

PERBEDAAN KARAKTERISTIK KIMIA AIR DAN MINERALOGI BATUAN PADA FORMASI BALIKPAPAN DAN KAMPUNGBARU PADA TAMBANG BATUBARA, DAERAH KUTAILAMA, KEC. ANGGANA, KAB. KUTAI KARTANEGARA

Ibnu Hasyim^{1,2}, Heru Hendrayana¹, Arifudin Idrus²,

¹Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

²Pusat Studi Lingkungan Hidup, Universitas Gadjah Mada

³Fakultas Teknik, Universitas Kutai Kartanegara

Email : ndhasyim@yahoo.co.id

Abstrak

Kegiatan penambangan yang terjadi di daerah Kutailama, Kec. Anggana akan berpengaruh terhadap perubahan morfologi maupun tataguna lahan daerah tersebut, maka yang akan muncul adalah terjadinya perubahan hidrogeologi (terpotongnya perlapisan batuan) dan terjadi pelapukan kimia batuan akibat lahan yang terbuka oleh aktifitas penambangan. Dengan kejadian-kejadian tersebut sehingga mengakibatkan terganggunya akuifer airtanah, sedang pada areal yang terbuka akan terjadi pelapukan kimia, dan pelarutan mineral-mineral batuan oleh air yang kemudian akan mengalami proses oksidasi mineral-mineral yang mengandung Fe (besi) atau S (sulfur), sehingga akan membentuk larutan asam sebagai sumber kontaminan airtanah. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik kimia air dan mineralogi batuan dari dua formasi yang berada didaerah penelitian yaitu Formasi Balikpapan dan Formasi Kampungbaru. Metode yang digunakan untuk mendapatkan data yaitu dengan metode analisis terhadap konsentrasi kandungan kimia air dan mineralogi batuan dari kedua formasi yang ada di daerah penelitian. Dengan mengetahui tingkatan kandungan unsur logam dan senyawa sulfida yang terdapat pada airtanah dan mineralogi batuan, sehingga penyebab dari sumber kontaminasi pada airtanah akan diketahui. Diharapkan dari penelitian ini dapat memahami karakteristik dari airtanah dan mineralogi batuan serta hidrogeologi di sekitar daerah penelitian, sehingga dapat mengetahui sumber sebagai penyebab kontaminasi airtanah. Secara stratigrafi regional daerah penelitian merupakan bagian dari Cekungan Kutai (*Kutai Basin*) dan masuk kedalam dua Formasi, yaitu Formasi Kampungbaru dan Formasi Balikpapan. Formasi Balikpapan terdiri dari batupasir kuarsa dan perselingan antara batupasir dan lempung dengan sisipan batubara, dan Formasi Kampungbaru terdiri dari perselingan batulanau dengan batupasir dengan sisipan batubara dan satuan batupasir.

Kata Kunci: Karakteristik kimia air, mineralogi, *formation*

1. Pendahuluan

Daerah Kutailama merupakan bagian dari tatanan geologi Antiklinorium Samarinda bagian timur, secara stratigrafi masuk dalam Cekungan Kutai (*Kutai Basin*), yang mana terdiri dari 2 (dua) formasi, yaitu Formasi Balikpapan dan Kampungbaru, dan kedua formasi tersebut terlipat membentuk antiklin dan sinklin yang membelah daerah Kutailama dan sekitarnya, yang mempunyai arah relatif timurlaut - baratdaya.

Sekitar daerah penelitian mulai banyak dilakukan kegiatan penambangan dengan sistem tambang terbuka, akibat dari tambang terbuka maka akan banyak menyebabkan perubahan morfologi dan tataguna lahan

sehingga akan terganggunya akuifer airtanah pada perlapisan batuan dan untuk daerah terbuka akan terjadi pelapukan kimia batuan. Dalam pelapukan kimia menyebabkan terjadinya proses oksidasi senyawa-senyawa sulfida pada batuan seperti pada mineral-mineral pirit, markasit, dimana mineral tersebut cukup banyak mengandung unsur logam, sehingga kalau larut dalam air maka akan membentuk air asam tambang. Maksud atau tujuan dilakuakn penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristi kimia air dan mineralogi batuan dari 2 (dua) formasi yang ada di daerah penelitian.

Secara geografis daerah Kutailama masuk kedalam wilayah Kec. Anggana, Kab. Kutai

Kartanegara, dengan mempunyai luasan sekitar 4.097 Km² dan untuk mencapai daerah tersebut dari Samarinda yang berjarak 40 km dapat ditempuh dengan kendaraan roda dua maupun roda empat.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah dengan cara pendekatan analisis terhadap komposisi kimia air dan mineralogi batuan, baik pada Formasi Balikpapan maupun Formasi Kampungbaru. Dalam kajian ini diharapkan dapat mengetahui karakteristik kimia air dan mineralogi batuan dari masing-masing formasi.

Dengan memahami kondisi hidrologi dan hidrogeologi daerah penelitian yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik air permukaan dan air tanah dalam lapisan akuifer pada areal penambangan maupun lingkaran tambang.

Sampel air digunakan untuk analisis kualitas air permukaan dan airtanah yang diambil dari air sungai, air *pit* aktif dan non aktif dan airtanah dari lubang bor. Pengambilan sampel dilakukan bersamaan pada saat survei lapangan, pengukuran muka airtanah, dan uji akuifer. Variasi pengambilan sampel ini didasarkan pada luasan daerah, keterwakilan sampel, dan keberadaan sumur dari bekas lubang bor yang masih layak (tidak rusak).

Kegiatan pemboran adalah salah satu cara untuk mendapatkan data-data yang berupa perlapisan litologi, satuan batuan/litostratigrafi, dan struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian. Data pemboran menggunakan jenis pemboran *full coring* dengan kerapatan jarak antar bor 100–400 m. Sebelumnya PT. Raja Kutai Baru Makmur telah melakukan pemboran sebanyak 194 titik bor, kemudian dilakukan pengembangan eksplorasi dengan dilakukan pemboran sebanyak 37 titik bor yang bersamaan dengan peneliti, sedangkan peneliti melakukan pemboran sendiri sebanyak 6 titik bor dalam waktu dua bulan (1 Nopember–30 Desember 2014). Alat bor yang digunakan menggunakan alat bor *Jacro 200 series* diameter bor batang mesin bor jenis NQ (3 inchi).

Sampel batuan dari hasil pemboran *full coring* kemudian dianalisis, sehingga diperoleh kedudukan stratigrafi dari perlapisan batuan, batas satuan litologi, struktur, ketebalan, dan formasi batuan secara terperinci.

Sampel batuan diambil dari dua (2) formasi (Formasi Balikpapan dan Formasi

Kampungbaru) dengan kedalaman antara 2 meter sampai 60 meter. Tujuan pengambilan sampel untuk mengetahui komposisi kimia dari mineralogi batuan penyusun formasi. Adapun pengambilan sampel batuan meliputi:

-Uji Statik PAF dan NAF.

Uji analisis geokimia batuan meliputi; pendeskripsian sampel secara langsung di lokasi untuk menentukan kelayakan batuan dan jenis batuan dan dilanjutkan dengan pengemasan sampel dalam kantong plastik tersegel dan diberi label/kode lokasinya kemudian dianalisis uji statik metode NAPP di Laboratorium Coal dan AAT PT. Tekmira (bandung). Data hasil analisis NAPP antara lain: % TS (Total Sulfur), MPA (*Maximum Potencial Acidity*), ANC, dan NAG pH.

-Uji XRD dan Petrografi

X-ray Diffraction adalah metode yang digunakan untuk menentukan struktur atom dan molekul kristal, di mana atom kristal menyebabkan berkas sinar-X untuk lentur ke banyak arah tertentu. Dari kerapatan elektron ini posisi rata-rata dari atom dalam kristal dapat ditentukan, serta ikatan kimia mineral. Uji XRD digunakan untuk menganalisis mineral sekunder, khususnya mineral yang berasal dari pelapukan mineral primer dalam persen berat dengan metode *bulk* dan fraksi halus (*clay fraction*).

Analisis petrografi merupakan analisis sayatan tipis dari contoh batuan. Pengamatan sayatan pada mikroskop dengan pengamatan nikol sejajar dan silang.

-Uji XRF

X-ray fluorescence (XRF) adalah emisi karakteristik "sekunder" (atau neon) sinar-X berenergi tinggi atau sinar gamma, digunakan untuk analisis unsur dan analisis kimia, terutama dalam penyelidikan logam geokimia.

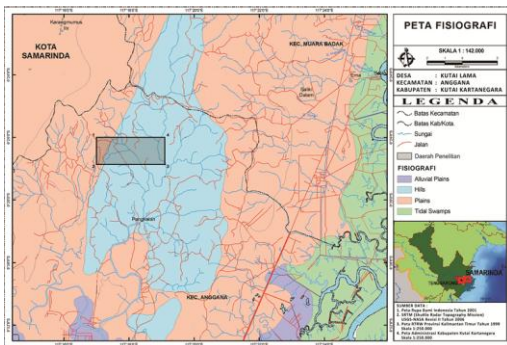
3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Geologi Regional dan Lokal

Lobeck (1939), dalam pembentukan bentang alam dan morfologi dikontrol oleh beberapa faktor, diantaranya, tenaga eksogen (destruktif) dan endogen (konstruktif), dan struktur geologi, seperti tektonik yang menyebabkan perlipatan perlapisan batuan, sesar atau patahan pada zona yang lemah, untuk gambaran secara umum bisa dilihat pada Gambar 3.1. Proses geologi yang terjadi dalam kurun waktu cukup lama hingga sampai

sekarang atau sampai pengamatan penelitian dilakukan. Geomorfologi daerah penelitian banyak dipengaruhi tenaga endogen dan eksogen, sedangkan resistensi atau kekompakan batuan kurang, seperti batupasir kuarsa, batulempung, batulanau dengan tingkat resistensi yang sangat lemah, sehingga batuan tersebut sangat mudah sekali mengalami proses pelapukan atau disintegrasi, dan ini banyak dibuktikan dengan adanya dataran rawa di daerah penelitian. Berdasarkan klasifikasi Vestappen (1985) daerah penelitian dibagi menjadi beberapa lahan diantaranya: Dataran rawa (F1), Tubuh Sungai (F2), Perbukitan homoklin (S1), dan Lembah anticlinal (S3).

Menurut Supriatna dkk (1995), stratigrafi Cekungan Kutai dari yang paling tua ke muda dimulai dari: (1) Formasi Pamaluan (Miosen Awal-Miosen Bawah); (2) Formasi Pulaubalang (Miosen Tengah-Miosen Akhir); dan (3) Formasi Balikpapan (Miosen Tengah-Miosen Akhir). Dari hasil pengamatan peneliti, bahwa daerah peneliti masuk kedalam Formasi Balikpapan dan Kampungbaru, dimana Formasi Balikpapan didominasi satuan batupasir kuarsa dan perselingan antara lempung dan pasir dengan sisipan batubara, sedangkan Formasi Kampungbaru terdiri dari satuan batupasir, dan perselingan batulanau dengan lanau lempungan dengan sisipan batupasir dan batubara. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian berupa antiklin, yang banyak dipengaruhi oleh fisiografi dari Antiklinorium Samarinda, dimana antiklin ini mempunyai arah relatif timurlaut – baratdaya dengan jurus $N 35^{\circ} - 55^{\circ} N$, dan dengan mempunyai arah kemiringan perlapisan (*dip*) relative ke tenggara yaitu berkisar antara $20^{\circ} - 50^{\circ}$.



Gambar 3.1. Fisiografi Daerah Penelitian

3.2. Hidrologi dan Hidrogeologi

3.2.1. Hidrologi

Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap peranan kelangsungan siklus hidrologi, seperti, geologi, morfologi, kondisi tataguna lahan dan iklim. Kondisi hidrologi mempunyai peranan penting dan penentu dalam proses penghitungan imbuan airtanah dalam kuantitas dan kapasitas airtanah dan air permukaan (debit air permukaan). Kapasitas air permukaan sangat dipengaruhi oleh karakteristik kondisi DAS, tata guna lahan, daerah tangkapan hujan dan curah hujan daerah setempat.

Dari faktor hidrologi tersebut, daerah penelitian diperoleh nilai perhitungan seperti yang tertera dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Perhitungan airtanah pada kondisi alami Pada Sub DAS sungai Kutailama

Parameter	Stasiun	Satuan
	Metreologi	
Persen luas <i>catchment area</i>	100	%
Curah hujan (P)	1530,8	mm th ⁻¹
Evapotranspirasi aktual (ET _a)	1306,6	mm th ⁻¹
Limpasan air permukaan (R _o)	36,74	mm th ⁻¹
Imbuan airtanah (R)	187,5	mm th ⁻¹
Total imbuan	247,81	m ² th ⁻¹

3.2.2. Hidrogeologi

Kondisi hidrogeologi sangat dipengaruhi oleh lithologi batuan daerah penelitian, seperti karakteristik akuifer perlapisan batuan dan ketersediaan sumber air. Berdasarkan dari klasifikasi Mandel dan Shiftan (1981), dan oleh Irawan dan Puradimadja (2013), disesuaikan dengan tipologi geomorfologi dan geologi Indonesia, maka daerah penelitian termasuk dalam tipologi sistem akuifer batuan sedimen terlipat. Sedimen terlipat merupakan lapisan sedimen yang dipengaruhi struktur perlipatan, seperti struktur antiklin di daerah penelitian yang membujur dari arah relatif baratdaya – timurlaut. Berdasarkan pembagian satuan litostratigrafi dan stratigrafi, bahwa unit hidrostratigrafi daerah penelitian bagian dari Unit Hidrogeologi Sistem Akuifer Batuan Sedimen Terlipat.

Hasil pumping test daerah penelitian diperoleh hasil konduktivitas hidrolika seperti dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Konduktivitas hidrolika dari hasil Pumping test

NO	Litologi dominan	Jenis akuifer	K* (m det ⁻¹)	Satuan batuan	Formasi
1	Batupasir	Akuifer atas (AK-1)	$1,98 \times 10^{-2}$ – $2,49 \times 10^{-3}$	Batupasir dan batupasir lempungan	Kampungbaru
2	Lempung pasiran	Akuitar atas (AT-1)	$8,49 \times 10^{-4}$ – $8,16 \times 10^{-5}$		
3	Batupasir kuarsa	Akuifer tengah (AK-2)	$1,48 \times 10^{-2}$	Batupasir kuarsa dan perselingan batupasir dan lempung	Balikpapan
4	Batupasir	Akuifer bawah (AK-3)	$1,98 \times 10^{-2}$		
5	Batulempung lanauan	Akuitar bawah (AT-3)	$8,19 \times 10^{-4}$		

Hasil pengamatan dari konsentrasi kimia air dilapangan diperoleh data dalam Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Hasil pengukuran konsentrasi kimia air secara insitu

No	Lubang bor	Elevasi (m)	Kedalaman muka airtanah piezometrik (m)	Suhu (°C)	pH	TDS (mg L ⁻¹)
1	DH-PT-01	68,67	5,92	28,4	27,4	117
2	DH-PT-02	76,57	3,34	27,2	28,1	27
3	DH-PT-03	72,84	3,95	28,2	27,5	8
4	DH-PT-04	75,74	0,7	29,5	30	56
5	DH-PT-05	89,39	5,19	32,1	29,1	25
6	DH-PT-06	72,20	0	29,3	26,2	6
7	KL-20	94,21	5,92	29	29	34
8	KL-23	63,68	4,6	29,5	29,2	39
9	KL-33	105,00	5,95	31,5	28	56

3.3. Karakteristik Kimia Air dan Mineralogi Batuan

3.3.1. Kimia Air

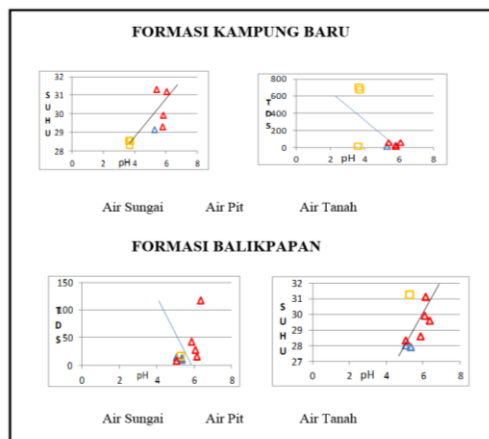
Kegiatan tambang batubara akan menghasilkan dampak lingkungan seperti munculnya air asam tambang. Air asam tambang mengandung unsur SO₄²⁻ dan logam berat seperti Fe, Al, dan Mn. Beberapa unsur tersebut terdapat pada sistem penyaliran tambang yang terangkut sebagai ion atau ion kompleks menuju ke hilir sungai. Dalam proses pengaliran, presipitasi (pengendapan) menjadi pemeran penting dalam pengurangan, bahkan penghilangan kandungan unsur-unsur berbahaya, seperti logam berat, melalui proses adsorpsi dan kopresipitasi.

Penentuan lokasi airtanah didasarkan pada arah aliran airtanah yang menjauh dan mendekat dari lokasi *pit* atau sarana penunjang tambang. Hasil yang diharapkan dari analisis kualitas air ini antara lain, mengetahui kelas air dengan menganalisa sampel yang mewakili jenis air (airtanah/permukaan), hubungan antara sifat kimia dan fisik air, dan indeks kejenuhan dari mineral terhadap sampel air. Dari hasil pengambilan sampel air, maka setelah dilakukan uji laboratorium diperoleh hasil seperti dalam Tabel 3.4.

Tabel. 3.4. Hasil analisis laboratorium air (airtanah, air tambang, dan air permukaan) daerah penelitian

No	Parameter	Unit	Hasil Uji Laboratorium																
			FORMASI																
			BALIKPAPAN							FORMASI KAMPUNG BARU									
			Air Sungai 2	Air Sungai 7	Air Sungai 12	Air Ex Pit Kolam	Air Bor 1H-PT-01	Air Bor 1H-PT-02	Air Bor 1H-PT-03	Air Bor 1H-KL-27	Air Bor 1H-KL-28	Air Sungai 4	Air Pit Aktif Atas	Air Pit Aktif Tengah	Air Pit Aktif Bawah	Air Bor 1H-PT-04	Air Bor 1H-PT-05	Air Bor 1H-PT-06	Air Bor 1H-KL-33
1	Suhu	°C	28	27.9	27.9	31.8	27.6	27.9	28.3	27.6	31.1	29.1	31.5	31.5	32.3	27.7	27.9	26.3	31.3
2	TDS	mg L ⁻¹	14	12	10	16	117	27	8	42	16	7	671	6.58	698	56	25	6	56
3	pH		5.06	5.33	5.34	5.29	6.39	6.08	5.05	5.87	6.15	5.31	3.74	3.65	3.68	6.07	5.82	5.81	5.4
4	Ca ²⁺	mg L ⁻¹	2.04	1.90	6.87	2.32	9.73	9.23	2.20	-	6.44	1.29	19.01	25	20.6	9.05	3.89	1.26	1.66
5	Mg ²⁺	mg L ⁻¹	0.91	0.86	0.554	1.39	0.55	0.93	0.79	-	1.18	0.37	11.9	91.1	125	4.64	0.64	0.37	6.05
6	Na ⁺	mg L ⁻¹	1.24	0.82	3.241	1.15	1.61	0.82	0.97	-	4.67	0.65	1.25	1.49	1.13	1.23	0.86	0.73	3.65
7	K ⁺	mg L ⁻¹	3.1	2.01	74.809	1.76	0.78	1.01	1.47	-	10.16	1.15	2.41	4.7	2.16	3.11	1.26	0.80	5.01
8	Mn ²⁺	mg L ⁻¹	0.057	<0.016	0.034	<0.016	0.082	0.11	0.058	0.27	<0.016	<0.016	15.8	18.64	16.86	0.46	0.07	0.003	0.11
9	Al	mg L ⁻¹	0.056	-	0.572	-	-	-	15.81	-	-	-	137	132	25.8	1.16	-	1.02	1.65
10	Fe	mg L ⁻¹	0.56	0.65	7.472	0.028	0.12	0.26	5.44	0.43	<0.014	0.27	167	177	172	18.35	0.67	0.10	1.82
11	Cl ⁻	mg L ⁻¹	6.49	1.94	2.749	1.19	0.52	0.86	1.12	-	0.30	1.27	5.7	6.63	6.49	1.27	3.21	1.12	1.42
12	SO ₄ ²⁻	mg L ⁻¹	1.67	3.51	9.721	6.11	0.13	1.27	0.71	8.49	7.23	0.34	24.82	1800	1747	0.096	0.11	8.5	21.3
13	HCO ₃ ⁻	mg L ⁻¹	61	24	12	24	183	36	48	97	109	12	61	48	61	97	48	61	170
14	Silika (Si)	mg L ⁻¹	6.684	4.676	4.218	1.469	3.443	0.0236	10.349	27.826	26.945	4.887	8.622	8.129	8.305	4.042	2.209	5.169	26.557

Sumber: Lab.PT. tekMIRA dan PT. Sucofindo Balikpapan, 2015



Gambar 3.2. Hubungan pH sampel air dengan TDS dan suhu pada daerah penelitian berdasarkan Formasi batuan

Komposisi kimia padatan total terlarut (*Total Dissolved Solids*, TDS) dari sampel air yang mempunyai nilai bervariasi. Nilai TDS pada kolam Pit aktif antara 6,58 - 698 mg L⁻¹ (Formasi Kampungbaru) dan pit non aktif 16 mg L⁻¹ (Formasi Balikpapan), untuk airtanah (sumur bor) dengan nilai TDS antara 6 - 56 mg L⁻¹ (Formasi Kampungbaru) dan 8 - 117 mg L⁻¹ (Formasi Balikpapan), untuk sungai dengan nilai TDS 7 mg l⁻¹ (Formasi Kampungbaru) dan 10 - 14 mg l⁻¹ (Formasi Balikpapan). Perbedaan nilai TDS mengindikasikan adanya perbedaan geokimia dari ketiga sumber sampel selama sirkulasi pengaliran yang melalui media yang berbeda, lihat Gambar 3.2.

Hasil analisis laboratorium menunjukkan, bahwa air *Pit* dari Formasi Kampungbaru mempunyai konsentrasi kation Ca²⁺ rata-rata

21,53 mgL⁻¹ dan ini lebih besar dibanding konsentrasi di Pit (Formasi Balikpapan) yang mempunyai nilai 2,32 mgL⁻¹, ini disebabkan daerah bekas Pit pada Formasi Kampungbaru telah mengalami proses penetralan (pengapuran). Untuk konsentrasi Ca²⁺ dari Sungai pada Formasi Balikpapan (3,61 mgL⁻¹) lebih besar dari Formasi Kampungbaru (1,29 mgL⁻¹), termasuk unstuk lokasi dari bor (airtanah) yaitu Formasi Balikpapan 5,46 mgL⁻¹, sedangkan Formasi Kampungbaru 3,96 mgL⁻¹. (lihat Tabel 3.5)

Konsentrasi Fe hasil analisis laboratorium dari air Pit dari Formasi Kampungbaru mempunyai konsentrasi rata-rata 172 mgL⁻¹ dan ini lebih besar dibanding konsentrasi di Pit (Formasi Balikpapan) yang mempunyai nilai 0,082 mgL⁻¹, ini disebabkan daerah bekas Pit pada Formasi Balikpapan telah mengalami proses penetralan (pengapuran). Konsentrasi Fe dari Sungai pada Formasi Balikpapan (2,89 mgL⁻¹) lebih besar dari Formasi Kampungbaru (0,27 mgL⁻¹), termasuk unstuk lokasi dari bor (airtanah) yaitu Formasi Balikpapan 1,25 mgL⁻¹, sedangkan Formasi Kampungbaru 5,26 mgL⁻¹. (lihat Tabel 3.5)

Konsentrasi Anion SO₄²⁻ dari sampel yang diambil dari Pit Formasi Kampungbaru mempunyai nilai 209,67 mgL⁻¹ dan lebih besar nilainya dibanding dari sampel F. Balikpapan yang mempunyai nilai 6,11 mgL⁻¹, sample dari Sungai Formasi Balikpapan mempunyai nilai konsentrasi 4,96 mgL⁻¹, sedangkan Formasi Kampungbaru 0,34 mgL⁻¹, sedang sampel yang diambil dari airtanah (bor) Formasi Balikpapan mempunyai nilai 3,56 mgL⁻¹, sedangkan dari Formasi Kampungbaru mempunyai nilai 7,5 mgL⁻¹. Untuk lebih detail konsentrasi Kation dan Anion air dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Nilai Kation – Anion dari masing-masing Formasi

Rata-rata nilai Kation – Anion						
	SUNGAI		PIT		BOR	
ION	FORMASI					
	Blpp	Kb	blpp	Kb	Blpp	Kb
Kation	mg L-1		mg L-1		mg L-1	
Ca ²⁺	3.61	1.29	2.32	21.53	5.46	3.96
Mg ²⁺	0.77	0.37	1.39	111.7	0.69	292
Na ⁺	1.7	0.65	1.15	1.29	1.61	1.63

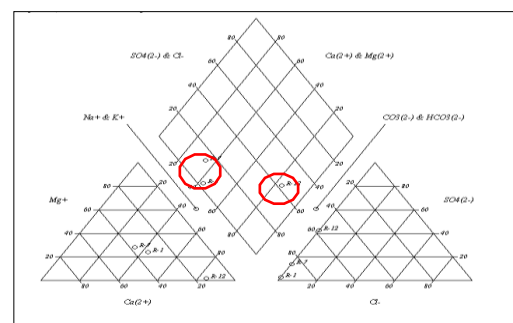
Rata-rata nilai Kation – Anion						
	SUNGAI		PIT		BOR	
ION	FORMASI					
	Blpp	Kb	blpp	Kb	Blpp	Kb
Kation	mg L-1		mg L-1		mg L-1	
K ⁺	26.6	1.15	1.76	3.09	2.68	2.55
Mn ²⁺	0.03	<0,016	<0,016	17.1	0.011	0.16
Fe	2.89	0.27	0.028	172	1.25	5.26
Anion						
Cl ⁻¹	3.7	1.27	1.19	6.27	0.56	1.75
SO ₄ ²⁻	4.96	0.34	6.11	209.67	3.56	7.5
HCO ₃ ⁻	32.33	12	24	56.66	94.6	94

Berdasarkan kriteria dalam pembagian klasifikasi tipe air yang dikemukakan oleh Hounslow (1995), maka daerah penelitian terbagi menjadi dua tipe kualitas air. Klasifikasi ini berasal dari interpretasi hasil pengeplotan mayoritas kation anion pada diagram *piper* (Gambar 3.3).

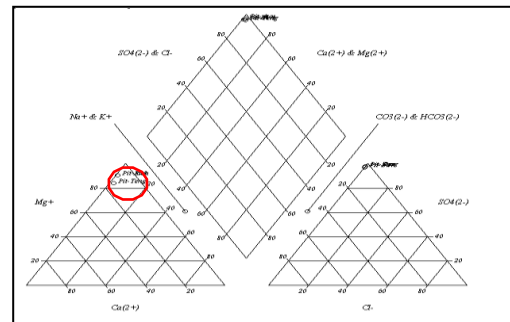
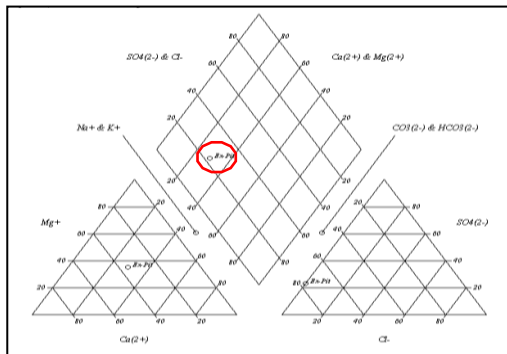
Kedua kualitas air tersebut yaitu, tipe pertama kualitas air dengan kekerasan karbonat (alkalinitas sekunder) lebih dari 50% dengan sifat kimia airtanah yang didominasi oleh alkali tanah dan asam lemah, tipe kedua dengan kegaraman sekunder atau kekerasan non-karbonat melebihi 50%, sampel air (dapat dilihat dalam diagram piper dibawah berikut).

FORMASI BALIKPAPAN

Sampel	Air Sungai 1	Air Sungai 7	Air Sungai 12
ID	R-1	R-7	R-12

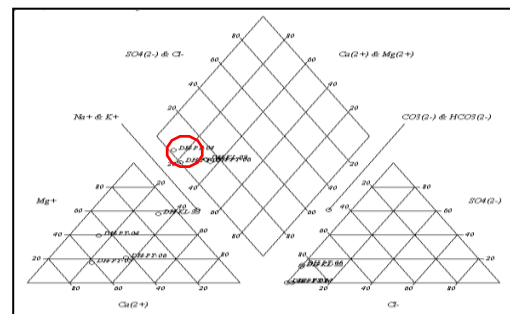
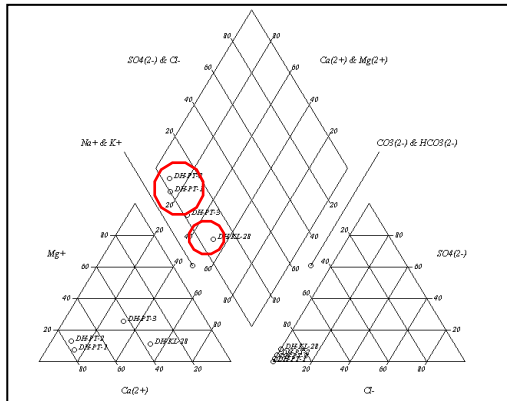


Sampel	Air Ex Pit Kolang
ID	Ex-Pit



Sampel	Air Bor 1H-PT-01	Air Bor 1H-PT-02	Air Bor 1H-PT-03	Air Bor 1H-PT-28
ID	DH-PT-1	DH-PT-2	DH-PT-3	DH-PT-28

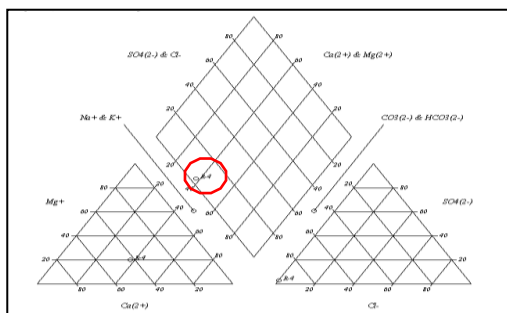
Sampel	Air Bor 1H-PT-04	Air Bor 1H-PT-05	Air Bor 1H-PT-06	Air Bor 1H-PT-33
ID	DH-PT-04	DH-PT-05	DH-PT-06	DH-PT-33



Gambar 3.3. Diagram Piper Kation-Anion

FORMASI KAMPUNGBARU

Sampel	Air Sungai 4
ID	R-4



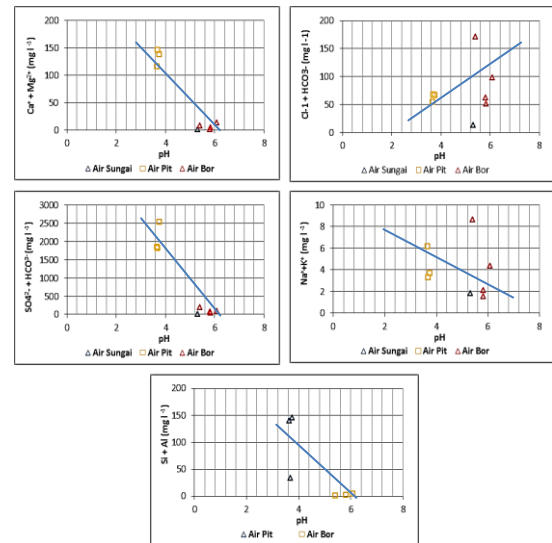
Sampel	Air Pit Aktif Atas	Air Pit Aktif Tengah	Air Pit Aktif Bawah
ID	Pit-Atas	Pit-Teng	Pit-Bwh

Konsentrasi anion terbesar dari sampel air sungai dan airtanah didominasi oleh bikarbonat (HCO_3^-). Dominasi anion bikarbonat dalam sampel air sungai dan airtanah mengindikasikan tingginya alkalinitas air sampel tersebut. Alkalinitas merupakan kapasitas air untuk menetralkan asam (*acid-neutralizing capacity*, ANC). Alkalinitas dapat diartikan sebagai kapasitas penyangga (*buffer capacity*) terhadap perubahan pH air. Penyusun alkalinitas utama daerah penelitian adalah anion bikarbonat (HCO_3^-). Secara berurutan konsentrasi unsur utama kation dan anion sampel air dari urutan tertinggi hingga terendah dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6. Urutan konsentrasi ion-ion sampel air pada daerah penelitian

Kode	Kation (meq L ⁻¹)	Anion (meq L ⁻¹)
Sungai 1	$\text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Fe} > \text{Mn}^{2+}$	$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Fe}_{\text{total}}$
Sungai 7	$\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Fe} > \text{Mn}^{2+}$	$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Fe}_{\text{total}}$
Sungai 12	$\text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Fe} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Mn}^{2+}$	$\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{Fe}_{\text{total}}$

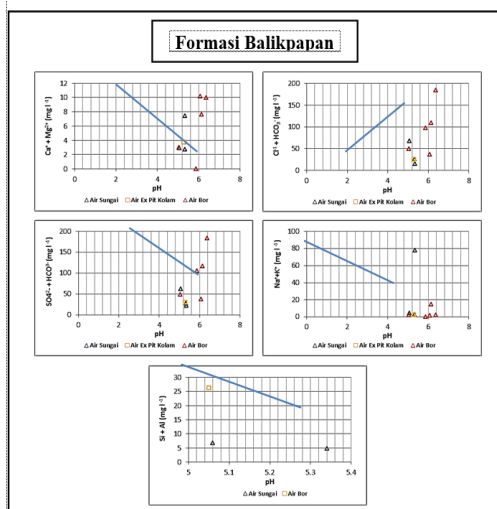
Kode	Kation (meq L ⁻¹)	Anion (meq L ⁻¹)
Ex Pit Kolam	Ca ²⁺ > Mg ²⁺ > Na ⁺ > K ⁺ > Fe > Mn ²⁺	HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ > Fe _{total}
Bor 1H-PT-01	Ca ²⁺ > Na ⁺ > Mg ²⁺ > K ⁺ > Fe > Mn ²⁺	HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ > SO ₄ ²⁻ > Fe _{total}
Bor 1H-PT-02	Ca ²⁺ > Mg ²⁺ > Na ⁺ > K ⁺ > Fe > Mn ²⁺	HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ > Fe _{total}
Bor 1H-PT-03	Fe > Ca ²⁺ > Mg ²⁺ > Na ⁺ > K ⁺ > Mn ²⁺	HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ > SO ₄ ²⁻ > Fe _{total}
Bor 1H-KL-27	Fe > Mn ²⁺ > Ca ²⁺ > Mg ²⁺ > Na ⁺ > K ⁺	HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ > Fe _{total}
Bor 1H-KL-28	Ca ²⁺ > K ⁺ > Na ⁺ > Mg ²⁺ > Mn ²⁺ > Fe	HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ > Fe _{total}
Sungai 4	Ca ²⁺ > Mg ²⁺ > K ⁺ > Na ⁺ > Fe > Mn ²⁺	HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ > SO ₄ ²⁻ > Fe _{total}
Pit Aktif Atas	Mg ²⁺ > Fe > Ca ²⁺ > Mn ²⁺ > K ⁺ > Na ⁺	SO ₄ ²⁻ > HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ > Fe _{total}
Pit Aktif Tengah	Mg ²⁺ > Fe > Ca ²⁺ > Mn ²⁺ > K ⁺ > Na ⁺	SO ₄ ²⁻ > HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ > Fe _{total}
Pit Aktif Bawah	Mg ²⁺ > Fe > Ca ²⁺ > Mn ²⁺ > K ⁺ > Na ⁺	SO ₄ ²⁻ > HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ > Fe _{total}
Bor 1H-PT-04	Fe > Ca ²⁺ > Mg ²⁺ > K ⁺ > Na ⁺ > Mn ²⁺	HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ > SO ₄ ²⁻ > Fe _{total}
Bor 1H-PT-05	Ca ²⁺ > Mg ²⁺ > Na ⁺ > K ⁺ > Fe > Mn ²⁺	HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ > SO ₄ ²⁻ > Fe _{total}
Bor 1H-PT-06	Ca ²⁺ > Na ⁺ > Mg ²⁺ > K ⁺ > Fe > Mn ²⁺	HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ > Fe _{total}
Bor 1H-KL-33	Mg ²⁺ > Na ⁺ > K ⁺ > Ca ²⁺ > Fe > Mn ²⁺	HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ > Fe _{total}



Gambar 3.5. Hubungan pH sampel air dengan unsur utama pada daerah penelitian pada Formasi Kampungbaru

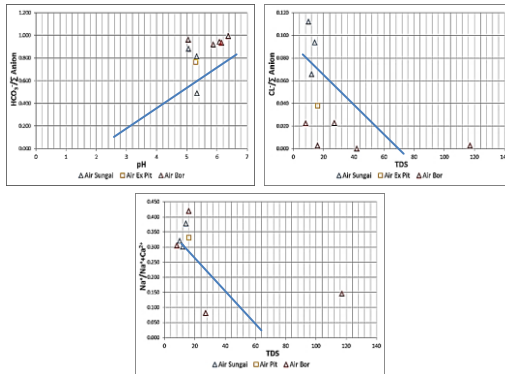
Gambar 3.4 dan Gambar 3.5, menunjukkan tipikal hubungan konsentrasi unsur-unsur utama dengan kondisi pH air. Unsur utama mempunyai kecenderungan menurun (negatif) dengan naiknya pH air. Kecuali hubungan antara Cl⁻+HCO₃⁻ dan Na⁺+K⁺ dengan pH pada sampel air kolam pengendapan yang mempunyai kecenderungan naik (positif) searah naiknya pH.

Kondisi ini disebabkan oleh beberapa hal, antara lain: (1) grafik positif pada hubungan Cl⁻+HCO₃⁻ dengan pH pada kolam pengendapan terjadi akibat derajat pelarutan yang besar dari batuan yang kaya akan mineral karbonat atau bikarbonat, (2) grafik positif hubungan Na⁺+K⁺ dengan pH pada kolam pengendapan disebabkan adanya pengayaan unsur Na⁺ dan K⁺ dari mineral lempung seperti kaolinit dan illit.



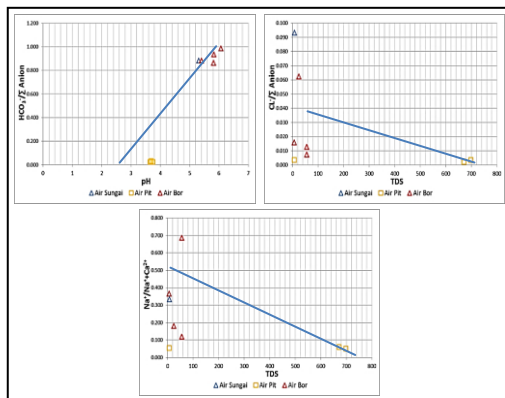
Gambar 3.4. Hubungan pH sampel air dengan unsur utama pada daerah penelitian pada Formasi Balikpapan

Formasi Balikpapan



Gambar 3.6. Hubungan pH dengan rasio unsur utama sampel air daerah penelitian pada Formasi Balikpapan

Formasi Kumpangbaru



Gambar 3.7. Hubungan pH dengan rasio unsur utama sampel air daerah penelitian pada Formasi Kumpangbaru.

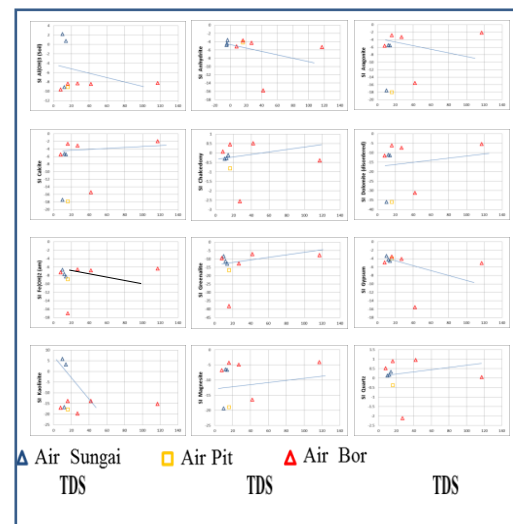
Pada Gambar 3.6 dan 3.7 menunjukkan hubungan rasio antara konsentrasi ion dengan perubahan pH pada sampel air. Hubungan antara HCO₃⁻/Σanion dengan pH mempunyai korelasi positif, yaitu makin tingginya nilai pH, maka makin tinggi pula konsentrasi HCO₃⁻/Σanion pada sampel air. Tingginya konsentrasi rasio HCO₃⁻ dan Σanion yang mempunyai nilai rata-rata diatas 0,8 disebabkan adanya pelapukan batuan silikat dan karbonat (Hounslow, 1995). Hubungan ini sama dengan rasio Cl⁻ dan Σanion terhadap nilai TDS, yang mengindikasikan adanya pelapukan batuan yang disebabkan nilai

perbandingannya kurang dari 0,8 (Hounslow, 1995).

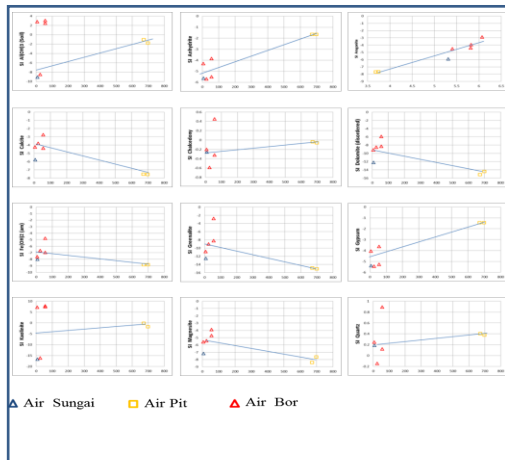
Sementara itu, hubungan rasio Na⁺/Na⁺+Ca²⁺ terhadap perubahan TDS mengalami penurunan atau negatif, yang berarti makin tinggi rasio Na⁺/Na⁺+Ca²⁺, maka nilai TDS makin rendah. Perubahan ini dimungkinkan akibat adanya pencampuran air hujan terhadap air sampel, terutama pada kolam pengendapan, yang berdasarkan data curah hujan maksimum harian rata-rata daerah penelitian masuk kategori lebat (>100 mm 24 jam⁻¹).

Indek Kejenuhan (Saturation Index, SI)

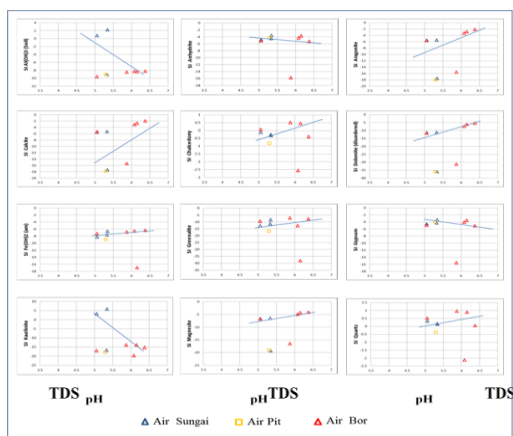
Didasarkan pada perbandingan konstanta hasil kelarutan (Ksp) dari mineral-mineral batuan dengan konstanta hasil kali aktivitas ion (K_{IAP}). Besaran konstanta Ksp bersumber dari data base dari program WATEQ4F (Ball & Nordstrom, 1991). Perhitungan derajat indeks kejenuhan (SI) air terhadap berbagai macam mineral, yang didasarkan dari konsentrasi ion-ion larutan (sampel air), pada daerah penelitian dengan menggunakan program PHREEQC (Appelo & Parkhurst, 2011), maka diperoleh perbandingan seperti yang tertera dalam Gambar 3.8, 3.9, 3.10 dan 3.11 berikut dibawah;



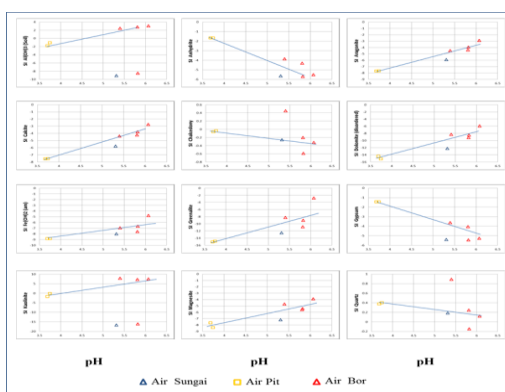
Gambar 3.8 Hubungan TDS dengan indeks kejenuhan (SI) mineral pada daerah penelitian pada Formasi Balikpapan.



Gambar 3.9 Hubungan TDS dengan indeks kejenuhan (SI) mineral pada Formasi Kampungbaru.



Gambar 3.10 Hubungan antara indeks kejenuhan (SI) mineral dengan pH pada Formasi Balikpapan



Gambar 3.11. Hubungan antara indeks kejenuhan (SI) mineral dengan pH pada Formasi Kampungbaru

3.3.2. Karakteristik Mineralogi Batuan Analisis Petrografi

Hasil analisis petrografi dari sampel batuan diperoleh komposisi mineral penyusun batuan dan sifat fisik batuan. Sifat fisik batuan meliputi ukuran butiran, derajat pembundaran, derajat pemilahan, dan kemas. Pada analisis sayatan tipis penaman batuan sedimen silisiklastik berdasarkan klasifikasi Gilbert (1982) dan karbonat dengan klasifikasi Dunham (1962). Hasil dari analisis petrografi dapat dilihat pada Tabel 3.7 dibawah.

Tabel 3.7. Komposisi mineral pada sayatan petrografi

No	CO DE	NAMA BATUAN	KOMPOSISI MINERAL (%)	PENAMAAN PETROGRAFI
FORMASI BALIKPAPAN				
1	IH-PT-01	SOIL	Kwarsa 10% Felspar 5% Min 10% Opak 75% Lempung 75%	Claystone (Pettijohn, 1972)
2	IH-PT-02	Lempung merah	Kwarsa 15% Felspar 5% Min 5% Opak 5% Lempung 75%	Claystone (Pettijohn, 1972)
3	IH-PT-03	Pasir	Kwarsa 85% Felspar 10% Min 5% Opak 5%	Quartz Arenite (Pettijohn, 1972)
4	IH-PT-01	Lempung	Kwarsa 10% Felspar 5% Min 5% Opak 5% Lempung 80%	Claystone (Pettijohn, 1972)
5	IH-PT-01	Pasir	Kwarsa 85% Felspar 10% Min 5%	Quartz Arenite (Pettijohn, 1972)

N o	CO DE	NAMA BATUAN	KOMPOSISI MINERAL (%)	PENAMAAN PETROGRAFI
6	IH-PT-03	Batubara	Opak Karbo n 10 0%	Coal
	IH-PT-04	Lempun g	Kwars a 10 % Felsp ar 5 % Min 10 % Opak % Lemp ung 75 %	
FORMASI KAMPUNGBARU				
8	IH-PT-04	SOIL	Kwars a 15 % Felsp ar 5 % Min 5 % Opak 5 % Lemp ung 75 %	Claystone (Pettijohn, 1972)
	IH-PT-06	Batubara	Karbo n 10 0%	Coal
9	IH-PT-06	Lempun g pasiran	Kwars a 30 % Felsp ar 10 % Min 5 % Opak 55 %	Claystone (Pettijohn, 1972)
	IH-PT-05	Pasir	Kwars a 85 % Felsp ar 10 % Min 5 %	Quartz Arenite (Pettijohn, 1972)

Aalisis XRD

Hasil analisis defraksi XRD (radiasi Cu-K α), bahwa mineral-mineral yang dijumpai pada daerah penelitian dengan analisis sudut defraksi (2 θ) dan indek millier, maka didapatkan mineral penyusun batuan beserta nilai intensitasnya Å seperti yang tertera dalam Tabel 3.8 berikut dibawah :

Tabel 3.8. Nilai refleksi mineral (Å) batuan daerah penelitian

N O	S A M P E L	BA TU AN	MINE RAL	KOMPOS ISI KIMIA	MIN ERA L DO MN AN	Inte nsitas (Å)
1	Bo r IH-I-1	Soil	Quartz	Si O2	Goesch witz, Mica	4.288
			Kaolinit e	Al2 (Si2O5) (OH)4		7.204
			Goesch witz, Mica	K - Mg - Fe - Al Si O2 - H2 O		10.347
2	Bo r IH-I-3	Batu pasir	Quartz	Si O2	Quart z	4.285
3	Bo r IH-I-7	Batu lemp un g	Quartz	Si O2	Musc ovite-3	4.245
			Kaolinit e	Al2 Si2 O5 (OH)4		4.470
			Muscov ite	(K,Na)(Al,M g,Fe) 2(Si3.1Al0.9) O10 (OH)2		9.972
4	Bo r IH-II-1	Soil	Quartz	Si O2	Kaoli nite 1\ITM\RG	2.463
			Kaolinit e	Al2 (Si2O5) (OH)4		7.204
			Lepidoc rocite	FeO (OH)		6.297
5	Bo r IH-II-3	Batu lemp un g	Quartz	Si O2	Musc ovite	4.263
			Kaolinit e	Al2 Si2 O5 (OH)4		7.184
			Muscov ite	(K,Na)(Al,Mg,Fe) 2 (Si3.1Al0.9) O10 (OH)2		10.062
6	Bo r IH-II-4	Lemp un g pasir an	Quartz	Si O2	Illite	4.286
			Kaolinit e	Al2 (Si2 O5) (OH)4		7.148
			Illite	(K ,H3O) Al2 Si3 AlO10 (OH)2		10.027
7	Bo r IH-III-4	Batu pasir (halu s)	Quartz	Si O2	Green alite	4.289
			Greenal ite	(Fe, Mn)3 Si2 O5 (OH)4		7.221
			Kaolinit e	Al2 Si2 O5 (OH)4		4.448
			Kaolin ite	Al2 (Si2 O5) (OH)4		5.462
8	Bo r IH-III-4	Bat ulemp un g	Quartz	Si O2	Illite	3.364
			Illite- 2\ITM\RG#1 [NR]	(K,H3O) Al2 Si3 Al O10 (OH)2		10.043
				Al2 (Si2		7.225

NO	SAMPLE	BATUAN	MINERAL	KOMPOSISI KIMIA	MINERAL DOMINAN	Intensitas (Å)
			Kaolinite	O5) (OH)4		
9	Bor IH-IV-1	Soil	Quartz	Si O2	Nacrite	4.293
			Nacrite	Al2 Si2 O5 (OH)4		7.235
10	Bor IH-IV-6	Batulempung	Quartz	Si O2	Muscovite	3.364
			Muscovite	(K, NH4, Na) Al2 (Si, Al)4 O10 (OH)2		10.122
			Kaolinite	Al2 (Si2 O5) (OH)4		7.176
11	Bor IH-IV-7	Batupasir	Quartz	Si O2	Quartz	4.268
12	Bor IH-V-1	Soil	Quartz	Si O2	Illite	4.280
			Illite	(K, H3O) Al2 Si3 Al O10 (OH)2		10.077
			Nacrite	Al2 Si2 O5 (OH)4		3.599
13	Bor IH-V-2	Batupasir (kasar)	Quartz	Si O2	Greenalite	4.285
			Greenalite	(Fe, Mn)3 Si2 O5 (OH)4		7.212
14	Bor IH-V-3	Lempung pasir an	Quartz	Si O2	Illite	4.280
			Kaolinite	Al2 (Si2 O5) (OH)4		7.169
			Illite	(K, H3O) Al2 Si3 Al O10 (OH)2		10.046
15	Bor IH-VI-1	Soil	Quartz	Si O2	Muscovite	4.283
			Muscovite	K Al3 Si3 O10 (OH)2		10.127
			Greenalite	Fe3 Si2 O5 (OH)4		7.189
16	Bor IH-VI-3	Batu lempung	Quartz	Si O2	Illite	3.335
			Illite	(K, H3O) Al2 Si3 Al O10(OH)2		10.056
			Birnessite	Na0.55 Mn2 O4 !1.5 H2 O		7.189
17	Bor IH-VI-5	Batupasir (kasar)	Quartz	Si O2	Quartz	4.279
18	Bor KL-XX-3	Batu lempung	Quartz	Si O2	Aluminium tetrahydroxodisilicate formamide	4.264
			Birnessite, syn	Na0.55 Mn2 O4 !1.5 H2 O		7.199
			Aluminium tetrahydroxodisilicate	Al2 Si2 O5 (OH)4 (HCONH2)		10.077

NO	SAMPLE	BATUAN	MINERAL	KOMPOSISI KIMIA	MINERAL DOMINAN	Intensitas (Å)
			licate formamide (Dickite)			
19	Bor IH-KL-XX III-1	Batupasir (kasar)	Quartz	Si O2	Greenalite	4.281
			Greenalite	(Fe, Mn)3 Si2 O5 (OH)4		7.210
20	Bor IH-KL-XX III-4	Batulempung	Quartz	Si O2	Montmorillonite	4.270
			Montmorillonite	(Na,Ca)0.3(Al,Mg)2 Si2O10 (OH)2 ln H2O		14.675
			Greenalite	(Fe, Mn)3 Si2 O5 (OH)4		3.584
21	Bor IH-KL-XX III-2	Batulempung	Quartz	Si O2	Illite	3.354
			Birnessite	Na0.55 Mn2 O4 !1.5 H2 O		7.195
			Illite	K0.5 (Al, Fe, Mg)3 (Si, Al)4 O10 (OH)2		10.050

Pada Tabel 3.8 diatas menunjukkan hasil analisis mineral sekunder dengan XRD. Secara ringkas, uraian keberadaan mineral dari sampel batuan yang terdiri dari mineral mineral seperti: mineral kuarsa, mineral lempung (kaolinit, illit), greenalite, binneite, dan pirit (lihat Tabel ersebut diatas). Mineral kuarsa merupakan mineral dengan komposisi utama SiO₂ dengan bentuk kristal trigonal dengan sebaran hampir merata pada sampel batuan yang diambil. Mineral kaolinit (kaolin) banyak dijumpai pada zona pelapukan dan pada kedalaman 3-25 m serta sebagai mineral ubahan dari feldspar. Mineral illit cukup melimpah pada kedalaman 24-34,4 m. Mineral pirit dengan struktur framboidal terbentuk secara autigenik dalam batuan permukaan yang mengisi rongga dalam batuan.

Analisa XRF

Hasil dari analisis X Ray Fluorescence (XRF) diperoleh kandungan komposisi kimia seperti pada Gambar 3.12 :

Sulfur (S)

- Batupasir sebesar 0,0916 (F.Kampungbaru) dan 0,015 (F. Balikpapan).
- Batubara sebesar 0,410 (F. Kampungbaru) dan 0,193 (F. Balikpapan).
- Batulempung sebesar 0,15 (F. Kampungbaru) dan 0,092 (F. Balikpapan).

SiO₂

- Soil sebesar 76,63 (F. Kampungbaru) dan 7,93 (F. Balikpapan).
- Lempung pasir sebesar 58 (F. Kampungbaru) dan 58,89 (F. Balikpapan).
- Batupasir sebesar 57,95 (F. Kampungbaru) dan 69,15 (F. Balikpapan).
- Batubara sebesar 10,107 (F. Kampungbaru) dan 58,89 (F. Balikpapan).

Fe₂O₃

- Soil sebesar 3,42 (F. Kampungbaru) dan 4,24 (F. Balikpapan).
- Lempung pasir sebesar 1,710 (F. Kampungbaru) dan 3,14 (F. Balikpapan).
- Batupasir sebesar 1,32 (F. Kampungbaru) dan 0,51 (F. Balikpapan).
- Batubara sebesar 1,611 (F. Kampungbaru) dan 2,09 (F. Balikpapan).

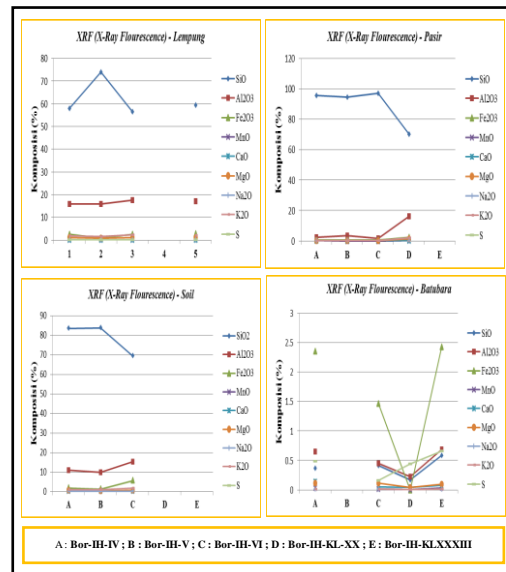
Al₂O₃

- Soil sebesar 12,705 (F. Kampungbaru) dan 14,26 (F. Balikpapan).
- Lempung pasir sebesar 16,37 (F. Kampungbaru) dan 17,43 (F. Balikpapan).
- Batupasir sebesar 8,91 (F. Kampungbaru) dan 3,305 (F. Balikpapan).
- Batubara sebesar 0,415 (F. Kampungbaru) dan 5,37 (F. Balikpapan).

CaO

- Soil sebesar 0,027 (F. Kampungbaru) dan 0,167 (F. Balikpapan).
- Lempung pasir sebesar 0,042 (F. Kampungbaru) dan 0,117 (F. Balikpapan).
- Batupasir sebesar 8,91 (F. Kampungbaru) dan 3,305 (F. Balikpapan).
- Batubara sebesar 0,094 (F. Kampungbaru) dan 0,247 (F. Balikpapan).

FORMASI KAMPUNG BARU

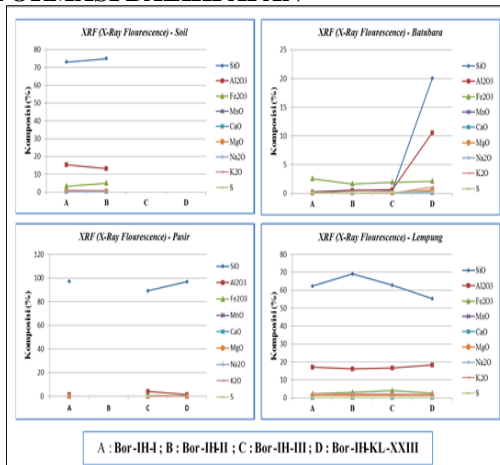


Gambar 3.12. Persentase unsur mineralogi batuan

Analisa Keasaman Batuan (PAF)

Air asam tambang (AAT) merupakan air asam yang timbul akibat aktivitas penambangan yang berupa air lindi (*leachate*), rembesan (*seepage*), atau aliran (*drainage*). Air asam adalah air yang bersifat asam mempunyai tingkat keasaman tinggi yang sering ditandai dengan nilai pH rendah (< 5) sebagai akibat dari reaksi oksidasi mineral sulfida, seperti pirit (FeS₂), yang terpapar (*exposed*) di udara dengan kehadiran air (Herbert,1994) Di daerah penelitian, mineral pirit banyak dijumpai pada *floor* batubara yang telah tergali (*mined out*), seperti terlihat pada Gambar 3.13 dibawah.

FORMASI BALIKPAPAN



Gambar 3.13. Air Pit tambang warna coklat kemerahan akibat pengaruh dari mineral pirit atau sejenisnya yang terdapat pada batulempung atau coalyshale.

Metode analisis yang diterapkan pada penelitian ini adalah metode NAPP (*Net Acid Producing Potential*). NAPP adalah metode analisis untuk mengetahui potensi keasaman tanah/batuan tambang, yang dinyatakan dalam kg H₂SO₄ tiap ton. Parameter acuan untuk mengetahui potensi PAF atau NAF pada metode NAPP berdasarkan pada perbandingan antara nilai NAPP dengan NAG (*Net Acid Generation*)

Tabel 3.9. Tabel karakteristik lapisan NAF daerah penelitian

No	Titik Bor	Kedalaman lapisan (m)	Litologi yang dominan	MPA	ANC	NAPP (MPA-ANC)	pH (NAG)	
FORMASI BALIKPAPAN								
1	D H - P T - O 1	O 1	0.4	Soil	1.5	-1.1	2.6	4.63
		O 2	54	Batubara	7.4	-8.3	15.7	1.99
		O 3	12.1	Pasir kasar	4.6	-0.1	4.7	2.63
		O 4	55	Lempung	2.5	69.5	-67	6.3
2	D H - P T - O 2	O 1	1.05	Pasir halus	1.5	0.5	1	4.36
		O 2	59.3	Batubara	8.9	-9.5	18.4	4.93
		O 3	28.1	Lempung pasir	3.4	4	-0.6	3.55
3	D H - P T - O 3	O 1	41.4	Batubara	10.1	-12.1	22.2	2.01
		O 2	0.2	Pasir	1.8	-0.4	2.2	3.38
		O 3	39.15	Lempung	1.5	1.4	0.1	3.55
FORMASI KAMPUNGBARU								
4	D H - P T - O 4	O 1	1.1	Soil	1.5	0.4	1.1	4.47
		O 2	21.45	Batubara	26.3	-13.2	39.5	1.89
		O 3	4.1	Lempung	6.1	10.1	-4	3.56
		O 4	37.65	Batupasir	1.5	1.3	0.2	3.87
5	D H - P T - O 5	O 1	7.5	Batupasir kasar	1.5	0.4	1.1	3.81
		O 2	24.6	Lempung pasir	2.8	-0.8	3.6	2.89
6	D H - P T - O 6	O 1	3.39	Batupasir kasar	1.5	0.7	0.8	3.63
		O 2	5.6	lempung pasir	2.1	0.1	2	3.04
		O 3	11.35	Batubara	10.7	-16.3	27	1.99

Pada Tabel 3.9, menjelaskan secara ringkas lapisan PAF dengan jenis litologinya.

Batulempung mendominasi lapisan PAF dengan kisaran pH antara 2.89 hingga 3.55. Pada lapisan PAF dominasi batulempung hampir dijumpai secara merata pada tiap sampel dari log bor dengan kisaran pH antara 2,8 sampai 3.55. Lapisan PAF mempunyai ketebalan dengan kisaran ketebalan antara 2,5 sampai 15,5 meter. Meskipun dijumpai lapisan yang relative kurang tebal < 35 meter, namun secara keseluruhan lapisan PAF lebih mendominasi dari pada lapisan NAF di daerah penelitian.

4. Kesimpulan

Tingkat keasaman air dari setiap bentuk lahan/lokasi akan berbeda, seperti bentuk lahan yang berupa Pit, Sungai (air permukaan) dan air dari dalam Bor (airtanah). Daerah atau areal yang telah terganggu akan lebih mudah mengalami proses pelapukan kimia, sehingga proses oksidasi mineral sulfide akan lebih cepat. Faktor jenis litologi batuan sangat besar berpengaruh terhadap tingkat keasaman batuan, semakin tinggi kandungan mineral logam akan lebih mudah membentuk kimia keasaman airtanah. Jenis formasi batuan sangat menentukan tingkat keasaman batuan dan tingkat kontaminasi airtanah suatu daerah.

Ucapan Terima Kasih

Kami menyampaikan ucapan Terimakasih kepada seluruh manajemen dan jajarannya perusahaan PT. Raja Kutai Baru Makmur (PT.RKBM), yang telah banyak membantu dalam proses penelitian kami dilapangan dan pemberian referensinya.

Selain itu penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Bpk. DR. Heru Hendrayana, Bpk. DR. Arifudin Idrus, dari Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada selaku Promotor kami.

Daftar Pustaka

- Appelo, C.A.J., Parkhurst, D.L., 2012, PHREEQC, *A Hydrogeochemical Transport Model, Graphical User Interface*, V.E.A. Post, USGS
- Ball, J.W., and Nordstrom, D.K, 1991, *User's Manual for WATEQ4F, with Revised Thermodynamic Database and Test Cases for Calculating Speciation of Minor, Trace and Redox Element in*

- Natural Waters*, U.S. Geol. Surv., *Open File Rep.* 91-183, 189
- Garrels, R. M., 1984. Montmorillonite/illite stability diagram. *Clays and Clay minerals* 32. 161-166.
- Herbert, B., 1994, *Metal Transport in Groundwater Contaminated by Acid Mine Drainage*, *Inst. of Earth Science University of Uppsala*, Sweden.
- Hounslow Arthur, 195, *Water Quality Data: Analysis and interpretation*, CRC Press, New York, p.88-90
- Irawan, D.E., Puradimaja, D.J., 2013 *Lembar Kerja Hidrogeologi Umum*, Kelompok Keahlian Geologi Terapan Fakultas Ilmu Dan Kebumihan Institute Teknologi Bandung.
- Lobeck, A.K., 1939, *Geomorphology*, McGraw-Hill Book Company, New York
- Mandel, S., Shiftan, Z.L., 1981, *Groundwater Resources: Investigation And Development*, Academic Press. Inc, USA.
- Supriatna, S., Sukardi, Rustandi, 1995, *Peta Geologi Bersistem, Lembar Samarinda, Kalimantan*, Skala 1 : 250.000, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi Bandung.