

EVALUASI PARAMETER HIDROGEOLOGI DAN GEOTEKNIK LINGKUNGAN PADA KAWASAN PABRIK

Ahmad Taufiq¹ Pulung Arya P², Lantip Candraditya³

^{1,2} Peneliti Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum

Jl. Ir. H. Juanda 193 Bandung 40135 Telp (022) 2505936 : 2516374

Email: l_candraditya@yahoo.co.id

Abstrak

Air tanah adalah sumber daya air yang berada dibawah permukaan tanah dan merupakan sumberdaya yang sangat strategis dalam informasi kondisi lingkungan. Untuk itu kondisi airtanah perlu diketahui dengan baik secara kualitas maupun kuantitas oleh penggunaan airtanah, termasuk dalam kawasan pabrik dan masyarakat sekitarnya. Dalam hal ini penulis mencoba membuat evaluasi parameter hidrogeologi dan geoteknik lingkungan terhadap potensi pencemaran air tanah. Hasil evaluasi ini meliputi uraian tentang kondisi aliran air tanah, pemetaan muka air tanah dan analisis kimia airtanah. Dari hasil investigasi hidrogeologi diketahui bahwa :aliran air tanah pada akifer dangkal (bebas) bergerak relative dari Barat ke Timur. Akifer ini berupa hasil pelapukan konglomerat gampingan. Untuk air tanah dalam didapatkan pada sisipan batupasir mulai kedalaman diatas 30 m, yang dijumpai setempat-setempat dari formasi batuan konglomerat pada umumnya. Dari hasil investigasi terhadap tanah permukaan menunjukkan bahwa jenis tanah dengan tekstur lempungan lanauan, yang bersifat relative kedap air. Sedangkan dari hasil analisi laboratorium diketahui bahwa untuk air tanah dangkal baik dari masyarakat maupun dari sumur pantau terdapat parameter yang melebihi ambang batas, yaitu daya hantar listrik dan residu yang terlarut yang mencerminkan kelebihan kandungan kimia dan organic, Untuk air tanah dari sumur bor masyarakat diketahui bahwa air tanah dalam tidak terdapat parameter yang melebihi ambang batas , jadi selain jernih dapat diminum. Untuk kualitas air hujan juga memenuhi persyaratan sebagai air baku air minum, hanya relative sedikit asam dan mengandung nitrit karena dipengaruhi limbah uap pabrik. Sedangkan untuk air kolam limbah (pengolahan) limbah, terdapat parameter yang berlebih yaitu parameter kalium, CaCO₃, COD, Mg, KMnO₄ dan Nitrit.

Kata kunci : airtanah, pencemaran, parameter hidrogeologi, geologi, geoteknik lingkungan ,kualitas air

Pendahuluan

Airtanah adalah sumberdaya yang berada di bawah permukaan tanah dan sangat strategis dalam informasi kondisi lingkungan. Untuk itu kondisi airtanah perlu diketahui dengan baik secara kualitas maupun kuantitas, termasuk pada kawasan pabrik dan masyarakat sekitarnya. Dalam rangka menganalisis kondisi airtanah dan kondisi bawah permukaan di kawasan pabrik **PT. ENERGY EQUITY EPIC (SENGKANG) PTY LTD**, yang secara administrasi berada di Desa Poleonro, Kecamatan Gilireng, Kabupaten Wajo diperlukan adanya studi hidrogeologi sebagai bagian dari informasi lingkungan.

Maksud dan Tujuan

Maksud dari studi hidrogeologi ini adalah untuk mengetahui kondisi airtanah sebagai informasi lingkungan untuk pengelolaan dan pengembangan kawasan pabrik

Tujuan kegiatan ini antara lain adalah untuk mengetahui :

- Arah aliran airtanah di kawasan pabrik dan sekitarnya
- Stratigrafi bawah permukaan kawasan pabrik dan sekitarnya
- Potensi akifer di kawasan pabrik dan sekitarnya
- Kondisi kimia airtanah kawasan pabrik dan sekitarnya
- Kondisi tanah pondasi atau permukaan kawasan pabrik dan sekitarnya
- Pembuatan sumur pantau di sekitar kawasan pabrik dan sekitarnya

Lingkup Pekerjaan

Lingkup kegiatan dalam studi hidrogeologi meliputi beberapa hal, dan dapat dilihat sebagai tabel 1 berikut :

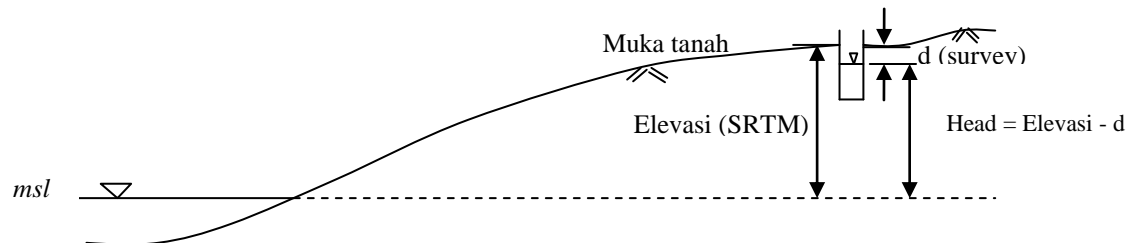
Tabel 1: Lingkup Pekerjaan

No	Kegiatan Survey Lapangan	Hasil/Output
1.	Survei Pendahuluan	Kajian umum kondisi daerah penelitian
2.	Kegiatan Lapangan	
	Pengukuran posisi muka airtanah	- Data posisi kedalaman muka airtanah - Peta Muka dan Aliran Airtanah
	Pengambilan sampel air hujan dan airtanah (untuk uji kimia dan isotope)	- Data kandungan kimia air hujan dan airtanah, dan isotope airtanah - Penentuan fasies airtanah dan umur airtanahnya
	Sampling tanah dan sumur pantau baru	- Data parameter fisik tanah - Data airtanah dangkal - Sumur pantau baru
	Pengukuran geolistrik	- Nilai tahanan sehingga akan dapat diinterpretasi jenis dan profil lapisan batuan - Penampang geologi bawah permukaan dan unit hidrogeologinya
3.	Uji Laboratorium	Hasil analisa data laboratorium
4.	Analisis dan Pelaporan	Laporan, peta hingga kesimpulan dan saran

Metodologi Pekerjaan Lapangan

Kegiatan Survey Airtanah

Keberadaan akifer (lapisan pembawa aliran airtanah) akan menunjukkan ketersediaan air sebagai sumber daya yang tersimpan pada suatu media batuan. Airtanah akan mengalir mengikuti tingkat energi yang tersimpan, pada airtanah dinyatakan dalam head (total) yang merupakan penjumlahan dari head (tekanan) dan head (elevasi). Pada pengamatan visual, head pada kondisi akifer airtanah tak tertekan dapat dilihat pada ketinggian muka air sumur terhadap suatu titik acuan tertentu (datum) (Gambar 1), misalnya muka air laut rata-rata (*mean sea level, msl*).



Gambar 1 : Ilustrasi Perhitungan *Head* Airtanah Di Sumur

a. Metodologi Sampling Dengan Bor-Tangan

Pekerjaan sampling dengan Bor-Tangan (*hand bore*) adalah dengan melakukan pengambilan contoh tanah tak terganggu (*undisturbed sample = UDS*) dengan 1 sample mewakili per lapisan tanah, dengan ketentuan sbb;

1. dilakukan menggunakan tabung UDS (*Shelby tube*)
2. sesegera mungkin tanah hasil sampling di dalam tabung UDS yang harus ditutup dengan parafin, supaya contoh tanah tidak berubah kadar airnya.

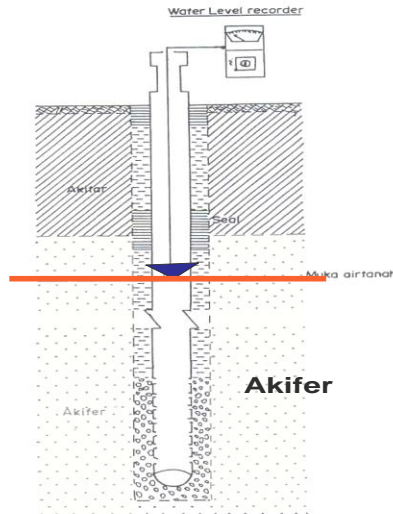
Spesifikasi teknis alat *hand bore* yang digunakan:

1. dilakukan menggunakan alat *hand bore* jenis putar manual
2. kemampuan pemboran sampai kedalaman maksimum 5-10 m.

3. mempunyai kemampuan untuk pengambilan contoh tanah tak terganggu,

b. Pembuatan Sumur Pantau Baru

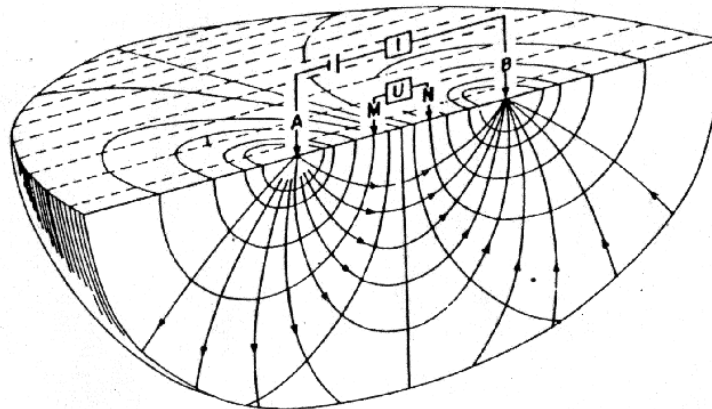
Sumur pantau berfungsi untuk memantau fluktuasi muka airtanah pada akuifer tertentu. Oleh karena itu, pembuatan sumur pantau memerlukan pengenalan kondisi akuifer yang ada. Saringan (*screen*) hanya diposisikan pada akuifer yang memang ingin dipantau muka airtanahnya. Selain itu perlu dipastikan tidak ada airtanah dari akuifer lain yang bercampur. Pembuatan lubang sumur pantau dari lubang bor dari alat *hand bore* setelah selesai dilakukan sampling dan pengujian dengan kedalaman mencapai 5 m. Konstruksi sumur pantau beserta unit pengukur posisi muka airtanahnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 : Konstruksi Sumur Dan Posisi Muka Airtanah

c. Metodologi Pelaksanaan Geolistrik

Penyelidikan dengan suvey geolistrik dilakukan atas dasar sifat fisika batuan terhadap arus listrik, dimana setiap jenis batuan yang berbeda akan mempunyai harga tahanan jenis (nilai resistivity) yang berbeda pula. Hal ini tergantung pada beberapa faktor, diantaranya umur batuan, kandungan elektrolit, kepadatan batuan, jumlah mineral yang dikandungnya, porositas, permeabilitas dan lain sebagainya. Berdasarkan hal tersebut di atas apabila arus listrik searah (*Direct Current*) dialirkan ke dalam tanah melalui 2 (dua) elektroda arus A dan B, maka akan timbul beda potensial antara kedua elektroda arus tersebut. Beda potensial ini kemudian diukur oleh pesawat penerima (*receiver*) dalam satuan MiliVolt. Dalam penyelidikan survey geolistrik ini telah digunakan susunan elektroda dengan menggunakan susunan aturan Schlumberger dimana kedua elektroda potensial MN selalu ditempatkan diantara 2 buah elektroda arus seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 : Susunan Elektroda Menurut Aturan Schlumberger

d. Pengujian Laboratorium

Pengujian Laboratorium Kualitas Air

Airtanah cenderung untuk mencapai kesetimbangan kimia fisika dan hal ini akan dicapai setelah terjadi proses-proses di dalam airtanah yang berlangsung dan waktu ke waktu. Oleh karena itu dari pengamatan properti kimia fisika airtanah dapat diperkirakan proses yang telah atau sedang bekerja pada airtanah. Properti kualitas airtanah dapat diketahui dengan pengujian laboratorium kualitas air parameter fisik, kimia dan biologi, termasuk potensi logam berat. Kualitas Air, mengacu **PerMenKes 492/MENKES/PER/IV/2010** tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

Pengujian Isotop

Pengujian laboratorium dilakukan untuk mengetahui kandungan rasio relatif isotop ^{18}O dan ^2H dari sampel-sampel yang diambil di lapangan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Hidrologi dan Panas Bumi, Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR), BATAN, Jakarta menggunakan alat spektrometer massa model SIRA-9, VG ISOGAS. Metode pengujian isotop stabil ^{18}O dan ^2H dapat membantu dalam menentukan kisaran elevasi daerah resapan sumber air. Metode ini telah banyak diterapkan di beberapa wilayah di Indonesia, Pada penelitian ini, metode uji isotop diterapkan untuk menentukan kisaran umur dari airtanah. Data yang digunakan terdiri dari data isotop stabil ^{18}O dan ^2H dari air hujan, airtanah dangkal dan airtanah dalam dari sumur panatu dan sumur masyarakat.

Pengujian Laboratorium Tanah

Pengujian di laboratorium dilakukan terhadap contoh tanah hasil pengambilan pada saat pekerjaan pemboran dengan alat *handbor* dari UDS yang telah dilaksanakan dilapangan. Jenis pengujian yang dilaksanakan guna mengetahui sifat fisik dari sample tanah tanah yang meliputi kadar air asli, berat isi, berat jenis, dan analisa butiran.

e. Hasil Penelitian

Hasil Survey Airtanah

Untuk mengetahui kondisi airtanah pada daerah penelitian di kawasan Pabrik Sengkang dan sekitarnya telah dilakukan pengambilan data muka airtanah dari sumur masyarakat sekitar dan sumur pantau. Survey muka airtanah (MAT) dan sampling contoh airtanah telah dilakukan disebanyak 7 (titik) di sumur penduduk sekitar pabrik. Data MAT meliputi antara lain posisi koordinat, kedalaman MAT dan informasi terkait kepemilikan dan dimensi diuraikan dalam Tabel 2, sedangkan posisi dari titik-titik nya dapat dilihat pada Gambar 4. Jumlah data pengambilan MAT dari sumur masyarakat hanya sedikit, dikarenakan masyarakat jarang menggunakan airtanah, dimana kebutuhan air masyarakat dari PDAM.

Tabel 2 : Data sumur masyarakat

Sumur		SM 1	SM 2	SM 3	SM 4	SM 5	SMD 6	SMD 7
Nama		Umum	Rasnawal	Abo Aco	Latuk	Komarudin	Latuk	Mude
Jenis		Gali	Gali	Gali	Gali	Gali	Bor	Bor
Dalam sumur		6	7	11	10	9	40	40
Koordinat	X	0185623	0185002	0185005	0185072	0185038	0184756	0184790
	Y	9562072	9562025	9562443	9562543	9562491	9562505	9562580
	Z	34	37	41	37	37	39	39
kedalaman	m	3,5	3	3	3	3	10	10
MAT	m	30,5	34	38	34	34	29	29

**Data ini sangat penting sebagai initial condition (per Oktober 2013).*

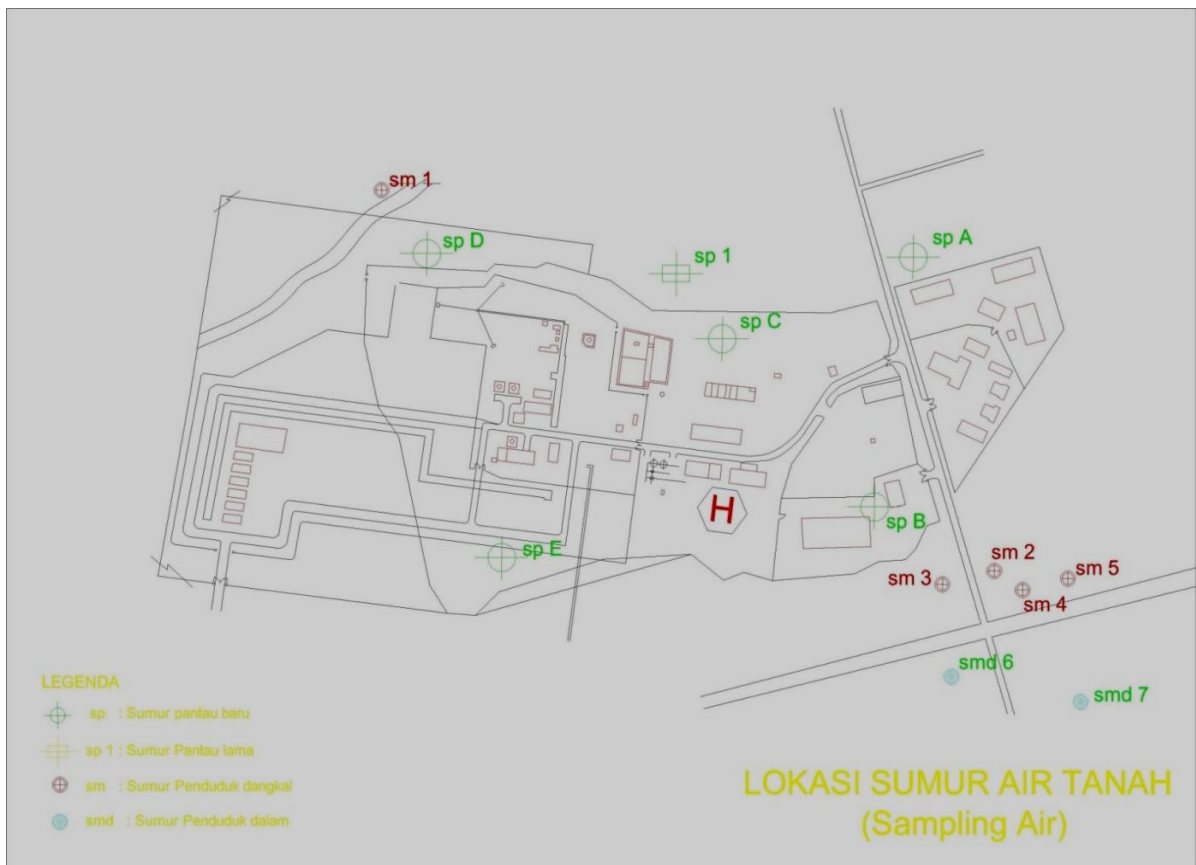
a. Data Sumur Pantau

Selain data-data sumur masyarakat, juga telah dilakukan pengambilan data MAT dari sumur pantau baru sebanyak 5 (lima) titik dan 1 (satu) sumur pantau lama seperti apda Tabel 3..Lokasi sumur-sumur pantau baru berada di sekeliling pabrik dengan konsentrasi lebih banyak titik di daerah timur dimana sebagai daerah yang rendah dan berdekatan dengan lokasi pengolahan limbah. Lokasi sumur-sumur pantau dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 3 : Data dari sumur pantau

Sumur Pantau		SP1	SP A	SP B	SP C	SP D	SP E
Status		lama	baru, 2013	baru, 2013	baru, 2013	baru, 2013	baru, 2013
Jenis		handbor	handbor	handbor	handbor	handbor	handbor
Kedalaman		-	5	5	5	5	5
Koordinat	X	0185661	0185688	0185308	0185480	0185623	0185214
	Y	9562328	9562486	9562339	9562227	9562072	9562083
	Z	32	32	37	34	24	24
kedalaman	m	2	2	1,5	2	2,5	2,5
MAT	m	30	30	35,5	32	21,5	21,5

**Data ini sangat penting sebagai initial condition (per Oktober 2013)*



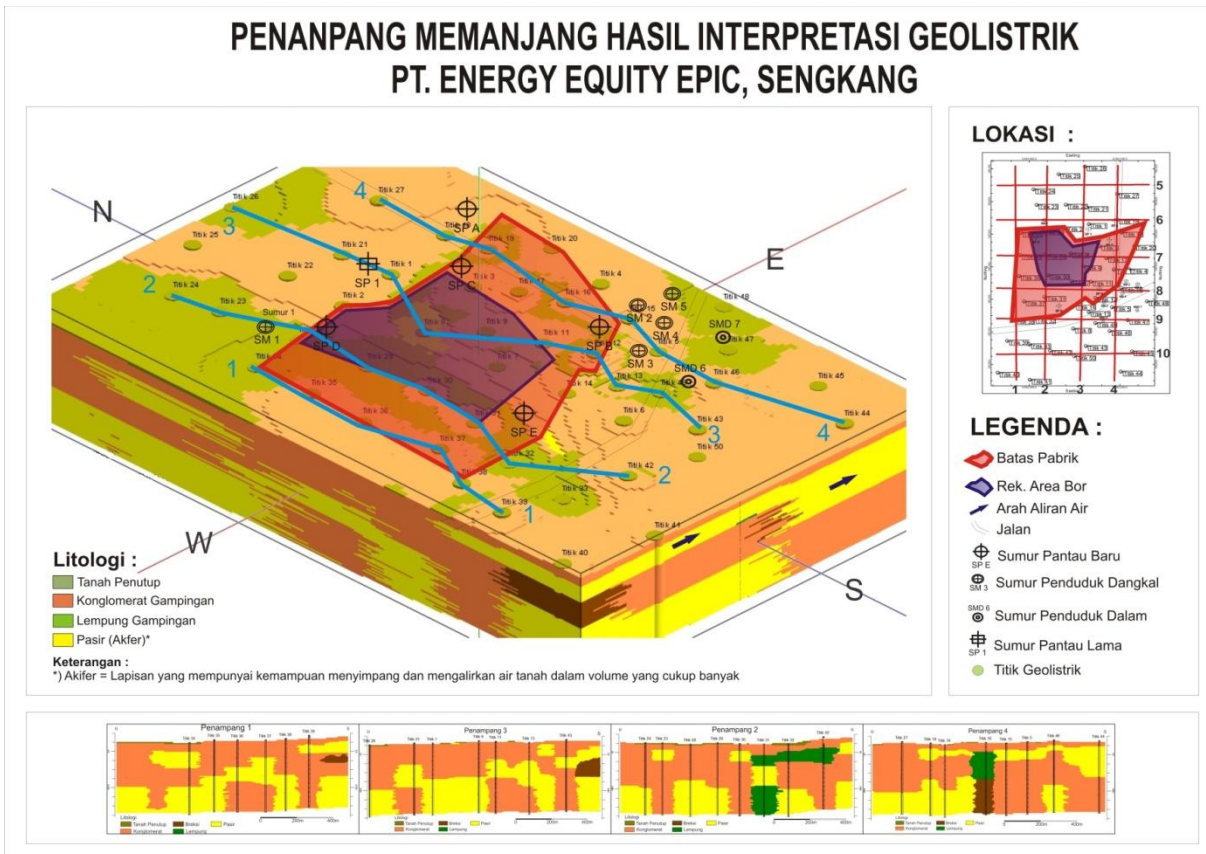
Gambar 4 : Lokasi Sumur

b. Hasil Geolistrik

Survey geolistrik telah dilakukan sebanyak 50 titik yang tersebar didaerah lokasi pabrik Sengkang dan sekitarnya. Hasil geolistrik ini dapat menggambarkan kondisi bawah permukaan dan sifat terhadap airtanahnya (unit hidrogeologi). Gambaran dari survey geolistrik mencapai kedalaman 200 m, dari nilai tahanan jenis yang diinterpretasikan sebagai litologi dan unit hidrogeologinya didapat unit hidrogeologi yang dijelaskan dari hasil geolistrik adalah:

- **akifer** yaitu jenis litologi yang bersifat dapat menyimpan airtanah dalam volume yang banyak
- **akitar** yaitu jenis litologi yang bersifat dapat menyimpan airtanah dalam volume yang sedikit
- **aklikud** yaitu jenis litologi yang bersifat relatif tidak dapat menyimpan airtanah

Dari hasil geolistrik di daerah kawasan pabrik Sengkang dan sekitarnya didapatkan hasil bahwa litologi **paling dominan batuan Konglomerat yang bersifat akitar, menyisip batupasir yang bersifat akifer dan lempung yang bersifat aklikud** (Gambar 5).



Gambar 5 : Interpretasi Hasil Geolistrik

c. Jenis Tanah Pondasi/Permukaan

Telah dilakukan penyelidikan tanah dengan dengan alat *hand bore* pada lokasi di daerah hulu (Barat) dan hilir (timur) sesuai arah aliran airtanah, serta mengelilingi kawasan pabrik berupa sampling contoh tanah tak terganggu (*undisturbed sample*; UDS) dengan alat handbor. Pada titik ini, dilakukan pengambilan sample tanah, pengujian permeabilitas lapangan untuk mengetahui jenis tanahnya terhadap kemampuan meresap dan mengalirkan airtanah serta pengujian laboratorium mekanika (Tabel 4). Sumur pantau dibuat dengan kontruksi lubang 3 inci dan bahan casing dari PVC.

Tabel 4 Hasil pengujian rembesan di lapangan

No	Depth (kedalaman percobaan)	Permeability
(nomor lubang)	h (m)	k (cm/det)
SP A	1.00 - 1.50	2,12E-08
SP B	2.00 - 2.50	1,70E-08
SP C	2.00 - 2.50	1,80E-08
SP D	2.00 - 2.50	2,27E-08
SP E	2.00 - 2.50	7,40E-08

Dari hasil pengujian di lapangan, menunjukkan bahwa daerah penelitian didominasi oleh jenis tanah dengan tekstur lempung lanauan, yang bersifat relatif kedap air dan kemampuan merembeskan airnya termasuk SANGAT KECIL, dengan nilai K orde 8; yaitu nilai kemampuan rembesan antara $7,40 \cdot 10^{-8}$ sampai $1,70 \cdot 10^{-8}$ cm/s. Selain dari pengujian lapangan, di lokasi tersebut juga dilakukan pengujian laboratorium untuk mengetahui tekstur dan jenis tanah, dengan hasil seperti pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Hasil laboratorium mekanika tanah

Sample no. (nomor contoh)	Depth (kedalaman) h (m)	Water Content (kadar air) W _n (%)	Unit Weight (berat isi) γ _n (gr/cm ³)	Specific Gravity (berat jenis) G _s (gr/cm ³)	Grain Size Analysis (analisis ukuran butir)				Atterberg Limit (batas-batas Atterberg)			
					gravel (Kerikil) (%)	sand (Pasir) (%)	silt (Lanau) (%)	clay (Lempung) (%)	W _L (%)	W _p (%)	I _p (%)	Classification (klasifikasi)
SP A	1.00 - 1.50	37,96	1,702	2,6713	0,00	2,95	19,05	78,00	82,10	32,78	49,32	CH
SP B	2.00 - 2.50	37,79	1,680	2,6946	0,00	1,21	15,79	83,00	92,50	42,98	49,52	MH-OH
SP C	2.00 - 2.50	40,34	1,697	2,6919	0,00	3,41	16,59	80,00	93,80	37,45	56,35	CH
SP D	2.00 - 2.50	41,31	1,680	2,6919	0,00	3,31	14,69	82,00	94,50	46,26	48,24	MH-OH
SP E	2.00 - 2.50	34,82	1,686	2,6749	0,00	4,55	35,45	60,00	69,20	33,83	35,37	MH-OH

Dari hasil laboratorium tanah, terlihat kondisi tanah di kawasan pabrik dan sekitarnya umumnya berjenis CH (*Clay High Plasticity*) sampai MH (*Silt High Plasticity*) dengan nilai jenis tanahnya:

- berat isi tanah, (γ_n); bernilai 1.680 – 1.702 gr/cm³
- specific gravity, (G_s); bernilai 2.6749 – 2.6946
- ukuran butir, gravel 0%, pasir 1,21 – 4,55 %, lanau 14,59 – 33,45 % dan ukuran butir lempung adalah paling dominan 60,00 – 83,00%

d. Kualitas Dan Isotop Airtanah

a) Kualitas Airtanah

Sampling contoh air untuk dilakukan pengujian di laboratorium. Pengujian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, yang telah Terakreditasi KAN. Sampel yang diuji dibandingkan dengan standar PerMenKes RI tentang persyaratan kualitas air minum adalah airtanah dangkal dari sumur masyarakat yang baik dangkal maupun dalam, kualitas airtanah dari sumur pantau sebagai data awal. Selain itu juga dilakukan pengujian kualitas air hujan dan juga kualitas air dari kolam limbah. Dari hasil analisis laboratorium contoh airtanah dan air hujan dapat diketahui bahwa kualitas airnya sebagai berikut:

- **untuk airtanah dangkal** baik dari masyarakat maupun dari sumur pantau, terdapat parameter yang melebihi batas ambang, yaitu daya hantar listrik dan residu terlarut yang mencerminkan kelebihan kandungan kimia dan organik; parameter COD yang menunjukkan kandungan organik terlarut, dan **parameter CaCO₃ dan Mg yang mencerminkan kesadahan berlebih.**

- **untuk airtanah dari sumur bor masyarakat, yaitu airtanah dalam, tidak terdapat parameter yang melebihi ambang batas.** Jadi selain jernih juga memenuhi persyaratan sebagai air baku untuk minum.
- Untuk kualitas air hujan juga memenuhi persyaratan sebagai air baku air minum, hanya relatif sedikit asam dan mengandung nitrit karena dipengaruhi limbah uap pabrik.
- Sedangkan untuk air kolam limbah (pengolahan) limbah, terdapat parameter yang berlebih yaitu, parameter Kalium, CaCO₃, COD, Mg, KMnO₄ dan Nitrit. Parameter berlebih ini menjadi tolak ukur di sumur pantau jika terjadi rembesan ke airtanah.

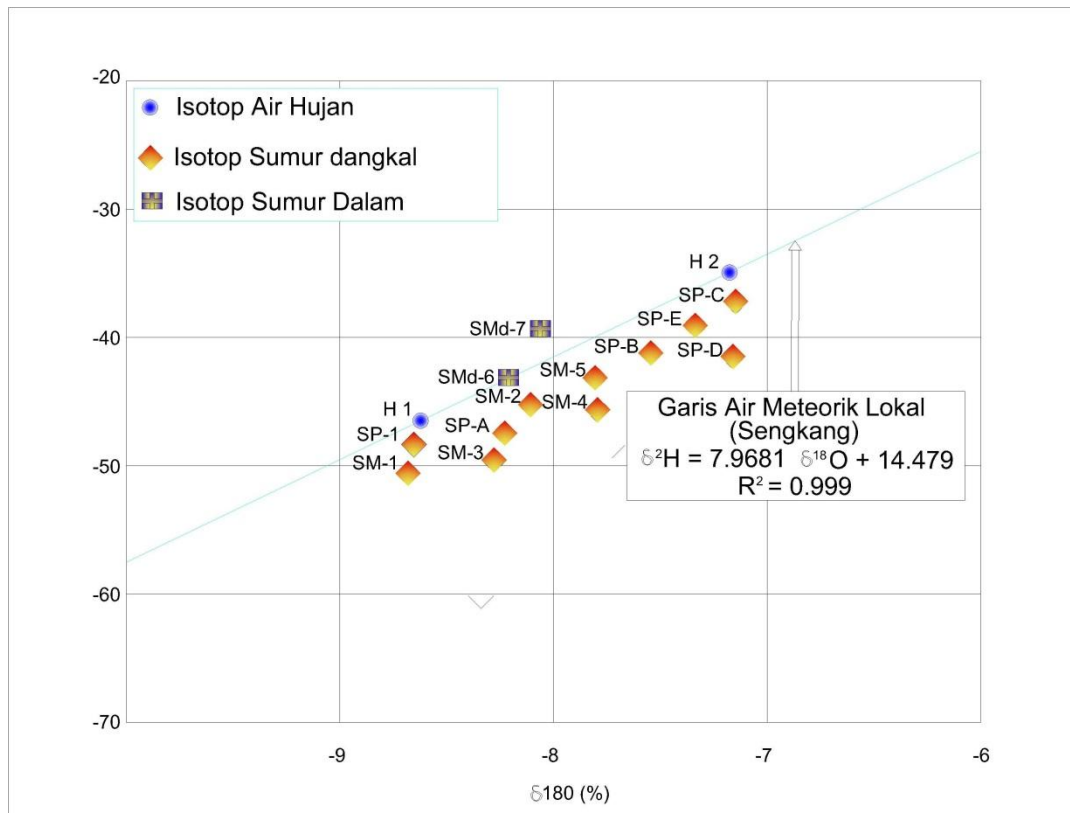
b) Isotop Air Hujan

Analisis data komposisi isotop stabil ¹⁸O dan ²H untuk air hujan di wilayah Sengkang dengan di laboratorium Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Teknologi Radiasi (PATIR), BATAN. Sampel air hujan yang dilakukan pada periode September-Oktober 2013 selama dua kali diperoleh persamaan garis air meteorik lokal Sengkang sebagai berikut. $^2\text{H} = 7.9681^{18}\text{O} + 14.479$. Garis air meteorik lokal Sengkang ini dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan kisaran elevasi, karena memiliki koefisien arah atau slope yang relatif sama dengan garis air meteorik global.

c) Analisis Data Isotop Sampel Airtanah

Data yang dianalisis terdiri dari semua data sumur dangkal dan juga sumur dalam (sumur bor). Jika nilai komposisi isotop dua jenis sumur ini berbeda, maka dapat mendukung hasil interpretasi geolistrik bahwa air ada pada lapisan atas atau akifer dangkal dan juga ada di akifer dalam dari sumur bor. Hasil analisis isotop stabil ¹⁸O dan ²H masing – masing sampel air tersebut diplot dalam grafik garis air meteorik lokal Sengkang dapat dilihat pada **Gambar 6**. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai komposisi isotop ¹⁸O dan ²H sumur dalam SMD-6 dan SMD-7 jatuh tepat dan relatif diatas garis air meteorik lokal, sedangkan sampel sumur dangkal baik SM (sumur masyarakat) maupun SP (sumur pantau) di luar garis (relative dibawah garis).

Hal ini menunjukkan bahwa metode pengujian isotop dapat digunakan sebagai pembeda suatu sumber airtanah, yakni berasal dari akifer dangkal atau dari akifer dalam. Komposisi isotop airtanah dangkal yang jatuh di bawah garis air meteorik lokal terjadi akibat proses evaporasi. Proses ini menyebabkan adanya pengayaan isotop berat, sehingga komposisi isotopnya jika diplot berada dibawah garis air meteorik local. Proses evaporasi akan memiliki pengaruh yang besar pada akifer dangkal dibandingkan pada akifer dalam karena letaknya yang relatif dekat dengan permukaan tanah sehingga rentan terhadap perubahan kondisi atmosfer.



Gambar 6 Plotting Grafik Analisis Isotop

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dalam rangka investigasi hidrogeologi ini adalah untuk mengetahui profil secara tahanan jenis yang menggambarkan stratigrafi hidrogeologi dan mengetahui kondisi aliran airtanah di kawasan lokasi dan sekitarnya telah dilakukan kegiatan investigasi hidrogeologi secara primer data sbb:
 - a) Survey geolistrik sebanyak 50 titik
 - b) Samping jenis tanah dan pembuatan sumur pantau sebanyak 5 titik
 - c) Sampling muka airtanah dari penduduk, sumur bor dan sumur pantau, sebanyak 13 data
 - d) Pengujian kualitas air hujan, airtanah dan air limbah sebanyak 16 sample
 - e) Pengujian isotop air hujan dan airtanah, sebanyak 14 sample
 - f) Pengujian laboratorium sifat mekanika tanah, sebanyak 5 titik
2. Dari hasil survey geolistrik dan pemetaan muka airtanah diadaptkan hasil bahwa di daerah kawasan pabrik Sengkang mempunyai kondisiairtanah sebagai berikut:
 - a) Aliran airtanah pada akifer dangkal (bebas) bergerak relatif dari BARAT ke TIMUR. Akifer ini berupa hasil pelapukan kan konglomerat gampingan
 - b) Posisi *head* atau muka airtanah dangkal berada pada elevasi sekitar 30 - 45 m atau pada kedalaman 1-3 m
 - c) Untuk airtanah dalam didapatkan pada sisipan batupasir mulai kedalaman daitas 30 m, yang dijumpai setempat setempat dari formasi batuan konglemerat pada umumnya.
3. Hasil pengujian terhadap tanah permukaan di lokasi menunjukkan bahwa daerah penelitian didominasi oleh jenis tanah dengan tekstur lempung lanauan, yang bersifat relatif kedap air dan kemampuan merembeskan airnya termasuk SANGAT KECIL, dengan nilai K orde 8; yaitu nilai kemampuan rembesan antara $7,40 \cdot 10^{-8}$ sampai $1,70 \cdot 10^{-8}$ cm/s. Sedangkan dari hasil laboratorium tanah, terlihat kondisi tanah di kawasan pabrik dan sekitarnya umumnya berjenis CH (*Clay High Plasticity*) sampai MH (*Silt high plasticity*) dengan nilai jenis tanahnya:
 - a) berat isi tanah, γ_n ; bernilai 1.680 – 1.702 gr/cm³
 - b) specific gravity, G_s; bernilai 2.6749 – 2.6946

- c) ukuran butir, gravel 0%, pasir 1,21 – 4,55 %, lanau 14,59 – 33,45 % dan ukuran butir lempung adalah paling dominan 60,00 – 83,00%
4. Hasil analisis laboratorium contoh airtanah dan air hujan yang telah dilakukan saat ini menjadi **benchmark** atau data awal (2013). Dengan resume hasil sebagai berikut:
 - a) **untuk airtanah dangkal** baik dari masyarakat maupun dari sumur pantau, terdapat parameter yang melebihi batas ambang, yaitu daya hantar listrik dan residu terlarut yang mencerminkan kelebihan kandungan kimia dan organik; parameter COD yang menunjukkan kandungan organik terlarut, dan **parameter CaCO₃ dan Mg yang mencerminkan kesadahan berlebih**
 - b) **untuk airtanah dari sumur bor masyarakat, yaitu airtanah dalam, tidak terdapat parameter yang melebihi ambang batas.** Jadi selain jernih juga memenuhi persyaratan sebagai air baku untuk minum.
 - c) Untuk kualitas air hujan juga memenuhi persyaratan sebagai air baku air minum, hanya relatif sedikit asam dan mengandung nitrit karena dipengaruhi limbah uap pabrik
 - d) Sedangkan untuk air kolam limbah (pengolahan) limbah, terdapat parameter yang berlebih yaitu, parameter Kalium, CaCO₃, COD, Mg, KMnO₄ dan Nitrit. Parameter berlebih ini menjadi tolak ukur di sumur pantau jika terjadi rembesan ke airtanah
5. Hasil analisis isotop stabil ¹⁸O dan ²H dari semua contoh air =hujan dan airtanah diketahui bahwa nilai komposisi isotop ¹⁸O dan ²H sumur dalam SMD-6 dan SMD-7 jatuh tepat dan relatif diatas garis air meteorik lokal, Untuk sampel sumur dangkal baik SM (sumur masyarakat) maupun SP (sumur pantau) di luar garis (relative dibawah garis). Hal ini menunjukkan bahwa:
 - a) metode pengujian isotop dapat digunakan sebagai pembeda suatu sumber airtanah, yakni berasal dari akifer dangkal atau dari akifer dalam.
 - b) Komposisi isotop airtanah dangkal yang jatuh di bawah garis air meteorik lokal dipengaruhi proses evaporasi, karena letaknya yang relatif dekat dengan permukaan tanah sehingga rentan terhadap perubahan kondisi atmosfer.

Saran

Saran-saran dari penelitian ini adalah sebagian berikut.

1. Sebagai saran dalam pengelolaan airtanah dan untuk control terhadap pencemaran rembesan airtanah maka hasil ini dapat dijadikan benchmark atau data awal dengan pola pengelolaan sebagai berikut:
 - a) Pemantauan rutin pada sumur pantau minimal 1 kali tiap bulan, terutama bagian TIMUR, berupa pengujian kualitas air sesuai standart yang berlaku
 - b) Dapat memanfaatkan airtanah dalam (melalui pemboran) di lokasi yang disarankan (Lampiran 5) dengan kedalaman minimal 40, dengan mengikuti perijinan dari Instansi Perijinan (Dinas ESDM Kab Wajo)
2. Untuk pengembangan jangka panjang dan akibat adanya penambahan kegiatan produksi gas, disarankan dilanjutkan menjadi Pemodelan atau Simulasi Airtanah

Daftar Pustaka

- Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Provinsi Jawa Barat., (2005), “*Status Lingkungan Hidup Provisi Jawa Barat*”.
- Juari, S. S., (2006), “*Potensi Penggunaan Hidrotalsit dalam Remediasi Air Asam Tambang di Lahan Gambut*”. Seminar Nasional RPKLT Pertanian UGM, 1 Februari 2006.
- Keputusan Menteri Kesehatan. (2002), *Syarat-syarat dan Pengawasan Kuanitas Ar Minum.KepMenKes RI No. 907/MENKES/SK/VII/ 2002.*
- Mason, C.F., (1993), “*Biology of Freshwater Pollution. Second Edition*”., *Longman Scientifis and Technical, New York. 351 p.*
- Peraturan Menteri Kesehatan., (1990), Air Minum. Permenkes No. 41/MenKes/Per/IX/1990. Sayoga, R. G. 2007. “*Pengelolaan Air Tambang: Aspek Penting dalam Pertambangan yang Berwawasan Lingkungan*”., Pidato Ilmiah, majelis Guru Besar ITB. Jurusan Teknik Pertambangan ITB.
- Subardja, A et al., (2007), “*Pemulihan Kualitas Lingkungan Penambangan Batubara: Karakterisaasi dan Pengendalian air asam Tambang di Berau*”., Laporan Teknis, Proyek DIPA Puslit Geoteknologi
- LIPI TA., (2007), Suripin. 2004. “*Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*”. ANDI – Yogyakarta.
- Witoro, S. S., (1997), “*Pengelolaan Lingkungan*”., Disampaikan pada seminar LINGKUNGAN: Peran Pendidikan Teknik Lingkungan dalam Pembangunan Bangsa, Lustrum IX Pendiikan Teknik Lingkungan ITB, 15 Desember 2007, Dirjen Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Departemen ESDM.