



Geologi Daerah Tamilouw-Haya, Kecamatan Tehoru, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku Geology of Tamilouw-Haya, Tehoru District, Central Maluku Regency, Maluku Province

Herfien Samalehu¹, Arifudin Idrus², dan Nugroho Imam Setiawan²

¹Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral, Pemerintah Daerah Provinsi Maluku

²Departemen Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

e-mail: ferhin2001@yahoo.com

Naskah diterima: 20 Januari 2022, Revisi terakhir: 22 Agustus 2022, Disetujui: 23 Agustus 2022, Online: 26 Agustus 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v23.3.177-187>

Abstrak - Tamilouw-Haya terletak di bagian selatan Pulau Seram, Provinsi Maluku yang berada pada elevasi 3 - 675 m di atas permukaan laut. Studi ini bertujuan untuk mengetahui kondisi geomorfologi, stratigrafi dan struktur geologi di wilayah penyelidikan. Tahapan penyelidikan menggunakan kajian studi pustaka, kegiatan lapangan (fieldwork), analisis petrografi, serta interpretasi peta DEM (digital elevation model). Dari hasil kegiatan menunjukkan bahwa geomorfologi daerah ini terdiri atas 2 (dua) satuan morfologi, yaitu satuan perbukitan rendah berlereng sangat landai - curam dan satuan dataran rendah. Tatanan stratigrafi dibagi menjadi 5 (lima) satuan batuan yang terdiri atas satuan filit kuarsa-muskovit, satuan batusabak kuarsa-muskovit, satuan meta-batupasir kuarsa-muskovit, satuan batugamping koral dan endapan aluvial. Struktur geologi yang berkembang merupakan lipatan antiklin serta liniasi yang berarah utara baratlaut - selatan tenggara dan timurlaut - baratdaya yang membentuk sesar geser mengiri (sinistral) dan menganan (dekstral).

Katakunci: Geomorfologi, liniasi, lipatan antiklin, stratigrafi, struktur geologi.

Abstract - Tamilouw-Haya is located in the southern part of Seram Island, Maluku Province which is placed at an elevation of 3 - 675 m above sea level. This study aims to determine conditions of geomorphology, stratigraphy and geological structure in the investigated area. The study stages apply literature review, fieldwork, petrographic analysis, and interpretation of DEM (digital elevation model) maps. The results of the study indicate that the geomorphology of the study area consists of 2 (two) morphological units, namely low hill units with very gentle to steep slopes and lowland units. The stratigraphic units are divided into 5 (five) rock units consisting of quartz-muscovite phyllite unit, quartz-muscovite slate unit, quartz-muscovite meta-sandstone unit, coralline limestone unit and alluvial deposits. The geological structures that occurred in the research area are minor anticline fold and north northwest - south southeast and northeast - southwest trending lineaments which forms left (sinistral) and right (dextral) shear faults.

Keywords: Geomorphology, lineaments, anticline fold, stratigraphy, structural geology.

PENDAHULUAN

Wilayah Tamilouw-Haya berada pada ketinggian 3-675 m di atas permukaan laut dan secara administratif termasuk dalam wilayah Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. Secara umum wilayah ini tersusun oleh gugusan batuan metamorf Kompleks Tehoru yang tergolong dalam fasies sekis hijau-amfibolit bagian bawah (Tjokrosoetro dkk., 1993). Latar belakang dilakukan penyelidikan ini karena hingga saat ini belum dilakukan pemetaan geologi skala lebih detail terutama perbesaran dari peta regional skala 1:250.000 sehingga kegiatan ini diperlukan untuk memperoleh gambaran yang lebih detail yang menyangkut geomorfologi, stratigrafi dan struktur geologi.

Penyelidikan di wilayah Tamilouw-Haya dimaksudkan untuk mengadakan pemetaan geologi permukaan secara detail, sedangkan tujuannya adalah mengungkapkan keadaan geologi daerah ini, meliputi aspek geomorfologi, stratigrafi dan struktur geologi.

Batasan permasalahan yang dibahas pada studi ini terbatas pada geomorfologi yang menyangkut masing-masing satuan geomorfologi. Selain itu, stratigrafi daerah ini diulas mencakup satuan batuan di wilayah pemetaan. Untuk pembahasan struktur geologi menguraikan pembahasan struktur regional dan hubungannya dengan struktur geologi di wilayah pemetaan yang dibantu dengan analisis DEM (*digital elevation model*).

Tahapan pekerjaan meliputi studi literatur atau studi pustaka, kegiatan lapangan (*fieldtrip*), analisis laboratorium (petrografi) serta interpretasi peta DEM. Data sekunder yang terkait dengan wilayah pemetaan digunakan untuk studi literatur sebelum melakukan kegiatan pengambilan data di lapangan. Untuk pemetaan obyek-obyek geologi yang dijumpai dilakukan dengan pengamatan, pengukuran, perekaman serta pencatatan kondisi geologi. Data yang diperoleh pada pemetaan geologi meliputi data geomorfologi, stratigrafi dan struktur geologi. Setelah data lapangan diperoleh, maka dilakukan pengolahan data dan analisis data yang dapat membantu dalam interpretasi geologi daerah pemetaan. Interpretasi peta DEM digunakan untuk pemetaan geomorfologi regional dan analisis kelurusan atau liniasi yang berkaitan dengan interpretasi struktur geologi.

GEOLOGI REGIONAL

Pulau Seram memiliki wilayah seluas 18.625 km², panjang 340 km dan lebar 60 km. Gunung tertinggi di Pulau Seram adalah Gunung Binaiya dengan

tinggi 3.027 m di atas permukaan laut (mdpl). Sungai utamanya merupakan sungai permanen yang mengalir dari bagian tengah dan bermuara ke arah selatan dan utara hingga dataran pantai (Tjokrosoetro dkk., 1993).

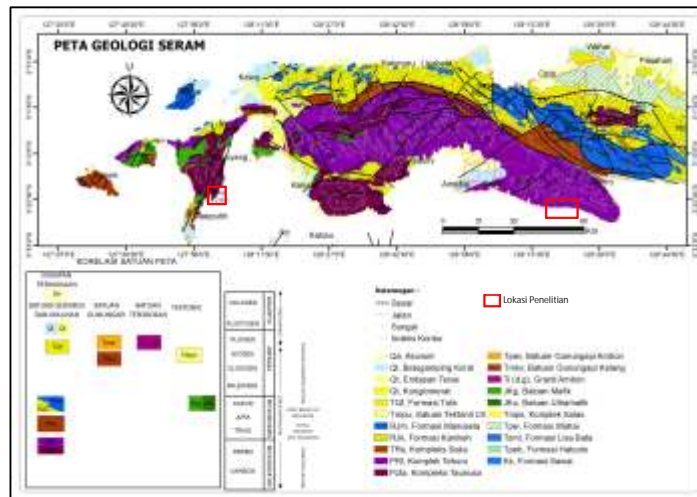
Stratigrafi Pulau Seram terdiri atas batuan metamorf, batuan sedimen, serta batuan terobosan dan tektonik (Tjokrosoetro & Budhitrina, 1982 ; Tjokrosoetro dkk., 1993). Batuan tertua yang menyusun batuan dasar Pulau Seram merupakan batuan Kompleks Taunusa dan Kompleks Tehoru yang berumur Perem hingga endapan aluvial yang merupakan satuan termuda di daerah ini (Gambar 1). Selain itu, Kemp & Mogg (1992) menguraikan secara terinci mengenai tatanan stratigrafi Pulau Seram yang dapat dibagi menjadi batuan seri Australia (*Australian Series*) yang merupakan bagian utara *Australian Continental Margin* dan batuan seri Seram (*Seram Series*). Batuan seri Australia terdiri atas batuan sedimen berumur Trias - Miosen Akhir yang menindih tidak selaras satuan batuan metamorf yang lebih tua dan diendapkan pada tepian lempeng Kontinen Australia bagian utara. Seri ini merupakan bagian *Westralian Superbasin* (Bradshaw, 1988), dan diklasifikasikan menjadi *basement pre-rift, intra-cratonic rifting, sea continental breakup, sea floor spreading* dan *passive margin* yang sesuai dengan model tepian Australia.

Pre-Rift Sequence

Seri Australia terdiri atas sedimen berumur Trias - Miosen Akhir yang secara tidak selaras berada di atas batuan metamorfik dan diendapkan di tepi bagian utara *Australian Continental Margin*. Batuan dasar Pulau Seram terdiri atas batuan metamorfik derajat tinggi hingga rendah dari Kompleks Kobipoto, Taunusa, Tehoru, dan Formasi Saku. Ketiga Kompleks metamorfik tersebut tersingkap di permukaan karena adanya sesar naik selama Miosen Akhir dan Pliosen dan kemudian mengalami sesar mendatar.

Intra-Cratonic Rifting Sequence

Batuan sedimen tertua di Pulau Seram adalah batuan Formasi Kanikeh yang diendapkan di neritik luar, berupa batupasir dan batulempung dan secara tidak selaras menindih batuan metamorf. Umur Formasi Kanikeh adalah Trias Tengah - Trias Akhir. Di atas Formasi Kanikeh secara gradasi terdapat Formasi Saman-Saman yang berupa batugamping. Kemudian, secara menjemari di atas Formasi Saman-Saman terdapat Formasi Manusela yang berupa batugamping dan diendapkan pada lingkungan neritik - batial.



Gambar 1. Peta geologi regional Pulau Seram (Tjokrosapoetro dkk., 1993) dan kompilasi kolom stratigrafi berdasarkan Tjokrosapoetro dkk. (1993) dan Kemp & Mogg (1992).

Continental Breakup Sequence

Sedimentasi pada Jura Akhir ditandai oleh *continental break-up* dan pemekaran lantai samudra. Sekuen ini terdiri atas batulempung dan serpih yang diendapkan di neritik luar. Di sekuen ini, Formasi Manusela secara tidak selaras ditutupi oleh serpih dan batulempung Satuan Serpih Kola Formasi Sawai. Ketidakselarasan ini disebabkan oleh *continental breakup* dan pemekaran lantai samudera di utara *Australian continental margin*.

Passive Margin Sequence

Satuan serpih Kola ditutupi secara tidak selaras oleh batuan *mudstones*, kalsilitutit, napal, rijang, batugamping merah, serpih pasiran, dan batugamping terumbu yang dinamakan Perlapisan Nief. Satuan ini diendapkan pada Kapur Awal - Miosen Akhir. Perlapisan Nief memperlihatkan perkembangan suatu cekungan pada saat berakhirnya masa *continental breakup* atau disebut sebagai fase *post-rift*. Tepian terluar Lempeng Australia bergerak secara cepat dari zona neritik dalam, *outer-shelf*, *shelf slope*, dan lingkungan batial.

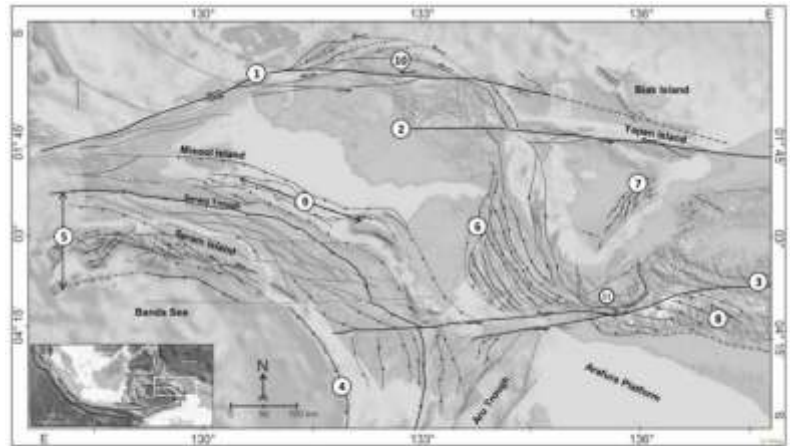
Seram series

Miosen Akhir merupakan fase kritis evolusi geologi dan tektonik Pulau Seram. Pada saat itu terjadi tumbukan besar antara Lempeng Australia yang bergerak ke utara, Lempeng Eurasia yang bergerak ke timur, dan Lempeng Pasifik yang bergerak ke barat, kemudian menghasilkan sesar naik yang besar di Pulau Seram. Pada awal sesar naik dan pengangkatan

orogena yang cepat, terjadi *gravity slide (slump unit)* yang mengendapkan Kompleks Salas secara tidak selaras di atas Seri Australia. Kompleks Salas diendapkan di *outer shelf* - batial, yang terdiri atas batulempung, batulumpur dan mengandung klastik, bongkah, dan blok batuan sebelum mengalami pengangkatan.

Selain Kompleks Salas, erosi dari pengangkatan batuan di Pulau Seram ini juga menyebabkan diendapkannya Formasi Wahai yang berupa endapan klastik di *outer shelf* - batial pada Pliosen - Plistosen Awal. Di atas Formasi Wahai, terdapat Formasi Fufa yang merupakan endapan laut dangkal (zona neritik) dari erosi ketika proses pengangkatan masih berlangsung pada Plistosen Awal. Formasi Wahai terdiri atas batulempung, batupasir, batulanau, konglomerat, dan batugamping.

Meskipun tatanan tektonik pulau Seram masih dalam perdebatan, namun Sapiie dkk. (2012) dan Sapiie & Hadiana (2014) mengusulkan hipotesis bahwa *oblique convergent deformation* menghasilkan pola dan geometri struktur yang kompleks dan dihasilkan oleh distribusi stress/tegangan. *Seram Fold Thrust Belt* dicirikan sebagai zona deformasi luas dengan panjang 400 m dan lebar 100 m dimana geometri polanya dipengaruhi oleh arah baratlaut - tenggara (Gambar 2). Perubahan pola sesar yang terbentuk sepanjang strike berarah barat - timur dan disertai perubahan dip yang berarah timurlaut - baratdaya. Mekanisme ini juga terjadi di *Seram Trough* yang terletak di bagian utara Pulau Seram yang dapat dijelaskan dengan model *oblique convergent system*.



Keterangan :
 1. Sorong Fault zone 2. Yapen Fault zone 3. Toner Aiduna Fault Zone 4. Banda Trench 5. Seram Fold Thrust belt. 6. Lengguru Fold Thrust Belt 7. Cendrawasih Bay Fold Thrust belt. 8. Central Range Fold Thrust Belt 9. Misool Ombi Kumawa Ridge 10. Keunim high 11. Weyland overthrust
 sumber: Sapiie dkk. (2012).

Gambar 2. Elemen stuktur geologi di wilayah Seram dan Papua yang menunjukkan area deformasi aktif yang diinterpretasi menggunakan SRTM, bathimetri dan interpretasi seismik 2D.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum geologi wilayah Tamilouw-Haya merupakan bagian dari batuan Kompleks Tehoru yang tersusun atas batuan metapelitik, batusabak kuarsa-muskovit dan filit kuarsa-muskovit. Secara regional, Tjokrosapoetro dkk. (1993) menyatakan bahwa Kompleks Tehoru tergolong fasies sekis hijau-amfibolit bagian bawah. Pembahasan geologi daerah pemetaan yang menyangkut geomorfologi, stratigrafi dan struktur geologi berdasarkan hasil pemetaan geologi permukaan wilayah Tamilouw-Haya sebesar 10.146,31 Ha.

Geomorfologi

Satuan Perbukitan Rendah Berlereng Sangat Landai - Curam

Penamaan satuan bentangalam ini didasarkan atas aspek yang berperan dalam pembentukan satuan tersebut yang diamati baik di lapangan maupun dari hasil analisis peta topografi, yaitu aspek relief (perbukitan) serta aspek morfometri berupa aspek lereng yang sangat landai - curam dengan persentase kelereng antara 8-40 %.

Satuan ini menempati sekitar 95.87 % dari luas seluruh daerah pemetaan dengan luas sekitar 248.79 km². Penyebaran satuan ini pada wilayah perbukitan di bagian utara dan menyebar timur ke barat dengan elevasi ketinggian rata-rata antara 135 - 675 m. Pada

peta topografi satuan ini ditandai dengan garis kontur yang cenderung relatif rapat (Gambar 3). Satuan bentangalam perbukitan rendah berlereng sangat landai - curam dikontrol oleh proses geologi muda berupa pelapukan, erosi dan gerakan tanah. Tingkat pelapukan merupakan proses geomorfologi yang lebih dominan mengontrol satuan bentangalam ini dengan persentase tingkat pelapukan yang relatif tinggi dimana ketebalan soil yang cukup tebal dijumpai pada lereng-lereng bukit sebagai hasil pelapukan dari batuan Kompleks Tehoru.

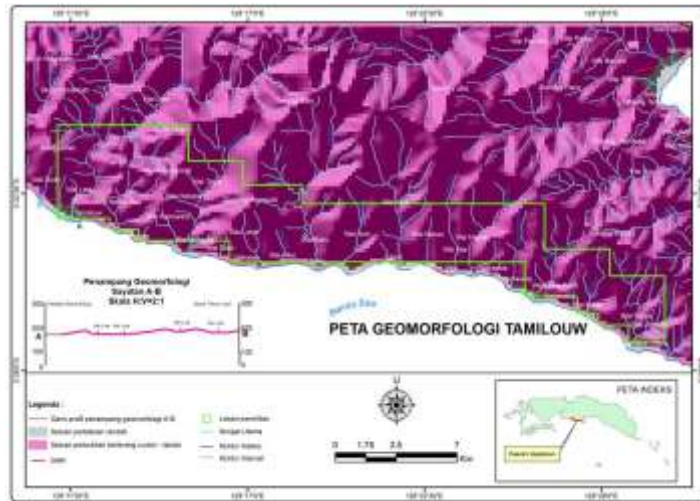
Pada satuan bentangalam ini, pengaruh erosi vertikal lebih dominan dibandingkan dengan erosi horizontal, dimana hal ini dicirikan oleh ketampakan lembah yang tumpul dan relatif landai, dijumpai bentuk erosi alur, dan bentuk puncak bukit yang membulat tumpul.

Litologi penyusun satuan geomorfologi ini, yaitu filit, batusabak, perselingan batuan metapelitik dan terumbu Koral. Satuan ini sebagian besar merupakan kawasan hutan heterogen, sebagian besar oleh penduduk setempat dimanfaatkan sebagai lahan pertanian dan perkebunan.

Satuan Dataran Rendah

Penamaan satuan ini didasarkan pada ketampakan morfologi permukaan baik di lapangan maupun dari hasil analisis peta topografi yang merupakan bentuk dataran rendah.

Satuan dataran rendah menempati sekitar 4.13 % luas daerah pemetaan dengan luas sekitar 10.71 km² dan penyebaran satuan memanjang ke bagian barat hingga ke



Sumber: Samalehu (2021).

Gambar 3. Citra satelit yang menunjukkan sebagian besar wilayah Tamilouw-Haya yang merupakan morfologi perbukitan rendah berlereng landai - curam dengan luas wilayah sebesar 10.146,31 Ha.

timur daerah pemetaan. Satuan ini meliputi daerah Tamilouw dan barat Haya dengan elevasi ketinggian 3 - 12.5 m di atas permukaan laut (mdpl). Persentase kelerengan antara 0 - 8 % dan pada peta topografi satuan ini ditandai dengan garis kontur yang relatif jarang. Proses geomorfologi yang bekerja pada satuan dataran rendah adalah pelapukan, erosi dan sedimentasi. Soil yang teramati di lapangan berwarna abu-abu, coklat hingga coklat kemerahan yang merupakan pelapukan batuan Kompleks Tehoru. Sungai-sungai mengalir ke selatan dan membawa endapan sedimentasi pada bagian hulu yang kemudian mengendapkannya pada satuan ini hingga dataran pantai Tamilouw-Haya.

Sungai-sungai utama yang berada di daerah pemetaan seperti Wai Lata, Wainama, Wai Namasula, Wai Satu, Wai Namasula dan Wai Wayaudara mempunyai bentuk aliran relatif lurus hingga melengkung dengan keterdapatan endapan sungai (*meander bar*, *channel bar*, dan *point bar*). Jenis sungainya merupakan sungai periodik dengan pola aliran denritik (meranting) serta *gradien slope* sungai secara umum relatif terjal dan beberapa sungai masih memperlihatkan singkapan batuan dasar.

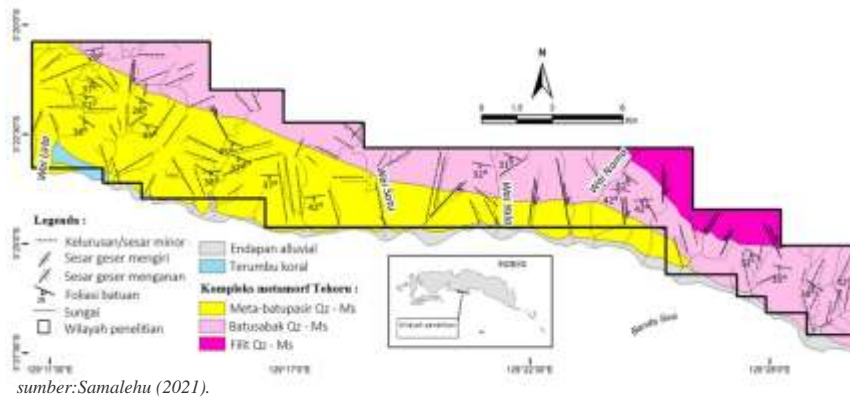
Stratigrafi

Wilayah Tamilouw-Haya tersusun oleh batuan metamorf Kompleks Tehoru yang terdiri atas batuan asal meta-batupasir kuarsa-muskovit (metapelitik), batusabak kuarsa-muskovit, serta filit kuarsa-

muskovit dengan sisipan karbon. Pada bagian selatan hingga dataran pantai batugamping koral tersebar secara setempat di Tamilouw dan Yalahatan serta dataran aluvial yang memanjang ke arah timur - barat dengan penyebaran di sekitar pantai serta endapan sungai. Secara umum perlapisan dan foliasi batuan metapelitik dan metamorf menyebar dengan strike $U72^{\circ}T - U135^{\circ}T$ dan kemiringan 25 - 48 derajat yang menunjukkan bahwa semakin ke arah hulu tingkat metamorfismenya meningkat (*prograde metamorphism*) dan litologi batumannya berumur lebih tua (Gambar 4).

Penyebaran batuan metapelitik tersebar luas di daerah pemetaan didominasi oleh perselingan meta-batupasir kuarsa-muskovit berukuran halus dengan meta-batulanau kuarsa-muskovit. Ke arah utara ketebalan meta-batupasir kuarsa-muskovit meningkat hingga mencapai 75 cm, sedangkan ketebalan meta-batulanau kuarsa-muskovit mencapai 12 - 15 cm. Tjokrosapoetro dkk. (1993) menyebutkan bahwa meta-batupasir kuarsa-muskovit di Tamilouw-Haya sebagai bagian Kompleks Tehoru yang komposisinya terdiri atas kuarsa, muskovit, lempung, oksida besi serta mengandung sulfida berupa arsenopirit dan pirit.

Batusabak kuarsa-muskovit dan filit kuarsa-muskovit menyebar di bagian utara wilayah pemetaan membentuk satuan batuan malihan tingkat rendah. Di utara Wai Lata dan Wai satu, batusabak kuarsa-muskovit membentuk struktur *crenulation* akibat adanya deformasi regional yang terbentuk di wilayah ini yang cenderung berarah utara - utara timurlaut.



sumber: Samalehu (2021).

Gambar 4. Peta geologi Tamilouw-Haya.

Aktivitas hidrotermal di wilayah Tamilouw-Haya tersebar secara setempat dan terbatas. Di wilayah Tamilouw, prospek mineralisasi sulfida tersebar pada 4 (empat) sungai utama, yaitu Wai Lata, Wai Satu, Wai Yala dan Wai Nama, sedangkan prospek Haya tersebar pada Wai Namasula dan Wai Wayaudara dengan batuan induk (*host*) batusabak kuarsa-muskovit dan batuan metasedimen yang mengalami intensitas alterasi lemah - sedang (*weak to moderate altered*).

Satuan Filit Kuarsa-Muskovit

Penamaan satuan ini didasarkan atas ciri litologi, dominasi material penyusun, serta analisis yang dilakukan secara megaskopis dan mikroskopis sehingga satuan ini dinamakan satuan filit kuarsa-muskovit. Satuan ini merupakan satuan litologi tertua dan menempati bagian timurlaut wilayah pemetaan dengan luas penyebaran sekitar 9.78 km² atau mencapai 5.94 % dari total luas daerah pemetaan. Satuan ini menempati sebagian besar Sungai Waimaiputi dan Wainamasula di wilayah Haya. Foliasi filit kuarsa - muskovit terukur terutama di sungai Waimaesatu (Gambar 5A), menunjukkan kedudukan foliasinya yang terukur 23°, U125°T serta adanya sisipan grafit dengan ketebalan <1 cm (Gambar 5B). Di wilayah ini, satuan filit kuarsa-muskovit tidak mengalami alterasi hidrotermal (cenderung *least altered*) namun proses pelapukan cenderung mengubah ciri fisik satuan ini.

Secara megaskopis di lapangan filit kuarsa-muskovit berwarna kuning abu-abu kehitaman, menunjukkan struktur filitik, berbutir halus, tersusun oleh plagioklas, kuarsa, muskovit, tekstur kristaloblastik lepidoblastik. Pengamatan petrografi menunjukkan komposisi mineral berwarna abu-abu, struktur foliasi-filitik, tekstur kristaloblastik-lepidoblastik dengan komposisi mineral terdiri atas muskovit, kuarsa, dan

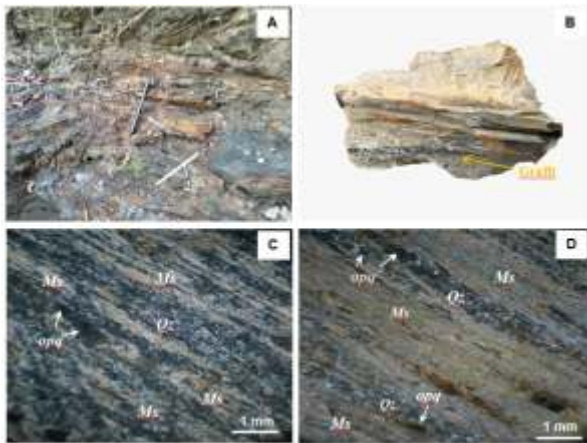
mineral opak (Gambar 5C-D). Penarikan umur relatif satuan filit kuarsa-muskovit didasarkan pada kesebandingan regional dengan melihat kesamaan ciri-ciri fisik batuan dan posisi geografis sebaran batuan secara regional yang dilakukan oleh ahli terdahulu sehingga umur satuan ini diperkirakan berumur Miosen Tengah - Pliosen (Pownall dkk., 2017). Hubungan stratigrafi antara satuan filit kuarsa-muskovit dengan satuan batusabak kuarsa-muskovit merupakan kontak keselarasan.

Satuan Batusabak Kuarsa-Muskovit

Satuan batusabak kuarsa-muskovit tersingkap pada bagian utara wilayah pemetaan dan menyebar relatif barat barat laut - timur tenggara dengan kemiringan (dip) foliasi 23 - 47 derajat. Satuan ini menempati bagian utara wilayah pemetaan dengan luas penyebaran sekitar mencapai 40,2 % dari total luas daerah pemetaan. Pada satuan ini singkapan memperlihatkan memiliki struktur metamorf *slaty cleavage* dengan *crenulation*, berwarna segar abu-abu, tekstur kristaloblastik, tersusun oleh komposisi mineral utama berupa muskovit, kuarsa, grafit dan struktur berfoliasi (Gambar 6A-B).

Urut-urut kuarsa sekunder sebagai hasil segregasi hidrotermal menyebar di satuan ini yang ditemukan pada beberapa singkapan di Wailata, Wai Namasula dan Wai Wayaudara serta dominan pada endapan *float*.

Alterasi hidrotermal yang terbentuk berasosiasi dengan kekar yang terisi mineral membentuk urat kuarsa dengan ketebalan bervariasi 0,5-2 cm (Gambar 6C). Berdasarkan pengamatan mikroskopis pada sampel sayatan Hy-wnm.07, sayatan tipis menunjukkan warna abu-abu kecoklatan, struktur foliasi, tekstur kristaloblastik-lepidoblastik, komposisi mineral umumnya disusun oleh lempung (Cly), muskovit (Ms), grafit (gr) dan oksida besi (Fe-Ox) serta urat kuarsa sekunder (Gambar 6D).



Gambar 5. A. Singkapan filit kuarsa - muskovit pada tepian sungai Wai Maeputi memperlihatkan tekstur phyllitic, berfoliasi (23° , U125°T) difoto relatif ke arah timur. B. Sampel filit kuarsa - muskovit dengan sisipan grafit. C. Fotomikrograf pada polarisasi silang (crossed polarized light) sampel filit kuarsa - muskovit yang memperlihatkan mineral kuarsa (Qz), muskovit (Ms), dan mineral opak (opq). D. Hasil fotomikrograf polarisasi silang (crossed polarized light) sampel filit yang memperlihatkan filit kuarsa - muskovit yang tersusun oleh dominasi mineral kuarsa (Qz), muskovit (Ms) dan mineral opak (opq).



Gambar 6. A. Struktur *crenulation* di Waisatu pada batubak kuarsa-muskovit difoto relatif ke arah barat. B. Sampel batubak kuarsa-muskovit, berwarna abu-abu dengan sisipan urat kuarsa dengan tebal 0,5-2 cm. C. Sampel setangan batubak kuarsa-muskovit dengan urat kuarsa sekunder yang membawa sulfida (*sulphide-bearing veins*). D. Hasil fotomikrograf polarisasi silang (*crossed polarized light*) sampel batubak kuarsa-muskovit yang memperlihatkan mineral lempung (cly), muskovit (Ms), grafit (gr) dan oksida besi (Fe-Ox) serta urat kuarsa sekunder (Qz) yang memotong foliasi (garis putih).

Umur relatif satuan batubak kuarsa-muskovit berdasarkan kesebandingan regional, yaitu berumur Miosen Tengah-Pliosen (Pownall dkk., 2017). Hubungan stratigrafi satuan ini dengan satuan metabatupasir kuarsa-muskovit dan satuan filit kuarsa-muskovit adalah kontak keselarasan.

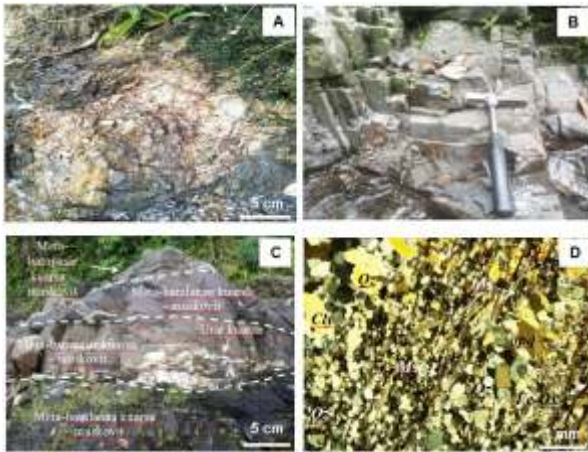
Satuan Meta-Batupasir Kuarsa-Muskovit (Metapelitik)

Satuan meta-batupasir kuarsa-muskovit merupakan litologi yang sebarannya dominan di daerah pemetaan yang mencakup sekitar 47.46 % luas wilayah. Satuan ini menyebar dari timur ke barat menempati wilayah perbukitan Tamilouw dan Haya dengan elevasi 170 – 650 m di atas permukaan laut (mdpl). Batuan metapelitik tersingkap baik di hampir semua lokasi termasuk sepanjang aliran sungai utama, yaitu Wai Lata, Wai Nama, Wai Satu, Wai Totun serta wilayah perbukitan. Di beberapa lokasi pengamatan, satuan ini telah terubah oleh adanya pengaruh larutan hidrotermal meskipun dengan tingkat alterasi yang lemah - sedang (*weak to moderate altered*). Satuan metapelitik terdiri atas perselingan meta-batupasir kuarsa-muskovit dan metabatulanau kuarsa-muskovit (Gambar 7C).

Secara megaskopis meta-batupasir kuarsa-muskovit (Gambar 7A-B) menunjukkan warna putih abu-abu kekuningan, berlapis, ukuran butir pasir halus, tekstur kristaloblastik-lepidoblastik dan terdiri atas mineral muskovit, feldspar plagioklas, kuarsa dan mineral opak.

Ciri fisik megaskopis meta-batulanau kuarsa-muskovit berwarna segar abu-abu kehitaman, ukuran butir sangat halus (*silt*), tekstur kristaloblastik-lepidoblastik, tersusun oleh muskovit, kuarsa, serisit, dan mineral opak. Di Wailata, sulfida pirit mengisi bidang foliasi metabatulanau kuarsa-muskovit dan teroksidasi. Pengamatan petrografis polarisasi silang metabatulanau kuarsa-muskovit (Gambar 7D) yang diambil dari sampel pada stasiun Tmw-Lt.18A memperlihatkan warna putih kehitaman dan pada ketampakan polarisasi bersilang berwarna hitam keabu-abuan. Tekstur di beberapa bagian sudah memperlihatkan penjajaran mineral dan *interlocking* pada mineral kuarsa, pemilahan baik (*well sorted*), kemas tertutup yang memperlihatkan serisit (ser) yang mengisi *fracture*, oksida besi (Fe-Ox), mineral opak (Opq), muskovit (Ms) dalam masa dasar kristal kuarsa (Qz).

Pengamatan petrografis polarisasi silang dari metabatupasir kuarsa-muskovit (Gambar 7D) yang diambil dari sampel pada stasiun Tmw-Wtn.05 memperlihatkan warna abu-abu kecoklatan, ukuran butir 0,01-0,15 mm (*coarse silt - fine sand*), bentuk butir menyudut tanggung - membulat tanggung. Tekstur di beberapa bagian sudah memperlihatkan penjajaran mineral serta adanya *interlocking* pada mineral kuarsa. Tampak rongga antar butir terisi oleh limonit serta butiran mineral terdiri atas kuarsa, oksida besi, muskovit serta mineral opak.



Gambar 7. A. Singkapan meta-batupasir kuarsa-muskovit yang terkekarkan serta teroksidasi B. Tampakdekat singkapan meta-batupasir kuarsa-muskovit difoto relatif ke arah baratdaya. C. Perselingan batuan metapelitik (meta-batupasir kuarsa-muskovit dan meta-batulanau kuarsa-muskovit) dengan ketebalan berkisar 8-12 cm serta sisipan urat kuarsa (V1) yang tersegmentasi. D. Fotomikrograf polarisasi silang (*crossed polarized light*) sampel meta-batupasir kuarsa-muskovit yang memperlihatkan komposisi mineral yang terdiri atas kuarsa (Qz), oksida besi (Fe-Ox), mineral opak (opq), muskovit (Ms) dalam masa dasar kristal kuarsa (Qz).

Umur relatif satuan meta kuarsa-muskovit (metapelitik) didasarkan pada kesebandingan regional dengan melihat kesamaan ciri fisik batuan dan posisi geografis dan penyebaran batuan yang dilakukan oleh ahli terdahulu serta dengan melihat kesamaan ciri litologi yang dapat teramati di lapangan maupun pada pengamatan petrografi sayatan tipis batuan maka umur satuan ini dapat disebandingkan Kompleks Tehoru yang berumur Miosen Tengah - Pliosen (Pownall dkk., 2017). Hubungan stratigrafi antara satuan batuan meta batupasir kuarsa-muskovit dengan satuan batusabak kuarsa-muskovit merupakan kontak keselarasan, sedangkan hubungan stratigrafi dengan satuan batuan yang lebih muda, yaitu satuan batugamping koral merupakan kontak ketidakselarasan (*unconformity*).

Satuan Batugamping Koral

Satuan batugamping koral merupakan satuan litologi yang menempati bagian baratdaya wilayah pemetaan dengan luas penyebaran terbatas sekitar 1,35 km² atau mencapai 0,82 % dari total luas daerah. Satuan batugamping koral teramati baik di sepanjang jalan Desa Tamilouw, Yalahatan dan Sungai Wai Lata dengan penyebaran terbatas, membentuk koloni koral dan undak pantai (*terrace structure*).

Secara megaskopis batugamping koral berwarna putih terang, keras, berongga yang diisi oleh kalsit, alga dan koloni koral (Gambar 8A-B). Pengamatan

petrografi menunjukkan sayatan tipis berwarna putih abu-abu, klastik, *mud supported*. Butiran tersusun oleh campuran fosil, pecahan batuan serta mineral opak. Butiran berukuran 0,05 - 5,5 mm dimana sebagian besar rongga porositas (inter dan intra partikel) terisi oleh sparit (Gambar 8C-D)

Umur satuan batugamping koral didasarkan kesamaan ciri-ciri litologi yang dapat teramati di lapangan maupun pada pengamatan petrografi sayatan tipis batuan serta kesebandingan regional dengan melihat kesamaan ciri-ciri fisik batuan dan posisi geografis dan penyebaran batuan yang dilakukan oleh ahli terdahulu, maka umur satuan ini adalah Kuartar (Tjokrosapoetro dkk., 1993). Hubungan stratigrafi antara satuan batugamping koral dengan satuan metapelitik dan satuan aluvial merupakan kontak ketidakselarasan (*unconformity*).

Endapan Aluvial

Endapan aluvial di Tamilouw-Haya terbentuk di daerah pantai dan berupa endapan sungai pada sungai utama seperti Wai Lata, Wai Namasula dan Wai Yala dengan sebaran pada daerah penyelidikan berkisar 5,58 % dari seluruh luas daerah pemetaan. Penyusun berupa material sedimentasi dengan variasi ukuran dari berangkal, kerakal hingga lempung, bersifat lepas dan terpilah baik (Gambar 9A-B). Berdasarkan kesebandingan regional, maka satuan ini berumur Holosen. Endapan aluvial merupakan hasil proses erosi dan sedimentasi yang terjadi dan berlangsung hingga saat ini. Hubungan stratigrafi antara endapan aluvial dengan satuan batugamping koral yang merupakan satuan di bawahnya merupakan kontak ketidakselarasan (*unconformity*).

Struktur Geologi

Perkembangan dan pola struktur geologi daerah pemetaan erat kaitannya dengan struktur geologi regional. Penentuan struktur geologi daerah pemetaan berdasarkan data primer maupun sekunder. Data tersebut dianalisis yang kemudian menghasilkan jenis dan mekanisme pola struktur geologi daerah penyelidikan yang berlandaskan pada konsep dasar geologi struktur yang telah ada.

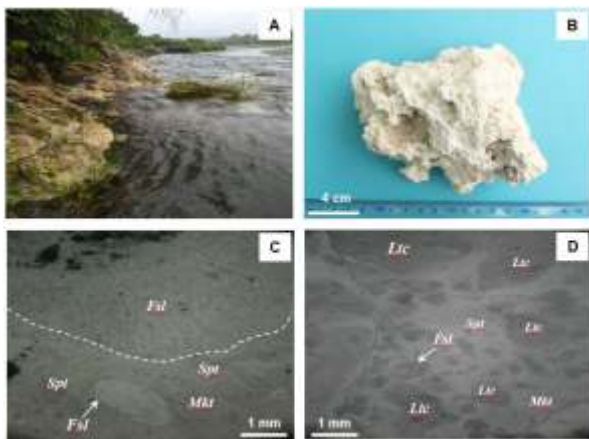
Studi struktur geologi di daerah Tamilouw-Haya dilakukan berdasarkan analisis dan interpretasi data lapangan yang dikombinasikan dengan ketampakan morfologi dan orientasi serta penyebaran liniasi berdasarkan peta DEM dan kesesuaian peta topografi. Interpretasi liniasi atau pola kelurusan di daerah Tamilouw-Haya sangat berguna dalam interpretasi sesar yang meliputi mekanisme pergerakan sesar dan jenis sesar di daerah ini.

Dari hasil analisis kelurusan/liniasi maka diperoleh arah umum yang paling dominan adalah kelurusan yang berarah selatan tenggara - utara baratlaut kemudian kelurusan/liniasi yang berarah timurlaut - baratdaya, dan beberapa pola liniasi minimum berarah utara timurlaut - selatan baratdaya, utara - selatan dan timur timurlaut - baratdaya.

Berdasarkan analisis data, peta topografi dan peta DEM, maka diperoleh pola kelurusan atau liniasi di Tamilouw-Haya sebagai berikut:

1. Pola kelurusan dengan arah relatif timurlaut - baratdaya yang membentuk sesar geser mengiri (sinistral).
2. Pola kelurusan dengan arah relatif utara baratlaut - selatan tenggara yang membentuk sesar geser manganan (dekstral)

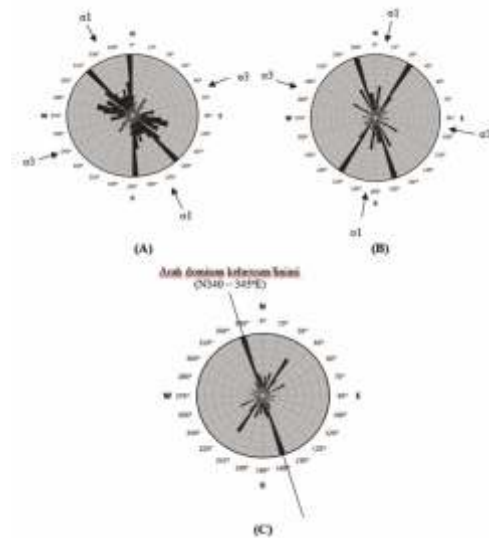
Sesar-sesar ini terbentuk oleh tektonik kompresi atau tegasan utama (*maximum principal stress*) yang cenderung berarah utara baratlaut - utara timurlaut. Selain itu, pengukuran terhadap kekar gerus (*shear joints*) di Waisaunoru (n=100) dan Wainama (n=73) menunjukkan arah tegasan utama atau (1) berarah U338°T – U08°T dan arah tegasan minimum (3) searah U68°T - U98°T (Gambar 10A-C) yang terbentuk pada masa Miosen Tengah - Pliosen.



Gambar 8. A. Singkapan batugamping koral pada tepian sungai Wai Lata di foto relatif ke arah selatan. B. Sampel setangan batugamping koral yang tersusun atas fosil, koloni koral dan berumur Kuartar. C. Hasil fotomikrograf polarisasi silang (*crossed polarized light*) sampel batugamping koral yang memperlihatkan fosil (Fsl) yang merupakan foraminifer besar, mineral opak (Opq), serta mikrit (Mkt) dan sparit (Spt). D. Fotomikrograf polarisasi silang (*crossed polarized light*) sampel batugamping koral yang memperlihatkan komponen lithic (Ltc) yang merupakan pecahan batugamping, fosil (Fsl) yang merupakan campuran ganggang dan foraminifera serta mikrit (Mkt) dan sparit (Spt).



Gambar 9. A. *Floodplain*, dataran banjir yang terdiri atas endapan aluvial berukuran kerikil - lempung di Sungai Waisatu yang mengalir hingga Pantai Tamilouw difoto relatif ke arah selatan. B. Sebaran material aluvial berukuran berangkal - kerikil di Sungai Wai Nama-Tamilouw difoto relatif ke arah utara.



Gambar 10. A. *Rose diagram* terhadap kekar gerus (*shear joints*) di Wai Yala (n=100) menunjukkan arah tegasan utama (1) berarah U338°T dan arah tegasan minimum (3) searah U68°T. B. *Rose diagram* analisis kekar gerus (*shear joints*) di Wainama (n=73). Arah tegasan utama atau (1) berarah U08°T serta arah tegasan minimum (3) searah U98°T. C. Arah dominan kelurusan/liniasi (U340 - 345°T) di wilayah Tamilouw-Haya berdasarkan analisis peta topografi dan peta DEM.

Selain itu, arah orientasi urat kuarsa/kuarsa±kalsit (tipe 2 dan tipe 3) dan urat sulfida (pirit dan arsenopirit) cenderung berarah U32°T - U35°T dan U350°T - U358°T (Gambar 11A-D). Hal ini bersesuaian dengan kriteria Cox dkk. (1986; 2001), dimana *shear fractures* atau liniasi/sesar membentuk sudut 20°-35° terhadap orientasi arah tegasan utama (1) yang cenderung berarah utara baratlaut - selatan tenggara dan utara timurlaut - selatan baratdaya.

Proses mineralisasi yang terbentuk pada batuan metamorf Kompleks Tehoru dan Taunusa pada *host* fasies sekis hijau, yaitu batuan metapelitek dan batusabak yang dikontrol oleh adanya orientasi penyebaran struktur geologi yang berarah utara baratlaut - selatan tenggara dan utara timurlaut - selatan baratdaya. Mekanisme struktur ini mengontrol pola mineralisasi pada batuan metamorf di Tamilouw-Haya.



Gambar 11. A. *Shear joints*, terisi urat arsenopirit berarah $U358^{\circ}T - U32^{\circ}T$ dengan kemiringan $68-85$ derajat yang terbentuk pada Meta-batupasir kuarsa-muskovit (TMW-WN.02) difoto relatif ke arah baratlaut. B. Urat pirit teroksidasi pada batusabak yang memotong foliasi (S1) dengan arah penyebaran dominan $U35^{\circ}T$, difoto relatif ke arah utara (HY-WNM.07). C. Urat kuarsa V2 (< 1.5 cm) dengan orientasi penyebaran $U350^{\circ}T$, kemiringan 67° serta memotong meta-foliasi batupasir kuarsa-muskovit (S1) dan difoto ke arah utara dari stasiun HY-WNM.05. D. Urat kuarsa tipe ke-2 (V2) berarah $U352^{\circ}T$ yang memotong foliasi batusabak (S1) dengan struktur *crenulation* (*assymetrical folding*, D2) di Wae satu, di foto relatif ke arah baratlaut dari stasiun TMW-WS.02.

KESIMPULAN

Tatanan geologi daerah Tampilouw-Haya terdiri atas satuan morfologi perbukitan rendah berlereng sangat landai - curam dan satuan dataran rendah. Litologinya terdiri atas satuan filit kuarsa-muskovit, satuan batusabak kuarsa-muskovit, satuan meta-batupasir kuarsa-muskovit, satuan batugamping koral dan endapan aluvial. Struktur geologi yang berkembang berupa lipatan antiklin minor dan liniasi berarah selatan tenggara - utara baratlaut dan timurlaut - baratdaya membentuk sesar geser mengiri (sinistral) dan manganan (dekstral).

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Pemerintah Daerah Provinsi Maluku dan Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang telah membantu penyelidikan ini. Tak lupa kami ucapkan terimakasih kepada Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta dalam penggunaan fasilitas untuk pengamatan Laboratorium. Selain itu, terimakasih atas dukungan Tim teknis Bidang Geologi pada Dinas ESDM Maluku yang telah membantu selama kegiatan di lapangan.

ACUAN

- Bradshaw, M.T., Yeates, A.N., Beynon, R.M., Brakel, A.T., Langford, R.P., Totterdell, J.M., and Yeung, M., 1988. Palaeogeographic Evolution of the North West Shelf Region, in Purcell, P.G. and Putcell, R.R. (Eds.). *The North West Shelf of Australia*. Proceeding of North West Shelf Symposium, Perth, 29-54, Petroleum Exploration Society of Australia.
- Cox, S.F., Etheridge, M.A., and Wall, V.J., 1986. The Role of Fluids in Syntectonic Mass Transport and the Localization of Metamorphic Vein-type Ore Deposits. *Ore Geology Review*, 2: 65-86.
- Cox, S.F., Knackstedt, M.A., and Braun, J., 2001. Principles of Structural Control on Permeability and Fluid Flow in Hydrothermal Systems. *Reviews in Economic Geology*, 14: 1-24.
- Kemp, G. and Mogg, W., 1992. A Re-appraisal of the Geology, Tectonics and Prospectivity of Seram Island, Eastern Indonesia. *Proceedings of Indonesian Petroleum Association 21st Annual Convention*, 521-552.
- Pownall, J.M., Forster, M.A., Hall, R., and Watkinson I.M., 2017. Tectonometamorphic Evolution of Seram and Ambon, Eastern Indonesia: Insights from $40Ar/39Ar$ Geochronology. *Gondwana Research*, 44: 35-53.
- Samalehu, H., 2021. Geologi, Karakteristik dan Mineralisasi Hidrotermal Batuan Metamorf Kompleks Tehoru dan Taunusa di Pulau Seram, Indonesia. Disertasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

-
- Sapiie, B. and Hadiana, M., 2014. Analogue Modeling of Oblique Convergent Strike-Slip Faulting and Application to The Seram Island, Eastern Indonesia. *Indonesian Journal of Geoscience*, 1(3): 121-134.
- Sapiie, B., Hadiana, M., Patria, M., Adyagharini, A. C., Saputra, A., Teas, P. A., and Widodo, 2012. 3D Structural Geology Analysis using Integrated Analogue Sandbox Modelling : A Case Study of the Seram Thrust-fold Belt. *Proceedings Indonesian Petroleum Association, 37th Annual Convention and Exhibition, Jakarta*.
- Tjokrosoepetro, S., Achdan, A., Suwitodirdjo, S., Rusmana, E., dan Abidin, H.Z., 1993. *Peta Geologi Lembar Masohi Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Tjokrosoepetro, S. dan Budhitrisna, T., 1982. Geology and Tectonics of the Northern Banda Arc. *Bulletin of the Indonesian Geological Research and Development Centre*, 6: 1-17.
-