

HUBUNGAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN FORMASI MALAWA DAN KETERDAPATAN BATUBARA DI DAERAH SOPPENG, SULAWESI SELATAN

Kusnama & S. Andi Mangga

Pusat Survei Geologi
Jl. Diponegoro 57, Bandung - 40122

S A R I

Formasi Malawa secara litologis tersusun di bagian bawahnya oleh batupasir kuarsa berbutir menengah - kasar, serpih, dan batulempung, sedangkan bagian atasnya dikuasai oleh batulumpur dan batupasir halus karbonan. Tebal Formasi Malawa di daerah Gatareng dan sekitarnya mencapai 100 m.

Formasi Malawa bagian bawah berlingkungan darat yang tetumbuhannya dikuasai oleh tumbuhan darat seperti algae darat, paku-pakuan, jamur, dan bakau (*mangrove*); sedangkan Formasi Malawa bagian atas atau bagian pasca-pengendapan batubara menunjukkan lingkungan darat dekat pantai dan gosong pantai. Berdasarkan fosil yang dijumpai, umurnya berkisar antara Eosen Tengah - Oligosen. Beberapa sisipan batubara dengan karakteristik warna hitam, mengkilap (*good luster*) dari jenis *sub-bituminous*, dijumpai pada formasi ini dengan ketebalan 50 - 120cm.

Berdasarkan runtunan batuan dan nama aliran sungai tempat ditemukannya, batubara yang terbentuk pada Formasi Malawa dapat dikelompokkan menjadi dua blok penelitian, yakni Blok Bakeko dan Blok Kandangsapi. Kedua blok ini masing-masing memiliki beberapa lapisan (*seam*) batubara dengan variasi runtunan batuan yang berbeda.

Kata kunci : Formasi Malawa, daerah Gatareng, *subbituminous*, lingkungan pantai

ABSTRACT

Lithologically, the Malawa Formation comprises medium to coarse-grained quartz sandstone, shale and claystone in the lower part; and mudstone and carbonaceous fine-grained sandstone in the upper part. The thickness of the Malawa Formation in the Gatareng area is about 100 metres.

The lower part of the Malawa Formation was deposited in a fluvial environment occupied by terrestrial vegetation such as land algae, fungus, ferns and mangroves, while the upper part of the formation was indicated by fluvial close to the beach and sand dunes. On the basis of fossil content, the age of the formation is within the range of Middle Eocene - Oligocene. Several coal intercalations which are characteristically black in colour with good luster of sub-bituminous, were found in the formation with the thickness from 50 cm to 120 cm.

Based on the lithology succession and the river stream where the coal deposits were found, coal occurred in the Malawa Formation can be divided into two blocks, Bakeko and Kandangsapi Blocks. Each block has some coal seams with different various rock succession.

Keywords: Malawa Formation, Gatareng Area, sub-bituminous, beach environment

PENDAHULUAN

Penelitian batubara di wilayah Gatareng ini adalah suatu studi yang mengkaji runtunan stratigrafi, tektonika, dan lingkungan pengendapan formasi batuan pembawa batubara Formasi Malawa. Selama ini tipe dan karakteristik batubara pada Formasi Malawa belum diteliti secara terperinci, sehingga perlu diadakan suatu penelitian yang mengkaji hubungan proses pembatubaraan dan lingkungan pengendapan formasi ini.

Sebagai salah satu upaya untuk meneliti secara terperinci hubungan proses pembatubaraan dan lingkungan pengendapan batubara di wilayah Gatareng, Kabupaten Soppeng, maka Pusat Survei Geologi (dulu Puslitbang Geologi) melaksanakan penelitian dan kajian batubara ini bekerja sama dengan Dinas Pertambangan dan Energi, Provinsi Sulawesi Selatan dan Universitas Hasanuddin, Makassar, yang dilaksanakan pada tahun anggaran 2004.

Formasi Malawa yang secara fisiografis berada pada ujung selatan Cekungan Sengkang dibatasi sebelah utara oleh batugamping Formasi Tonasa, bagian selatan dan timur tertutup oleh batuan gunung api Formasi Camba, dan bagian barat oleh batuan terobosan dasit/trakit. Endapan batubara dalam formasi ini berupa sisipan dalam runtunan serpih, lempung, dan batupasir. Formasi Malawa yang berumur Eosen Tengah sampai Oligosen secara stratigrafis berada tak selaras di atas Formasi Balangbaru dan di bagian bawahnya menjemari dengan batuan gunung api Langi, sedangkan di bagian atas menjemari dengan Formasi Batugamping Tonasa.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana hubungan lingkungan pengendapan Formasi Malawa dan pengaruhnya terhadap sifat batubara, ketebalan, kilap, potensi, dan jenisnya.

METODE

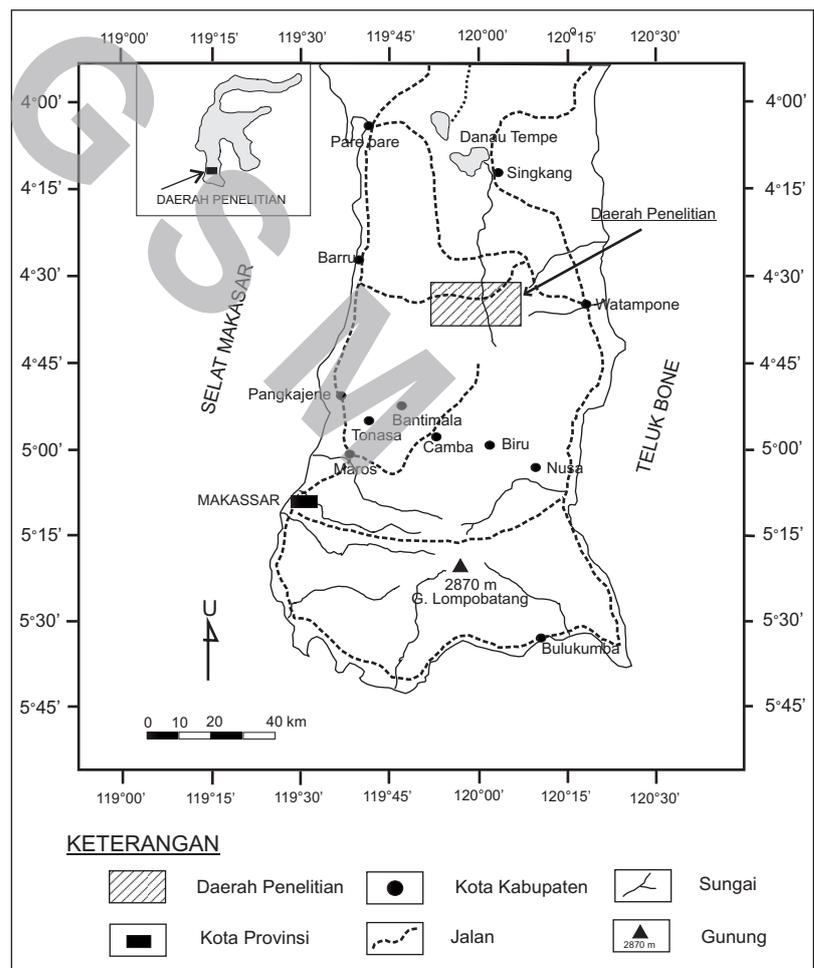
Metode yang digunakan dalam penelitian endapan batubara adalah pemetaan permukaan dan pembuatan penampang terukur. Perkiraan perhitungan luas cadangan secara teraka dilakukan dengan cara menghitung luas singkapan di permukaan (dari hasil pengamatan di lapangan), yang kemudian penyebarannya dibatasi dari penampakan kontur peta. Untuk mengetahui cadangan terukur, dilakukan sumur uji di beberapa titik yang diduga mengandung batubara.

Berdasarkan pekerjaan di lapangan dan peralatan yang dipergunakan, maka penelitian ini masuk pada tahap penyelidikan semiterperinci. Hal tersebut berhubungan dengan hasil yang dicapai secara kuantitatif dan kualitatif.

Penelitian lapangan dilakukan dengan pengamatan langsung terhadap beberapa singkapan batubara untuk mengetahui sifat dan potensi batubara, seperti jenis batubara,

penyebaran, lingkungan pengendapan, lokasi dan runtunan batuan di atasnya (*roof*), dan batuan di bawahnya (*floor*). Deskripsi litotipe singkapan dilakukan melalui penggalian beberapa lubang sumur uji, sekaligus dengan pengambilan foto, dan pemercontohan batuan untuk dianalisis (*proximate*, *ultimate*, dan petrologi organik). Pengamatan dititikberatkan pada batubara dalam Formasi Malawa; dan juga runtunan batuan di bawah serta di atasnya yang bersentuhan secara selaras maupun tak selaras.

Daerah penelitian berada dalam wilayah Dusun Kessi, Bungajae, dan Pekae, Desa Gatareng, Kecamatan Marioriwawo, Kabupaten Soppeng, pada koordinat geografis 119°47' -119°54' BT dan 4°30' - 4°33'LS (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian.

TATAAN GEOLOGI REGIONAL

Stratigrafi

Pembahasan stratigrafi Sulawesi Selatan dapat dibagi menjadi dua wilayah runtunan batuan, yakni Sulawesi Bagian Barat dan Sulawesi Selatan bagian timur (Wilson, 1995; Gambar 2). Batuan tertua yang tersingkap di Sulawesi Selatan bagian barat adalah Kompleks Batuan Dasar yang dikenal sebagai Kompleks Bantimala berupa batuan malihan dan batuan ultramafik yang berumur Trias - Jura. Kompleks Batuan Malihan dan Ultramafik ini secara tak selaras ditutupi oleh satuan batuan berumur Jura - Kapur Formasi Balangbaru yang memiliki karakteristik batuan sedimen klastika laut dalam dari *flysch sediments*. Sebagai batuan sedimen tertua di Sulawesi Selatan bagian barat, Formasi Balangbaru merupakan batuan yang terimbrikasi melalui sejumlah sesar sungkup, terbreksikan, tergerus, terdaunkan, dan sebagian tercampur menjadi *mélange*. Oleh karena itu, Formasi Balangbaru diduga merupakan endapan lereng di dalam sistem busur - palung. Di atas kedua satuan batuan Pratersier ini secara tak selaras diendapkan satuan Batuan Gunung Api Langi yang berumur Paleosen - Eosen yang bagian atasnya menjemari dengan Formasi Malawa (Eosen Tengah - Oligosen). Di atas Formasi Malawa secara selaras dan sebagian menjemari diendapkan Formasi Tonassa yang berumur Eosen menerus sampai Miosen Awal. Di bagian atas, Formasi Tonassa secara selaras dan bersamaan pada umur Oligosen diendapkan satuan batuan napal dan batugamping rombakan yang saling menjemari. Secara tak selaras di atas Formasi Tonasa diendapkan satuan batuan gunung api Formasi Camba yang berumur Miosen Awal - Miosen Akhir.

Di Sulawesi Selatan bagian timur satuan batuan tertua berupa batuan klastika dan vulkaniklastika dari satuan Batuan Gunung api Salo-Kalupang berumur Eosen - Oligosen yang di bagian atasnya diduga menjemari dengan batugamping Tonassa dan ditutupi tak selaras (?) Batuan Gunung api Kalamiseng berumur Miosen yang kemudian secara tak selaras pula ditindih oleh Formasi Camba yang berumur Miosen Awal - Akhir.

Kegiatan gunung api bawah laut dimulai pada zaman Paleosen, yang hasil erupsinya terlihat di timur Bantimala dan di daerah Barru. Sedangkan pada Eosen Tengah daerah di Sulawesi Selatan bagian barat berupa tepi daratan yang dicirikan oleh endapan darat serta keterdapatannya batubara di dalam Formasi Malawa, sedangkan di Sulawesi bagian timur berupa cekungan laut dangkal tempat pengendapan batuan klastika bersisipan karbonat Formasi Salokalupang.

Tektonik

Sulawesi dan pulau-pulau di sekitarnya secara tektonis dibagi menjadi tiga jalur mintakat, yang menunjukkan asosiasi batuan dan lingkungan tektonika yang khas (Surono, 1998). Jalur-jalur tektonika tersebut adalah Jalur Gunung Api Sulawesi Bagian Barat, Jalur Ofiolit Sulawesi Bagian Timur, dan Paparan Benua. Daerah penelitian terletak pada jalur Gunung Api Sulawesi Bagian Barat (Gambar 3).

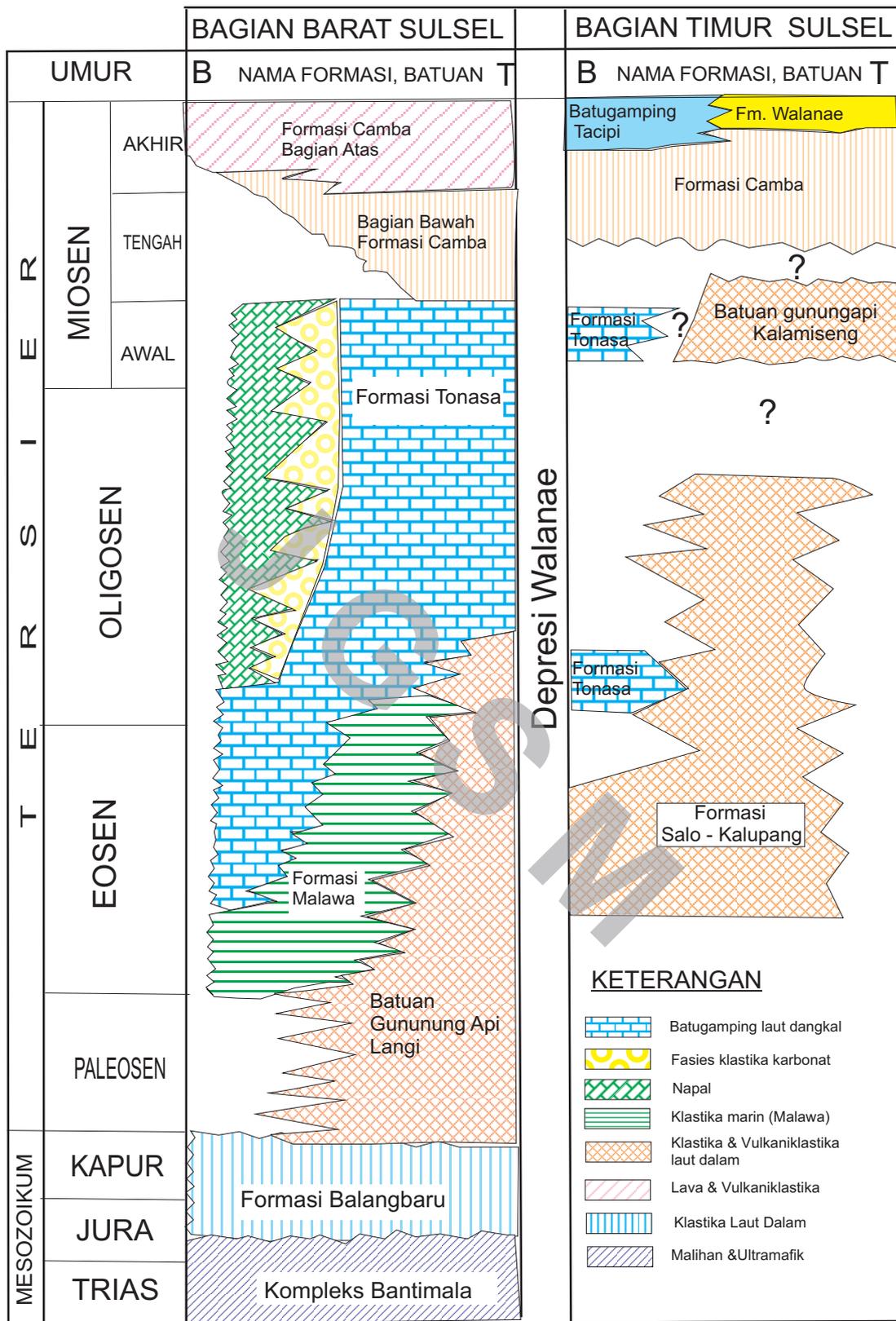
GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Fisiografi dan Morfologi

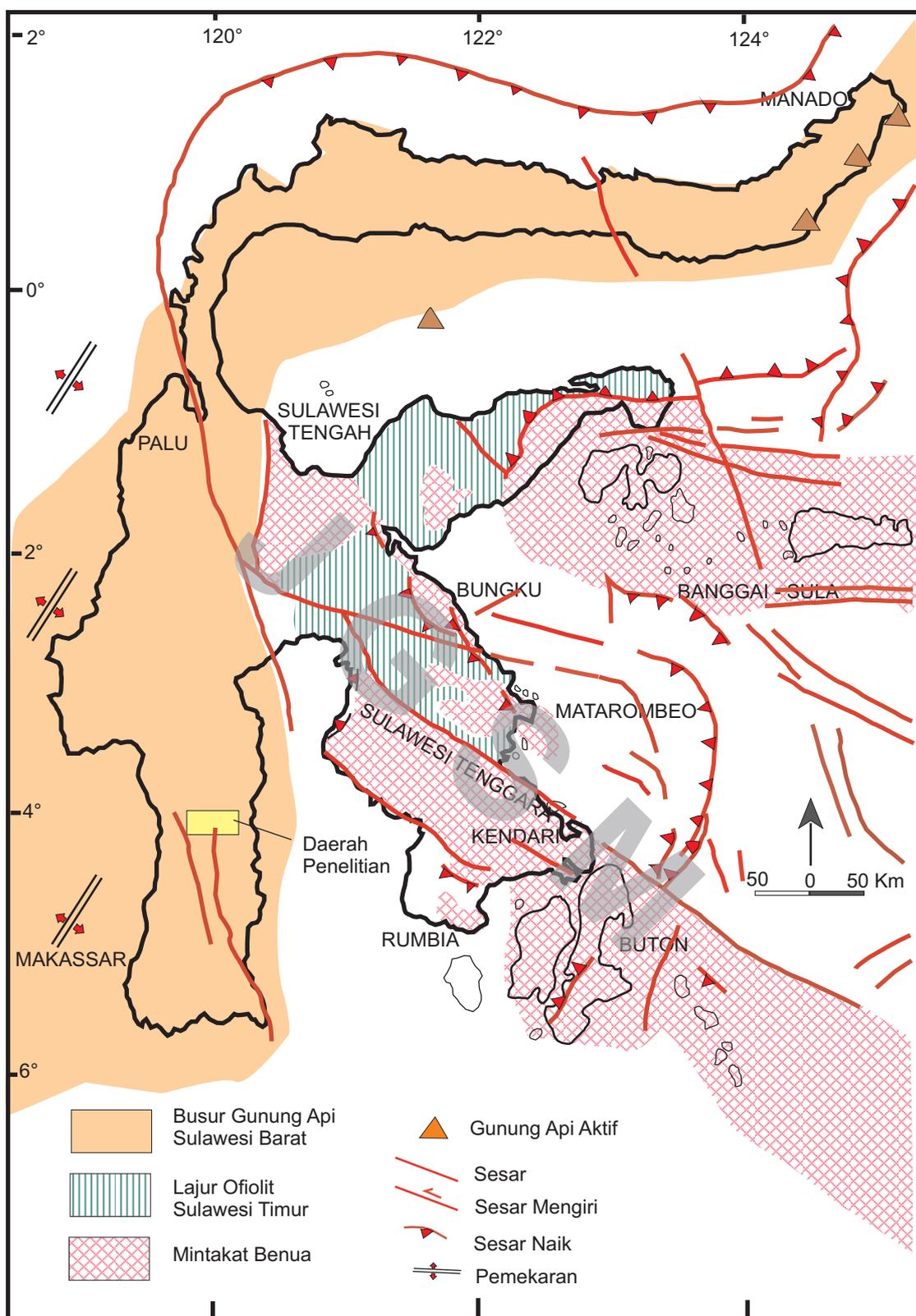
Secara fisiografis daerah penelitian terletak dalam Cekungan Sengkang, yakni suatu pengelompokan kawasan yang didominasi oleh batuan asal gunung api dan sedimen cekungan busur luar (*forearc basin*). Morfologi daerah ini termasuk ke dalam kelompok wilayah perbukitan bergelombang dan pegunungan tinggi yang berlereng terjal dan dataran.

Perbukitan bergelombang umumnya dikuasai oleh batuan sedimen, seperti batupasir, napal, lempung serpih, dan batuan gunung api, yang menempati kawasan selatan dan tengah daerah penelitian, sedangkan perbukitan terjal ditempati oleh batugamping dan batuan beku terobosan yang menempati bagian utara, seperti bukit Lalabata dan barat daerah penelitian seperti bukit Bulu Dua.

Morfologi dataran dikuasai oleh endapan aliran sungai dan daerah sepanjang sungai Setang di tengah daerah penelitian dan Salo Pising di bagian timur daerah penelitian yang umumnya dimanfaatkan penduduk sebagai lahan pertanian dan perkebunan.



Gambar 2. Stratigrafi daerah Sulawesi Selatan bagian barat dan bagian timur (Wilson, 1995).



Gambar 3. Tataan Tektonika Sulawesi (Simanjuntak & Barber, 1996; Surono, 1998).

Formasi Malawa di daerah Gatareng

Secara stratigrafis Formasi Malawa di daerah penelitian merupakan batuan paling tua. Runtunan satuan batuan ini di bagian bawahnya terdiri atas konglomerat, batupasir kuarsa berwarna kelabu terang dengan butiran menengah - kasar, yang memperlihatkan struktur laminasi sejajar dan sebagian silang-siur, batulanau, dan batulempung yang sebagian menyerpih berwarna kelabu, yang mengandung banyak cangkang moluska yang berselingan dengan serpih berwarna kelabu, gembur, dan berasosiasi dengan endapan batubara.

Bagian tengah formasi satuan batuan ini secara berangsur dikuasai oleh batupasir halus, batulumpur, dan batulempung. Batupasir berwarna kelabu kehitaman tersusun oleh kuarsa, komponen batuan dan tertanam dalam matriks felspar dan lempung yang terkadang terkaolinisasi dan karbonan, dan sisipan batubara.

Bagian atas formasi ini berupa runtunan lempung, batupasir berkomposisi kuarsa, dan batugamping.

Batubara yang dijumpai pada Formasi Malawa di daerah penelitian memiliki ketebalan antara 20 cm - 150 cm, dan sebagian berupa lensa yang tidak menerus. Beberapa sisipan (*parting*) lempung menyerpih dijumpai pada lapisan batubara yang mencapai rasio perbandingan antara batubara dan lempung menyerpih berkisar 4 : 1.

Tebal formasi ini tidak kurang dari 400 meter, ditindih tak selaras oleh batugamping Formasi Tonasa dan menjemari dengan Formasi Salokalupang.

Sebaran Formasi Malawa

Sebaran Formasi Malawa di daerah penelitian mulai dari utara dusun Waepute, Palie, dan Kessi, di bagian timur di bukit Bulu Tikaso, di selatan sungai Latetedong dan dusun Buludua, dan di barat dusun Buluejae. Sebaran Formasi Malawa ini terpotong oleh sungai Salo Setang yang berarah barat - timur yang merupakan representasi sesar geser berarah barat - timur (Gambar 4 dan 5).

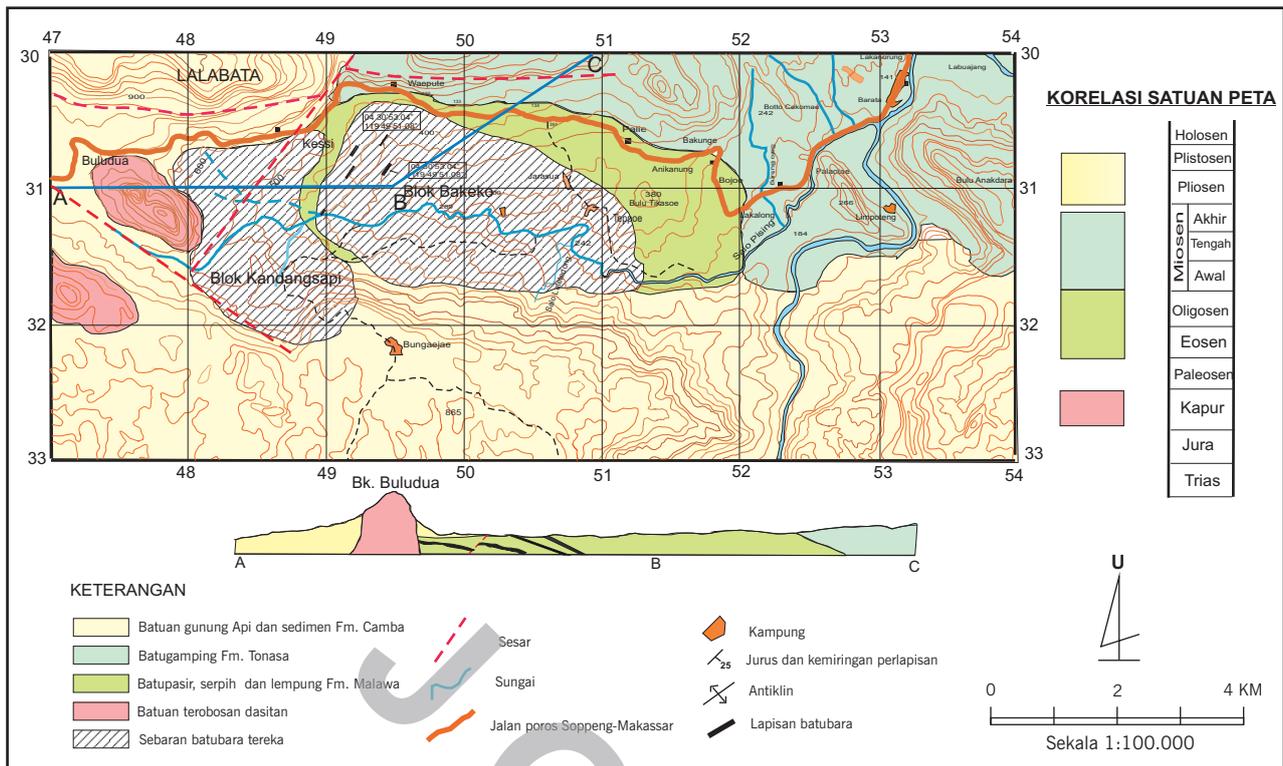
Keberadaan Formasi Malawa ini dikontrol oleh dua pola struktur yang berarah barat-timur dan mengapit formasi batuan ini. Di utara sesar geser arah barat - timur mulai dari gunung Lalabata yang menerus sampai ke Hutung. Sedangkan di selatan sesar geser

berarah barat timur mulai dari bukit Bulu Dua di barat menerus ke Buluejae dan Bulu Topotaro di timur. Dimensi singkapan Formasi Malawa di daerah ini lebih kurang 2000 m x 1000 m, dan sebaran batubara tersingkap baik di bagian barat daerah penelitian.

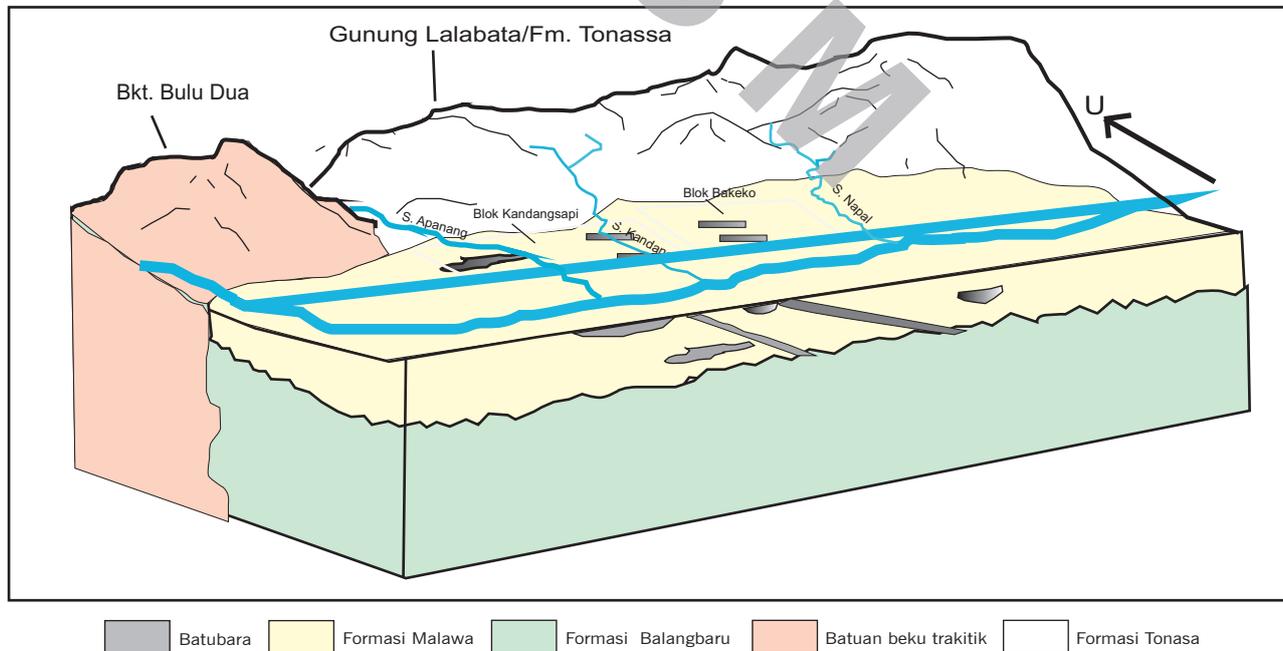
Umur Formasi Malawa

Penentuan umur Formasi Malawa dilakukan melalui analisis fosil foraminifera yang terdapat dalam batupasir halus, batulanau, batulempung, dan batulumpur. Hasil analisis polen dan spora yang terdapat dalam batulempung umumnya berwarna kehitaman. Analisis umur fosil foraminifera pada batupasir halus dan batulumpur memberikan indikasi keterdapatannya *Quinqueloculina* spp., *Pararotalia* sp., *Buliminoides* sp., *Nummulites* sp., *Nonion* sp., *Nonionella* sp., *Protelphidium* sp., dan *Pseudonosaria* sp., yang menunjukkan umur Eosen Awal - Eosen Tengah, sedangkan pada batulanau dan lempung memberikan indikasi keterdapatannya *Operculina* sp., *Quinqueloculina* sp., *Pararotalia* spp., *Lagena* sp., *Oolina* sp., dan *Operculina* sp., yang menunjukkan umur Eosen Awal Eosen Tengah. Hasibuan (2001) yang juga melakukan penelitian Formasi Malawa melaporkan bahwa jenis bivalvia yang banyak ditemukan di dalam lapisan batupasir halus dan batulempung adalah *Ostrea (Turkostrea) doidoiensis* yang menunjukkan umur Eosen Tengah. Keberadaan jenis foraminifera besar seperti *Fasciolites* dan *Nummulites javanus* di bagian bawah Formasi Tonasa yang diteliti oleh Sudijono (1995) mengindikasikan umur Formasi Malawa tidak lebih muda dari Eosen Tengah. Sebelumnya Khan & Tsudy (dalam Sukamto, 1982) yang melakukan studi pada serbuk sari dari penggalian Tonasa-I dan Barru di dalam lapisan teratas Formasi Malawa menyimpulkan umur formasi ini adalah Paleogen. Sedangkan Hazel (dalam Sukamto, 1982) yang meneliti fosil Ostrakoda menyimpulkan umur Formasi Malawa adalah Eosen. Crotty & Engelhardt (dalam Hasibuan, 1997) menemukan jenis serbuk sari seperti *Retitribrevicolporites matamanadhensis* berumur Eosen Tengah di India dan jenis Dinoflagelata seperti *Muratodinium fimbriatum* dan *Homotryblium floripes* juga menunjukkan umur Eosen Tengah.

Berdasarkan data analisis fosil di atas maka disimpulkan bahwa umur Formasi Malawa berkisar Eosen Tengah



Gambar 4. Peta sebaran Formasi Malawa dan batubara daerah Gatareng, Kabupaten Soppeng, Sulawesi Selatan.



Lingkungan Pengendapan Formasi Malawa

Penelitian yang dilakukan Suyoko (2001) memberikan kesimpulan berdasarkan fosil serbuk sari dan spora yang terdapat dalam Formasi Malawa yang terdiri atas *Zonocostites ramonae*, *Discocoidites pilosus*, *Discoidites borneensis*, *Spinizonocostites baculatus* dan *Acrostichumaureum*, dan mengindikasikan suatu lingkungan berupa *mangrove - backmangrove*. Sementara keberadaan beberapa jenis tumbuhan darat dicirikan oleh keterdapatannya jenis algae darat, jenis paku-pakuan, dan jamur. Beberapa jenis fosil nanoplankton mencirikan lingkungan laut dangkal dekat pantai dengan energi tinggi.

Jenis foraminifera yang umum dijumpai adalah bentonik dan tidak terdapatnya foraminifera plankton mengindikasikan pengendapan berlangsung di lingkungan laut dangkal yang tertutup. Oleh karena itu pengendapan mungkin berlangsung di daerah laguna dengan kegarapan yang rendah - tinggi, dan batubaranya mengandung cukup banyak pirit berbentuk promboidal (Foto 5-8).

Fosil makro moluska yang ditemukan antara lain *Ostrea* sp., *Potamididae*, *Tibia* sp., *Vicarya* sp.; koral soliter pipih dan bundar, koral bercabang, duri ekinoid, dan briozoa. Semua fosil invertebrata makro ini biasanya hidup di air laut yang dangkal. Ostreidae biasanya hidup di air berenergi tinggi, berlumpur, berhubungan dengan lingkungan bakau (*mangrove*), terutama Potamididae. Beberapa cangkang *Ostrea* (*Turkosteia*) *dooidensis* menunjukkan adanya pertumbuhan di bawah pengaruh sinar matahari secara langsung. Ini berarti bahwa mereka hidup dalam lingkungan yang kadang-kadang di luar air laut, misalnya daerah pasang-surut. Koral yang ditemukan bukan pembentuk terumbu (*non-reef building coral*), tetapi yang hidup pada daerah berlumpur.

Lingkungan pengendapan Formasi Malawa bagian atas atau bagian pascapengendapan batubara adalah laut dangkal, dekat pantai, dengan kegarapan tinggi (terutama laguna), dekat tetumbuhan bakau (*mangrove*) (Hasibuan, 1997).

Keberadaan serbuk sari dan spora tetumbuhan darat hadir di lingkungan ini karena terbawa air atau sungai. Dengan demikian, pengendapan Formasi

Malawa yang diawali dengan pengendapan di darat (batupasir kuarsa) diikuti dengan pengendapan di laut dangkal.

Himpunan batuan ini memperlihatkan lingkungan pengendapan fluviatil - paralik yang semakin ke atas menjadi sublitoral. Formasi batuan ini dikenal sebagai formasi batuan pembawa batubara yang menunjukkan kisaran umur Eosen Tengah.

Litotipe batubara Formasi Malawa

Litotipe batubara daerah Gatareng memperlihatkan lurik kusam (*dull banded*) sampai lurik mengkilat (*bright banded*) dari jenis batubara murni sampai batubara serpihan. Penamaan batubara, baik di lapangan maupun setelah dianalisis lebih mengarah ke bituminous dengan karakteristik dari mengkilap sampai agak mengkilap. Secara umum, warna dan goresan batubara di wilayah ini menunjukkan warna dari hitam sampai kecoklatan. Sifat beban batubara umumnya ringan dengan fisik memperlihatkan menyerpih, walaupun di beberapa bagian mengalami penggerusan. Kekerasan umumnya menengah sampai getas dengan sifat belah menunjukkan konkoidal. Beberapa sisipan (*parting*) terdiri atas lempung dan serpih kelabu dengan lapisan penutup di atasnya terdiri atas batupasir kuarsa dan lempung berwarna kelabu terang dan masif, sedangkan bagian bawahnya tersusun oleh lempung berbatulumpur dan serpih. Secara garis besar, berdasarkan sebaran singkapan dan *subcrop* batubara dan batuan karbonan (*coaly shale* dan *shaly coal*) di lapangan, daerah yang diteliti secara terperinci dapat dibagi menjadi dua blok, yakni Blok Bakeko dan Blok Kandangsapi.

Blok Bakeko

Blok ini terletak di pinggir jalan setapak antara dusun Waepute dan Bulujae yang tercakup dalam koordinat S-04 30'53.04" dan E-119 49'51.08", tempat batubara tersingkap baik di permukaan mulai dari persimpangan jalan yang menghubungkan jalan poros Soppeng dengan Sungai Salo Setang. Singkapannya terbuka akibat tertoreh erosi dan memiliki dua lapisan (*seam*) yang penutup antaranya (*interburden*) setebal 125 cm (Gambar 6). Sebagai gambaran umum, blok Bakeko secara litologis dikuasai oleh batupasir kuarsa yang menutupi bagian

utara dan sebagian tengah. Singkapan batulempung dan serpih secara berselingan dijumpai di bagian tengah dan selatan. Semakin ke timur, blok ini bersentuhan langsung dengan batugamping Formasi Tonasa yang sentuhannya secara jelas terlihat di daerah persawahan di pinggir Sungai Salo Setang.

Batas bagian barat Blok Bakeko sebagian dibatasi oleh suatu sistem sesar berarah barat daya - timur laut, sehingga sebagian batubara tergeser tidak menerus karena terpengaruh oleh sesar geser jurus (*strike slip fault*) berarah barat daya-timur laut. Runtunan Formasi Malawa di blok ini memiliki endapan batubara dengan ketebalan bervariasi antara 60 dan 135 cm dengan kemiringan lapisan berkisar 20 - 30 derajat ke timur. Beberapa *parting* yang umumnya tersusun oleh lempung/serpih berkarbon atau pasir yang mengandung pecahan batubara/karbon dijumpai sebagai pembatas antara batubara dengan batuan lainnya.

Blok Kandangsapi

Blok ini menempati aliran sungai Kandangsapi yang mengalir dari Bukit Lalabata yang terletak di Dusun Kessi. Sungai ini mengalir dengan arah barat laut - utara - selatan - tenggara (NNW - SSE). Formasi Malawa di blok ini memiliki runtunan batupasir yang dominan tersusun oleh kuarsa dengan matriks felspar dan lempung, mengandung banyak fosil moluska, serpih, batulumpur, dan batulempung dengan sisipan tiga lapisan (*seam*) batubara dengan ketebalan bervariasi antara 20-90 cm dan 135 cm (Gambar 7). Karakteristik batubara berwarna kelabu kehitaman sampai hitam dengan kilap cukup baik, ringan, dan berlapis baik. Batubara mempunyai arah lapisan berarah tenggara dengan kemiringan 10-15 (N15E/15).

Struktur geologi

Struktur geologi yang dijumpai di daerah penelitian berupa sesar dan perlipatan. Sesar dikenali berupa sesar normal berarah hampir barat - laut - tenggara, dengan bagian barat- daya nisbi turun dibandingkan dengan bagian timur laut. Sementara itu, perlipatan juga mempunyai arah barat laut tenggara. Pola struktur geologi ini sangat mempengaruhi ketebalan

dan sebaran satuan batuan pembawa batubara serta sebaran batubara itu sendiri.

Struktur yang terjadi di daerah ini berlangsung dalam tiga tahap dimulai dari sesar normal sepanjang hulu Sungai Salo Setang yang berarah hampir barat laut - tenggara yang mengakibatkan munculnya Formasi Malawa, dan kemudian sesar di utara sekitar Bukit Lalabata yang berarah barat - timur yang menghasilkan suatu gawir sesar hampir searah dengan jalan poros Makassar - Soppeng. Kemudian perlipatan runtunan batuan Formasi Malawa yang berarah hampir tenggara - selatan (SSE) terjadi setelah pembentukan batubara pada formasi batuan ini.

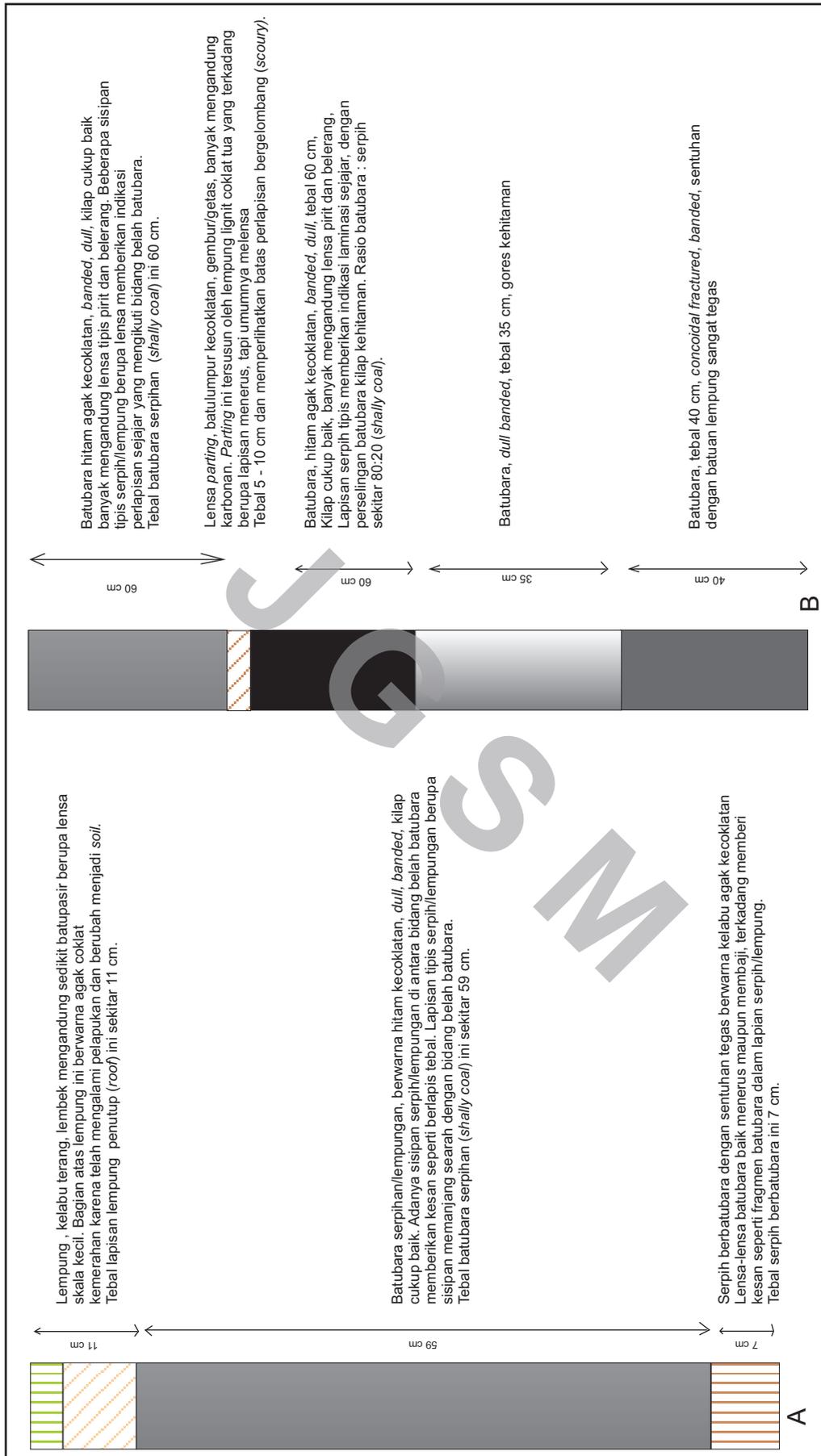
ANALISIS LABORATORIUM BATUBARA FORMASI MALAWA

Analisis laboratorium yang meliputi analisis geokimia secara proksimat dan ultimat, serta analisis petrografi organik dilakukan terhadap dua puluh percontoh batubara, yang mewakili seluruh lapisan (*seam*) batubara di wilayah penelitian.

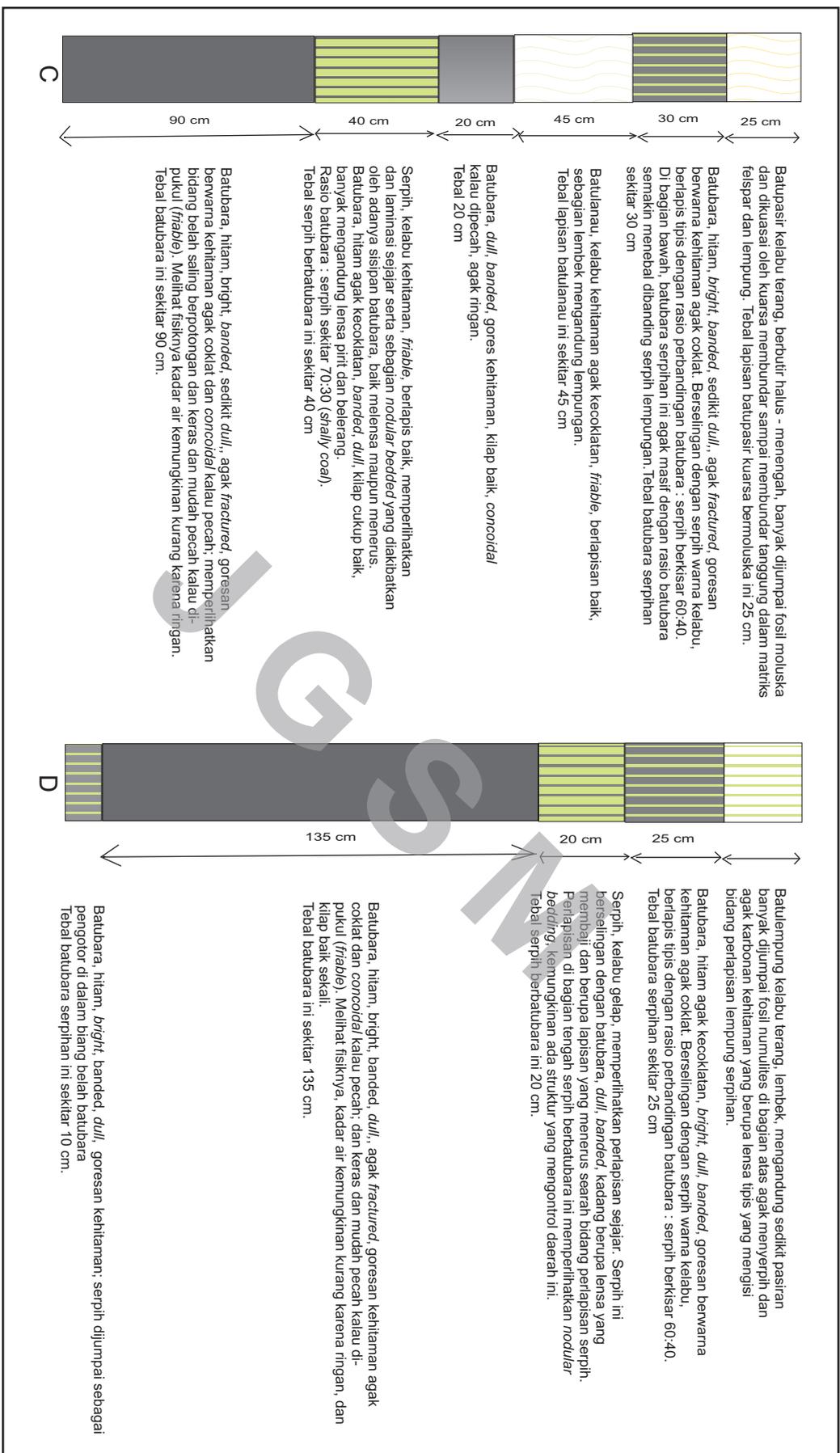
Analisis proksimat adalah untuk menentukan peringkat (*rank*), jumlah nisbi komponen *volatile* (zat terbang), nilai kalor (*calorific value*), dan *non-volatile* lainnya (air lembab/*moisture*, abu/*ash*, karbon padat/*fixed carbon*, *specific gravity*/TSG, dan *hardgrove grindability index* /HGI).

Selanjutnya, analisis ultimat menghasilkan jumlah kandungan karbon total/*total carbon*, hidrogen/*hydrogen*, nitrogen, belerang total/*total sulphur*, oksigen/*oxygene*, dan karbon dioksida. Analisis petrografi dilaksanakan untuk menentukan kandungan jenis maseral (vitrinit, eksinit, dan inertinit), *mineral matter* (mineral lempung dan pirit) yang berguna dalam penentuan mutu batubara, serta pengukuran reflektan *maseral vitrinite* untuk mengetahui peringkat (*rank*) batubara.

Percontoh batubara yang dianalisis, sebagian berupa *composite*, yakni campuran semua jenis litotipe batubara yang tersingkap dalam satu *seam*, dan sebagian lagi percontoh batubara litotipe tunggal, terutama jenis *bright* dan *banded bright*.



Gambar 6. Penampang seam A dan seam B pada sumur uji di Blok Bakoko, Gatateng.



Gambar 7. Penampang searm C dan D pada sumur uji di Blok Kandangasapi, Gatateng.

Hasil analisis geokimia

Hasil analisis geokimia yang tersaji dapat diuraikan sebagai berikut (Tabel 1):

a) Air Lembab (*Moisture Content*)

Kadar kelembaban batubara daerah Gatareng dari Blok Bakeko (TS 01C,D,F; TS 02A; TS 03 A,B,E) berkisar antara 5,51% - 12,40% dan 13,38% - 17,27 %. Sementara percontohan dari Blok Kandangsapi (TS A,B,C,D; TS 08 A,B,C,F dan TS 09) berkisar antara 6,11% - 10,95% dan 11,56%-12,33%. Percontohan yang diambil dari bagian barat Blok Kandangsapi (TS 10B, TS 12, TS 13B,C) berkisar antar 10,43% - 13,79%.

b) Kadar Abu (*ash*)

Beberapa percontohan batubara yang terdapat di Blok Bakeko mempunyai kadar abu dari 1,81% - 9,17% dan 13,11% - 49,57%, dari Blok Kandangsapi kadar abu berkisar antara 6,11% - 9,77% dan 10,77% - 15,64%, sedangkan di bagian barat blok Kandangsapi berkisar antara 11,75% sampai 13,79%.

Percontohan batubara dari bagian barat Blok Kandangsapi memperlihatkan kandungan abu yang sangat tinggi.

c) Karbon Padat (*Fixed Carbon*)

Kandungan karbon padat berkaitan erat dengan nilai kalori batubara. Kisaran karbon padat batubara dari Blok Bakeko adalah dari 16,19% - 39,15%, sedangkan di Blok Kandangsapi dari 19,11% - 36,30%. Kandungan karbon padat di bagian barat Blok Kandangsapi berkisar dari 21,69% - 39,37%.

Berdasarkan kisaran kandungan karbon padat pada kedua blok, maka nilai rata-rata di bagian barat Blok Kandangsapi memperlihatkan kandungan karbon padat yang cukup tinggi, diikuti oleh Blok Timur Kandangsapi, dan paling rendah adalah Blok Bakeko.

d) Nilai Kalori (*Calorific Value*)

Beberapa percontohan batubara dari Blok Bakeko, terutama yang termasuk tipe *bright banded* dan *dull*, memperlihatkan nilai kalori rata-rata 5000 - 5905 kal/gram. Nilai kalori tertinggi dijumpai pada percontohan 04 TS 01C dan 04 TS 01 D, yakni 5828 kal/gram dan 5905 kal/gram. Sementara yang lainnya berkisar antara 5000 kal/gram sampai 5732

Tabel 1. Analisis Percontohan Batubara Daerah Gatareng

No	Percontohan	Air Lembab	Abu	Zr. Terbang	Karbon Padat	Nilai Kalori	Belerang Total
1	04 TS 01 C	11,29	1,81	41,77	39,15	5828	1,02
2	04 TS 01 D	12,40	9,17	43,38	38,72	5905	1,77
3	04 TS 01 F	12,40	13,11	41,09	35,24	5732	9,23
4	04 TS 02 A	12,22	15,64	29,69	31,53	5000	1,77
5	04 TS 03 A	13,37	9,17	43,17	37,95	5732	5,77
6	04 TS 03 B	13,38	7,90	41,17	37,95	5466	4,77
7	04 TS 03 E	5,51	49,57	38,75	19,11	5100	1,02
8	04 TS 07 A	12,33	5,60	46,55	31,49	5905	3,75
9	04 TS 07 B	15,64	6,11	41,55	35,91	5706	4,04
10	04 TS 07 C	9,77	2,38	43,24	25,82	5100	9,16
11	04 TS 07 D	10,52	10,54	45,35	19,11	6039	2,98
12	04 TS 08 A	6,11	48,59	26,74	18,59	2422	23,76
13	04 TS 08 B	10,77	29,65	42,53	29,37	3816	11,20
14	04 TS 08 C	11,75	29,47	33,43	29,13	3787	5,71
15	04 TS 08 F	9,77	7,54	43,46	30,55	5106	7,02
16	04 TS 09	10,00	20,28	39,35	24,77	4458	5,26
17	04 TS 10 B	13,56	5,72	41,65	33,32	5994	3,27
18	04 TS 12	13,79	7,97	36,00	32,24	4614	1,72
19	04 TS 13 B	10,43	14,37	21,51	21,64	2295	1,16
20	04 TS 13 C	11,77	11,45	36,58	17,89	5100	4,08

kal/gram, yang didapat pada percontohan 04 TS 02 A dan 04 TS 04 TS 03 A.

Nilai kalori dari Blok Kandangsapi berkisar antara 5106 kal/gram (TS 08F) sampai 6039 kal/gram (TS 07D). Sementara beberapa percontohan memperlihatkan kalori rendah karena kadar abunya tinggi, seperti diperlihatkan percontohan TS 08 A (2422 kal/gram) TS 08 B (3816 kal/gram) dan TS 08 C (3787 kal/gram).

Bagian barat Blok Kandangsapi nilai kalorinya rendah karena kadar abunya tinggi, seperti TS 13 B (34,37%), C (37,45%), dan TS 12 (17,97%). Ketiga percontohan ini memperlihatkan kalori berkisar antara 2792 - 3295 kal/gram dan 4614 kal/gram.

e) Belerang Total (*Total Sulphur*)

Kandungan belerang batubara di daerah Gatareng ini umumnya cukup tinggi, bahkan beberapa percontohan di antaranya memperlihatkan kandungan belerang sangat tinggi.

Dari Blok Bakeko hanya dua percontohan yang kandungan sufurnya dianggap masih rendah, yakni TS 01 C, TS 01 D, dan TS 02A yang masing-masing memiliki nilai belerang total 1%, 1,02%, dan 1,77%. Sementara empat percontohan lainnya berkisar dari 2,70% TS 03E) sampai dengan 9,23% (TS 01F).

Analisis percontohan dari Blok Kandangsapi menunjukkan kadar belerang total paling rendah 2,98 (TS 07D) dan 3,21 (TS 08C), sedangkan tujuh percontohan lainnya memperlihatkan kisaran kadar belerang dari 4,04% (TS 07B) sampai 9,16% (TS 07C), dan dari 11,20% (TS08B) sampai 23,76%(TS 08A).

Sebaliknya, bagian barat Blok Kandangsapi memperlihatkan nilai belerang total cukup rendah dibandingkan dengan kedua Blok Bakeko dan Kandangsapi, yakni berkisar 0,78% (TS 13C), 1,10% (TS 13B), 1,12% (TS 12), dan paling tinggi 3,57% (TS 10B).

Analisis Petrografi Organik

Petrografi organik meliputi analisis maseral, *mineral matter*, dan pengukuran reflektan maseral vitrinit.

Maseral dan *mineral matter*

Blok Bakeko

Kandungan maseral percontoh batubara dari Blok Bakeko didominasi oleh submaseral resininit, kutinit, desmokolinit, telokollinit, dan rutininit.

- Submaseral resininit dapat dikenali pada sayatan 04 TS 2A yang menguasai sekitar 30% - 50% *seam A* Blok Bakeko, yang berwarna kuning pucat dengan fluoresens dan kelabu hijau dengan reflektant vitrinit rata-rata (Foto 1 & 2).
- Submaseral kutinit, suberinit, dan sporinit dijumpai pada Blok Bakeko berupa bintik kekuningan agak kelabu dipojok kiri atas Foto 2 & 4. Maseral ini menguasai sekitar 40% percontoh maseral Blok Bakeko.

Blok Kandangsapi

- Maseral vitrinit jenis desmokolinit dan *mineral matter* dijumpai pada sayatan 04 TS 07 D (Foto 5), yang bersamaan dengan maseral liptinit jenis alginit (*Botryococcus* dan resininit).
- Sayatan 04 TS 8 F memperlihatkan liptinit dari submaseral resininit yang dominan sekitar 60% (Foto 8).
- Submaseral suberinit dijumpai sekitar 40% pada sayatan TS 08 F, dan terdapat tetesan minyak (*oil drop*) bersamaan dengan *Botryococcus* seperti terlihat pada Foto 6.
- Submaseral vitrinit jenis telokolinit (Tc) mendominasi salah satu percontoh Blok Kandangsapi.

DISKUSI DAN INTERPRETASI

Formasi Malawa di daerah ini dikontrol oleh dua pola sesar berarah barat - timur dan di bagian utara oleh sesar geser yang tertutup oleh Formasi Tonasa. Luas sebaran Formasi Malawa yang tersingkap di daerah Gatareng sekitar 2000 m x 1000 m.

Batubara Gatareng memiliki kandungan abu yang bervariasi dari 1 - 10% dan 13 - 49%, dengan nilai kalori dari 2400 - 4600 kal/gr dan 5100 - 6039 kal/gr yang bisa dikelompokkan ke dalam peringkat *volatile sub-bituminous A* yang memiliki kelayakan untuk bahan bakar pembangkit listrik (*medium pulverised fuel power generation*). Dengan kondisi seperti itu, batubara ini memiliki prospek cukup baik untuk dikembangkan menjadi bahan energi alternatif dan kemungkinan sebagai pasokan untuk menunjang industri yang memerlukannya, seperti pabrik Semen Tonasa.

Kandungan karbon padat batubara dari Blok Bakeko dan Kandangsapi memperlihatkan kecenderungan relatif semakin tinggi ke arah barat (dari 19,11% - 21,69%). Melihat kisaran kandungan karbon padat pada kedua blok, maka secara rata-rata di bagian barat Formasi Malawa, batubaranya memperlihatkan hasil nilai kalori cukup tinggi yang diikuti oleh Blok Kandangsapi, dan kemudian paling rendah adalah Blok Bakeko yang posisinya berada di bagian timur.

KESIMPULAN

Batubara pada Formasi Malawa yang relatif tipis dan berumur Eosen Tengah-Oligosen, kemungkinan berasosiasi dengan lingkungan pengendapan dekat pantai atau laguna yang dipengaruhi oleh naikturunnya air laut. Kandungan belerang (*sulphur*) pada batubara yang cukup tinggi mencerminkan pengendapan Formasi Malawa berlangsung dalam kondisi air payau (*brackish water*).

Dua puluh percontoh batubara yang dianalisis secara kimiawi mengindikasikan nilai kalorinya berkisar dari 2400 sampai 4600 kal/gram; dan 5000 sampai 6000 kal/gram. Dengan demikian, kisaran kalori Blok Kandangsapi dan Bakeko tidak jauh berbeda karena mungkin memiliki kondisi lingkungan pengendapan yang bersamaan.

Formasi Malawa yang terdapat di daerah Gatareng ini terbatas pada radius 1000 X 2000 m yang diduga merupakan jendela yang ditutupi oleh Formasi Tonasa dan batuan gunung api muda di bagian selatannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi, yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penulisan karya ilmiah ini.



Foto 1. Resinit pada sayatan 04 TS 2A dengan *Fluorescence* batubara sumur uji 1 Blok Bakeko (Seam A).

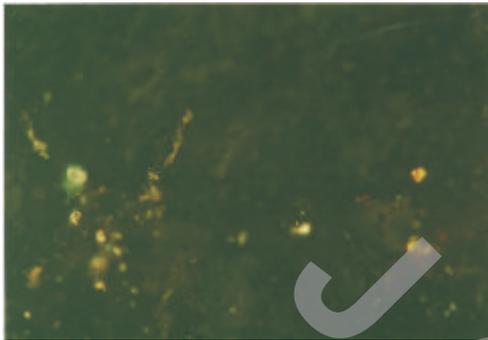


Foto 2. Resinit pada sayatan 04 TS 2A dengan *Reflectance* batubara sumur uji 1 Blok Bakeko (Seam A).



Foto 3. Kutinit/Resinit di bagian tengah sayatan 04 TS 2 A dengan *Fluorescence* batubara Blok Bakeko.

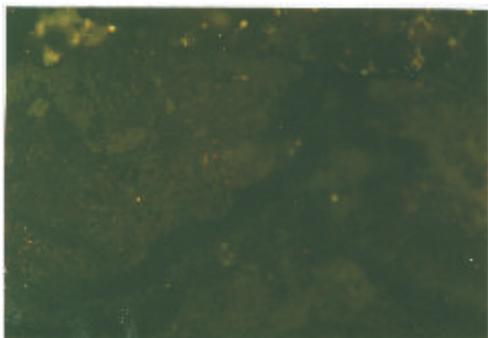


Foto 4. Kutinit/Resinit di bagian tengah sayatan 04 TS 2 A dengan *Reflectance* batubara Blok Bakeko

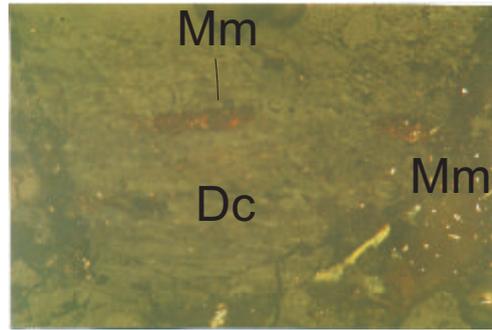


Foto 5. Mikrograf sinar pantul putih (*reflected white light*) sayatan dari Blok Kandangsapi memperlihatkan vitrinit jenis *desmocolinit* (Dc) dan *mineral matter* (Mm).

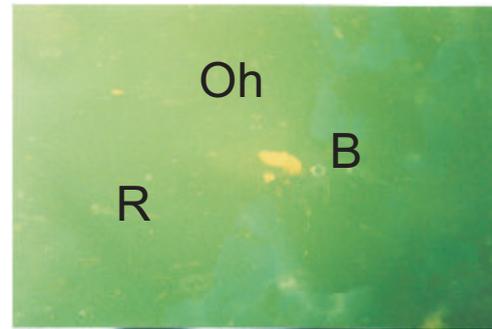


Foto 6. Mikrograf sinar fluorescense biru (*blue light fluorescense*) percontahan sayatan Blok Kandangsapi mengandung bintik minyak (*oil haze*; Oh), liptinit jenis alginit (*botryococcus*, B) dan resinit (R).

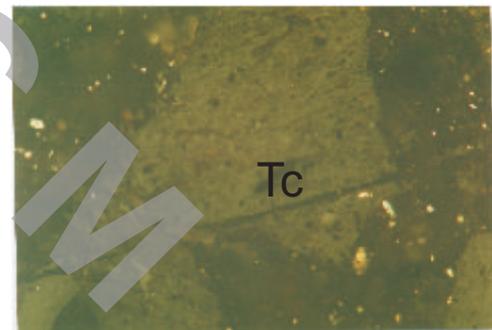


Foto 7. Mikrograf sinar pantul putih (*reflected white light*) memperlihatkan dominasi vitrinit jenis *telocollinit* (Tc).

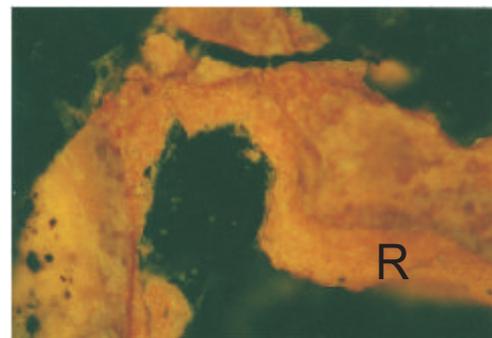


Foto 8. Mikrograf memperlihatkan liptinit jenis resinit (R).

Foto 1s/d4. Beberapa maseral dan submaseral dalam batubara Blok Bakeko. (Perbesaran 40X)

Foto 5s/d8. Foto mikrograf submaseral batubara Blok Kandangsapi. (Perbesaran 40X)

ACUAN

- Hasibuan, F. 1997. Penelitian Analisis Cekungan di Sulawesi Bagian. Puslitbang Geologi, Bandung. Laporan tidak dipublikasikan.
- Hasibuan, F. 2001. *Ostrea (Turkostrea) doidoiensis* n.sp. from the Middle Eocene of Malawa Formation, South Sulawesi. *Proc. Indon. Assoc. Geol. 30th, Geosea*, Jakarta, Indonesia.
- Sukanto, R., 1982; *Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat, Sulawesi, skala 1:250.000*, Puslitbang Geologi, Bandung.
- Simandjuntak, T.O & Barber, A.J., 1996. Contrasting tectonic styles in the Neogene orogenic belts of Indonesia. Tectonic Evolution of Southeast Asia (R.Hall and D.J. Blundell eds). *The Geological Society of London*.
- Sudijono, 1995. Penelitian Paleontologi dan Stratigrafi di Sulawesi Selatan. Puslitbang, Geologi, Bandung. Laporan Internal, tidak diterbitkan.
- Surono, 1998. Geology and Origin of the Southeast Sulawesi Continental Terrane, Indonesia. *Media Teknik* 3:33-42.
- Suyoko, 2001. Pengkajian Geologi Paleogen Cekungan Sengkang, Sulawesi Selatan (Dengan Acuan Khusus Palinologi Batubara) Kegiatan Rutin Suplemen (DIK-S). Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Wilson, M.E.J., 1995. The Tonasa Limestone Formation, Sulawesi, Indonesia: Development of a Tertiary Carbonate Platform. Ph.D. Thesis, Dept.of Geology, Royal Holloway, Univ. London. Tidak diterbitkan.

Naskah diterima	: 17 Mei 2006
Revisi terakhir	: 20 Juli 2007