penelitian yang dilakukan mulai dari daerah Parangtritis, Pacitan dan Panggul, meliputi daerah seluas kira-kira 100 X 20 km<sup>2</sup>. Sebagian daripadanya yakni penelitian di daerah Parangtritis-Semanu yang merupakan bagian Barat dari sebaran Formasi Wonosari telah dipublikasi dalam Riset Geologi dan Pertambangan (Siregar, dkk., 2004).

## HASIL PENELITIAN

Sebaran batuan karbonat di daerah penelitian telah dipetakan oleh peneliti-peneliti terdahulu. Ada 3 buah peta geologi yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini yakni (1) Peta geologi lembar Yogyakarta (Rahardjo dkk, 1995), (2) Peta geologi lembar Surakarta-Giritontro (Surono, dkk, 1998) dan (3) Peta geologi lembar Tulungagung (Samodra dkk, 1992). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat lima (5) fasies karbonat pembentuk Formasi Wonosari yang penyebarannya diperlihatkan dalam gambar 1 (a dan b). Kelima fasies tersebut adalah :

1. Fasies *planktonic packstone-wackestone* (Gambar 2 dan 3).  
Fasies ini disusun oleh batugamping berwarna abu-abu terang, bertekstur *packstone-wackestone*, berlapis baik, ketebalan 10-30 cm, bersisipan napal, berlapis tipis ( 2-10 cm) dan mengandung foraminifera plangton dan bentos. Dalam lapisan-lapisan *packstone-wackestone* ditemukan banyak sekali cangkang foraminifera plangton dari genus *Globogerina*, *Globorotalia* dan *Globigerinoides*. Selain itu juga didapatkan fosil-fosil foraminifera besar (*Lepidocyclina* sp.) dan foraminifera bentos. Struktur sedimen yang ditemukan adalah *cross-bedding*, *channeling*, *lenticular layer* dan *wedge-out*. *Bioturbasi* dari jenis *thalassinoides* ditemukan pada beberap lapisan. Sebaran fasies ini cukup luas, tersingkap di daerah Wanagama, dataran Wonosari, Semanu, Ponjong sampai daerah Pracimantoro (lihat gambar 1a).
2. Fasies *packstone-rudstone* (Gambar 4 dan 5).  
Fasies ini dibentuk oleh lapisan-lapisan batugamping bertekstur *packstone* dan *rudstone*. *Packstone* umumnya berwarna abu-abu, berbutir kasar, terpilah buruk, berlapis baik dengan ketebalan lapisan antara 10-50 cm. Cangkang-cangkang foraminifera besar banyak ditemukan dalam *packstone* antara lain *Lepidocyclina* spp., *Ampistegina* sp., *Operculina* sp., dan lain-lain. Selain fosil foraminifera besar juga didapatkan fragmen-fragmen koral, ganggang merah, foraminifera bentos dan *echinoid*. Lapisan-lapisan batugamping bertekstur *rudstone* terdapat sebagai sisipan dalam lapisan-lapisan *packstone*. Warnanya abu-abu, berlapis buruk (tebal 50 cm- 2 m), terpilah sangat buruk, mengandung banyak sekali fragmen-fragmen koral masif dan *coral branching*. Fasies ini tersingkap di beberapa tempat seperti daerah Nawungan, Sodong, Semanu, Bedoyo, Giriwoyo, Donorejo, Punung dan sedikit di daerah Timur Pacitan (lihat gambar 1a dan 1b).
3. Fasies *boundstone* (Gambar 6, 7 dan 8).  
Fasies ini disusun oleh lapisan-lapisan batugamping bertekstur *boundstone*, berwarna putih, berlapis baik-buruk dan bersifat masif. Biota yang ditemukan



dalam fasies ini terutama adalah koral. Selain itu juga didapatkan foraminifera, moluska, ganggang merah, *echinoid* dan *worm tube*. Berdasarkan tipe koral pembentuknya dibedakan 3 (tiga) *sub-fasies boundstone* yakni (a) *sub-fasies framestone* yang banyak mengandung koral masif, (b) *sub-fasies bafflestone* dibentuk terutama oleh *coral branching* dan (c) *sub-fasies bindstone* dalam mana *platy coral* berlimpah. Ketiga subfasies ini tidak bisa dipetakan secara terpisah karena sebarannya tercampur satu sama lainnya. Fasies *boundstone* juga terdapat dalam penyebaran yang sempit dan terpisah dari zona sebaran utamanya yang diperkirakan tumbuh sebagai *patch reef* di bagian belakang terumbu. Singkapan-singkapan fasies ini dapat diamati di daerah Girijati, Giritirto, Panggang-Gebang, Sodong, Ponjong, Bedoyo, Eromoko, Giriwoyo, Punung, Sudimoro, Pagergunung, G. Grogoh, Ngasem-Nglumpang dan Secang (lihat gambar 1a dan b).

4. Fasies *grainstone-packstone* (Gambar 9, 10 dan 11). Fasies ini dicirikan oleh batugamping, bertekstur *grainstone-packstone*, berwarna abu-abu, berbutir menengah-sangat kasar, terpilah buruk, berlapis baik dengan tebal lapisan antara 2-100cm. Butiran-butiran pembentuk batuan adalah pecahan-pecahan koral, ganggang merah, ganggang hijau (*Halimeda* sp.), moluska dan foraminifera (*Lepidocyclus* sp., *Milliloid* dll). Struktur sedimen yang didapatkan dalam fasies ini adalah *cross-bedding* dan permukaan erosi. Singkapan-singkapan yang baik bisa diamati di daerah Dempul, Gebang dan Girijati (lihat gambar 1a).
5. Fasies *algal-foraminiferal packstone* (Gambar 12, 13 dan 14). Disusun oleh batugamping bertekstur *packstone*, berwarna abu-abu terang, berbutir sangat kasar, terpilah buruk dan umumnya tebal-tebal (lebih dari 1 meter). Ganggang merah jenis *Rhodolith* dan foraminifera besar (*Lepidocyclus* sp., *Amphistegina* sp., *Operculina* sp, dll) sangat berlimpah dalam fasies ini. Butiran-butiran bioklastik lainnya adalah foraminifera bentos dan *echinoid*. Fasies ini tersingkap sangat luas di bagian Selatan daerah penelitian mulai dari daerah Parangtritis, Monggol, Tepus, Jepitu, Dompok. Pantai Nampu, Dadapan (Pacitan) dan Banyubiru (lihat gambar 1a dan b).

## LINGKUNGAN DAN MODEL SEDIMENTASI

Berdasarkan karakter, sebaran dan hubungan fasies, lingkungan pengendapan masing-masing fasies karbonat Formasi Wonosari ditafsirkan sebagai berikut :

- a. Sedimen *toe of slope*  
Lingkungan pengendapan ini diwakili oleh *planktonic packstone-wackestone* yang mengandung banyak sekali foraminifera plangton menandakan terbentuknya pada laut terbuka dan dalam. Ditemukannya sisipan lapisan napal dalam mana foraminifera plangton berlimpah, memperkuat penafsiran ini.
- b. Sedimen *reef slope*.  
Fasies *packstone-rudstone* merupakan sedimen yang terbentuk dalam lingkungan pengendapan ini. Lapisan-lapisan *packstone* umumnya terpilah buruk, mengandung banyak foraminifera besar dan potongan-potongan koral. Dalam batugamping bertekstur *rudstone* ditemukan potongan-potongan koral yang berlimpah dari tipe koral masif dan *branching*.



c. Sedimen *reef zone*.

Dalam lingkungan pengendapan ini terbentuk fasies *boundstone* yang dicirikan oleh berlimpahnya berbagai macam koral dalam batugamping. Tiga (3) sub-fasies *boundstone* yang ditemukan, menunjukkan bagian *reef front* (sub-fasies *bindstone* dan sub-fasies *bafflestone*) dan *reef crest* (sub-fasies *framestone*).

d. Sedimen *surge channel-lagoon*.

Fasies *grainstone-packstone* adalah sedimen yang diendapkan dalam lingkungan ini. Batuannya yang terpilah buruk dengan butiran-butiran bioklastik campuran *back reef* (ganggang hijau, ganggang merah), zona terumbu (fragmen-fragmen koral) dan *lagoon* (*Milliolid*) menunjukkan adanya *channel* (*surge channel*) yang terbentuk mulai dari bagian depan terumbu sampai ke bagian belakang (*lagoon-back reef*). Dalam *channel* terbentuk struktur sedimen *cross-bedding*.

e. Sedimen *back reef-shelf*.

Lingkungan pengendapan ini dicirikan oleh batugamping bertekstur *packstone* yang mengandung butiran-butiran bioklastik ganggang merah dan foraminifera yang sangat berlimpah. *Rhodolith* dari jenis ganggang merah berukuran sangat kasar sampai gravel terdapat menyusun bagian-bagian dari fasies ini.

Pola hubungan fasies karbonat Formasi Wonosari di daerah Wonosari-Pacitan dan daerah Pacitan Panggul diperlihatkan dalam gambar 15A dan 15B. Berdasarkan tipe fasies, Formasi Wonosari ditafsirkan terbentuk sebagai endapan karbonat "*rim shelf platform*" yang menyebar ke arah relatif Barat-Timur. Lereng terumbu atau bagian cekungan dalam berada di Utara dicerminkan oleh fasies *plaktonic packstone-wackestone* pada *toe of slope* dan fasies *packstone rudstone* pada *reef slope*. Bagian inti terumbu dibentuk oleh fasies *boundstone* yang diendapkan mulai dari *reef front-reef crest*. Pada bagian-bagian terumbu terdapat *channel* yang berhubungan dengan *lagoon* di belakang terumbu yang diisi oleh fasies *grainstone-packstone*. Ke arah belakang inti terumbu berkembang fasies *algal-foraminiferal packstone* sebagai endapan *back reef-shelf*. Model sedimentasi endapan karbonat Formasi Wonosari digambarkan seperti gb 16.

## KESIMPULAN

Endapan karbonat Formasi Wonosari berumur Miosen Atas-Pliosen yang tersebar mulai dari daerah Parangtritis (Selatan Yogyakarta) sampai Panggul (Timur Pacitan) adalah salah satu singkapan yang sangat baik untuk studi karbonat di Pulau Jawa.

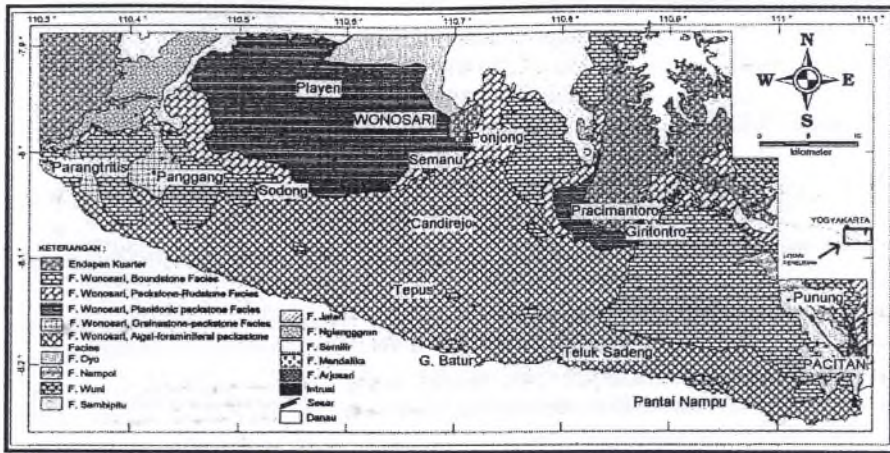
Hasil penelitian yang telah dilakukan pada formasi ini menunjukkan bahwa Formasi Wonosari terbentuk sebagai terumbu dalam mana ditemukan 5 (lima) fasies karbonat. Ke-lima fasies tersebut adalah (1) fasies *plaktonic packstone-wackestone* yang diendapkan dalam lingkungan *toe of slope*; (2) fasies *packstone-rudstone* yang terbentuk pada *reef slope*; (3) fasies *boundstone* dengan 3 sub-fasies yakni (a) sub-fasies *framestone*, (b) sub-fasies *bafflestone* dan (c) sub-fasies *bindstone* yang terbentuk mulai dari *reef front-reef crest*; (4) fasies *grainstone-packstone* yang diendapkan dalam lingkungan *surge channel-lagoon* dan (5) fasies *algal-foraminiferal packstone* yang terbentuk pada lingkungan *back reef-shelf*. Dari tipe fasies, sebaran dan hubungan lingkungannya, Formasi Wonosari ditafsirkan sebagai endapan karbonat *rimmed shelf platform* yang terbentuk memanjang berarah relatif Barat-Timur. Bagian lereng terumbu berada di Utara dibentuk oleh

dua fasies yaitu fasies *planktonic packstone-wackestone (toe of slope)* dan fasies *packstone-rudstone (reef slope)*. Zona inti terumbu dicerminkan fasies *boundstone* yang diendapkan mulai dari bagian *reef front-reef crest*. *Channel* dan *lagoon* terdapat pada bagian-bagian terumbu yang diisi oleh fasies *grainstone-packstone*. Fasies *algal-foraminiferal packstone* yang terbentuk sebagai sedimen *back reef-shelf* tersebar luas di bagian Selatan sebaran Formasi Wonosari.

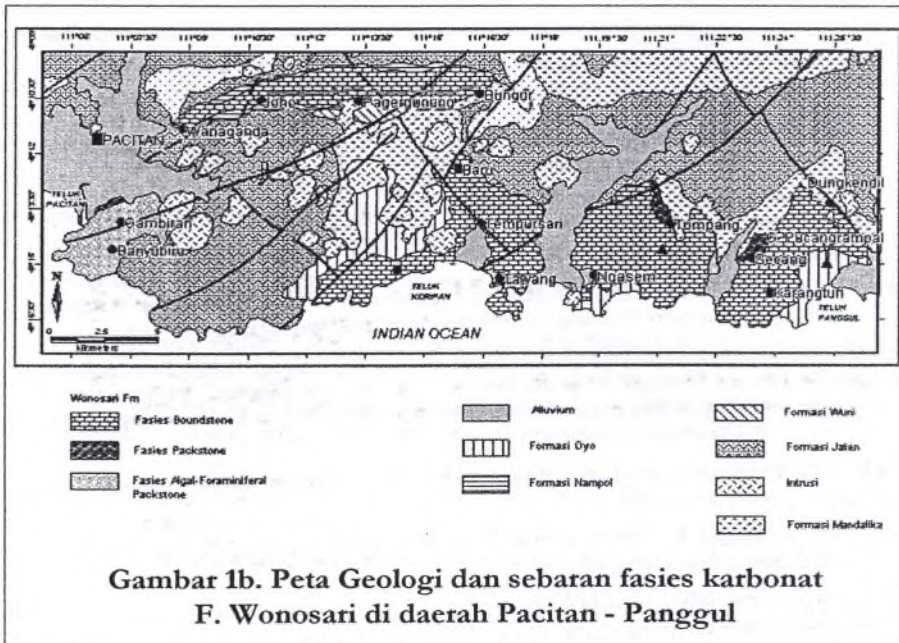
## DAFTAR PUSTAKA

- Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture, in Ham, W.E, ed., Classification of carbonate rocks, AAPG memoir 1.
- Embry, A.F. and Klovan, J.E., 1971. A Late Devonian reef tract in northwestern Banks Island Northwest Territories, Can. Petr. Geology Bull., v.19.
- Hehuwat, F., Siregar M.S., 2004. Geological field course on: Nanggulan-Bayat Eosen and Southern mountains Miosen Carbonate sedimentation models Vol., Puslit Geoteknologi LIPI Bandung.
- Hehuwat, F., Siregar M.S., Ascaria, N.A., 2004. Geological field course on: Nanggulan-Bayat Eosen and Southern mountains Miosen Carbonate sedimentation models Vol., Puslit Geoteknologi LIPI Bandung.
- James, N.P., 1983. Reefs in: Carbonate depositional environment, Memoir of American Ass. Petrol Geology 33.
- Nahrowi, T.Y, Suratman, Namida S., Hidayat, S., 1979. Geologi Pegunungan Selatan Jawa Timur, Pertemuan Ilmiah IAGI, 1979, Bandung.
- Sartono S., 1964. Stratigraphy and sedimentation of part Gunung Sewu (East Java), Publikasi Teknik Geologi umum No. 1, Direktorat Geologi Bandung.
- Rahardjo W., Sukandarumidi, and Rosidi H.M.D., 1995. Jogjakarta Geological Map sheet, Geological Research and Development Center, Bandung.
- Samodra H., Gafoer S. & Tjokrosapoetro S., 1992. geologi Lembar Pacitan, Jawa, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Siregar M.S., Praptisih, Ma'ruf Mukti M., Nandang S., dan Kuswandi, 2004. Study endapan karbonat Formasi Wonosari di daerah Pacitan dan kaitannya dengan reservoir Hidrokarbon di bagian Jawa Bagian Selatan, Laporan penelitian Proyek Penelitian Sumberdaya Mineral dan Mitigasi Bencana Kebumihan, Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI.
- Siregar M.S., Kamtono, Praptisih and Ma'ruf Mukti M., 2004. Reef facies of the Wonosari Formation, South Central Java, Riset Geologi dan Pertambangan, jilid 14, No. 1, Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI.
- Siregar M.S., Utomo E.P., Hadiwisastro M.S., Hartono T., Suwiyanto, 1994. Lapisan aquifer di daerah karst Wonosari-Wonogiri, Prosiding Tridasawarsa Puslit Geoteknologi LIPI, Bandung.
- Siregar M.S., Praptisih, Ma'ruf Mukti M., Joko Trisuksmono., dan Nyanjang, 2005. Study endapan karbonat Formasi Wonosari di daerah Pacitan – Panggul dan kaitannya dengan reservoir Hidrokarbon di bagian Jawa Bagian Selatan, Laporan penelitian Proyek Penelitian Sumberdaya Mineral dan Mitigasi Bencana Kebumihan, Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI.
- Sudarno I., 1977. Kendala tektonik di Pegunungan Selatan, Thesis Magister Teknik, Program Studi Geology, FTM ITB, Bandung.
- Surono, B. Toha dan Sudarno, I., 1988. Surakarta-Girintoro Geological Map Sheet, Geological Research and Development Center, Bandung.
- Utomo E.P., Siregar M.S., Hadiwisastro M.S., Suwiyanto, Hartono T. dan Santoso, H., 1992. Penelitian Sumberdaya Air di daerah karst Wonogiri-Wonosari Bagian Selatan, Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI, Bandung.

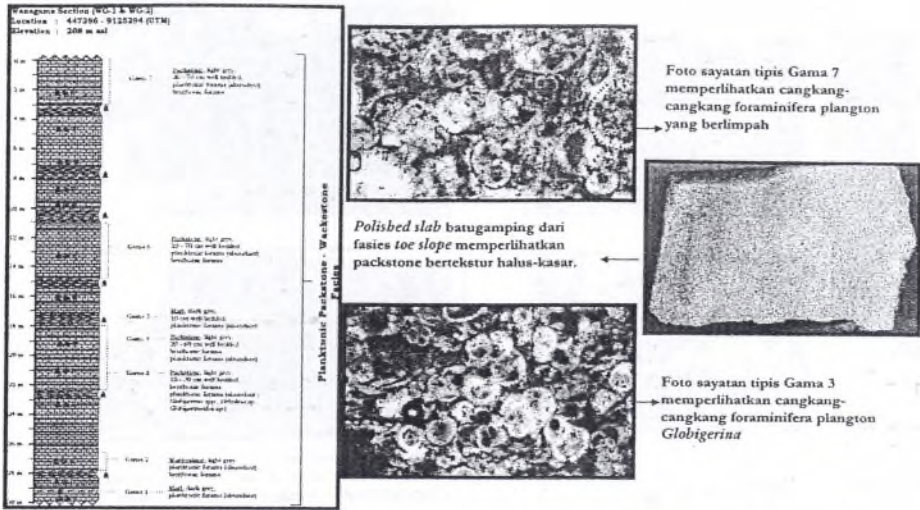




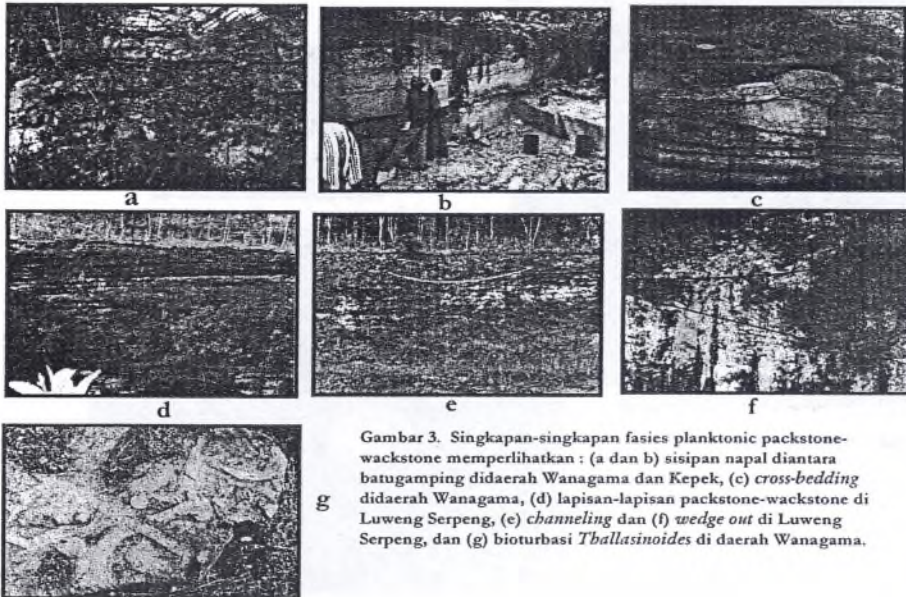
Gambar 1a. Peta Geologi dan Sebaran Fasies Formasi Wonosari di Daerah Parangtritis-Pacitan



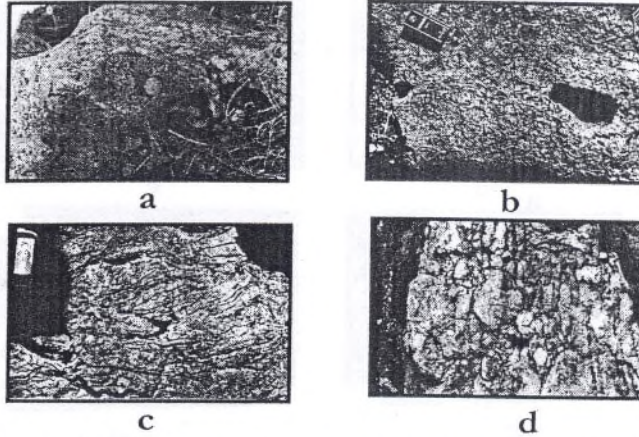
Gambar 1b. Peta Geologi dan sebaran fasies karbonat F. Wonosari di daerah Pacitan - Panggul



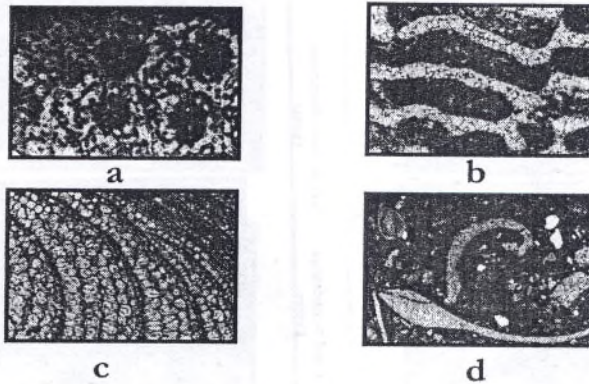
Gambar 2. Penampang terukur dari Wanagama dengan foto-foto sayatan tipis dan polished slab fasies planktonic packstone-wackestone







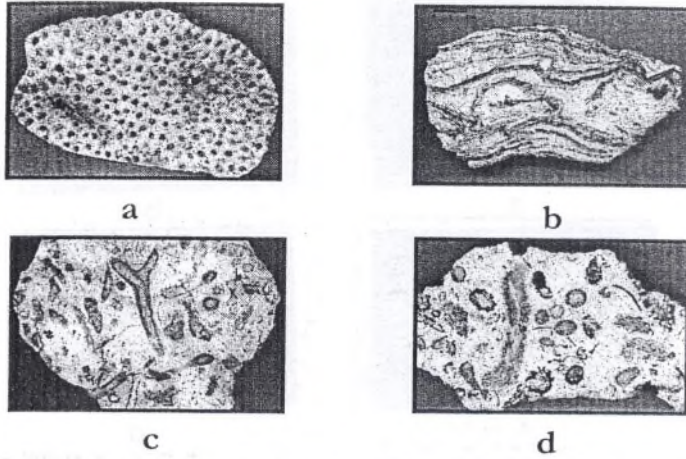
Gambar 6. Singkapan fasies boundstone di daerah Sodong dan Gebang  
(a) subfasies framestone, (b) subfasies bafflestone, (c) subfasies bindstone dan  
(d) *worm tube* dalam fasies boundstone.



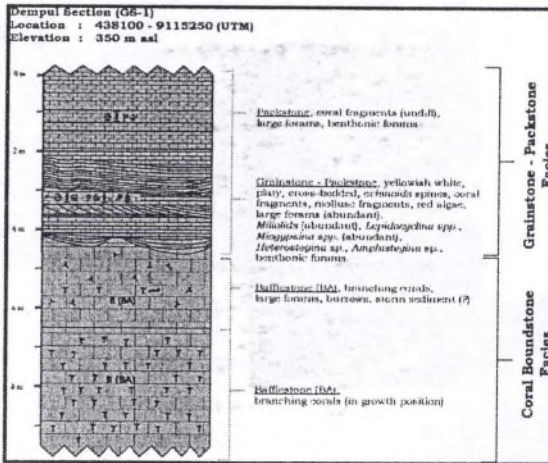
Gambar 7. Sayatan tipis fasies boundstone : (a) sayatan mendatar dari koral memperlihatkan septa radial dan kristalisasi pada struktur dinding subfasies framestone (Parangtritis), (b) sayatan mendatar *platy coral* dari subfasies bindstone (Sodong), (c dan d) ganggang merah dan moluska dalam matriks subfasies bafflestone dari daerah Sodong.



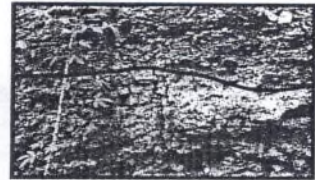
*Polished slabs fasies boundstone*



Gambar 8. *Polished Slab* fasies boundstone, (a) subfasies framestone, (b) subfasies bindstone, (c dan d) subfasies bafflestone.



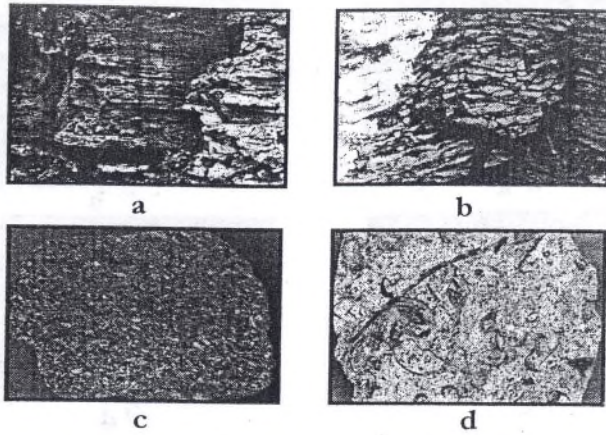
(a)



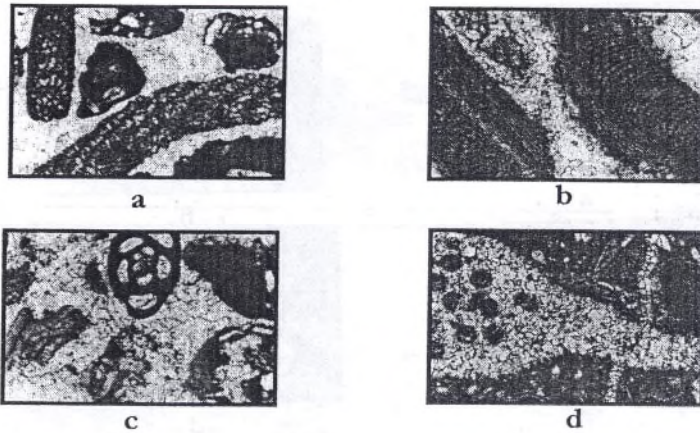
(b)

Garis hitam pada gambar a dan b memperlihatkan permukaan erosi pada sedimen surge channel

Gambar 9. Penampang Terukur memperlihatkan sedimen surge channel di daerah Dempul.

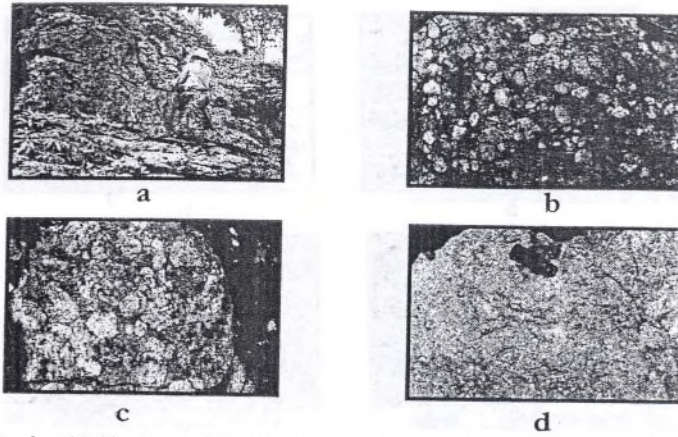


Gambar 10. *Polished Slab* dan singkapan sedimen fasies surge channel didaerah Gebang memperlihatkan (a dan b) lapisan-lapisan tipis dan cross-bedding, (c dan d) polished slab dari grainstone dan packstone.

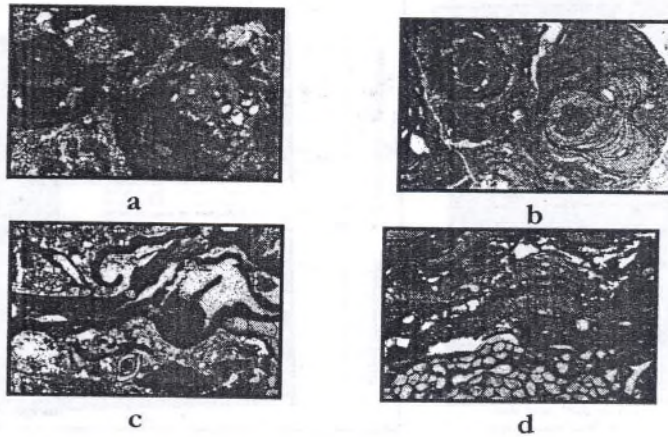


Gambar 11. Sayatan tipis fasies grainstone-packstone memperlihatkan (a, b dan c) grainstone dengan butiran ganggang merah dan miliolids, (d) packstone dengan butiran ganggang hijau *Hallimeda*.

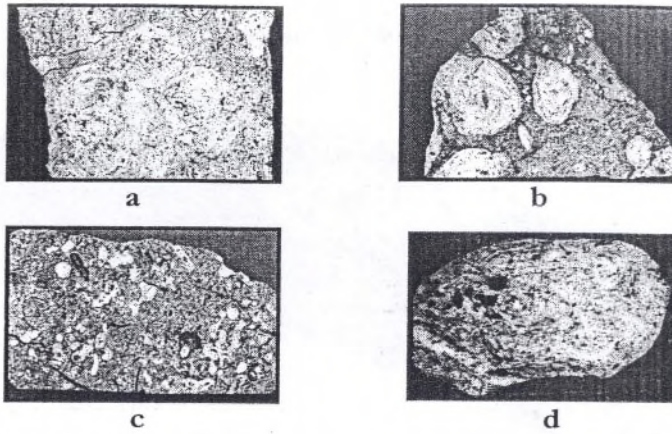




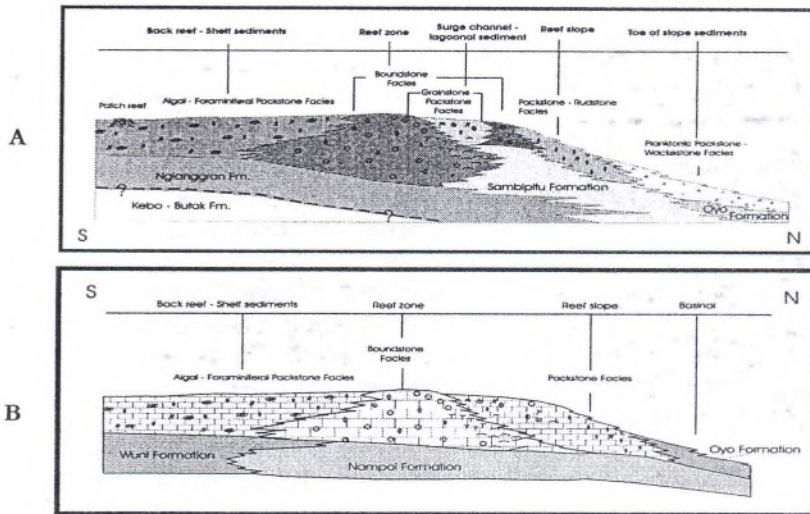
Gambar 12. Singkapan fasies alga foraminiferal packstone memperlihatkan, (a) lapisan-lapisan tipis-tebal di daerah Baron, (b dan c) etsa alami ganggang merah (Rhodolith) di daerah Tepus, (d) Packstone yang kaya foaraminifera besar dan ganggang merah di daerah Jepitu



Gambar 13. Sayatan tipis fasies algal-foraminiferal packstone, (a dan b) *Rhodolith* dari daerah Baron dan Monggol, (c dan d) *encrusting red algae* dari daerah Tepus.

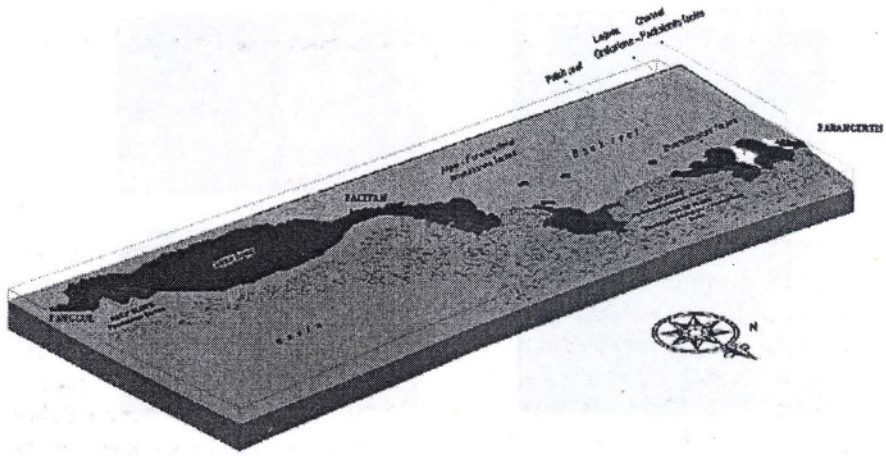


Gambar 13. *Polished Slab* fasies algal foraminiferal packstone. (a dan b) ganggang merah (Rhodolith) dari daerah Baron dan Tepus, (c) ganggang merah dan foram besar pada packstone, (d) *Rhodolith* berukuran gravel dari daerah Monggol.



Gambar 15. Penampang hipotesis dan hubungan fasies terumbu Formasi Wonosari di daerah Parangtritis - pacitan dan Pacitan - Panggul (tanpa skala)





**Gambar 16. Model Sedimentasi karbonat Formasi Wonosari ( Miosen Atas – Pliosen ) di bagian Selatan P.Jawa (Parangtritis-Pacitan-Panggul)**