



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**REKONSTRUKSI STRUKTUR GEOLOGI DAERAH SUPIORI
TIMUR – SELATAN, KABUPATEN SUPIORI, PAPUA**

**NASKAH PUBLIKASI
TUGAS AKHIR**

Fadlillah Rumanda

L2L009081

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI**

SEMARANG

SEPTEMBER 2014

REKONSTRUKSI STRUKTUR GEOLOGI DAERAH SUPIORI TIMUR – SELATAN, KABUPATEN SUPIORI, PULAU BIAK, PAPUA

Fadlillah Rumanda*, Wahyu Krisna Hidajat*, Fahrudin*, Joko Wahyudiono**
(corresponding email: fadli.rumanda@gmail.com)

*Program Studi Teknik Geologi Universitas Diponegoro, Semarang

**Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Bandung

ABSTRACT

Papua and Papua New Guinea are had geology condition are very complex involving interaction between two plates, the Australian Plate and the Pacific Plate. New Guinea formed the result of the movement of oblique convergence (convergence oblique). The products of convergence are shrinkage and formed strike-slip structures and subduction which occur in Papua on 10 Ma. Sorendiwari Strait seen horizontal and vertical fault motion that separated the Biak Island and Supiori Island that can be identified with the alignment on the satellite image.

The purpose of this study was to determine the geological conditions in the study area, the pattern of structures, the main stress that formed the geological structure and reconstruct of geological structures in the study area. The Field research methods are field observation on Supiori track. Record the characteristics of the rock on each formation, measurement of geological structures such as bedding plane, joint and fault plane. Analysis methods such as analysis of alignment manually and visually interpreted on a satellite image DSM (Digital Surface Map). Stereographic analysis of geological structures, combining field data and analysis of alignment to determine the type of structure zone with rotated stress analysis and subsidiary structures method.

Geological conditions consist of Oligocene clastic limestone Wainukendi Formation. and Miocene non-clastic limestones Wafordori Formation. Pattern geological structure on Wainukendi Formation., NE-SW normal faults, WSW-ENE strike-slip faults and NE-SW thrust fault. Wafordori Formation., NE-SW normal faults, NE-SW thrust fault. N-S trending major stress is the main primary stress, NE-SW and NW-SE sharpness trending are local stress. Reconstruction of geological structures of the study area began with N-S primary stress that formed E-W Maru reverse fault, NE-SW Soren sinisral fault and NW-SE Maruu, Yondonkir, Maryadori, Biniki dextral fault. The NE-SW trending secondary stress formed NW-SE Kepudari thrust fault, Yon reverse fault and Donkir reverse fault at south of the study area.

Keywords : Sorendiwari Strait, rotated stress analysis, wainukendi formation, wafordori formation, reconstruction of geological structures

I. PENDAHULUAN

Gambaran regional pada lembar Biak yang telah dibuat PPPG oleh Masria dkk. (1981), pada Selat Sorendiwari menunjukkan gerak sesar mendatar dan tegak sehingga Pulau Biak terlihat terpisahkan dengan Pulau Supiori. Dapat dikenali dengan kelurusan pada citra satelit pada daerah tersebut. Berdasarkan dari penelitian terdahulu (Hamilton, 1979;

Dow dkk., 1988; dalam Darman & Sidi, 2000) kondisi tektonik di Pulau Papua memberikan asumsi bahwa terdapat struktur aktif hingga masa sekarang. Umur pembentukannya yang relatif muda yaitu Miosen, menjelaskan bahwa pergerakan lempeng Pasifik terhadap lempeng Australia masih terus aktif hingga saat ini sehingga membentuk fisiografi Papua seperti

sekarang. Dari sejarah kondisi tektonik tersebut dapat diperkirakan rekonstruksi struktur geologi di daerah penelitian dihubungkan dengan sejarah tektonik yang terjadi di Pulau Papua.

II. LOKASI PENELITIAN

Secara administratif daerah penelitian berada di daerah Waryey, Masram, Sorendiwari, Kepudari, Maruru, Biniki, Marayaidori pada Kecamatan Supiori Timur dan Supiori Selatan, Kabupaten Supiori, Provinsi Papua. Posisi geografis daerah ini adalah $0^{\circ} 43' 35''$ LS – $0^{\circ} 53' 10.5''$ LS dan $135^{\circ} 45' 17.1''$ BT - $135^{\circ} 41' 30.2''$ BT.

III. GEOLOGI REGIONAL

Pulau Papua merupakan daerah yang sangat kompleks secara geologi yang melibatkan interaksi antara 2 lempeng, yaitu Lempeng Australia dan Lempeng Pasifik (Hamilton, 1979; Dow dkk., 1988; dalam Darman & Sidi 2000). Struktur tertua di Papua berasal dari pergerakan bumi pada masa Paleozoikum dan hanya terdapat sedikit data yang terekam yang dapat menjelaskan fasa tektonik pulau tersebut. Geologi Papua dipengaruhi oleh dua elemen tektonik yang saling bertumbukan dan serentak aktif pada masa Kenozoikum.

Pada kala Oligosen pengendapan di sepanjang margin utara lempeng Australia terhenti di Pulau Papua dan New Guinea (APC, 1961; Viewer & Hermes, 1962; dalam Dow dkk., 2005). Kejadian tektonik mayor pada kala Oligosen ini menyebabkan sedimen sepanjang margin utara lempeng Australia mengalami metamorfisme (Dow dkk, 1967, 1972; dalam Dow dkk., 2005). Jaques dan Robinson (1977 ; dalam Dow dkk., 2005), kejadian tektonik pada orogenesis ini pada waktu kala Oligosen Akhir hingga Miosen Awal, terjadinya kolisi Kraton Australia dan Busur Kepulauan (*Island-arc Volcanic*) yang menghasilkan pengangkatan *ophiolite* di Irian Jaya dan *Papua New Guinea* pada punggungan tengah (*central range*) yang berarah barat-timur. Kejadian kolisi tersebut menyebabkan arah tunjaman subduksi berarah selatan (McAdoo dan Haebig, 1999).

Pada Orogenesa Melanesia menghasilkan konvergen antara Lempeng Pasifik Caroline dan Lempeng Australia berarah baratdaya.

Hasil dari konvergensi ini membuat fisiografi Papua dikondisi masa sekarang. Pada bagian timur membentuk struktur *New Guinea Mobile Belt* (Dow, 1977; dalam Dow, dkk, 2005). Pada bagian barat, membentuk struktur *Lengguru Fold Belt*, *Weyland Overthrust*, *Sorong-Yapen Fault Zone*, *Membramo Thrust Belt*. *Sorong-Yapen Fault Zone* pergerakan sesar mendatar mengiri yang terbentuk pada awal Orogenesa Melanesia (Dow & Sukamto, 1977; dalam Dow, dkk., 2005). Zona sesar menyebabkan dislokasi sedimen muda pada Delta Membramo di Timur dari Pulau Yapen dan Pulau Biak, diduga zona sesar tersebut bisa diketahui panjang arah struktur hingga ke timur Pulau Papua di tandai dengan indikasi adanya Lumpur Vulkanik Aktif.

Selama Oligosen Akhir sampai Miosen Awal seluruh daerah ini mengalami penurunan. Gerak menurun ini berlangsung terus sampai Miosen Tengah, pada saat dimana mulai terjadi gerak yang berlawanan. Gerak ini disertai penyesaran. Sesar yang membentuk Selat Sorendidori misalnya, menunjukkan gerak mendatar dan tegak sehingga Pulau Biak kelihatannya seperti tertinggal oleh Pulau Supiori yang berada di seberang selat. Sesar tidak selalu harus nyata, tetap hanya dapat dikenali sebagai kelurusan pada potret udara.

IV. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian meliputi dari metode survei lapangan dan metode analisis. Metode survei lapangandengan melaksanakan pemetaan geologi permukaan (*surface mapping*) yang mencakup pengamatan keadaan geologi secara umum. Sedangkan metode analisis meliputi analisis struktur geologi berupa analisis kelurusan, analisis arah orientasi bidang perlapisan, arah orientasi sesar, dan analisis tegasan utama.

V. HIPOTESIS PENELITIAN

- a. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Biak oleh Masria, dkk., 1981., Diperkirakan litologi yang terdapat pada daerah penelitian, berupa batugamping klastik Formasi Wainukendi dan batugamping non-klastik Formasi Wafordori.
- b. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Biak oleh Masria, dkk., 1981 dan kenampakan citra DSM, pola struktur

geologi yang ada pada daerah penelitian berupa sesar naik berarah barat-timur (W-E), sesar normal berarah utara-selatan (N-S), sesar mendatar berarah timurlaut-baratdaya (NE-SW) dan berarah baratlaut-tenggara (NW-SE).

- c. Berdasarkan interpretasi pola struktur pada Peta Geologi Lembar Biak oleh Masria, dkk., 1981 dan kenampakan citra DSM, arah tegasan utama pembentuk struktur geologi pada daerah penelitian adalah utara – selatan (N-S).
- d. Berdasarkan interpretasi pola struktur pada Peta Geologi Lembar Biak oleh Masria, dkk., 1981 dan kenampakan citra DSM, rekonstruksi struktur geologi dengan tegasan utama berarah utara-selatan (N-S) menghasilkan sesar mayor pada Selat Sorendiweri sesar mengiri (*sinistral*), sehingga terekam sesar manganan (*dextral*) berarah baratlaut-tenggara (NW-SE) dan sesar naik berarah barat-timur (W-E).

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kelurusan

Kelurusan geologi adalah sebuah garis yang menunjukkan raut muka yang dikenali pada foto udara, citra atau peta topografi. Umumnya kelurusan dikenali pada skala regional, dalam penafsirannya kelurusan tersebut diamati dalam bentuk punggung bukit dan lembah. Kelurusan tersebut terbentuk dan dikontrol oleh struktur geologi berupa patahan, lipatan, kekar, intrusi ataupun kontak batuan (Pluijm dan Marshak, 2004).

Hasil diagram *rossette* arah kelurusan yang diperkirakan sebagai sesar mayor daerah penelitian dan rekapitulasi jumlah arah kelurusan dapat menjelaskan kemungkinan hubungan pola tegasan mayor dengan struktur geologi yang terbentuk pada daerah penelitian. Pada Gambar 4.1 menunjukan bahwa arah umum kelurusan pada pola kelurusan kelompok A dengan frekuensi maksimal 46,4% berarah N 120° E – N 300° E, kemudian pola kelurusan kelompok C dengan frekuensi 15,4% yang berarah N 150° E – N 330° E. Pada kelurusan kelompok A dan C secara umum berorientasi NW-SE, kelurusan ini memiliki arah yang cenderung sama dengan sesar normal yang ada pada daerah penelitian Masria dkk., (1981), pola kelurusan A dan C tersebut diinterpretasikan sebagai sesar

normal. Pada pola kelurusan kelompok E dengan frekuensi 9,1% berarah N 025° E – N 205° E, kelurusan ini memiliki arah yang cenderung sama dengan sesar mendatar tegak yang ada pada daerah penelitian yang berarah relatif NE-SW oleh Masria dkk., (1981). Sedangkan pola kelurusan kelompok B dengan frekuensi 16,9% berarah N 85° E – N 265° E dan Pada pola kelurusan kelompok D dengan frekuensi 11,9% berarah N 170° E – N 350° E tidak dapat diidentifikasi jenis sesarnya.

Hasil diagram *rossette* arah umum yang diperkirakan sebagai sesar mayor daerah penelitian dan rekapitulasi jumlah arah kelurusan (Tabel 4.2) dapat menjelaskan kemungkinan hubungan pola tegasan mayor dengan struktur geologi yang terbentuk pada daerah penelitian. Pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa arah umum kelurusan pada pola kelurusan kelompok A dengan frekuensi maksimal 39,3,4% berarah N 140° E – N 320° E. Pada kelurusan kelompok A secara umum berorientasi NW-SE, kelurusan ini memiliki arah yang cenderung sama dengan sesar normal yang ada pada daerah penelitian Masria dkk., (1981) pola kelurusan tersebut diinterpretasikan sebagai sesar normal. Kelompok D dengan frekuensi 4% berarah N 045° E – N 225° E, kelurusan ini memiliki arah yang cenderung sama dengan sesar mendatar tegak yang ada pada daerah penelitian yang berarah relatif NE-SW oleh Masria dkk., (1981). Sedangkan pada pola kelurusan kelompok C dengan frekuensi 22,2% yang berarah N 005° E – N 185° E dan pola kelurusan kelompok B dengan frekuensi 25,2% berarah N 090° E – N 270° E tidak dapat diidentifikasi jenis sesarnya.

4.1 Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Kondisi geologi daerah penelitian berupa satuan batuan beserta struktur geologi pada stasiun pengamatan. Data dikelompokkan sesuai nama formasi dari geologi regional sumber PPPG, Masria, M dkk., (1981) yaitu Formasi Wainukendi dan Formasi Wafordori. Pemerian data penelitian sebagai berikut ;

4.1.1 Formasi Wainukendi

Satuan litologi yang tersingkap pada formasi ini secara umum digolongkan menjadi batugamping klastik yang terdiri satuan *wackstone* dan *packstone* dengan ciri antara lain :

Wackstone, berwarna merah kecoklatan, abu-abu gelap, berukuran butir

halus - kasar, mud-supported, terdapat foraminifera.

Packstone umumnya memiliki warna coklat cerah, berukuran butir kasar-sangat kasar, berkomposisi mikrofossil, beberapa menunjukkan adanya *re-placement sparry calcite*.

Umur dari unit satuan batugamping formasi ini ditentukan berdasarkan foraminifera besar yaitu berkisar Oligosen, kemudian dilakukan kesebandingan stratigrafi dengan peta geologi regional lembar Biak, termasuk ke dalam Formasi Wainukendi. Pada lokasi ini struktur geologi yang berkembang adalah sesar normal dan sesar mendatar. Struktur geologi didominasi oleh sesar normal dengan orientasi NE-SW dan sesar mendatar dengan arah orientasi ENE-WSW

4.1.2 Formasi Wafordori

Satuan litologi yang tersingkap pada formasi ini secara umum digolongkan menjadi satuan batugamping non-klastik yang terdiri dari satuan batugamping *boundstone* dan batulempung karbonatan dengan ciri berikut.

Batugamping *boundstone*, memiliki warna putih keabuan, *build up*, ukuran butir pasir kasar, ukuran fosil rata-rata > 2 mm, tersusun atas fosil *planar koral*, *domal coral*. Di beberapa tempat batuan telah terkristalisasi terutama pada fosil koral.

Batulempung karbonatan memiliki warna abu-abu, *well sorted*, *well rounded*, porositas dan permeabilitas sedang-buruk, dan terlihat kenampakan fosil foraminifera.

Umur dari unit satuan batugamping formasi ini ditentukan berdasarkan foraminifera besar, yaitu berkisar Miosen dilakukan kesebandingan stratigrafi dengan peta geologi regional lembar Biak, termasuk ke dalam Formasi Wafordori.

Pada lokasi ini struktur geologi yang berkembang adalah sesar naik dan sesar normal. Struktur geologi didominasi oleh sesar normal dengan orientasi SE-NW. Sesar naik dengan arah orientasi SW-NE.

4.2 Analisis Struktur Geologi

4.2.1 Analisis Bidang Perlapisan

Analisis jejaring stereonet yang telah dilakukan meliputi arah kedudukan bidang perlapisan yang diukur di lapangan. Data bidang perlapisan dikelompokkan berdasarkan formasi batuan dengan hasil analisis sebagai berikut;

a. Formasi Wainukendi

Hasil pengukuran bidang perlapisan pada Formasi Wainukendi yang berumur Oligosen. Penentuan tegasan utama pembentuk lipatan tersebut dilihat dari arah sumbu lipatan yang berarah relatif E-W, berdasarkan model *simple shear* (Harding dkk., 1973) untuk mendapatkan arah tegasan utama diambil 90° dari sumbu lipatan. Maka didapatkan arah tegasan utama yang berarah N-S.

4.2.2 Analisis Orientasi Sesar

Arah orientasi sesar ini berdasarkan kedudukan bidang sesar ditemukan di lapangan yang dikelompokkan berdasarkan Formasi Wainukendi dan Formasi Wafordori. Analisis ini menggunakan metode jejaring stereonet dan diagram mawar (*rossete*) untuk melihat arah umum dari sesar. Dengan hasil analisis berikut ;

a. Formasi Wainukendi

Hasil analisis didapatkan pada Formasi Wainukendi dengan arah orientasi umum sesar normal berarah NE-SW dan sesar mendatar berarah W - E. Arah orientasi sesar ini dapat diinterpretasikan dengan menggunakan model *simple shear* Harding dkk. (1973), untuk mendapatkan arah tegasan utama.

Orientasi sesar normal pada Formasi Wainukendi setelah dianalisis pada stereonet terdapat beberapa arah yang berbeda, secara keseluruhan memusat pada kisaran arah NE-SW. Sesar normal yang berarah NE-SW dengan menggunakan model *simple shear* (Harding dkk., 1973). Arah tegasan utama pembentuk sesar normal tersebut adalah NE-SW pada arah 33° , $N031^{\circ}E$, yang searah terhadap struktur sesar normal (*normal fault*).

Sesar mendatar berdasarkan data yang diplotkan pada stereonet terdapat beberapa arah yang berbeda tetapi memusat pada arah E-W. Sesar mendatar yang berarah W-E berdasarkan model *simple shear* didapatkan arah tegasan utama yaitu NE-SW pada arah 11° , $N251^{\circ}E$, diambil 30° - 35° dari arah sesar mendatar berdasarkan model *simple shear* (Harding dkk., 1973).

b. Formasi Wafordori

Hasil analisis didapatkan pada Formasi Wafordori mempunyai arah orientasi umum sesar normal berarah NE-SW dan arah orientasi umum sesar naik berarah NE-SW.

Orientasi sesar normal pada Formasi Wafordori setelah diplotkan pada stereonet ada beberapa arah yang berbeda, secara keseluruhan memusat pada kisaran arah NE-SW. Sesar normal yang berarah NE-SW dengan menggunakan model *simple shear* (Harding dkk., 1973). Arah tegasan utama pembentuk sesar normal tersebut adalah NE-SW pada arah 70° , $N229^{\circ}E$, yang searah terhadap struktur sesar normal (*normal fault*).

Arah orientasi sesar naik (*reverse fault*) pada Formasi Wafordori, berdasarkan data yang diplotkan pada stereonet terdapat arah ENE- WSW. berdasarkan model *simple shear* didapatkan arah tegasan utama yaitu NW-SE pada arah 18° , $N159^{\circ}E$, yang diambil 90° dari struktur sesar naik berdasarkan model *simple shear* (Harding dkk., 1973).

4.2.3 Analisis Stereografis Kelurusan

Kelurusan pada daerah penelitian ditafsirkan menjadi sebuah zona struktur geologi. Kelurusan tersebut melewati stasiun lapangan untuk mendukung dalam pentafsiran dengan menggunakan metode tegasan terputar dan pembentukan struktur penyerta (Suryono, 1986).

a. Kelurusan Kepudari

Kelurusan ini berarah $N330^{\circ}E - N150^{\circ}E$, dilakukan analisis stereonet dengan data sesar normal $N241^{\circ}E/78^{\circ}$, $N051^{\circ}E/70^{\circ}$, $N055^{\circ}E/78^{\circ}$, $N045^{\circ}E/79^{\circ}$ menghasilkan sesar naik (*reverse fault*) dengan bidang sesar $N330^{\circ}E/18^{\circ}$ berdasarkan klasifikasi Anderson (1951), dengan nilai tegasan $\sigma_1 = 29^{\circ}$, $N158^{\circ}E$, tegasan $\sigma_2 = 20^{\circ}$, $N056^{\circ}E$, tegasan $\sigma_3 = 55^{\circ}$, $N295^{\circ}E$.

b. Kelurusan Soren

Kelurusan ini berarah $N049^{\circ}E - N229^{\circ}E$, dilakukan analisis stereonet dengan data sesar normal $N025^{\circ}E/76^{\circ}$ dan $N045^{\circ}E/73^{\circ}$ menghasilkan sesar mendatar dengan bidang $N049^{\circ}E/72^{\circ}$ berdasarkan klasifikasi Anderson (1951), dengan nilai tegasan $\sigma_1 = 13^{\circ}$, $N021^{\circ}E$, tegasan $\sigma_2 = 73^{\circ}$, $N153^{\circ}E$, tegasan $\sigma_3 = 13^{\circ}$, $N288^{\circ}E$. Nilai *rake/pitch* sebesar 5° dan orientasi σ_1 terhadap bidang sesar diklasifikasi sesar mengiri (*sinistral*).

c. Kelurusan Maruru

Pada kelurusan ini berarah $N162^{\circ}E - N342^{\circ}E$, dilakukan analisis stereonet dengan data kekar (*shear joint*) $N234^{\circ}E/76^{\circ}$, $N235^{\circ}E/67^{\circ}$, $N205^{\circ}E/75^{\circ}$, $N125^{\circ}E/45^{\circ}$, $N122^{\circ}E/45^{\circ}$, $N122^{\circ}E/30^{\circ}$, $N210^{\circ}E/67^{\circ}$,

$N125^{\circ}E/45^{\circ}$, $N110^{\circ}E/45^{\circ}$, $N115^{\circ}E/49^{\circ}$,
 $N235^{\circ}E/78^{\circ}$, $N208^{\circ}E/78^{\circ}$, $N125^{\circ}E/47^{\circ}$,
 $N215^{\circ}E/75^{\circ}$, $N115^{\circ}E/52^{\circ}$, $N235^{\circ}E/65^{\circ}$,
 $N115^{\circ}E/62^{\circ}$, $N216^{\circ}E/73^{\circ}$, $N270^{\circ}E/55^{\circ}$

menghasilkan sesar mendatar dengan bidang $N162^{\circ}E/53^{\circ}$ berdasarkan klasifikasi Anderson (1951), dengan nilai tegasan $\sigma_1 = 35^{\circ}$, $N354^{\circ}E$, tegasan $\sigma_2 = 43^{\circ}$, $N225^{\circ}E$, tegasan $\sigma_3 = 28^{\circ}$, $N105^{\circ}E$. Dengan pergeseran bidang *rake/pitch* sebesar 19° dan orientasi σ_1 terhadap bidang sesar diklasifikasi sesar mengangan (*dextral*).

d. Kelurusan Maru

Pada kelurusan ini berarah $N99^{\circ}E - N279^{\circ}E$, dilakukan analisis stereonet dengan data kekar (*shear joint*) $N127^{\circ}E/69^{\circ}$, $N150^{\circ}E/58^{\circ}$, $N085^{\circ}E/40^{\circ}$, $N174^{\circ}E/70^{\circ}$, $N169^{\circ}E/72^{\circ}$, $N183^{\circ}E/55^{\circ}$, $N055^{\circ}E/45^{\circ}$, $N120^{\circ}E/40^{\circ}$, $N040^{\circ}E/46^{\circ}$, $N115^{\circ}E/35^{\circ}$, $N043^{\circ}E/44^{\circ}$, $N148^{\circ}E/63^{\circ}$, menghasilkan sesar naik (*thrust fault*) dengan bidang $N99^{\circ}E/34^{\circ}$ berdasarkan klasifikasi Anderson (1951), dengan nilai tegasan $\sigma_1 = 28^{\circ}$, $N294^{\circ}E$, tegasan $\sigma_2 = 35^{\circ}$, $N184^{\circ}E$, tegasan $\sigma_3 = 43^{\circ}$, $N054^{\circ}E$.

e. Kelurusan Yondonkir

Pada kelurusan ini berarah $N162^{\circ}E - N342^{\circ}E$, dilakukan analisis stereonet dengan data sesar normal $N321^{\circ}E/71^{\circ}$, $N105^{\circ}E/65^{\circ}$, $N058^{\circ}E/61^{\circ}$ menghasilkan sesar mendatar dengan bidang $N316^{\circ}E/73^{\circ}$ berdasarkan klasifikasi Anderson (1951), dengan nilai tegasan $\sigma_1 = 30^{\circ}$, $N256^{\circ}E$, tegasan $\sigma_2 = 56^{\circ}$, $N112^{\circ}E$, tegasan $\sigma_3 = 17^{\circ}$, $N356^{\circ}E$. Dengan pergeseran bidang *rake/pitch* sebesar 31° dan orientasi σ_1 terhadap bidang sesar diklasifikasi sesar mengangan (*dextral*).

f. Kelurusan Yon

Pada kelurusan ini berarah $N126^{\circ}E - N306^{\circ}E$, dilakukan analisis stereonet dengan data kekar (*shear joint*) $N258^{\circ}E/63^{\circ}$, $N250^{\circ}E/70^{\circ}$, $N304^{\circ}E/64^{\circ}$, $N200^{\circ}E/40^{\circ}$, $N247^{\circ}E/75^{\circ}$, $N267^{\circ}E/69^{\circ}$ menghasilkan sesar naik (*reverse fault*) dengan bidang $N126^{\circ}E/47^{\circ}$ berdasarkan klasifikasi Anderson (1951), dengan nilai tegasan $\sigma_1 = 03^{\circ}$, $N171^{\circ}E$, tegasan $\sigma_2 = 37^{\circ}$, $N263^{\circ}E$, tegasan $\sigma_3 = 53^{\circ}$, $N078^{\circ}E$.

g. Kelurusan Donkir

Pada kelurusan ini berarah $N116^{\circ}E - N296^{\circ}E$, dilakukan analisis stereonet dengan data kekar (*shear joint*) $N281^{\circ}E/45^{\circ}$, $N300^{\circ}E/60^{\circ}$, $N315^{\circ}E/50^{\circ}$, $N310^{\circ}E/65^{\circ}$, $N316^{\circ}E/86^{\circ}$, $N284^{\circ}E/49^{\circ}$ menghasilkan sesar naik (*reverse fault*) dengan bidang $N296^{\circ}E/56^{\circ}$ berdasarkan klasifikasi Anderson (1951),

dengan nilai tegasan $\sigma_1 = 12^\circ$, N066°E, tegasan $\sigma_2 = 38^\circ$, N327°E, tegasan $\sigma_3 = 51^\circ$, N170°E.

h. Kelurusan Biniki

Pada kelurusan ini berarah N088°E – N268°E, dilakukan analisis stereonet dengan data sesar mendatar N286°E/75°, N264°E/73°, N260°E/85°, N245°E/84° menghasilkan sesar mendatar dengan bidang N268°E/77° berdasarkan klasifikasi Anderson (1951), dengan nilai tegasan $\sigma_1 = 03^\circ$, N300°E, tegasan $\sigma_2 = 74^\circ$, N039°E, tegasan $\sigma_3 = 17^\circ$, N210°E. Nilai *rake/pitch* sebesar 10° dan orientasi σ_1 terhadap bidang sesar diklasifikasi sesar mengangan (*dextral*).

i. Kelurusan Maryadori

Pada kelurusan ini berarah N146°E – N326°E, dilakukan analisis stereonet dengan data kekar (*shear joint*) N290°E/67°, N215°E/33°, N215°E/26°, N265°E/64°, N200°E/62°, N230°E/40°, N340°E/88°, N100°E/80°, N095°E/88°, N355°E/89°, N130°E/88°, N215°E/87°, N180°E/88°, N240°E/88°, N085°E/88°, N190°E/88°, N35°E/88°, N280°E/88° menghasilkan sesar mendatar dengan bidang N268°E/84° berdasarkan klasifikasi Anderson (1951), dengan nilai tegasan $\sigma_1 = 02^\circ$, N296°E, tegasan $\sigma_2 = 84^\circ$, N194°E, tegasan $\sigma_3 = 07^\circ$, N027°E. Dengan pergeseran bidang *rake/pitch* sebesar 4° dan orientasi σ_1 terhadap bidang sesar diklasifikasi sesar mengangan (*dextral*).

4.2.4 Analisis Tegasan Utama

Analisis arah tegasan utama dengan menggunakan metode stereografis dengan konsep tegasan terputar (Suryono, 1986). Dengan konsep ini diharapkan mendapatkan tegasan utama yang primer pada daerah penelitian. Arah Tegasan utama yang diperoleh berdasarkan hasil analisis sesar pada kelurusan daerah penelitian dengan menggunakan konsep tegasan terputar (Suryono, 1986), kemudian arah tegasan utama tersebut diplotkan pada stereonet sehingga didapatkan hasil sebagai berikut ;

Kesimpulan dari analisis struktur geologi digambarkan pada tabel 4.8. Tegasan utama pada Formasi Wainukendi dari analisis bidang perlapisan (S0) berarah N–S, sesar normal dan mendatar berarah NE-SW. Tegasan utama yang ada pada Formasi Wafordori dengan sesar normal berarah NE-SW, sesar naik dengan arah NW-SE. Pada Tegasan utama terputar (σ_1) didapatkan pada Formasi

Wainukendi mempunyai 2 arah yaitu berarah N-S dan berarah NE-SW.

Hasil analisis struktur geologi terdapat adanya perbedaan arah tegasan pada daerah penelitian, perbedaan arah tegasan tersebut dihubungkan dengan kejadian tektonik regional Pulau Papua sehingga dapat diinterpretasikan perbedaan arah tegasan yang bekerja terhadap urutan kejadian pembentukannya dengan konsep pemodelan struktur geologi. Berikut pembahasan analisis struktur geologi dan tegasan yang bekerja ;

- Tegasan berarah N-S terekam pada Formasi Wainukendi dari data bidang perlapisan dan analisis tegasan utama terputar. Pada tegasan berarah N-S disimpulkan sebagai tegasan primer pada daerah penelitian. Bidang perlapisan akan mengalami perubahan bentuk ataupun posisi (deformasi) bila terkena tegasan, sehingga ini menjadi indikasi awal dengan analisis bidang perlapisan yang mempunyai tegasan berarah N-S. Pada analisis tegasan utama terputar didapatkan arah tegasan lain yaitu berarah NE-SW, tegasan didapat dari analisis orientasi sesar pada lokasi stasiun lapangan dengan sebuah kelurusan yang diasumsikan sebagai zona struktur mayor. Diinterpretasikan pada tegasan berarah NE-SW tersebut bekerja pada umur lebih muda pada event tektonik orogenesis melanesia, sehingga terekam pada Formasi Wainukendi.
- Tegasan berarah NE-SW terekam pada Formasi Wainukendi berupa sesar normal, sesar mendatar dan Formasi Wafordori berupa sesar normal. Pada tegasan berarah NE-SW disimpulkan sebagai tegasan lokal pada daerah penelitian. Tegasan lokal diartikan sebagai tegasan yang membentuk struktur geologi pada skala stasiun lapangan di daerah penelitian.
- Tegasan berarah NW-SE terekam pada Formasi Wainukendi berupa sesar naik. Pada tegasan berarah NE-SW disimpulkan sebagai tegasan lokal pada daerah penelitian. Tegasan lokal diartikan sebagai tegasan yang membentuk struktur geologi pada skala stasiun lapangan di daerah penelitian.

Diinterpretasikan tegasan yang ada pada daerah penelitian dipengaruhi oleh kejadian tektonik regional Pulau Papua pada saat

kejadian Orogenesa Oligosen yaitu pada saat proses konvergensi yang bersifat kolisi antara Busur Kepulauan (*island-arc*) dan Lempeng Benua Australia pada kala Oligosen dengan arah tunjaman subduksi kerarah selatan (McAdoo dan Haebig, 1999).

Tegasan pada daerah penelitian berarah N-S sebagai tegasan primer, adanya hasil tegasan yang berarah NE-SW dan NW-SE sebagai tegasan lokal. Tegasan lokal dibentuk dari tegasan primer dengan perpindahan arah tegasan utama. Pada daerah penelitian terbentuk orientasi sesar skala mesoskopis yang terbentuk dari tegasan lokal tersebut. Penggambaran hubungan tegasan utama dengan tegasan lokal.

Tegasan primer dengan arah N-S menghasilkan struktur sesar mendatar sebagai sesar mendatar orde 1 berupa sesar mengiri Soren, sesar manganan orde 1 Maruru, Yondonkir, Maryadori, Biniki dan sesar naik orde 1 pada sesar Maru. Kemudian sesar mendatar tersebut memberikan pengaruh untuk membentuk struktur baru dengan orientasi yang berbeda sesuai dengan arah orientasi sesar mendatar tersebut sebagai arah tegasan lokal yang membentuk struktur geologi sebagai orde 2 pada daerah berarah NW-SE dan NE-SW.

4.3 Rekonstruksi Struktur Geologi

Data geologi yang diperoleh di lapangan beserta analisisnya akan membantu menginterpretasi sejarah beserta struktur geologi dalam suatu kerangka ruang dan waktu. Penentuan sejarah geologi daerah penelitian ini juga mengacu pada sejarah geologi regional yang dikemukakan peneliti terdahulu.

Aktivitas tektonik secara regional berupa tumbukan (*collision*) antara busur kepulauan vulkanik (*island-arc volcanic*) dengan kontinen Australia yang disebut Orogenesa Oligosen pada umur Oligosen hingga Miosen Awal (Jaques dan Robinson, 1977; dalam Dow, dkk., 2005). Pulau Biak dan Supiori kegiatan gunungapi selama Eosen dan Oligosen kemudian menghasilkan bahan yang diendapkan pada permukaan hasil pengikisan tersebut. Setidaknya ada bagian daerah ini yang mengalami pelelukan, sehingga diberbagai tempat tertentu menimbulkan keadaan yang menguntungkan bagi pengendapan batuan karbonat, misalnya di bagian selatan Pulau Supiori dan di bagian utara Pulau Biak. Selama Oligosen Akhir

sampai Miosen Awal seluruh daerah ini mengalami penurunan. Gerak menurun ini berlangsung terus sampai Miosen Tengah, pada saat dimana mulai terjadi gerak yang berlawanan. Gerak ini disertai sesar yang membentuk Selat Sorendidori, menunjukkan gerak mendatar dan tegak (Masria dkk., 1981). Sejarah geologi daerah penelitian dimulai pada umur Oligosen, diendapkan satuan batugamping klastik pada Formasi Wainukendi. Kemudian pada umur Miosen terjadi pengendapan satuan batugamping non-klastik pada Formasi Wafordori. Struktur geologi pada daerah penelitian terdapat sesar naik (*thrust dan reverse fault*), sesar geser mengiri (*sinistral*) dan sesar geser manganan (*dextral*).

Penentuan urutan kejadian struktur geologi tersebut berdasar analisis struktur geologi beserta kenampakkan pada citra. Tegasan utama primer pada daerah penelitian mempunyai 2 arah yaitu berarah N-S dan NE-SW didapatkan dari bidang perlapisan dan analisis tegasan utama terputar pada struktur geologi mayor yang terekam pada Formasi Wainukendi.

Pada kejadian dengan tegasan utama N-S pada Lampiran 5(a), menghasilkan sesar naik Maru (*reverse fault*) terbentuk pada arah orientasi relatif barat-timur yang terletak disebelah selatan daerah penelitian, sesar geser mengiri Soren pada utara daerah penelitian berarah timurlaut-baratdaya menerus sepanjang Selat Sorendidori dan sesar geser manganan Maruru, Yondonkir, Maryadori, Biniki yang terbentuk pada selatan daerah penelitian berarah relatif baratlaut-tenggara.

Pada kejadian dengan tegasan utama NE-SW pada Lampiran 5(b), menghasilkan sesar naik keputari (*thrust fault*), sesar naik Yon (*reverse fault*) dan sesar naik Donkir (*reverse fault*) terbentuk pada arah orientasi relatif baratlaut-tenggara yang terletak disebelah selatan daerah penelitian.

Diinterpretasikan pada tegasan berarah NE-SW tersebut bekerja pada umur lebih muda pada event tektonik orogenesis melanesia, sehingga tegasan utama dengan arah N-S mengalami perubahan arah searah jarumjam (*clockwise*) menjadi NE-SW terekam pada Formasi Wainukendi.

Pada kenampakkan citra sesar manganan tersebut memotong sesar naik dan sesar mengiri sebelumnya yang telah terbentuk, sehingga morfologi permukaan tampak

bergerak ke arah tenggara atau ke arah Selat Sorendiwari pada bagian selatan daerah penelitian.

VII. KESIMPULAN

5.1.1 Kondisi geologi pada daerah penelitian dibagi menjadi 2 satuan batuan berupa ;

- a. Satuan batugamping klastik Formasi Wainukendiberumur Oligosen yang terdiri batugamping *wackestone* dan *packstone*.
- b. Satuan batugamping non-klastik Formasi Wafordori berumur Miosen yang terdiri batugamping *boundstone* dan batulempung karbonatan.

5.1.2 Pola struktur geologi

- a. Formasi Wainukendi, dari hasil analisis didapatkan pada arah orientasi umum sesar normal berarah NE-SW dan sesar mendatar berarah WSW-ENE.
- b. Formasi Wafordori, dari hasil analisis didapatkan pada arah orientasi umum sesar normal berarah NE-SW dan sesar naik berarah NE-SW.

5.1.3 Tegasan utama struktur geologi

- a. Tegasan berarah N-S terekam pada Formasi Wainukendi dari data bidang perlapisan dan analisis tegasan utama terputar disimpulkan sebagai tegasan primer pada daerah penelitian. Pada analisis tegasan utama terputar didapatkan arah tegasan lain yaitu NE-SW. Diinterpretasikan pada tegasan berarah NE-SW tersebut bekerja pada umur lebih muda pada event tektonik orogenesis melanesia, sehingga terekam pada Formasi Wainukendi.
- b. Tegasan berarah NE-SW terekam pada Formasi Wainukendi berupa sesar normal, sesar mendatar dan Formasi Wafordori berupa sesar normal. Pada tegasan berarah NE-SW disimpulkan sebagai tegasan lokal pada daerah penelitian. Tegasan lokal diartikan sebagai tegasan yang membentuk struktur geologi pada skala stasiun lapangan di daerah penelitian.
- c. Tegasan berarah NW-SE terekam pada Formasi Wainukendi berupa sesar naik. Pada tegasan berarah NE-

SW disimpulkan sebagai tegasan lokal pada daerah penelitian. Tegasan lokal diartikan sebagai tegasan yang membentuk struktur geologi pada skala stasiun lapangan di daerah penelitian.

5.1.4 Rekonstruksi struktur geologi

Sejarah geologi daerah penelitian dimulai pada umur Oligosen, diendapkan satuan batugamping klastik pada Formasi Wainukendi. Kemudian pada umur Miosen terjadi pengendapan satuan batugamping non-klastik pada Formasi Wafordori. Struktur geologi pada daerah penelitian terdapat sesar naik (*thrust dan reverse fault*), sesar geser mengiri (*sinistral*) dan sesar geser manganan (*dextral*).

Penentuan urutan kejadian struktur geologi tersebut berdasar analisis struktur geologi beserta kenampakan pada citra. Tegasan utama primer pada daerah penelitian mempunyai 2 arah yaitu berarah N-S dan NE-SW didapatkan dari bidang perlapisan dan analisis tegasan utama terputar pada struktur geologi mayor yang terekam pada Formasi Wainukendi.

Pada kejadian dengan tegasan utama N-S, menghasilkan sesar naik Maru (*reverse fault*) terbentuk pada arah orientasi relatif barat-timur yang terletak disebelah selatan daerah penelitian, sesar geser mengiri Soren pada utara daerah penelitian berarah timurlaut-baratdaya menerus sepanjang Selat Sorendiwari dan sesar geser manganan Maruru, Yondonkir, Maryadori, Biniki yang terbentuk pada selatan daerah penelitian berarah relatif baratlaut-tenggara.

Pada kejadian dengan tegasan utama NE-SW, menghasilkan sesar naik keputari (*thrust fault*), sesar naik Yon (*reverse fault*) dan sesar naik Donkir (*reverse fault*) terbentuk pada arah orientasi relatif baratlaut-tenggara yang terletak disebelah selatan daerah penelitian.

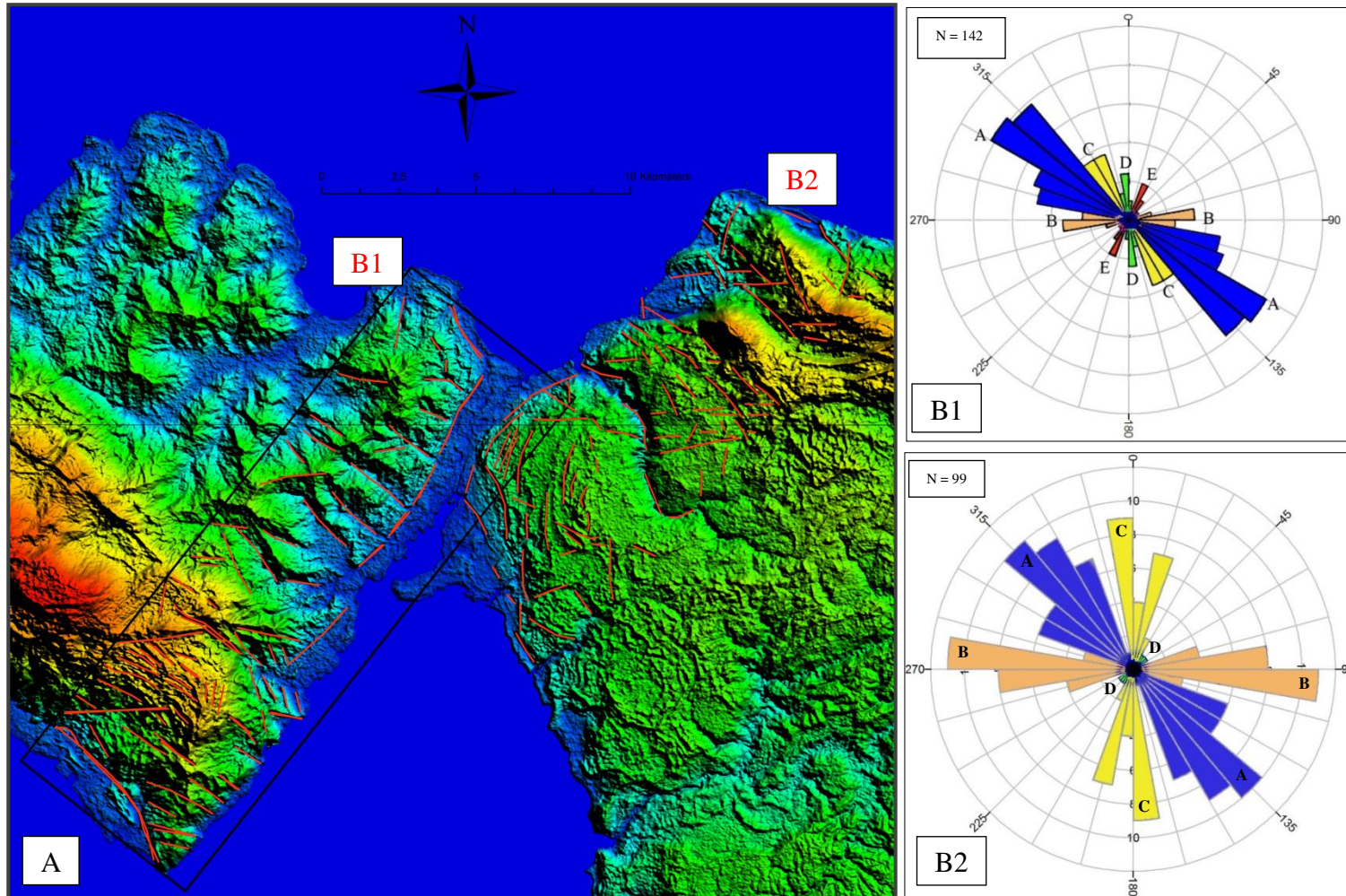
Diinterpretasikan pada tegasan berarah NE-SW tersebut bekerja pada umur lebih muda pada event tektonik orogenesis melanesia, sehingga tegasan utama dengan arah N-S mengalami perubahan arah searah jarumjam (*clockwise*) menjadi NE-SW terekam pada Formasi Wainukendi.

Pada kenampakan citra sesar manganan tersebut memotong sesar naik dan sesar mengiri sebelumnya yang telah terbentuk, sehingga morfologi permukaan

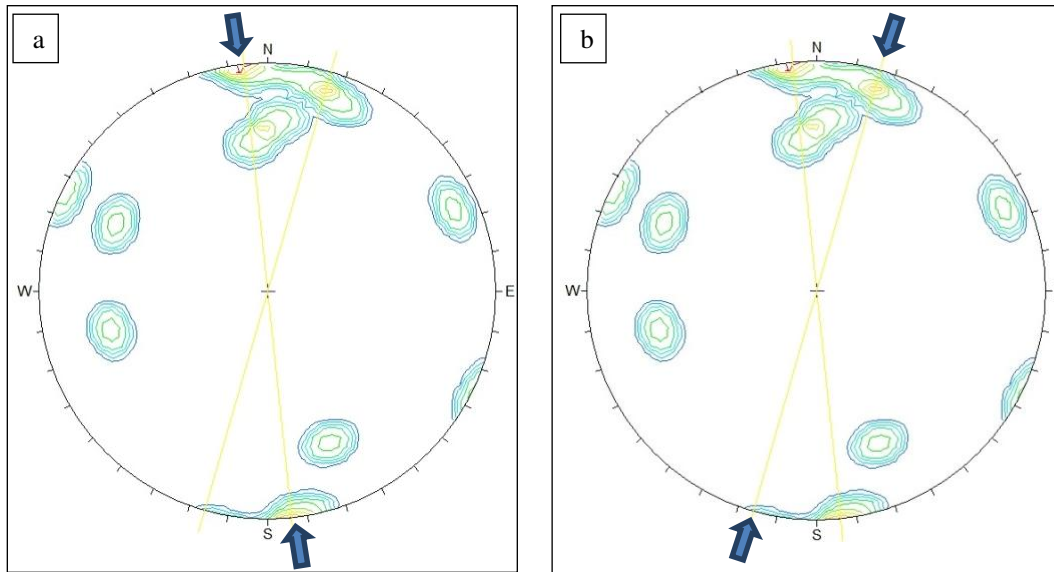
tampak bergerak ke arah tenggara atau ke arah Selat Sorendiweri pada bagian selatan daerah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, E.M, 1951. *The Dynamics of Faulting*. Edinburgh: Oliver & Bo.
- Bemmelen, V.R.W. 1949. *The Geology of Indonesia, Vol. IA: General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*, The Hague.
- Charlton, T.R. 2000. *Tertiary evolution of the Eastern Indonesia Collision Complex. Jurnal of Asia Earth Sciences 18, p603-631.*
- Darman, H., dan Sidi, F.Hasan. 2000. *An Outline of The Geology of Indonesia*. Ikatan Ahli Geologi Indonesia. Jakarta, hal 169 – 172.
- Dow, D.B., Robinson, G.P., Hartono, U., & Ratman, N. 2005. *Geology of Irian Jaya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Dunham, R. J. 1962. *Classification Of Carbonate Rocks According To Their Depositional Texture. Classification of Carbonate Rocks symposium: Tulsa, OK, American Association of Petroleum Geologists Memoir 1, p. 108-121.*
- Davis, G.H. & Reynolds, S.J. 1996. *Structural Geology of Rocks and Regions ; Second Edition. United States of America. P. 293-294.*
- Hall, R. 2002. *Cenozoic Geological and Plate Tectonic Evolution of SE Asia and the SW Pasific: computer-based reconstructions, model and animations. Jurnal of Asia Earth Sciences 20, p353-431.*
- Harding, T.P., Wilcox, R.E., Seely, D.R. 1973. *Basic Wrench Tectonics, American Association of Petroleum Geologist Bulletin, v.57, p. 97-116*
- Koike, K., Nagano, S., dan Kawaba, K. 1998. *Construction and Analysis of Interpreted Fracture Planes Through Combination of Satellite-Image Derived Lineaments and Digital Elevation Model Data*. Great Britain: Elsevier Science, Ltd.
- Masria, M., Ratman, N., dan Suwitodirdjo, K. 1981. Peta Geologi Regional Lembar Biak, Irian Jaya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- McAdoo, R.L. & Haebig, J.C. 1999. *Tectonic Elements of The North Irian Basin. Proceedings Indonesian Petroleum Association 27th*. Jakarta.
- McClay, K.R. 1987. *The Mapping of Geological Structures*. Department of Geology Royal Bedford New College University of London. Berkshire: Open University Press.
- Moody, J.D., and M.J. Hill. 1956. *Wrench Fault Tectonics, Geological Society of America Bulletin, v. 67, p.1207 – 1246*
- Permana, A.K. 2013. Laporan Akhir Penelitian Stratigrafi Cekungan Biak-Yapen, Papua. Pusat Survei Geologi. Bandung. (Tidak dipublikasikan)
- Pluijm, V.D dan Marshak, S. 2004. *Earth structure : an introduction to structural geology and tectonics*. W. W. Norton & Company Ltd. London.
- Purbo-Hadiwidjono, M.M. 1994. Kamus Kebumihan : Indonesia-Inggris dan Inggris-Indonesia = *A Glossary of Geosciences and Geotechnology*. Jakarta : Grasindo.
- Raghavan, Venkatesh, Maslimoto, S., Koike, K., dan Nagano, S. 1995. *Automatic Lineament Extraction from Digital Images Using a Segment Tracing and Rotation Transformation Approach*. Great Britain: Elsevier Science, Ltd.
- Sapiie, B., Naryanto, W., Adyagharini, A.C dan Pamumpuni, A. 2012. *Geology and Tectonic Evolution of Bird Head Region Papua, Indonesia: Implication for Hydrocarbon Exploration in the Eastern Indonesia*. AAPG International Convention and Exhibition, Article #30260. Singapore.
- Satyana, A.H., Tarigan, R.L., Armandita, C. 2007. *Collisional Orogens in Indonesia : Origin, Anatomy, and Nature of Deformation*. Bali.
- Suryono, N., 1986. *Tegasan Terputar dan Pembentukan Struktur Penyerta*. Buletin Teknologi Mineral V.68 h.44-49. Bandung.
- Tucker, M. E. 2003. *Sedimentary Rocks in the Field (Third Edition)*. Department of Geological Sciences University of Durham, UK. p.40-49



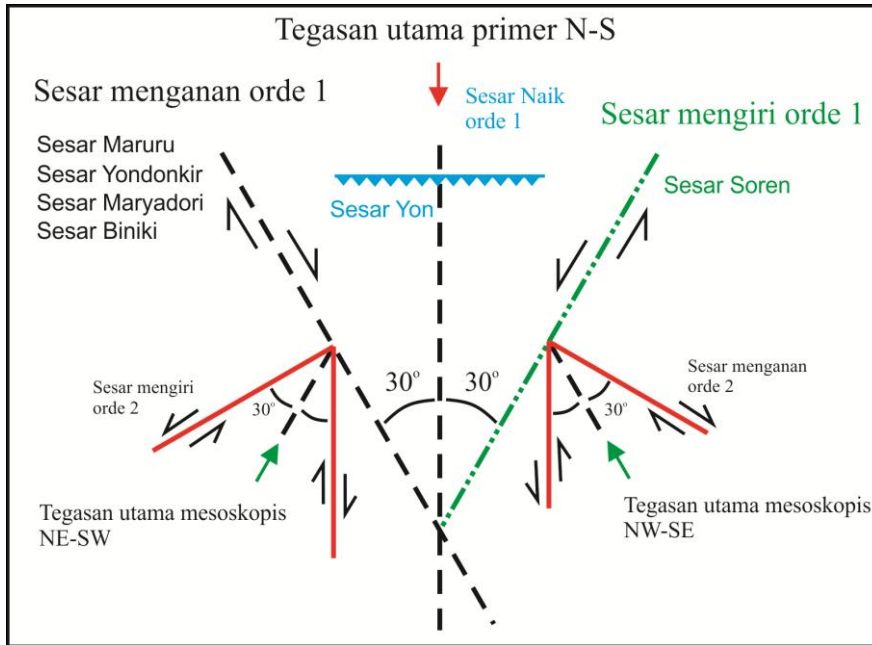
Lampiran 1. (a) Peta kelurusan dengan citra DSM (b1&b2) Diagramrossette kelurusan



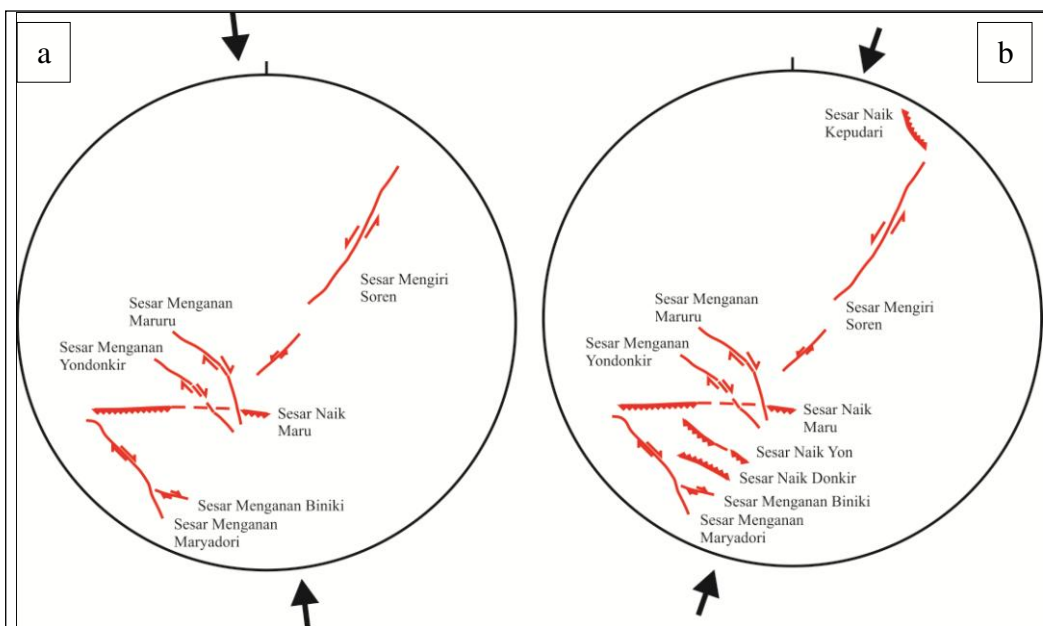
Lampiran 2. Orientasi tegasan utama pada daerah penelitian. (a) Tegasan utama relatif berarah N-S, (b) Tegasan utama relatif berarah NE-SW

Lampiran 3. Tabel 4.8 Hasil rangkuman analisis struktur geologi daerah penelitian

Formasi	Analisis Struktur Geologi				
	Bidang Perlapisan (S ₀)	Sesar Normal	Sesar Mendatar	Sesar Naik	Tegasan Utama (σ ₁)
Formasi Wainukendi (Tomw)					
Formasi Wafordori (Tmw)					



Lampiran 4. Hubungan arah tegasan primer N-S dengan arah tegasan lokal NW-SE dan NE-SW daerah penelitian.



Lampiran 5. Pembentukan struktur geologi berdasarkan arah tegasan N-S dan arah tegasan NW-SE daerah penelitian