

KAJIAN PENDAHULUAN POTENSI PANAS BUMI TEMPERATUR RENDAH-SEDANG DI CEKUNGAN KUTAI: STUDI KASUS DAERAH SAMBOJA DAN DONDANG

Jamaluddin¹, Rosdiana Angel Datu², Ikhsan Adevida¹, Imanuel Kaunang²

¹Program Studi Rekayasa Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan

²Program Studi Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan

E-mail: Jamaluddin@sttmigas.ac.id

ABSTRACT

This study presents a preliminary survey to evaluate the low–medium temperature geothermal potential in the Kutai Basin. Field observations were conducted at three hot spring sites in Samboja and two sites in Dondang. Geochemical analysis indicates that the hot springs in Samboja exhibit pH values ranging from 6.5 to 7.6 (neutral to slightly alkaline) with electrical conductivity (EC) values between 1005 and 1184 $\mu\text{S}/\text{cm}$. In contrast, the hot springs in Dondang display relatively neutral pH values (7.0–7.5) and slightly higher EC values ranging from 1120 to 1295 $\mu\text{S}/\text{cm}$. These characteristics suggest that the geothermal system in both areas is controlled by the interaction of meteoric water with sedimentary rocks of the Balikpapan and Kampungbaru formations, which are widely exposed in the Samboja–Dondang region. The moderate to relatively high EC values reflect ongoing mineral dissolution processes of silicates and carbonates, with a possible contribution of fluids channeled through active fault fractures acting as migration pathways for geothermal fluids. Geologically, the occurrence of hot springs along the Kutai fault system and sedimentary lithologies indicates that the Samboja and Dondang areas host a promising low–medium temperature geothermal system associated with shallow hydrothermal circulation.

Keyword: Kutai Basin, Dondang, Hydrothermal, Samboja, Low–medium temperature.

ABSTRAK

Penelitian ini merupakan survei awal untuk mengidentifikasi potensi panas bumi temperatur rendah–sedang pada Cekungan Kutai, Observasi dilakukan pada tiga titik mata air panas di Samboja dan dua titik di Dondang. Hasil analisis geokimia menunjukkan bahwa air panas di Samboja memiliki pH antara 6,5–7,6 (netral–sedikit basa) dengan nilai konduktivitas listrik (EC) berkisar 1005–1184 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Sementara itu, mata air panas di Dondang memperlihatkan pH relatif netral (7,0–7,5) dengan EC lebih tinggi, yaitu 1120–1295 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Karakteristik ini mengindikasikan bahwa sistem panas bumi di kedua lokasi dikontrol oleh interaksi air meteorik dengan batuan sedimen Formasi Balikpapan dan Formasi Kampungbaru yang tersingkap luas di wilayah Samboja–Dondang. Nilai EC yang sedang hingga relatif tinggi mengindikasikan adanya proses pelarutan mineral silikat dan karbonat, serta potensi kontribusi fluida dari rekahan sesar aktif yang berperan sebagai jalur migrasi fluida panas bumi. Secara geologi, keberadaan mata air panas pada jalur struktur sesar Kutai dan litologi sedimen menunjukkan bahwa daerah Samboja dan Dondang berpotensi sebagai sistem panas bumi bertemperatur rendah–sedang yang berasosiasi dengan sistem hidrotermal dangkal.

Katakunci: Cekungan Kutai, Dondang, Hidrotermal, Samboja, Temperatur Rendah-Sedang.

PENDAHULUAN

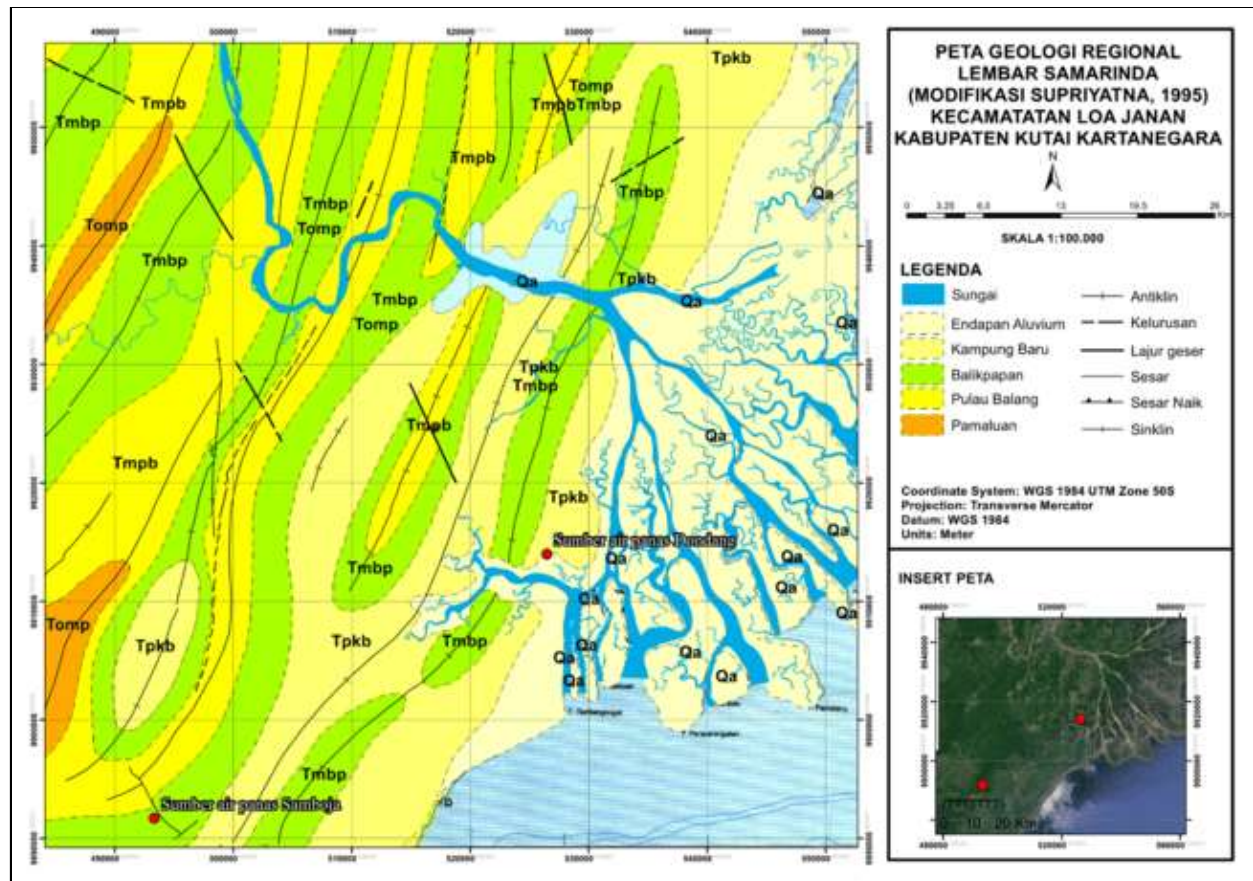
Energi panas bumi merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk mendukung transisi energi berkelanjutan di Indonesia. Sebagai negara yang berada pada jalur cincin api (*ring of fire*), Indonesia menyimpan cadangan panas bumi yang melimpah, baik pada sistem bertemperatur tinggi yang berasosiasi dengan aktivitas magmatik maupun pada sistem bertemperatur rendah–sedang yang umumnya berhubungan dengan sirkulasi hidrotermal di zona sesar atau rekahan (Jamaluddin dkk., 2021; Maulida dkk., 2024). Pemanfaatan panas bumi temperatur rendah–sedang semakin mendapat perhatian, terutama untuk aplikasi non-listrik seperti pemanas, pengeringan, hingga pemanfaatan langsung di sektor pertanian dan pariwisata (Kasbani, 2009).

Cekungan Kutai di Kalimantan Timur yang dikenal sebagai salah satu cekungan sedimen terbesar dan terkaya hidrokarbon di Indonesia, juga menyimpan indikasi potensi panas bumi. Beberapa manifestasi berupa mata air panas ditemukan di wilayah Samboja dan Dondang yang menunjukkan adanya aktivitas hidrotermal dangkal. Karakteristik hidrogeokimia mata air panas tersebut mencerminkan interaksi fluida dengan batuan sedimen, terutama Formasi Balikpapan dan Formasi Kampungbaru, serta pengaruh struktur geologi seperti sesar Kutai yang berperan sebagai jalur migrasi fluida panas bumi (Wita dkk., 2019; Jamaluddin dkk., 2021; Jamaluddin dkk., 2025).

Secara geologi, daerah Samboja dan Dondang termasuk ke dalam wilayah Cekungan Kutai yang tersusun oleh batuan sedimen Miosen hingga Kuarter. Formasi yang dominan di daerah ini antara lain Formasi Balikpapan (batupasir, serpih, dan batubara) dan Formasi Kampungbaru (batupasir, batulanau, dan serpih) yang merupakan hasil pengendapan lingkungan delta hingga laut dangkal (Satyana dkk., 1999) (Gambar 1). Kehadiran material sedimen berlapis dengan permeabilitas kontras memungkinkan terbentuknya jalur migrasi fluida panas bumi. Selain itu, jalur sesar dan struktur rekahan sekunder yang berkembang di Samboja dan Dondang berperan penting sebagai konduit hidrotermal yang menghubungkan zona reservoir dengan permukaan (Wibowo dkk., 2021).

Secara tektonik, Cekungan Kutai berkembang akibat interaksi gaya ekstensional dan kompresional yang menghasilkan sistem sesar normal dan sesar naik. Aktivitas tektonik ini tidak hanya mengontrol perkembangan cekungan dan sedimentasi, tetapi juga menjadi faktor utama terbentuknya jalur migrasi fluida hidrotermal (Satyana dkk., 1999; Ramdhan, 2010). Keberadaan

manifestasi air panas di Samboja dan Dondang diduga berhubungan langsung dengan sistem sesar aktif yang menembus lapisan sedimen dan memungkinkan keluarnya fluida panas ke permukaan.



Gambar 1. Peta geologi regional daerah penelitian

Penelitian awal melalui pendekatan observasi geokimia air panas diperlukan untuk memahami kondisi hidrotermal di wilayah ini. Parameter dasar seperti pH dan konduktivitas listrik (EC) dapat memberikan gambaran mengenai tingkat interaksi fluida–batuan, proses pelarutan mineral, serta potensi temperatur sistem panas bumi. Data ini penting sebagai langkah awal dalam menilai potensi energi panas bumi temperatur rendah–sedang di Samboja dan Dondang, sekaligus memberikan dasar ilmiah bagi eksplorasi lebih lanjut melalui survei geofisika, pemodelan reservoir, dan kajian kelayakan pemanfaatan energi.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah observasional dengan pendekatan langsung melalui pengukuran dan pengambilan sampel di lapangan yang dipadukan dengan analisis data satelit.

Pengamatan lapangan dilakukan pada dua titik manifestasi mata air panas di daerah Samboja dan Dondang. Parameter fisik dan kimia yang diukur meliputi temperatur, pH, *Total Dissolved Solid* (TDS), dan *Electrical Conductivity* (EC), sehingga dapat diketahui karakteristik hidrogeokimia fluida panas bumi pada setiap lokasi.

Data hasil pengukuran lapangan kemudian diolah untuk mengevaluasi variasi sifat hidrogeokimia antar lokasi dan dikaitkan dengan kondisi geologi setempat, terutama litologi dan struktur sesar yang berperan sebagai jalur migrasi fluida. Selanjutnya, penelitian ini memanfaatkan data penginderaan jauh, khususnya citra Landsat 8 OLI/TIRS dan Landsat 9 untuk menghitung *Land Surface Temperature* (LST) dengan menggunakan algoritma *mono-window* dan *split-window*. Analisis LST dilakukan untuk mendeteksi anomali suhu permukaan yang berpotensi berkaitan dengan keluarnya fluida panas bumi. Selain itu, citra satelit diolah untuk mengidentifikasi lineament atau kelurusan struktur geologi, yang digunakan sebagai indikasi keberadaan jalur sesar atau rekahan yang berfungsi sebagai konduit hidrotermal.

Integrasi antara data lapangan (temperatur, pH, TDS, EC) dengan data satelit (LST dan *lineament*) menghasilkan interpretasi yang lebih komprehensif mengenai sistem panas bumi di daerah penelitian. Kombinasi ini memungkinkan penentuan zona prospek panas bumi temperatur rendah–sedang berdasarkan kesesuaian parameter hidrogeokimia, keberadaan anomali termal permukaan, serta asosiasinya dengan struktur geologi utama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi *lineament* (kelurusan) dan keterkaitannya dengan jalur sesar

Singkapan di daerah Samboja dan Dondang memperlihatkan litologi batuan sedimen berupa batupasir dan batulanau dari satuan sedimen Formasi Balikpapan. Batuan ini umumnya berwarna abu-abu hingga kecoklatan dengan tekstur halus sampai sedang, serta menunjukkan tingkat pelapukan lemah hingga sedang. Pada permukaan singkapan dijumpai rekahan yang berkembang baik dengan orientasi relatif menerus, sehingga menghasilkan bidang lemah yang berpotensi menjadi jalur aliran fluida. Kehadiran rekahan yang terbuka dan ditumbuhi vegetasi memperlihatkan adanya permeabilitas sekunder (Jamaluddin dan Kaunang, 2025) (Gambar 2).



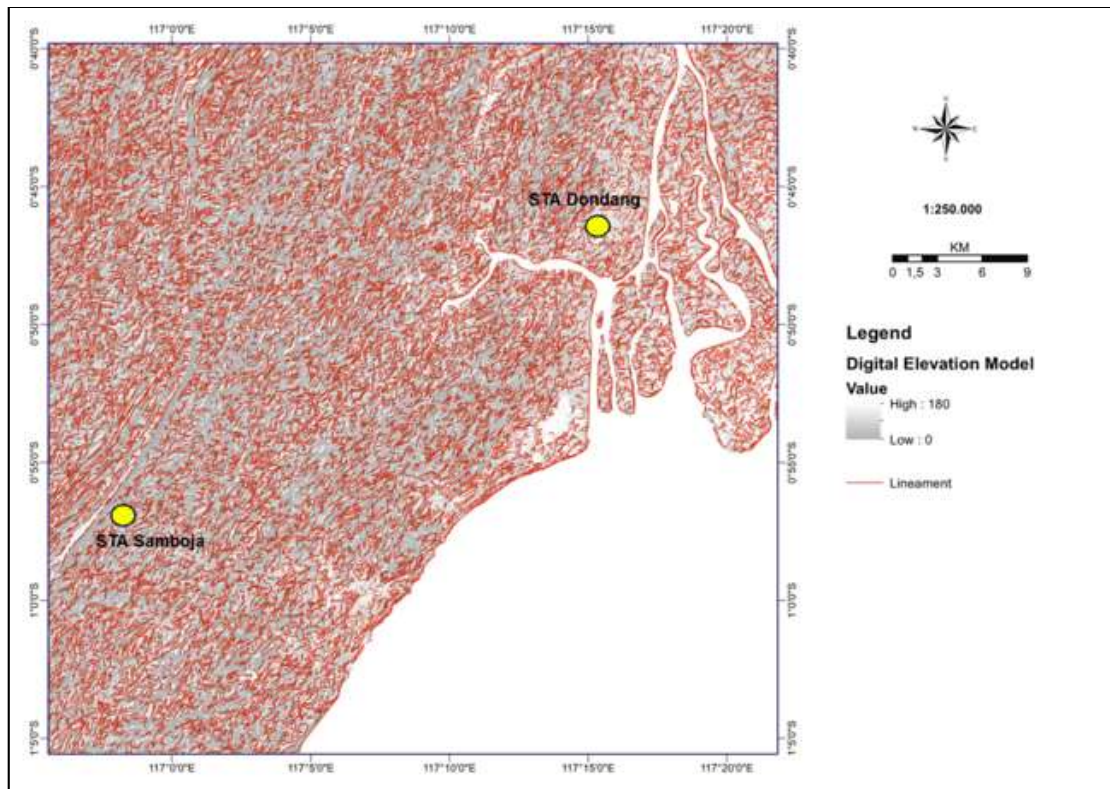
Gambar 2. Karakteristik litologi pada daerah penelitian.

Selain itu, permukaan batuan juga memperlihatkan variasi warna dari abu-abu, kekuningan, hingga kecoklatan yang dapat diinterpretasikan sebagai indikasi adanya proses alterasi hidrotermal lemah, misalnya oksidasi mineral besi, pengendapan mineral karbonat sekunder, atau pembentukan mineral lempung dari alterasi *feldspar* (Jamaluddin dkk., 2021; Jamaluddin dan Kaunang, 2025). Meskipun intensitas alterasi relatif rendah, hal ini menegaskan adanya interaksi antara batuan dengan fluida panas. Secara hidrogeologi, rekahan dan zona pelapukan berperan penting sebagai konduit alami sirkulasi air meteoritik yang pada kedalaman dapat mengalami pemanasan akibat *gradien geotermal* setempat (Gambar 3). Dalam konteks tektonik regional, daerah Samboja dan Dondang terletak pada zona transisi antara Cekungan Kutai bagian tengah dengan jalur lipatan di bagian barat. Kondisi tektonik ini menghasilkan sesar-sesar minor dan sistem rekahan yang memperkuat permeabilitas batuan, sekaligus memungkinkan terbentuknya sistem panas bumi bertemperatur rendah hingga sedang.

Geomorfologi Daerah Penelitian

Daerah penelitian yang meliputi Kecamatan Samboja dan Muara Jawa di Kabupaten Kutai Kartanegara memiliki karakter geomorfologi yang bervariasi, mulai dari dataran rendah hingga perbukitan bergelombang curam. Berdasarkan klasifikasi Van Zuidam (1985), kondisi kemiringan lereng wilayah ini didominasi oleh morfologi landai hingga agak curam (3–20%) yang tersebar luas pada bagian tengah daerah penelitian, terutama di sekitar aliran Sungai Belanak dan Sungai Batuah. Pada bagian tertentu, terutama sepanjang punggung memanjang berarah barat-laut–tenggara, dijumpai morfologi curam hingga sangat curam (21–55%) yang ditafsirkan sebagai hasil aktivitas tektonik berupa lipatan dan sesar. Sementara itu, zona morfologi datar hingga sangat

landai (0–7%) berkembang di dataran aluvial sekitar muara sungai besar dan wilayah pesisir, mencerminkan pengendapan sedimen muda.

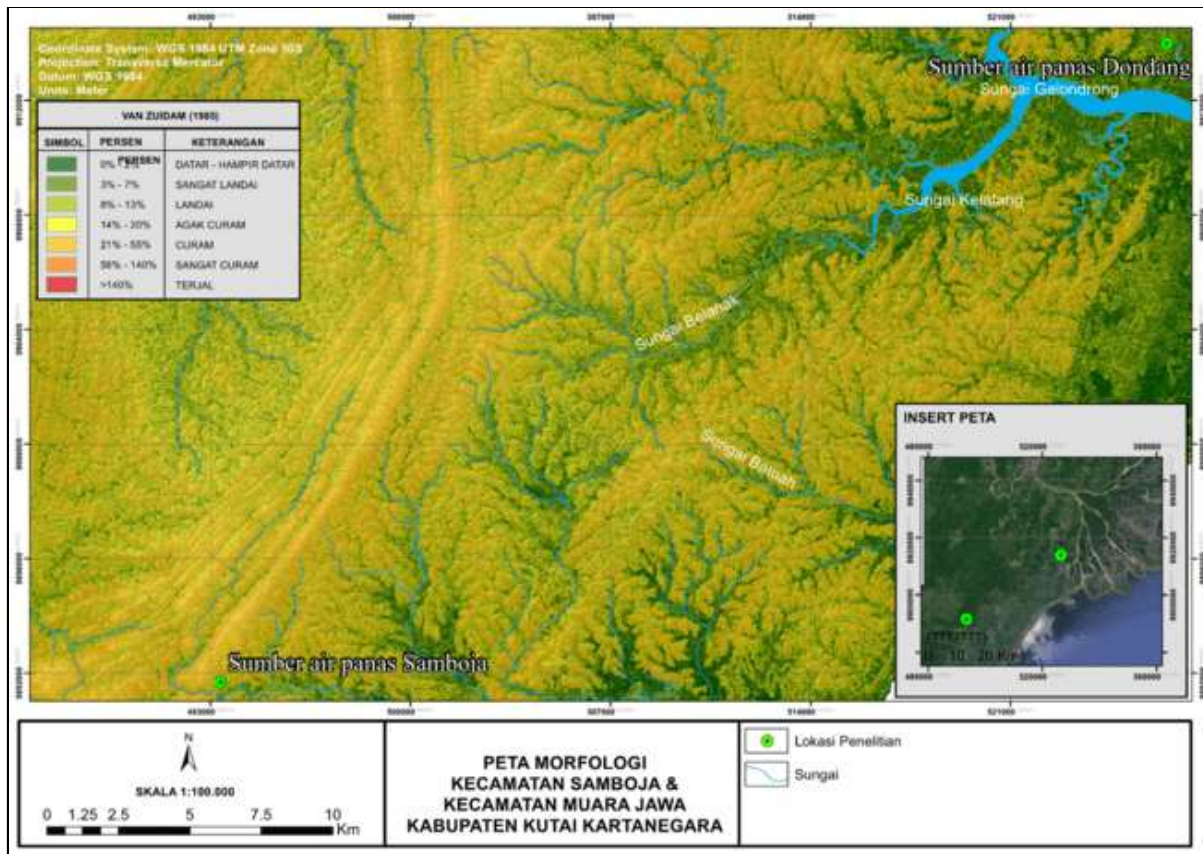


Gambar 3. Peta delineasi daerah penelitian.

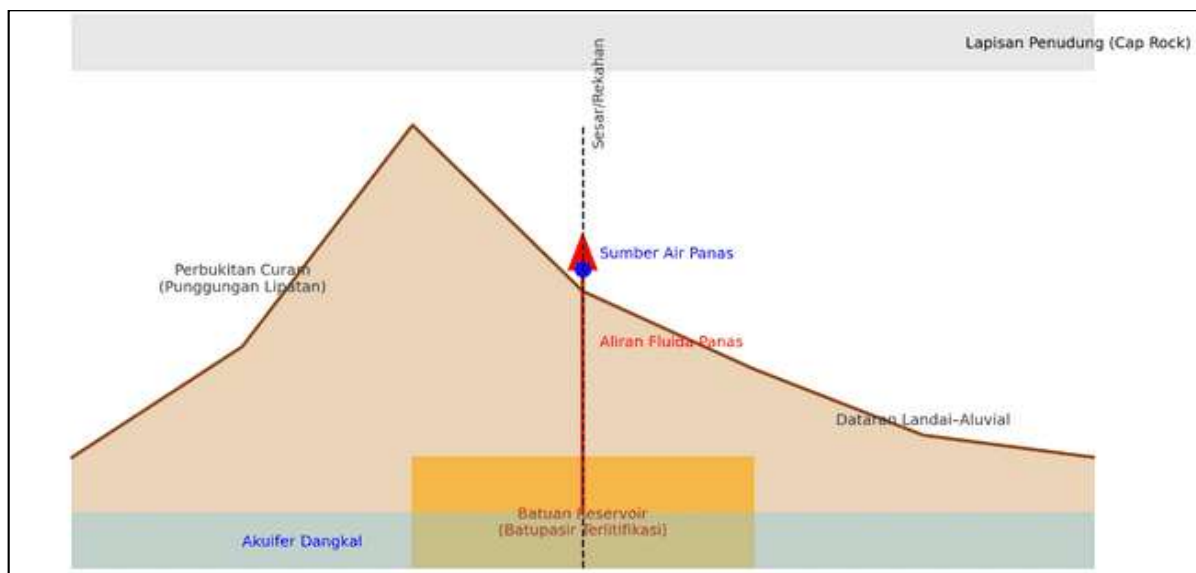
Pola aliran sungai memperlihatkan bentuk sub-dendritik hingga trellis, menunjukkan adanya pengaruh litologi dan struktur terhadap jaringan *drainase*. Sungai utama, seperti Sungai Belanak dan Sungai Batuah, mengalir mengikuti jalur struktur, sedangkan anak-anak sungainya berkembang sejajar dan tegak lurus, menegaskan kontrol struktur tektonik yang berarah dominan baratlaut–tenggara (Gambar 4). Morfologi punggung dengan arah yang sama mengindikasikan adanya sistem lipatan-anjakan yang merupakan ciri khas bagian barat Cekungan Kutai akibat pengaruh gaya kompresi regional.

Keberadaan sumber air panas Samboja dan Dondang yang terletak di sekitar zona transisi antara morfologi landai dengan morfologi curam serta berasosiasi dengan jalur sungai besar menunjukkan peran penting struktur geologi dan kondisi geomorfologi terhadap kemunculan manifestasi panas bumi (Zajuli dkk., 2015). Rekahan dan sesar yang berkembang pada jalur ini menjadi konduit alami bagi fluida hidrotermal untuk mencapai permukaan. Dengan demikian, pola geomorfologi daerah penelitian tidak hanya mencerminkan proses tektonik dan sedimentasi, tetapi

juga memberikan indikasi keterkaitan erat dengan sistem panas bumi bertemperatur rendah hingga sedang di wilayah Samboja dan Dondang.



Gambar 4. Peta morfologi daerah penelitian.



Gambar 5. Skema penampang geomorfologi–struktur daerah Samboja–Dondang.

Secara geomorfologi, daerah penelitian Samboja dan Dondang dicirikan oleh kombinasi perbukitan curam hasil lipatan dan dataran landai–aluvial yang berkembang di bagian hilir. Keberadaan struktur sesar atau rekahan yang berarah relatif mengikuti pola lipatan berperan penting sebagai jalur migrasi fluida panas bumi dari kedalaman menuju permukaan. Pada bagian bawah sistem, terdapat lapisan batuan reservoir berupa batupasir terlitifikasi yang berfungsi sebagai penyimpan fluida panas (Jamaluddin dkk., 2021; Jamaluddin dan Kaunang, 2025). Reservoir ini ditutupi oleh lapisan penudung (*cap rock*) berupa batuan lempung yang bersifat *impermeabel*, sehingga mampu menjaga akumulasi panas dalam system (Sibson, 1996; Pitulima dan Siregar, 2016).

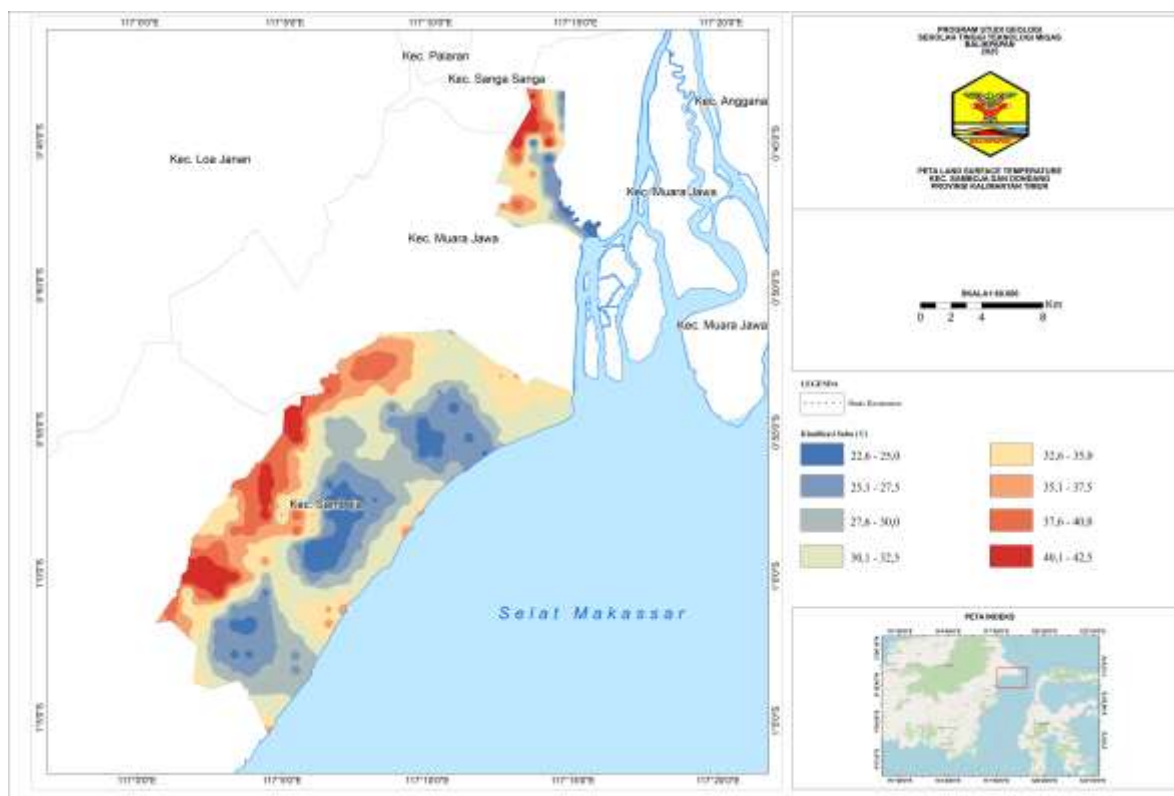
Aliran fluida panas dari kedalaman kemudian bergerak melalui zona rekahan hingga mencapai permukaan, yang termanifestasi sebagai sumber air panas di sekitar Samboja dan Dondang. Kehadiran akuifer dangkal pada dataran aluvial juga berinteraksi dengan sistem panas bumi ini, sehingga dapat mempengaruhi suhu dan komposisi kimia air panas yang muncul. Pola geomorfologi perbukitan lipatan, struktur rekahan, serta hubungan antara *reservoir–cap rock–akuifer dangkal* menunjukkan bahwa sistem panas bumi di daerah ini berjenis hidrotermal dengan temperatur rendah hingga sedang. Sistem seperti ini umumnya potensial untuk pemanfaatan langsung (*direct use*) seperti wisata panasbumi sekaligus dapat menjadi indikasi awal prospek pengembangan energi panas bumi skala kecil di Cekungan Kutai (Hermawan dkk., 2012).

Distribusi *Land Surface Temperature* (LST) di daerah penelitian

Analisis distribusi *Land Surface Temperature* (LST) di wilayah Samboja dan Dondang umumnya menggunakan data citra satelit Landsat 8/9 OLI–TIRS. Hasil analisis distribusi *Land Surface Temperature* (LST) pada wilayah Samboja dan Dondang dan sekitarnya (Gambar 6) memperlihatkan adanya variasi spasial suhu permukaan yang signifikan, berkisar antara 22,6 °C hingga >48 °C. Sebaran suhu terendah (22,6–30 °C) umumnya terkonsentrasi pada bagian tengah dan timur daerah penelitian, khususnya di wilayah yang ditutupi vegetasi lebat, morfologi relatif landai, dan kondisi kelembapan tanah tinggi. Faktor ini menunjukkan bahwa vegetasi berperan penting dalam menurunkan radiasi termal permukaan melalui mekanisme evapotranspirasi serta reflektansi yang tinggi.

Zona dengan LST menengah (30–37,5 °C) tersebar pada daerah peralihan dari morfologi perbukitan menuju dataran rendah yang secara geologi dapat berhubungan dengan litologi batuan sedimen Formasi Balikpapan dan Pulau Balang yang memiliki variasi sifat fisik (permeabilitas–porositas) berbeda. Area transisi ini juga merepresentasikan zona dimana tutupan vegetasi berkurang, sehingga mempengaruhi distribusi suhu yang lebih tinggi dibandingkan area berhutan rapat.

Anomali suhu tertinggi (37,5–48 °C) terekam dominan di bagian barat daya (Kecamatan Samboja) serta sebagian kecil di utara (Kecamatan Sanga-Sanga). Kehadiran nilai LST tinggi di Samboja sangat relevan dengan keberadaan manifestasi panas bumi berupa sumber air panas Samboja, yang mengindikasikan kontribusi aliran fluida hidrotermal dari kedalaman. Secara struktural, anomali ini kemungkinan dikontrol oleh sistem lipatan dan sesar yang berkembang di Cekungan Kutai bagian tenggara, dimana rekahan berperan sebagai jalur migrasi fluida panas menuju permukaan. Selain faktor geologi, kondisi morfologi perbukitan yang lebih terbuka dan minim vegetasi juga memperkuat elevasi nilai LST.



Gambar 6. Distribusi *Land Surface Temperature* (LST) pada wilayah Samboja dan Dondang

Karakteristik Manifestasi Panas Bumi di Lapangan

Manifestasi panas bumi di daerah Samboja dan Dondang berupa mata air panas yang muncul di permukaan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa di Samboja memiliki kisaran pH 6,5–7,6 dan *Electrical Conductivity* (EC) 1005–1184 $\mu\text{S/cm}$. Sedangkan di Dondang, terdapat memiliki nilai pH relatif netral (7–7,5) dan EC lebih tinggi, yaitu 1120–1295 $\mu\text{S/cm}$. Variasi pH dan EC ini menunjukkan bahwa fluida panas bumi di kedua daerah memiliki karakteristik geokimia berbeda, meskipun sama-sama bersumber dari sistem panas bumi non-vulkanik.

Secara geologi, daerah Samboja dan Dondang berada pada jalur struktur yang masih aktif, khususnya Sesar Kutai dan rekahan sekunder yang berkembang di sekitarnya. Struktur ini berfungsi sebagai conduit atau jalur migrasi fluida hidrotermal dari reservoir menuju ke permukaan. Hal ini dapat menjelaskan munculnya manifestasi panas bumi yang terfokus di zona-zona tertentu. Variasi nilai EC yang ditemukan juga dapat dikaitkan dengan perbedaan litologi penyusun reservoir, di mana air panas di Dondang kemungkinan mengalami kontak lebih intensif dengan batuan sedimen kaya mineral sehingga tingkat konduktivitas listriknya lebih tinggi.

Karakteristik fluida panas bumi di Samboja yang cenderung memiliki pH sedikit asam hingga netral dapat mengindikasikan interaksi yang lebih dekat dengan batuan sedimen berlapis batubara dan serpih dari Formasi Balikpapan. Sedangkan fluida panas di Dondang dengan pH netral–basa memperlihatkan pengaruh dominasi air meteorik yang lebih besar, dengan jalur aliran yang mungkin lebih langsung melalui batupasir permeabel dari Formasi Kampungbaru. Perbedaan ini menegaskan bahwa litologi berperan penting dalam mengontrol kimia air panas bumi di daerah penelitian

KESIMPULAN

1. Manifestasi panas bumi di Samboja dan Dondang muncul sebagai mata air panas dengan variasi geokimia, di mana Samboja cenderung sedikit asam hingga netral (pH 6,5–7,6; EC 1005–1184 $\mu\text{S/cm}$), sedangkan Dondang relatif netral dengan konduktivitas lebih tinggi (pH 7–7,5; EC 1120–1295 $\mu\text{S/cm}$).
2. Perbedaan nilai pH dan EC mencerminkan perbedaan litologi reservoir: fluida di Samboja lebih dipengaruhi sedimen kaya batubara dan serpih Formasi Balikpapan, sedangkan di Dondang lebih didominasi jalur migrasi melalui batupasir permeabel Formasi Kampungbaru.

3. Struktur geologi, khususnya Sesar Kutai dan rekahan sekunder, berperan sebagai jalur utama migrasi fluida hidrotermal sehingga mengontrol kemunculan manifestasi panas bumi, yang menegaskan potensi sistem panas bumi non-vulkanik di wilayah ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada tim Program Studi Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan, atas dukungan dan fasilitasi yang diberikan selama kegiatan penelitian, khususnya dalam pengambilan dan pengukuran sampel di lapangan. Kontribusi dan bantuan yang diberikan sangat esensial dalam pengumpulan data primer penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Hermawan, D., Sugianto, A., Yushantarti, A., Dahlan, Munandar, A., & Widodo, S. (2012) Kajian Panas Bumi Non Vulkanik Daerah Sulawesi Bagian Tenggara. Prosiding Hasil Kegiatan Pusat Sumber Daya Geologi.
- Kasbani. (2009) Tipe Sistem Panas Bumi Di Indonesia Dan Estimasi Potensi Energinya. Buletin Sumber Daya Geologi, 4(3), 23–30. <https://doi.org/10.47599/bsdg.v4i3.184>
- Jamaluddin, Prabowo, I., Maria (2021) Karakteristik Fisik Mataair Panas Daerah Samboja, Kutai Kartanegara. *PETROGAS: Journal of Energy and Technology*, 3(2): 51-58.
- Jamaluddin, J., & Kaunang, I. (2025) Analisis Geologi Struktur dan Pengaruhnya terhadap sistem Hidrotermal Daerah Samboja km. 38, Kutai Kartanegara. *PETROGAS: Journal of Energy and Technology*.
- Maulida, N. H., Puspita, O. D., Hidayatika, A., & Mulyasari, R. (2024) Karakterisasi Sistem Panas Bumi Non-Vulkanik pada Manifestasi Air Panas Biatan Bapinang: Studi Pendahuluan. *OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan*, 6(2), 80–91. <https://doi.org/10.56099/ophi.v6i2.p80-91>
- Ramdhan, A.M., (2010) Overpressure And Compaction In The Lower Kutai Basin, Indonesia. Doctoral Thesis, Durham University.
- Satjana, A.H., Nugroho, D., Surantoko, I. (1999) Tectonic controls on the hydrocarbon habitats of the Barito, Kutei, and Tarakan Basins, Eastern Kalimantan, Indonesia : major dissimilarities in adjoining basins. *Journal of Asian Earth Sciences*, 17: 111-121.
- Sibson, C. W. (1996) Structural permeability of fluid-driven fault-fracture meshes. *Journal of Structural Geology*, 18(8): 1031-1042. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(96\)00032-6](https://doi.org/10.1016/0191-8141(96)00032-6)
- Van Zuidam R.A., (1985). Guide to Geomorphic Aerial Potographic Interpretation and Mapping, The Hague: Smits

- Wibowo, A. E. A., Hadi, M. N., Risdianto, D. (2021) Sistem Panas Bumi Temperatur Rendah-Sedang pada Cekungan Kutai dan Rekomendasi Pemanfaatannya. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 16(2): 133-151
- Wita, L.M., Syafri, I., Yoseph, B., dan Wibowo, A.E.A. (2019) Karakteristik Hidrokimia Untuk Mengetahui Sistem Dan Pemanfaatan Fluida Panas Bumi Daerah Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. *Padjajaran Geoscience Journal*, 3(5): 361–368.
- Zajuli, M.H.H., Irawan, D., Permana, A.K., Kusworo, A., Wahyudiono, J., Hamzah, A., Saragih, R., Hermanto, B., Firdaus, M., dan Arifin, A.S. (2015) Karakteristik Serpih Gas (Shale Gas) dan Potensinya di Cekungan Kutai dan Cekungan Akimeugah. *Kolokium Pusat Survei Geologi*. Bandung.