

LAPORAN INTEGRASI GEOLOGI-GEOKIMIA-GEOFISIKA LAPANGAN PANAS BUMI SEMURUP - JAMBI



PENGELOLAAN SUMBER DAYA (PSD)
DIREKTORAT PERENCANAAN
DAN PENGEMBANGAN
2014



KATA PENGANTAR

Laporan geosains lapangan panasbumi Semurup ini disusun sebagai informasi mengenai data di daerah terkait. Laporan ini diharapkan dapat membantu dalam pengembangan selanjutnya. Kompilasi dari keseluruhan data tersebut menghasilkan sebuah model panas bumi terintegrasi. Model panasbumi ini diharapkan berproses secara dinamis dengan adanya penambahan data baru.

Kontributor

M. Husni Thamrin (Koordinator Tim)

Jodhi P. Giriarsro (Geokimia)

Sapto Trianggo N (Geologi)

Imam M.Prasetyo (Geologi)

Graniko Reza P. (Geologi)

M.Ikhwan Aziz (Geologi)

Astha Dandari (Geofisika)

Baiq Lola R. (Geokimia)

Teguh P. (Reservoir)

Sendy H. (Reservoir)

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	I
DAFTAR ISI	II
BAB I	1
GEOLOGI REGIONAL.....	1
I.1. TATANAN TEKTONIK	1
Gambar 1.1. Tatanan tektonik Sumatra (Natawidjaja & Triyoso, 2007).....	1
Gambar 1.2. Peta geometri 20 segmen Sistem Sesar Sumatra dan hubungan spasialnya dengan gunungapi aktif, graben mayor dan danau. (Sieh & Natawidjaja, 2000).	3
I.2. FISIOGRAFI REGIONAL.....	4
Gambar 1.3. Fisiografi Regional Pulau Sumatra (dimodifikasi dari Darman & Sidi, 2000).	4
Gambar 1.4. Fisiografi regional daerah di sekitar Depresi Tektonik Sungai Penuh Kerinci, Jambi. Depresi Tektonik Sungai Penuh berada di ujung Segmen Sesar Siulak berbatasan dengan Segmen Sesar Dikit.	6
I.3 STRATIGRAFI REGIONAL.....	6
Tabel 1.1. Stratigrafi Daerah Semurup (Dimodifikasi dari Peta Geologi Lembar Painan (Rosidi, dkk, 1996) - Peta Geologi Sungai Penuh (Kusnama, dkk, 1992)....	6
Gambar 1.5. Peta Geologi Daerah Semurup (Dimodifikasi dari Peta Geologi Lembar Painan (Rosidi, dkk, 1996) - Peta Geologi Sungai Penuh (Kusnama, dkk, 1992).....	8
I.4. STRUKTUR GEOLOGI REGIONAL	8
Gambar 1.6. Daerah Semurup yang termasuk di dalam WKP Kerinci berada di dalam Sumatera Fault System (SFS).	9
Gambar 1.7. Daerah Semurup yang berada di pertemuan antara Segmen Dikit dengan Segmen Siluak.....	10
Gambar 1.8. Struktur Geologi Daerah Semurup (Dimodifikasi dari Peta Geologi Lembar Painan-Sungai Penuh P3G)	11
BAB II.....	12
GEOLOGI DAERAH SEMURUP	12
II.1. GEOMORFOLOGI DAERAH TELITIAN	12
Gambar 2.1. Peta geomorfologi daerah penelitian (Geologi PGE, 2013).	14
II.2. VULKANOSTRATIGRAFI DAERAH TELITIAN	14
Gambar 2.2. Peta Geologi Daerah Semurup (Geologi PGE, 2013)	20
II.3. STRUKTUR GEOLOGI SEMURUP	20
Gambar 2.3. Diagram Rossete dan schmidtnet Komponen Kompresi Kekar Koto Tebat	21
Gambar 2.4. Kenampakan struktur geologi di daerah Koto Tebat.....	22
Gambar 2.5. Diagram Rossete dan schmidtnet Komponen Kompresi Kekar Hyang .	22
Gambar 2.6. Kenampakan struktur geologi di daerah Hyang.....	23
Gambar 2.7. Kenampakan struktur geologi di daerah Pungut Hilir	23
Gambar 2.8. Diagram Rossete dan schmidtnet Komponen Kompresi Kekar Pungut Hilir.....	23
Gambar 2.9. Diagram Rossete dan schmidtnet Komponen Kompresi Kekar Air Anget.	24

Gambar 2.10. Kenampakan struktur geologi di daerah Air Anget.....	24
Gambar 2.11. Kenampakan struktur geologi di daerah Trans Siulak.....	25
Gambar 2.12. Diagram Rossete dan schmidtnet Komponen Kompresi Kekar Trans-Siulak	25
Gambar 2.13. Diagram Rossete dan schmidtnet Komponen Kompresi Kekar Air Terjun.....	26
Gambar 2.14. Kenampakan struktur geologi di daerah Air Terjun.....	26
Gambar 2.15. Diagram Rossete dan schmidtnet Komponen Kompresi Kekar Sungai Sidik.....	27
Gambar 2.16. Kenampakan struktur geologi di daerah Sungai Sidik	27
Gambar 2.17. Kenampakan struktur geologi di daerah Ranah Pemutik.....	27
Gambar 2.18. Diagram Rossete dan schmidtnet Komponen Kompresi Kekar Ranah Pemutik.....	28
Gambar 2.19. Diagram Rossete dan schmidtnet Komponen Kompresi Kekar Tanjung Genting.....	28
Gambar 2.20. Kenampakan struktur geologi di daerah Tanjung Genting	28
Gambar 2.21. Diagram Rossete dan schmidtnet Komponen Kompresi Kekar Sungai Tutung.....	29
Gambar 2.22. Kenampakan struktur geologi di daerah Sungai Tutung.	29
Gambar 2.23. Peta Intepretasi struktur daerah Semurup (Geologi PGE, 2013)	30
II.4. MANIFESTASI DAN ALTERASI BATUAN	30
<i>II.4.1. Manifestasi</i>	30
Tabel 2.1. Data hasil pengamatan manifestasi di lapangan	31
<i>II.4.2. Alterasi Batuan</i>	31
Tabel 2.2. Lokasi Pengambilan Sampel XRD.....	32
Tabel 2.3. Resume Mineral Hasil XRD (Bulk Powder)	32
Tabel 2.4. Resume Mineral Hasil XRD (Clay Analysis).....	33
Gambar 2.24. Peta Distribusi Alterasi Daerah Semurup (Geologi PGE, 2013)	34
II.5. MODEL SISTEM PANAS BUMI SEMURUP.....	34
Gambar 2.25. Model Geologi Sistem Panasbumi Daerah Semurup (Geologi PGE, 2013)	36
BAB III	37
GEOKIMIA.....	37
III.1. MANIFESTASI PERMUKAAN	37
Gambar 3.1 Sebagian teras silika ditumbuhি rerumputan.....	39
Gambar 3.2. Lokasi manifestasi yang tertutup longsoran	40
Gambar 3.3 Lokasi manifestasi yang tertutup longsor	40
Gambar 3.4 Jalan menuju desa Pungut Mudik.....	41
Tabel 3.1. Data Sampling Manifestasi.....	42
Gambar 3.5 Peta Sebaran Manifestasi Semurup	42
III.2. HASIL ANALISIS KIMIA	42
Tabel 3.2. Hasil Analisis Kimia Air	43
Tabel 3.3 Keseimbangan Ion.....	43
Tabel 3.4. Hasil Analisis Kimia Isotop stabil.....	43
III.3. GEOKIMIA AIR.....	44
Gambar 3.6 Diagram Trilinier Cl-SO ₄ -HCO ₃	45
Gambar 3.7 Diagram Trilinier Na-K-Mg	46
Tabel 3.5 Geothermometer Air	47
Gambar 3.8 Diagram Trilinier Cl-Li-B	47

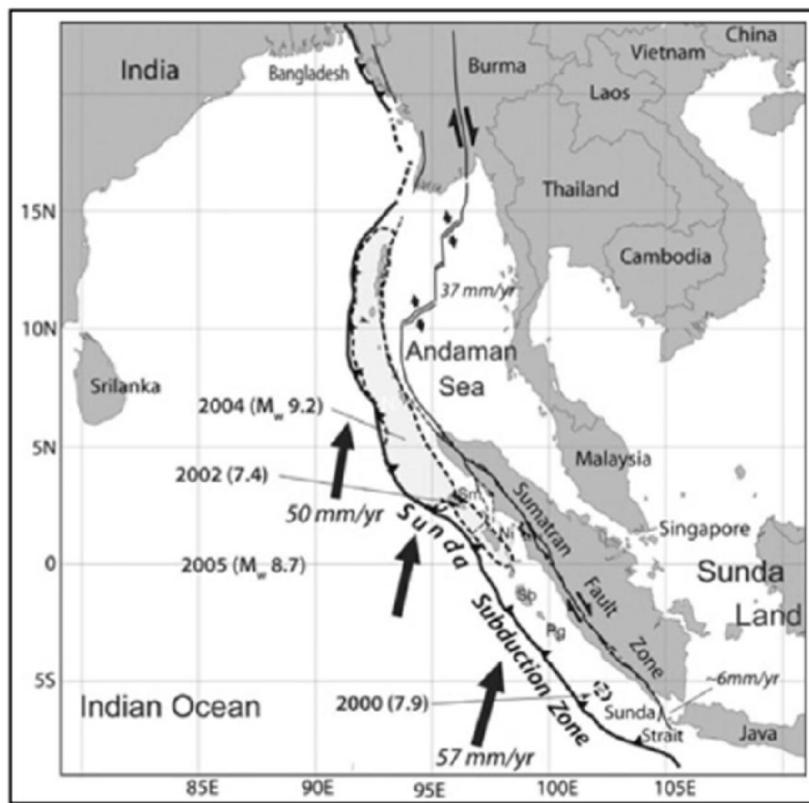
III.4. GEOKIMIA ISOTOP.....	48
Gambar 3.9 Grafik Isotop	48
III.5 SURVEI UDARA TANAH.....	48
Gambar 3.10 Peta sebaran konsentrasi CO ₂ (Peta disiapkan oleh Hendy Sujarmaitanto, 2014)	49
Gambar 3.11 Peta sebaran Hg (Peta disiapkan oleh Hendy Sujarmaitanto, 2014)	50
BAB IV	52
GEOFISIKA.....	52
IV.1. METODE GRAVITY.....	52
IV.2. PENGOLAHAN DATA.....	52
IV.3. HASIL DAN INTERPRETASI	54
Gambar 4.1. Peta anomali gravitasi Bouguer lengkap Semurup dari penelitian tahun 1993 (bukan untuk interpretasi presisi karena terdapat perbedaan datum), serta interpretasi sesar berdasarkan kontras anomali gravitasi.....	55
Gambar 4.2. Model inversi 2D data gravitasi Semurup.	56

BAB I

GEOLOGI REGIONAL

I.1. Tatatan Tektonik

Dalam tatanan tektonik regional, Sumatra terletak di tepian aktif Paparan Sunda, ujung tenggara Lempeng Eurasia. Pergerakan relatif Samudera Hindia ke arah utara timur laut 55 mm/tahun menghasilkan subduksi menyerong di sepanjang Palung Sunda. Subduksi menyerong tersebut menyebabkan pergerakan blok (*sliver*) depan-busur berarah baratlaut (Jarrard, 1986; Curay, 1989; Sieh & Natawidjaja, 2000), bersamaan dengan penunjaman Lempeng Indo-Australia dan pergeseran Sesar Sumatra (Gambar 8.1) (Barber *et al.*, 2005).



Gambar 1.1. Tatatan tektonik Sumatra (Natawidjaja & Triyoso, 2007)

Sesar Sumatra bekerja di sepanjang Pulau Sumatra, melalui Pegunungan Bukit Barisan, dari Banda Aceh hingga ke Selat Sunda, dan sejajar dengan deretan gunungapi Kuarter, yang sebagian diantaranya masih aktif hingga kini. Di ujung baratlaut Sesar Sumatra terhubung dengan pemekaran Laut Andaman yang memiliki kecepatan

pemekaran sekitar 37 mm/tahun selama 11 juta tahun terakhir (Curray *et al.*, 1979). Di ujung tenggara Sesar Sumatra membelok ke arah selatan bergabung dengan zona deformasi regangan di Selat Sunda (Diament *et al.*, 1992), dengan kecepatan sekitar 6 – 7 mm/tahun (Bellier *et al.*, 1999, Pramumijoyo, 2008). Hal tersebut menunjukkan kecepatan pergeseran Sesar Sumatra semakin berkurang ke arah tenggara.

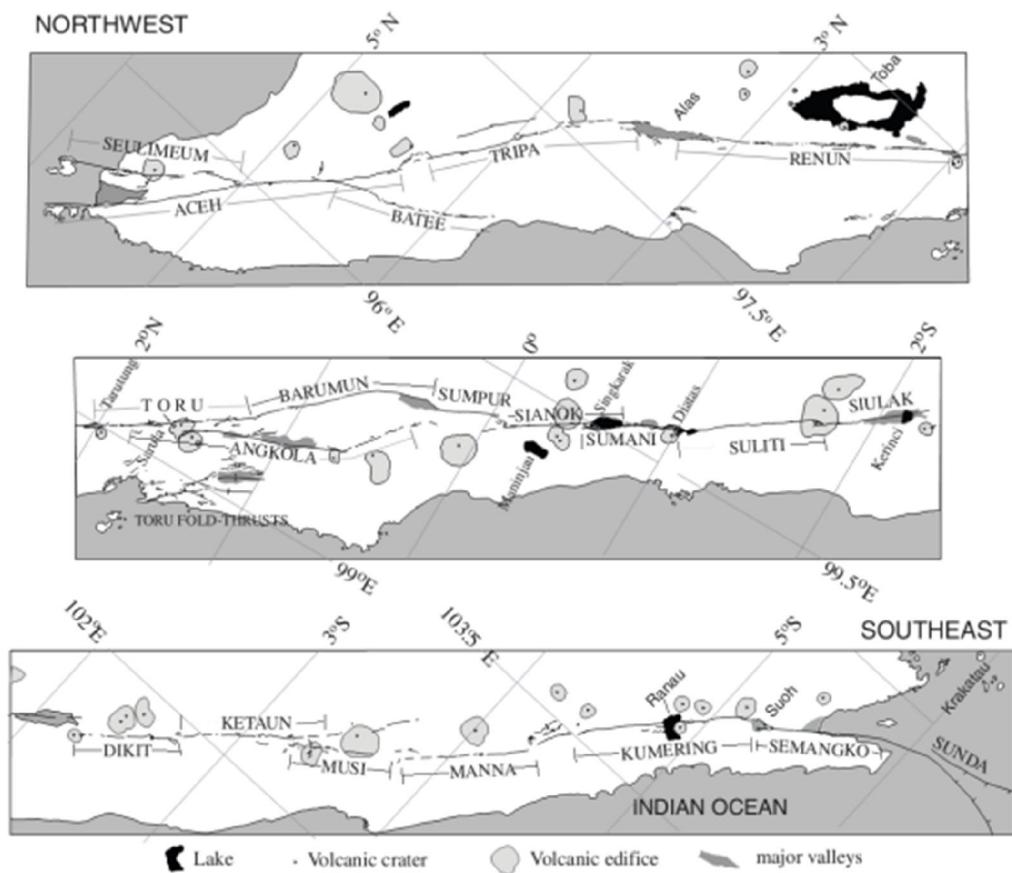
Meskipun kecepatan pergeseran dapat diperkirakan, perhitungan *offset* Sesar Sumatra tidak menjadi mudah. Berdasarkan pemetaan geologi permukaan, *offset* Sesar Sumatra berkisar dari 150 km (McCarthy & Elders, 1997) hingga 20 km (Sieh & Natawidjaja, 2000, dari Katili & Hehuwat, 1967, dan Cameron *et al.*, 1983). Berdasarkan pemetaan geomorfologi Kquarter oleh Sieh & Natawidjaja (2000) juga menunjukkan *offset* rerata 20 km terjadi di sepanjang Sesar Sumatra.

Meskipun tatanan regional dan beberapa data kuantitatif Sesar Sumatra telah banyak dikaji, perkembangan sesar tersebut diperkirakan senantiasa berubah di berbagai kurun waktu. Selama Paleogen, Sumatra berorientasi relatif utara-selatan dan terletak di depan subduksi frontal (Davies, 1984; Hall, 2002). Sekitar 25 juta tahun silam (Oligosen Akhir), rotasi Paparan Sunda terjadi berlawanan arah jarum jam (*anticlockwise*) dan Sesar Sumatra sebagai salah satu patahan utama mulai bergerak aktif dalam mengakomodasi rotasi tersebut. Sekitar 11 juta tahun silam (Miosen Akhir), rotasi Sunda mulai membuka Laut Andaman. Diperkirakan Sesar Sumatra terhubungan dengan pemekaran Laut Andaman pada 5 juta tahun lalu, yang sekaligus menandai berakhirnya rotasi Sunda. Sangat mungkin sekali bila selama Neogen (~20 juta tahun) pergeseran Sesar Sumatra akibat rotasi Sunda menghasilkan *offset* sebesar 150 km, atau sekitar 75 mm/tahun, dan menghasilkan konfigurasi zona sesar sebagaimana yang tampak saat ini. Setelah rotasi berakhir Sesar Sumatra terhubungkan dengan pemekaran Laut Andaman, dan semenjak itu dinamika sesar dikontrol oleh pemekaran.

Apabila pemekaran Laut Andaman berjalan dengan kecepatan 37 mm/tahun semenjak awal mula, dapat dianggap *offset* Sesar Sumatra telah mencapai 40 km, suatu dugaan yang tidak didukung oleh bukti-bukti dari pemetaan endapan Kquarter dan morfologi Sesar Sumatra (Sieh & Natawidjaja, 2000) yang menunjukkan *offset* sekitar 20 km. Perbedaan tersebut mengindikasikan kehadiran faktor lain dalam pergerakan sistem Sesar Sumatra. Pengurangan kecepatan pergeseran Sesar Sumatra ke arah tenggara juga mengindikasikan adanya faktor lain dalam dinamika sesar.

Kehadiran deretan gunungapi Kuarter di sepanjang zona Sesar Sumatra semestinya juga diperhitungkan dalam dinamika pergerakan sesar. Dapat diduga ketika jumlah gunungapi semakin banyak dan mendominasi ke arah tenggara (Gasparon, 2005), mereka semakin mempengaruhi dinamika sesar. Karakter *ductile* tubuh magma dangkal dibawah gunungapi dapat menyerap energi kinetis pergerakan sesar yang melaluinya dan mengurangi kecepatan pergeseran sesar secara signifikan.

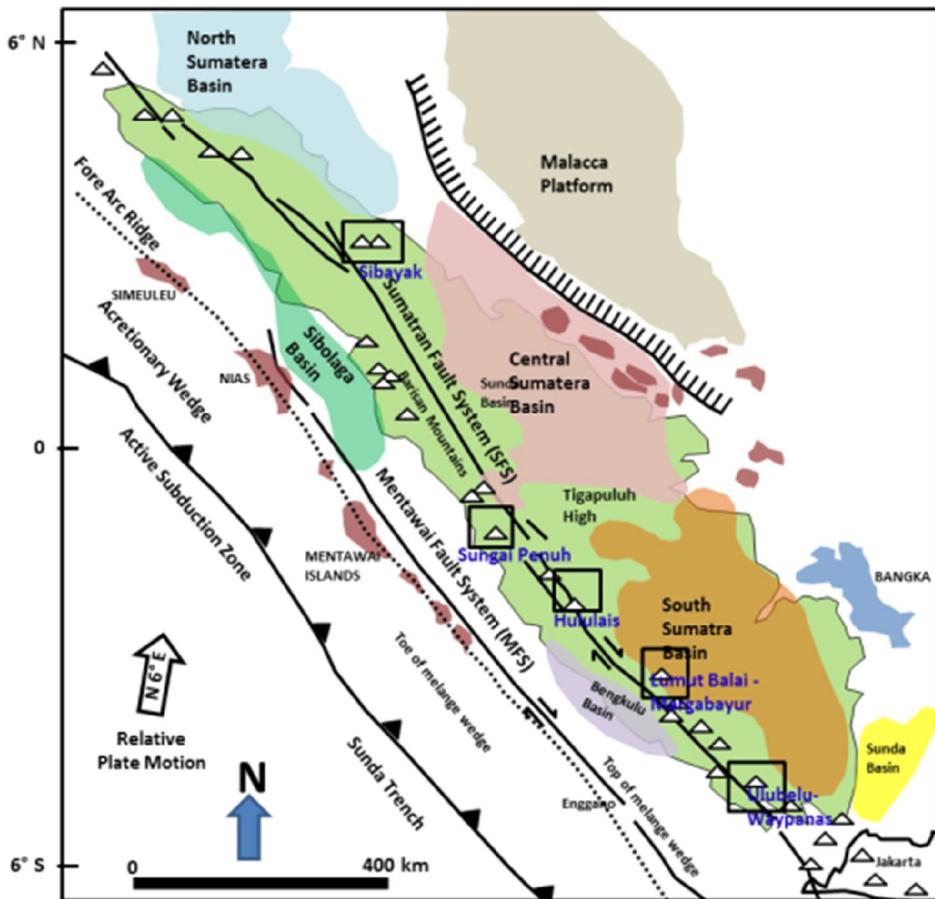
Oleh beberapa peneliti, aspek kinematika dan dinamika Sesar Sumatra didekati dengan pendekatan sesar tersegmentasi, dimana sejumlah segmen ditawarkan dengan karakter geologi dan seismologi yang unik, dari 11 segmen (Sukmono *et al.*, 1997) hingga 20 segments (Sieh & Natawidjaja, 2000).



Gambar 1.2. Peta geometri 20 segmen Sistem Sesar Sumatra dan hubungan spasialnya dengan gunungapi aktif, graben mayor dan danau. (Sieh & Natawidjaja, 2000).

I.2. Fisiografi Regional

Menurut Darman & Sidi (2000) (Gambar 2.1), secara regional Pulau Sumatera dapat dibagi menjadi 5 unsur fisio-tektonik, yaitu punggungan busur-luar (*outer-arc ridge*), cekungan busur-depan (*forearc basin*), cekungan busur-belakang (*back-arc basin*), Pegunungan Bukit Barisan (*Barisan mountain range*) yang muncul di sepanjang Sistem Sesar Sumatra, dan cekungan antar-busur (*intra-arc basin*) yang hadir di sepanjang sesar tersebut.

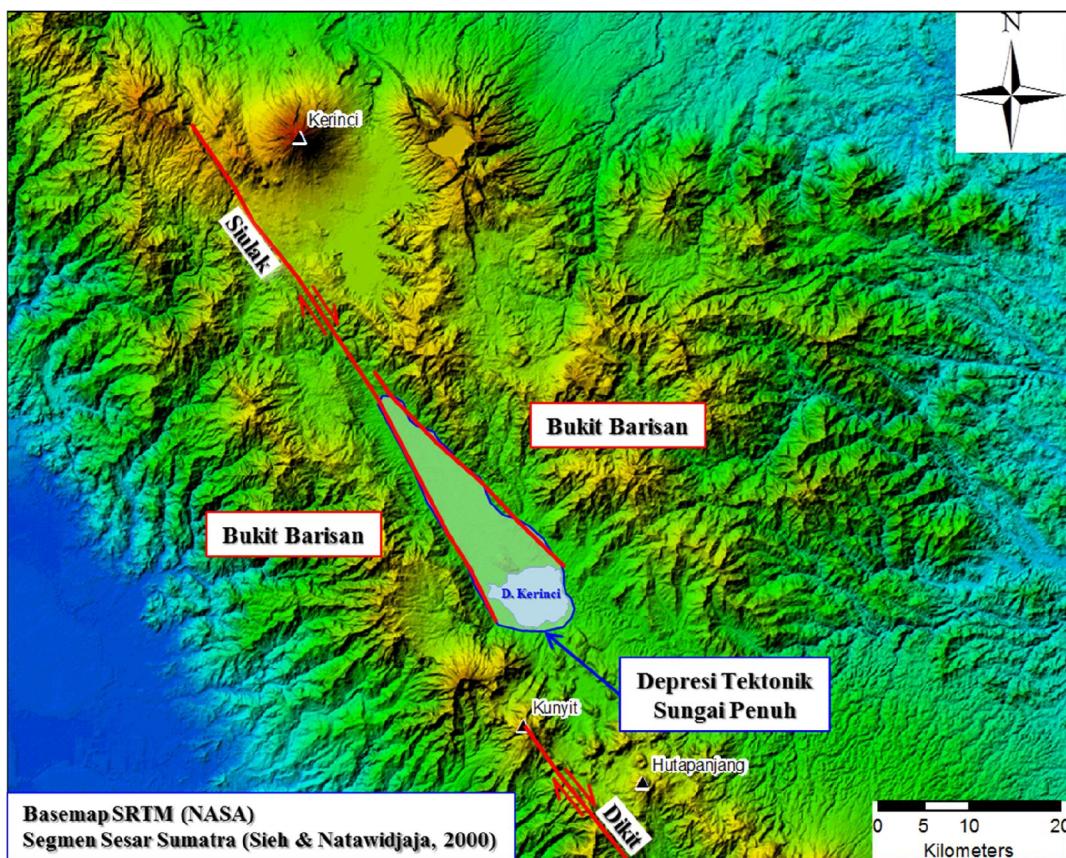


Gambar 1.3. Fisiografi Regional Pulau Sumatra (dimodifikasi dari Darman & Sidi, 2000).

Di lajur zona Bukit Barisan, aktifitas volkanisme tampak dominan, ditandai dengan kehadiran sekitar 50 pusat volkanisme Kuarter di sepanjang lajur Sesar Sumatera (Sieh & Natawidjaja, 2000). Hubungan antara volkanisme dengan aktifitas tektonisme Sesar Sumatera masih belum terlalu dipahami, sebagian kecil volkanisme

muncul tepat di sekitar zona aktif sesar saat ini, sebagian besar lainnya dijumpai terpisah hingga 20-40 km dari zona sesar.

Daerah prospek Semurup secara fisiografis terletak di Pegunungan Bukit Barisan. Morfologinya terdiri dari dua bentuk bentang alam yang sangat berbeda, yaitu dataran rendah dan morfologi Pegunungan Bukit Barisan di kedua sisinya. Dataran rendah Kerinci oleh beberapa penulis (Bemmelen, 1949; Westerfeld, 1952 dan Tjia, 1977) dianggap sebagai depresi tektonik atau cekungan struktur (graben) yang dibatasi oleh dua struktur utama dari sistem Sesar Sumatera. Depresi tektonik ini membentang pada arah baratlaut – tenggara searah dengan jurus umum sistem sesar Sumatera dengan lebar sekitar 10 km di sekitar danau Kerinci dan menyempit ke arah baratlaut (Gambar 2.2). Pegunungan Bukit Barisan merupakan bentukan satuan fisiografis batuan volkanik yang terbentuk dalam periode pra-Tersier.



Gambar 1.4. Fisiografi regional daerah di sekitar Depresi Tektonik Sungai Penuh Kerinci, Jambi. Depresi Tektonik Sungai Penuh berada di ujung Segmen Sesar Siulak berbatasan dengan Segmen Sesar Dikit.

I.3 Stratigrafi Regional

Stratigrafi daerah Semurup mengacu pada Peta Geologi Lembar Painan (Rosidi, dkk, 1996) - Peta Geologi Sungai Penuh (Kusnama, dkk, 1992), dimana perkembangan dari tua ke muda adalah sebagai berikut (Tabel 8.1):

Tabel 1.1. Stratigrafi Daerah Semurup (Dimodifikasi dari Peta Geologi Lembar Painan (Rosidi, dkk, 1996) - Peta Geologi Sungai Penuh (Kusnama, dkk, 1992)

UMUR GEOLOGI		STRATIGRAFI
KUARTER	HOLOSEN	Qa Qv QTp
TERSIER	PLISTOSEN	Tmk
	PLIOSEN	Tomh
	MOSEN	Tb
	OLIGOSEN	
	EOSEN	
	PALEOSEN	KJp
	KAPUR	
MESOZOIKUM	JURA	

1. Formasi Peneta (KJp)

Formasi Peneta berumur Jura-Kapur, terdiri dari litologi berupa serpih tufan dengan sisipan batugamping. Tebal minimum dari formasi ini ± 400 m. Formasi Peneta merupakan batuan dasar di daerah Sungai Penuh, dan kemungkinan tidak tersingkap ke permukaan pada daerah ini.

2. Formasi Bandan (Tb)

Formasi Bandan berumur Tersier Awal (Eosen), terdiri dari litologi berupa tuf padu, breksi gunungapi dan tuf konglomeratan. Matriks batuan berupa gelas, mineral lempung, kalsit dan feldspar. Tebal dari formasi ini mencapai ± 500 m. Diperkirakan formasi ini dimuntahkan dari celah Sesar Besar Sumatera. Penyebarannya memanjang berarah baratlaut-tenggara pada bagian barat daerah Semurup (Gambar 8.5).

3. Formasi Hulusimpang (Tomh)

Formasi Hulusimpang berumur Oligosen, terdiri dari lava, breksi gunungapi dan tuf terubah, bersusunan andesit, basal. Batuan Formasi Hulusimpang dikenal sebagai Undifferentiated Volcanic Rocks, belum diketahui pusat volkanismenya, apakah Formasi Hulusimpang berasal dari tubuh pusat volkanik tertentu atau beberapa tubuh volkanik. Tebal dari formasi ini 700 m. Kemungkinan Formasi Hulusimpang tidak dijumpai singkapannya di daerah ini.

4. Formasi Kumun (Tmk) / Miosen – Pliosen:

Formasi Kumun berumur Miosen – Pliosen, terdiri dari batupasir, konglomerat, breksi, sisipan lignit dan tuf. Tebal dari formasi ini ± 300 m. Formasi Kumun tersingkap di bagian timur daerah semurup dan berada pada Sesar Sumatera.

5. Granodiorit – Granit Sungai Penuh (Tpgds – Tpgr)

Granodiorit dan Granit Sungai Penuh ini diperkirakan berumur Tersier Akhir (Pliosen), dan merupakan batuan intrusi yang menerobos formasi-formasi yang lebih tua. Penyebaran dari Granodiorit dan Granit Sungai Penuh ini di bagian timur daerah Semurup dan berada pada Sesar Sumatera.

6. Basal (Tpb)

Basal yang tersingkap di daerah ini diperkirakan berumur Pliosen, dengan litologi basal terkersikkan dan tergerus. Batuan ini merupakan batuan intrusi yang tersingkap di bagian tengah daerah Semurup.

7. Formasi Pengasih (QTp)

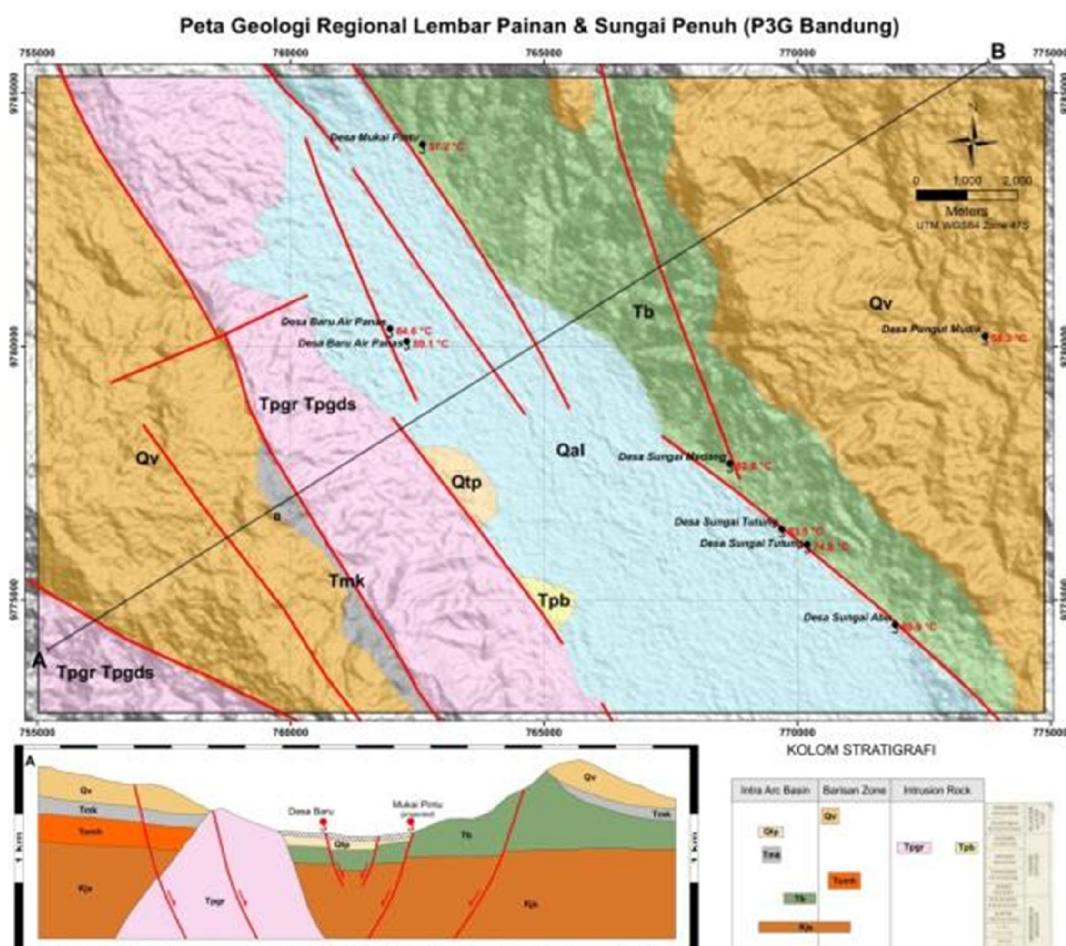
Formasi Pengasih berumur Pleistosen, terdiri dari litologi berupa batulempung, batulanau, batupasir pumisan dan batulanau, batulempung dengan sisa tanaman, sisipan lignit dan batugamping. Tebal dari formasi ini diperkirakan 250 m. Penyebaran Formasi Pengasih di daerah Semurup berada di bagian Tengah.

8. Batuan Gunungapi Andesit-Basal (Qv)

Batuan Gunungapi Andesit-Basal ini berumur Holosen, terdiri dari lava bersusunan andesit-basal, tuf dan breksi lahar. Diperkirakan batuan ini berasal dari Gunung Kebongsong (Qvk) dan Gunung Bungkuk (Qvb). Formasi ini tersebar luas di bagian timur daerah Semurup.

9. Endapan Aluvial (Qa)

Endapan aluvial berumur Holosen-Recent, terdiri dari bongkah, kerikil, pasir, lempung, lumpur dan lanau. Tersebar luas di bagian tengah daerah Semurup.

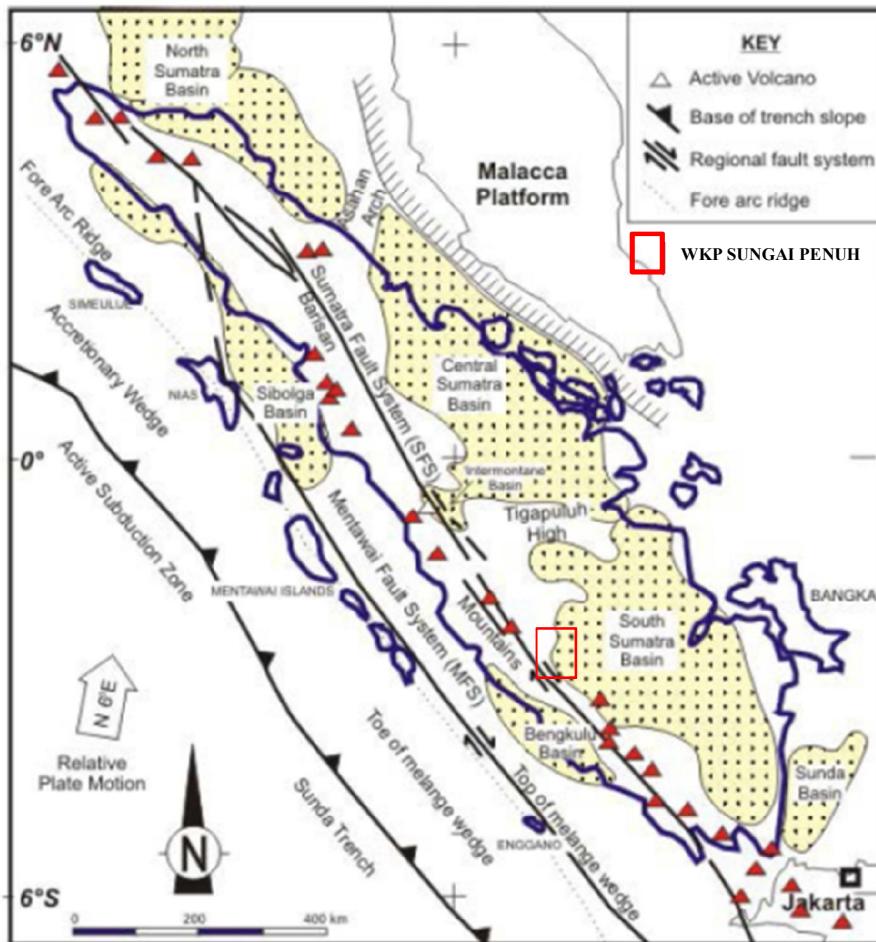


Gambar 1.5. Peta Geologi Daerah Semurup (Dimodifikasi dari Peta Geologi Lembar Painan (Rosidi, dkk, 1996) - Peta Geologi Sungai Penuh (Kusnama, dkk, 1992)

I.4. Struktur Geologi Regional

Daerah Semurup terletak di sepanjang Sistem Sesar Sumatera, trend struktur berarah *Utara Barat Laut – Selatan Tenggara (NNW-SSE)* sepanjang lebih dari 1.900

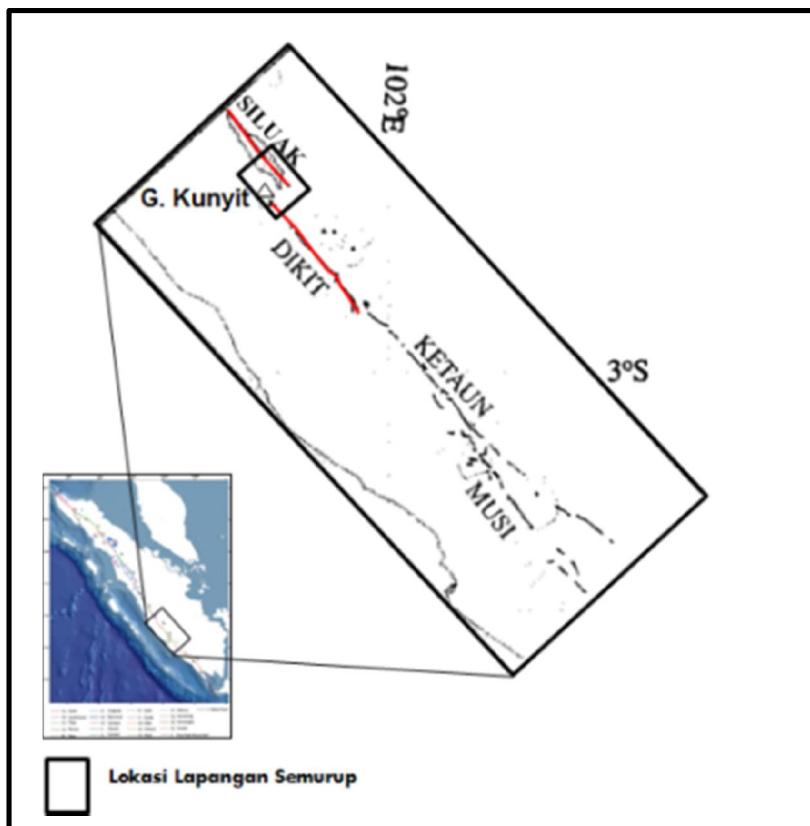
km. Sistem Sesar Sumatra sejajar dengan *Zona Subduksi*, *Sesar Geser Kanan*, berasosiasi dengan Subduksi *Oblique*. Di sepanjang sesar sumatra terbentuk aktivitas vulkanik yang juga menjadi faktor pembentukan Bukit Barisan. Zona Wadati-Benjoff (*Hypocentres Gempa*) memiliki kemiringan 30-40° dengan kedalaman sampai 200 km (Gambar. 8.6).



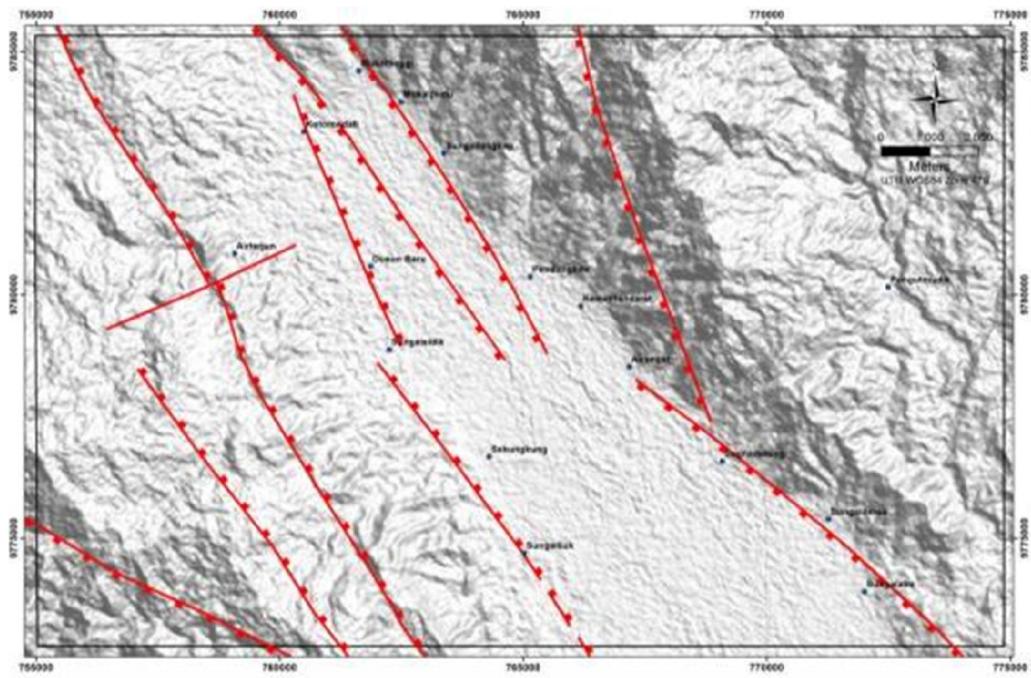
Gambar 1.6. Daerah Semirup yang termasuk di dalam WKP Kerinci berada di dalam Sumatera Fault System (SFS).

Pegunungan Bukit Barisan yang terbentang sepanjang sumbu Pulau Sumatera dicirikan oleh sesar-sesar yang dikenal sebagai sistem sesar Sumatera. Sistem sesar ini merupakan sesar yang terpotong-potong menjadi beberapa segmen yang tersusun secara “en echelon”. Di daerah kajian segmen tersebut membentuk depresi yang disebut sebagai Depresi Kerinci (Westerfeld, 1952), dimana depresi tersebut diapit oleh sejumlah sesar yang oleh Tjia (1977) disebut sebagai sesar Siulak.

Daerah Semurup terletak di pertemuan antara Segmen Dikit dengan Segmen Siluak, Sistem Sesar Sumatra (SFS) (Sieh & Natawidjaja, 2000). SFS merupakan geser menganan berarah NW-SE yang berkaitan dengan penunjaman *oblique* Lempeng Samudra Hindia di bawah Lempeng Benua Eurasia. Tumpang tindih antara segmen Dikit dan segmen Siluak menghasilkan zona depresi Kerinci (D. Kerinci) (Gambar 8.7).



Gambar 1.7. Daerah Semurup yang berada di pertemuan antara Segmen Dikit dengan Segmen Siluak.



Gambar 1.8. Struktur Geologi Daerah Semurup (Dimodifikasi dari Peta Geologi Lembar Painan-Sungai Penuh P3G)

BAB II

GEOLOGI DAERAH SEMURUP

II.1. Geomorfologi Daerah Telitian

Secara detail, satuan geomorfologi daerah penelitian diturunkan dari bentuk morfologi sebagaimana yang dipaparkan di atas. Terdapat total sembilan satuan geomorfologi pada daerah penelitian yang penjelasannya sebagai berikut (PSD PGE, 2013),

a. Pegunungan Blok Sesar Bt. Batujung

Satuan ini terletak pada bagian timur, memanjang baratlaut-tenggara dengan pelamparan 26% dari total luas area daerah penelitian. Pada lereng sebelah barat terlihat kenampakan bentuk faset segitiga yang merupakan gawir dari sesar geser-normal segmen Sesar Siulak. Pegunungan ini terpotong oleh sungai-sungai dengan pola aliran paralel yang bermuara pada sungai besar di lembah Sungai Penuh. Topografi satuan ini menunjukkan relief yang kasar, tebing yang sangat curam serta lereng yang terjal. Satuan ini tersusun oleh batuan dengan jenis litologi breksi.

b. Perbukitan Intrusi Sungai Penuh

Perbukitan intrusi Sungai Penuh terletak pada bagian barat, memanjang baratlaut tenggara dengan pelamparan 16% dari total luas area daerah penelitian. Satuan geomorfologi ini tersusun oleh intrusi batuan beku. Penyebaran batuan intrusi ini terlihat sangat terkontrol oleh segmen Sesar Siulak dan memiliki tebing yang curam. Zona ini berupa pegunungan yang terpotong oleh sungai-sungai dengan pola aliran paralel yang bermuara pada sungai besar di lembah Sungai Penuh.

c. Dataran Antar Perbukitan Sungai Penuh

Satuan ini terletak pada bagian tengah dengan pelamparan 24% dari total luas area daerah penelitian. Dataran ini dicirikan oleh morfologi dataran yang memiliki relief halus dan diapit oleh dua pegunungan di sebelah barat dan timurnya. Pada dataran ini juga bermuara sungai-sungai dari kedua pegunungan tersebut yang membawa material hasil erosi. Seluruh sungai di lembah ini pada akhirnya bermuara di Danau Kerinci yang terletak di bagian selatan dataran ini tetapi sudah berada di luar daerah penelitian.

d. Satuan Perbukitan Vulkanik Pungut

Satuan ini terdiri dari daerah lembah yang dikelilingi oleh punggungan berbentuk sirkular (*arc shape*) di bagian timurnya. Satuan ini terletak di bagian timur tepatnya di daerah Pungut Mudik dengan pelamparan sekitar 8% dari total luas area daerah penelitian. Aliran sungai berpola radial sentrifugal dan bermuara pada satu sungai induk. Lembah ini diperkirakan sebagai sisa aktifitas gunungapi yang telah mengalami erosi lanjut. Terdapat pula indikasi bahwa lembah ini merupakan sisa dari sebuah kaldera.

e. Satuan Perbukitan Vulkanik G. Selasih

Satuan ini terletak di bagian barat dengan pelamparan sekitar 14% dari total luas area daerah penelitian. Kenampakan kerucut G. Selasih masih dapat diamati pada peta topografi dengan aliran sungai berpola radial sentripetal. Litologi penyusun satuan ini berupa batuan vulkanik yaitu lava, breksi dan tuf.

f. Satuan Perbukitan Vulkanik G. Talang

Satuan ini terletak di bagian baratdaya daerah penelitian yang menempati sekitar 5% luas area daerah penelitian. Kenampakan pada satuan ini berupa perbukitan terbiku (*bisected*) dengan lembah yang curam. Litologi penyusun satuan ini berupa batuan intrusi (granodiorit).

g. Satuan Kerucut Vulkanik Hyang

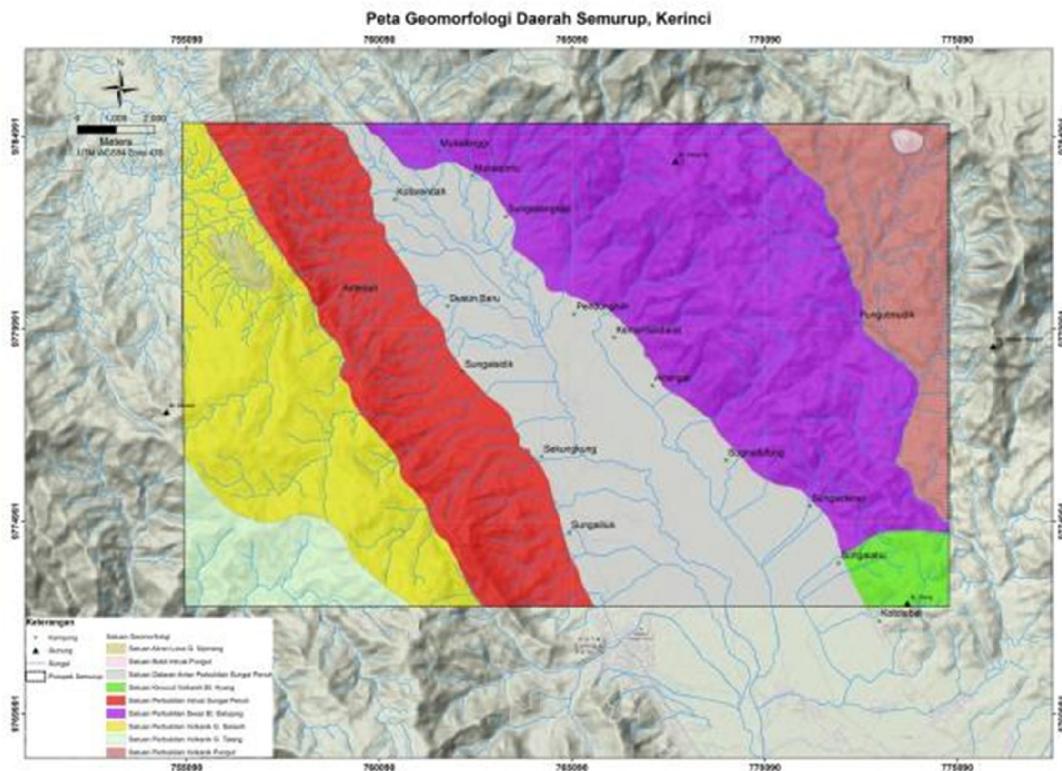
Satuan ini terletak di bagian tenggara daerah penelitian yang menempati sekitar 1% luas area daerah penelitian. Satuan ini dicirikan dengan bentuk morfologi kerucut landai yang telah tererosi lanjut tetapi kenampakan bentuk kerucut gunung api. Pola aliran sungai radial sentripetal. Litologi penyusun satuan ini berupa lava andesit dan tuf. Zona ini ditafsirkan sebagai bentangalam kerucut gunungapi.

h. Satuan Bukit Intrusi Pungut Mudik

Morfologi ini menampakkan bentuk gunungapi terisolasi dengan relief yang halus. Penyebaran satuan ini sekitar 4%. Terletak di bagian timurlaut daerah penelitian dan di antara satuan Perbukitan Vulkanik Pungut. Satuan ini diduga memiliki litologi yang sama dengan satuan Perbukitan Vulkanik Pungut, namun ditafsirkan sebagai gunungapi parasit yang memiliki diatrema tersendiri.

i. Satuan Kerucut Lava G. Sipinang

Satuan kedua adalah *satuan morfologi* *Bukit Terisolir G. Sipinang* di bagian baratlaut daerah penelitian. Bentuk sirkular morfologi ini lebih lonjong dibandingkan satuan *Bukit Intrusi Pungut*. Satuan ini melampir sekitar 2% dari keseluruhan daerah penelitian.



Gambar 2.1. Peta geomorfologi daerah penelitian (Geologi PGE, 2013).

II.2. Vulkanostatigrafi Daerah Telitian

Daerah penelitian berada pada daerah perbukitan, dimana batuan yang menyusun daerah penelitian didominasi oleh batuan volkaniklastik, lava, dan intrusi. Satuan batuan dibagi berdasarkan karakter fisiknya serta kemungkinan lokasi sumber erupsinya. Beberapa satuan batuan yang ditemukan terlihat telah terubah mengalami proses hydrothermal, dan membentuk zona alterasi yang setempat-tempat, tidak meluas. Namun secara umum batuan terlihat masih segar, tidak mengalami alterasi.

Berikut ini penjelasan secara rinci masing-masing satuan batuan yang telah diurutkan sesuai dengan umur relatif berdasarkan hubungan volkanostratigrafinya (Geologi PGE, 2013),

a. Satuan Volkaniklastik Kumun (Tmk)

Satuan ini terdapat di bagian barat daerah penelitian. Secara keseluruhan pelamparan satuan ini mencakup 7% dari total luas daerah penelitian. Daerah pelamparan di sekitar Desa Air Terjun sampai dengan daerah Sekungkung di bagian selatan. Singkapan batuan yang serupa juga dijumpai di bagian utara daerah penelitian di daerah Simpang Tutup. Satuan ini terdiri atas batuan volkaniklastik berukuran boulder – lempung, dengan litologi berupa perselingan breksi, konglomerat, batupasir dan batulempung dengan sisipan lignit secara setempat. Fragmen utama penyusun breksi dan konglomerat adalah batuan beku (andesit, diorit, dan granodiorit). Secara umum pola pengendapan menghalus ke atas berurutan dari breksi – konglomerat, batupasir dan batulempung.

Hasil analisa sayatan tipis pada litologi batupasir menunjukkan material penyusun didominasi oleh material volkanik. Pada satuan ini tidak ditemukan adanya fosil yang bisa digunakan sebagai penunjuk umur. Berdasarkan ciri-ciri fisiknya, satuan ini bisa disejajarkan dengan Formasi Kumun (Tmk) pada Peta Geologi Lembar Sungaipenuh & Ketaun (Kusnama et al.,1993) yang berumur Miosen.

b. Satuan Breksi Batujung (Tomb)

Satuan ini tersebar di bagian timur daerah penelitian, menempati daerah perbukitan Batujung yang memanjang dari Desa Mukai Pintu di utara sampai S. Abu di selatan. Secara keseluruhan pelamparan satuan ini mencakup 10% dari total luas daerah penelitian. Satuan ini tersusun atas breksi polimik dengan matriks tuf dan gelas berwarna abu-abu cerah hingga putih. Komposisi fragmen berupa litik dan mineral berukuran lapili. Pada singkapan yang kondisinya relatif segar, breksi umumnya sangat kompak. Litik tuf *welded* berwarna putih, berbentuk meruncing dan menunjukkan struktur *welded*. Litik batuan beku berwarna coklat kehijauan dan teralaterasi intensif, meruncing. Litik basalt berwarna hitam, massa dasar berukuran afanit, litik ini hadir dengan ukuran 1-3 cm.

Di bagian selatan di STA SRD-4.1 juga dijumpai tuf kristal. Kehadiran tuf juga tampak pada STA IWN-3.4 dan IWN-3.8 berupa tuf litik dan tuf kristal yang telah mengalami alterasi dengan mineral pengganti smektit (melimpah) dan zeolit, hematit (jarang). Hasil analisa sayatan tipis sampel batuan STA VDM-12.4 menunjukkan breksi tuf ini telah mengalami ubahan hidrothermal dengan kehadiran mineral smektit.

c. Satuan Granodiorit Sungaipenuh (Tpgs)

Satuan Granodiorit Sungaipenuh berada di bagian barat daerah penelitian. Batuan ini tersingkap cukup luas sepanjang bukit sebelah barat Sungaipenuh, mulai dari daerah Siulak di utara hingga daerah S. Talang di bagian selatan daerah penelitian. Kondisi granodiorit mulai dari yang fresh berwarna abu-abu gelap kehijauan, hingga kondisi sangat lapuk. Secara umum litologi ini membatasi antara endapan aluvial dan satuan lava dan breksi di bagian barat daerah penelitian. Singkapan granodiorit, warna abu hingga gelap, segar hingga agak lapuk, fanerik, terdiri dari mineral kuarsa yang melimpah (ukuran ada yang mencapai hingga 2 cm), fenokris tertanam dalam masa dasar mineral mafik, subhedral, plagioklas, gelas, ekigranular.

Hasil analisa sayatan tipis sampel batuan dari STA WLD-5.5 menunjukkan mineral primer penyusun batuan didominasi oleh kuarsa (40%), ortoklas (20%), dan sisanya muskovit (17%), biotit (13%), dan plagioklas (12%). Batuan telah mengalami sedikit ubahan hidrothermal ditandai dengan kehadiran mineral klorit.

Untuk mengetahui umur absolut dari granodiorit Sungaipenuh diambil 3 sampel dari lokasi yang berbeda untuk dianalisa *dating* K-Ar. Analisa dating tidak dapat dilakukan karena hasil petrografi dari ketiga sampel tersebut menunjukkan batuan telah mengalami alterasi. Batuan yang telah mengalami alterasi akan menunjukkan umur yang lebih muda dari yang seharusnya. Umur granodiorit Sungaipenuh menurut peneliti sebelumnya, yaitu Kusnama et al. (1993) adalah 2 dan 5 Ma. Data tersebut didapatkan dari hasil analisa *dating* K/Ar dua sampel batuan granit dengan nomor sampel SI/06. Kisaran umur 2-5 Ma setara dengan **Pliosen Tengah – Akhir**.

d. Satuan Lava dan Tuf Hyang (Tph)

Satuan ini terdapat di bagian selatan aerah penelitian. Secara keseluruhan pelamparan satuan ini mencakup 5% dari total luas daerah penelitian. Daerah pelamparan di sekitar desa Hyang. Satuan ini tersusun atas lava andesit yang diendapkan di atas tuf batuapung. Lava andesit berwarna abu kecoklatan, sedang-keras, Fenokris Qz 10%, plag 2%, pyroxene 3%. Masa dasar mafik berwarna abu kemrahan, silisified<<. Terdapat bolder dengan kondisi batuan yang lebih fresh pada dataran disekitar singkapan. Litologi tuff yang ditemukan berupa dari tua ke muda Tuff (putih), Tuff (kemerahan), Tuff (Kekuningan), Tuff (Kemerahan), Konglomerat, paleosoil, Soil. Tuff (putih), berwarna putih, lunak, ub: clay-psrls, t=20cm, fresh, kontak dengan Tuff (kemerahan N 301 E/24, tuff (kemerahan) berwarna coklat kemerahan, lunak, ub:psrls. Tuff (Kekuningan) berwarna coklat kekuningan, lunak, ub:psrksr. Tuff (kemerahan) berwarna kemerahan, lunak, ub:psrksr, terdapat veinlet-veinlet terisi kalsit yang telah lapuk. Konglomerat berwarna kuning kecoklatan, lunak-sedang, sedikit lapuk, fragmen rounded, di dalam fragmen terdapat gelas vulkanik, terdapat vuggy terisi mineral kuarsa.

e. Satuan Breksi dan Tuff Bukit Selasih (Qvps)

Satuan breksi dan tuf Bukit Selasih tersebar di bagian barat daerah penelitian. Secara keseluruhan pelamparan satuan ini mencakup 10% dari total luas daerah penelitian. Daerah pelamparan meliputi daerah Trans, S. Sidik, Sekungkung, S. Liuk dan Pauh di bagian selatan. Breksi vulkanik dengan matriks tuf, fragmen polimik yang terdiri dari batuan beku, tuf. Sedangkan tuf dengan matriks halus, berwarna putih, fragmen didominasi oleh pecahan batuapung dengan sortasi buruk. Tuf dengan dominasi fragmen batuapung dijumpai di STA IWN-6.3, WLD-6.4 dan IWN-7.3. Pada STA lain seperti IWN-7.2, tuf didominasi oleh fragmen dan matriks vitrik.

Pada STA WLD-6.4 dilakukan dua analisa petrografi, yaitu WLD-6.4.A dan WLD-6.4.B. Berdasarkan analisa petrografi pada stasiun pengamatan WLD-6.4.A menunjukkan komposisi gelas vulkanik sebagai matriks mencapai 80% dan fragmen menunjukkan komposisi plagioklas 19% dan fragmen batuan lain 1%, dimana komponen primer batuan telah terubah menjadi kuarsa dan mineral lempung. Sedangkan pada sampel WLD-6.4.B menunjukkan matriks yang

tersusun oleh komposisi gelas vulkanik mencapai 97% dengan struktur banded dan fragmen berupa mikrokristal 3% dengan ukuran <0,03 mm.

f. Satuan Lava Andesit Bukit Selasih (Qvls)

Satuan ini berada dibagian paling barat daerah penelitian. Berada di sekitar bukit Tapan dan bukit tebat Gadang yang merupakan elevasi tinggi di daerah prospek penelitian. Secara keseluruhan pelambaran satuan ini mencakup 10% dari total luas daerah penelitian. Singkapan lava ini tersingkap baik di STA WLD-6.2 dan WLD-6.3. Diperkirakan pelambaran lava ini sampai hingga daerah sungai Talang dibagian selatan daerah penelitian, yang ditandai dengan munculnya litologi tersebut pada LP. SRD-10.2. Sumber erupsi dari lava ini diperkirakan berasal dari Bukit Tapan yang berada di bagian barat diluar batas prospek Semurup. Singkapan lava andesit, abu tua, segar, porfiritik, inekuigranular, dimensi 30 cm x 2 m, masa dasar mineral felsik, fenokris kuarsa dan plagioklas, melimpah, plagioklas mengalami ubahan terkloritisasi. Kontak antara batuan lava dengan breksi piroklastik terdapat di daerah sekitar Tebat Gadang, kedudukan diketahui berarah N145° E72°.

Analisa petrografi yang dilakukan dari sampel batuan pada stasiun pengamatan WLD-6.1 yang tampak fresh di singkapan, setelah dianalisa menunjukkan bahwa batuan andesite bukit tapan telah mengalami pelapukan. Massa dasar batuan mempunya komposisi plagioklas 45%, piroksen 3% dan gelas vulkanik 35%. Fenokris berupa plagioklas 10%; piroksen 7%. Tidak terlihat adanya jejak alterasi yang terdapat dalam tubuh batuan.

g. Satuan Tuf Mukai (Qvm)

Satuan ini terdapat di bagian utara daerah penelitian. Secara keseluruhan pelambaran satuan ini mencakup 3% dari total luas daerah penelitian. Daerah pelambaran di sekitar Desa Mukai. Litologi berupa perselingan tuf, warna abu-abu, coklat, merah, ukuran butir 1 mm - 2 cm, agak membundar, terpilah buruk, terbuka, fragmen andesit basaltis, andesit.

h. Satuan Lava Andesit Pungut (Qvlp)

Satuan lava andesit Pungut terletak di bagian paling timur daerah penelitian, mencakup daerah di sebelah timur dan utara Desa Pungut Mudik. Satuan ini menempatu 12% dari total luas daerah penelitian. Singkapan lava andesit

dijumpai di STA GRP-13.3 berada pada tebing yang cukup curam di pinggir jalan menuju Desa Ranah Pemutik. Batuan andesit, berwarna abu-abu gelap, porfiritik, vesikuler, terdapat rekahan, disusun oleh mineral plagioklas, kuarsa, piroksen yang tertanam dalam massa dasar afanitik.

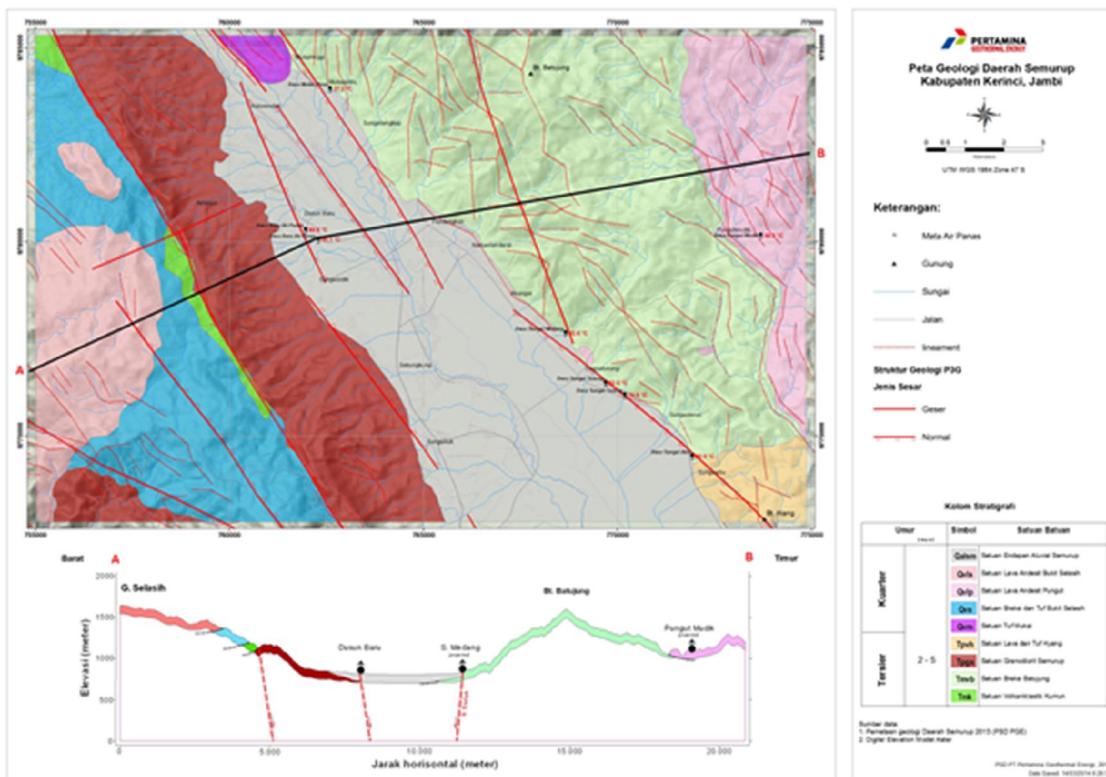
Hasil analisa petrografi sampel batuan GRP-13.3 menunjukkan jenis batuan andesit piroksen dengan tekstur porfiritik, terdiri atas plagioklas (27%), piroksen (13%) di dalam massa dasar mikrokristal plagioklas (35%) dan gelas vulkanik (20%).

Di Desa Pungut Mudik terdapat beberapa bongkah andesit dengan ukuran cukup besar (STA STN-9.3). Lava andesit berwarna abu-abu gelap, struktur aliran, porfiritik, mineral gelas dan terdapat kalkopirit setempat. Hasil analisa petrografi batuan ini menunjukkan jenis batuan andesit yang tersusun atas plagioklas (35%), piroksen (8%), hornblend (2%) di dalam massa dasar gelas vulkanik (45%) dan mikrokristal plagioklas (5%).

i. Satuan Endapan Aluvial Semurup (Qals)

Satuan ini diperkirakan merupakan satuan yang paling muda yang terdapat di daerah penelitian. Satuan ini berada di bagian tengah daerah penelitian menempati dataran lembah Sungaipenuh. Litologi penyusun satuan ini adalah tuf dan konglomerat. Tuf berwarna abu-abu kebiruan, berukuran tuf halus-kasar, tersusun atas mineral kuarsa dan fragmen litik. Tuf berwarna coklat, berukuran tuf kasar-lapili, tersusun atas mineral kuarsa hasil pelapukan batuan dan fragmen litik. Ukuran kristal kuarsa yang cukup besar ($> 5\text{mm}$) dan lokasi yang berdekatan dengan granodiorit Semurup, diperkirakan mineral kuarsa tersebut berasal dari hasil pelapukan batuan granodiorit yang ada di pegunungan timur lembah Sungaipenuh. Batuan konglomerat, terdapat disekitar Sungai Siulak, Desa Siulak. Batuan konglomerat, berwarna coklat, tersusun atas fragmen batuan beku (andesit, diorit, granit), batuan metamorf, batupasir, batulempung berukuran kerikil sampai boulder, belum terkompaksi.

Berdasarkan dari hasil analisis yang batuan yang dilakukan, maka dibuat peta geologi berdasarkan vokanostratigrafi. Berikut ini adalah peta geologi hasil analisis dan interpretasi volvanostratigrafi yang telah dilakukan.



Gambar 2.2. Peta Geologi Daerah Semurup (Geologi PGE, 2013)

II.3. Struktur Geologi Semurup

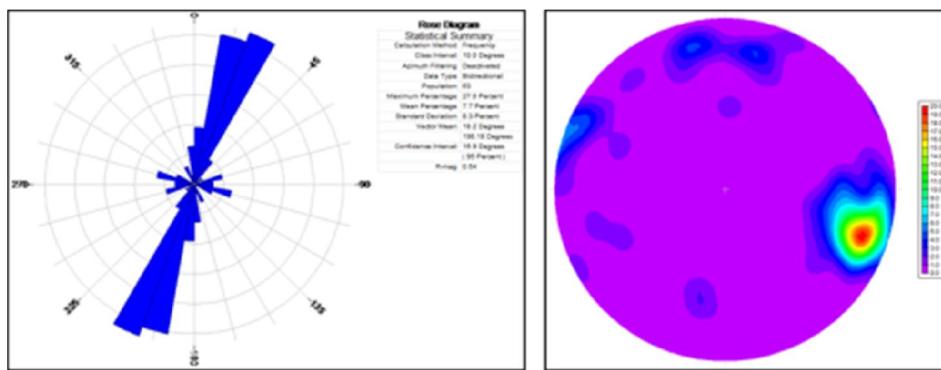
Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan interpretasi terhadap pola kelurusan pada citra satelit, pola kontur pada peta topografi, dapat diidentifikasi bahwa struktur geologi yang mengontrol morfologi daerah Semurup adalah struktur sesar mendatar yang merupakan bagian dari sesar Sumatera yaitu, segmen Siulak. Keberadaan sesar-sesar di lapangan diindikasikan oleh kenampakan kekar-kekar, triangular faset dan pola kelurusan dari tebing-tebing.

Berdasarkan data pengukuran kekar, breksiasi dan kelurusan yang sudah dikelompokkan berdasarkan lokasi dan genetiknya kemudian diinterpretasi seperti dibawah ini :

1. Daerah Koto Tebat

Singkapan struktur di lokasi ini terdapat di kaki bukit dengan kondisi yang sudah mulai lapuk. Struktur geologi yang dijumpai berupa shear fracture dan gash fracture.

Dari hasil pengamatan di lapangan terlihat bahwa gash fracture tampak memotong shear fracture, diperkirakan bahwa gash fracture berumur lebih muda dibandingkan dengan shear fracture. Kelompok kedudukan shear fracture terlihat hadir lebih dominan dan berpasangan. Gash fracture terisi oleh mineral kalsit dengan rata-rata ketebalan ± 5 cm.



Gambar 2.3. Diagram Rossete dan schmidtnet Komponen Kompresi Kekar Koto Tebat

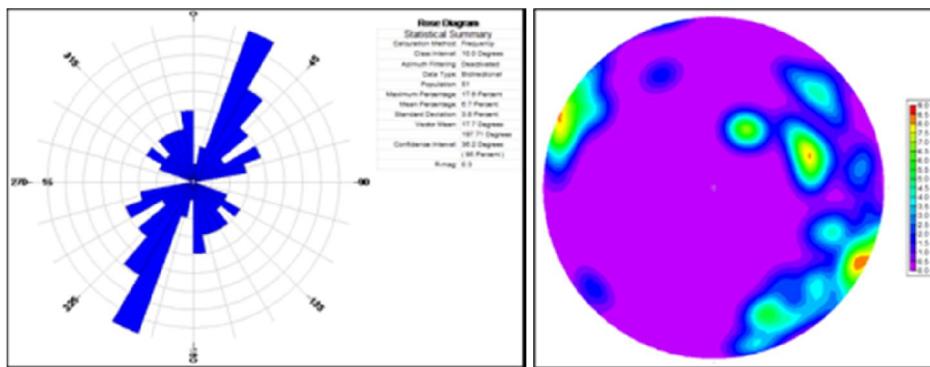
Dari hasil plotting dan analisa data struktur di daerah Koto Tebat, menunjukkan gaya pembentuk shear fracture berarah NW-SE, dan gaya pembentuk gash fracture berarah NE-SW. Perbedaan kedua arah gaya tersebut dapat ditafsirkan dalam satu periode/fase tektonik, dimana hal ini dapat terjadi bila gaya kompresi pergerakan dua segmen sesar berarah baratlaut-tenggara menyebabkan retakan ekstensi pada bagian tengah segmen. Pada saat yang relatif bersamaan, bagian tengah kedua segmen tersebut akan mengalami gaya tekan keluar akibat beban massanya yang mengarah timurlautbaratdaya, dimana gaya gravitasi tersebut akan menghasilkan kekar gerus dengan pasangan NE-SW.



Gambar 2.4. Kenampakan struktur geologi di daerah Koto Tebat

2. Daerah Hyang

Stasiun pengambilan data struktur ini berada pada aliran sungai dan berada di kelokan sungai. Terdapat banyak struktur geologiberupa kekar di tubuh batuan, diperkirakan merupakan zona sesar. Terdapat 3 trend bidang struktur yang dijumpai, dimana trend NW-SE di perkirakan struktur yang lebih tua dibandingkan dengan trend struktur yang berarah NE-SW.



Gambar 2.5. Diagram Rossete dan schmidnet Komponen Kompresi Kekar Hyang

Dari keseluruhan data yang didapat dari pengukuran, data tersebut dibagi kedalam dua komponen yaitu komponen kompresi dan komponen ekstensi untuk kemudian dimasukkan ke dalam diagram *rossete*. Pada komponen kompresi berarah NW-SE dengan maksima antara 150° - 180° , dan pada komponen ekstensi berarah relatif NE-SW dengan maksima antara 15° - 40° .



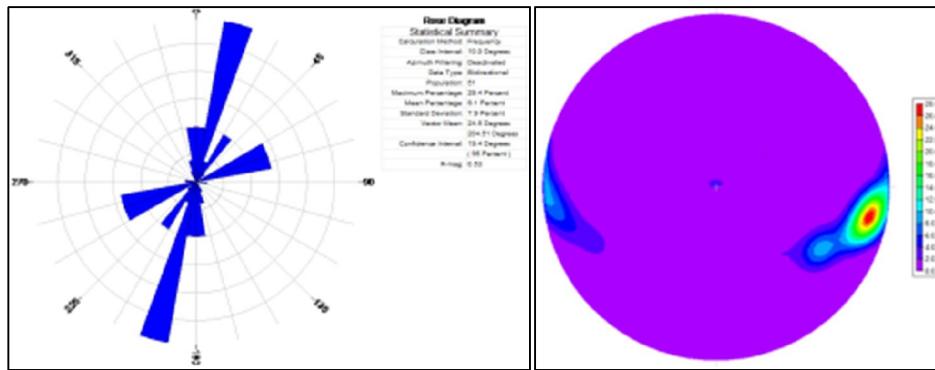
Gambar 2.6. Kenampakan struktur geologi di daerah Hyang

3. Daerah Pungut Hilir

Pada stasiun pengamatan ini, struktur geologi berupa kekar-kekar yang terlihat memotong batuan vulkanik.



Gambar 2.7. Kenampakan struktur geologi di daerah Pungut Hilir

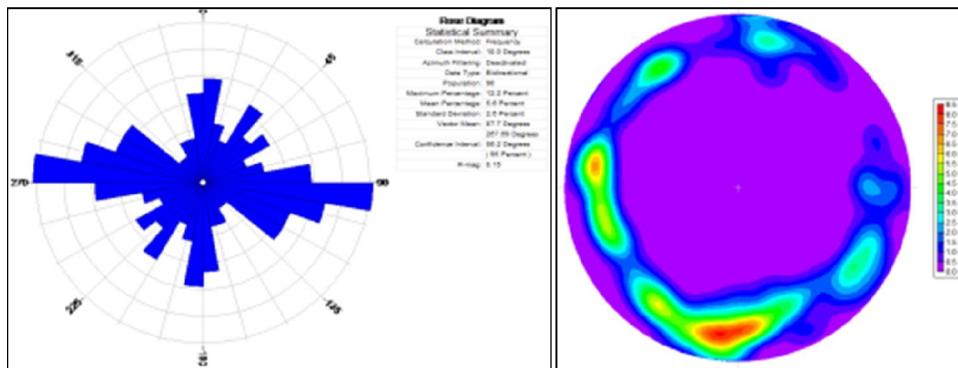


Gambar 2.8. Diagram Rossete dan schmidtnet Komponen Kompresi Kekar Pungut Hilir.

Dari keseluruhan data yang didapat dari pengukuran, data tersebut dibagi kedalam dua komponen yaitu komponen kompresi dan komponen ekstensi untuk kemudian dimasukkan ke dalam diagram *rossete*. Pada komponen kompresi berarah ENE-WSW dengan maksima antara 60° - 75° , dan pada komponen ekstensi berarah relatif NE-SW dengan maksima antara 15° - 20° .

4. Daerah Air Anget

Pada stasiun pengamatan di daerah ini, terlihat bahwa struktur geologi berupa kekar memotong batuan breksi tuff, kehadiran struktur didaerah ini juga dicirikan pula oleh kehadiran beberapa air terjun di sekitar daerah Air Anget. Dari keseluruhan data yang didapat dari pengukuran, data tersebut dibagi kedalam dua komponen yaitu komponen kompresi dan komponen ekstensi untuk kemudian dimasukkan ke dalam diagram *rossete*. Pada komponen kompresi berarah N-S dengan maksima antara 0° - 10° , dan pada komponen ekstensi berarah relatif W-E dengan maksima antara 90° - 105° .



Gambar 2.9. Diagram Rossete dan schmidnet Komponen Kompresi Kekar Air Anget.



Gambar 2.10. Kenampakan struktur geologi di daerah Air Anget

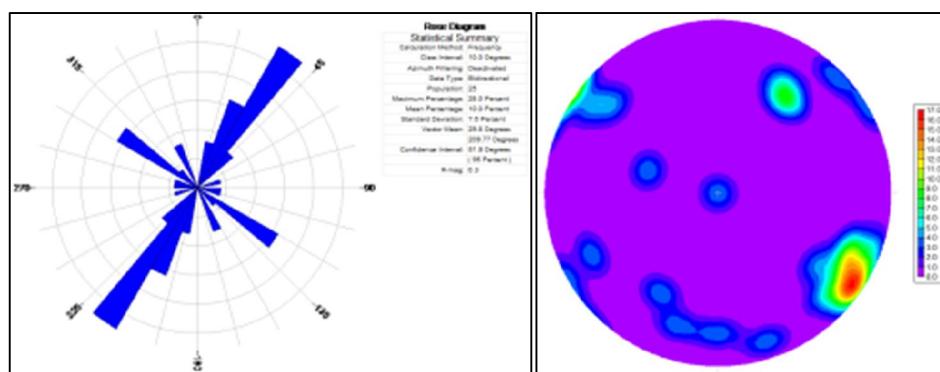
5. Daerah Trans-Siulak

Pada stasiun pengamatan di daerah ini, terlihat bahwa struktur geologi berupa kekar memotong batuan vulkanik dan batuan intrusi. Terdapat dua arah trend yang terlihat dari hasil analisa kekar, yaitu berarah NE-SW dan NW-SE, terlihat bahwa arah NE-SW lebih mendominasi trend strukturyang berkembang di

daerah Siulak. Dari keseluruhan data yang didapat dari pengukuran, data tersebut dibagi kedalam dua komponen yaitu komponen kompresi dan komponen ekstensi untuk kemudian dimasukkan ke dalam diagram *rossete*. Pada komponen kompresi berarah N-S dengan maksima antara 290° - 300° , dan pada komponen ekstensi berarah relatif W-E dengan maksima antara 210° - 220° .



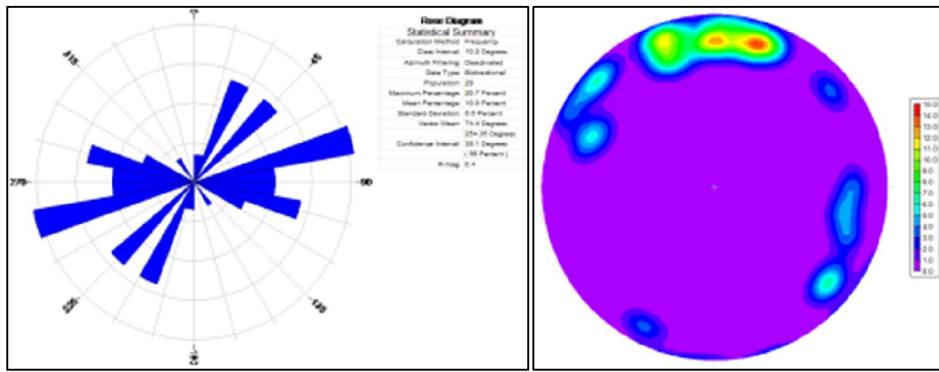
Gambar 2.11. Kenampakan struktur geologi di daerah Trans Siulak.



Gambar 2.12. Diagram Rossete dan schmidnet Komponen Kompresi Kekar Trans-Siulak

6. Daerah Air Terjun

Pada stasiun pengamatan di daerah ini, terlihat struktur geologi berupa kekar memotong batuan vulkanik dan batuan intrusi kehadiran struktur didaerah ini juga dicirikan pula oleh kehadiran beberapa air terjun di sekitar daerah Air Terjun. Terdapat arah trend yang terlihat dari hasil analisa kekar, yaitu berarah ENE-WSW.



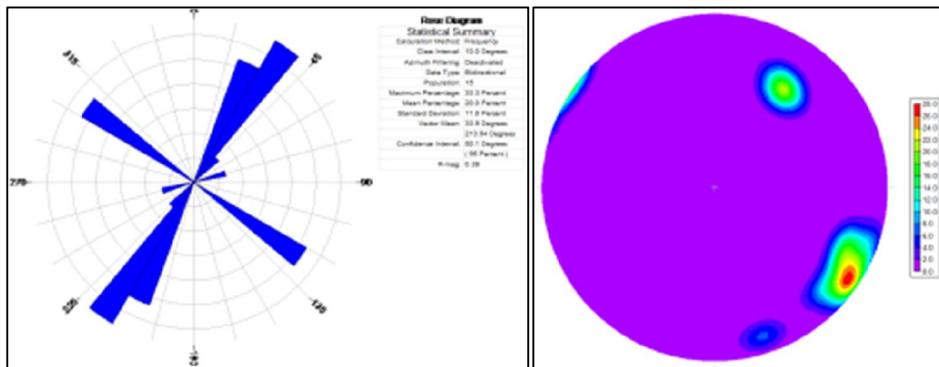
Gambar 2.13. Diagram Rossete dan schmidtnet Komponen Kekar Air Terjun.



Gambar 2.14. Kenampakan struktur geologi di daerah Air Terjun.

7. Daerah Sungai Sidik

Pada stasiun pengamatan di daerah ini, terlihat struktur geologi berupa kekar memotong batuan intrusi kehadiran struktur didaerah ini juga dicirikan pula oleh kehadiran beberapa air terjun di sekitar daerah Air Terjun. Terdapat dua arah trend yang terlihat dari hasil analisa kekar, yaitu berarah NE-SW dan NW-SE.



Gambar 2.15. Diagram Rossete dan schmidnet Komponen Kompresi Kekar Sungai Sidik



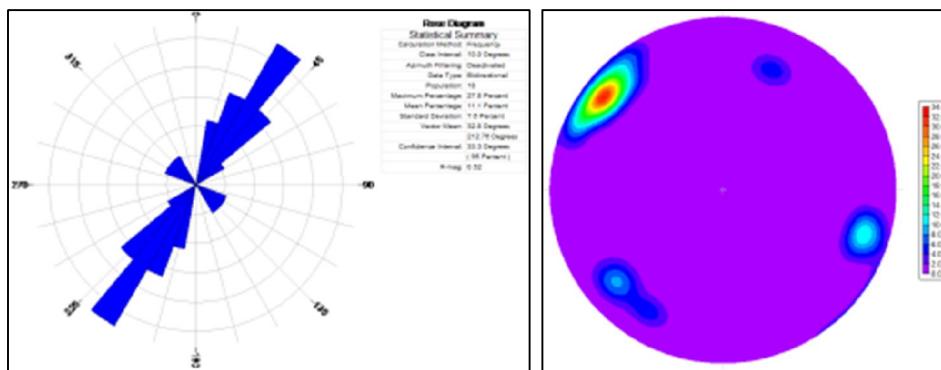
Gambar 2.16. Kenampakan struktur geologi di daerah Sungai Sidik

8. Daerah Ranah Pemutik

Pada stasiun pengamatan di daerah ini, terlihat bahwa struktur geologi berupa kekar memotong batuan piroklastik. Arah trend yang terlihat dari hasil analisa kekar, yaitu berarah NE-SW, sehingga tampak jelas bahwa kompresi yang bekerja pada daerah ini berasal dari arah NW-SE.



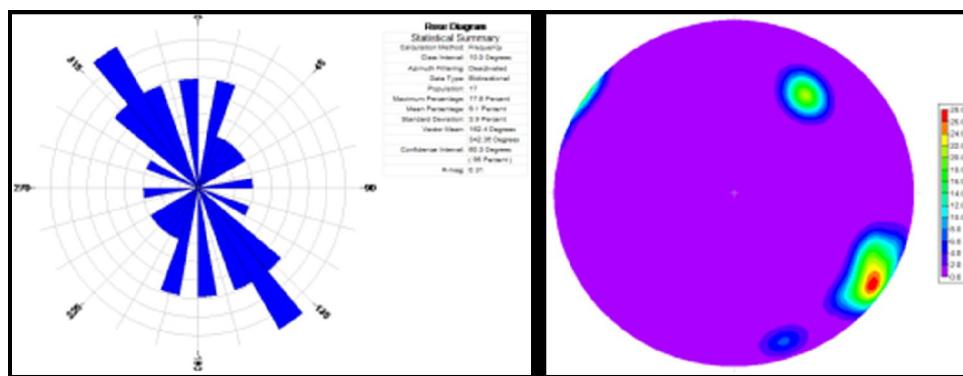
Gambar 2.17. Kenampakan struktur geologi di daerah Ranah Pemutik



Gambar 2.18. Diagram Rossete dan schmidtnet Komponen Kekar Ranah Pemutik

9. Daerah Tanjung Genting

Pada stasiun pengamatan di daerah ini, terlihat bahwa struktur geologi berupa kekar memotong batuan sedimen. Arah trend yang terlihat dari hasil analisa kekar, yaitu berarah NW-SE dengan maksima sekitar, arah tren kekar daerah ini sedikit berbeda dengan arah trend pada umumnya di daerah Semurup yang notabene mempunyai arah NE-SW.



Gambar 2.19. Diagram Rossete dan schmidtnet Komponen Kekar Tanjung Genting.

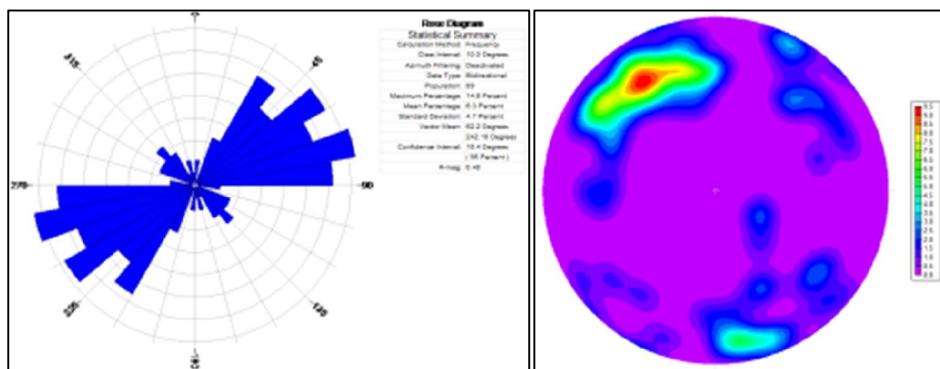


Gambar 2.20. Kenampakan struktur geologi di daerah Tanjung Genting

10. Daerah Sungai Tutung

Pada stasiun pengamatan di daerah ini, terlihat bahwa struktur geologi berupa kekar memotong batuan piroklastik. Arah trend yang terlihat dari hasil analisa

kekak, yaitu berarah NE-SW, sehingga tampak jelas bahwa kompresi yang bekerja pada daerah ini berasal dari arah NW-SE

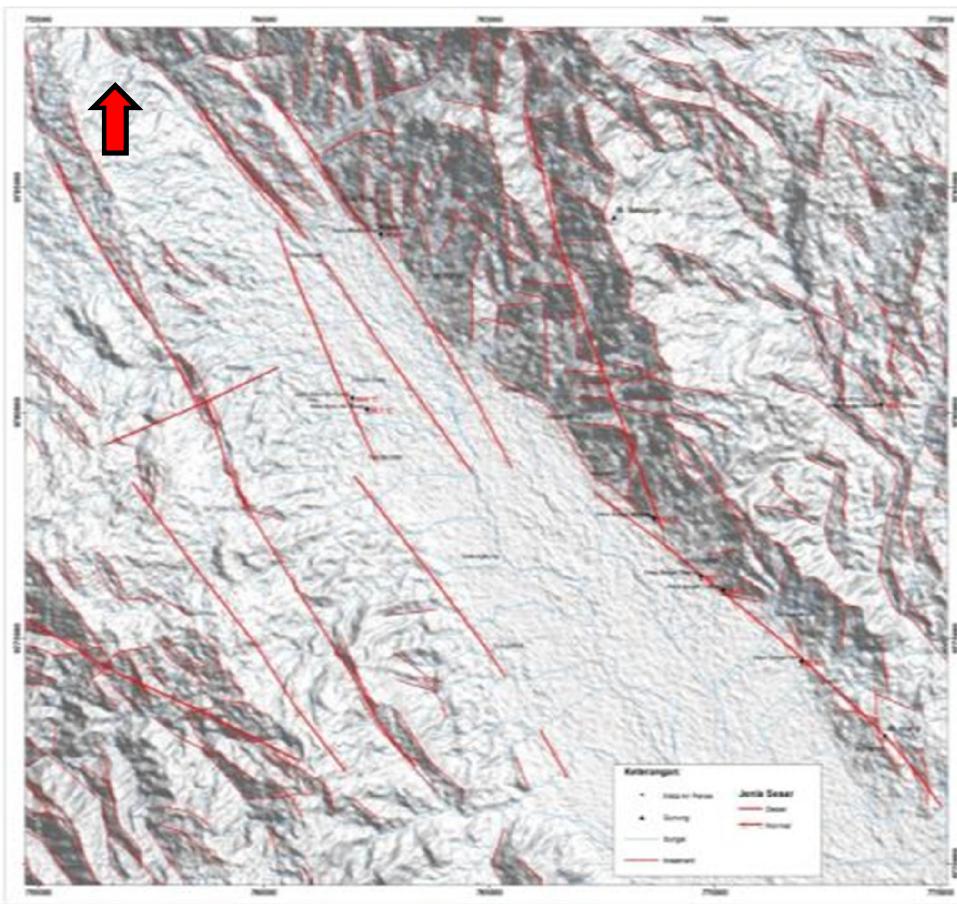


Gambar 2.21. Diagram Rossete dan schmidnet Komponen Kekar Sungai Tutung.



Gambar 2.22. Kenampakan struktur geologi di daerah Sungai Tutung.

Berdasarkan dari hasil interpretasi dan analisis struktur geologi yang dilakukan, maka diinterpretasikan bahwa daerah Semurup selain dikontrol langsung oleh sesar utama segmen Siulak dengan arah NW-SE, juga dipengaruhi oleh sesar-sesar ikutan (synthetic dan antithetic) yang mempunyai arah E-W dan NE-SW. Selain itu juga di bagian tengah daerah penelitian yang merupakan dataran rendah Semurup diperkirakan merupakan produk cekungan pisah tarik (pull a part basin) Semurup yang terbentuk oleh pergerakan dari segmen Siulak itu sendiri.



Gambar 2.23. Peta Interpretasi struktur daerah Semurup (Geologi PGE, 2013)

II.4. Manifestasi dan Alterasi Batuan

II.4.1. Manifestasi

Manifestasi panasbumi yang tercakup di daerah prospek Semurup ditemukan sebanyak 7 lokasi yaitu di Sungai Tutung, Sungai Abu, Sungai Medang, Desa Baru dan Pungut Mudik. Manifestasi yang ada berupa mataair panas, mataair hangat, kolam air panas (Tabel. 8.12).

Ketujuh manifestasi tersebut semuanya tersebar pada dua sisi tepi dari Dataran Sungai Penuh, di bagian barat (Desa Baru) dan bagian timur (Sungai Tutung, Sungai Abu, Sungai Medang) kecuali mata air hangat Pungut Mudik yang terletak diluar Dataran Sungai Penuh. Pola penyebaran ini diduga berkaitan dengan struktur geologi yang ada di daerah ini (Segmen Sesar Siulak). Dilihat dari kenampakan dan data fisik di lapangan, kedua kelompok manifestasi ini

memiliki karakteristik yang berbeda. Kelompok pertama adalah manifestasi di bagian barat, memiliki karakteristik temperatur yang lebih tinggi (rata-rata $> 80^{\circ}\text{C}$), endapan sinter silika. Kelompok kedua adalah manifestasi di bagian timur, memiliki karakteristik temperatur yang lebih rendah (rata-rata $< 80^{\circ}\text{C}$), endapan sinter karbonat. Berikut ini adalah data hasil pengamatan lapangan:

Tabel 2.1. Data hasil pengamatan manifestasi di lapangan

No	Nama Manifestasi	Jenis Manifestasi	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Dimensi	Alterasi
1	Air panas Desa Baru 1	Mataair panas	84	6-7	10 m x 20 m	Silika
2	Air panas Desa Baru 2	Kolam air panas	87	7	100 m x 30 m	Silika
3	Mataair hangat Pungut Mudik	Mataair hangat	58.5	7	10 m x 30 m	-
4	Mataair panas Desa Abu	Mataair panas	68	7	15 m ²	Argilik, Karbonat
5	Air panas Sungai Tutung	Mataair panas	76	7	30 cm	Argilik, Karbonat
6	Mataair panas Sungai Medang	Mataair panas	80	7	1 m x 11 m	Karbonat
7	Air hangat Mukai	Mataair hangat	46	7	4 m x 3 m	-

II.4.2. Alterasi Batuan

Identifikasi alterasi merupakan hal yang sangat penting dalam sistem panasbumi, karena hal tersebut menunjukkan sistem *hydrothermal* yang berperan dalam sistem panasbumi tersebut. Alterasi pada batuan merupakan suatu produk dari aktifitas *temperature* yang tinggi, sehingga alterasi dengan panasbumi mempunyai hubungan yang erat. Zona alterasi yang dijumpai di lapangan, umumnya terdapat pada daerah disekitar manifestasi panasbumi dan kupasan tebing jalan.

Berdasarkan dari tahap pekerjaan lapangan, didapatkan sedikitnya tujuh sampel alterasi dari lokasi manifestasi dan enam sampel dari *stop site outcrop* lainnya sebagai korelasinya. Dari ploting hasil analisis XRD terlihat bahwa distribusi alterasi pada bagian tertentu tampak dipengaruhi oleh struktur geologi.

Tabel 2.2. Lokasi Pengambilan Sampel XRD

No	Stasiun	X	Y	Z	Keterangan
1	GRP12.1	761966	9780288	833	Manifestasi
2	GRP12.2A	762229	9780042	832	Manifestasi
3	GRP12.2B	762268	9780061	833	Manifestasi
4	GRP13.2	773695	9780158	1024	Manifestasi
5	STN1.3	773250	9772381	887	Outcrop
6	STN1.4B	773401	9772409	895	Outcrop
7	SRD-8.4	772743	9782406	1132	Outcrop
8	VDM-12.1	771890	9774481	801	Manifestasi
9	VDM-12.2	770257	9776039	806	Manifestasi
10	VDM-12.3	768639	9777652	830	Manifestasi
11	WLD-5.4	756338	9782997	1154	Outcrop
12	WLD-5.7	758854	9782770	929	Outcrop
13	WLD-6.2	755687	9777709	1503	Outcrop

Dari beberapa sampel yang diambil dari manifestasi dan singkapan yang ditemui, maka selanjutnya dilakukan analisis XRD yang dilakukan di laboratorium. Dari hasil analisis di laboratorium tersebut maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2.3. Resumé Mineral Hasil XRD (Bulk Powder)

No.	Kode Sampel	Plag	Amrp. Silc.	Qt	Tryd	Cris	Pyr	Serc	Chl	Chi-Smec	Chi-Mont	Smec	Smec-Mont	Kaol	ill	ill-Mont	Mon	Hal	Trem	Wair
1	GRP-12.1-A		V																	
2	GRP-12.1-B		V																	
3	GRP-12.2		V																	
4	GRP-13.2			V	V					V					V					
5	STN-1.3	V		V	V	V				V					V					
6	STN-1.4-B			V	V	V				V					V					
7	SRD-8.4			V	V	V				V					V					
8	VDM-12.1-B			V	V	V					V				V					
9	VDM-12.2-A	V		V		V				V				V	V					
10	VDM-12.3	V		V	V	V					V			V	V					
11	WLD-5.4	V		V	V	V				V				V	V	V				
12	WLD-5.7			V	V	V				V				V	V	V				
13	WLD-6.2			V		V				V				V						

Keterangan:

Plag	: Plagioclase	Chl	: Chlorite	Ilt	: Illite-Montmorillonite
Amrp.Silc.	: Amorphous Silica	Chl-Smec	: Chlorite-Smectite	Illt-Mica	: Illite-Mica
Qz	: Quartz	Chl-Mont	: Chlorite-Montmorillonite	Mont	: Montmorillonite
Tryd	: Trydimite	Smec	: Smectite	Hal	: Halloysite
Cris	: Cristobalite	Smec-Mont	: Smectite-Montmorillonite	Trem	: Tremolite
Pyr	: Pyrite	Kaol	: Kaolinite	Wair	: Wairakite
Serc	: Sericite				

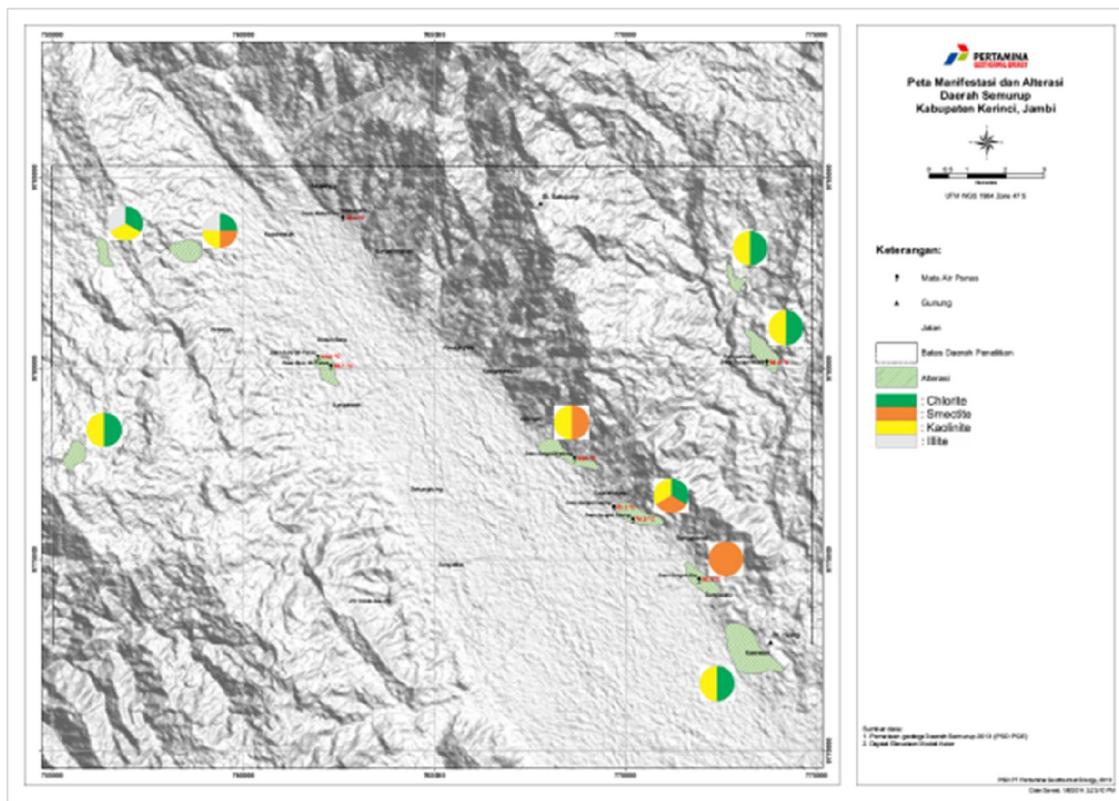
Tabel 2.4. Resumé Mineral Hasil XRD (Clay Analysis)

No.	Kode Sampel	00 ℓ	Basal spacing (d)			2-theta			FWHM			EG-AD		Mineral
			Air Dried	Ethylen e Glycol	Heating	Air Dried	Ethylen e Glycol	Heating	Air Dried	Ethylen e Glycol	Heating	d (ang.)	2-theta (deg)	
1	GRP-13.2	001	13.000	(?)	10.120	6.800	(?)	8.730	4.860	(?)	1.325	(?)	(?)	Chlorite
		002	7.170	(?)	destroyed	12.340	(?)	destroyed	1.010	(?)	destroyed	(?)	(?)	Kaolinite
		001	5.050	(?)	5.002	17.540	(?)	17.720	0.760	1.910	0.910	(?)	(?)	Smectite
2	STN-1.3	001	(?)	(?)	9.790	(?)	(?)	9.020	(?)	(?)	2.060	(?)	(?)	Chlorite
		001	7.200	7.252	9.660	12.280	12.190	9.150	1.100	0.930	2.590	0.052	-0.090	Chlorite
4	SRD-8.4	001	7.500	(?)	destroyed	11.790	(?)	destroyed	2.100	(?)	destroyed	(?)	(?)	Chlorite
5	VDM-12.1-B	001	15.120	17.000	9.630	5.840	5.200	9.170	1.280	1.040	1.340	1.880	-0.640	Smectite
	VDM-12.2-A	001	15.600	17.300	9.790	5.670	5.110	9.020	1.780	1.420	2.840			Smectite
7	VDM-12.3	001	15.590	16.580	9.990	5.670	5.330	8.850	1.430	1.260	1.070	0.990	-0.340	Smectite
		001	(?)	7.210	destroyed	(?)	12.260	destroyed	(?)	3.200	destroyed			Kaolinite
		001	10.030	10.400	10.060	8.808	8.490	8.780	0.660	1.110	1.480	0.370	-0.318	illite
8	WLD-5.4	001	7.246	(?)	destroyed	12.20	(?)	destroyed	1.820	(?)	destroyed	(?)	(?)	Kaolinite
		001	14.190	17.110	10.017	6.220	5.160	8.821	1.980	1.170	0.496	2.920	-1.060	illite-smectite
9	WLD-5.7	001	7.095	7.103	destroyed	12.465	12.452	destroyed	0.265	0.247	destroyed	0.008	-0.013	Kaolinite
		001	4.977	4.991	5.026	17.807	17.760	17.633	0.431	0.420	0.390			Smectite
		001	15.470	17.050	9.860	5.710	5.180	8.960	1.260	1.470	1.470	1.580	-0.530	illite-smectite
10	WLD-6.2	001	7.133	7.132	(?)	12.399	12.400	(?)	0.504	0.555	(?)	-0.001	0.001	Chlorite
		001	5.060	4.980	4.990	17.510	17.800	17.760	1.180	0.980	0.980			Smectite

Dari hasil analisis tersebut terlihat bahwa mineral alterasi yang terdapat di daerah Semurup secara umum adalah Smectite, illite, illite-smectite, chlorite, dan kaolinite (hasil analisa masing-masing sampel terlampir). Dari kehadiran mineral tersebut diharapkan dapat menjadi petunjuk tentang kondisi fisik dan kimiawi sistem hidrotermal pada saat pembentukan mineral tersebut.

Kehadiran mineral smectite yang umum didapatkan di daerah Semurup dapat diinterpretasikan bahwa di lokasi tersebut menunjukkan pernah adanya aktivitas panasbumi dengan temperatur <180°C. Kemudian kehadiran mineral illite menunjukkan pernah adanya aktivitas panas ~220 degC dengan ph netral. Sedangkan kehadiran mineral kaolinite di lokasi sampling GRP-13.2, VDM-12.3 dan WLD-5.7 menunjukkan adanya fluida kondensat asam yang berperan dalam pembentukan zona alterasi di daerah tersebut. Dan mineral chlorite yang juga hadir secara umum dari beberapa lokasi sampling yang diambil menunjukkan bagian-bagian dari sistem yang paling awal mengalami interaksi dengan fluida hidrotermal.

Selain melakukan pekerjaan lapangan, dalam tahap pemetaan alterasi ini juga menggunakan metode *Mineral Mapping* dan *Thermal Mapping*. Dimana metode ini digunakan menggunakan spectral library dari USG untuk mineral pada citra ASTER. Namun dari hasil analisis menggunakan metode masih belum mendapatkan hasil yang maksimal dikarenakan ada beberapa data yang masih dibutuhkan untuk melengkapi pengolahan data dengan metode ini.



Gambar 2.24. Peta Distribusi Alterasi Daerah Semurup (Geologi PGE, 2013)

II.5. Model Sistem Panas Bumi Semurup

Daerah prospek panasbumi Semurup diperkirakan merupakan bagian yang terpisah dari sistem panasbumi Lempur, Kerinci (G. Kunyit) berdasarkan analisis hasil pemetaan geologi yang didukung hasil analisis kimia fluida manifestasi dan interpretasi data gravitasi (PGE, 2013). Model system panasbumi yang diusulkan sebagai berikut dan ditampilkan pada Gambar 8.33.

a. Sumber Panas

Sumber panasbumi di daerah semurup dicirikan oleh adanya manifestasi dan alterasi yang berkembang di daerah Semurup. Tidak ditemukan adanya aktivitas volkanik yang berasosiasi dengan kemunculan manifestasi tersebut. Terdapat batuan intrusi (granodiorit-granit biotit) berumur Pliosen Awal yang tersingkap di bagian barat Lembah Sungai Penuh dengan lebar 3,5 km dan panjang 14 km. Keberadaan batuan intrusi ini juga didukung oleh data gravitasi yang menunjukkan anomali gravitasi positif di bagian barat daerah penelitian (Geofisika PGE, 2013). Batuan plutonik di bawah batuan ini diduga masih menyimpan panas yang cukup untuk menjadi sumber panas sistem panasbumi Semurup.

b. Sistem Hidrologi

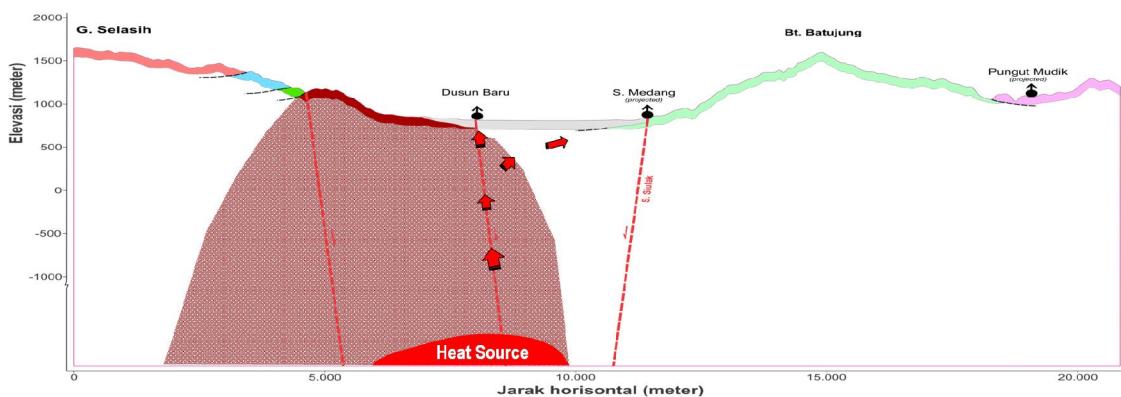
Berdasarkan posisi kemunculan dan komposisi kimia fluidanya, manifestasi di Daerah Semurup dapat dikelompokan menjadi dua yaitu di bagian barat (Desa Baru) dan di bagian timur (S. Medang, S. Tutung dan S. Abu). Manifestasi di Dusun Baru menunjukkan adanya produk sinter silika dan di S. Medang-S. Tutung-S. Abu menunjukkan adanya produk sinter karbonat.

Fluida panasbumi berasal dari air meteorik yang terpanaskan oleh batuan plutonik kemudian muncul ke permukaan melalui sesar/rekahan. Fluida reservoir naik ke permukaan secara vertikal melalui zona rekahan pada bidang sesar dan muncul di Dusun Baru sebagai mata air panas klorida. Sebagian fluida reservoir mengalir secara horizontal dan bercampur dengan air permukaan kemudian muncul di S. Medang, S. Tutung, dan S. Abu sebagai mata air panas bikarbonat.

c. Permeabilitas

Kemunculan manifestasi panasbumi di Daerah Semurup dikontrol oleh kelurusan berarah baratlaut-tenggara yang berasosiasi dengan Sesar Sumatra (segmen Siulak) dan berada pada daerah rendahan (Lembah Sungai Penuh), yang ditandai dengan kehadiran kompleks manifestasi di bagian timur (S. Medang, S. Tutung dan S. Abu). Dan selain karena dikontrol oleh sesar segmen Siulak dengan arah NW-SE, permeabilitas di daerah ini juga dicurigai dipengaruhi oleh permeabilitas kontak antar satuan batuan, yaitu Satuan Granodiorit Sungaipenuh (granodiorit – granit biotit) (**Tpgs**) yang kontak

dengan Satuan Endapan Aluvial Semurup (**Qals**), yang ditandai oleh kehadiran kompleks manifestasi di bagian barat (Desa Baru).



Gambar 2.25. Model Geologi Sistem Panasbumi Daerah Semurup (Geologi PGE, 2013)

BAB III

GEOKIMIA

III.1. Manifestasi Permukaan

Manifestasi panas bumi yang muncul di Semurup berada di dataran dengan elevasi ± 800 m. Penyebaran manifestasi panas bumi berupa deretan mata air panas terlihat berhubungan erat dengan keberadaan jalur sesar Siulak yang memanjang dengan arah baratlaut-tenggara. Total telah dilakukan pengambilan sampel air panas sebanyak 8 mata air panas/hangat dan 5 sampel mata air dingin di beberapa elevasi.

Di bagian segmen sesar Siulak bagian timur, yang berada di Kecamatan Air Hangat Timur, dijumpai deretan mata air panas, mulai dari Sungai Abu di tenggara diikuti Sungai Tutung dan Sungai Medang secara berurutan menuju ke arah baratlaut dengan distribusi penyebaran mataair panas sekitar 5 km. Pada bagian ujung baratlaut dari segmen Siulak timur ini ditemui mataair hangat Mukai Pintu. Secara terpisah dari jalur penyebaran mataair panas Sungai Abu hingga Mukai Pintu yang terkontrol segmen sesar Siulak timur tersebut, di sebelah timur dijumpai mataair panas Pungut Mudik.

Di segmen sesar Siulak bagian barat yang berada di Kecamatan Air Hangat Barat, dijumpai beberapa mataair panas yang saling berdekatan di Desa Baru Air Panas.

Salah satu manifestasi di desa Sungai Abu (kode: SA). Lokasi ini berada sekitar 10 m dari pinggir jalan Desa Sungai Abu, di belakang masjid Baitul Amal. Lokasi manifestasi mencakup luas area $\pm(20 \times 8)$ m². Kondisi permukaan di sekitar manifestasi berupa rawa-rawa yang tertutupi vegetasi dan tidak terlihat batuan alterasi. Gelembung terlihat muncul secara intermittent dengan interval ± 15 detik, dengan ukuran sebesar kelereng. Temperatur udara pada lokasi ini adalah 23,6°C. Sampel air bening tidak berwarna dan tidak tercium adanya bau belerang. Sampel yang diambil merupakan sampel SPW dan Isotop.

Manifestasi berikutnya berada di desa Sungai Tutung (ST). Terdapat dua manifestasi di desa ini. Manifestasi ST-1 berada sekitar 10 m dari pinggir jalan Desa Sungai Tutung, di belakang pemandian air hangat Cerlia Pancuran Tujuh menuju ke arah utara. Mencakup luas area ± 1 m². Terlihat gelembung muncul secara intermittent dengan interval ± 15 detik, dengan ukuran sebesar kelereng. Temperatur udara pada lokasi ini adalah 27,7°C. Sampel air berwarna bening dan tidak tercium adanya bau belerang.

Manifestasi ST-2 berjarak sekitar 100-200 m dari lokasi ST-2, berada di Desa Sungai Tutung, masuk sekitar 50 m dari jalan desa menuju utara, berada pada pinggir jalan perumahan warga. Lokasi manifestasi mencakup luas area ± 1 m². Manifestasi berupa mata air yang telah dibendung dengan beton, dan mengalir seperti sungai kecil yang sudah dimanfaatkan oleh warga. Temperatur udara pada lokasi ini adalah 28,3°C. Sampel air bening tak berwarna dan tidak tercium adanya bau belerang.

Lokasi manifestasi berikutnya berada pada Desa Sungai Medang (SM), sekitar 1 km dari desa Sungai Tutung, melalui jalan kecamatan Air Hangat Timur masuk menuju Desa Sungai Medang kemudian menuju Objek Wisata Pemandian Air Panas Sungai Medang. Lokasi manifestasi mencakup luas area ± 0.5 m². Sampel diambil pada Objek wisata pemandian air panas S. Medang pada salah satu kolam yang berada pada elevasi tertinggi. Temperatur udara pada lokasi ini adalah 27°C. Sampel air berwarna bening dan tidak tercium adanya bau belerang. Di desa Sungai Tutung juga diambil sampel air sumur warga (MAD-2).

Dua lokasi manifestasi berikutnya terletak kecamatan Air Hangat Barat yang sering disebut lokasi wisata air panas Semurup. Nama desa tempat adanya lokasi manifestasi adalah Desa Baru Air Panas (DB). Manifestasi DB-1 berada pada Desa Baru Air Panas, melalui jalan Kayu Aro menuju Desa Baru Air Panas, di samping Masjid Baiturrahim. Lokasi manifestasi mencakup luas area $\pm (12 \times 8)$ m². Sampel diambil pada mata air panas yang sudah dimanfaatkan oleh warga. Temperatur udara pada lokasi ini adalah 28,7°C. Sampel air berwarna bening dan tidak tercium adanya bau belerang. Di sekitar manifestasi terdapat endapan silika. Selain menyampling air panas, tim juga menyampling mata air dingin (MAD-1) dari sumur milik warga yang berjarak 20 m dari lokasi DB-1.

Manifestasi DB-2 terletak di desa yang sama, melalui jalan Kayu Aro menuju Desa Baru Air Panas, sekitar 300 m dari titik sampling DB-1. Lokasi manifestasi mencakup luas area $\pm (4 \times 3)$ m². Sampel diambil pada salah satu kolam mata air panas. Temperatur udara pada lokasi ini adalah 29°C. Sampel air berwarna bening dan tidak tercium adanya bau belerang. Di sekitar manifestasi terhampar *silica terrace* yang sangat luas, kira-kira setengah kali luas lapangan sepakbola, sebagian sudah lapuk dan ditumbuhi rumput.



Gambar 3.1 Sebagian teras silika ditumbuhi rerumputan

Survei dilanjutkan di daerah Talang Tinggi yang berdasarkan peta survei sebelumnya terdapat mata air panas dengan kode SPN-322. Namun, menurut warga tak ada mata air panas di daerah tersebut. Warga menunjukkan lokasi mata air panas di desa Mukai Pintu (MP). Berdasarkan informasi berikutnya di desa Mukai Pintu pernah ada mata air panas di dua lokasi berbeda. Namun, karena gempa di kota Sungai Penuh pada tahun 1995 (diinformasikan warga dan dikonfirmasi oleh berita dari beberapa media online) menyebabkan dua lokasi tersebut tertutup longsor.



Gambar 3.2. Lokasi manifestasi yang tertutup longsoran

Satu lokasi masih dimanfaatkan sebagai MCK oleh warga karena sudah dibuatkan saluran pipa dari sumbernya. Sampel air hangat berada pada Desa Mukai Pintu. Sampel diambil pada MCK warga.



Gambar 3.3 Lokasi manifestasi yang tertutup longsor

Informasi baru dari warga mengatakan bahwa ada satu lokasi mata air panas di desa Ranah Pemutik. Lokasi desa tersebut berada di utara desa Sungai Tutung. Jalannya melewati desa Pungut Mudik yang ternyata sudah dibuatkan jalan yang cukup lebar yang memotong bukit. Setelah melewati desa Pungut mudik medannya cukup terjal untuk dilalui mobil.



Gambar 3.4 Jalan menuju desa Pungut Mudik

Di desa Ranah Pemutik tidak ditemukan mata air panas karena informasi yang simpang siur. Tapi tim menyampling mata air dingin (MAD-3) untuk keperluan sampel isotop di beberapa elevasi.

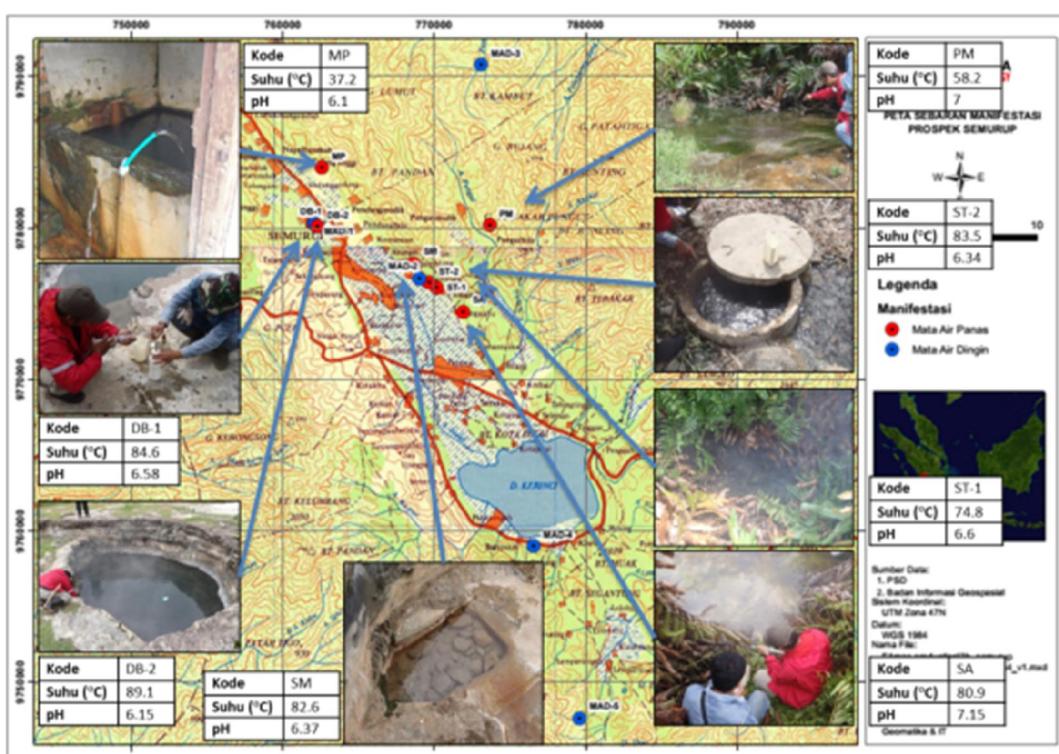
Dari informasi warga juga mengatakan ada satu manifestasi mata air panas di belakang bukit desa Pungut Mudik. Diperlukan waktu sekitar 30-45 menit untuk menuju lokasi tersebut (PM). Lokasi manifestasi mencakup luas area $\pm(2 \times 2)$ m². Gelembung muncul secara intermittent dengan interval ± 10 detik, dengan ukuran sebesar kelereng. Sampel air berwarna bening dan tidak tercium adanya bau belerang.

Sampel air dingin diambil juga dari Danau Kerinci (MAD-4). Mata air dingin berikutnya (MAD-5) disampling di Cluster A Proyek Kerinci.

Rekapitulasi data sampling dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan petanya pada Gambar 3.5.

Tabel 3.1. Data Sampling Manifestasi

Tipe	Tanggal	Lokasi/Desa	Kode	East UTM	North UTM	Elevasi (m)	Suhu (°C)	pH	Luas area (m2)
Mata Air Panas	13/07/2013	Desa Sungai Abu	SA	771920	9774469	804	80,9	7,15	20 x 8
	13/07/2013	Desa Sungai Tutung	ST-1	770185	9776048	816	74,8	6,6	1 x 1
	13/07/2013	Desa Sungai Tutung	ST-2	769685	9776358	815	83,5	6,34	1 x 1
	13/07/2013	Desa Sungai Medang	SM	768660	9777642	838	82,6	6,37	1 x 0,5
	13/07/2013	Desa Baru Air Panas	DB-1	761959	9780306	841	84,6	6,58	12 x 8
	13/07/2013	Desa Baru Air Panas	DB-2	762289	9780059	839	89,1	6,15	4 x 3
	14/07/2013	Desa Pungut Mudik	PM	773692	9780157	1024	58,2	7	2 x 2
Mata Air Hangat	14/07/2013	Desa Mukai Pintu	MP	762597	9783940	825	37,2	6,1	
Mata Air Dingin	13/07/2013	Desa Baru Air Panas	MAD-1	762084	9780250	838	30,3	5,1	
	13/07/2013	Desa Sungai Tutung	MAD-2	768047	9776673	823	24,2	6	1,5 x 1,5
	14/07/2013	Desa Renah Pemetik	MAD-3	773122	9790768	1252	23,8	5,5	0,6 x 1
	15/07/2013	Danau Kerinci	MAD-4	776588	9758979	799	24,8	5,5	
	15/07/2013	Cluster A	MAD-5	779623	9747641	1330	19	5,5	1 x 3



Gambar 3.5 Peta Sebaran Manifestasi Semurup

III.2. Hasil Analisis Kimia

Fluida panas bumi dari 8 (delapan) sampel manifestasi permukaan menunjukkan nilai pH yang relatif netral (7-8). Perbandingan anion dan kation menunjukkan perimbangan yang baik dengan persen kesalahan <5 %. Hal tersebut menunjukkan kualitas analisis kimia yang sangat baik. Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Selain itu juga sampel isotop (¹⁸O dan D) dari mata air panas dan mata air dingin dianalisis oleh Badan Tenaga Nuklir (BATAN). Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.2. Hasil Analisis Kimia Air

Nama Sampel	Tanggal	Label	pH	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SiO ₂	B	Cl ⁻	F	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	NH ₄ ⁺	As	Fe
			ppm															
S. Abu	13-07-2013	SA	7.87	1.5	407	15	24	0.81	107	13	463	5.5	76	247	1	1	0.43	0.01
S. Tutung	13-07-2013	ST-1	8.39	0.01	442	19	28	6.9	95	14	553	1.6	40	189	3.2	0.34	0.26	0.05
S. Tutung 2	13-07-2013	ST-2	7.84	2.6	441	18	41	0.37	125	11	570	3	39	238	1	0.34	0.25	0.03
S. Medang	13-07-2013	SM	8.06	2.3	374	19	42	0.47	115	9.3	507	2.8	37	223	1	0.24	0.21	0.19
DB. Air Panas	13-07-2013	DB-1	8.12	2.3	544	50	3.4	0.1	368	23	543	9.3	179	350	1	1.9	1.7	0.02
DB. Air Panas 2	13-07-2013	DB-2	8.15	1.9	560	53	2.2	0.22	342	24	560	9.7	211	299	1	2	1.7	0.01
Mukai Pintu	14-07-2013	MP	8.05	0.06	79	1.1	12	1.5	44	2.2	54	2.6	31	103	1	0.13	0.01	0.64
Pungut Mudik	14-07-2013	PM	7.55	4.6	606	26	88	2.1	74	22	950	2	5	357	1	0.26	0.15	0.06

Tabel 3.3 Keseimbangan Ion

Nama Sampel	Kation	Anion	Error
S. Abu	19.62	19.01	1.58%
S. Tutung	21.70	19.72	4.78%
S. Tutung 2	22.11	20.98	2.62%
S. Medang	19.24	18.91	0.87%
DB. Air Panas	25.56	25.30	0.50%
DB. Air Panas 2	26.23	25.64	1.14%
Mukai Pintu	4.23	4.03	2.40%
Pungut Mudik	32.27	32.89	-0.96%

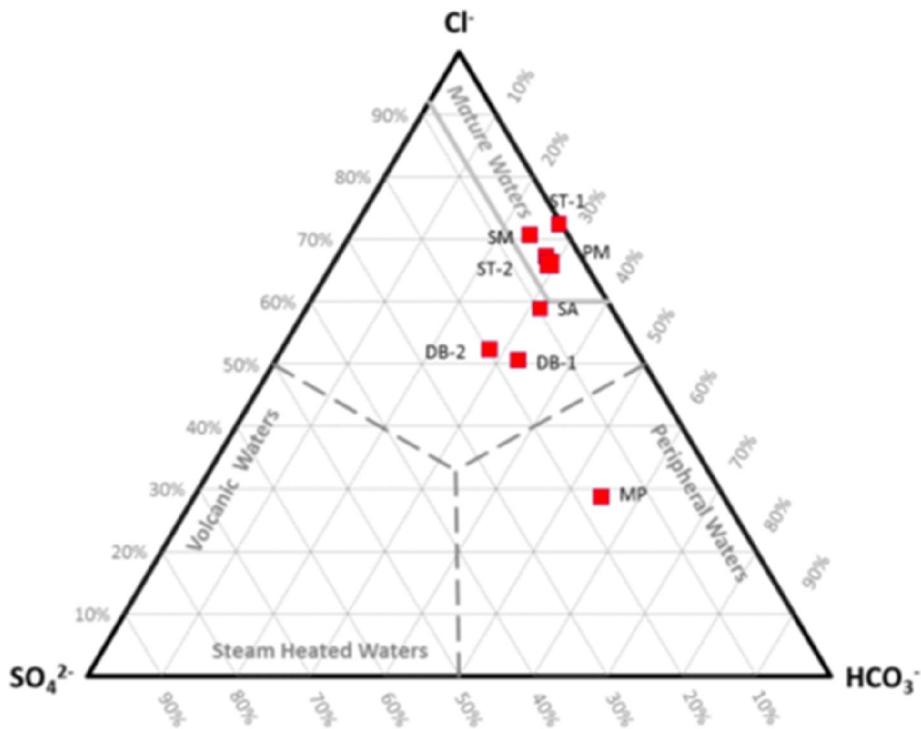
Tabel 3.4. Hasil Analisis Kimia Isotop stabil

Nama Sampel	del ¹⁸ O	del D
Mata Air Panas		
S. Abu	-7.63	-54
S. Tutung	-9.38	-59.8
S. Tutung 2	-9.64	-60.3
S. Medang	-9.33	-61.2
DB. Air Panas	-6.03	-52.7
DB. Air Panas 2	-3.26	-42.9
Mukai Pintu	-9.06	-60.4
Pungut Mudik	-8.21	-56
Mata Air Dingin		
Dusun Baru	-8.62	-58.1
Renah Pemetik	-9.67	-59.7
Danau Kerinci	-10.47	-61.3
Cluster A	-8.49	-55.2
S. Tutung	-9.79	-61.6

III.3. Geokimia Air

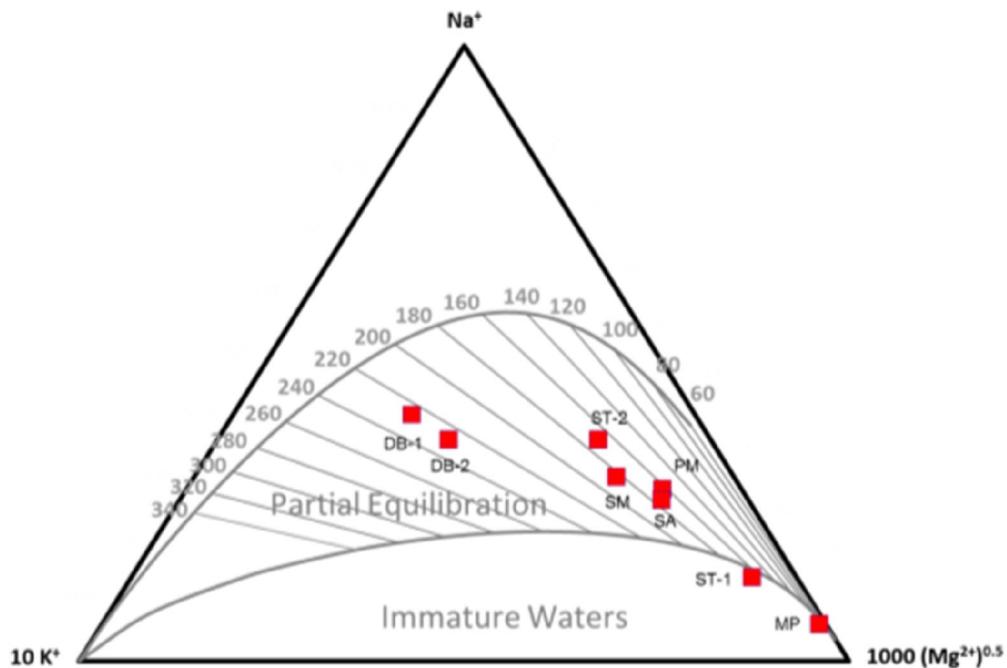
Secara umum tidak terdapat tipe air klorida, bahkan di Dusun Baru (DB) hanya terletak pada klorida-bikarbonat. Biasanya fenomena ini diinterpretasikan kemungkinan adanya pencampuran air di dekat permukaan yang mempengaruhi komposisi kimia fluida panas bumi. Pencampuran ini terlihat pada kandungan bikarbonat yang juga tinggi. Adanya pengaruh bikarbonat ini tapi tidak diiringi tingginya magnesium yang merupakan penunjuk air dekat permukaan. Kandungan magnesiumnya sendiri masih relative rendah, sehingga bilapun ada pencampuran dengan air permukaan maka pencampurannya tidak dominan kecuali untuk di manifestasi Sungai Tutung dimana manifestasi ini ditemukan di dekat pemandian air panas sehingga pencampuran dengan air permukaan relatif lebih tinggi ketimbang daerah lainnya.

Di sisi lain kandungan kalsium tinggi mengindikasikan adanya pengaruh batuan sedimen. Hal tersebut dikonfirmasi oleh survei geologi dengan ditemukannya batuan sedimen di Semurup. Batuan sedimen yang dilewati fluida panas bumi memperkaya kandungan kalsiumnya. Selain itu juga sedimen memperkaya kandungan bikarbonatnya sehingga dapat dipahami adanya penarikan pada diagram Cl-HCO₃-SO₄ (Gambar 3.6) ke arah bikarbonat.



Gambar 3.6 Diagram Trilinier Cl-SO₄-HCO₃

Umumnya ketiadaaan tipe air klorida akan menyulitkan karena tidak merepresentasikan air reservoir. Namun bila dipahami keberadaan batuan sedimen yang mengisi struktur graben memengaruhi komposisi fluida maka bisa diperkirakan fluida yang muncul di permukaan berasal dari reservoir. Hal tersebut bisa dilihat dari plotting pada diagram Na-K-Mg (Gambar 3.7) yang menunjukkan beberapa fluida berkesetimbangan sebagian. Hal ini menunjukkan fluida masih merekam kondisi reservoir walaupun sudah agak terganggu oleh adanya air permukaan.

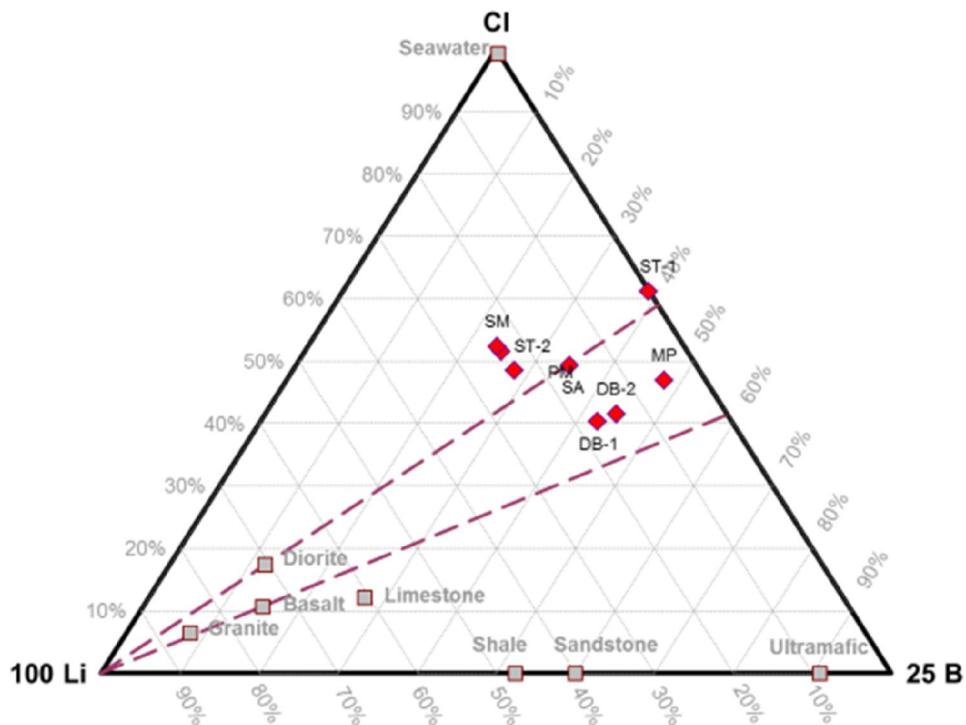


Gambar 3.7 Diagram Trilinier Na-K-Mg

Dengan adanya plotting pada kesetimbangan sebagian kita bisa memerkirakan temperatur reservoir dari geothermometer Na-K (Giggenbach) yaitu sekitar 220°C. Secara lebih akurat geothermometer yang sama melalui perhitungan menunjukkan temperatur paling tinggi berada pada 227°C. Namun pengaruh batuan sedimen juga perlu diperhitungkan sehingga perlu mempertimbangkan hasil perhitungan geothermometer Na-K-Ca yang menunjukkan temperatur tertinggi yaitu 222°C. Temperatur yang paling tinggi relatif berasal dari manifestasi Desa Baru Air Panas karena dari lokasi ini ditemukan temperatur fluida yang paling tinggi, juga sebaran sinter silika yang luas menunjukkan keluaran yang cukup luas di masa lalu. Untuk itu cukup beralasan bila menentukan keluaran langsung (upflow) dengan sedikit pengaruh proses yang terjadi di dekat permukaan berasal dari manifestasi Desa Baru Air Panas. Sementara manifestasi di sisi timur merupakan keluaran yang mengalami proses lebih lama dan kompleks dirujuk sebagai outflow. Sedangkan temperatur reservoir berkisar 200-225°C sehingga termasuk sistem panas bumi entalpi sedang menurut Hochstein.

Tabel 3.5 Geothermometer Air

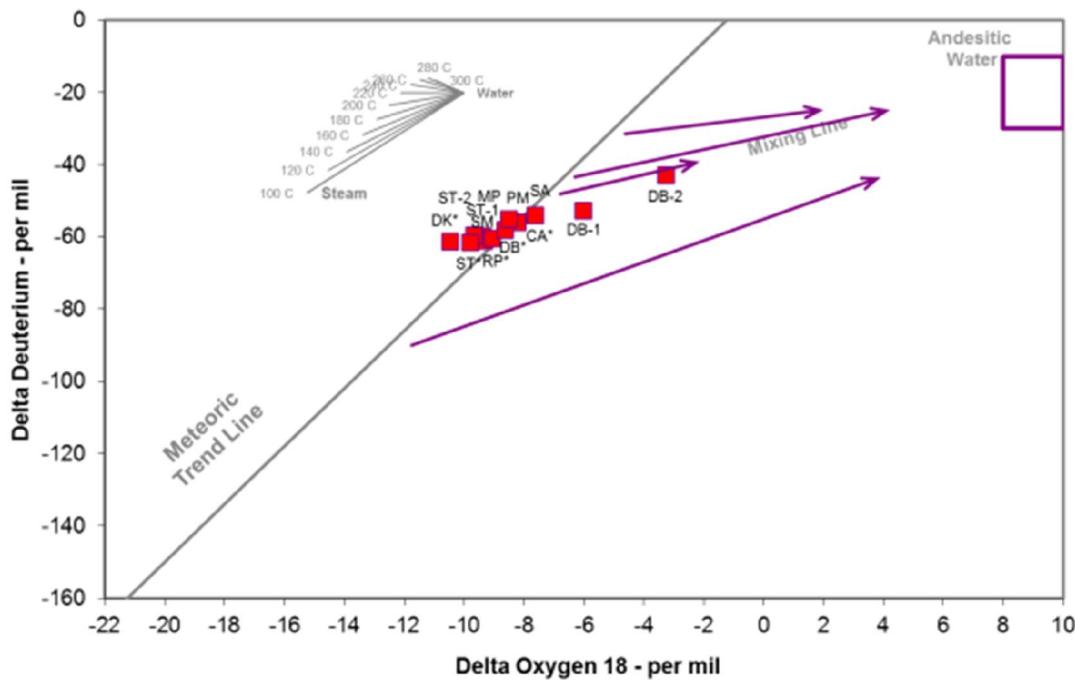
Nama Sampel	Quartz cond	Quartz adiabatic	Na/K (Giggenbach)	K/Mg (Giggenbach)	Na-K-Ca
S. Abu	141.17	135.92	163.48	110.12	143.78
S. Tutung	134.50	130.32	172.84	87.40	151.04
S. Tutung 2	150.26	143.48	169.64	127.48	145.61
S. Medang	145.33	139.39	183.47	125.42	153.14
DB. Air Panas	227.66	204.84	225.66	188.53	215.55
DB. Air Panas 2	221.37	200.11	227.95	174.84	222.67
Mukai Pintu	96.41	97.48	112.29	40.88	39.85
Pungut Mudik	121.25	119.04	172.72	112.26	146.93



Gambar 3.8 Diagram Trilinier Cl-Li-B

Berdasarkan hasil plotting pada diagram Cl-Li-B terlihat adanya perbedaan sumber air panas antara mataair panas di segmen Siulak Barat (Desa Baru Air Panas) dengan deretan mataair panas Siulak Timur (Sungai Abu, Sungai Tutung hingga Sungai Medang). Perbedaan ini kemungkinan karena proses yang dilalui fluida di sisi timur lebih lama sehingga proses yang terjadi memengaruhi kondisi fluida.

III.4. Geokimia Isotop



Gambar 3.9 Grafik Isotop

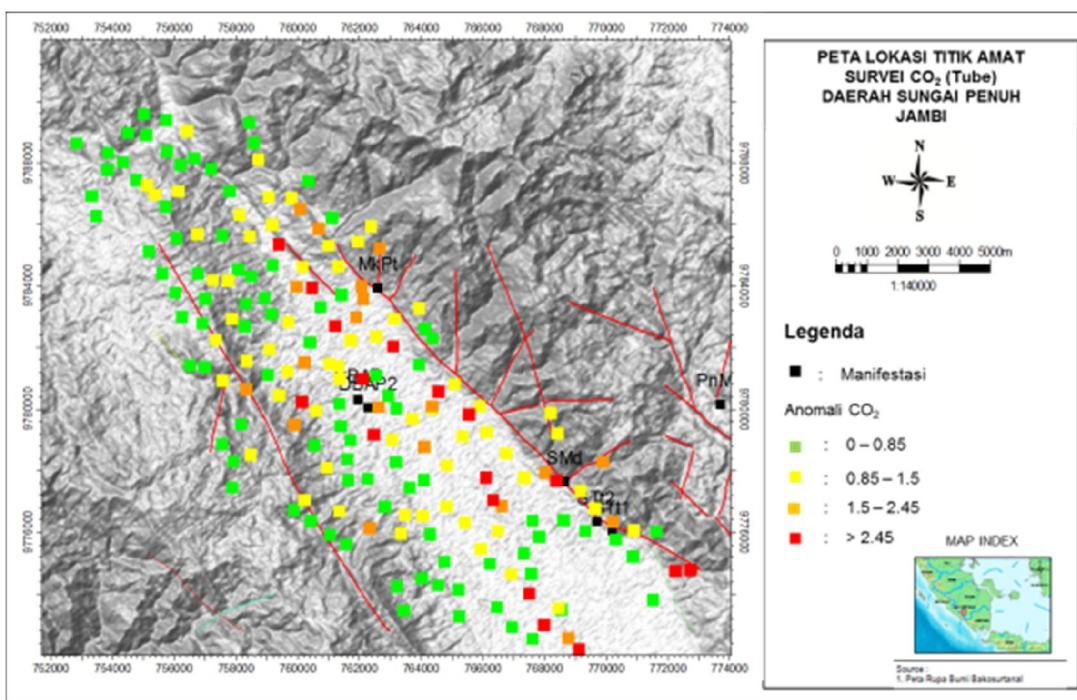
Data isotop alam ^{18}O dan D berbagai mata air panas dengan control isotope mata air dingin memperjelas informasi tentang asal usul fluida. Gambar 3.9 memperlihatkan evaluasi isotop berdasarkan hubungan grafik ^{18}O terhadap D. berdasarkan grafik tersebut menunjukkan sampel DB-2 terpengaruh panas langsung ketimbang manifestasi yang lain.

III.5 Survei Udara Tanah

Survei geokimia lain yang pernah dilakukan di Semurup adalah survei udara tanah. Survey ini dilakukan pada pertengahan tahun 90-an untuk melihat kandungan karbondioksida dan merkuri pada udara tanah. Metode ini lazim digunakan untuk mengonfirmasi adanya pengaruh struktur patahan. Semurum, berdasarkan survey geologi berada pada sistem horst-graben yang terbentuk akibat adanya pergeseran pull-apart basin yang berhubungan dengan Sesar Besar Sumatra.

Kabondioksida (CO_2) merupakan gas yang cukup dominan dalam sistem panas bumi terutama dari fumarola. Sedangkan pada sistem yang tidak memiliki fumarola kemunculannya relatif lebih kecil. Sifatnya yang bisa larut dalam air membuatnya hanya akan muncul sedikit di permukaan, kecuali ada keluaran langsung dan cepat yang berasosiasi dengan struktur.

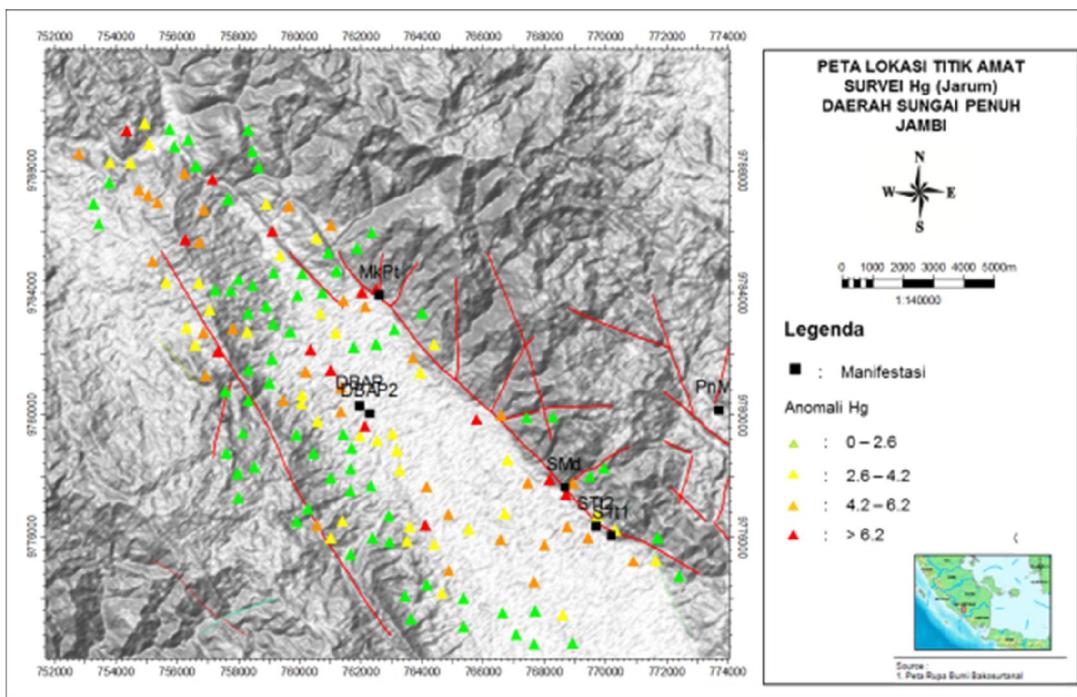
Merkuri (Hg) adalah logam cair yang sifatnya mudah menguap bila terpanaskan. Karena sifatnya ini merkuri dapat digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan perambatan panas secara konvektif. Merkuri merupakan logam yang memiliki sifat amalgam, logam ini bisa terikat pada logam lain. Logam yang paling mudah mengikat merkuri adalah emas. Untuk itu pada survei ini salah satunya dilakukan pengikatan merkuri menggunakan jarum emas.



Gambar 3.10 Peta sebaran konsentrasi CO_2 (Peta disiapkan oleh HENDY SUJARMAITANTO, 2014)

Plot data pengukuran CO_2 dioverlay dengan data struktur terbaru dari hasil survey geologi 2013 (Gambar 3.10). Berdasarkan plot data terlihat bahwa anomali terlihat pada jalur struktur di sisi timur yang juga berhubungan dengan kemunculan manifestasi permukaan seperti Sungai Medang, Sungai Tutung, dan Sungai Abu. Anomali CO_2 tinggi juga terlihat pada daerah manifestasi Desa Baru Air Panas dan menerus ke tenggara. Secara umum anomali CO_2 tinggi terlihat pada struktur graben.

Hal ini menunjukkan kontrol struktur berhubungan dengan keluaran gas CO₂ yang merupakan salah satu gas dominan dalam sistem panas bumi.



Gambar 3.11 Peta sebaran Hg (Peta disiapkan oleh Hendy Sujarmaitanto, 2014)

Anomali merkuri (Hg) terlihat pada struktur graben. Hal ini mengonfirmasi anomali CO₂ juga menunjukkan hal yang sama. Kombinasi keduanya menunjukkan bahwa kontrol stuktur sangat berperan dalam sistem panas bumi di Semurup dengan perambatan panas konvektif yang masih berlangsung.

Berdasarkan kegiatan dan evaluasi geokimia, maka diketahui hal-hal berikut,

1. Dari penyebaran mataair panas yang ada, yang erat kaitannya dengan jalur sesar Siulak bagian barat dan Siulak bagian timut yang berarah tenggara – barat daya, serta tipe fluida air panas berupa klorida – bikarbonat, maka sistem panas bumi di prospek Semurup dikontrol oleh sesar (*fault controlled system*).
2. Reservoir panas bumi bertemperatur 200-225°C berada di bawah manifestasi Desa Baru Air Panas yang dikontrol sesar Siulak bagian barat. Sedangkan secara terpisah, reservoir panasbumi bertemperatur lebih rendah (130 -170 °C) berada di bawah manifestasi Sungai Abu hingga Sungai Medang yang secara hidrologi dikendalikan oleh sesar Siulak bagian Timur.

3. Sistem horst-graben berperan aktif sebagai jalur keluaran manifestasi secara konvektif ditunjukkan oleh hasil survei udara tanah CO₂-Hg.

BAB IV

GEOFISIKA

IV.1. Metode Gravity

Metode gravitasi merupakan salah satu metode geofisika yang didasarkan pada pengukuran variasi medan gravitasi untuk menyelidiki kondisi bawah permukaan berdasarkan variasi densitas batuan. Dalam aplikasinya untuk eksplorasi panas bumi, metode ini bermanfaat untuk studi pemetaan struktur geologi yang melatarbelakangi suatu sistem panasbumi.

Data gravitasi Semurup yang tersedia adalah nilai anomali Bouguer lengkap tahun 1993/1994 yang ditabulasikan di dalam laporan lama. Pengukuran gravitasi dilakukan oleh Divisi Panasbumi PT Pertamina dengan luas daerah pengukuran sebesar $15 \times 10 \text{ km}^2$. Adapun jumlah titik yang diukur adalah 320 titik yang terdiri beberapa lintasan berarah NW-SE dan E-W. Instrumen *gravimeter* yang digunakan adalah *Gravimeter La Coste & Romberg* tipe G-653. Setelah melakukan tahapan kontrol kualitas data, Geofisika PGE melakukan pengolahan data ulang dari data gravitasi tersebut sehingga didapatkan peta anomali Bouguer lengkap yang baru.

IV.2. Pengolahan Data

Data pengukuran gravitasi berupa nilai observasi gravitasi relatif terhadap suatu titik *base*. Data terukur dikoreksi terhadap perubahan pasang surut (*tide correction*), simpangan pembacaan alat (*drift correction*), posisi lintang, udara bebas, *Bouguer slab*, dan medan (*terrain*) sehingga dihasilkan anomali gravitasi Bouguer lengkap atau *Complete Bouguer Anomaly* (CBA). Data CBA digunakan sebagai dasar interpretasi gravitasi dan pemodelan 1, 2, atau 3D. Beberapa reduksi yang dilakukan di dalam pengolahan data gravitasi diuraikan sebagai berikut,

- Koreksi Pasang Surut (*Tide Correction*), merupakan koreksi yang dilakukan untuk menghilangkan efek gravitasi dari benda-benda di luar bumi, seperti matahari dan bulan.
- Koreksi *Drift* (*Drift Correction*), merupakan koreksi yang dilakukan akibat disebabkan oleh guncangan pegas sehingga menimbulkan perbedaan pembacaan alat pada satu titik yang sama pada waktu berbeda. Koreksi *drift* ini diasumsikan sebagai sebuah persamaan yang linier dalam selang waktu (t) tertentu.

$$\text{Drift Corr} = \frac{g_N - g_t}{t_N - t_t} (t_n - t_t) \quad (1)$$

Pengikatan gravitasi observasi, merupakan proses pengikatan nilai gravitasi absolut di titik kontrol gravitasi terhadap pengukuran nilai gravitasi relatif di tempat tersebut.

- Koreksi Lintang, merupakan koreksi akibat bentuk bumi yang tidak bulat. Sehingga, digunakan referensi *spheroid* sebagai pendekatan untuk muka laut rata-rata (*geoid*) dengan mengabaikan efek benda di atasnya. Referensi *spheroid* (g lintang) diberikan oleh persamaan (2) GRS67 (*Geodetic Reference System 1967*).

$$g(\phi) = 978031.836(1 + 0.005278895 \sin 2\phi + 0.000023462 \sin 4\phi) \quad (2)$$

dengan ϕ adalah sudut lintang dalam radian.

- Koreksi Udara Bebas atau *Free Air Correction* (FAC), merupakan koreksi akibat pengaruh ketinggian terhadap *spheroid* referensi. Besarnya faktor koreksi FAC untuk daerah ekuator (45° Lintang Utara - 45° Lintang Selatan) diberikan oleh persamaan (3).

$$FA = -0.3086 h \quad (3)$$

- Koreksi Bouguer atau *Bouguer correction* (BC). Koreksi ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan benda berupa *slab* tak berhingga. Besarnya koreksi ini diberikan oleh persamaan (4).

$$B = -0.04185 \rho h \quad (4)$$

dengan ρ merupakan densitas batuan yang diestimasi dengan menggunakan persamaan ParASNIS, Nettleton, dan dengan asumsi densitas 2.67 g/cm^3 . Metode Nettleton mengestimasi rapat massa permukaan terbaik dengan menerapkan korelasi silang antara perubahan elevasi terhadap suatu referensi tertentu dengan anomali gravitasinya.

$$k = -\frac{\sum_{i=1}^N \delta(\Delta g)_i \delta h_i}{\sum_{i=1}^N (\delta h_i)^2} \quad (5)$$

- Koreksi Medan atau *Terrain Correction* (TC), merupakan koreksi yang dilakukan akibat topografi bumi yang berundulasi. Berdasarkan radiusnya koreksi ini dibagi menjadi 2, yaitu *inner zone* dan *outer zone*. Perhitungan

koreksi medan pada tiap-tiap kompartemen dilakukan dengan menggunakan persamaan (6), sedangkan CBA dapat diperoleh menggunakan persamaan (7).

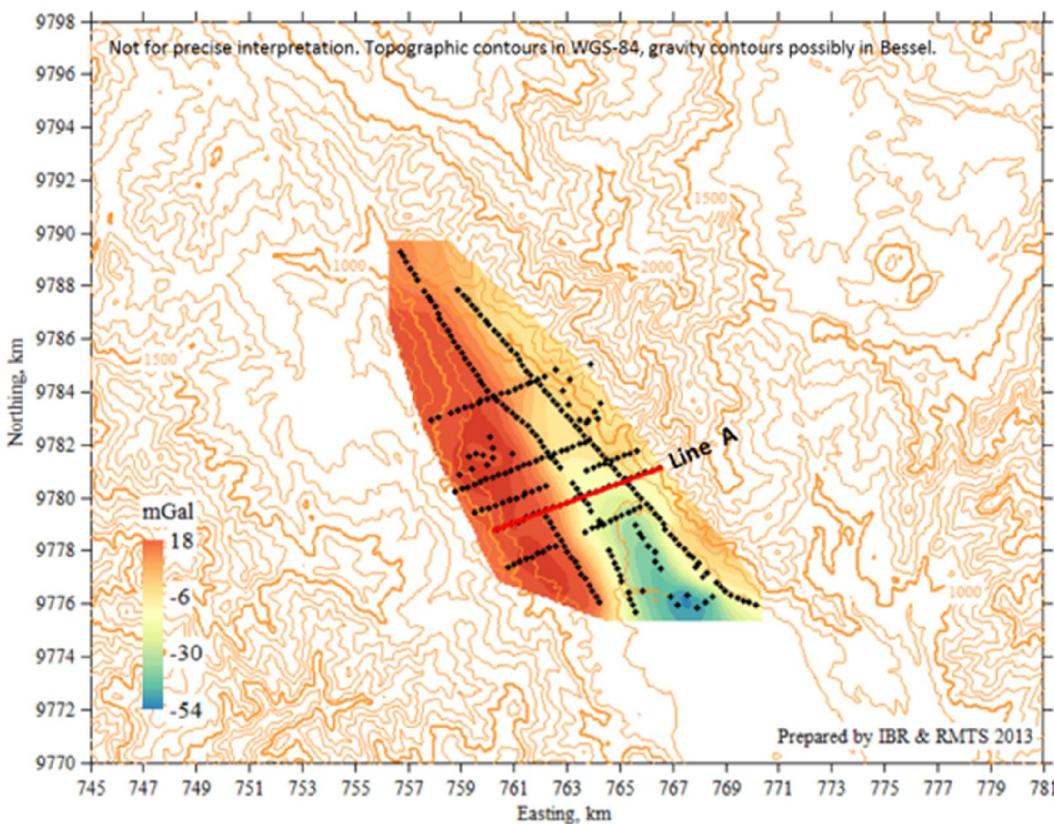
$$TC = 0.04191 \frac{\rho}{n} (r_2 - r_1 + \sqrt{r_1^2 + z^2} - \sqrt{r_2^2 + z^2}) \text{ (mGal)} \quad (6)$$

$$g_{CBA} = g_{obs} - g_\phi + 0.3085 h \cdot BC + TC \quad (7)$$

dimana n adalah jumlah sektor pada masing-masing zona.

IV.3. Hasil Dan Interpretasi

Peta anomali gravitasi Bouguer lengkap daerah Semurup dapat ditunjukkan pada Gambar 3.1, diperoleh dengan reduksi menggunakan densitas batuan rata-rata sebesar $2,67 \text{ g/cm}^3$. Pola anomali gravitasi di daerah penelitian memiliki *trend NW-SE*. Dari peta sebaran anomali gravitasi tersebut, terlihat kontras anomali di sepanjang arah NW – SE yang diinterpretasikan sebagai ekspresi dari sesar Sumatera. Adapun anomali yang tinggi sebesar 18 mGal berada di daerah barat yang merupakan daerah tinggian kemudian terdapat anomali rendah sebesar -54 mGal di tengah daerah penelitian yang merupakan daerah lembah dan anomali yang tinggi lagi di daerah timur yang merupakan daerah tinggian. Pola anomali gravitasi ini memiliki korelasi yang erat dengan sesar sumatera yang mengontrol sistem panas bumi di Semurup. Adanya Struktur *horst-graben* pada daerah penelitian dapat dikonfirmasi dengan pola anomali gravitasi *high-low-high* pada peta anomali gravitasi Bouguer lengkap.

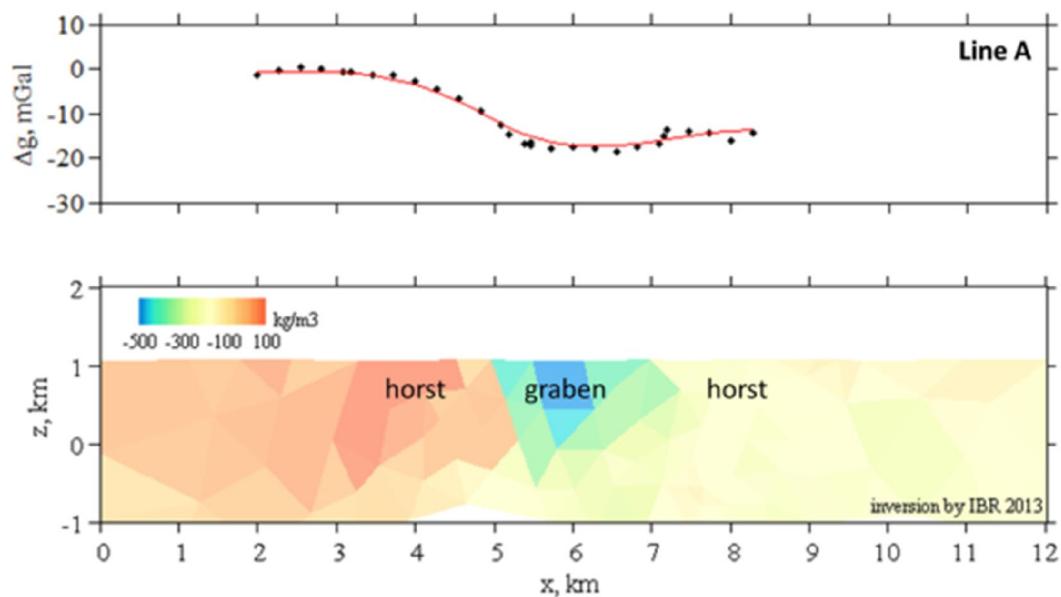


Gambar 4.1. Peta anomali gravitasi Bouguer lengkap Semurup dari penelitian tahun 1993 (bukan untuk interpretasi presisi karena terdapat perbedaan datum), serta interpretasi sesar berdasarkan kontras anomali gravitasi.

Dari data anomali Bouguer tersebut dilakukan pemodelan 2-D untuk melihat kondisi bawah permukaan berdasarkan distribusi densitas batuannya. Dalam tahapan pembuatan model 2D kali ini, Line A dipilih sebagai lintasan yang akan dimodelkan karena tegak lurus terhadap struktur utama yang terdapat di daerah penelitian. Nilai anomali Bouguer sebesar 18 mGal di sebelah barat dari lintasan A digunakan sebagai nilai anomali regional pada lintasan tersebut sehingga nilai anomali gravitasi residual yang digunakan pada tahapan pemodelan merupakan selisih dari nilai Bouguer Anomali terhadap nilai anomali regionalnya.

Pada tahapan pemodelan ini, digunakan metode Inversi 2D untuk merekonstruksi kondisi bawah permukaan dari Line A. Untuk memperoleh kontras densitas pada zona sesar, digunakan *forward operator* segitiga dimana distribusi batuan dibawah permukaan line A dimodelkan dengan body segitiga yang memiliki nilai

densitas bervariasi pada sumbu X dan sumbu Z saja seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 4.2. Model inversi 2D data gravitasi Semurup.

Dari model inversi 2D yang diperoleh, dapat dilihat daerah yang diinterpretasikan sebagai *horst* memiliki kontras densitas batuan yang tinggi sebesar 100 kg/m³ sedangkan material lebih ringan yang mengisi daerah *graben* memiliki kontras densitas yang sangat rendah sebesar -500 kg/m³ relatif terhadap 2.67 g/cm³. Material dengan densitas yang rendah pada graben tersebut diduga merupakan material rombakan konduktif yang dapat berfungsi sebagai *clay cap* dari sistem panasbumi Semurup.