

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dampak Aktivitas Vulkanik

Erupsi vulkanik yang disebabkan oleh aktivitas vulkanik berdampak pada kerusakan lingkungan dan ekologi. Material letusan yang berupa padatan vulkanik (*pyroclastics*), gas, dan lava keluar melalui lubang yang terdapat pada puncak gunung gas, lubang ini biasa disebut dengan vulkano (Sheets dan Grayson, 1979). Abu vulkanik yang jatuh dan menumpuk hingga tebal dapat berdampak pada manusia dan lava yang keluar dengan suhu tinggi yang ekstrim (600-1000°C) membahayakan kehidupan walaupun sangat jarang kasus kematian akibat hal ini.

Tidak jarang erupsi vulkanik ini meninggalkan lubang pasca-erupsi yang biasa disebut kawah, dan pada sebagian kasus kawah tersebut berisi air yang sangat asam. Secara langsung maupun tidak langsung manusia telah terkena dampak dari aktivitas vulkanik selama jutaan tahun. Manusia merasakan manfaat dalam jangka waktu yang lama pasca-erupsi, namun harus membayar kerusakan yang disebabkan pada jangka waktu yang singkat. Manfaat yang didapatkan yaitu suburnya tanah akibat lava dan abu vulkanik serta pemanfaatan mineral vulkanik (Sheets dan Grayson, 1979).

2.2 Gunung Ijen

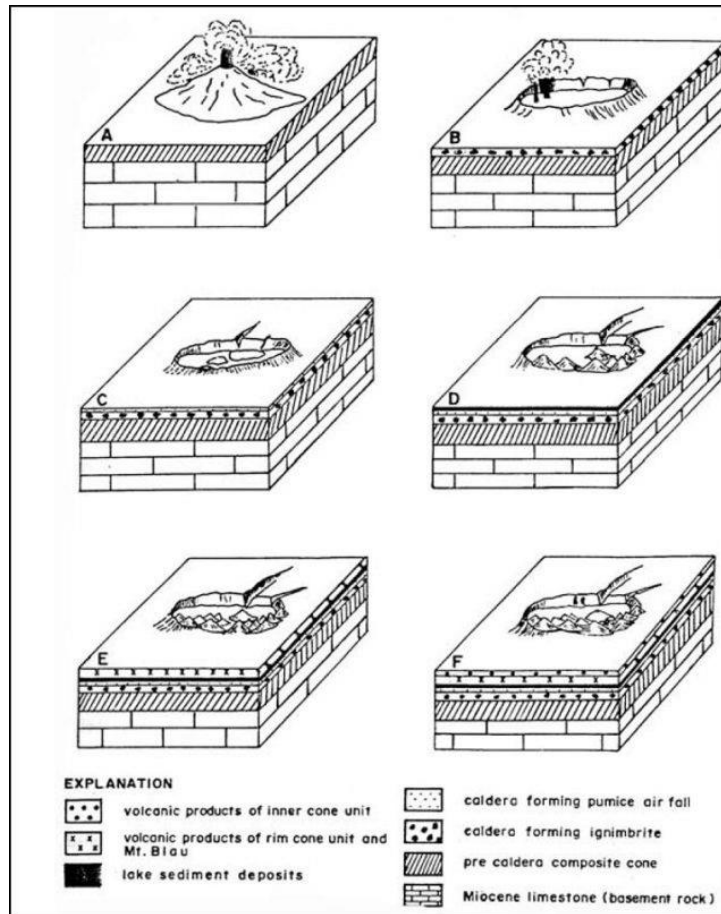
Gunungapi Ijen merupakan model gunung api campuran antara tipe monogenetik dan poligenetik yang masuk dalam wilayah Kabupaten Banyuwangi dan Bondowoso, Provinsi Jawa Timur. Gunung Ijen adalah salah satu gunung dari delapan buah gunungapi yang memiliki danau kawah dengan air danau yang bersifat asam. Letak geografis puncaknya terletak pada 8° 03' 30'' Lintang Selatan dan 114° 14' 30'' Bujur Timur, dengan ketinggian tepi kawah sebesar 2386 mdpl dan danau kawah 2145 mdpl (Sumarti *et al.*, 2006).

Pemantauan dan pengamatan terhadap aktivitas Gunung Ijen dilakukan secara berkala. Pemantauan terhadap aktivitas Gunung Ijen ini bertujuan untuk mengamati status dari gunungapi itu sendiri serta mengurangi dampak negatif keberadaan gunungapi terutama untuk mitigasi bencananya. Pada umumnya pemantaun

dilakukan dengan menggunakan metode seismik, deformasi, geofisika, visual dan geokimia. Dari metode-metode tersebut, metode seismik merupakan metode yang paling banyak digunakan. Dikarenakan metode seismik mencatat getaran dari retakan atau pecahnya batuan dalam bentuk sinyal gelombang seismik. Getaran tersebut terjadi akibat peningkatan aktivitas kegempaan di bawah gunungapi sebelum terjadinya erupsi, dikarenakan oleh dorong magma dan gas gunungapi ke permukaan melalui rekahan dan lorong-lorong. Perpindahan magma dan gas vulkanik menyebabkan retakan hingga pecahnya batuan. Retakan atau pecahnya batuan ini akan menjadi sumber getaran berupa sinyal gelombang seismik. Sebagaimana penelitian Hendrasto (2006), yang telah mengidentifikasi karakteristik Gunungapi Ijen berdasarkan aktivitas kegempaan atau dari hasil analisis sinyal seismik yaitu bahwa Gunungapi Ijen secara umum didominasi oleh kemunculan gempa vulkanik tipe B (VB), tektonik jauh, dan gempa hembusan.

Komplek Gunungapi Ijen yang terlihat saat ini dihasilkan melalui rentetan proses yang panjang. Proses pembentukan Kompleks Gunungapi Ijen dapat dirunut dengan memperhatikan kondisi morfologi permukaan yang ada saat ini (Sartohadi 2014). Kompleks Gunungapi Ijen berasal dari satu tubuh Gunung Ijen. Tubuh Gunungapi Ijen sebelum terjadi erupsi eksplosif dimungkinkan berupa kerucut gunungapi yang besar dan aktif. Van Bergen *et al.*, (2000) memperkirakan ketinggian gunungapi purba tersebut mencapai 3.500 mdpl. Gunungapi Ijen dapat dikategorikan ke dalam tipe gunungapi strato berdasarkan adanya perlapisan yang searah dengan kemiringan lereng pada *escarpment* kaldera. Ilustrasi tubuh Gunungapi Ijen secara utuh sebelum erupsi eksplosif disajikan pada Gambar 2.1.

Diperkirakan beberapa ratus tahun kemudian terjadi erupsi besar yang mengakibatkan terbentuknya lubang besar. Erupsi dengan 7 eksplosif tersebut melontarkan sebagian besar material tubuh gunungapi bagian atas dan menciptakan kaldera dengan diameter 14-16 km. Ukuran kaldera yang besar ini mengindikasikan bahwa skala erupsi yang telah terjadi juga sangat besar. (Sartohadi 2014).

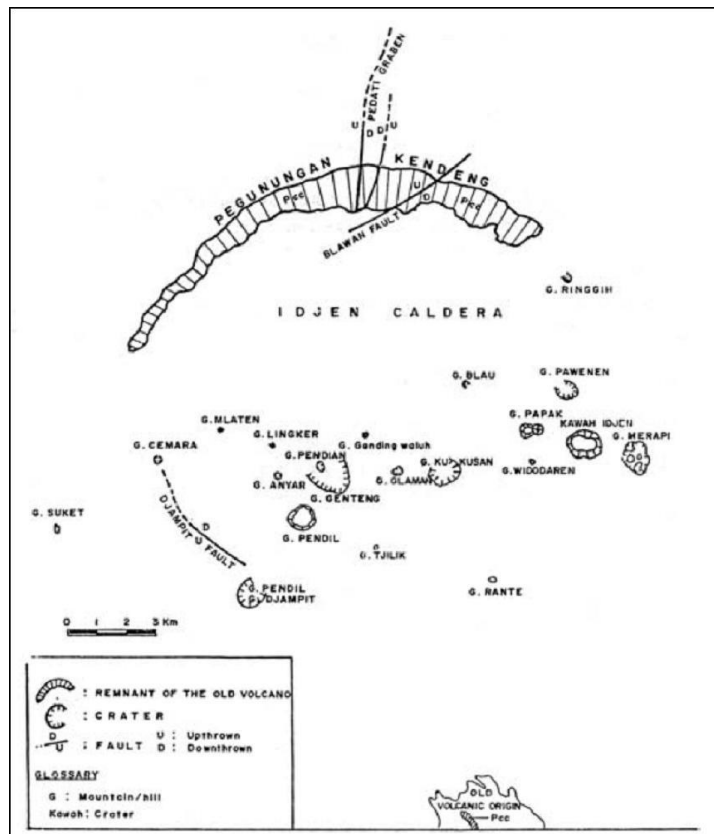


Gambar 2.1 Proses terbentuknya kaldera Ijen
(sumber: geologi.co.id, 2012)

Erupsi besar mengakibatkan terbentuknya sesar-sesar di bagian dalam kawah. Proses erosi pada sisa gunung api terjadi karena adanya curah hujan. Daerah-daerah sesar tersebut menjadi daerah dengan proses erosi yang paling intensif karena daerah tersebut merupakan daerah terlemah pada tubuh gunungapi. Sesar besar di dekat Blawan kemudian menjadi sebuah celah yang terus tererosi secara intensif (Gambar 2.1). Lereng bagian utara juga tertoreh karena proses erosi. Sejalan dengan proses erosi yang terjadi, pada dinding bagian selatan mulai bermunculan pusat-pusat aktivitas vulkanik baru pasca letusan besar. Adanya sesar di sepanjang dinding bagian selatan menjadikannya sebagai tempat keluarnya magma (Sartohadi 2014).

Gunungapi baru mulai muncul pada bekas dinding bagian selatan. Deretan gunungapi di sebelah selatan terlihat mengikuti sebuah pola garis dengan orientasi barat daya-timur laut. Berturut-turut Gunung Raung di sebelah barat sampai

Gunung Merapi di sebelah timur (Gambar 2.2). Perbedaan torehan pada lereng kerucut-kerucut gunungapi mengindikasikan bahwa pertumbuhannya tidak terjadi pada waktu yang bersamaan. Gunung Raung terlihat memiliki torehan yang paling kasar, semakin ke arah timur semakin halus. Sehingga, dapat ditarik kesimpulan bahwa Gunung Raung tumbuh dan berkembang terlebih dahulu kemudian diikuti oleh gunung-gunung di sebelah timurnya hingga Gunung Merapi di paling timur. Pola garis yang teratur dari deretan gunungapi-gunungapi ini mengindikasikan bahwa terdapat keteraturan pusat aktivitas magmanya (Sartohadi 2014).



Gambar 2.2 Barisan gunungapi baru di kompleks Ijen tua (sumber: geologi.co.id, 2012)

2.3 Danau Kawah Ijen (*Ijen Crater Lake*)

Ijen adalah gunung api yang tidak lumrah, dikenal berbahaya bukan karena ancaman letusannya, tetapi karena air yang mengisi kawahnya bersifat sangat asam. Kawah (*crater*) merupakan suatu lubang tempat keluarnya letusan. Material letusan yang berupa bahan-bahan legas (*pyroplastic*) atau aliran lava diendapkan di seputar kawah dan membentuk kerucut, sedangkan di lokasi yang lebih jauh membentuk lereng dan kaki gunung api (Bloom, 1979).

Direktorat vulkanologi menyatakan daerah di sekitar kawah dikategorikan sebagai daerah terlarang karena adanya kemungkinan terkena aliran piroklastik (awan panas) dan lava sangat besar.

Kawah Ijen terbentuk setelah letusan yang menghasilkan lubang sangat besar, berukuran 19.000 x 21.000 m di bagian alasnya dan 22.000 x 25.000 m pada bagian atasnya (rim crater) kemudian dikenal dengan Kaldera Ijen (Sundoro, 1990). Dalam perkembangan berikutnya, di tengah kaldera terbentuk sebuah danau kawah yang menjadi pusat kegiatan vulkanik saat ini. Kawah tersebut berukuran 1.160 x 1.160 m bagian atas dan bagian yang terisi air di dasar kawah seluas 960 x 600 m.

Ditengarai danau ini sebagai salah satu danau kawah yang paling asam di dunia. Pasalnya, kadar keasaman (pH) airnya dapat mencapai nilai nol (tidak terukur) hingga 0,8. Nilai tersebut bervariasi tergantung kondisi musim. Bila musim hujan pH-nya mencapai antara 0,5 – 0,8, tetapi dalam musim kemarau tidak jarang nilainya dibawah nol. Hal inilah yang menempatkan Ijen sebagai gunung api yang tidak lumrah. Air kawahnya yang sangat asam (acid water) dapat menimbulkan pencemaran lingkungan yang berbahaya bagi kehidupan sekitarnya. Oleh karena itu gunung api yang memaku Tanjung Blambangan di ujung timur Pulau Jawa ini lebih dikenal dengan nama Kawah Ijen. (Wittiri dan Agusta, 2005)

2.4 Proses Geothermal Kawah Ijen

Aktivitas geothermal Ijen selain menghasilkan gas beracun, debu vulkanik, sublimasi sulfur, juga menyebabkan air kawahnya bersifat asam (pH-rendah). Keadaan air kawah yang sangat asam ini disebabkan oleh injeksi senyawa volatil magmatik di dasar kawah, seperti SO₂, H₂S, HCl, dan HF. Interaksi batuan-air pada pH rendah menyebabkan air kaya dengan unsur-unsur yang ada di dalam batuan, seperti Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, dan *trace* logam lainnya. Melalui proses ini, Kawah Ijen mengakumulasi berbagai elemen yang biasanya terjadi pada tingkat konsentrasi alami yang rendah (Delmelle, 2000). Untuk mengatasi logam tersebut keluar dari danau kawah, pemerintah membangun sebuah DAM pada sisi barat kawah.

DAM Kawah Ijen merupakan bangunan beton yang dibangun sejak jaman penjajahan Belanda tahun 1927 yang dimaksudkan untuk mengontrol level (permukaan) air danau agar tidak menyebabkan banjir air asam ke aliran Sungai Banyupahit. Namun, bendungan ini sekarang tidak berfungsi karena air tidak pernah mencapai pintu air akibat adanya rembesan/bocoran di bawah dam (Badan Geologi 2014). DAM Kawah Ijen terletak pada tepi barat Kawah Ijen, dan saat ini merupakan bagian dari objek wisata namun tidak banyak dikunjungi karena akses serta kondisi daya dukung konstruksi yang rawan.

Air Sungai banyupahit mengalir membawa logam berat ke arah barat menuruni lereng batuan basaltik-andesitik sejauh 15 km dan melewati pemukiman Paltuding dan Watucapil. Setelahnya, aliran air yang cukup asam melewati batuan kapur dan melarutkan senyawa Ca yang menyebabkan batuan air sungai berwarna putih, sehingga disebut sebagai Sungai Banyuputih sejauh 22 km (Lohr *et al.*, 2005). Logam berat merupakan unsur-unsur kimia yang memiliki spesifikasi graviti lebih dari 4 dan massa jenis 5 gr/cm^3 , yang terletak pada sudut kanan bawah sistem periodik. Logam berat umumnya bersifat *trace element* dan termasuk dalam golongan transisi (Rangkuti, 2009). Berbeda dengan logam biasa, logam berat bisa menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup dan dapat menyebabkan terjadinya keracunan apabila masuk dalam jumlah yang berlebih.

Sifat-sifat logam berat yang dapat membahayakan lingkungan dan manusia menurut Sutamihardja (2006) adalah:

- a. Logam berat sulit didegradasi dan pada jumlah, sehingga cenderung akan terakumulasi pada lingkungan, baik pada lingkungan tanah maupun air.
- b. Logam berat dapat terakumulasi dalam tubuh organisme dan menyebabkan konsentrasinya semakin tinggi. Istilah ini biasa disebut dengan bioakumulasi dan biomagnifikasi. Bioakumulasi adalah proses akumulasi logam berat dalam tubuh organisme, sedangkan biomagnifikasi adalah proses akumulasi logam berat pada rantai makanan yang dapat berujung pada manusia.
- c. Logam berat mudah terakumulasi pada sedimen pada lingkungan air, sehingga konsentrasi sedimen selalu lebih tinggi daripada konsentrasi logam dalam air.

Sifat toksisitas logam berat dapat dikelompokkan menjadi 3 golongan, yaitu bersifat toksik tinggi, sedang, dan rendah. Beberapa unsur logam yang termasuk dalam logam berat bersifat toksik tinggi yaitu unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn. Unsur logam dengan sifat toksik sedang yaitu unsur Cr, Ni, dan Co, sedangkan unsur logam dengan tingkat toksisitas rendah yaitu unsur Fe dan Mn. Peningkatan kadar logam dalam perairan dapat membahayakan organisme perairan karena perubahan fungsi menjadi racun pada konsentrasi yang berlebih (Moore dan Ramamoorthy, 1984).

a. Besi (Fe)

Besi atau Ferrum (Fe) merupakan metal berwarna putih keperakan, liat, dan dapat dibentuk. Fe di alam didapat sebagai hematit dan apabila didalam air minum dapat menimbulkan warna (kuning), rasa, pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi dan kekeruhan. Unsur besi (Fe) dibutuhkan dalam darah untuk mengikat oksigen (Yudo, 2006). Namun, dalam dosis yang berlebihan Fe dapat menyebabkan denyut nadi dan pernafasan menjadi cepat, penghambatan pada pembuluh darah, hipertensi, serta mudah lelah (Rajni dan Keshav, 2010)

b. Kadmium (Cd)

Kadmium memiliki nomor atom 49 dengan berat atom 112,41 g/mol, memiliki titik didih dan titik leleh masing-masing 765°C dan 320,9°C. Menurut Darmono (1995), kadmium mempunyai sifat tahan panas sehingga sangat bagus untuk campuran bahan keramik dan plastik. Selain itu, kadmium juga tahan terhadap korosi sehingga baik untuk melapisi plat baja dan besi. Logam Cd bersifat sangat toksik untuk tubuh, dengan konsentrasi 50 mg saja dapat menyebabkan muntah-muntah, penurunan sel darah merah, pengeroposan tulang dan sum-sum tulang, diare, gangguan pada metabolisme kalsium, kerusakan ginjal, tumor, hipertensi, penyakit hati, penurunan fungsi reproduksi, hingga mutasi genetik (Rajni dan Keshav, 2010).

c. Tembaga (Cu)

Tembaga merupakan unsur transisi seri 3d dengan kecenderungan melakukan proses kemisorpsi yang kuat dengan senyawa O₂, C₂H₂, C₂H₄, CO,

serta cenderung lemah terhadap senyawa H_2 . Tembaga biasa ditemukan dalam ion Cu^+ dan Cu^{2+} (Sugiyarto dan Suyanti, 2010). Tembaga juga tergolong ke dalam logam dengan tingkat toksisitas yang tinggi, dengan konsentrasi melebihi 470 mg dapat meracuni tubuh manusia yang menyebabkan hipertensi, demam sporadis, uraemia, koma, dan gangguan pada sistem saraf otak (Rajni dan Keshav, 2010).

d. Seng (Zn)

Seng merupakan unsur golongan 12 dalam tabel periodik, seringkali unsur Zn tidak dimasukkan dalam unsur-unsur transisi melainkan kelompok unsur representatif karena konfigurasi elektron dan tingkat oksidasinya. Dalam keadaan bebas di alam, seringkali Zn ditemukan dalam ion Zn^{2+} dan dapat mudah berikatan kuat dengan senyawa O_2 (Sugiyarto dan Suyanti, 2010). Walaupun tingkat toksisitas Zn tidak tinggi, namun dalam kadar konsumsi >165 mg dan terpapar terus-menerus selama 26 hari dapat menyebabkan muntah-muntah, kerusakan ginjal, kram, dll. (Rajni dan Keshav, 2010).

e. Timbal (Pb)

Timbal dalam bahasa latin disebut plumbum dan terdapat pada golongan XIV p, periode VI, memiliki nomor atom 82 dengan berat atom 207,20 g/mol pada tabel periodik. Timbal memiliki titik cair yang rendah dan lunak sehingga sangatlah mudah diubah bentuknya. Timbal dapat membentuk *alloy* yang mempunyai sifat yang berbeda dengan timbal murni, Pada perairan, timbal ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Timbal dalam perairan memiliki kelarutan yang rendah sehingga kadarnya relatif sedikit (Effendi, 2003). Timbal dapat masuk kedalam tubuh manusia melalui makanan dan minuman, pernafasan, serta penetrasi pada kulit. Timbal dapat menghambat aktifitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin sehingga menyebabkan penyakit anemia (Darmono, 1995).

f. Mangan (Mn)

Mangan (Mn) adalah metal kelabu kemerahan. Walaupun, tergolong kedalam logam dengan toksisitas rendah, gejala yang dapat ditimbulkan akibat keracunan mangan dapat berupa gejala susunan urat syaraf Insomnia,

lemah pada kaki dan otot muka. Apabila paparan berlanjut maka dapat mengakibatkan lambat dan monoton dalam bicara, terjadi hyperrefleksi, clonus pada patella dan tumit, dan berjalan seperti penderita parkinsonism. Mangan dapat menimbulkan warna ungu/hitam pada air (Yudo, 2006).

2.5 Sistem Informasi Geografis

SIG (Sistem Informasi Geografis) merupakan sistem komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, memeriksa, mengintegrasikan, dan menganalisa informasi-informasi yang berhubungan dengan permukaan bumi. Pada dasarnya, istilah sistem informasi geografi merupakan gabungan dari tiga unsur pokok yaitu sistem, informasi, dan geografi. Istilah “geografis” merupakan bagian dari spasial (keruangan) dan mengandung pengertian suatu persoalan mengenai bumi: permukaan dua atau tiga dimensi. Sehingga, istilah “informasi geografis” mengandung pengertian informasi mengenai tempat-tempat yang terletak di permukaan bumi, pengetahuan mengenai lokasi suatu objek di permukaan bumi, dan informasi mengenai keterangan-keterangan (atribut) yang terdapat di permukaan bumi yang posisinya diberikan atau diketahui (Prahasta, 2005).

Komponen SIG terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data dan informasi geografi, serta manajemen. Data yang digunakan meliputi data spasial dan data non-spasial. Data non Spasial / data atribut adalah data yang menyimpan atribut dari kenampakan-kenampakan permukaan bumi. Sedangkan data spasial, adalah data yang menyimpan kenampakan-kenampakan permukaan bumi, seperti jalan, sungai, dan lain-lain. Model data spasial dibedakan menjadi dua yaitu model data vektor dan model data raster. Data vektor berbentuk simbol-simbol sedangkan data raster berbentuk pixel (Yakub, 2012).

SIG akan memudahkan seseorang dalam melihat fenomena kebumihan dengan perspektif yang lebih baik. SIG mampu mengakomodasi penyimpanan, pemrosesan, dan penayangan data spasial digital bahkan integrasi data yang beragam, mulai dari citra satelit, foto udara, peta bahkan data statistik. Dengan tersedianya komputer dengan kecepatan dan kapasitas ruang penyimpanan besar seperti saat ini, SIG akan mampu memproses data dengan cepat dan akurat dan menampilkannya. SIG juga

mengakomodasi dinamika data, pemutakhiran data yang akan menjadi lebih mudah (Yakub, 2012).

2.6 Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan penelitian Heikens *et al.*, (2005) disimpulkan bahwa asupan rata-rata elemen dalam Asembagus tidak seimbang dan defisiensi Fe mungkin merupakan masalah kesehatan yang paling serius. Efek toksik tidak dapat sepenuhnya dikecualikan mengingat efek defisiensi elemen-elemen penting seperti Ca, Fe dan Zn pada penyerapan dan retensi yang lain seperti Cd dan Mn. Oleh karena itu, meningkatkan status gizi di Asembagus (khususnya suplementasi Fe) layak untuk mendapatkan prioritas pertama dalam meningkatkan status kesehatan dan mengurangi risiko efek racun dari unsur-unsur lain.

Sedangkan menurut Lohr *et al.*, (2005) Danau Kawah Ijen, sebagai sumber polusi logam alami Sungai Banyupahit, memiliki konsentrasi logam yang sangat tinggi dan melebihi baku mutu, terutama besi (Fe) dan aluminium (Al). Air sungai yang digunakan di daerah irigasi Asembagus, 25 km ke hilir, melebihi baku mutu kualitas untuk air irigasi. Petani lokal dan otoritas irigasi melaporkan hilangnya hasil panen dalam beberapa tahun terakhir. Kerugian ini dapat dikaitkan dengan peningkatan keasaman air irigasi, yang terkait dengan total curah hujan di dataran tinggi Ijen yang secara signifikan lebih rendah selama sepuluh tahun terakhir.

Chen (2016), menyebutkan bahwa aktivitas manusia seperti pertambangan, penimbunan sampah, agrikultur, effluent saluran pembuangan, industri, dan aktivitas kompleks lainnya secara signifikan hanya mempengaruhi besar kandungan logam Cu dan Mn, tidak untuk logam Zn, Fe, Pb, dan Cd. Temperatur rata-rata hanya mempengaruhi secara signifikan logam Cu dan Pb, sedangkan presipitasi hanya mempengaruhi secara signifikan logam Fe, Cu, dan Mn. Sehingga dampak dari aktivitas manusia dan iklim pada persebaran logam berat di airtanah adalah bias.

Untuk menghilangkan atau mengeluarkan logam berat di dalam air, dapat dilakukan dengan beberapa metode. Said (2010), mengatakan proses pengolahan dapat dilakukan dengan oksidasi kimia, proses pertukaran ion, proses adsorpsi, proses elektrokimia, proses *reverse osmosis* serta alternatif lain dengan metoda

biosorpsi. Pemilihan suatu metoda penghilangan logam berat bergantung pada kondisi pencemarnya, seperti besar konsentrasi logam berat, jenis logam berat, ketersediaan lahan, serta debit air limbah yang akan diolah dan parameter lainnya. Pada pengolahan air limbah yang mengandung beberapa jenis logam berat, untuk mendapatkan air olahan dengan kualitas yang diharapkan kemungkinan tidak dapat dilakukan dengan hanya menggunakan satu proses tertentu, dan hal tersebut harus dilakukan dengan kombinasi beberapa proses.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”