

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lumpur Sidoarjo

Lumpur Sidoarjo merupakan lumpur yang keluar dari perut bumi, berasal dari bagian sedimentasi formasi Kujung, formasi Kalibeng, dan formasi Pucangan. Sedimen formasi Kujung terdiri atas bagian sedimen yang kaya klastik, sedimen bagian transgresi dari air dangkal mengandung karbonat dan serpihan batu yang mengandung zat kapur dengan karbonat terkumpul dan dilokalisir melalui daerah dataran tinggi. Porositasnya rata-rata sebesar 20-30% dan permeabilitasnya berkisar antara 160-194 mD (Karyadi, 2012;9).

Lumpur ini dicirikan oleh kandungan napal dan batu lempung napalan, warna abu-abu kehijauan, kuning kecoklatan dengan sisipan batu gamping bioklasik yang keras. Kandungan biota umumnya foraminifera besar dan ganggang. Bagian atas formasi Kujung berubah menjadi batu gamping bioklastik dan reef. Batuan napal abu-abu dari formasi Kujung dicirikan oleh kandungan fosil foraminifera kecil, plankton, maupun benthon yang melimpah. Hal ini menunjukkan batuan diendapkan pada lingkungan laut terbuka dengan kedalaman berkisar antara 200-500 meter (Sutoyo, 2007).

Lumpur diperkirakan berasal dari formasi Kalibeng dan formasi Pucangan. Lumpur formasi Kalibeng dicirikan dengan susunan batuan secara monoton dan napal Globigerina. Bagian atas batuan ini disusun oleh pasir tuffan, tuff, lapili tuff dan reaksi yang merupakan endapan vulkanoklastik. Formasi Kalibeng ini diendapkan pada lingkungan laut dalam dengan mekanisme turbidite. Sedangkan lumpur yang berasal dari formasi Pucangan tersusun atas batu pasir konglomerat, konglomerat, batu pasir tuffan, sisipan breksi dan tuff napalan, dan mengandung moluska. Formasi Pucang ini diendapkan di lingkungan transisi-darat (Karyadi, 2012 ; 9).

2.1.1. Semburan

Lokasi semburan Lumpur Sidoarjo, terletak di Desa Siring, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo yang terjadi sejak tanggal 29 Mei 2006 hingga saat ini

masih saja berlanjut. Pusat semburannya berjarak sekitar 200 meter dari sumur pengeboran gas Banjirpanji-1 di Renokenongo. Semburan Lumpur Sidoarjo telah diperkirakan telah keluar lebih dari 100 juta m^3 dan belum ada tanda-tanda untuk berhenti dalam waktu dekat. Pada perkembangan terkini, fenomena semburan lumpur Sidoarjo diyakini sebagai aktivitas pembentukan gunung lumpur atau mud volcano (Karyadi, dkk. 2012 : 3)

Semburan Lumpur Sidoarjo merupakan fenomena geologi yang menarik dan menjadi perhatian, tidak saja para ahli dalam negeri namun juga para ahli dari luar negeri. Awal semburan lumpur ini terjadi di sekitar Sumur Banjar Panji 1 (BJP-1), dengan debit 5000 m^3 /hari. Lubang semburan lumpur terjadi di berbagai tempat, sebelum berakhirnya menjadi satu lubang yang dari waktu ke waktu menyemburkan lumpur panas dengan volume yang terus meningkat. Pada bulan Mei-Agustus 2006 debit lumpur telah mencapai 126.000 m^3 /hari (Suprpto, dkk. 2007 : 1)

2.1.2. Genangan



Gambar 2.1 Peta Genangan Lumpur Sidoarjo (2013)

Sumber : Google Earth

Lumpur Sidoarjo pada Bulan Nopember 2006 telah menutupi sekitar 250 hektar tanah, termasuk tujuh desa, sawah, perkebunan tebu, dan saluran-saluran irigasi, serta telah mengganggu jalur transportasi. Prakiraan volume semburan lumpur antara + 50.000 - 120.000 m³/hari. Sehingga air yang terpisah dari endapan lumpur berkisar 35.000 – 84.000m³/hari (Buku Putih LUSI, KLH, 2006).

Pemerintah Propinsi Jawa Timur dalam salah satu tugas pokok dan fungsi dalam mendukung Tim Nasional Pengendalian Lumpur, Bidang Pengendalian Lingkungan, sesuai Keputusan Presiden Nomor 13 Tahun 2006, telah melakukan berbagai upaya antara lain lokalisasi lumpur melalui tanggul-tanggul penahan Lumpur di sekitar pusat semburan. Konstruksi tanggul yang tidak permanent menyebabkan tanggul jebol dan genangan Lumpur hingga kini telah menggenangi lahan seluas 250 Ha dan sedang disiapkan 200 Ha lagi yang sedang dalam tahap pembebasan. Jumlah air diperkirakan akan lebih banyak lagi mengingat musim hujan telah tiba dengan data curah hujan rata-rata bulanan berkisar 150-250 mm. Jika hujan per hari rata-rata diasumsi sebesar 10 mm/hari dan luas kolam lumpur diasumsi seluas 450 Ha, maka ada tambahan air sebesar 450 Ha x 10.000 m²/Ha x 0,01 m = 45.000 m³/hari (Buku Putih LUSI, KLH, 2006).

2.1.3. Kandungan Unsur-unsur Kimia

Ada beberapa kandungan unsur-unsur sifat kimia yang terkandung dalam Lumpur Sidoarjo yaitu sebagai berikut :

Berdasarkan komposisi kimia (kandungan oksida dan logam), dapat disimpulkan bahwa Lumpur Sidoarjo :

1. Mempunyai kecenderungan untuk semakin tinggi kadar SiO₂ maka semakin rendah kandungan alumina.
2. Mengandung alumina yang tinggi (sekitar 19% Al₂O₃), yang dapat ditafsirkan sebagai lumpur yang kaya akan mineral feldspar.
3. Mempunyai kadar besi oksida yang berkisar antara 4,95-6,02% Fe₂O₃, menunjukkan adanya jenis serpih merah (red shales) atau batu lempung besi/kamosit (rata-rata dalam batuan serpih/lempung merah sekitar 5%). Apabila kandungan besinya melebihi 12% merupakan sesuatu yang sesuatu yang tidak

normal. Kandungan pirit Fe_2O_3 yang tinggi terbentuk pada lingkungan reduksi, kondisi anaerobis, genangan air tenang yang mungkin terdapat di tempat yang dalam dan terputus hubungannya dengan atmosfer oleh stratifikasi yang disebabkan oleh perbedaan densitas air yaitu perlapisan air tawar yang ada di atas air asin.

4. Menunjukkan adanya kandungan unsur logam lain (Cu dan Zn) yang ekstrim. Adanya kadar Cu yang ekstrim ini, kemungkinan diakibatkan adanya mineralisasi Cu dalam "closed environment". Sedang adanya Zn yang ekstrim disebabkan karena mungkin lumpur berasal dari batuan yang kaya akan kandungan logam berupa serpih bituminous. (Karyadi, dkk. 2012 : 20).

Beberapa parameter sifat kimia yang akan diujikan yaitu sebagai berikut :

1. Kalsium (Ca^{2+})

Nilai kandungan kalsium (Ca^{2+}) terlarut akan digunakan untuk menganalisis pengaruh litologi terhadap komposisi kimia airtanah. Kalsium adalah salah satu unsure penting dalam mineral-mineral batuan beku yakin dalam rantai silika, piroksen, amfibol, dan feldspar. Kalsium berada dalam air karena kontak air dengan bantuan beku dan bantuan metamorf umumnya mempunyai konsentrasi yang rendah karena laju dekomposisinya lambat. Kebanyakan kalsium terdapat dalam batuan sedimen karbonat. Kalsium hadir dalam gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anhidrit, (CaSO_4), dan fluorit (CaF_2). Dalam batu pasir sebagai semen. Konsentrasi kalsium pada air tanah umumnya kurang dari 100 mg/liter, untuk brine berkisar 75.000/liter (Todd, 1980).

2. Natrium (Na^+)

Natrium melimpah dalam grup logam alkali. Dalam batuan sedimen, sodium hadir dalam mineral-mineral yang resisten sebagai semen. Air yang terjebak dalam sedimen dan tersimpan dalam waktu yang lama akan mempunyai konsentrasi Na^+ yang tinggi. Konsentrasi natrium umumnya kurang dari 200 mg/liter untuk air tanah, 10.000 mg/liter untuk air laut, 25.000 mg/liter untuk air garam (Todd, 1980).

3. Kalium (K^+)

Kalium merupakan kation yang tidak dominan ditemukan dalam airtanah . terdapat dalam feldspar ortoklas dan mikroclin ($KAlSi_3O_8$), mika, feldspathoid leucite ($KAlSi_2O_6$). Dalam batuan sedimen kalium umumnya hadir sebagai feldspar, mika atau illit atau mineral lempung lainnya. Konsentrasi kalium umumnya kurang dari 10 mg/liter untuk air tanah, 100 mg/liter untuk mata air panas, 25.000 mg/l untuk air garam (Todd, 1980).

4. Magnesium (Mg^{2+})

Magnesium (Mg^{2+}) sebagai kation yang dijadikan parameter beras kecilnya pengaruh pelarutan litologi dalam air. Magnesium pada batuan beku berasal dari mineral-mineral feromagnesium berwarna gelap, yakni olivine, piroksen, amfibol. Dalam batuan alterasi dalam klorit, montmorilonit dan serpentin. Magnesium juga hadir dalam sedimen karbonat sebagai magnesit dan hidromagnesit serta hydroxide brucite. Konsentrasi magnesium pada airtanah umumnya kurang dari 50 mg/liter, air laut lebih dari 1000 mg/liter, sedangkan brine (air garam) berkisar 75.000 mg/liter (Todd, 1980).

5. Besi (Fe)

Fenol dan lain bahan organik compound adalah juga penting, mengingat bahwa fenol ini merupakan penyebab timbulnya rasa yang ada didalam air minum terutama apabila air tersebut dilakukan klorinasi. Fenol ini dihasilkan dari industri dan apabila konsentrasi mencapai 500 mg/l masih dapat dioksidasi melalui proses biologis, akan tetapi akan sulit penguraiannya apabila telah mencapai kadar yang melebihi tersebut diatas. (Sugiharto, 2008:30)

6. Nikel (Ni)

Nikel adalah unsur kimia metalik dalam tabel periodik yang memiliki simbol Ni dan nomor atom 28. Nikel mempunyai sifat tahan karat. Dalam keadaan murni, nikel bersifat lembek, tetapi jika dipadukan dengan besi, krom, dan logam lainnya, dapat membentuk baja tahan karat yang keras. Perpaduan nikel, krom dan besi menghasilkan baja tahan karat (stainless steel) yang banyak diaplikasikan pada peralatan dapur (sendok, dan peralatan memasak), ornamen-ornamen rumah dan

gedung, serta komponen industri. id.wikipedia.org/wiki/Nikel (Diakses tanggal 4 Desember 2013)

7. Fosfat (P)

Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Tingginya kandungan fosfat akan merangsang pertumbuhan tumbuhan air yang berakibat oksigen terlarut dalam air sungai berkurang. Senyawa ini umumnya berasal dari sisa deterjen. Fosfat tidak bersifat toksik bagi manusia maupun hewan. Namun keberadaan fosfat secara berlebihan akan dapat mengakibatkan ledakan pertumbuhan alga pada perairan. Alga yang berlimpah ini dapat membentuk lapisan pada permukaan air, yang selanjutnya akan menghambat penetrasi oksigen dan cahaya matahari sehingga kurang menguntungkan bagi ekosistem perairan.

8. Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) merupakan unsur logam berat yang bersifat esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun jika jumlahnya berlebih dapat menimbulkan efek racun. Unsur ini biasanya dalam bentuk terlarut atau tersuspensi (terikat dengan zat padat) serta terdapat sebagai bentuk ionik. (Juniawan, Rumhayati, dan Ismuyanti. 2013)

2.1.4. Pengelolaan Mutu Air Berdasarkan Kelas

Pada penelitian ini, baku mutu untuk kadar parameter yang diteliti mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001

No	PARAMETER	SATUAN	KELAS			
			I	II	III	IV
FISIKA						
1	Temperatur	oC	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5
2	Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000
3	Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400

Lanjutan Tabel 2.1.

No	PARAMETER	SATUAN	KELAS			
			I	II	III	IV
Kimia Organik						
4	pH	mg/L				
5	BOD	mg/L	2	3	6	12
6	COD	mg/L	10	25	50	100
7	DO	mg/L	6	4	3	0
8	Phospate (PO4-P)	mg/L	0,2	0,2	1	5
9	Nitrat (NO3-N)	mg/L	10	10	20	20
10	NH3-N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)
11	Arsen	mg/L	0,05	1	1	1
12	Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2
13	Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)
14	Boron	mg/L	1	1	1	1
15	Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05
16	Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01
17	Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	1
18	Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2
19	Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)
20	Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1
21	Mangan	mg/L	0,1	(-)	(-)	(-)
22	Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005
23	Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2
24	Khlorida	mg/L	600	(-)	(-)	(-)
25	Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)
26	Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)
27	Nitrit (NO2-N)	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)
28	Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)
29	Khlorin Bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)
30	Sulfida (H2S)	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)

Sumber : Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001

No	PARAMETER	SATUAN	KELAS			
			I	II	III	IV
31	Minyak dan Lemak	ug/L	1000	1000	1000	(-)
32	MBAS	ug/L	200	200	200	(-)
33	Fenol	ug/L	1	1	1	(-)
34	BHC	ug/L	210	210	210	(-)
35	Aldrin	ug/L	17	(-)	(-)	(-)
36	Chlordane	ug/L	3	(-)	(-)	(-)
37	DDT	ug/L	2	2	2	2
38	Heptachlor	ug/L	18	(-)	(-)	(-)
39	Lindane	ug/L	56	(-)	(-)	(-)
40	Methoxychlor	ug/L	35	(-)	(-)	(-)
41	Endrin	ug/L	1	4	4	(-)
42	Toxaplan	ug/L	5	(-)	(-)	(-)
Mikrobiologi						
43	Fecal Coliform	Jml/100ml	100	1000	2000	2000
44	Total Coliform	Jml/100ml	1000	5000	10000	10000
Radioaktivitas						
45	1.2.1 Gross-A	Bq/l	0,1	0,1	0,1	0,1
46	Gross-B	Bq/L	1	1	1	1

Sumber : Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001

Keterangan :

- Mg : milligram
- ug : mikrogram
- ml : milliliter
- L : liter
- Bq : Bequerel
- MBAS : Methylene Blue Active Substance
- Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO.
- Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih
- DO merupakan nilai batas minimum

- Arti (-) menyatakan bahwa parameter tersebut tidak dipersyaratkan
- Kelas air adalah peringkat kualitas air yang dinilai masih layak untuk dimanfaatkan bagi peruntukkan tertentu

Berdasarkan pasal 8 Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 Klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu :

- 1 Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- 2 Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- 3 Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- 4 Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.2. Metode Analisis Unsur Kimia

Parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas air untuk irigasi adalah menggunakan metode SAR.

1. Metode SAR

Untuk mengetahui karakteristik airtanah terkait dengan pemanfaatan air untuk keperluan pertanian, digunakan pendekatan berdasarkan nilai *Sodium Adsorption Ratio* (SAR) yang dapat dihitung dengan persamaan (2-2).

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{(\text{Ca} + \text{Mg})/2}}, \text{ Konsentrasi dalam meq/l} \quad (2-2)$$

$$\% \text{ Na} = [(\text{Na} + \text{K}) / (\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K})] \times 100, \text{ satuan ion dalam meq/liter} \quad (2-3)$$

Berikut klasifikasi air irigasi berdasarkan SAR ditunjukkan pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2. Klasifikasi Air untuk Irigasi berdasarkan SAR

Kelas Air	SAR	Keterangan
Rendah	0-10	Bahaya Na atau alkali tidak ada atau sedikit
Menengah	10-18	Bahaya Na atau alkali atau alkali sedang
Tinggi	18-26	Bahaya Na atau alkali besar
Sangat Tinggi	>26	Bahaya Na atau alkali sangat besar

Sumber: Suharyadi, 1984.

2.3. Studi Terdahulu

1. Rosadi (2008)

Melakukan kegiatan penelitian Pengambilan contoh air pada sumur-sumur gali di daerah Lumpur Sidoarjo dan sekitarnya, dilakukan pada bulan Mei-juni 2007. Beberapa unsur yang mudah berubah seperti Ph, kesadahan, kalsium, karbonat, karbon dioksida beras, dan nitrit dianalisa dilapangan. Hasil analisis kemudian di bandingkan dengan persyaratan kualitas air minum Menteri Kesehatan (Kpts. MENKES) No. 907/2002 dan menggunakan metode perbandingan Serapan Sodium (Sodium Adsorption Ratio = SAR) dievaluasi dengan sistim *Storet*, dan Diagram *Wilcox*.

Hasil analisis dari beberapa contoh sumur gali pada umumnya tidak memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai air minum. Beberapa parameter kualitas air menunjukkan nilai melebihi ambang batas seperti kekeruhan (> 5 FTU), Kesadahan (> 500 mg/L CaCO₃), kandungan besi (> 0,3 mg/L), kandungan mangan (> 0,1 mg/L), sodium (> 200 mg/L), ammonium (> 1,5 mg/L), klorida (> 250 mg/L), dan zat padat terlarut (> 1000 mg/L). Pada umumnya air tanah di daerah Lumpur Sidoarjo dan sekitar tidak layak untuk digunakan sebagai air minum maupun air irigasi walaupun belum terlihat adanya pencemaran dari air Lumpur Sidoarjo terhadap air tanah dangkal di sekitarnya.

2. Wahjono (2008)

Menurut Wahjono, 2008. Dalam Pemantauan Kualitas Air Sumur Menggunakan Multiprobe Sensor Digital di Wilayah Sekitar Semburan Lumpur Sidoarjo, fenomena perubahan kualitas air di sumur penduduk banyak terjadi di

bagian barat tanggul lumpur. Oleh karena itu dalam penelitian ini lokasi survey ditentukan di bagian barat tanggul.

3. Yudo (2009)

Yudo ini melakukan pengukuran kualitas air sumur dengan menggunakan sensor dengan beberapa parameter, antara lain : Temperatur dalam satuan derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$), daya hantar listrik (DHL) dengan satuan *microSiemens per centimeter* (mS/cm), *Total Dissolved Solids* (TDS) atau jumlah zat padat terlarut dengan satuan *milligram per liter* (mg/l), saliniti atau kadar garam terlarut dalam air dengan satuan *parts per thousand* (ppt), dissolved Oxygen (DO) atau konsentrasi oksigen dalam air dengan satuan *milligram per liter* (mg/L), derajat keasaman atau pH untuk mengukur kondisi asam atau basa dan membandingkan genangan kualitas air genangan Lumpur dengan air sumur penduduk.

Dari hasil kegiatan pemantauan kondisi kualitas air sumur penduduk di wilayah sekitar semburan Lumpur Sidoarjo:

- Pengukuran dengan menggunakan sensor menunjukkan bahwa kondisi kualitas air sumur penduduk letaknya paling dekat dengan genangan lumpur mempunyai kualitas yang paling buruk.
- Nilai Conductivity, TDS dan salinitas di beberapa lokasi yang dekat dengan genangan lumpur semuanya di atas baku mutu yang dianjurkan dan nilai kebutuhan oksigen pun (DO) sangat rendah. Temperatur di semua lokasi menunjukkan nilai melebihi temperature normal dan pH menunjukakna asam ($\text{Ph}<7$).
- Kondisi kualitas air genangan lumpur di hamper semua Pond menunjukkan nilai TDS, TSS, BOD, COD, dan phenol yang tinggi diatas baku yang disyaratkan.
- Kondisi ini menunjukkan bahwa kualitas air yang berada di dalam sumur penduduk sama dengan air lumpur dari dalam tanggul, sehingga memiliki kualitas air cenderung sama.
- Alternatif teknologi pengolahan air siap minum yang dapat di aplikasikan di daerah ini adalah kombinasi system biofilter, system reverse osmosis (RO).

4. Samsundari dan Perwira (2011)

Melakukan penelitian tentang kajian dampak pencemaran logam berat di daerah sekitar luapan lumpur sidoarjo terhadap kualitas air dan budidaya perikanan ini dilaksanakan pada bulan Januari-April 2011. Lokasi penelitian ditetapkan di Kabupaten Sidoarjo sebagai daerah terdampak kejadian luapan lumpur Sidoarjo.

Berdasarkan hasil pengamatan, tembaga merupakan jenis logam berat yang ditemukan dalam jumlah yang paling besar baik pada organ insang dan daging udang serta sampel air tambak dan pintu air masuk tambak. Selain itu dari data hasil pengamatan, kandungan unsur Cu pada air tambak di area range pertama dan kedua masing-masing sebesar 0.165 dan 0.036 ppm yang berarti kondisi perairan tersebut telah mengandung logam berat melebihi ambang batas toleransi.

5. Rahadi dan Lusiana (2012)

Menurut Rahadi dan Lusiana (2012) apabila kandungan Fe dalam air melebihi ± 2 mg/liter akan menimbulkan noda-noda pada peralatan, bahan berwarna putih, dan dapat menimbulkan bau. Selain itu, konsentrasi yang lebih besar dari 1 mg/liter dapat menyebabkan warna air kemerah-merahan, memberi rasa tidak enak pada minuman, dapat membentuk endapan pada pipa-pipa logam.

6. Juniawan, Rumhayati, dan Ismuyanto (2013)

Melakukan penelitian tentang karakteristik lumpur sidoarjo dan fluktuasi logam berat Pb dan Cu pada sungai Porong dan Aloo. Menurut Rumhayati, dan Ismuyanto menyatakan bahwa unsur Cu memiliki fluktuasi yang tinggi di Sungai Aloo yaitu salah satu sungai yang berada di dekat lokasi penelitian ini.

2.5. Pemetaan

2.5.1 Pemetaan Dengan Program *Surfer 8*

Surfer 8 merupakan salah satu perangkat lunak produk *Golden Software, Inc.* *Surfer* merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk membuat peta kontur dan pemodelan tiga dimensi. Perangkat lunak *surfer* melakukan *plotting* data tabular X Y Z tidak beraturan menjadi lembar titik-titik segi empat (*grid*) yang beraturan. *Grid* adalah serangkaian garis vertikal dan horizontal yang dalam *surfer* berbentuk segi empat yang menjadi dasar pembentuk kontur dan permukaan tiga

dimensi. Pada titik perpotongan *grid* disimpan nilai *Z* berupa titik ketinggian atau kedalaman. *Gridding* merupakan proses pembentukan rangkaian nilai *Z* yang teratur dari sebuah data *X Y Z*. Hasil dari proses *gridding* ini adalah *file grid* yang tersimpan pada *file.grd*. (Setiawan, 2010).

Metode *gridding* menghasilkan jarak teratur persegi panjang dari nilai *Z* dari data *XYZ* tidak lengkap. *Gridding* mengisi lubang ini dengan ekstrapolasi atau interpolasi nilai *Z* dilokasi tersebut dimana tidak ada data. Beberapa metode *gridding* dalam *surfer* adalah sebagai berikut (program *surfer 8*):

1. *Inverse Distance to Power*
2. *Kriging*
3. *Minimum Curvature*
4. *Nearest Nighbor*
5. *Polynomial Regression*
6. *Radial Basis Function*
7. *Shepard Method*

Kriging adalah metode *gridding* yang telah terbukti fleksibel dan dapat digunakan ke sebagian besar tipe data. Metode ini menghasilkan visual peta lengkap dari data tidak lengkap.

2.5.2 Garis Kontur

Kontur adalah garis khayal untuk menggambarkan semua titik yang mempunyai ketinggian yang sama di atas atau di bawah permukaan datum tertentu yang disebut permukaan laut rata-rata. Kontur digambarkan dengan interval vertikal yang reguler. Semua titik yang mempunyai ketinggian yang sama di atas atau di bawah permukaan datum tertentu yang disebut permukaan laut rata-rata. Kontur digambarkan dengan interval vertikal yang reguler. Interval kontur adalah jarak vertikal antara 2 (dua) garis ketinggian yang ditentukan berdasarkan skalanya.

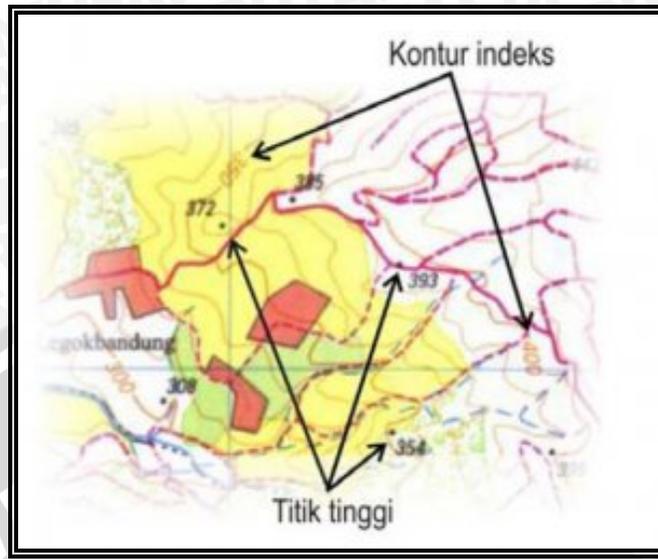
Tabel 2.3. Interval dan Indeks Kontur

Skala Peta	Interval Kontur	Indeks Kontur
1 : 10.000	5 meter	25 meter
1 : 25.000	12,5 meter	50 meter
1 : 50.000	25 meter	100 meter
1 : 100.000	50 meter	200 meter
1 : 250.000	100 meter	500 meter

Sumber: Setiawan, 2010 <http://geoenviron.blogspot.com/2012/04/garis-kontur.html>

Kontur biasanya digambar dalam bentuk garis-garis utuh yang kontinyu (biasanya berwarna cokelat atau oranye). Setiap kontur keempat atau kelima (tergantung pada intervalnya) dibuatlah indeks, dan digambarkan dengan garis yang lebih tebal. Kontur indeks dimaksudkan untuk membantu pembacaan kontur dan menghitung kontur untuk menentukan tinggi. Angka (ketinggian) kontur diletakkan pada bagian kontur yang diputus, dan diurutkan sedemikian rupa agar terbaca searah dengan kemiringan ke arah atas (lebih tinggi).

Pada daerah datar yang jarak horisontalnya lebih dari 40 mm sesuai skala peta dibuat garis kontur bantu. Kontur bantu ini sangat berarti terutama jika ada gundukan kecil pada daerah yang datar. Kontur bantu digambar pada peta berupa garis putus-putus untuk membedakan dengan kontur standar.



Gambar 2.2. Kontur indeks dan titik-titik tinggi pada peta rupa bumi skala 1: 25.000
 Sumber: Setiawan, 2010 <http://geoenviron.blogspot.com/2012/04/garis-kontur.html>.

2.5.3 Bentuk Kontur

Bentuk suatu kontur menggambarkan bentuk permukaan lahan yang sebenarnya kontur-kontur yang berdekatan menunjukkan kemiringan yang terjal, kontur-kontur yang berjauhan menunjukkan kemiringan yang landai. Jika kontur-kontur itu memiliki jarak satu sama lain secara tetap, maka kemiringannya teratur.

Beberapa catatan tentang kontur sebagai berikut (Setiawan, 2010) :

1. Kontur adalah kontinyu (bersinambung). Se jauh mana pun kontur berada, tetap akan bertemu kembali di titik awalnya. Perkecualiannya adalah jika kontur masuk ke suatu daerah kemiringan yang curam atau nyaris vertikal, karena ketiadaan ruang untuk menyajikan kontur-kontur secara terpisah pada pandangan horisontal, maka lereng terjal tersebut
2. Jika kontur-kontur pada bagian bawah lereng merapat, maka bentuk lereng disebut konveks (cembung), dan memberikan pandangan yang pendek. Jika Penarikan garis kontur bertujuan untuk memberikan informasi relief (baik secara *relative* maupun *absolute*), Sifat-sifat garis kontur adalah (Setiawan, 2010):
 - a. Satu garis kontur mewakili satu ketinggian tertentu
 - b. Garis kontur berharga lebih rendah mengelilingi garis kontur yang lebih tinggi.

- c. Garis kontur tidak berpotongan dan tidak bercabang.
- d. Interval kontur biasanya 1/2000 kali skala peta.
- e. Rangkaian garis kontur yang rapat menandakan permukaan bumi yang curam/terjal, sebaliknya yang renggang menandakan permukaan bumi yang landai.
- f. Rangkaian garis kontur yang berbentuk huruf “U” menandakan punggung gunung.
- g. Rangkaian garis kontur yang berbentuk huruf “V” terbalik menandakan suatu lembah/jurang.

Interval kontur adalah jarak tegak antara dua garis kontur yang berdekatan. Jadi juga merupakan jarak antara dua bidang mendatar yang berdekatan. Pada suatu peta topografi interval kontur dibuat sama, berbanding terbalik dengan skala peta. Semakin besar skala peta, jadi semakin banyak informasi yang tersajikan, interval kontur semakin kecil.

Indeks kontur adalah garis kontur yang penyajiannya ditonjolkan setiap kelipatan interval kontur tertentu, misalnya setiap 10 m atau yang lainnya. Rumus untuk menentukan interval kontur pada suatu peta topografi adalah:

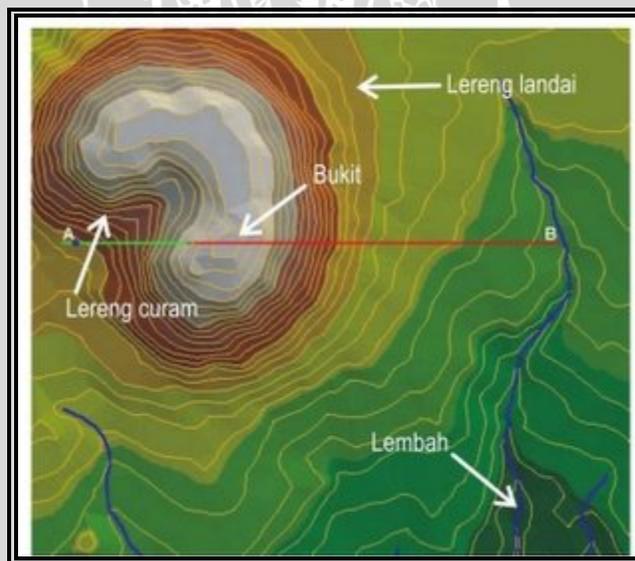
$$\text{Interval Kontur} = 1 / 2000 \times \text{Skala Peta}$$

(2-8)

Cara penarikan kontur dilakukan dengan cara perkiraan (interpolasi) antara besarnya nilai titik-titik ketinggian yang ada dengan besarnya nilai kontur yang ditarik, artinya antara dua titik ketinggian dapat dilewati beberapa kontur, tetapi dapat juga tidak ada kontur yang melewati dua titik ketinggian atau lebih. Jadi semakin besar perbedaan angka ketinggian antara dua buah titik ketinggian tersebut, maka semakin banyak dan rapat kontur yang melalui kedua titik tersebut, yang berarti daerah tersebut lerengnya terjal, sebaliknya semakin kecil perbedaan sebaliknya, yaitu merenggang, maka disebut dengan konkav (cekung), dan memberikan pandangan yang panjang.

1. Jika pada kontur-kontur yang berbentuk meander tetapi tidak terlalu rapat maka permukaan lapangannya merupakan daerah yang undulasi (bergelombang).
2. Kontur-kontur yang rapat dan tidak teratur menunjukkan lereng yang patah-patah. Kontur-kontur yang halus belokannya juga menunjukkan permukaan yang teratur (tidak patah-patah), kecuali pada peta skala kecil pada umumnya penyajian kontur cenderung halus akibat adanya proses generalisasi yang dimaksudkan untuk menghilangkan detail-detail kecil (minor).

Jadi kontur adalah suatu garis yang digambarkan diatas bidang datar melalui titik-titik yang mempunyai ketinggian sama terhadap suatu bidang referensi tertentu. Garis ini merupakan tempat kedudukan titik-titik yang mempunyai ketinggian sama terhadap suatu bidang referensi atau garis khayal yang menghubungkan titik-titik yang mempunyai ketinggian yang sama.



Gambar 2.3. Garis Kontur

Sumber: Setiawan, 2010 <http://geoenviron.blogspot.com/2012/04/garis-kontur.html>.

Seperti yang dilakukan pada sejumlah peneliti terdahulu dengan menggunakan Paket Program Komputer Surfer untuk pemetaan airtanah diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Waspodo (2002) memetakan transmisivitas dan koefisien tampungan akuifer di wilayah Kecamatan Kertajati Kabupaten Majalengka dengan Program Surfer 5.0.
2. Irham, Achmad, dan Widodo (2006) memetakan Sebaran Air Tanah Asin pada Aquifer Dalam di Wilayah Semarang Bawah dengan Program Surfer 7.0.
3. Sadjab, As'ari, dan Tanauma (2012) memetakan resistivitas lapisan akuifer dangkal permukaan, dangkal dalam, dan lapisan akuifer dalam di sekitar Candi Prambanan Kabupaten Sleman dengan menggunakan Program Surfer 8.0.
4. Siswoyo, Bisri, dan Saves (2013) memetakan sifat-sifat hidraulik airtanah di Cekungan Air Tanah Probolinggo dengan menggunakan Program Surfer 9.0.

