

Kajian hidrologi dan hidrogeologi daerah penambangan, studi kasus lipatan sinklin di Sungai Mahakam, Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

Shalaho Dina Devy¹, Ibnu Hasyim²

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik,
Universitas Mulawarman, Indonesia¹

Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik,
Universitas Kutai Kartanegara, Indonesia²

shalaho.d2@ft.unmul.ac.id¹

Article Info

Article history:

Submitted March 2022

Revised November 2022

Accepted December 2022

Published December 2022

Keyword:

Hidrologi

Hidrogeologi

Syncline

Mahakam River

ABSTRACT

Changes in land use due to open pit mining operations, indirectly affect the hydrological cycle. Open pit mining operations, especially the open pit method, greatly affect subsurface conditions, such as lithology and hydrogeology. The purpose of this study was to analyze the hydrological and hydrogeological conditions before mining on syncline folds in the Mahakam river. This research is an inductive research with an analytical approach which includes the study of land use, hydrological conditions, geology, and hydrogeology. The land use of the research area is dominated by plantations (84%) with a rain catchment area of 995.9 hectares. The results of the hydrological analysis yielded daily rainfall values with a 5-year recurrence of 208.4 mm, annual rainfall of 2.177.32 mm, runoff 238.63 mm/yr, evapotranspiration 1,031.16 mm/yr and groundwater recharge 907.53 mm/th. The lithology of the study area is dominated by sandstone and clayey siltstone. The results of the aquifer test (pumping test) showed that the average K value (hydraulic conductivity) of sandstone was 1.33×10^{-2} m/s and claystone was 6.77×10^{-10} m/s. The results of the hydrogeological analysis show that the top layer is an aquitard, below it is an aquifer, then an aquitard, and the bottom is an aquiclude. The type of aquifer in the study area is classified as semi confined aquifer

Kata Kunci:

Hidrologi

Hidrogeologi

Sinklin

Sungai Mahakam

ABSTRAK

Perubahan tata guna lahan, dampak tambang terbuka, secara tidak langsung mempengaruhi siklus hidrologi. Operasi tambang terbuka, khususnya metode open pit, sangat mempengaruhi kondisi bawah permukaan, seperti litologi dan hidrogeologi. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis kondisi hidrologi dan hidrogeologi kondisi sebelum penambangan pada lipatan sinklin di sungai Mahakam. Penelitian ini merupakan penelitian induktif dengan pendekatan analitik yang meliputi kajian tata guna lahan, kondisi hidrologi, geologi, hidrogeologi. Tata guna lahan daerah penelitian didominasi perkebunan (84%) dengan luas daerah tangkapan hujan 995,9 hektar. Hasil analisis hidrologi menghasilkan nilai curah hujan harian dengan perulangan 5 tahun 208,4 mm, curah hujan tahunan 2.177,32 mm, limpasan air permukaan 238,63 mm/th, evapotranspirasi 1.031,16 mm/th dan imbuhan airtanah 907,53 mm/th. Litologi daerah penelitian didominasi batu pasir dan batu lanau lempungan. Hasil uji akuifer (uji

pemompaan) didapatkan nilai K (konduktivitas hidrolika) rata-rata batu pasir $1,33 \times 10^{-2}$ m/dt dan batu lempung $6,77 \times 10^{-10}$ m/dt. Hasil analisis hidrogeologi, lapisan atas berupa akuitar, di bawahnya akuifer, kemudian akuitar, dan paling dasar akuiklud. Jenis akuifer daerah penelitian masuk kategori semi tertekan (semi confined aquifer).

1. PENDAHULUAN

Siklus hidrologi merupakan siklus tertutup aliran air yang terus menerus. Proses aliran air, pada permukaan dan dalam tanah, dibantu energi matahari menjadi uap dan terkondensasi menjadi hujan turun menjadi air (Devy, 2018). Kuantitas dan kualitas air pada siklus hidrologi sangat ditentukan oleh kondisi tata guna lahan, morfologi, geologi dan iklim. Selain itu, batas daerah aliran sungai menjadi hal penting untuk perhitungan komponen perhitungan siklus hidrologi dan kondisi akuifer (Devy, 2018).

Tambang terbuka mempunyai dampak yang signifikan, terutama perubahan tata guna lahan. Perubahan ini akan berpengaruh terhadap kuantitas air permukaan dan airtanah, khususnya daerah pit tambang dan daerah disposal. Pit tambang yang arah kemajuan vertikal akan mengakibatkan perubahan litologi dan lapisan akuifer. Terbentuknya daerah disposal akan merubah roman muka yang sebelumnya dataran akan menjadi perbukitan (peningkatan elevasi) ataupun sebaliknya (Devy & Sarungallo, 2018).

Penelitian hidrologi dan hidrogeologi pada lipatan sinklin sungai Mahakam belum pernah dilakukan peneliti-peneliti sebelumnya, khususnya pada formasi Balikpapan dan Pulau Balang. Sungai Mahakam yang merupakan salah satu sungai terpanjang di Indonesia, dengan panjang 980 Km, yang membentang dari Kalimantan Utara, Kalimantan Timur dan sebagian Kalimantan Tengah. Sungai ini masuk dalam kategori stadium tua, dengan cirinya berkelok-kelok dengan dominasi endapan aluvial di sisi kanan-kirinya. Salah satu kajian teknis sebelum operasi penambangan yaitu kajian hidrologi dan hidrogeologi.

Penelitian ini akan mengkorelasikan penelitian yang terkait hidrologi, hidrogeologi pada lipatan sinklin sungai Mahakam dan operasi penambangan, khususnya kondisi awal/pra penambangan. Sehingga dengan diketahui kondisi hidrologi dan hidrogeologi diharapkan dapat mengantisipasi pengaruh air hujan, air permukaan, dan airtanah yang berlebih atau terganggu pada daerah sinklin di sungai Mahakam. Selain itu, hasil dari penelitian ini dapat diterapkan pada sistem penyaliran tambang atau penanganan air pada operasi penambangan secara tepat dan efisien.

2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian induktif dengan pendekatan analitik, yang meliputi analisis batas daerah sungai, tata guna lahan, hidrologi, geologi dan hidrogeologi. Tahap awal penelitian dengan studi literatur yang diperoleh dari buku teks, jurnal-jurnal ilmiah serta penelitian terdahulu yang relevan dan terbaru.

2.1. Limpasan air permukaan

Limpasan air permukaan (R_o) sangat tergantung dari sifat-sifat meteorologi dan kondisi DAS (Kamiana, 2010). Persamaan untuk menyelesaikan aliran air permukaan di lapangan yang dipengaruhi oleh kondisi morfologi, vegetasi, tanah/batuan adalah dengan metode Dinas Konservasi Tanah Amerika (Soil Conservation Service, SCS) (Hammer & Mac Kitchen, 1981). Metode ini merupakan model konseptual yang menganalogikan proses infiltrasi sebagai faktor penentu yang terintegrasi dengan aspek hidrologi. Volume aliran air permukaan tanah atau infiltrasi (R_o , mm) dihitung melalui Persamaan 1:

$$R_o = \frac{(P-0,2S)^2}{(P+0,8S)} \quad (1)$$

di mana, P adalah curah hujan dan S adalah retensi potensial maksimum, semua dalam satuan mm. Nilai retensi potensial maksimum (S, mm) dipengaruhi oleh nilai CN, seperti terlihat pada Persamaan 2:

$$S = \frac{25.400}{CN} - 254 \quad (2)$$

Simbol CN (Curva Number) adalah Bilangan Kurva (BK) yang nilainya berkisar antara 0 dan 100 (Arsyad, 1989). Besaran nilai Bilangan Kurva sangat dipengaruhi oleh kondisi tipe tanah/batuan, penggunaan lahan, vegetasi, dan kondisi hidrologi daerah penelitian. Makin besar nilai BK akan berkorelasi dengan kondisi tata guna lahan dalam kondisi terganggu atau keadaan minim vegetasi yang dapat mengakibatkan longsor atau banjir.

2.2. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi (ET) yang dihitung pada penelitian ini adalah evapotranspirasi aktual. Evapotranspirasi aktual yang diterapkan pada kondisi fisik dari DAS atau sub DAS. Kondisi fisik DAS/sub DAS meliputi kemiringan lereng, geologi, bentuk lahan, serta parameter fisik lahan. Persamaan evapotranspirasi aktual menggunakan pendekatan metode Turc (Seiler & Gat, 2007) terlihat pada Persamaan 3.

$$ET_r = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{(200 + 25T_m + 0,05T_m^3)^2}}} \quad (3)$$

2.3. Imbuan airtanah

Imbuan airtanah (U) menggunakan prinsip keseimbangan neraca air. Keseimbangan air dipengaruhi air yang terinfiltrasi atau kontak dengan permukaan, yang berasal dari air hujan, dibandingkan dengan air yang keluar dari permukaan tanah, seperti limpasan air permukaan dan evapotranspirasi. Menurut Thornthwaite dan Mather (Healy & Cook, 2002), metode perhitungan imbuan airtanah menggunakan prinsip keseimbangan air atau neraca air, yaitu keseimbangan antara air masuk dan keluar dalam suatu cekungan airtanah. Pada penelitian ini, nilai lengas tanah atau kelembaban tanah (ΔS) bernilai nol karena siklus tahunan yang berlangsung terus-menerus. Besarnya imbuan airtanah (mm/tahun) dihitung menggunakan Persamaan 4:

$$U = P - ET_r - R_o \pm \Delta S \quad (4)$$

di mana, P adalah curah hujan tiap tahun, ET_r adalah evapotranspirasi aktual (real) dan R_o adalah air limpasan akibat efek dari impermeabilitas tanah. Semuanya dalam satuan mm.

2.4. Uji pemompaan

Uji pemompaan merupakan metode pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik akuifer, seperti kemampuan akuifer melakukan/melewatkan airtanah, menyimpan airtanah, dan membantu evaluasi potensi airtanah. Uji pemompaan dilakukan pada muka airtanah piezometrik dari sumur bor bekas pemboran yang terletak di bawah permukaan atau disebut sebagai sumur artesis negatif (Fetter, 1988).

Sehubungan dengan uraian tersebut, untuk mengetahui karakteristik akuifer baik dalam akuifer tertekan maupun tidak tertekan menggunakan uji pemompaan. Uji pemompaan berguna untuk mengetahui potensi sumur gali atau sumur bor, parameter-parameter fisik akuifer, dan menguji debit airtanah (Sudarsono, 1988). Data debit airtanah sangat penting sebelum melakukan eksploitasi sumur bor. Prinsip dari uji pemompaan, yakni memompa airtanah dari sumur uji dengan debit konstan dan mengamati surutan airtanah (drawdown) selama pemompaan berlangsung. Kemudian, hasil uji pemompaan di lapangan tersebut dilakukan pengeplotan pada kertas semi log yang berupa waktu pengujian dan surutan. Hasil dari pengeplotan ini berupa nilai t_0 dan Δh . Selanjutnya, data-data tersebut digunakan sebagai data masukan untuk penghitungan koefisien keterusan (T , m²/dt), koefisien kelulusan (K , m/dt), dan selisih perbedaan koefisien daya simpan/simpanan air (S , m).

Salah satu persamaan untuk menghitung hasil uji pemompaan adalah persamaan Cooper Jacob (Fetter, 1988; Domenico & Schwartz, 1990). Adapun persamaan tersebut dapat dilihat pada Persamaan 5 hingga 7:

$$T = \frac{2,30 \times Q}{4 \times \pi \times \Delta h} \quad (5)$$

$$S = \frac{2,25 \times T \times t_0}{r^2} \quad (6)$$

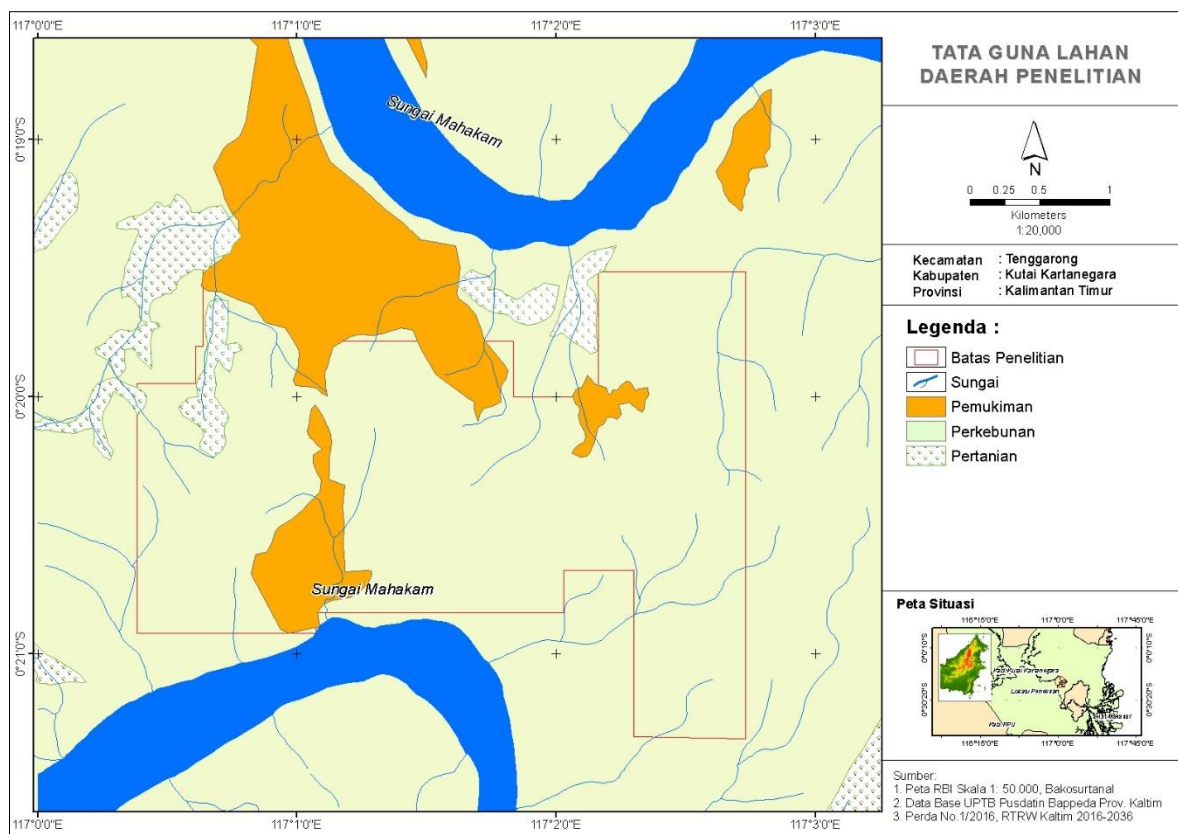
$$T = K \times b \quad (7)$$

Keterangan Persamaan 5–7, yaitu Q adalah debit pemompaan (m³/dt), dan b merupakan ketebalan dari akuifer yang dilakukan pengujian dalam satuan meter.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Tata guna lahan

Kondisi permukaan sangat berpengaruh pada hasil perhitungan kapasitas air permukaan, misalnya tata guna lahan dan karakteristik daerah aliran sungai (Asdak, 1995). Selain itu, kondisi geologi dan morfologi menjadi faktor pendukung penentu koefisien limpasan air permukaan yang dikorelasikan dengan kondisi tata guna lahan. Tata guna lahan daerah penelitian bersumber dari peta RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah) Provinsi Kalimantan Timur. Deskripsi tata guna lahan dapat dilihat di Gambar 1.



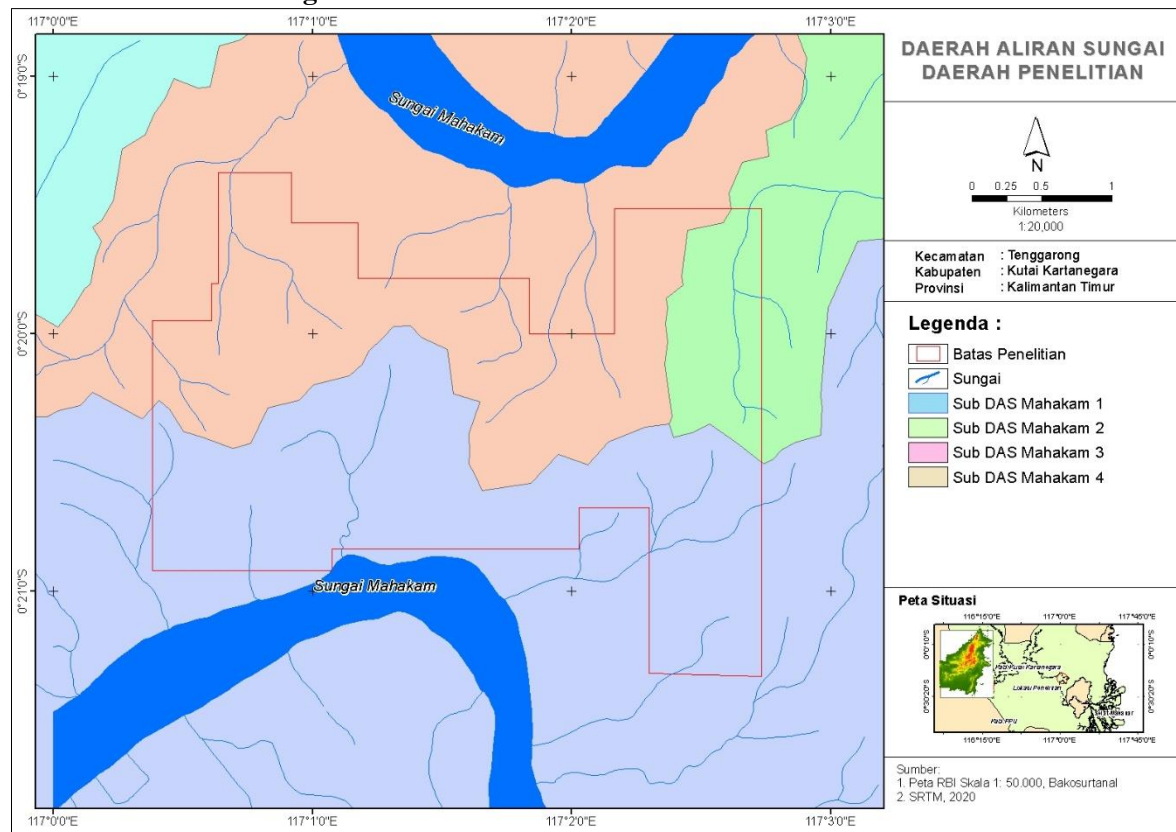
Gambar 1. Tata guna lahan daerah penelitian

Batas kajian daerah penelitian didasarkan pada batas hidrogeologis, seperti batas sungai dan batas punggung perbukitan. Hasil interpretasi dari peta tutupan lahan Gambar 1, daerah penelitian mempunyai luas 995,9 ha. Secara terperinci, tata guna lahan daerah penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Bilangan kurva tata guna lahan daerah penelitian

| Tata guna lahan | % Luas | Luas (ha) |
|-----------------|------------|--------------|
| Pemukiman | 13,4 | 133,44 |
| Perkebunan | 84,24 | 838,97 |
| Pertanian | 2,36 | 23,49 |
| Total | 100 | 995,9 |

3.2. Daerah Aliran Sungai



Gambar 2. Daerah aliran sungai daerah penelitian

Kondisi hidrologi sangat tergantung pada kondisi jaringan sungai-sungai dan luas daerah aliran yang membentuk DAS dan sub DAS. Karakteristik aliran sungai ditentukan berdasarkan panjang, lebar sungai, dan kondisi DAS. Daerah penelitian masuk dalam bagian Sun DAS Mahakam. Pada daerah penelitian, terdapat Sungai Mahakam menerima pasokan air dari air hujan dan air dari jaringan sungai-sungai kecil atau anak sungai.

Hasil peta tumpang susun (overlay) dari peta topografi, bersumber dari peta SRTM/DEM dan peta RBI dari Bakosurtanal, menyimpulkan, luas daerah tangkapan hujan daerah penelitian terdiri dari 3 Sub DAS Mahakam yang mempunyai total luas dalam daerah penelitian sebesar 995,9 ha. Penentuan batas daerah aliran sungai menggunakan bantuan ArcGis, dengan perincian luas seperti pada Gambar 2 dan Tabel 2.

Tabel 2. Luas Sub Das Mahakam dalam daerah penelitian

| Sub DAS Mahakam | % Luas | Luas (ha) |
|-----------------|--------|-----------|
| 1 | 41,89 | 417,22 |
| 2 | 9,95 | 99,13 |
| 3 | 48,15 | 479,55 |

| | | |
|--------------|------------|--------------|
| Total | 100 | 995,9 |
|--------------|------------|--------------|

3.3. Hidrologi

3.3.1. Curah hujan

Tabel 3. Tabel curah hujan (mm) daerah penelitian

| No | TAHUN | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|----|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| . | BULAN | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm |
| 1 | Januari | 213 | 180 | 271 | 232 | 156 | 353 | 336 | 120 | 281 | 119 |
| 2 | Februari | 231 | 75 | 191 | 365 | 287 | 36 | 186 | 77 | 193 | 184 |
| 3 | Maret | 399 | 97 | 188 | 242 | 284 | 144 | 162 | 123 | 177 | 101 |
| 4 | April | 311 | 165 | 296 | 138 | 199 | 181 | 298 | 262 | 333 | 92 |
| 5 | Mei | 216 | 206 | 141 | 148 | 227 | 226 | 173 | 130 | 240 | 122 |
| 6 | Juni | 95 | 122 | 174 | 131 | 199 | 123 | 280 | 131 | 306 | 127 |
| 7 | Juli | 70 | 121 | 115 | 136 | 299 | 53 | 64 | 96 | 135 | 273 |
| 8 | Agustus | 65 | 95 | 229 | 62 | 78 | 171 | 10 | 100 | 90 | 265 |
| 9 | September | 24 | 195 | 169 | 73 | 116 | 5 | 3 | 246 | 74 | 184 |
| 10 | Oktober | 123 | 195 | 168 | 81 | 166 | 19 | 106 | 156 | 161 | 197 |
| 11 | November | 163 | 222 | 191 | 205 | 297 | 88 | 84 | 255 | 345,5 | 133 |
| 12 | Desember | 115 | 100 | 317 | 209 | 276 | 338 | 80 | 328 | 402 | 185 |
| | JUMLAH | 2025 | 1773 | 2450 | 2022 | 2584 | 1737 | 1782 | 2024 | 2737,5 | 1982 |
| | RATA-RATA | 168,75 | 147,75 | 204,17 | 168,50 | 215,33 | 144,75 | 148,50 | 168,67 | 228,13 | 165,17 |

Pada daerah penelitian nilai curah hujan yang diambil 13,4 mm/hari. Curah hujan ini diperoleh dari curah hujan tahunan maksimum berdasarkan data curah hujan dari tahun 2012 - 2021 dibagi dengan jumlah hari hujan rata-rata setahun.

3.3.2. Limpasan air permukaan

Tata guna lahan yang berpengaruh daerah penelitian yaitu perkebunan dengan 84%. Selanjutnya, tata guna lahan dikorelasikan dengan nilai standar BK yang dikalikan dengan luas daerah pengaruh dan akan menghasilkan nilai BK daerah penelitian. Hasil perhitungan menyimpulkan, nilai BK keseluruhan hasil rata-rata dari BK dan luas masing-masing tata guna lahan daerah penelitian adalah sebesar 68,43 (Tabel 4).

Tabel 4. Bilangan kurva (BK) tata guna lahan daerah penelitian

| Tata guna lahan | BK | % Luas | Luas (ha) | BK × Luas |
|-----------------|--------------|------------|--------------|-----------------|
| Pemukiman | 85 | 13 | 133,44 | 11342,4 |
| Perkebunan | 66 | 84 | 838,97 | 55372,02 |
| Pertanian | 61 | 3 | 23,49 | 1432,89 |
| Total | 68,43 | 100 | 995,9 | 68147,31 |
| Rerata | | | | |

Selain nilai BK, faktor penentu limpasan air permukaan pada Sub DAS Mahakam adalah curah hujan. Hasil perhitungan limpasan air permukaan di daerah penelitian di tiga Sub DAS Mahakam, yaitu sebesar 238,63 mm/th.

3.3.3. Evapotranspirasi

Hasil perhitungan evapotranspirasi aktual Sub DAS Mahakam diketahui, total evapotranspirasi aktual sebesar 1.031,16 mm/th. Perhitungan evapotranspirasi aktual lebih

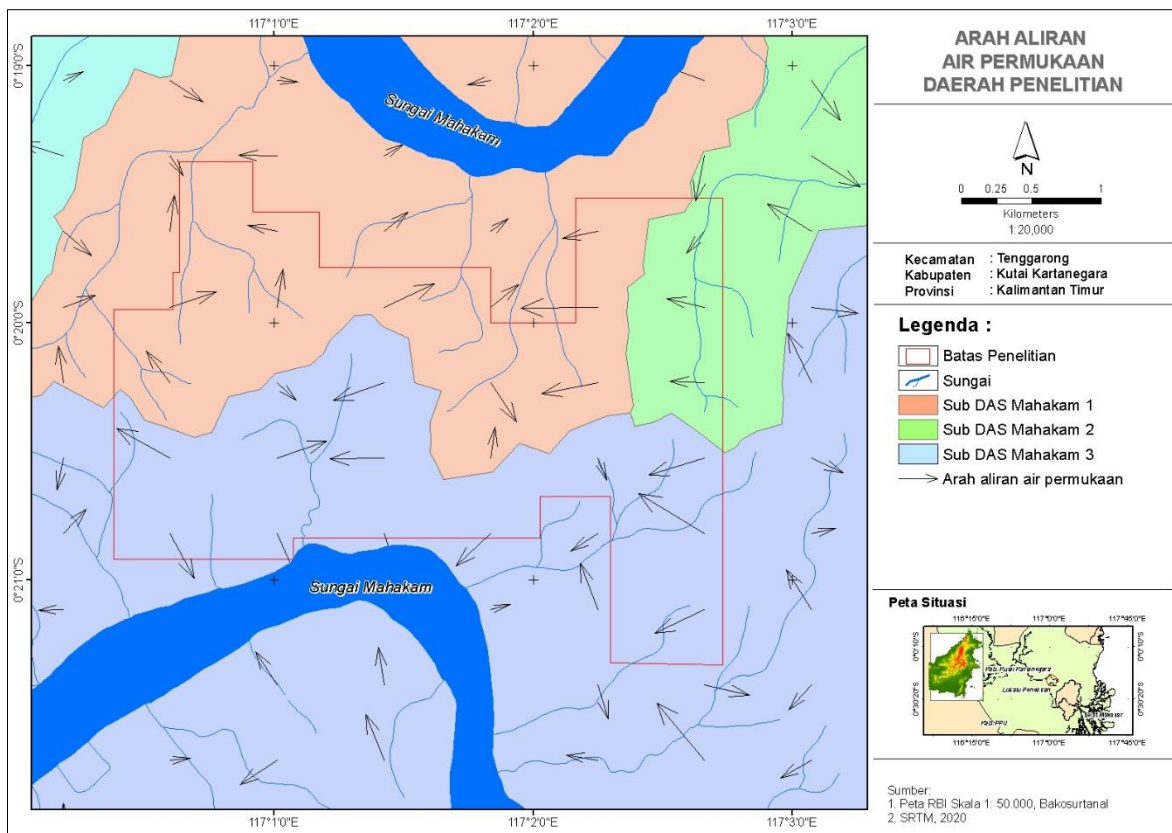
menekankan pada kondisi fisiologis tanaman dan kondisi permukaan, seperti kondisi hidrologi, jenis/tipe tanah, dan tata guna lahan kawasan DAS.

3.3.4.Imbuhan airtanah

Hasil perhitungan imbuhan airtanah (U) pada Sub DAS Mahakam mempunyai nilai sebesar 907,53 mm/th dengan perincian nilai presipitasi/curah hujan (P) tahunan 2.177,32 mm/th, limpasan air permukaan (Ro) 238,63 mm/th dan evapotranspirasi aktual (ET_r) sebesar 1031,16 mm/th.

3.3.5.Pola aliran air permukaan

Pola aliran air permukaan daerah penelitian dipengaruhi daerah tangkapan hujan dari 3 Sub Das Mahakam. Arah aliran air permukaan dari punggung bukit menuju ke aliran air permukaan yang diwakili oleh jaringan-jaringan sungai. Deskripsi pola aliran air permukaan dengan detail dapat dilihat pada Gambar 3.

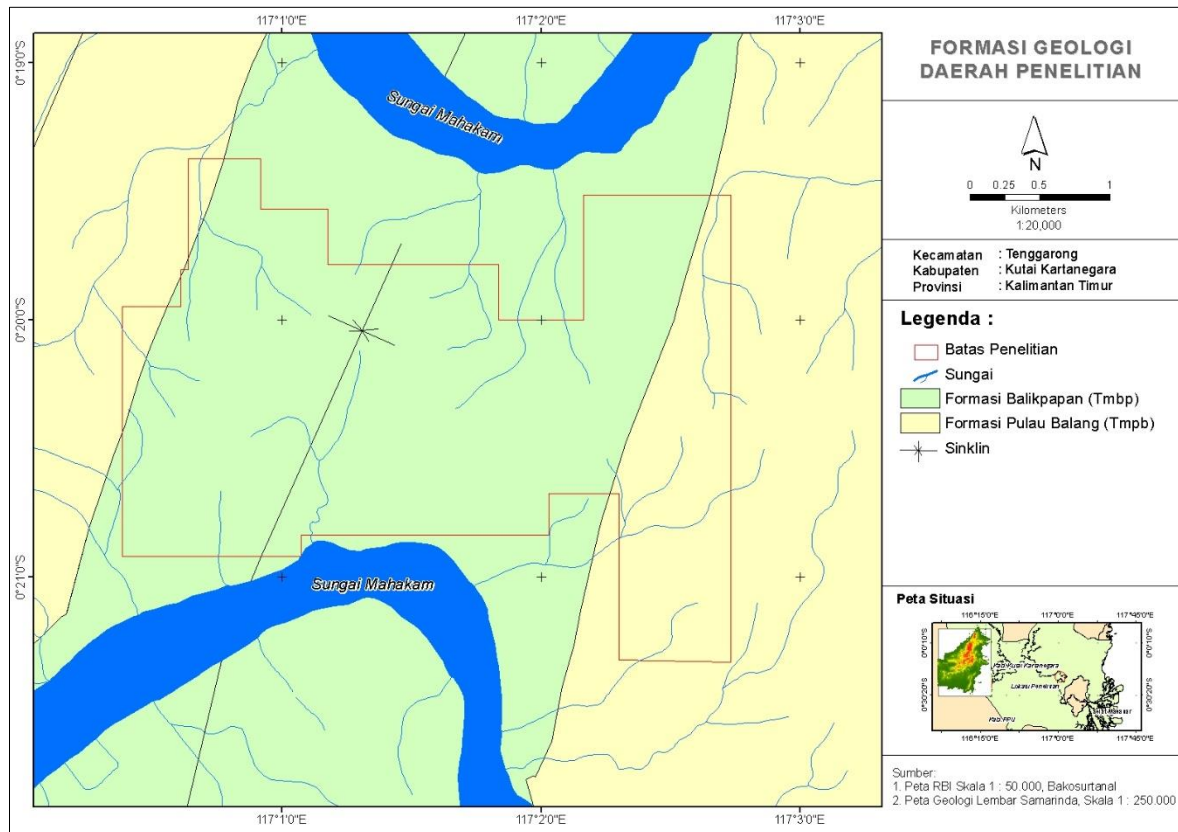


Gambar 3. Pola aliran air permukaan

3.4. Hidrogeologi

3.4.1.Geologi

Hasil overlay (tumpang-susun) lokasi penelitian dengan Peta Geologi Bersistem lembar Samarinda (Supriatna, dkk., 1995), formasi geologi daerah masuk dalam Formasi Balikpapan (Tmbp) dan Formasi Pulau Balang (Tmpb). Kedua formasi ini membentuk struktur lipatan sinklin yang menjadi penciri dan pembeda penelitian ini dengan yang lain, khususnya di sungai Mahakam. Deskripsi peta sebaran formasi geologi regional daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.

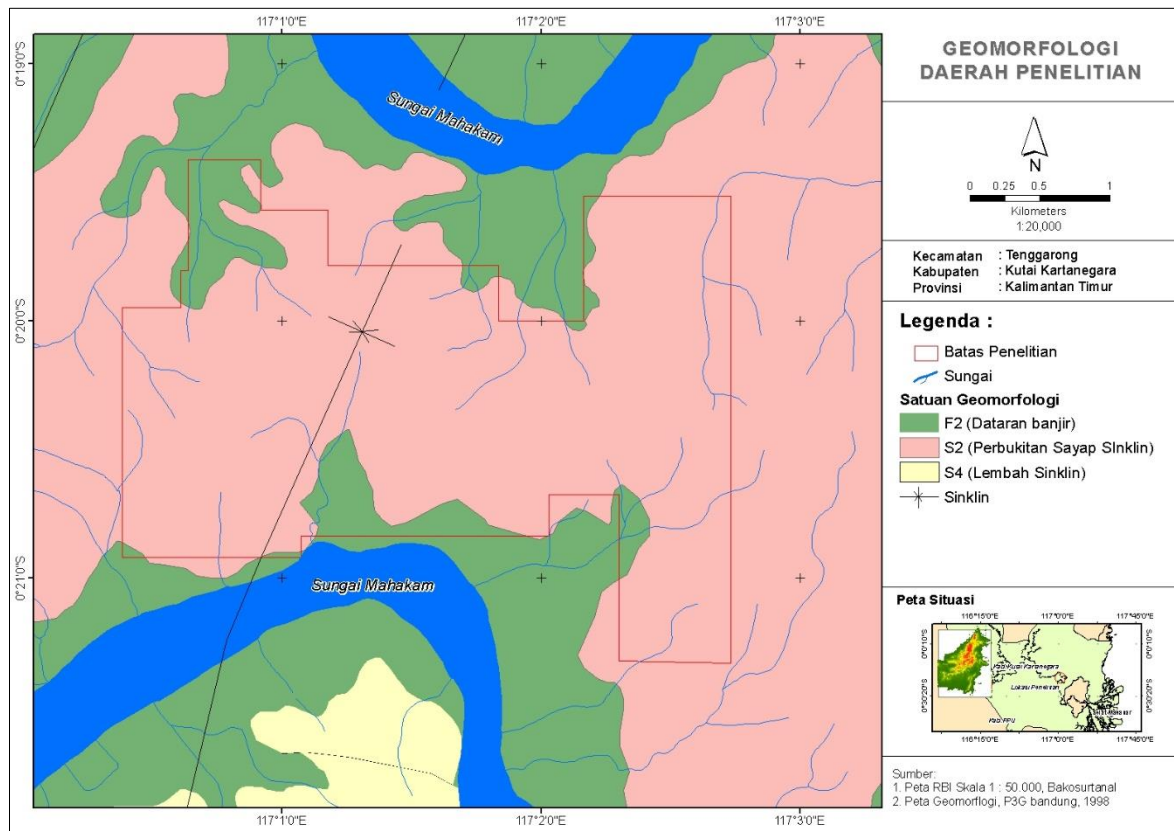


Gambar 4. Geologi daerah penelitian

- **Formasi Balikpapan.** Ciri-ciri formasi ini yaitu batulempung dengan sisipan batulanau, pasir/batupasir kuarsa, dan serpih (*shale*). Pada batupasir kuarsa berkembang sekuen menghalus berubah batulempung yang berada lapisan atas batupasir dengan pembatas batulanau. Selain itu, terdapat sekuen lapisan batubara pada lapisan atas dan bawah batupasir dan batulanau. Formasi ini diendapkan di lingkungan delta kala Miosen Tengah-Miosen Akhir.
- **Formasi Pulau balang.** Formasi ini tersusun dari pasir, batulanau, batupasir (*graywacke*), batupasir kuarsa, batupasir, batugamping, batulempung, dan sisipan batubara. Formasi ini dapat dibedakan dari formasi lainnya karena per lapisannya sangat jelas serta relatif lebih resistan pelapukan dibandingkan formasi-formasi lain. Formasi ini diendapkan di lingkungan delta pada kala Miosen Tengah-Miosen Akhir.

3.4.2. Geomorfologi

Geomorfologi merupakan suatu bentang alam, morfologi, serta bentuk permukaan bumi akibat proses geomorfik (Verstappen, 1985). Pembentukan bentang alam, morfologi, dan permukaan bumi, dikontrol oleh beberapa faktor utama: struktur, proses, dan tahapan (Lobeck, 1939).



Gambar 5. Geomorfologi daerah penelitian

Daerah penelitian termasuk dalam Antiklinorium Samarinda bagian utara yang berbatasan dengan dataran dan lipatan sinklin. Pola kelurusan punggungan ini mempunyai arah barat hingga timur yang sebagian kecil merupakan dataran banjir dan tubuh sungai.

Daerah model penelitian telah mengalami proses geomorfologi baik proses eksogen maupun endogen yang menyebabkan perubahan bentuk morfologi. Secara eksogen, proses yang berlangsung meliputi pelapukan, erosi, dan gerakan tanah. Proses eksogen banyak dipengaruhi oleh faktor litologi di daerah model penelitian yang dominan tersusun oleh batulanau, batulempung, dan batupasir, dengan resistensi lemah hingga sedang.

Berdasarkan aspek-aspek geomorfologi klasifikasi Verstappen (1985) dapat dikorelasikan, bahwa bentuk lahan di daerah model penelitian dibagi menjadi tiga satuan bentuk lahan, yaitu Perbukitan sayap sinklin (S2), Lembah sinklin (S4), dan Dataran Banjir (F2). Deskripsi ketiga satuan geomorfologi dapat dilihat pada Gambar 5.

3.4.3. Tipologi daerah penelitian

Hidrogeologi daerah penelitian ditentukan oleh litologi, keberadaan sumber air, dan karakteristik akuifer. Mengacu pada klasifikasi Mandel dan Shiftan (1981) serta oleh Irawan dan Puradimadja (2013) dikembangkan dan disesuaikan dengan kondisi tipologi geomorfologi dan geologi Indonesia, daerah penelitian termasuk dalam tipologi sistem akuifer batuan sedimen yang berada di lipatan sinklin. Daerah penelitian dipengaruhi oleh struktur perlipatan sinklin yang terjadi akibat adanya tenaga endogen yang mengakibatkan deformasi batuan. Dengan demikian, berdasarkan kesimpulan di atas dan mengacu pada litostratigrafi daerah penelitian merupakan bagian dari unit hidrogeologi tipologi Sistem Batuan Sedimen Terlipat.

3.4.4. Uji pemompaan

Uji akuifer merupakan metode pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik akuifer, seperti kemampuan akuifer melalukan/melewatkan airtanah, menyimpan airtanah, dan

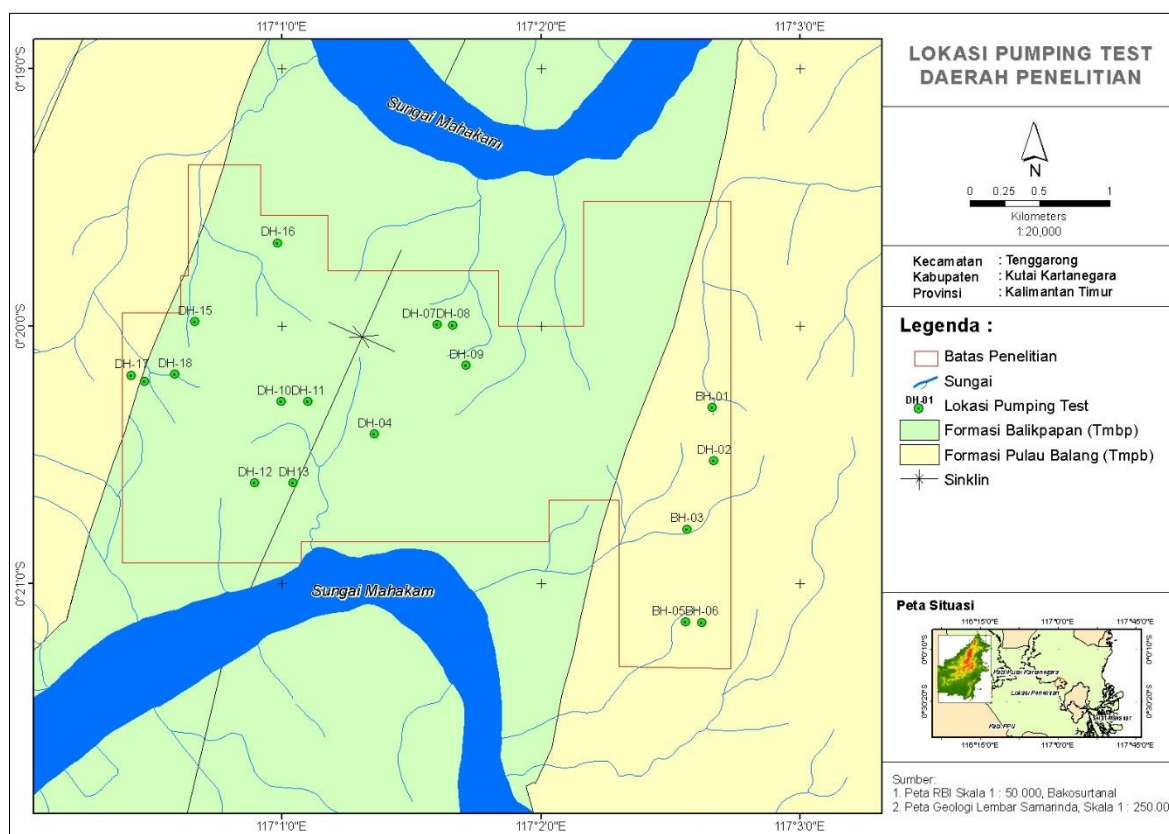
membantu evaluasi potensi airtanah (Dellur, 1997). Uji akuifer dilakukan pada muka airtanah piezometrik dari sumur bor pasca pemboran yang terletak di bawah permukaan atau sumur artesis negatif.

Penelitian melakukan uji pemompaan pada lapisan akuifer tengah dan akuifer bawah. Metode uji pemompaan pada daerah penelitian sangat dipengaruhi kondisi: morfologi, lapisan geologi, struktur geologi, dan peralatan yang tersedia. Lokasi uji pemompaan terlihat pada Gambar 6 dan hasil ujinya terangkum pada Tabel 5.

Berdasarkan analisis pengukuran pumping test pada Tabel 5, nilai konduktivitas hidrolika Formasi Balikpapan yaitu antara $1,81 \times 10^{-1}$ m/dt dan $9,74 \times 10^{-4}$ m/dt. Sementara itu, untuk Formasi Pulau balang $5,02 \times 10^{-2}$ m/dt dan $8,77 \times 10^{-4}$ m/dt.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Uji Pemompaan

| Bor ID | Tebal lapisan batuan (m) | K (m/dt) | Formasi |
|--------|--------------------------|-----------------------|--------------|
| DH -01 | 23,6 | $4,29 \times 10^{-3}$ | Pulau Balang |
| DH -02 | 31,5 | $8,77 \times 10^{-4}$ | Pulau Balang |
| DH -03 | 13,5 | $1,07 \times 10^{-2}$ | Pulau Balang |
| DH -04 | 11,03 | $9,49 \times 10^{-3}$ | Pulau Balang |
| DH -05 | 31,2 | $3,66 \times 10^{-3}$ | Pulau Balang |
| DH -06 | 10,07 | $5,02 \times 10^{-2}$ | Pulau Balang |
| DH -07 | 31,7 | $1,73 \times 10^{-3}$ | Balikpapan |
| DH -08 | 22,9 | $7,18 \times 10^{-3}$ | Balikpapan |
| DH -09 | 21,2 | $7,33 \times 10^{-3}$ | Balikpapan |
| DH -10 | 14 | $3,11 \times 10^{-1}$ | Balikpapan |
| DH -11 | 30 | $9,74 \times 10^{-4}$ | Balikpapan |
| DH -12 | 31 | $9,06 \times 10^{-4}$ | Balikpapan |
| DH -13 | 13,83 | $2,76 \times 10^{-2}$ | Balikpapan |
| DH -14 | 17,5 | $1,54 \times 10^{-2}$ | Balikpapan |
| DH -15 | 10,38 | $5,71 \times 10^{-2}$ | Balikpapan |
| DH -16 | 22,51 | $5,12 \times 10^{-3}$ | Balikpapan |
| DH -17 | 10,08 | $2,68 \times 10^{-2}$ | Balikpapan |
| DH -18 | 4,79 | $1,81 \times 10^{-1}$ | Balikpapan |



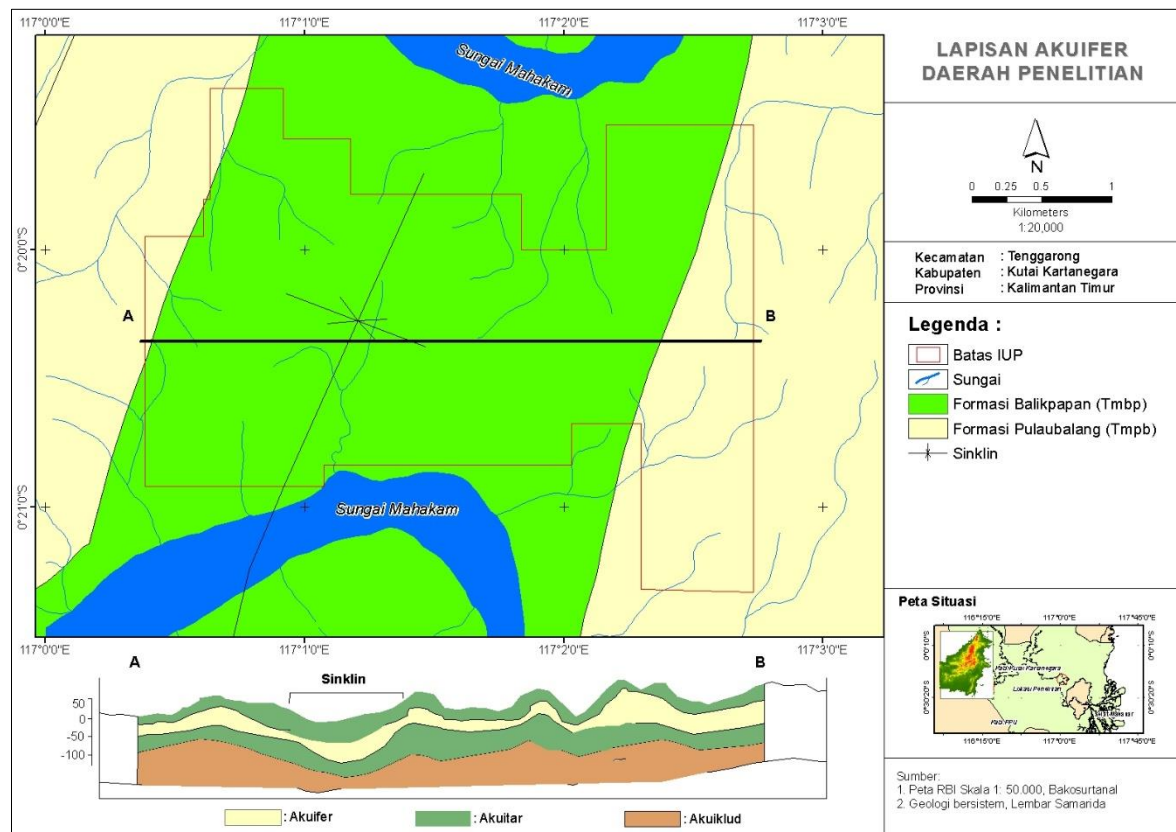
Gambar 6. Lokasi sumur bor untuk uji pemompaan

3.4.5. Akuifer

Hasil interpretasi uji pemompaan dan litologi dapat disimpulkan, lapisan akuifer, yang berfungsi sebagai lapisan pembawa air, dibatasi lapisan penyekat atas oleh batuan semi kedap, yakni lapisan batulanau dan batulanau pasir. Keberadaan batupasir yang mayoritas berupa sisipan yang sangat kompak dan berumur tua akibat proses tektonik yang menyebabkan lapisan batupasir ini kemungkinan kecil berfungsi sebagai akuifer potensial. Sehingga dapat disimpulkan, akuifer di daerah penelitian masuk dalam kategori akuifer semi tertekan (semi confined aquifer).

Jenis muka airtanah (MAT) daerah penelitian adalah muka airtanah piezometrik. Piezometrik adalah muka airtanah yang muncul pada akuifer tertekan atau semi tertekan. Muka airtanah piezometrik akan muncul apabila ada pemboran yang menembus lapisan akuifer atau adanya kontak antara batuan kedap dan tidak kedap pada suatu lereng. Sementara itu, muka airtanah yang muncul pada akuifer bebas disebut sebagai muka airtanah freatik. Muka airtanah ini tidak ditemukan pada daerah penelitian.

Gambar 3 menjelaskan, daerah penelitian terdiri dari empat lapisan, yaitu satu akuifer, dua akuitar, dan satu akuiklud. Lapisan akuitar berada pada lapisan paling atas yang menyebabkan daerah penelitian masuk dalam kategori akuifer semi tertekan. Geomorfologi yang bergelombang menyebabkan struktur sinklin yang terbentuk akibat gaya eksogen dan endogen yang berada di timur lokasi penelitian.



Gambar 7. Lapisan akuifer daerah penelitian

4. KESIMPULAN

Analisis kondisi hidrologi daerah penambangan pada lipatan sinklin yang diapit oleh sungai Mahakam yang membelok, menghasilkan limpasan air permukaan 238,63 mm/th, curah hujan harian 13,4 mm/hari, evapotranspirasi 1.031,16 mm/th, serta imbuhan airtanah 907,53 mm/th. Daerah penelitian masuk dalam tiga Sub DAS Mahakam dengan total luas 995,9 ha. Formasi yang dijumpai daerah penelitian yaitu, Formasi Balikpapan dan Formasi Pulau Balang. Lipatan sinklin menjadi penciri daerah penelitian dengan arah sumbu dari utara ke selatan. Kondisi geomorfologi yang berkembang berupa perbukitan sayap sinklin, lembah sinklin dan dataran banjir. Sementara itu, dari kajian hidrogeologi, daerah penelitian masuk dalam tipologi sistem akuifer sedimen terlipat, yang ditunjukkan dari hasil uji pemompaan kondisi geomorfologinya. Daerah penelitian masuk dalam akuifer semi tertekan (semi confined aquifer), dengan urutan perlapisan, akuitar, akuifer, akuitar serta bagian dasar akuiklud.

Pada penelitian ini tidak menganalisis dampak penambangan terhadap Sungai Mahakam, namun dibatasi hanya pada kajian hidrologi dan hidrogeologi yang terkait lokasi penambangan di lipatan sinklin.

REFERENSI

- [1] Arsyad, S. (1989) 'Konservasi Tanah dan Air', IPB Press, Bogor, p. 80–96.
- [2] Asdak, C. (1995) 'Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai', Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, p. 154–210.
- [3] Dellur, J.W. (1997) 'The Handbook of Groundwater Engineering', CRC Press LLC, Corporate Blvd, USA, p. 356–422.
- [4] Devy, S.D. (2018) 'Hydrogeology of Karang Mumus Watershed in Samarinda, East Kalimantan Province, Indonesia', Forum Geografi, Vol. 32 (1) 2018, ISSN: 0852-0682; E-ISSN: 2460-3945.

- [5] Devy, S.D., and Sarungallo, C. (2018) '*Groundwater aquifer study on coal mining area: a case of North Samarinda, Indonesia*', Journal of Degraded and Mining Lands Management, Universitas Brawijaya Malang, Vol. 32 (1) 2018, Oktober 2018: ISSN: 2339-076X (p), 2502-2458 (e), p. 1483-1493.
- [6] Domenico, P.A. and Schwartz, F.W. (1990) '*Physical and Chemical Hydrogeology*', John Wiley and Sons, Ltd., Toronto, Canada, p. 357 & 633.
- [7] Fetter, C.W. (1988) '*Applied Hydrogeology* (fourth edition)', Prentice-Hall, Inc., New Jersey, USA.
- [8] Hammer, M.J. and Mac Kitchen, K.A.(1981) '*Hydrology and Quality of Water Resources*', John Wiley and Sons, Ltd., New York, USA, p. 41, 140, and 214.
- [9] Healy, R., W. and Cook P.G. (2002) '*Using Groundwater Levels to Estimate Recharge*', Hydrogeology Journal, USA, Vol. 10, No. 1, p. 91–107
- [10] Irawan, D.E. dan Puradimadja, D.J. (2013) '*Lembar Kerja Hidrogeologi Umum, Kelompok Keahlian Geologi Terapan*', Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan Institut Teknologi Bandung, Bandung, p. 61–78
- [11] Kamiana, I. (2010) '*Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*', Graha Ilmu, Yogyakarta, p. 28–30 & 203
- [12] Lobeck, A.K. (1939) '*Geomorphology*', McGraw-Hill Book Company, New York, USA, p. 25–134
- [13] Mandel, S. and Shiftan, Z.L. (1981) '*Groundwater Resources: Investigation and Development*', Academic Press. Inc., USA, p. 57–145
- [14] Seiler, K.P. and Gat, J.R. (2007) '*Groundwater Recharge from Run-Off, Infiltration and Percolation*', Springer, The Netherland, 75 p.
- [15] Supriatna, S., Sukardi dan Rustandi, (1995) '*Peta Geologi Bersistem, Lembar Samarinda, Kalimantan*', Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, skala 1:250.000, 1 lembar
- [16] Verstappen, H.Th. (1985) '*Geomorphological Surveys for Environmental Development, Amsterdam*', Elsevier Science Publishing Company Inc., USA, 325 p.