

STRATIGRAFI LAJUR VOLKANO-PLUTONIK DAERAH GORONTALO, SULAWESI

*Syaiful Bachri *)*

SARI

Daerah penelitian merupakan bagian dari lajur volkano-plutonik Sulawesi Utara yang dikuasai oleh batuan gunung api berumur Eosen sampai Pliosen, batuan plutonik Neogen, serta batuan sedimen yang umumnya materialnya berasal dari gunung api.

Satuan batuan tertua pada lajur ini, yaitu Formasi Tinombo (Eosen - Miosen Awal), terdiri atas dua fasies, yaitu batuan gunung api dan batuan sedimen. Formasi Tinombo terbentuk bersamaan dengan terjadinya intrusi gabro, yang secara selaras ditindih oleh tiga satuan berumur Miosen Tengah - Pliosen Awal yang saling menjemari dan terbentuk pada laut dalam sampai dangkal. Ketiga satuan tersebut adalah batuan gunung api Bilungala yang murni tersusun oleh batuan gunung api, Formasi Dolokapa yang tersusun oleh batuan gunung api dan sedimen, dan Formasi Randangan yang murni tersusun oleh batuan sedimen. Pada saat yang bersamaan terbentuk batuan plutonik (Diorit Bone) yang diduga komagmatik terhadap batuan gunung api Bilungala.

Pada Pliosen Tengah terjadi pembentukan batuan gunung api (breksi, tuf dan lava) bersusunan menengah sampai asam, yaitu Batuan Gunung api Pani di bagian barat, Breksi Wobudu di bagian utara - tengah, dan Batuan Gunung api Motomboto di bagian timur daerah penelitian. Secara bersamaan terjadi pembentukan batuan plutonik Diorit Boliohuto yang diduga komagmatik terhadap batuan-batuan gunung api tersebut.

Pada Pliosen Akhir - Plistosen Awal diendapkan Formasi Lokodidi di lingkungan laut dangkal sampai darat, berupa sedimen molasa yang diselingi tuf. Bersamaan dengan itu terjadi pula pembentukan aglomerat, lava, dan tuf dari Batuan gunung api Pinogu yang bersusunan menengah sampai asam, dan kemungkinan besar terbentuk pada lingkungan yang sama dengan endapan molasa tersebut. Batuan plutonik yang terbentuk bersamaan dengan batuan gunung api Pliosen - Plistosen ini adalah Granodiorit Bumbulan.

Selama Plio-Plistosen batugamping terumbu berkembang terutama di daerah pantai selatan, endapan danau di daerah Danau Limboto, dan bersamaan dengan itu endapan teras sungai terbentuk dan terangkat pada Plio-Plistosen. Diperkirakan sejak Plistosen Awal endapan-endapan ini mengalami pengangkatan.

Kata kunci: stratigrafi, litostratigrafi, lajur volkano-plutonik, Sulawesi Utara

ABSTRACT

The studied area is a part of the North Sulawesi volcano-plutonic belt which is predominated by Eocene to Pliocene volcanic rocks, Neogene plutonic rocks, and the associating sedimentary rocks which are commonly composed of volcanic materials.

The oldest rock unit in this belt is the Tinombo Formation (Eocene - Early Miocene) consisting of two facies, i.e. volcanics and sedimentary rocks. This formation is supposed to be generated during the formation of the gabro intrusions. Conformably, the Tinombo Formation is overlain by three interfingering rock units of Middle Miocene-Early Pliocene age which were formed in deep to shallow marine environments. These units are the Bilungala Volcanics purely composed of volcanic rocks, the Dolokapa Formation composed of volcanic and sedimentary rocks, and the Randangan Formation purely composed of sedimentary rocks. At the same time, the Bone Diorite was formed which was supposed to be comagmatic to the Bilungala Volcanics.

Subsequently during the Middle Pliocene time, acidic to intermediate volcanic rocks were formed, i.e. the Pani Volcanics in western part, the Wobudu Breccia in the northern-middle part, and the Motomboto Volcanics in the eastern part of the studied area. The Boliohuto Diorite which occurred during the Middle Pliocene is presumably comagmatic to these volcanic rocks units.

*) Pusat Survei Geologi

During Late Pliocene-Early Pliocene, the mollase sediments of the Lokodidi Formation, with alternations of tuff, were deposited in shallow marine to terrestrial environments. At the same time, acidic to intermediate volcanic rocks of the Pinogu Volcanics (agglomerate, lava, and tuff) were formed, presumably at the same environment as that of the mollase sediments. The plutonic rock unit which was generated during this time was the Bumbulan Granodiorite.

During Plio-Pleistocene reef limestone was developed particularly in the south coast area, and at the same time lake deposits of the Limboto Lake and fluvial terrace deposits were formed. These deposits have presumably been uplifted since Early Pleistocene.

Keywords: stratigraphy, lithostratigraphy, North Sulawesi, volcano-plutonic belt

PENDAHULUAN

Daerah Gorontalo merupakan bagian dari lajur volkano-plutonik Sulawesi Utara yang dikuasai oleh batuan gunung api Eosen - Pliosen dan batuan terobosan. Di samping itu juga dijumpai beberapa satuan batuan sedimen yang umumnya mengandung material gunung api, dan diselingi batuan gunung api. Dalam satuan batuan gunung api juga sering dijumpai selingan-selingan batuan sedimen. Penamaan satuan batuan menjadi satuan batuan gunung api atau sebagai satuan batuan sedimen lebih ditekankan pada dominasi antara dua jenis batuan tersebut. Sebagai contoh, satuan batuan sedimen yang mengandung selingan-selingan batuan gunung api adalah Formasi Dolokapa dan Formasi Lokodidi, sedangkan satuan batuan gunung api yang mengandung selingan batuan sedimen adalah Formasi Tinombo fasies gunung api. Berdasarkan adanya hubungan erat antara batuan gunung api dan sedimen di daerah penelitian, serta adanya hubungan perlapisan, maka stratigrafi kedua jenis satuan batuan tersebut dibahas berdasarkan konsep litostratigrafi atau konsep superposisi.

Formasi Tinombo yang merupakan satuan batuan tertua di daerah ini masih menyisakan permasalahan stratigrafi, khususnya mengenai hubungannya dengan satuan batuan gunung api yang lebih muda. Dalam makalah ini akan diulas kemungkinan satuan ini merupakan ofiolit.

Kegiatan kegunungapian di Lajur Sulawesi Utara berkaitan langsung dengan pembentukan batuan plutonik dimana batuan-batuan terobosan tersebut memotong atau menerobos satuan batuan lainnya. Batuan ini tidak dimasukkan sebagai satuan litostratigrafi, namun dipisahkan sebagai satuan litodemik. Meskipun demikian, pada pembahasan satuan stratigrafi akan disinggung satuan litodemik ini, mengingat satuan ini kemungkinan besar berhubungan erat, atau komagmatik, terhadap batuan gunung api.

Tulisan ini terutama berdasarkan data yang diperoleh selama pemetaan geologi oleh Puslitbang Geologi di daerah Lembar Kotamobagu (Apandi dan Bachri, 1997), Lembar Tilamuta (Bachri drr., 1994), dan Lembar Limboto (Bawono drr., 1998). Umur mutlak didasarkan pada hasil penarikan radiometri oleh Puslitbang Geologi, serta mengacu pada beberapa laporan peneliti terdahulu.

KERANGKA TEKTONIK LENGAN UTARA SULAWESI

Lengan Utara Sulawesi menyambung ke Lengan Selatan Sulawesi, dan oleh Sukanto (1975) dikelompokkan ke dalam satu mendala geologi yang disebut sebagai Mendala Sulawesi Barat yang merupakan lajur volkano-plutonik. Berdasarkan komposisi batuanya, bagian leher Sulawesi sampai lengan selatan disebut sebagai busur gunung api ensialik, sedang Busur Sulawesi Utara disebut juga sebagai busur gunung api ensimatik (Carlile drr., 1990).

Lengan Utara Sulawesi terdiri atas bagian barat yang disebut Leher Sulawesi, dan bagian timur yang disebut Busur Sulawesi Utara, yaitu daerah antara Palu dan Buol Tolitoli, yang ditandai oleh adanya batuan alas berupa batuan gunung api bersusunan basa dan batuan malihan Pratersier. Sedangkan bagian timurnya, atau Busur Sulawesi Utara, dicirikan oleh kelompok batuan gunung api bersusunan asam sampai basa yang berumur Neogen - Kuarter, dan dialasi oleh batuan basal dengan selingan sedimen pelagos berumur Eosen - Miosen Awal, yang dikenal sebagai Formasi Tinombo (Trail drr., 1974; Kavalieris drr., 1992). Daerah Gorontalo menempati bagian tengah sampai barat pada Busur Sulawesi Utara.

Terjadinya tumbukan antara Busur Sulawesi dengan fragmen benua Banggai-Sula yang juga diikuti oleh penunjaman di Laut Sulawesi telah menyebabkan

bagian utara Busur Sulawesi mengalami perputaran searah jarum jam (Carlile drr., 1990; Kavalieris drr., 1992). Bagian yang berputar dari posisi semula yang berarah utara - selatan menjadi barat - timur ini kemudian disebut lengan utara Sulawesi. Tunjaman di Laut Sulawesi, atau disebut juga Tunjaman Sulawesi Utara, diduga telah mengakibatkan terjadinya kegiatan kegunungapian yang menghasilkan batuan gunung api Neogen, sedangkan batuan gunung api Kuarter yang menempati bagian timur Busur Sulawesi Utara diduga sebagai akibat dari kegiatan kegunungapian yang berhubungan dengan tunjaman dari arah timur, yaitu Tunjaman Sangihe (Simandjuntak, 1986; Kavalieris drr., 1992).

STRATIGRAFI

Satuan litostratigrafi

Satuan litostratigrafi tertua di daerah penelitian adalah Formasi Tinombo yang berumur Eosen - Miosen Awal, yang terdiri atas fasies gunung api dan fasies sedimen. Fasies gunung api terutama terdiri atas lava yang umumnya bersusunan basalan - spilitan, dengan struktur bantal. Satuan ini terbentuk pada laut dalam, dan secara tidak selaras ditutupi oleh tiga satuan batuan yang lebih muda berumur Miosen Tengah - Pliosen Awal, yaitu Batuan Gunung api Bilungala, Formasi Dolokapa dan Formasi Randangan. Batuan Gunung api Bilungala yang tersusun oleh batuan gunung api andesitan dan dasitan, mempunyai hubungan gradasional atau menjemari dengan Formasi Dolokapa yang terdiri atas batuan gunung api serupa dengan batuan gunung api Bilungala, serta selingan-selingan batuan sedimen. Sedangkan Formasi Randangan murni tersusun oleh batuan sedimen. Ketiganya terbentuk pada waktu yang relatif sama. Batuan Gunung api Bilungala kemungkinan terbentuk di pusat kegiatan kegunungapian pada Miosen - Pliosen, sedang Formasi Dolokapa diduga terbentuk relatif di daerah pinggiran kegiatan kegunungapian tersebut, sehingga selain dijumpai batuan gunung api yang sama dengan penyusun batuan gunung api Bilungala, juga dijumpai lapisan-lapisan batuan sedimen. Formasi Randangan murni tersusun oleh batuan sedimen yang mirip dengan batuan sedimen pada Formasi Dolokapa, sehingga formasi ini dapat pula ditafsirkan sebagai anggota atau fasies sedimen dari Formasi Dolokapa yang dapat dipetakan secara terpisah. Meskipun secara stratigrafi Formasi Dolokapa dan Batuan Gunung api Bilungala terletak

di atas Formasi Tinombo, namun secara umum sulit didapatkan batas yang tegas antara keduanya di lapangan. Demikian pula batas antara Batuan Gunung api Bilungala dan Formasi Dolokapa, mengingat batuan gunung api penyusun kedua satuan tersebut diduga berasal dari kegiatan kegunungapian yang sama. Formasi Dolokapa dibedakan dari Batuan Gunung api Bilungala karena susunan litologinya yang lebih dominan batuan sedimen dibanding batuan gunung api. Kemungkinan ini terjadi karena Formasi Dolokapa terbentuk lebih jauh dari pusat erupsi (daerah distal), sedangkan Batuan Gunung api Bilungala kemungkinan terbentuk di daerah proksimal suatu kegiatan kegunungapian.

Ketiga satuan batuan berumur Miosen Tengah - Pliosen Awal ditindih secara selaras oleh Breksi Wobudu, Batuan Gunung api Pani, dan Batuan Gunung api Motomboto yang berumur Pliosen Tengah. Batuan gunung api Pani dijumpai di bagian barat, Breksi Wobudu di bagian utara sekitar Kuandang, dan batuan Gunung api Motomboto di bagian timur daerah penelitian, dekat Taludaa. Meskipun pernah dilaporkan oleh Molengraaf (dalam Trail drr, 1974) bahwa Breksi Wobudu menindih tak selaras Formasi Dolokapa, di lapangan batuan gunung api ini memiliki kontak yang tidak jelas terhadap batuan gunung api yang lebih tua, yaitu Batuan Gunung api Bilungala dan Formasi Dolokapa, sehingga kemungkinan besar kegiatan kegunungapian Miosen menerus sampai Pliosen Tengah.

Secara tak selaras satuan litostratigrafi berumur Pliosen Tengah ditindih oleh Formasi Lokodidi dan Batuan Gunung api Pinogu yang keduanya menunjukkan tingkat konsolidasi yang agak lemah dan berumur Pliosen Akhir - Plistosen Awal. Formasi Lokodidi terutama dijumpai di pantai utara daerah penelitian, sedang Batuan Gunung api Pinogu menempati bagian tengah daerah penelitian.

Secara tak selaras di atas kedua satuan tersebut dijumpai satuan berumur Plistosen Akhir berupa terumbu terangkat, endapan teras sungai, serta endapan danau. Sedimen danau diendapkan di daerah yang sekarang merupakan zone depresi yang ditempati oleh Danau Limboto. Endapan danau, endapan sungai tua dan batugamping tersebut telah mengalami pengangkatan dan sebagian tersingkap di daratan pada saat ini.

Satuan Litodemik

Keberadaan satuan litodemik yang berupa tubuh-tubuh batuan beku terobosan di daerah penelitian diduga berhubungan erat dengan kegiatan kegunungapian yang menghasilkan beberapa satuan batuan gunung api. Walaupun umur batuan plutonik belum diketahui secara pasti, namun kemiripan komposisinya dengan batuan gunung api menunjukkan kemungkinan keduanya komagmatik.

Satuan gabro yang terdiri atas gabro dan diabas diduga merupakan batuan terobosan tertua. Meskipun data penarikan pada satuan ini belum ada, namun gejala penggerusan dan deformasi yang agak kuat mengesankan umur yang relatif tua, sehingga diduga paling tidak berumur sama dengan batuan gunung api tertua yang ada (Formasi Tinombo), yaitu Eosen - Miosen Awal.

Satuan litodemik berikutnya adalah Diorit Bone yang dijumpai menerobos Batuan Gunung api Bilungala (Miosen Tengah - Pliosen Awal), sehingga umurnya diduga tidak lebih tua dari Miosen Tengah, mungkin sekitar Miosen Tengah-Pliosen.

Batuan plutonik yang lebih muda adalah Diorit Boliohuto yang dijumpai menerobos Formasi Dolokapa, sehingga umurnya diduga pasca Mio-Pliosen, mungkin Pliosen Tengah.

Pemerian mengenai dasar penentuan umur, lingkungan pembentukan serta ciri litologi secara lebih terinci dari masing-masing satuan batuan akan diuraikan pada paragraf selanjutnya, sedangkan hubungan waktu pembentukan masing-masing satuan terlihat pada tabel stratigrafi daerah penelitian (Tabel 1).

PEMBAHASAN SATUAN BATUAN GUNUNG API DAN SEDIMEN

Formasi Tinombo

Formasi Tinombo terdiri atas dua fasies, yaitu fasies gunung api dan fasies sedimen yang saling menjemari dengan tebal secara keseluruhan mencapai ribuan meter. Di dalam fasies gunung api sering dijumpai sisipan batuan sedimen, dan sebaliknya dalam fasies sedimen sering dijumpai sisipan batuan gunung api. Fasies gunung api ini pernah disebut sebagai *Popayato Volcanics* oleh Trail dr. (1974).

Fasies gunung api terutama terdiri atas lava basal spilitan, disamping juga dijumpai lava andesit dan breksi andesit. Di banyak tempat, lava basal menunjukkan struktur bantal yang tersebar luas, dan ada kalanya disisipi oleh batugamping kelabu, batugamping merah, dan rijang yang mengandung radiolaria, batulanau, batulanau terkersikkan, serta batupasir halus dengan struktur perarian sejajar yang berkembang bagus, perarian silang-siur, dan perarian konvolut. Asosiasi litologi dan struktur sedimen tersebut mengindikasikan adanya asal-usul turbidit pada lingkungan laut relatif dalam.

Lava bantal bersusunan basal spilitan tersingkap sangat luas di daerah penelitian. Di Sungai Lemito dan Sungai Malango, keduanya terletak di bagian barat, lava bantal tersingkap sepanjang sekitar 20 km, dengan sedikit sisipan batuan sedimen. Retas-retas basal yang lebarnya hanya beberapa meter dijumpai tersebar luas menerobos lava basal Formasi Tinombo. Retas-retas yang umumnya berarah utara-selatan sampai baratdaya - timurlaut ini diduga terinjeksikan ke atas daerah pemekaran (*spreading centre*) sewaktu basal lantai samudera tererupsikan. Didukung oleh adanya singkapan lava bantal yang luas, serta asosiasinya dengan rijang dan batugamping merah, maka lava bantal tersebut ditafsirkan terbentuk pada laut dalam yang merupakan dasar samudera.

Penyusun utama fasies sedimen Formasi Tinombo terdiri atas batupasir halus - sedang dengan interkalasi batugamping merah dan rijang yang mengandung radiolaria yang menunjukkan lingkungan laut dalam, sedangkan umurnya dapat dianggap sama dengan fasies batuan gunung api. Tebal anggota ini lebih dari 1000 m.

Umur Formasi Tinombo umumnya dianggap Eosen (Rutten, 1927; Bemmelen, 1949; Sukanto, 1973). Penarikan radiometri pada beberapa *sampel* basal *tholeiitic* di daerah penelitian menunjukkan umur 50 jt atau Eosen (Villeneuve dr., 1990). Sedang analisis paleontologi pada batugamping merah di S. Sogitia Kiki dekat Taludaa, sebelah timur Kota Gorontalo, didapatkan umur N4-N5 atau Miosen Awal (Sudiyono, kom. pers.). Dengan demikian umur formasi ini dapat dinyatakan pada kisaran Eosen-Miosen Awal.

Tabel 1. Stratigrafi Daerah Gorontalo

UMUR		SATUAN LITOSTRATIGRAFI		SATUAN LITODEMIK	
HOLOSEN		Aluvium			
PLISTOSEN	Akhir	Batugamping terangkat, endapan danau, endapan			
	Awal	Formasi Lokodidi	Batuan Gununggapi		
PLIOSEN	Akhir			Grandiorit Bumbulan	
	Tengah	Batuan Gununggapi Motomboto	Breksi Wobudu	Batuan Gununggapi Pani	Diorit Boliohuto
	Awal				
MIOSEN	Akhir	Batuan Gununggapi		Diorit Bone	
	Tengah	Fm. Dolokapa			
	Awal	Fm. Randangan			
EOSEN		Fm. Tinombo Fasies sedimen		Satuan gabro	
		Fm. Tinombo Fasies			

Batuan Gunung api Bilungala

Nama Batuan Gunung api Bilungala diperkenalkan oleh Trail drr (1972, dalam Trail drr., 1974). Satuan ini mempunyai sebaran di bagian timur daerah penelitian. Singkapan yang baik antara lain dijumpai di sepanjang Sungai Bilungala dan beberapa sungai lainnya di sekitar Taludaa, sebelah timur Kota Gorontalo. Satuan ini tersusun oleh breksi, lava dan tuf bersusunan andesitan, dasitan, dan riolitan. Bagian bawah satuan batuan ini terutama tersusun oleh perselingan breksi andesit dan tuf sela bersusunan dasitan sampai riolitan, sedangkan bagian atasnya dikuasai oleh tuf sela, breksi gunung api andesit, dan beberapa selingan lava andesit. Di banyak tempat satuan batuan ini diterobos oleh diorit dan dasit, serta mengalami alterasi.

Dua percontoh batuan lava batuan gunung api Bilungala yang dianalisis di Puslitbang Geologi menunjukkan umur $5,4055 \pm 0,69$ jt atau Miosen Akhir, dan $4,7769 \pm 0,85$ jt atau Pliosen awal (Bachri drr., 1997). Adapun hasil penarikan radiometri yang dilaporkan oleh Perello (1994) adalah $5,25 \pm 0,31$ jt atau Pliosen Awal. Kontak antara satuan ini dengan batuan gunung api Formasi Tinombo (Eosen - Miosen Awal) sulit ditentukan di lapangan. Batuan gunung api Bilungala yang banyak mengandung batuan piroklastika ini diduga merupakan batuan busur kepulauan sehingga lingkungannya lebih dangkal dari Formasi Tinombo. Meskipun kontak antara keduanya tidak teramati dengan jelas, namun mengingat keduanya terbentuk pada lingkungan yang berbeda, maka diduga keduanya mempunyai hubungan tidak selaras. Berdasarkan hal tersebut, serta hasil penarikan radiometri tersebut di atas, maka batuan Gunung api Bilungala diperkirakan berumur antara Miosen Tengah sampai Pliosen Awal.

Formasi Dolokapa

Formasi Dolokapa merupakan satuan batuan sedimen yang diselingi oleh batuan gunung api bersusunan andesit sampai basal. Batuan sedimen terdiri atas batupasir wak, batulanau, batulumpur dan konglomerat, sedang batuan gunungapinya terdiri atas tuf, tuf lapili, aglomerat, breksi gunung api dan lava. Pada batupasir dijumpai perarian konvolut, sedang pada konglomeratnya dijumpai perlapisan bersusun. Tebal formasi tidak kurang dari 2000 m.

Masih terdapat perbedaan penafsiran mengenai umur Formasi Dolokapa. Marks (1957) membandingkan satuan batuan ini dengan Formasi Tinombo yang dianggapnya berumur Kapur hingga Eosen, sedangkan pada makalah ini umur Formasi Tinombo sendiri, seperti telah disebutkan di muka, adalah Eosen - Miosen Awal. Trail drr. (1974) menyebutkan bahwa kepingan batugamping dalam formasi ini mengandung fosil berumur Miosen Awal. Ini menunjukkan bahwa Formasi Dolokapa tidak lebih tua dari umur tersebut. Di lain pihak, percontoh batulanau dari Formasi Dolokapa yang dianalisis di Puslitbang Geologi (Purnamaningsih, kom. pers.) Mengandung *Orbulina suturalis* Broniman, *Globigerinoides immaturus* Le Roy, *Globorotalia menardii* (D' Orbigny), *Brazilina* sp. dan *Anomalina* sp. Kumpulan fosil ini menunjukkan umur tidak lebih tua dari Miosen Tengah, dengan lingkungan pengendapan sublitoral bagian dalam atau laut dangkal. Karena secara stratigrafi satuan ini lebih muda dari Formasi Tinombo, maka diduga bagian bawah Formasi Dolokapa berumur Miosen Tengah.

Seperti sudah disinggung di depan, Formasi Dolokapa mempunyai hubungan atau kontak lateral secara gradasional atau menjemari dengan Batuan Gunung api Bilungala, dimana sisipan batuan gunung api dalam Formasi Dolokapa mempunyai ciri litologi yang sama dengan batuan Gunung api Bilungala. Hal ini kemungkinan mengindikasikan bahwa Formasi Dolokapa terbentuk di daerah distal pusat erupsi yang menghasilkan Batuan Gunung api Bilungala, sehingga lebih banyak dikuasai oleh batuan sedimen yang banyak mengandung material gunung api. Karena batuan gunung api kedua satuan batuan tersebut diduga merupakan produk kegiatan kegunungapian yang sama, maka umurnya juga sama. Oleh karenanya, berdasarkan penafsiran ini serta hasil analisis paleontologi tersebut di atas, maka umur Formasi Dolokapa juga dapat dinyatakan Miosen Tengah - Pliosen Awal, sama dengan Batuan Gunung api Bilungala. Adanya batupasir berstruktur perarian konvolut dalam Formasi Dolokapa boleh jadi mengindikasikan adanya pengendapan oleh arus turbid pada daerah yang berlereng relatif tajam, yang dalam hal ini diduga merupakan bagian atas lingkungan batial. Karena kumpulan fosil pada percontoh batulanau, seperti disinggung sebelumnya, menunjukkan lingkungan sublitoral bagian dalam, maka dapat ditafsirkan bahwa sebagian Formasi Dolokapa diendapkan pada kondisi laut agak dalam (mungkin batial bagian atas) sampai laut

dangkal (sublitoral bagian atas). Hal ini menunjukkan adanya perubahan lingkungan pengendapan yang secara berangsur mendangkal sejak diendapkannya Formasi Tinombo pada laut dalam.

Formasi Randangan

Formasi Randangan dijumpai pada daerah depresi terbatas di atas Formasi Tinombo, di daerah Sungai Randangan, bagian barat daerah penelitian. Formasi ini murni tersusun oleh batuan sedimen, seperti batuan sedimen yang dijumpai dalam Formasi Dolokapa, sehingga dapat ditafsirkan pula sebagai fasies sedimen Formasi Dolokapa yang dapat dipetakan secara tersendiri. Batuan sedimen pada formasi ini berupa perselingan konglomerat, batupasir wak, batulanau, dan batulumpur. Konglomerat mempunyai komponen utama andesit dan basal, dengan ukuran 2 - 3 cm, setempat 7 cm dengan kemas tertutup.

Trail drr (1974) melaporkan bahwa dalam Formasi Randangan dijumpai sisipan batugamping yang mengandung fauna laut berumur Miosen Tengah - Miosen Akhir (Trai drr, 1974). Hal ini menunjukkan bahwa satuan ini terbentuk pada waktu yang bersamaan dengan pengendapan Formasi Dolokapa. Karena banyak dijumpai konglomerat maka dapat ditafsirkan bahwa Formasi Randangan terbentuk pada lingkungan laut dangkal sampai daerah transisi. Hal ini menunjukkan bahwa satuan ini terbentuk pada saat bersamaan dengan pengendapan Formasi Dolokapa dan Batuan Gunung api Bilungala bagian atas, yang juga terbentuk pada kondisi laut dangkal. Dengan demikian dapat ditafsirkan bahwa Formasi Randangan kemungkinan besar menjemari dengan bagian atas Formasi Dolokapa, sehingga umurnya pun diperkirakan sama dengan bagian atas Formasi Dolokapa, yaitu sekitar Miosen Akhir - Pliosen Awal.

Batuan Gunung api Pani, Breksi Wobudu dan Batuan Gunung api Motomboto

Sampai kini belum ada data umur batuan gunung api Pani, batuan gunung api Motomboto, dan breksi Wobudu yang jelas. Batuan gunung api Pani yang terdapat di bagian barat daerah penelitian, yaitu di Gunung Pani dan sekitarnya, diperkenalkan oleh Tyrwhitt (1969, dalam Trail drr., 1974), dan oleh Sukamto dalam diskusinya dengan Trail (Trail drr., 1974) di sebandingkan dengan batuan gunung api asam di daerah Moutong, sebelah barat daerah

penelitian yang berumur Pliosen, sehingga umurnya pun dianggap sama. Batuan Gunung api Pani terdiri atas lava dasit, lava andesit, tuf, aglomerat, dan breksi andesit dengan komponen andesitan sampai dasitan, dengan tebal mencapai ratusan meter.

Sementara Breksi Wobudu yang terdapat di bagian utara daerah penelitian, sekitar Kuandang, berdasarkan posisi stratigrafinya yang menumpang di atas Formasi Dolokapa, dan ditindih tak selaras oleh Formasi Lokodidi yang berumur Pliosen Akhir - Plistosen Awal, umurnya juga ditafsirkan Pliosen, kemungkinan besar Pliosen Tengah. Breksi Wobudu terdiri atas breksi gunung api, aglomerat, tuf, tuf lapili, lava andesitan, dan basalan. Satuan ini diperkenalkan oleh Molengraaff (1902 dalam Marks, 1957), dengan lokasi tipe di Sungai Wobudu, Sumalata, sebelah barat Teluk Kuandang.

Batuan Gunung api Motomboto terdapat di bagian timur daerah penelitian dengan sebaran sangat terbatas. Satuan ini diterobos oleh dasit berumur Pliosen Akhir (Perello, 1994) dan menumpang pada Batuan Gunung api Bilungala sehingga umurnya ditafsirkan Pliosen Tengah.

Formasi Lokodidi

Formasi Lokodidi merupakan satuan batuan dengan tingkat konsolidasi belum kuat, terdiri atas perselingan konglomerat, batupasir, batupasir konglomeratan, batupasir tufan, tuf pasiran, batulempung, dan serpih hitam. Dalam konglomerat, yang sebagian bersifat gampingan, ada kalanya dijumpai perlapisan bersusun. Sedang dalam selingan batupasirnya sering dijumpai perarian sejajar dan perlapisan silang-siur. Perarian sejajar juga dijumpai dalam serpih hitam yang juga bersifat gampingan. Dalam batupasir dijumpai fosil *Globorotalia* sp. dan *Globigerinoides trilobus*, namun umurnya tidak dapat ditentukan. Berdasarkan kedudukannya yang menumpang secara selaras (?) Breksi Wobudu, maka Formasi Lokodidi diperkirakan berumur Pliosen Akhir - Plistosen Awal.

Berdasarkan ciri litologinya, satuan ini dapat ditafsirkan merupakan bagian dari endapan Celebes Mollase oleh Sarasin & Sarasin (1901, dalam Marks, 1957). Adanya fauna laut, serta banyaknya konglomerat serta adanya batupasir berlapis silang-siur, menunjukkan bahwa satuan ini diendapkan di lingkungan laut dangkal sampai fluviatil. Adanya tuf

dan sifat tufan dalam batupasir menunjukkan adanya pengaruh kegiatan kegunungapian yang dalam hal ini ditafsirkan sebagai pengaruh kegiatan kegunungapian yang menghasilkan Batuan Gunung api Pinogu pada Pliosen Akhir - Plistosen Awal.

Batuan Gunung api Pinogu

Batuan Gunung api Pinogu terdiri atas perselingan aglomerat, tuf, dan lava dengan tebal keseluruhan sekitar 250 m. Aglomerat bersusunan andesitan, lava dari andesitan sampai basalan, sedang tuf bersusunan andesitan sampai dasitan serta termampatkan lemah. Tingkat konsolidasi yang masih lemah menunjukkan bahwa satuan ini relatif muda. Karena satuan ini menindih Breksi Wobudu, maka umurnya lebih muda dari Pliosen Tengah, mungkin Pliosen Akhir - Plistosen Awal.

Sebaran Batuan Gunung api Pinogu terdapat di bagian tengah daerah penelitian, yaitu di daerah Pinogu sebelah timur Gorontalo, dan di daerah sebelah barat Kota Gorontalo sebagai bukit-bukit terpisah.

Batugamping Terangkat, Endapan Danau dan Endapan Teras Sungai

Batugamping Kwartir berupa terumbu yang sudah terangkat dijumpai di daerah pantai selatan. Endapan Kwartir lainnya adalah endapan danau yang masih terbentuk sampai sekarang di Danau Limboto. Endapan danau yang sudah terangkat ini dijumpai di sekitar Danau Limboto, terdiri atas batulempung, batupasir dan kerikil. Data pemboran menunjukkan bahwa satuan ini mencapai tebal 94 m dan dialasi oleh diorit (Trail dr., 1974). Umurnya diduga Plistosen Akhir sampai Holosen.

Endapan muda lainnya adalah sedimen sungai tua yang membentuk teras sungai, berupa perselingan batupasir, batupasir konglomeratan dan konglomerat, yang termampatkan lemah. Sebaran satuan ini sangat terbatas dan dijumpai di bagian selatan daerah penelitian, misalnya di dekat Marisa, pantai selatan bagian barat. Komponen konglomerat berupa andesit, basal, dasit, diorit, dan granodiorit yang diduga berasal dari rombakan batuan gunung api dan terobosan di daerah penelitian. Umur endapan ini diperkirakan Plistosen Akhir - Holosen, sedang tebalnya mencapai beberapa puluh meter.

PEMBAHASAN SATUAN BATUAN TEROBOSAN

Satuan Gabro

Satuan gabro terdiri atas gabro berbutir kasar hingga halus (mikrogabro) dan diabas. Satuan litodemik ini hanya dijumpai sebagai singkapan kecil tak terpetakan di sebelah timur Sungai Paguyaman dan sebelah barat muara Sungai Tapadaa. Gabro berwarna kelabu tua, masif, terpidotkan dan terkloritkan, mengandung horenbenda yang sangat dominan. Pada mikrogabro berkembang struktur perdaunan (*foliasi*) yang diduga sebagai akibat penggerusan dan penyesaran. Diabas berwarna kelabu, berkrystal sedang, berstruktur diabasik dan menunjukkan gejala pencenangaan, serta mengandung biotit cukup banyak yang umumnya sudah terkloritkan.

Umur Satuan Gabro belum jelas benar karena tidak adanya data penarikan radiometri. Ciri pencenangaan yang lebih kuat dibanding dengan batuan plutonik lainnya kemungkinan merupakan indikasi umur yang lebih tua dari Diorit Bone, sehingga umurnya diperkirakan Miosen Awal.

Diorit Bone

Diorit Bone terdiri atas diorit, diorit kuarsa, granodiorit, dan adamelit. Penyusun utama satuan ini berupa diorit masif berukuran sedang sampai kasar, dengan tekstur inekigranuler hipidiomorfik sampai faneroporfiritik, dengan kristal sulung berupa piroksin dan felspar yang mencapai ukuran 0,5 cm. Di samping itu dijumpai variasi susunan diorit kuarsa, granodiorit sampai adamelit, dimana variasi ini terutama tersusun oleh andesin, kuarsa, dan horenbenda. Satuan litodemik ini menerobos Batuan Gunung api Bilungala (Miosen Tengah - Pliosen Awal). Meskipun demikian, batuan Diorit Bone yang berkrystal halus menunjukkan kemiripan ciri litologi terhadap Batuan Gunung api Bilungala, sehingga ada dugaan bahwa satuan litodemik ini merupakan batuan induk gunung api Bilungala, sehingga umurnya ditafsirkan sama.

Diorit Bone yang diperkenalkan oleh Trail dr. (1972, dalam Trail dr., 1974), semula hanya disebutkan dijumpai di sebelah timur Sesar Gorontalo, namun kemudian diketahui dijumpai pula di daerah Teluk Kuandang dan Paleleh.

Diorit Boliohuto

Singkapan terluas Diorit Boliohuto dijumpai di sebelah barat Teluk Kuandang. Batuan terobosan ini terdiri atas diorit, granodiorit, dan diorit, terdaunkan. Keberadaan diorit terdaunkan (bukan termalihkan) yang berasosiasi dengan sesar mendatar utama, yaitu Sesar Gorontalo yang melalui Teluk Gorontalo (Bawono dr.,1988) menunjukkan bahwa sebagian satuan batuan ini terbentuk bersamaan (sintektonik) terhadap pensesaran tersebut. Di sisi lain, pada Diorit Bone dijumpai suatu sistem kekar gerus yang dapat ditafsirkan merupakan struktur penyerta Sesar Gorontalo (Bachri dan Suryono, dalam persiapan). Data kekar ini menunjukkan bahwa Diorit Bone berumur lebih tua dari pensesaran dan penkekarannya tersebut, dan ini berimplikasi bahwa Diorit Boliohuto berumur lebih muda dari Diorit Bone yang berumur Miosen Tengah - Pliosen Awal. Karena Diorit Bone juga dijumpai menerobos Formasi Dolokapa, maka umurnya diperkirakan Pliosen Tengah, dan boleh jadi berhubungan dengan kegiatan kegunungapian yang menghasilkan batuan gunung api berumur Pliosen Tengah.

Granodiorit Bumbulan

Batuan plutonik termuda di daerah Gorontalo, atau pada bagian tengah lengan utara Sulawesi, adalah Granodiorit Bumbulan yang terdiri atas granodiorit, granit, dasit, dan monzonit. Granodiorit di dekat Sungai Tapadaa menerobos gabro dan mikrogabro yang diduga seumur dengan Formasi Tinombo. Trail dr.(1974) menyebandingkan Granodiorit Bumbulan dengan granodiorit berumur Pliosen di daerah Palu.

Retas-retas dasit porfiri yang menerobos Batuan Gunung api Bilungala dan Batuan Gunung api Motomboto (Perello, 1994; Bachri, dr.,1997) diduga merupakan bagian dari Granodiorit Bumbulan. Penarikan Kalium Argon pada beberapa *sampel* dasit menunjukkan umur $2,35 \pm 0,12$ jt dan $2,05 \pm 0,1$ jt atau Pliosen Akhir (Perello, 1994).

DISKUSI

Batuan ofiolit dan batuan busur kepulauan

Keberadaan batuan beku bersusunan basa berupa terobosan gabro dan diabas serta lava basal dari Formasi Tinombo, dan didukung oleh asosiasi rijang radiolarit tampaknya menarik untuk dikaji apakah merupakan suatu himpunan batuan ofiolit. Ofiolit

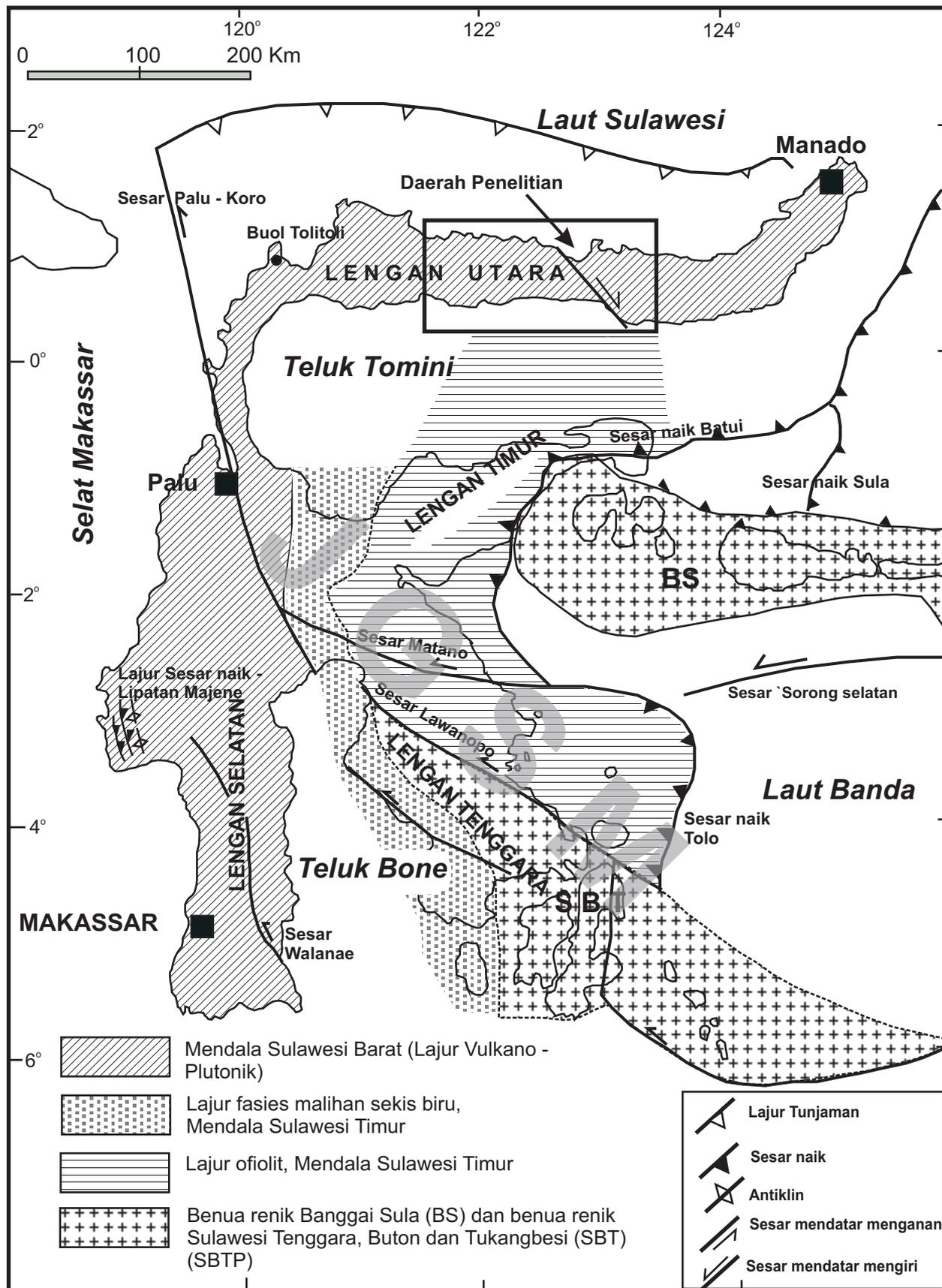
sendiri secara umum didefinisikan sebagai himpunan batuan beku mafik-ultramafik yang dijumpai di lajur orogenik, termasuk lajur tunjaman dan zone obdaksi. Semula ofiolit dianggap hanya terbentuk di pematang samudera (Dietz, 1963; Gass & Smewing, 1971), namun kemudian ditentang oleh Miyashiro (1973, 1975) yang menyatakan bahwa ofiolit dapat terbentuk di lingkungan tektonik lainnya, yaitu di busur kepulauan. Beberapa ofiolit di zona tunjaman purba diketahui merupakan fragmen kerak samudera purba yang semula terbentuk di pematang samudera (Dietz, 1963).

Melihat adanya rijang radiolaria dan batugamping merah yang mencirikan lingkungan laut dalam, serta pelamparan lava bantal yang sangat luas sampai beberapa puluh kilometer, maka diduga kuat fasies gunung api Formasi Tinombo merupakan ofiolit yang terbentuk di daerah pemekaran.

Adapun satuan batuan gunung api yang lebih muda dari Formasi Tinombo, yang diketahui banyak mengandung batuan piroklastika, diduga merupakan hasil kegiatan kegunungapian di busur kepulauan. Studi lebih lanjut, khususnya analisis geokimia diharapkan akan memberikan informasi lebih lengkap.

Stratigrafi

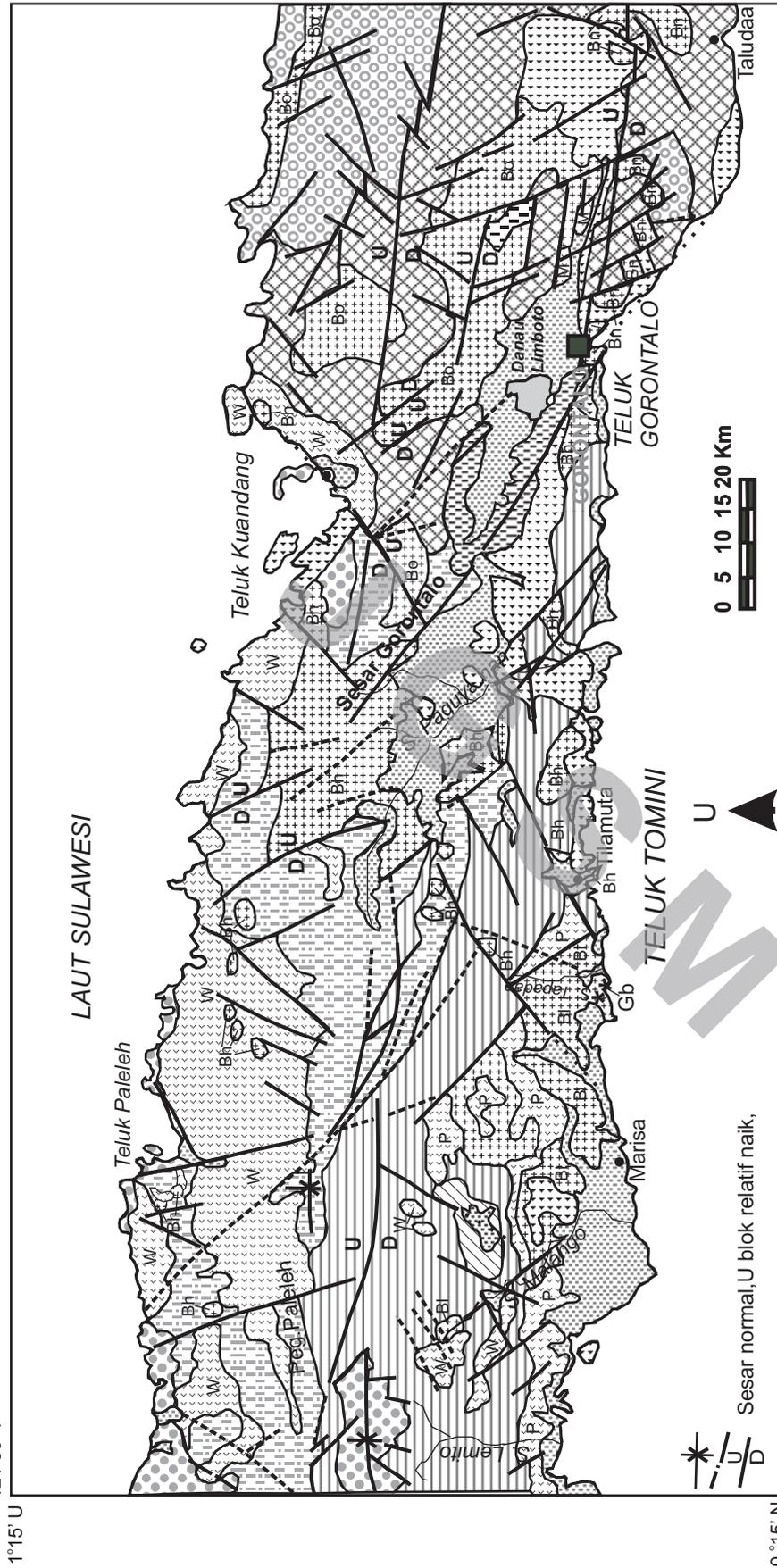
Stratigrafi daerah penelitian dikuasai oleh runtunan batuan gunung api Paleogen - Neogen, dimana Formasi Tinombo yang berumur Eosen - Miosen Awal merupakan satuan batuan tertua. Kegiatan kegunungapian di Lengan Utara Sulawesi ini telah berlangsung menerus sejak Paleogen hingga kini, karena dijumpai pula beberapa gunung api Kuartar di bagian timur Lengan Utara. Hubungan stratigrafi satuan seumur yang bersifat gradasional yang dikuasai oleh batuan gunung api (Formasi Bilungala) menjadi perselingan batuan sedimen dan batuan gunung api (Formasi Dolokapa), dan akhirnya murni dikuasai oleh batuan sedimen (Formasi Randangan). Mungkin mewakili lingkungan yang dekat dengan pusat erupsi (Formasi Bilungala), lingkungan agak jauh dari pusat erupsi (Formasi Dolokapa), dan lingkungan yang jauh dari pusat erupsi (Formasi Randangan). Satuan-satuan batuan gunung api seumur yang terpisah-pisah lokasinya, dengan susunan batuan berbeda (Batuan Gunungapi Motomboto di timur, Breksi Wobudu di tengah dan Batuan Gunung api Pani di barat) mungkin dihasilkan oleh beberapa pusat erupsi yang berbeda.



Gambar 1. Tataan tektonik regional daerah Sulawesi, berdasarkan Sukamto (1975), Helmers dr. (1990), Parkinson (1991), Smith dan Silver (1991), Hall dan Wilson, 2000; Bachri dan Baharuddin, 2001).

123°30' E

121°30' T



- | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|
| | Endapan Kuartar (terumbu terangkat, endapan danau dan Formasi Lokodidi (Pliocene)) | | Formasi Randangan (Miosen) | | Formasi gununggapi Formasi Tinombo (Eosen - Miosen) |
| | Batuan Gununggapi Pinogu (Pliocene) | | Formasi Dolokapa (Miosen) | | Batuan Plutonik Neogen: Diorit Boliohuto (Bh), Diorit Bone (Bn) |
| | Batuan Gununggapi Pani (P), Motomboto (M) | | Batuan Gununggapi Bilungala (Miosen Tengah - Pliosen Awal) | | Batuan terobosan Paleogen (?) |
| | | | Fases Sedimen Formasi Tinombo (Eosen - Miosen Awal) | | * |

Sesar normal, U blok relatif naik,

Gambar 2. Peta geologi daerah Gorontalo disederhanakan dari Bachtri dr. (1993) dan Apandi & Bachtri (1997).

Penafsiran bahwa fasies gunung api Formasi Tinombo merupakan ofiolit yang terbentuk di daerah pemerakaran (laut dalam), sedangkan batuan gunung api yang berumur lebih muda merupakan batuan busur kepulauan yang mempunyai lingkungan lebih dangkal sampai darat, memberikan implikasi bahwa kedua satuan batuan tersebut kemungkinan mempunyai hubungan tidak selaras.

KESIMPULAN

Daerah Gorontalo merupakan bagian dari Busur Sulawesi Utara yang merupakan lajur volkano-plutonik. Daerah ini dikuasai oleh batuan gunung api dan plutonik berumur Paleogen - Neogen. Di samping itu juga dijumpai satuan-satuan batuan sedimen yang umumnya dipengaruhi kegiatan kegunung-apian. Pembentukan batuan gunung api dan sedimen di daerah penelitian berlangsung relatif menerus sejak Eosen-Miosen Awal sampai Kuartar, dengan lingkungan laut dalam sampai darat, atau

merupakan suatu runtunan regresif. Pada batuan gunung api umumnya dijumpai selingan batuan sedimen, dan sebaliknya pada satuan batuan sedimen umumnya juga dijumpai selingan batuan gunung api, sehingga kedua jenis satuan batuan tersebut menunjukkan hubungan superposisi yang jelas.

Fasies gunung api Formasi Tinombo diduga merupakan batuan ofiolit, sedangkan batuan gunung api yang lebih muda dari Formasi Tinombo merupakan batuan busur kepulauan. Keduanya mempunyai hubungan tidak selaras.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada temanteman sejawat atas kerja sama dan diskusinya, baik selama pekerjaan lapangan maupun di kantor, khususnya kepada Dr. Udi Hartono, B.H. Harahap, N. Ratman, Dr. R. Sukamto, dan kawan-kawan lainnya di Pusat Survei Geologi. ■

ACUAN

- Apandi, T. & Bachri, S., 1997. Peta Geologi Lembar Kotamobagu, skala 1 : 250.000. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Bandung.
- Bachri, S., Partoyo, E., Sukarna, D., Surono & Supandjono, J.B., 1997. Geologi daerah Gorontalo, Sulawesi Utara. *Kumpulan Makalah Hasil Penelitian dan Pemetaan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi 1996/1997*, p.18-30.
- Bachri, S. & Baharuddin, 2001. Peta Geologi lembar Majene-Malunda, Sulawesi, skala 1 : 100.000. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Bandung.
- Bachri, S., Ratman, N, & Sukido, 1993. Peta Geologi Lembar Tilamuta, skala 1 : 250.000. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Bandung.
- Bawono, S.S., Partoyo, E., Situmorang, R.L. , Wiryosujono, S. & Supandjono, J.B., 1998. Peta Geologi Lembar Limboto, Sulawesi Utara, skala 1 : 100.000. Laporan terbuka, Puslitbang Geologi, Bandung.
- Bemmelen, R.W van, 1949. *The Geology of Indonesia*, vol. 1A, 732 pp., Government Printing Office, The Hague.
- Carlile, J., Digdowirogo, S. & Darius, K., 1990. Geological setting, characteristics and regional exploration for gold in the volcanic arcs of North Sulawesi, Indonesia. In: J.W. Hedenquist, N.C.White and G. Siddeley (Editors), *Ephithermal gold mineralisation of the Circum Pacific: Geology, Geochemistry, Origin and Exploration. Journal of Geochemical Exploration*, 35:104-140.
- Dietz, R.S., 1963. Alpine serpentines as oceanic rind fragments. *Geological Society of America Bulletin* 74, 947-952.
- Gass, I.G. & Smewing, J.D., 1973. Intrusion, extrusion and metamorphism at constructive margins: evidence from Troodos massif, Cyprus, *Nature* (London) 242, 26-29.
- Hall, R. & Wilson. M.E.J., 2000. Neogene sutures in eastern Indonesia. *Journal of Asian earth Resources* 18 (2000), 781-808

- Helmerts, H., Maaskant, P., Hartel, T.H.D., 1990. Garnet peridotite and associated high-grade rocks from Sulawesi Indonesia, *Lithos* 25, 171-188.
- Kavalieris, I., van Leeuwen, Th. M. & Wilson, M., 1992. Geological setting and styles of mineralisation, north arm of Sulawesi. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* 7, 2/3, p.113-129. Marks, P., 1957. *Stratigraphic Lexicon of Indonesia. Publikasi Keilmuan No. 31 seri Geologi*, Pusat Djawatan Geologi Bandung.
- Miyashiro, A., 1973. Paired and unpaired metamorphic belts. *Tectonophysics* 17, 241-254.
- Miyashiro, A., 1975. Classification, characteristics, and origin of ophiolites. *Journal of Geology* 83, 249-281
- Parkinson, C.D., 1991. The petrology, structure and geologic history of metamorphic rocks of central Sulawesi. Unpublished. Ph.D Thesis, University of London.
- Perello, J.A., 1994. Geology, porphyry Cu-Au, and epithermal Cu-Au-Ag mineralization of the Tombulilato district, North Sulawesi, Indonesia. *Journal of Geochemical Exploration* 50 (1994) 221-256.
- Rutten, L.M.R., 1927. Voordrachten over de geologie van Nederlandsch Oost-Indie. *Groningen, den Haag, J.B. Wolters*, 581-599.
- Simandjuntak, T.O., 1986. Struktur Duplek (Dwi Unsur) Sesar Sungkup Sesar Jurus Mendatar di Lengan Timur Sulawesi, *PIT XV IAGI*
- Smith, R.B. & Silver, E.A., 1991. Geology of a Miocene collision complex, Buton, eastern Indonesia. *Geological Society of America Bulletin*, v.103, p. 660-678.
- Sukanto, R., 1973. Peta Geologi Tinjau Daerah Palu, Sulawesi Tengah, skala 1 :250.000. *Direktorat Geologi, Bandung*.
- Sukanto, R., 1975. The structure of Sulawesi in the light of plate tectonics. *Proceedings of Regional Convention on the Geology and Mineral Resources of South East Asia*. Jakarta.
- Trail, D.S., John, T.U., Bird, M.C., Obial, R.C., Pertz, B.A., Abiog, D.B., Prawoto & Subagio, 1974. The general geological survey of Block II, Sulawesi Utara, Indonesia. Unpublished report, P.T. Tropic Endeavour Indonesia, 68 p.
- Villeneuve, M., Bachri, S., Rangin, C. & Bellon, H., 1990. *Structural geology of North Sulawesi (abstract)*. Paper presented at seminar in the field of geodynamics, mineral and energy.