

PENGARUH MINERALOGI BATUAN TERHADAP TINGKATAN KONTAMINASI AIRTANAH ANTARA DUA FORMASI PADA TAMBANG BATUBARA DAERAH KUTAI LAMA, KECAMATAN ANGGANA

Ibnu Hasyim^{1,2}, Heru Hendrayana¹, Arifudin Idrus¹,

Abstrak

Maraknya kegiatan penambangan batubara yang terjadi di desa Kutailama, Kec. Anggana, Kab. Kutai Kartanegara menyebabkan perubahan morfologi maupun tataguna lahan daerah tersebut, dan sehingga akan merubah sistem hidrogeologi (terganggunya akuifer airtanah) serta tersingkapnya lahan yang cukup luas dan akan memudahkan terjadi pelapukan batuan baik pelapukan secara fisik maupun kimia terhadap mineral batuan. Reaksi kimia terjadi karena proses pelarutan mineral-mineral batuan oleh air akibat lahan yang terbuka, sehingga proses oksidasi pada larutan yang mengandung mineral logam tersebut terjadi, seperti larutan mineral yang mengandung Fe (besi) atau S (sulfur), sehingga terbentuklah larutan yang bersifat asam dan inilah larutan sebagai sumber kontaminan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui tingkatan kontaminasi dari kedua formasi dengan melihat kondisi karakteristik kimia air dan mineralogi serta kondisi hidrogeologi pada batuan di 2 (dua) Formasi, yaitu Formasi Balikpapan dan Formasi Kampungbaru.

Metode yang digunakan untuk memperoleh data, yaitu metode analisis terhadap konsentrasi kandungan kimia air dan mineralogi batuan dari masing masing Formasi yang ada di daerah penelitian. Mengetahui tingkatan kandungan unsur logam dan senyawa sulfida yang terdapat pada air dan komposisi mineralogi batuan, sehingga bisa mengidentifikasi penyebab sumber kontaminasi airtanah di daerah penelitian. Hasil dari analisis kimia dan mineralogi batuan, bahwa kandungan Fe, Mn dan Sulfur untuk Formasi Kampungbaru mempunyai kandungan lebih tinggi dibanding Formasi Balikpapan, maka tingkat kontaminan juga lebih tinggi. Stratigrafi 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: Kontaminasi airtanah, kimia air, mineralogi, *formation*.

1. Pendahuluan

Tatanan geologi di daerah Kutailama merupakan bagian dari Antiklinorium Samarinda bagian timur, secara stratigrafi masuk dalam Cekungan Kutai (*Kutai Basin*), yang mana terdiri dari 2 (dua) formasi, yaitu Formasi Balikpapan dan Formasi Kampungbaru, dan kedua formasi tersebut terlipat membentuk antiklin

¹ Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Kutai Kartanegara

² Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

dan sinklin yang membelah daerah Kutailama dan sekitarnya, yang mempunyai arah relatif timurlaut - baratdaya.

Banyaknya kegiatan penambangan dengan sistem tambang terbuka di sekitar daerah penelitian akan menyebabkan perubahan morfologi dan tataguna lahan, dengan terpotongnya perlapisan batuan maka akan terputusnya akuifer airtanah, sehingga akan mempengaruhi kondisi hidrogeologi. Lahan terbuka akibat penambangan akan lebih mudah terjadi pelapukan batuan baik secara fisik dan kimia. Pelapukan fisik akan mudahnya mineral tergerus atau tererosi, sedangkan pelapukan kimia menyebabkan terjadinya proses oksidasi senyawa-senyawa sulfida pada batuan seperti pada mineral-mineral pirit, markasit yang terdapat dalam batuan, dimana mineral tersebut cukup banyak mengandung unsur logam seperti Fe, Mn dan S. Maksud atau tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik kimia air dan mineralogi batuan dari 2 (dua) Formasi yang ada di daerah penelitian.

Daerah Kutailama secara administrasi masuk kedalam wilayah Kec. Anggana, Kab. Kutai Kartanegara, dengan 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 penelitian yang digunakan adalah dengan cara pendekatan analisis terhadap komposisi kimia air dan mineralogi batuan, baik pada Formasi Balikpapan maupun Formasi Kumpangbaru. Dalam kajian ini diharapkan dapat mengetahui karakteristik kimia air dan mineralogi batuan dari masing-masing formasi.

Kajian hidrogeologis dengan pengukuran dilapangan adalah cara untuk memahami air permukaan dan bawah permukaan, maka akan memahami kondisi hidrogeologi, sehingga akan diketahui potensi penyebaran airtanah yang mengandung unsur kontaminan dalam akuifer.

Pengambilan sample air dan batuan dilakukan bersamaan dengan kajian hidrogeologi dilapangan (*pumping test*). Sampel air diambil dari air permukaan seperti sungai, air *pit* tambang (aktif/non aktif) dan air bawah permukaan (airtanah) dari dalam lubang bor.

Sampel batuan diperoleh dari pemboran *full coring* dengan kedalaman 2 meter hingga 60 meter dari kedua Formasi tersebut, kemudian dilakukan analisis laboratorium, analisis lithologi untuk memperoleh kedudukan stratigrafi dari perlapisan batuan, batas satuan litologi, struktur, ketebalan, dan Formasi batuanya secara terperinci. Tujuan pengambilan sampel untuk mengetahui komposisi kimia dari mineralogi batuan penyusun formasi. Analisis sampel batuan meliputi:

a. Analisis Geokimia Batuan - PAF dan NAF.

Uji analisis 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.

- 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

b. Analisis 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.

3. Hasil Dan Pembahasan

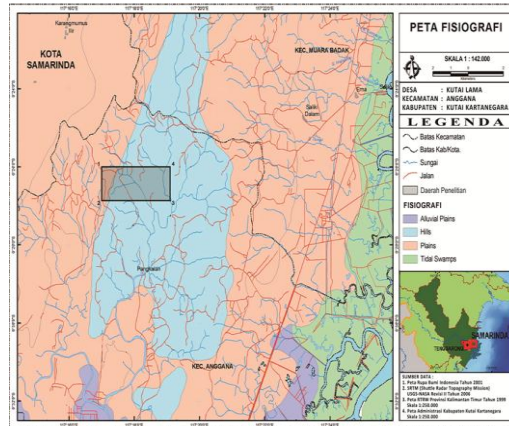
3.1. Geologi Regional dan Lokal

Lobeck (1939), dalam pembentukan bentang alam dan morfologi dikontrol oleh beberapa faktor, diantaranya, tenaga eksogen (destruktif), endogen (konstruktif), dan struktur geologi seperti tektonik yang menyebabkan pelipatan 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 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° - 55° N, dan dengan mempunyai arah kemiringan perlapisan (*dip*) relative ke tenggara yaitu berkisar antara 20° - 50° .



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 Imbuan 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 _r)	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 pengukuran pumping test 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	Akuifer 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	Batu-lempung lanauan	Akuifer bawah (AT-3)	$8,19 \times 10^{-4}$		

Hasil pengamatan dan pengukuran 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 SO_4^{2-} 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.

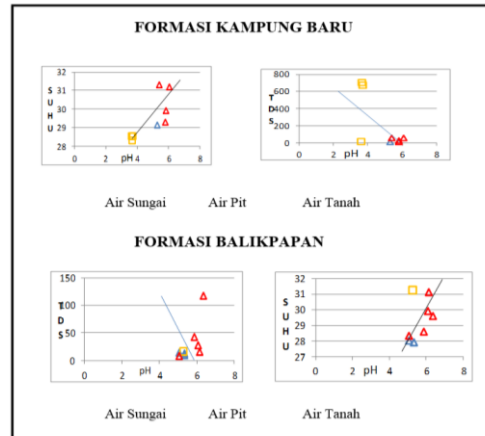
Penentuan lokasi airtanah didasarkan pada arah aliran airtanah yang menjauhi dan mendekat dari lokasi *pit* atau sarana penunjang tambang. Hasil yang diharapkan dari analisis kualitas air ini antara lain, mengetahui kelas air dengan menganalisa sampel yang mewakili jenis air (airtanah/permukaan), hubungan antara sifat kimia dan fisik air, dan indek kejenuhan dari mineral terhadap sampel air. Dari hasil pengambilan sampel air, maka setelah dilakukan uji laboratorium diperoleh hasil laboratorium 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 Kalam	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	6.37	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	9.43	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	119	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	0.047	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	2482	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 $7,5 \text{ mgL}^{-1}$. Untuk lebih detail konsentrasi Kation dan Anion air dapat dilihat pada Tabel 3.5.

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

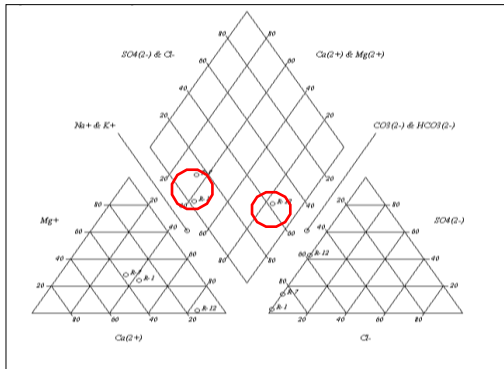
Rata -rata nilai Kation – Anion						
	SUNGAI		PIT		BOR	
ION	FORMASI					
	Blpp	Kb	blpp	Kb	Blpp	Kb
Kation	mg L-1		mg L-1		mg L-1	
Ca ²⁺	3.61	1.29	2.32	21.53	5.46	3.96
Mg ²⁺	0.77	0.37	1.39	111.7	0.69	292
Na ⁺	1.7	0.65	1.15	1.29	1.61	1.63
K ⁺	26.6	1.15	1.76	3.09	2.68	2.55
Mn ²⁺	0.03	<0,016	<0,016	17.1	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 digram *piper* (Gambar 3.3a, 3.3b, 3.3c, 3.3d, 3.3e, 3.3f).

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).

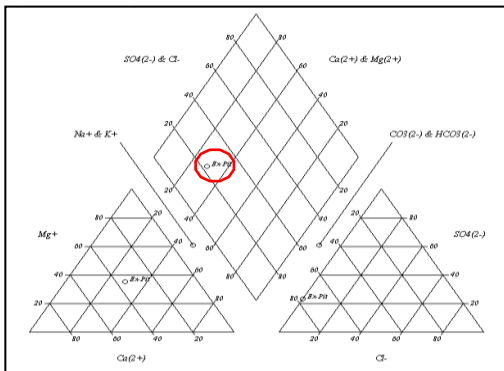
FORMASI BALIKPAPAN

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



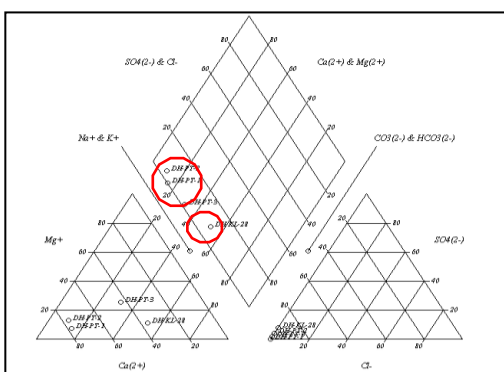
Gambar 3.3a. Diagram Piper Kation-Anion

Sampel	Air Ex Pit Kolan
ID	Ex-Pit



Gambar 3.3b. Diagram Piper Kation-Anion

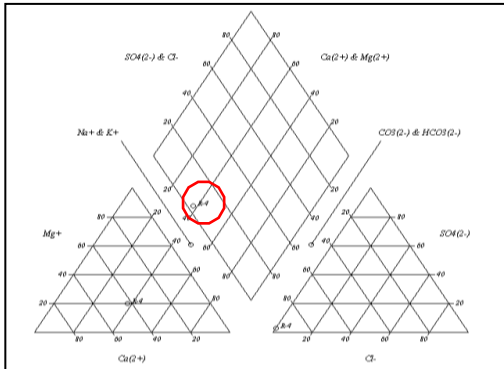
Sampel	Air Bor 1H-PT-01	Air Bor 1H-PT-02	Air Bor 1H-PT-03	Air Bor 1H-KL-28
ID	DH-PT-1	DH-PT-2	DH-PT-3	DH-KL-28



Gambar 3.3c. Diagram Piper Kation-Anion

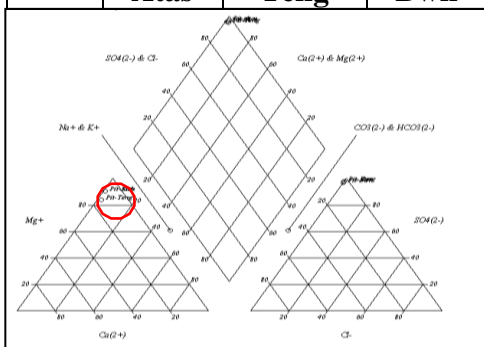
FORMASI KAMPUNGBARU

Sampel	Air Sungai 4
ID	R-4



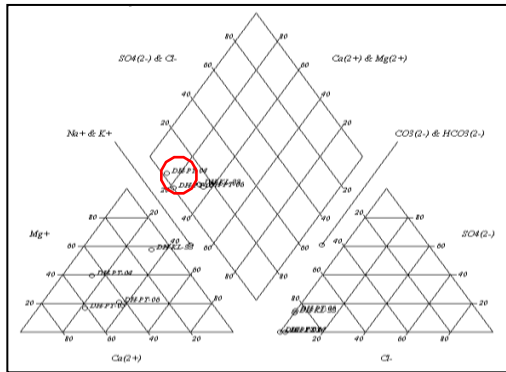
Gambar 3.3d. Diagram Piper Kation-Anion

Sam pel	Air Pit Aktif Atas	Air Pit Aktif Tengah	Air Pit Aktif Bawa h
ID	Pit- Atas	Pit- Teng	Pit- Bwh



Gambar 3.3e. Diagram Piper Kation-Anion

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



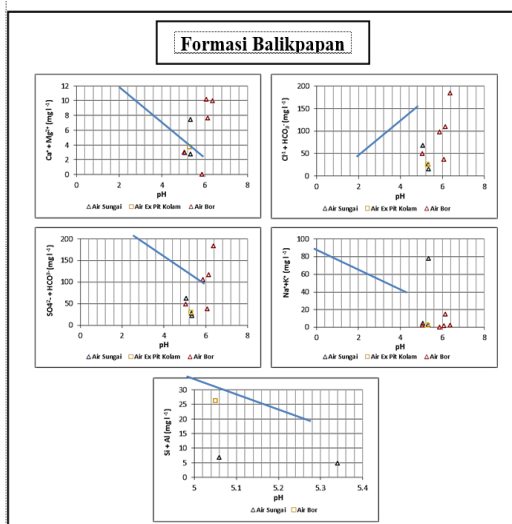
Gambar 3.3f. Diagram Piper Kation-Anion

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.

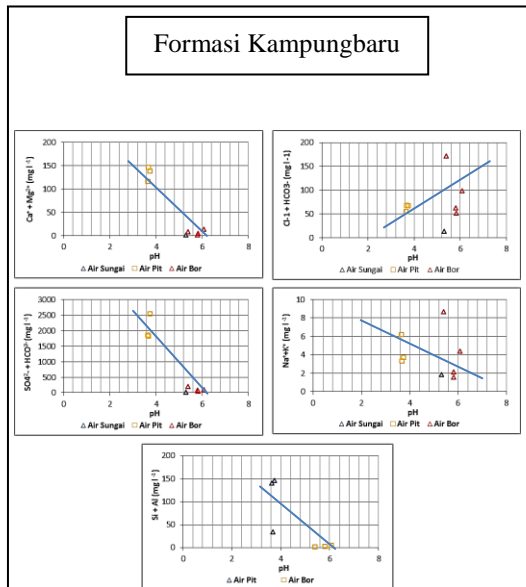
Tabel 3.6. Urutan konsentrasi ion-ion sampel air pada daerah penelitian

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	$\text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Fe} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Mn}^{2+}$	$\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{Fe}_{\text{total}}$
Ex Pit Kolam	$\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Fe} > \text{Mn}^{2+}$	$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Fe}_{\text{total}}$
Bor 1H-PT-01	$\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Fe} > \text{Mn}^{2+}$	$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Fe}_{\text{total}}$
Bor 1H-PT-02	$\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Fe} > \text{Mn}^{2+}$	$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Fe}_{\text{total}}$
Bor 1H-PT-03	$\text{Fe} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Mn}^{2+}$	$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Fe}_{\text{total}}$
Bor 1H-KL-27	$\text{Fe} > \text{Mn}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$	$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Fe}_{\text{total}}$
Bor 1H-KL-28	$\text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Fe}$	$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Fe}_{\text{total}}$
Sungai 4	$\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Fe} > \text{Mn}^{2+}$	$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Fe}_{\text{total}}$

Kode	Kation (meq L ⁻¹)	Anion (meq L ⁻¹)
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}



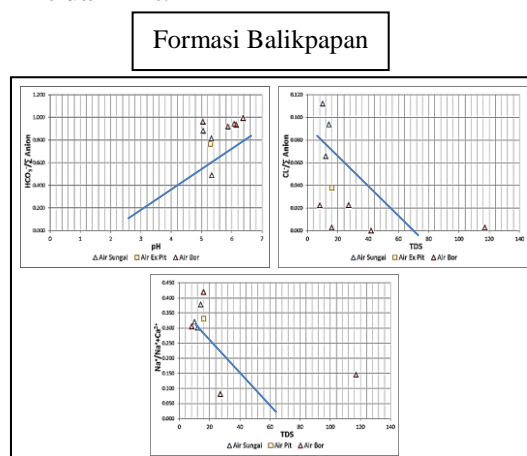
Gambar 3.4. Hubungan pH sampel air dengan unsur utama pada daerah penelitian pada Formasi Balikpapan



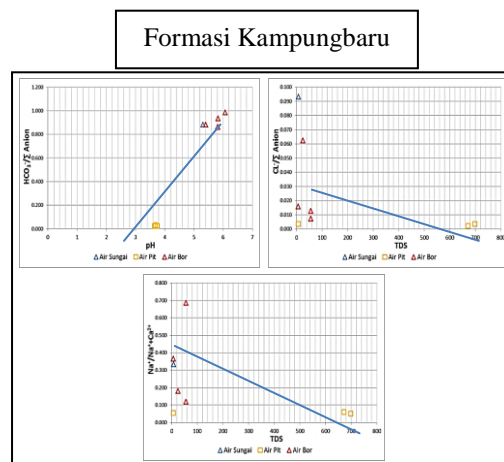
Gambar 3.5. Hubungan pH sampel air dengan unsur utama pada daerah penelitian pada Formasi Kampungbaru

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



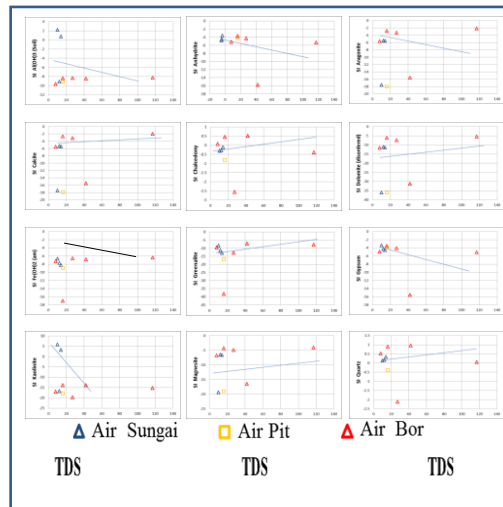
Gambar 3.7. Hubungan pH dengan rasio unsur utama sampel air daerah penelitian pada Formasi Kampungbaru.

Pada Gambar 3.6 dan 3.7 menunjukkan hubungan rasio antara konsentrasi ion dengan perubahan pH pada sampel air. Hubungan antara $\text{HCO}_3^-/\Sigma\text{anion}$ dengan pH mempunyai korelasi positif, yaitu makin tingginya nilai pH, maka makin tinggi pula konsentrasi $\text{HCO}_3^-/\Sigma\text{anion}$ pada sampel air. Tingginya konsentrasi rasio HCO_3^- 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).

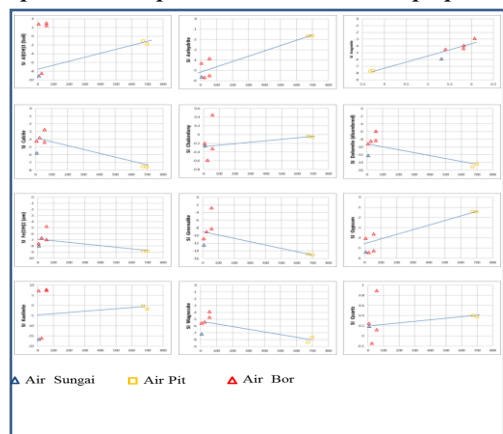
Sementara itu, hubungan rasio $\text{Na}^+/\text{Na}^++\text{Ca}^{2-}$ terhadap perubahan TDS mengalami penurunan atau negatif, yang berarti makin tinggi rasio $\text{Na}^+/\text{Na}^++\text{Ca}^{2-}$, maka nilai TDS makin rendah. Perubahan ini dimungkinkan akibat adanya pencampuran air hujan terhadap air sampel, terutama pada kolam pengendapan, yang berdasarkan data curah hujan maksimum harian rata-rata daerah penelitian masuk kategori lebat ($>100 \text{ mm } 24 \text{ jam}^{-1}$).

Indek Kejenuhan (*Saturation Index, SI*)

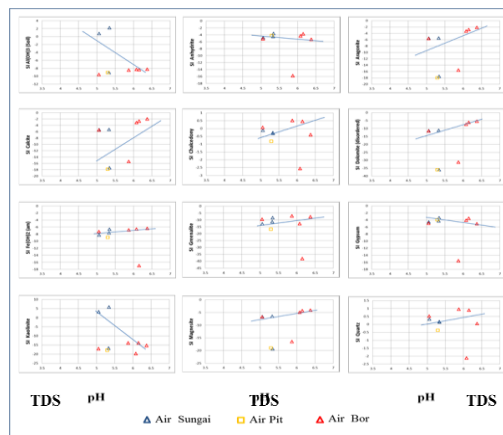
Didasarkan pada perbandingan konstanta hasil kelarutan (K_{sp}) dari mineral-mineral batuan dengan konstanta hasil kali aktivitas ion (K_{IAP}). Besaran konstanta K_{sp} bersumber dari data base dari program WATEQ4F (Ball & Nordstrom, 1991). Perhitungan derajat indek kejenuhan (SI) air terhadap berbagai 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;



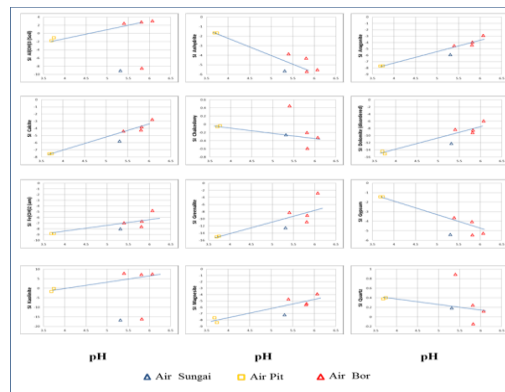
Gambar 3.8 Hubungan TDS dengan indek kejenuhan (SI) mineral pada daerah penelitian pada Formasi Balikpapan.



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



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



Gambar 3.11. Hubungan antara indek 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	CODE	KOMPOSISI MINERAL (%)	PENAMAAN PETROGRAFI
1	IH-PT-01	Kwarsa 10% Felspar 5% Min Opak 10% Lempung 75%	Claystone (Pettijohn, 1972)
2	IH-PT-02	Kwarsa 15% Felspar 5% Min Opak 5% Lempung 75%	Claystone (Pettijohn, 1972)
3	IH-PT-03	Kwarsa 85% Felspar 10% Min Opak 5%	Quartz Arenite (Pettijohn,1972)
4	IH-PT-01	Kwarsa 10% Felspar 5% Min Opak 5% Lempung 80%	Claystone (Pettijohn, 1972)
5	IH-PT-01	Kwarsa 85% Felspar 10% Min Opak 5%	Quartz Arenite (Pettijohn,197)

No	CODE	KOMPOSISI MINERAL (%)		PENAMAAN PETROGRAFI
6	IH-PT-03	Karbon	100%	Coal
7	IH-PT-04	Kwarsa	10%	Coaly Claystone (Pettijohn, 1972)
		Felspar	5%	
		Min Opak	10%	
		Lempung	75%	
8	IH-PT-04	Kwarsa	15%	Claystone (Pettijohn, 1972)
		Felspar	5%	
		Min Opak	5%	
		Lempung	75%	
9	IH-PT-06	Karbon	100%	Coal
10	IH-PT-06	Kwarsa	30%	Claystone (Pettijohn, 1972)
		Felspar	10%	
		Min Opak	5%	
		Lempung	55%	
11	IH-PT-05	Kwarsa	85%	Quartz Arenite (Pettijohn, 1972)
		Felspar	10%	
		Min Opak	5%	

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 indeks 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

NO	SAMPEL	BATUAN	MINERAL	KOMPOSISI KIMIA	MINE RAL DOMINAN	Intensitas (Å)
1	Bor IH-I-1	Soil	Quartz	SiO ₂	Goeschwitz, Mica	4.288
			Kaolinite	Al ₂ (Si ₂ O ₅)(OH) ₄		7.204
			Goeschwitz, Mica	K - Mg - Fe - AlSiO ₂ - H ₂ O		10.347
2	Bor IH-I-3	Batu pasir	Quartz	SiO ₂	Quartz	4.285
3	Bor IH-I-7	Batu-lempung	Quartz	SiO ₂	Muscovite-3	4.245
			Kaolinite	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄		4.470
			Muscovite	(K,Na)(Al,Mg,Fe) ₂ (Si _{3.1} Al _{0.9})O ₁₀ (OH) ₂		9.972

NO	SAMPEL	BATUAN	MINERAL	KOMPOSISI KIMIA	MINE RAL DOMINAN	Intensitas (Å)
4	Bor IH-II-1	Soil	Quartz	SiO ₂	Kaolinite	2.463
			Kaolinite	Al ₂ (Si ₂ O ₅) (OH) ₄		7.204
			Lepido-crocite	FeO(OH)		6.297
5	Bor IH-II-3	Batu-lempung	Quartz	SiO ₂	Muscovite	4.263
			Kaolinite	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄		7.184
			Muscovite	(K,Na) (Al,Mg,Fe) ₂ (Si _{3.1} Al _{0.9}) O ₁₀ (OH) ₂		10.062
6	Bor IH-II-4	Batulempung pasiran	Quartz	SiO ₂	Illite	4.286
			Kaolinite	Al ₂ (Si ₂ O ₅) (OH) ₄		7.148
			Illite	(K,H ₃ O) Al ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂		10.027
7	Bor IH-III-4	Batu pasir (halus)	Quartz	SiO ₂	Greenalite	4.289
			Greenalite	(Fe,Mn) ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄		7.221
			Kaolinite	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄		4.448
			Kaolinite	Al ₂ (Si ₂ O ₅) (OH) ₄		5.462
8	Bor IH-III-4	Batu lempung	Quartz	SiO ₂	Illite	3.364
			Illite-2[ITM\RG#1 [NR]	(K,H ₃ O) Al ₂ Si ₃ Al O ₁₀ (OH) ₂		10.043
			Kaolinite	Al ₂ (Si ₂ O ₅) (OH) ₄		7.225
9	Bor IH-IV-1	Soil	Quartz	SiO ₂	Nacrite	4.293
			Nacrite	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄		7.235
10	Bor IH-IV-6	Batu lempung	Quartz	SiO ₂	Muscovite	3.364
			Muscovite	(K,NH ₄ ,Na) Al ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂		10.122
			Kaolinite 1[ITA\RG	Al ₂ (Si ₂ O ₅) (OH) ₄		7.176
11	Bor IH-IV-7	Batu pasir	Quartz	SiO ₂	Quartz	4.268
12	Bor IH-V-1	Soil	Quartz	SiO ₂	Illite	4.280
			Illite	(K,H ₃ O) Al ₂ Si ₃ Al O ₁₀ (OH) ₂		10.077
			Nacrite	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄		3.599
13	Bor IH-V-2	Batu pasir (kasar)	Quartz	SiO ₂	Greenalite	4.285
			Greenalite	(Fe,Mn) ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄		7.212
14	Bor IH-V-3	Batu lempung pasiran	Quartz	SiO ₂	Illite	4.280
			Kaolinite	Al ₂ (Si ₂ O ₅) (OH) ₄		7.169
			Illite	(K,H ₃ O)		10.046

NO	SAMPEL	BATUAN	MINERAL	KOMPOSISI KIMIA	MINE RAL DOMINAN	Intensitas (Å)
				$Al_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$		
15	Bor IH-VI-1	Soil	Quartz	SiO_2	Muscovite	4.283
			Muscovite	$KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$		10.127
			Greenalite	$Fe_3Si_2O_5(OH)_4$		7.189
16	Bor IH-VI-3	Batu lempung	Quartz	SiO_2	Illite	3.335
			Illite	$(K,H_3O)Al_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$		10.056
			Birnessite	$Na_{0.55}Mn_2O_4 \cdot 1.5H_2O$		7.189
17	Bor IH-VI-5	Batu pasir (kasar)	Quartz	SiO_2	Quartz	4.279
18	Bor KL-XX-3	Batu lempung	Quartz	SiO_2	Aluminium tetrahydroxodisilicate formamide (Dickite)	4.264
			Birnessite, syn	$Na_{0.55}Mn_2O_4 \cdot 1.5H_2O$		7.199
			Aluminium tetrahydroxodisilicate formamide (Dickite)	$Al_2Si_2O_5(OH)_4(HCONH_2)$		10.077
19	Bor IH-KL-XXIII-1	Batu pasir (kasar)	Quartz	SiO_2	Greenalite	4.281
			Greenalite	$(Fe,Mn)_3Si_2O_5(OH)_4$		7.210
20	Bor IH-KL-XXIII-4	Batu lempung	Quartz	SiO_2	Montmorillonite	4.270
			Montmorillonite	$(Na,Ca)_{0.3}(Al,Mg)_2Si_2O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$		14.675
			Greenalite	$(Fe,Mn)_3Si_2O_5(OH)_4$		3.584
21	Bor IH-KL-XXIII-2	Batu lempung	Quartz	SiO_2	Illite	3.354
			Birnessite	$Na_{0.55}Mn_2O_4 \cdot 1.5H_2O$		7.195
			Illite	$K_{0.5}(Al,Fe,Mg)_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$		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 SiO_2 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).
- Batuempung pasiran 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).
- Batulempung pasiran 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).

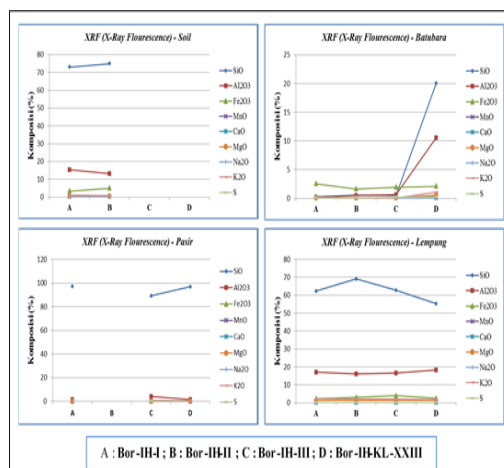
Al₂O₃

- Soil sebesar 12,705 (F. Kampungbaru) dan 14,26 (F. Balikpapan).
- Batuempung pasiran 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).

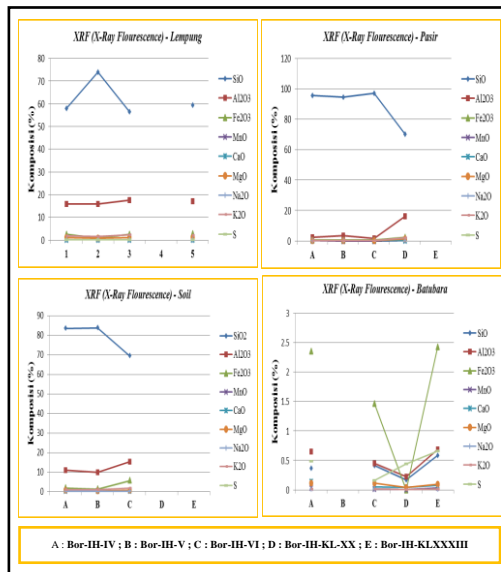
CaO

- Soil sebesar 0,027 (F. Kampungbaru) dan 0,167 (F. Balikpapan).
- batulempung pasiran 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 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 lindian (*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.



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

N0	Titik bor	Kedalaman lapisan (m)	Litologi yang dominan	MPA	ANC	NAPP (MPA-ANC)	pH (NAG)	
FORMASI BALIKPAPAN								
1	DH-PT-O1	O1	0.4	Soil	1.5	-1.1	2.6	4.63
		O2	54	Batubara	7.4	-8.3	15.7	1.99
		O3	12.1	Batupasir kasar	4.6	-0.1	4.7	2.63
		O4	55	Batulempung	2.5	69.5	-67	6.3
2	DH-PT-O2	O1	1.05	Batupasir halus	1.5	0.5	1	4.36
		O2	59.3	Batubara	8.9	-9.5	18.4	4.93
		O3	28.1	Batulempung pasiran	3.4	4	-0.6	3.55
3	DH-PT-O3	O1	41.4	Batubara	10.1	-12.1	22.2	2.01
		O2	0.2	Batupasir	1.8	-0.4	2.2	3.38
		O3	39.15	Batulempung	1.5	1.4	0.1	3.55
FORMASI KAMPUNGBARU								
4	DH-PT-O4	O1	1.1	Soil	1.5	0.4	1.1	4.47
		O2	21.45	Batubara	26.3	-13.2	39.5	1.89
		O3	4.1	Batulempung	6.1	10.1	-4	3.56
		O4	37.65	Batupasir	1.5	1.3	0.2	3.87
5	DH-PT-O5	O1	7.5	Batupasir kasar	1.5	0.4	1.1	3.81
		O2	24.6	Batulempung pasiran	2.8	-0.8	3.6	2.89
6	DH-PT-O6	O1	3.39	Batupasir kasar	1.5	0.7	0.8	3.63
		O2	5.6	Batulempung pasiran	2.1	0.1	2	3.04
		O3	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 kontaminasi airtanah dari setiap Formasi batuan akan berbeda, tergantung komposisi mineral batuan penyusun Formasi. Formasi Kampungbaru mempunyai tingkat kontaminasi lebih tinggi dibanding Formasi balikpapan. Bentuk lahan atau lokasi seperti; Pit tambang, Sungai (air permukaan) dan danau akan mempengaruhi tingkat keasaman air, karena areal yang telah terganggu akan lebih mudah mengalami proses pelapukan fisika dan 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 keasaman airtanah sebagai sumber kontaminasi airtanah.

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 dan Co-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/illit stability stability diagram. *Clays and Clay minerals* 32. 161-166.
- Herbert, B., 1994, *Metal Transport in Groundwater Contaminated by Acid Mine Drainage*, *Inst. of Eart 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 Kebumian Institute Teknologi Bandung*.
- Lobeck, A.K., 1939, *Geomorphology*, McGraw-Hill Book Company, New York
- Mandel, S., Shiftan, Z.L., 1981, *Grounwater 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.