

REKONSTRUKSI STRUKTUR GEOLOGI DI BINUNGAN BLOK 1-2 DAN PARAPATAN, KECAMATAN TANJUNGREDEB, KABUPATEN BERAU, KALIMANTAN TIMUR

Oleh : Alfeus Yunivan Kartika

The research area is administratively located in Binungan Block 1-2 and Parapatan Block, Tanjungredeb District, Berau, East Kalimantan. Binungan 1 – 2 and Parapatan which owned by PT. Berau Coal, separated by Kelai River. The purpose of this study was to determine the geological structure in both block based on the correlation of the well drilling and surface data. The research used field observations to obtain data on surface geology also well correlation using e-logging data, consist of gamma ray log, caliper log, short density log, and long density log. Surface data analysis using stereonet to get the main stress affecting in research area and evolving types of geological structures. Well correlation is a basic method in geological structure reconstruction, which conducted to determine subsurface condition. Lithology of research area, from old to young consisted of clayey sandstone and sandstone units, which included in Middle Miocene aged, Latih Formation and Holocene aged alluvium sediments. The result of data analysis indicated that the geological structures type that evolved in the research area is a plunging syncline with the axis trending north – south and sinistral – wrench fault trending west – east. Syncline is folded surrounding rocks on the both blocks and continuous from Binungan 1-2 to Parapatan. The sinistral – wrench fault in Kelai River caused the shifting position of the axis of syncline. The geological structure formed during the Pliocene as a result of the coupling fault sliding motion in north and south area of research location. Mechanism of geological structure formation in research area begins with syncline formation with axis trending north – south, the force continues causes the formation of the third order strike – slip fault from mangkalihat fault. This strike – slip fault causes the folds axis cutted and shifted, also caused the plunging syncline.

Keywords: *stereografis analysis, correlation, geological structure reconstruction*

I. Pendahuluan

Binungan Blok 1-2 dan Parapatan adalah dua Blok potensial PT. Berau Coal yang memiliki kandungan batubara di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. Kedua *site* tersebut bersebelahan dimana *Site* Parapatan terletak disebelah utara *Site* Binungan 1-2 yang dipisahkan oleh Sungai Kelai. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan struktur geologi antara Binungan dan Patapatan.

Basuki, 2007 yang menyatakan bahwa Formasi Berau/Formasi Latih merupakan formasi pembawa batubara di Sub-Cekungan Berau selama Miosen Tengah, diendapkan melalui proses progradasi delta, berupa *sliding gravity* membentuk struktur *slumping*, perlipatan (*growth fold*) berupa antiklin-sinklin, dan *growth fault* (*thrust fault, reverse fault*). Sugeng, 2007 menyatakan bahwa struktur geologi yang berkembang di daerah Binungan blok 1-4 sampai Birang merupakan struktur akibat dari pergerakan kopel dari dua sesar mendarat yang mempunyai arah pergerakan berlawanan sehingga menimbulkan struktur *en echelon fold*. Perlipatan berupa antiklin menunjam di dapatkan di sebelah barat sumbu sinklin, penunjaman terletak di Blok 3 dan di barat Birang, lipatan sinklin menunjam di daerah Birang.

II. Maksud dan Tujuan Penelitian

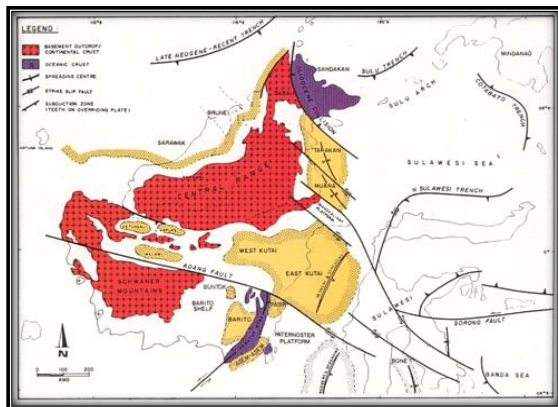
Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur geologi yang berkembang di Blok Binungan 1-2 dan Parapatan berdasarkan korelasi *seam* batubara dan data permukaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi geologi daerah penelitian,

mengidentifikasi struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian, menentukan arah dan kedudukan struktur geologi yang berkembang di daerah telitian, menentukan pengaruh dari adanya struktur geologi yang berkembang pada daerah telitian terhadap geometri batubara, merekonstruksi struktur geologi yang berkembang pada daerah telitian berdasarkan data permukaan dan korelasi titik bor.

III. Geologi Regional

a. Fisiografi Regional

Secara fisiografis daerah telitian termasuk dalam Sub-Cekungan Berau dari Cekungan Tarakan. Cekungan Tarakan berupa depresi berbentuk busur yang terbuka ke arah timur atau ke arah Selat Makasar/Laut Sulawesi yang merupakan cekungan paling utara di Kalimantan, yang memanjang dari utara dibatasi oleh zona subduksi di Semenanjung Semporna, dan dibagian barat dibatasi oleh lapisan sedimen Pra Tersier Tinggian Sekatak sedangkan dibagian selatan dibatasi Pegunungan Schwinnerbrood dan tinggian Mangkalihat. Sub Cekungan Berau terletak dibagian paling selatan Cekungan Tarakan yang berkembang dari Eosen sampai Miosen.



Gambar 1. Elemen tektonik Kalimantan (Kusuma dan Darin, 1989)

b. Stratigrafi Regional

Cekungan Berau terdiri dari batuan sedimen, batuan gunung api dan batuan beku dengan kisaran umur dari Tersier sampai Kuartar. Anak Cekungan Berau dari tua ke muda terdiri dari Formasi Sembakung, Formasi Seilor, Formasi Tabalar, Formasi Birang, Formasi Latih, Formasi Labanan (Domaring), Formasi Sinjin (Sajau) dan endapan alluvial (menurut Situmorang R. L dan Burhan, 1995). Secara regional daerah penelitian termasuk dalam Formasi Latih, tersusun dari perselang-selingan antara batupasir kuarsa, batulempung, batulanau dan batubara dibagian atas, dan bersisipan dengan serpih pasir dan batugamping dibagian bawah. Umur Formasi Latih adalah Miosen Awal - Miosen Tengah, dan diendapkan pada lingkungan delta, estuarin dan laut dangkal. Formasi ini menjemari dengan bagian atas Formasi Birang. Nama lain dari formasi ini adalah Formasi Batubara Berau.

c. Struktur Geologi Regional

Sub-Cekungan Berau telah mengalami empat kali tektonik. Tektonik awal terjadi pada Akhir Kapur atau lebih tua. Gejala ini mengakibatkan pelipatan, pensesaran dan pemalihan regional derajat rendah pada Formasi Bangara. Pada Awal Eosen terbentuk Formasi Sembakung dalam lingkungan laut dangkal, diikuti pengendapan Formasi Tabalar di bagian tenggara, pada kala Eosen – Oligosen dan diikuti tektonik kedua. Sesudah kegiatan tektonik kedua tersebut terjadi pengendapan Formasi Birang di bagian timur, tengah dan selatan maupun di bagian barat pada kala Oligosen – Miosen. Setempat diikuti terobosan andesit yang mengalami alterasi dan mineralisasi. Disamping itu juga terjadi kegiatan gunungapi sehingga terbentuk Satuan Gunungapi Jelai di bagian barat. Pengendapan Formasi Birang diikuti pengendapan Formasi Latih di bagian selatan yaitu di daerah Teluk Bayur dan sekitarnya. Pengendapan itu berlangsung pada akhir Miosen Awal hingga Miosen Tengah diikuti

kegiatan tektonik ketiga. Setelah kegiatan tektonik tersebut pada akhir Miosen Akhir hingga Pliosen terendapkan Formasi Labanan di baratdaya dan Formasi Domaring di bagian timur, sedangkan di bagian utara terjadi Pengendapan Formasi Tabul, pada akhir Miosen Akhir diikuti kegiatan gunungapi sehingga terbentuk Formasi Sinjin di daerah baratdaya dan utara pada kala Pliosen dan selanjutnya diikuti pengendapan Formasi Sajau pada Plio – Plistosen. Pada Kala Pliosen atau sesudah pengendapan Formasi Sajau dan Formasi yang lebih tua dibawahnya terlipat, tersesarkan dan menghasilkan bentuk morfologi atau fisiografi yang terlihat sekarang ini.

IV. Metodologi Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini berupa observasi lapangan untuk mendapatkan data permukaan berupa data kedudukan batuan, struktur geologi, deskripsi batuan, kondisi geomorfologi. Analisis stereografis untuk mengetahui jenis struktur serta tegasan yang bekerja pada saat struktur geologi terbentuk. Korelasi titik bor dengan data berupa *e-log* untuk mengetahui kondisi bawah permukaan daerah penelitian serta memodelkan struktur geologinya.

V. Tahapan Penelitian

1. Tahap pendahuluan

Pada tahap ini dilakukan persiapan penelitian diantaranya penentuan daerah penelitian, persiapan peralatan yang diperlukan selama penelitian, Studi literatur mengenai daerah penelitian, analisis peta topografi serta penentuan jalur pemetaan.

2. Tahap Pengambilan Data Lapangan

Tahap pengambilan data lapangan dilakukan dengan observasi lapangan menggunakan peta 1:10000. Data bawah permukaan disediakan oleh PT. Berau Coal, data bawah permukaan tersebut berupa data *e-log* dari sumur bor dalam yang tersebar di daerah penelitian. Data lapangan yang diambil meliputi : (a) Observasi singkapan untuk mendapatkan data litologi, kedudukan batuan, data cleat pada batubara, kekar dan sesar. (b) Observasi geomorfologi. (c) Pembuatan peta lintasan dan hasil dari observasi lapangan di dokumentasikan dalam buku catatan lapangan.

3. Tahap Analisis dan Pengolahan Data

Tahap ini meliputi :

a. Analisis geomorfologi

Dilakukan untuk mengetahui kondisi morfologi daerah penelitian serta proses apa yang berpengaruh berdasarkan pengamatan dilapangan dan peta topografi.

b. Analisis sedimentasi dan stratigrafi

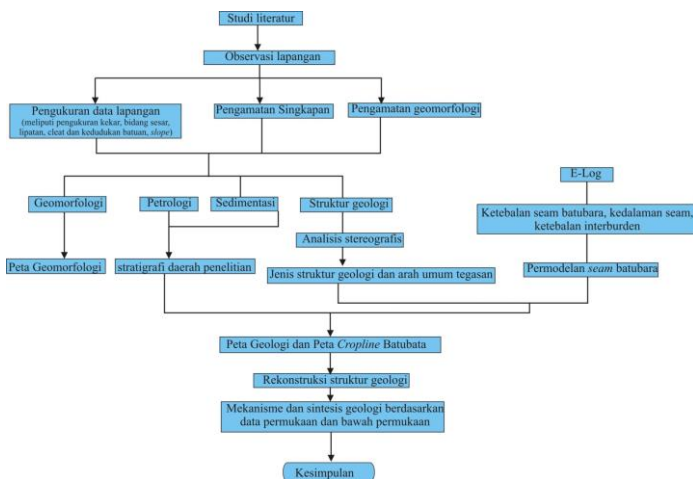
Dilakukan untuk mengetahui urutan pengendapan batuan serta lingkungan pengendapan batuan.

- c. Analisis struktur geologi
Dilakukan untuk mengetahui jenis struktur geologi yang terdapat di area penelitian serta tahapan deformasi menggunakan jejaring stereografi dengan bantuan software 'Dips 3.0' yang dijalankan pada computer bersistem operasi Windows 7.
- d. Analisis data *e-log*
Dilakukan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan daerah telitian. Data yang digunakan berupa *log gamma ray*, *log densitas*, dan *log caliper*.
- e. Rekonstruksi struktur geologi
Pada tahap ini penulis melakukan rekonstruksi struktur geologi berdasarkan data hasil observasi lapangan dan data *e-log*.

4. Tahap Penyusunan Laporan

Tahap ini merupakan tahap akhir dari penelitian, laporan hasil penelitian berupa draft penelitian untuk PT. Berau Coal dan skripsi untuk kampus Teknik Geologi Universitas Diponegoro. Format disesuaikan dengan institusi terkait. Penyusunan laporan dengan menggunakan software Microsoft Office Word 2007 dan Microsoft Office Excel 2007. Pembuatan peta dengan menggunakan software Corel Draw X4, Global Mapper 10 dan ArcView Gis 3.2. Analisa struktur geologi diolah menggunakan software Dips 3.0.

VI. Diagram Alir



Gambar 2. Diagram alir penelitian

VII. Hasil dan Pembahasan

Kondisi geologi daerah penelitian didapat melalui observasi lapangan dan analisa data sekunder. Kondisi geologi tersebut ditinjau dari aspek geomorfologi, stratigrafi dan struktur geologi.

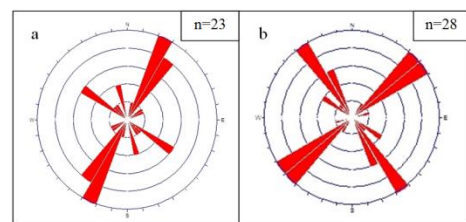
1. Geomorfologi

Kondisi Geomorfologi daerah penelitian ditinjau dari tiga aspek yakni pola kelurusan, pola pengaliran dan satuan geomorfologi.

Pola Kelurusan

Pola kelurusan di blok Binungan 1-2 umumnya berarah NE-SW dan NW-SE dengan data kelurusan sejumlah 23 garis. Pola kelurusan ini didominasi oleh punggung bukit. Pola kelurusan berarah NE-SW lebih dominan dibandingkan yang berarah NW-SE. Pola kelurusan NE-SW terlihat dari kenampakan peta topografi sebagai lembah maupun punggung bukit memanjang, pola kelurusan ini diinterpretasikan sebagai sayap timur lipatan binungan. Pola kelurusan berarah NW-SE dikontrol oleh pola punggung maupun lembah dengan jarak pendek di sepanjang sisi barat peta dan diinterpretasikan sebagai sayap barat lipatan Binungan.

Pola kelurusan di blok Parapatan secara umum berarah NE-SW dan NW-SE dengan jumlah data kelurusan sebanyak 28 garis. Arah tersebut tidak terlalu berbeda dengan pola kelurusan yang terdapat di blok Binungan 1-2. Pola kelurusan di blok Parapatan diindikasikan sebagai lipatan dan sesar. Berdasarkan kenampakan peta topografi struktur mayor yang mengontrol pola kelurusan tersebut adalah lipatan Parapatan dan diduga merupakan kemenerusan dari lipatan Binungan yang dipotong oleh sesar. Sesar tersebut diindikasikan dari kenampakan gawir berarah NE-SW yang terletak disebelah utara Sungai Kelai serta kelurusan Sungai Kelai.



Gambar 3. Pola kelurusan (a) blok Binungan 1-2 dan (b) Parapatan

Pola Pengaliran

Pola pengaliran pada daerah penelitian dibedakan menjadi dua yakni pola pengaliran jenis dendritik dan pola pengaliran jenis trellis. Pola pengaliran dendritik tersebar di sisi selatan area penelitian sedangkan pola pengaliran trellis tersebar di daerah tengah area penelitian dan sisi utara. Pola pengaliran trellis yang terbentuk diduga karena pengaruh struktur geologi berupa lipatan dimana alur-alur liar mengalir kearah lembah dari lipatan yang ada.

Satuan Geomorfologi

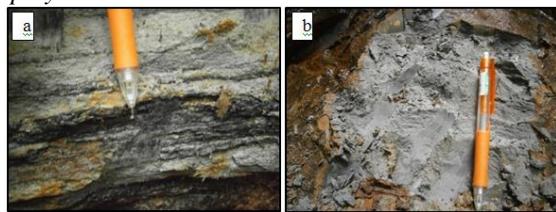
Penamaan satuan geomorfologi daerah penelitian didasarkan pada proses endogen dan eksogen yang terjadi serta persentase keterlindungan bentuklahan. Satuan geomorfologi ini dibedakan menjadi (a) Subsatuan perbukitan terjal struktural terdenudasi (S5), menempati 40% dari luas area penelitian. Didominasi oleh perbukitan

memanjang yang menjadi sayap dari sinklin dengan persentase kelerengan 30° - 45° . (b) Subsatuan perbukitan bergelombang struktural terdenudasi (S5), menempati 20% dari keseluruhan area penelitian. Didominasi oleh bukit-bukit bergelombang dengan kelerengan 10° - 25° , terdapat pula lembah yang mengindikasikan sumbu sinklin. (c) Subsatuan dataran fluvial tubuh sungai, Satuan ini menempati sekitar 5% dari keseluruhan area penelitian dengan persentase kelerengan 1° - 5° . Terdiri dari sungai dan anak sungai berstadia dewasa-tua yang dicirikan dengan sungai berbentuk 'U'. (d) Subsatuan dataran fluvial rawa, menempati 35% dari keseluruhan area penelitian dengan persentase kelerengan 0° - 5° didominasi oleh rawa basah maupun kering yang ditumbuhi tanaman perdu ataupun rumput-rumputan

2. Stratigrafi

Stratigrafi daerah penelitian terdiri berdasarkan pengamatan lapangan dan identifikasi data *e-log* dari tua ke muda yakni satuan batupasir lempungan, satuan batupasir dan endapan aluvium.

(a) Satuan batupasir lempungan terdiri dari batupasir dengan ukuran butir pasir sedang-halus dan material lempungan sebagai semen dan bersisipan dengan batulempung, batubara banyak terdapat pada satuan ini. Batubara pada satuan ini terendapkan pada sublingkungan *overbank deposit*, merupakan endapan limbah banjir yang terbentuk di rawa-rawa. Endapan ini dicirikan oleh litologi berupa *coally shale* maupun *shally coal* yang umumnya mejadi *roof* dan *floor* dari batubara. Satuan batupasir lempungan diendapkan pada lingkungan *delta plain* dengan dominasi material dari darat berupa material fraksi halus yang mengindikasikan sublingkungan *crevasses splay*.



Gambar 4. Satuan batupasir lempungandengan (a) *interlayer* dengan batubara (b) berukuran pasir halus

(b) Satuan batupasir berada di atas satuan batupasir lempungan dengan kontak selaras. Satuan batupasir terdiri dari batupasir, batupasir konglomeratan, batupasir kuarsa serta batubara. Batubara yang terdapat pada satuan ini hasil dari endapan *crevasses splay* dicirikan oleh kehadiran pita batubara dalam batupasir halus yang menjadi *roof* maupun *floor* dari batubara. Satuan batupasir terbentuk pada lingkungan pengendapan delta

fasies *delta front*, dimana daerah ini merupakan peralihan dari lingkungan pengendapan darat dan lingkungan pengendapan laut dengan dominasi proses *fluvial*. Kedua satuan ini merupakan bagian dari Formasi Latih yang diendapkan pada jaman Miosen Awal-Tengah.



Gambar 5. Satuan batupasir yang menunjukkan litologi berupa (a) batupasir konglomeratan (b) batupasir kuarsa

(c) Endapan alluvium terdiri dari material rawa dan material lepasan yang tertransport oleh media air, berumur resen. Diendapkan di sepanjang aliran sungai dan rawa.

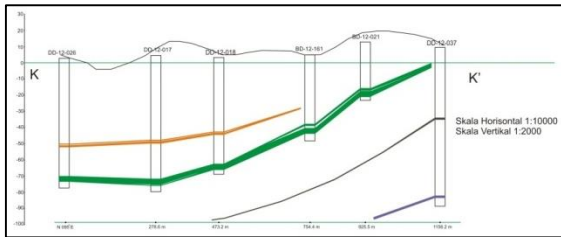
3. Struktur Geologi

Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian berupa sinklin, sesar geser, kekar dan *cleat*.

a. Sinklin Binungan

Sinklin binungan terdapat di *Site Binungan* dengan sumbu lipatan berarah N-S, sayap timur berarah NW-SE dan sayap barat berarah NE-SW. Sinklin ini memiliki bentuk terbuka dan menunjam ke arah utara. Hasil pengukuran kedudukan lapisan batuan menunjukkan bahwa lipatan tersebut simetris dengan dip landai di kedua sayapnya. Sinklin binungan mempengaruhi morfologi daerah tersebut. Punggungan bukit memanjang yang terdapat di Binungan merupakan bagian sayap dari sinklin dimana punggungan bukit ini searah dengan *strike* batuan. Arah kelerengan bukit umumnya searah dengan arah kemiringan batuan. Bentuk sinklin dapat teramati pula dalam peta topografi daerah penelitian yang dicirikan dengan pola-pola kontur dengan garis rapat memanjang membentuk punggungan bukit dan melandai ke arah tengah yang menjadi sumbu lipatan.

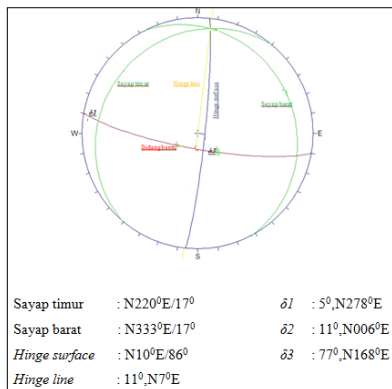
Berdasarkan hasil korelasi titik bor, sinklin binungan dapat teramati dari korelasi K-K' dengan arah sayatan $N095^{\circ}E$ atau berarah barat-timur. Korelasi tersebut memperlihatkan bentuk cekungan (sinklin) dimana dari barat ke timur posisi seam semakin melandai. Pada sisi timur dip dari sinklin tersebut lebih curam dibandingkan dengan dip di sisi barat sayatan dan pada titik bor DD-12-017 *seam* terletak pada elevasi paling rendah kemudian di titik bor sebelah baratnya (DD-12-026) posisi *seam* relatif sejajar.



Gambar 6. Hasil Korelasi K-K' di blok Binungan 1-2

Pada site Binungan 1-2 ini banyak ditemukan rekahan yang berarah tegak lurus dengan arah jurus batuan. Rekahan ini umumnya paralel, bukaan lebar, rekahan tak teratur. Rekahan ini merupakan *fracture cleavage* yang terbentuk akibat terlipatnya batuan. Rekahan ini banyak ditemukan pada batupasir yang memiliki sifat kompeten. Perkembangan dari *fracture cleavage* ini juga dapat diamati pada singkapan batubara dimana batubara di area penelitian terdapat rekahan (*cleat*) dengan bukaan lebar dengan arah tegak lurus bidang perlapisan.

Hasil analisa lipatan pada *site* Binungan 1-2 menunjukkan bahwa kedudukan sayap timur lipatan $N220^{\circ}E/17^{\circ}$ dan sayap barat lipatan $N334^{\circ}E/17^{\circ}$, dengan *hinge line* $11^{\circ}, N7^{\circ}E$, *hinge surface* $N10^{\circ}E/86^{\circ}$, $\delta 1 : 5^{\circ}, N278^{\circ}E$, $\delta 2 : 11^{\circ}, N006^{\circ}E$, $\delta 3 : 77^{\circ}, N168^{\circ}E$, dari hasil analisa tersebut didapatkan jenis lipatan binungan yakni *upright inclined gently plunging fold* (fluety, 1964).



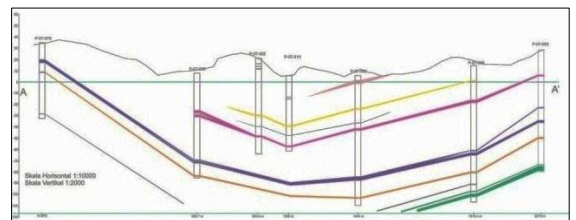
Gambar 7. Hasil analisa sinklin Blok Binungan 1-2

b. Sinklin Parapatan

Sinklin ini dijumpai di blok parapatan ditunjukkan dengan adanya lapisan miring kearah NE dan NW, kedua lapisan miring tersebut saling berhadapan. Analisa lipatan dengan menggunakan analisa stereografis dari kedudukan lapisan batuan. Bentuk sinklin parapatan tidak jauh berbeda dengan sinklin binungan 1-2 dimana sinklin ini menutup diselatan dan menunjam keutara serta bukaan

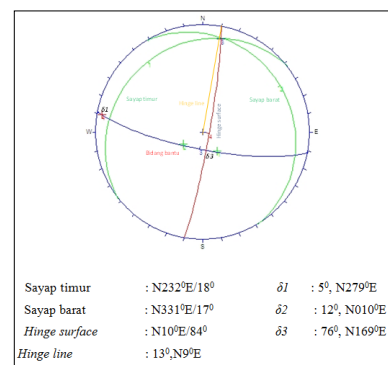
sinklin keutara. Kemiringan sayap sinklin parapatan semakin melandai kearah sumbu dicirikan dengan kedudukan lapisan batuan pada zona sumbu relatif lebih landai dibandingkan dengan kedudukan lapisan batuan pada sisi sayap baik sayap barat maupun sayap timur lipatan.

Bentuk sinklin dapat lebih terlihat dari hasil korelasi titik bor sayatan A-A' dimana dari hasil korelasi tersebut menunjukkan adanya bentuk cekungan dengan titik terendah ada di anatra titik P-07-010 dan P-07-065. Dari sisi timur kearah barat *seam* semakin turun kemudian pada titik P-07-065 hingga titik P-07-010 *seam* tersebut berangsur naik dan semakin naik pada sisi barat. Sehingga sumbu lipatan berada di sekitar titik bor tersebut. Bentuk sinklin dapat lebih terlihat dari hasil korelasi titik bor sayatan A-A' dimana dari hasil korelasi tersebut menunjukkan adanya bentuk cekungan dengan titik terendah ada di anatra titik P-07-010 dan P-07-065. Dari sisi timur kearah barat *seam* semakin turun kemudian pada titik P-07-065 hingga titik P-07-010 *seam* tersebut berangsur naik dan semakin naik pada sisi barat



Gambar 8. Hasil Korelasi A-A' di blok Parapatan

Berdasarkan analisa stereografis didapatkan arah umum sayap timur lipatan $N232^{\circ}E/18^{\circ}$ dan sayap barat lipatan $N331^{\circ}E/17^{\circ}$, dengan *hinge line* $13^{\circ}, N9^{\circ}E$, *hinge surface* $N10^{\circ}E/84^{\circ}$, $\delta 1 : 5^{\circ}, N279^{\circ}E$, $\delta 2 : 12^{\circ}, N010^{\circ}E$, $\delta 3 : 76^{\circ}, N169^{\circ}E$. Dari hasil analisa tersebut didapatkan nama lipatan yakni *upright inclined gently plunging fold* (fluety, 1964).



Gambar 8. Hasil analisa sinklin blok Parapatan

c. Sesar Geser Mengiri Kelai

Sesar ini diperoleh dari hasil rekonstruksi dengan menggunakan data bawah permukaan. Di lapangan bukti keberadaan sesar geser dapat teramati dari adanya gawir berarah relatif ENE-WSW di utara Sungai Kelai serta ketidakmenerusan sumbu sinklin yang diindikasikan sebagai daerah lembah di Blok Binungan 1-2 dan Parapatan. Gawir tersebut diduga terbentuk oleh sesar geser.

Rekonstruksi dilakukan dengan mengkorelasikan titik bor yang terdapat seam G antara Binungan 1-2 dan Parapatan yang didapat dari hasil identifikasi *e-log*. Titik bor tersebut adalah titik bor DD-12-018 (Binungan 1-2) dan P-07-066 (Parapatan). Kedua titik bor tersebut terletak di sayap timur sinklin.

Pergeseran/*slip* sesar didapatkan dengan melakukan penarikan *seam* sesuai dengan besar *dip* ke arah *up dip* dari titik P-07-066 dari elevasi -96.60 m hingga elevasi -62,34 m. Dari penarikan tersebut diketahui bahwa besar jarak pergeseran posisi *seam (slip)* dari titik yang seharusnya adalah sejauh 291.2 m dari titik DD-12-088 ke arah *down dip* atau sejauh 218.6 m dari titik P-07-066 ke arah *up dip*. Berdasarkan rekonstruksi tersebut diketahui bahwa pergeseran ke arah kiri sehingga sesar yang memisahkan blok Binungan 1-2 dan Parapatan adalah sesar geser mengiri.

d. Kekar

Kekar yang ditemukan di lapangan umumnya berupa kekar ekstensi dengan ciri bukaan lebar, garis kekar melengkung (berbelok-belok), bukaan lebar dan didalamnya terisi oleh oksida besi ataupun kosong. Perkembangan kekar ekstensi dapat diamati pada sayap timur sedangkan pada sayap barat kekar-kekar tersebut sudah banyak mengalami erosi sehingga sulit diamati perkembangannya. Kekar ini umumnya tegak lurus dengan arah perlapisan batuan. Analisa kekar tarik menunjukkan bahwa tegasan utama pembentuk kekar berarah E-W, NE-SW dan NW-SE.

Kekar gerus juga ditemukan dilapangan, dengan ciri bukaan sempit serta berarah lurus dengan bidang kekar tegas. Kekar gerus ini ditemukan pada batulempung. Berdasarkan hasil analisa dengan menggunakan stereonet maka didapatkan bahwa tegasan utama berarah relatif E-W.

e. Cleat

Dari hasil analisa stereografis terlihat bahwa *cleat* memiliki dua arah umum yakni arah relatif Barat-Timur dan arah relatif Utara-Selatan. *Cleat* dengan arah relatif Barat-Timur diindikasikan terbentuk sebagai hasil dari gaya

tensi atau searah dengan gaya utama sedangkan *cleat* berarah Utara-Selatan diindikasikan searah dengan gaya lepasan. Kedua arah tersebut membentuk sudut 90^0 satu terhadap yang lain.

Cleat banyak ditemukan pada singkapan batubara yang menyebabkan batubara menjadi lebih hancur. *Strike/dip* dari *cleat* ini memiliki arah beragam dengan kemiringan umumnya adalah 70^0-80^0 .

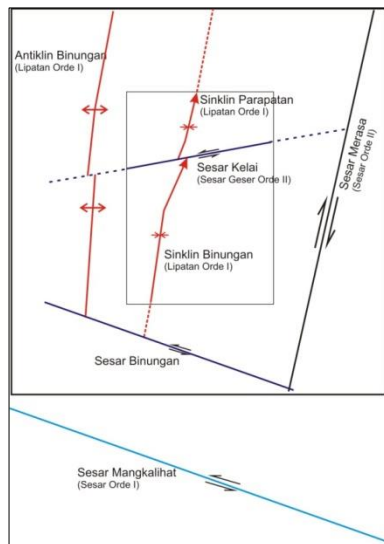
f. Mekanisme Pembentukan Struktur

Area penelitian mengalami dua fase pembentukan struktur. Fase pertama dengan arah gaya timur - barat membentuk struktur berupa sinklin dengan sumbu utara – selatan yang merupakan lipatan orde I. Sinklin ini memanjang dari Blok Parapatan hingga Binungan 1-2. Gaya kompresi tersebut melipatkan batuan dengan *dip* 10^0-17^0 , *dip* pada daerah penelitian tergolong dalam klasifikasi landai sehingga diindikasikan bahwa mekanisme gaya kompresi yang bekerja belum terlalu dominan. Sinklin tersebut melipatkan batuan berumur Miosen Tengah yang terdapat di area penelitian.

Fase berikutnya terjadi kompresi dengan arah gaya timurlaut – baratdaya yang membentuk struktur sesar geser mengiri dan mempengaruhi sinklin yang sudah terbentuk sebelumnya. Berdasarkan penelitian terdahulu di sebelah timur area penelitian terdapat sesar Merasa, arah sesar ini timurlaut – baratdaya (NE – SW) memanjang dari selatan Kelai sampai ke Sambaliung, serta sesar Binungan yang terletak di sebelah selatan area penelitian.

Sesar Merasa merupakan sesar mendatar ke kanan orde kedua dari sesar utama (sesar Mangkalihat) yang mempunyai arah baratlaut – tenggara (Sugeng, 2007). Sesar geser tersebut membentuk sistem bercabang (*wrenching*) dan menghasilkan sesar geser mengiri Kelai. Sesar Kelai merupakan sesar orde kedua yang terjadi akibat berubahnya arah tegasan utama seiring dengan terbentuknya sesar geser orde I.

Pengaruh dari sesar Kelai tersebut membentuk jalur Sungai Kelai dan pola kelurusan bukit di sepanjang Sungai Kelai serta memotong dan menggeser posisi sumbu lipatan. Penunjaman lipatan diduga dipengaruhi oleh pembentukan struktur sesar ini. Sudut penunjaman yang tidak terlalu terjal disebabkan oleh pengungkitan batuan pada sisi selatan akibat terbentuknya sistem sesar *wrenching*.



Gambar 9 Model struktur geologi daerah penelitian (modifikasi dari *Regional Geological Map, 1995*)

VIII. Kesimpulan

1. Geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi beberapa satuan yakni satuan perbukitan terjal sinklin (S5), satuan perbukitan bergelombang sinklin (S5), satuan dataran fluvial rawa (F2), satuan dataran fluvial tubuh sungai (F1).
2. Stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda adalah satuan batupasir-lempungan yang diendapkan di lingkungan *delta plain* berkontak selaras dengan satuan batupasir yang diendapkan di lingkungan *delta front*. Kedua satuan tersebut berumur Miosen Tengah dan berada pada Formasi Latih, serta satuan endapan alluvial berumur resen yang berkontak tidak selaras dengan satuan dibawahnya.
3. Struktur geologi berupa sinklin membuka dan menunjam kearah utara, memanjang dari Blok Binungan1-2 ke Parapatan.
 - Hasil analisis stereografis sinklin binungan didapatkan kedudukan sayap timur $N220^{\circ}E/17^{\circ}$, sayap barat $N334^{\circ}E/17^{\circ}$, *hinge surface* $N10^{\circ}E/86^{\circ}$, dengan *hinge line* $11^{\circ}, N7^{\circ}E$, $\delta 1 : 5^{\circ}, N278^{\circ}E$, $\delta 2 : 11^{\circ}, N006^{\circ}E$, $\delta 3 : 77^{\circ}, N168^{\circ}E$ dengan nama lipatan ***upright inclined gently plunging fold*** (fluety, 1964).
 - Hasil analisis stereografis sinklin parapatan didapatkan kedudukan sayap timur $N232^{\circ}E/18^{\circ}$ dan sayap barat lipatan $N331^{\circ}E/17^{\circ}$, dengan *hinge line* $13^{\circ}, N9^{\circ}E$, *hinge surface* $N10^{\circ}E/84^{\circ}$, $\delta 1 : 5^{\circ}, N279^{\circ}E$, $\delta 1 : 12^{\circ}, N010^{\circ}E$, $\delta 3 : 76^{\circ}, N169^{\circ}E$. Dari hasil analisa tersebut didapatkan nama lipatan yakni ***upright inclined gently plunging fold*** (fluety, 1964).

4. Terdapat sesar geser mengiri kelai yang menjadi zona lemah dan pemisah antara Binungan 1-2 dan Parapatan, sesar tersebut merupakan sesar orde ketiga yang terbentuk dengan mekanisme sesar bercabang (*wrenching fault*).

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, E. M. 1951. *The Dynamics of Faulting*. Oliver and Boyd: Edinburgh.
- Brilianto, Aldo. 2010. *Geologi Dan Identifikasi Seam Batubara Berdasarkan Data e-log Dan Sifat Fisik Di Permukaan Blok Kelai PT. Berau Coal Kecamatan Sambaliung Kabupaten Berau, Propinsi Kalimantan Timur*. Teknik Geologi UPN 'Veteran' Yogyakarta.
- Endarto, Danang. 2005. *Pengantar Geologi Dasar*. LPP UNS : Surakarta.
- Fleuty, M. J. 1964. *The Description of Folds*. London: Proceedings of the Geologists Association 75: 461-492.
- Fossen, H. 2010. *Structural Geology*. Cambridge University Press: New York.
- Lisle, Richard J. 2004. *Geological Structure and Maps : A practical Guide*. Pergamon Press : London.
- McClay, K.R., 1987, *The Mapping of Geological Structures*, London : John Wiley & Sons.
- Moody, J. D., and Hill, M. J., 1956, Wrench-fault tectonics: Geol. Soc. Am., Bull., v. 67, p. 1207-1246.
- PT. Berau Coal, 1996., *Regional Geological Map, Scale 1 : 400.000, Berau Area, East Kalimantan*.
- PT. Berau Coal, 2012, *Binungan1-2 and Parapatan Topographical Map, Geology and Development Department, Berau Area, East Kalimantan*.
- PT. Berau Coal, 2012, *Shallow and Deep E-Logging Parapatan and Binungan 1-2 Area 2007-2012, Geology and Development Department, Berau Area, East Kalimantan*.
- Rahmad, Basuki. 2007. *Struktur Geologi dan Sedimentasi Batubara Formasi Berau*. Teknik Geologi UPN 'Veteran' : Yogyakarta
- Raharjo, Sugeng. 2007. *Kontrol Struktur Geologi Terhadap Penyebaran Lapisan Batubara Di daerah Binungan Blok 1-4*. Teknik Geologi UPN 'Veteran' : Yogyakarta
- Suardiputra, Aditya. 2008. *Geologi Dan Analisis Struktur Geologi Untuk Karakterisasi Sesar Anjak Daerah Cimanintin Dan Sekitarnya, Kabupaten Sumedang, Propinsi Jawa Barat*. ITB : Bandung.
- Situmorang R. L. dan Burhan. 1995. *Peta Geologi Regional Lembar Tanjung Redeb, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Wicaksono, R.S. 2011. *Analisis Sejarah Geologi pada Zaman Tersier Berdasarkan Data Struktur Geologi, Stratigrafi, dan Observasi Lapangan*,

Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengah. Teknik Geologi Undip : Semarang (unpublished).
Yulianto, M.N., Galena R., Prasetyadi C. 2011. *Karakteristik sesar Anjak Dan Permodelan Struktur Geologi Menggunakan Metode*

Balancing Cross Section Daerah Kedungjati, Jawa Tengah (Kendeng Barat) dan daerah Ngawi, Jawa Timur (Kendeng Timur). Proceeding HAGI and IAGI, 40th Annual Convention.