

BAB 3

SUMBERDAYA GEOLOGI

3.1 Pendahuluan

Sumberdaya alam adalah semua sumberdaya, baik yang bersifat terbarukan (*renewable resources*) maupun sumberdaya tidak terbarukan (*non-renewable resources*). Adapun sumberdaya yang dibahas pada bab ini terbatas pada sumberdaya alam yang bersifat tidak terbarukan yang berasal dan diambil dari dalam atau dekat permukaan bumi. Sumberdaya yang tidak terbarukan dalam ilmu geologi disebut sebagai sumberdaya geologi, sedangkan pembahasan difokuskan hanya pada sumberdaya air, sumberdaya mineral, sumberdaya energi, dan sumberdaya lahan. Dasar pertimbangan mengapa hanya sumberdaya tersebut yang dibahas adalah karena keempat sumberdaya tersebut diatas merupakan sumberdaya yang sangat diperlukan dan menjadi faktor penentu dalam konteks ilmu perencanaan wilayah.

Sebagaimana telah diuraikan di atas bahwa sumberdaya geologi adalah sumberdaya yang tidak terbarukan sehingga pemanfaatannya harus dilakukan secara hati-hati sesuai dengan kebutuhan serta tidak berlebihan. Keterdapatan dan ketersediaan sumberdaya geologi sangat dipengaruhi oleh kondisi geologi setempat sehingga sebarannya di bumi tidak merata. Beberapa tempat di bumi diketahui memiliki sumberdaya mineral yang sangat berlimpah dan di tempat lainnya bahkan tidak memiliki sama sekali. Dewasa ini sumberdaya geologi merupakan barang komoditi yang sangat tinggi nilainya mengingat permintaan yang cenderung naik

sedangkan ketersediaan semakin terbatas dan untuk menemukan sumberdaya geologi semakin sulit dan mahal.

3.2 Sumberdaya Air

Air merupakan salah satu sumberdaya geologi yang sangat penting, tidak saja diperlukan oleh semua makhluk hidup, tetapi juga diperlukan bagi proses-proses geologi. Air disamping sebagai agen/media yang mempunyai sifat-sifat kimiawi yang unik sangat diperlukan terutama sebagai media dalam proses-proses geologi seperti proses pelapukan, erosi, transportasi, dan pengendapan material bumi.

Aktivitas air di permukaan bumi, batuan, tanah, udara, dan lautan mempunyai arti penting dan secara berkelanjutan akan berdampak terhadap aktivitas manusia. Adapun pemanfaatan sumberdaya air oleh manusia antara lain untuk air minum, irigasi, pembangkit tenaga listrik, proses pendinginan pada industri dan pembangkit tenaga serta untuk sarana olahraga dan rekreasi.

3.2.1 Distribusi Air

Air yang ada di bumi terdapat pada suatu lapisan yang disebut dengan lapisan hidrosfer. Air yang ada di hidrosfer tersebar di lautan, atmosfer, tanah, bawah tanah, danau, sungai, dan gunung es di kutub bumi.

Pada table 3.1 terlihat distribusi air di bumi dengan konsentrasi terbesar berada di lautan, yaitu mencapai 97,2 % dan sisanya sebesar 2,8 % merupakan air yang berada di lapisan hidrosfer sebagai air segar (*fresh-water*) tersebar di atmosfer, kutub-kutub bumi sebagai gunung-gunung es dan di daratan baik yang ada di permukaan maupun bawah permukaan bumi.

Untuk dapat memanfaatkan sumberdaya air yang berada di permukaan bumi diperlukan biaya yang cukup tinggi dan air yang berada di bawah permukaan perlu dilakukan pemboran.

3.2.2 Siklus Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air mulai saat jatuh di daratan sampai masuk kelautan dan kembali ke atmosfer. Hidrologi melibatkan air permukaan dan air bawah permukaan. Untuk memahami sifat-sifat/karakteristik air di daratan maka diperlukan pemahaman mengenai siklus hidrologi.

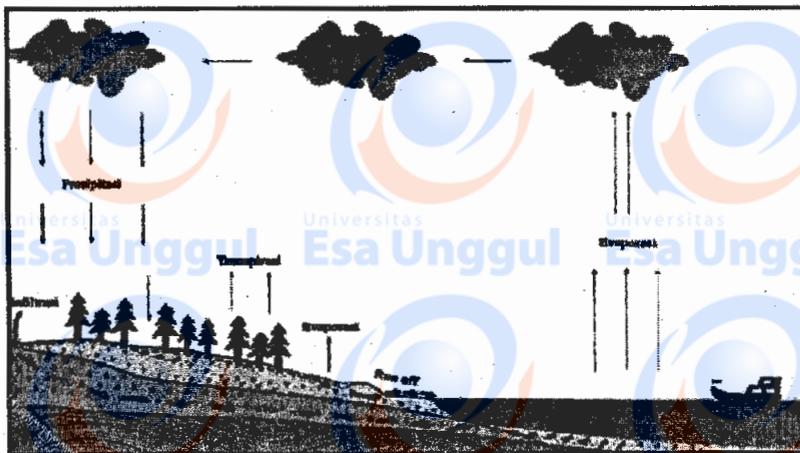
Air yang terdapat di bumi berada dalam suatu lapisan hidrosfer dan seluruh air yang terdapat di lapisan hidrosfer ini akan mengikuti siklus hidrologi, yaitu suatu sirkulasi yang sangat kompleks dari air diantara lautan, atmosfer, dan daratan. Dalam hal ini air yang berada di lautan dapat disebut sebagai reservoir, dan oleh energi radiasi matahari, air di lautan maupun daratan akan mengalami penguapan (*evaporasi*) masuk kedalam atmosfer. Sebagaimana diketahui bahwa penguapan air sangat ditentukan oleh temperatur udara dan temperatur permukaan air laut serta kecepatan angin. Uap air yang masuk ke atmosfer/udara kemudian akan di alirkan oleh masa udara ke seluruh bagian dari bola bumi. Penyebaran uap air keseluruh bola bumi tidak merata, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain: ukuran dan penyebaran daratan serta badan air, topografi, elevasi, serta posisi geografis (lintang-bujur), lihat tabel 3.1.

Apabila air yang ada di atmosfer mengalami presipitasi maka uap air akan berubah menjadi partikel-partikel air yang pada gilirannya jatuh kembali ke bumi sebagai air hujan atau sebagai salju. Air yang turun di daratan akan berinteraksi dengan material kulit bumi dan dapat terjadi beberapa kemungkinan antara lain infiltrasi masuk kedalam tanah (pori-pori tanah), pori-pori batuan sebagai air tanah dangkal dan air tanah dalam (*shallow water and deep water*), mengalir di permukaan tanah sebagai air permukaan (*surface runoff /run off water*), masuk ke dalam saluran-saluran sungai dan pada akhirnya mengalir masuk kembali ke laut. Sebagian air yang jatuh di daratan yang bervegetasi, maka air akan ditahan oleh akar-akar tanaman dan air yang jatuh dan berada di dedaunan pohon sebagian akan mengalami evapotranspirasi

(evaporasi dan transpirasi). Gambar 3.1 mengilustrasikan sirkulasi air (siklus hidrologi) mulai dari lautan, masuk ke atmosfer dan jatuh di daratan dan kemudian kembali lagi kelaut.

Tabel 3.1 Penyebaran Air di Bumi.

Sebaran air di Bumi	Meter Kubik (m ³)	Persentase (%)
Air Permukaan:		
• Danau	48,300 x10 ⁶	0.009
• Saline lakes dan inlandseas	40,250 x10 ⁶	0.008
• Sungai	0,483 x10 ⁶	0.0001
Air Bawah Tanah:		
• Soil Moisture	25,76 x 10 ⁶	0.005
• Air Tanah Dangkal	1.610 x 10 ⁶	0.310
• Air Tanah Dalam	1.610 x 10 ⁶	0.310
Total Air di Daratan	4.234,3 x 10⁶	0.635
Kutub / Gunung Es	11.270 x 10⁶	2.150
Atmosfer	4,991 x 10⁶	0.001
Lautan	510.370 x10⁶	97.200



Gambar 3.1 Siklus Hidrologi.

3.2.3 Permasalahan Hidrologi dan Pengendaliannya

Permasalahan air sebetulnya sudah ada sejak lama, namun intensitas dan frekwensinya semakin besar, meningkat dari waktu ke waktu dengan bertambahnya jumlah penduduk, perluasan kawasan pemukiman, pembukaan lahan-lahan baru, pengembangan kawasan industri, pengembangan budidaya pantai, pengembangan berbagai bentuk rekayasa baik di kawasan pantai maupun jauh di pedalaman atau pegunungan.

Dari kegiatan tersebut di atas timbul berbagai masalah antara lain saat ini air tidak lagi menjadi barang atau suatu zat yang mudah di dapat di mana-mana; air tidak lagi selalu mempunyai konotasi yang kurang baik seperti banjir, penyebab tanah longsor erosi tanah dll. Oleh karena itu permasalahan-permasalahan yang berkaitan dengan air adalah:

1. Pasokan Air (*Water Supply*)
2. Air Permukaan (*Surface Water*)
3. Air Bawah Tanah (*Ground Water*)
4. Banjir (*Flooding*)
5. Erosi Tanah (*Soil Erosion*)
6. Amblesan (*Subsidence*)
7. Sedimentasi (*Sedimentation*)
8. Kualitas Air (*Water Quality*)

Kedelapan permasalahan tersebut di atas harus menjadi perhatian dan pertimbangan di dalam perencanaan lingkungan.

1. Pasokan Air

Indonesia adalah negara yang berada di sepanjang garis khatulistiwa dengan kondisi iklim tropis boleh disebut sebagai negara yang kaya akan sumberdaya air. Pulau Jawa merupakan wilayah dengan penduduk terpadat dan secara hidrologi dapat dibagi menjadi 2 (dua) wilayah hidrologi, yaitu wilayah hidrologi Pantai Utara dan wilayah hidrologi Pantai Selatan. Adapun garis batas pemisah

kedua wilayah hidrologi ini berada di tengah pulau Jawa, membentang dari barat ke timur yang merupakan puncak-puncak gunung api yang tersebar di tengah pulau Jawa. Seperti yang telah disebutkan di atas, bahwa Indonesia mempunyai sumberdaya air yang melimpah, tetapi pengelolaan dan pendistribusiannya masih kurang baik dan sering menimbulkan permasalahan. Seringkali rencana pengembangan suatu wilayah tidak memperhitungkan pasokan air, seperti misalnya banyak kota metropolitan di dunia, kebutuhan air (supply air) tidak mencukupi bagi pengembangan atau pertumbuhan kota. Variable potensi sumberdaya air di suatu wilayah/daerah ditentukan oleh hubungan yang kompleks antara ketersediaan air dan data potensi air yang ada. Permasalahannya adalah dalam penentuan potensi air yang tersedia di suatu wilayah didasarkan atas perhitungan antara *input* dan *output*-nya, namun harus di perhatikan juga mengenai perubahan yang telah terjadi di wilayah tersebut, misalnya perubahan tataguna lahan yang asalnya hutan telah berubah menjadi sawah atau pemukiman, hal ini tentunya akan mempengaruhi jumlah potensi air yang tersedia di wilayah tersebut.

Neraca Air atau Cadangan air adalah perhitungan jumlah air yang terdapat di suatu wilayah tangkapan air (*catchment area*). Perhitungan cadangan air yang ada didalam suatu tahapan siklus hidrologi bersifat kualitatif, sedangkan perhitungan neraca air lebih bersifat kuantitatif. Pada siklus hidrologi, input air berasal dari presipitasi (berupa curah hujan, salju, dan embun). Hasil presipitasi disebarkan kepermukaan bumi sebagai *surface runoff*, *evaporasi*, *infiltrasi* pada zona tidak jenuh air, perubahan *reservoir*, dan perkolasi pada zona jenuh air. Rumus neraca air suatu *catchment area* dinyatakan dalam rumusan sebagai berikut:

$$P = R + E \pm S \pm G$$

Dimana : P = Presipitasi (mm/hari) ; R = Aliran *Runoff*
 E = Evaporasi ; S = Perubahan kondisi soil moisture
 G = Perubahan kondisi air bawah tanah

Rumus di atas berlaku dengan asumsi bahwa tidak ada aliran air yang melewati batas catchment area. Namun kondisi tersebut pada kenyataannya tidak mungkin diverifikasi karena aliran air yang ada dalam subsoil di batas catchment area tidak bernilai nol.

2. Air Permukaan

Air permukaan atau yang biasa dikenal dengan *surface runoff* adalah air yang mengalir di permukaan bumi (daratan). Air permukaan pada dasarnya sangat dipengaruhi oleh presipitasi tahunan (curah hujan tahunan), intensitas curah hujan (dihitung dalam volume per-satuan waktu), kecepatan evapotranspirasi, kedalaman muka air tanah (*water table*), permeabilitas tanah/batuan, tutupan lahan, kecuraman lereng, karakteristik sungai, dan aktivitas dari manusia.

1. Distribusi curah hujan, intensitas, dan periode atau lamanya hujan mungkin lebih penting dibandingkan dengan rata-rata curah hujan tahunan. Apabila suatu curah hujan sebesar 100 cm terdistribusi secara merata sepanjang tahun, maka dampak yang ditimbulkan terhadap banjir dan erosi akan lebih kecil bila dibandingkan dengan curah hujan yang sama yang terjadi dalam waktu singkat dan dengan intensitas curah hujan yang tinggi. Dengan demikian lamanya hujan dan intensitas curah hujan sangat penting di dalam terjadinya banjir ataupun erosi.
2. Tutupan lahan (*landcover*) seperti vegetasi berpengaruh pada jumlah *surface runoff* yang terjadi dipermukaan bumi. Kedalaman muka air tanah juga berdampak terhadap jumlah *surface runoff* yang mengalir dipermukaan tanah, apabila muka air tanah di suatu wilayah sangat dangkal, maka jumlah air permukaan (*surface runoff*) akan lebih besar dibandingkan dengan wilayah yang mempunyai muka air tanahnya dalam.
3. Permeabilitas tanah/batuan juga mempengaruhi jumlah air permukaan, apabila disuatu wilayah kondisi tanah/batunya sangat permeabel, maka volume air yang masuk kedalam tanah/batuan (*infiltrasi*) akan semakin besar dan air permukaan menjadi kecil, sebaliknya apabila permeabilitas batuan/

tanahnya sangat kecil (*impermeable*), maka volume air yang masuk juga sedikit dan hal ini berdampak kepada jumlah air permukaan yang mengalir di permukaan tanah semakin besar.

4. Kecuraman lereng juga mempengaruhi banyaknya *surface runoff*, hal ini dapat dijelaskan bahwa apabila suatu wilayah yang mempunyai kelerengan yang sangat curam, maka air akan mengalir dengan kecepatan tinggi sehingga air tidak mempunyai kesempatan untuk masuk (infiltrasi) kedalam tanah/batuan.
5. Karakteristik pola aliran sungai, apakah aliran sungainya lurus, berkelok-kelok (*meandering*), teranyam (*braided*), lebar, sempit, dangkal, atau dalam akan mempengaruhi/mengendalikan kecepatan aliran air.
6. Aktivitas manusia juga mempunyai kontribusi terhadap adanya *surface runoff* seperti pengrusakan hutan atau pengrusakan wilayah tangkapan hujan, perubahan tataguna lahan, pengaspalan, betonisasi suatu wilayah yang menghalangi terjadinya infiltrasi air ke tanah/batuan.

Volume air permukaan secara langsung dapat dihitung dengan cara menjumlahkan total curah hujan dikurangi dengan evapotranspirasi dan infiltrasi air yang masuk ke dalam tanah/batuan. Sedangkan curah hujan dapat dihitung dengan menjumlahkan volume air hujan atau salju yang turun kepermukaan bumi dengan volume air permukaan (*surface runoff*). Hasil pengurangan antara volume curah hujan dan volume air sungai adalah sebagai evapotranspirasi dan infiltrasi. Perbedaan antara 2 pengukuran akan mendekati evapotranspirasi dan infiltrasi.

Penanggulangan *surface runoff* antara lain dengan cara:

1. Melaksanakan reboisasi dengan cara menanam tumbuhan guna mencegah atau menahan *surface runoff*.
2. Membuat bendungan/dam yang berguna untuk penyediaan pasokan air bagi industri atau rumah tangga, pengendalian banjir, pembangkit tenaga listrik, irigasi, dan recharge air bawah tanah. Dampak negatif dari adanya bendungan, reservoir, dan danau adalah terjadinya akumulasi sediment yang

dibawa oleh aliran sungai yang menuju kearah bendungan, reservoir atau danau. Material-material yang sangat halus yang dibawa ke dalam reservoir akan di endapkan didalam reservoir, sedangkan yang lebih kasar akan diendapkan di mulut sungai yang masuk ke reservoir.

3. Pengelolaan hutan dan pertanian yang benar untuk mencegah *runoff* dan erosi. Penebangan hutan yang tidak terencana (*tebang habis*) akan memicu terjadinya banjir, sedangkan *tebang pilih* akan mengurangi/mencegah erosi dan banjir. Dalam pengelolaan pertanian, perlu dicegah terjadinya erosi tanah akibat pembukaan lahan yang tidak benar dan dalam pengelolaan paska panen.

3. Air Bawah Tanah

Akumulasi air bawah tanah akibat infiltrasi dari air hujan, air sungai, air danau, dan air reservoir. Pada kedalaman tertentu dari bagian bawah tanah berada dalam kondisi jenuh air (*saturated*) dan bagian yang jenuh air ini di setiap tempat di bawah permukaan bumi ternyata tidak sama, hal ini sangat tergantung kepada iklim dan jenis material tanah yang ada di daerah tersebut. Air yang berada pada zona *saturated* tersebut dikenal sebagai air bawah tanah. Yang menjadi permasalahan pada air bawah tanah adalah berapa jumlah volume air bawah tanah secara pasti/significant. Untuk menjawab pertanyaan tersebut di atas, maka diperlukan suatu kajian yang sangat teliti dan komprehensif, mengingat sifat air yang sangat dinamik. Sebagai gambaran mengenai jumlah volume air bawah tanah yang ada di Amerika Serikat yaitu bahwa air bawah tanah yang berada di 48 negara bagian ternyata jumlahnya 7 kali lipat lebih besar dibandingkan dengan keseluruhan jumlah air permukaan (*surface runoff*). Volume total air bawah tanah yang ada di Amerika diperkirakan sebesar 125 000 km³ atau (30 000 mile³), dan milyaran gallon air bawah tanah dikonsumsi setiap harinya, 80% diantaranya dipasok untuk kebutuhan pemukiman, 25% untuk kebutuhan perkotaan, 7% untuk kebutuhan industri, dan 25% air bawah tanah digunakan sebagai pasokan air irigasi.

Air bawah tanah juga sangat penting sebagai pemasok sumberdaya air apabila pasokan air permukaan tidak mencukupi. Sebagai ilustrasi bahwa kota Miami di Florida, Amerika Serikat sangat tergantung kepada air bawah tanah, khususnya air bawah tanah yang berasal dari akuifer dalam (*deep aquifer*). Permasalahan yang timbul akibat eksploitasi air bawah tanah yang berlebihan adalah penurunan muka air tanah dan intrusi air laut.

Penanggulangan pengambilan air bawah tanah yang berlebihan dapat dilakukan dengan cara antara lain:

1. Melakukan konservasi air bawah tanah yaitu dengan menjaga agar infiltrasi air permukaan dan retardasi *surface runoff* tidak mengganggu.
2. Eksploitasi air bawah tanah tidak melebihi *recharge*.
3. Konservasi air bawah tanah juga harus melibatkan pengendalian tanaman /vegetasi, karena tanaman/vegetasi dapat menahan *surface runoff* sehingga memungkinkan air berinfiltrasi ke dalam bumi. Dalam konteks Daerah Aliran Sungai (DAS) atau *Catchment Area*, perlu dijaga agar supaya daerah resapan tidak rusak akibat perubahan tata guna lahan.

4. Banjir

Di Indonesia kita sering menyaksikan melalui media elektronik maupun surat kabar tentang bencana banjir dan tanah longsor yang menimpa pemukiman penduduk dan menimbulkan kerusakan dan kerugian material maupun korban jiwa manusia. Hal ini tidaklah mengherankan karena sebagian besar pemukiman yang ada di Indonesia kebanyakan dibangun di wilayah dataran banjir (*flood-plain area*) dan di lereng-lereng perbukitan. Pembangunan dan pengembangan wilayah pemukiman baru di pulau Jawa bagian Utara, mulai dari kota kota seperti Serang, Tangerang, Jakarta, Bekasi, Cikarang, Cikampek, Cirebon, Pematang, Pekalongan, Semarang, hingga Surabaya semuanya berada di wilayah dataran pantai dan dataran banjir.

Di Wilayah DKI - Jakarta, sekitar 79% dari komunitas manusia tinggal di wilayah wilayah yang berpotensi terkena banjir. Berdasarkan data dari Badan Penanggulangan Banjir DKI diperkirakan bahwa kerusakan akibat bencana banjir semakin meningkat dari tahun ke tahun, mengingat sistem pengelolaan dan drainase yang ada sudah tidak mampu lagi menampung surface run off yang ada terutama pada saat musim penghujan tiba. Banjir adalah suatu peristiwa alamiah yang disebabkan oleh meluapnya air ke luar alur sungai karena volume air yang melebihi kapasitas saluran sungai yang tersedia. Wilayah luapan air sungai disebut sebagai *flood-plain area*. Bencana banjir baru akan timbul apabila di wilayah tersebut terdapat areal pemukiman yang dihuni oleh manusia sehingga luapan air yang menggenangi wilayah tersebut berdampak kepada kerugian dan kerusakan harta benda dan jiwa manusia. Peran dan kontribusi manusia terhadap terjadinya bencana banjir sangatlah besar, hal ini dapat kita lihat dari berbagai kasus bencana banjir yang melanda diberbagai kota di Indonesia. Sebagai contoh kota Jakarta yang merupakan ibukota negara setiap tahun menjadi langganan banjir. Adapun faktor faktor yang menjadi penyebab banjir di wilayah Jakarta antara lain adalah:

1. Pembangunan dan perluasan pemukiman yang tidak mengikuti peta arahan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW),
2. Luas lahan yang terbatas serta daya dukung lahan yang sudah melebihi kapasitasnya,
3. Berkurangnya daerah resapan air sebagai akibat pembangunan pemukiman,
4. Meningkatnya *surface runoff* yang disebabkan perubahan tutupan lahan,
5. Sistem drainase yang kurang baik
6. Sistem Pengelolaan Daerah Aliran Sungai yang tidak terintegrasi serta degradasi lingkungan di wilayah DAS akibat perubahan tataguna lahan dan tutupan lahan.

Usaha untuk mengurangi bencana banjir dapat dilakukan antara lain dengan cara antara lain:

1. Melakukan reboisasi di daerah tangkapan hujan.

2. Membuat sumur-sumur resapan air.
3. Mengurangi *surface runoff* dengan pembuatan drainase yang baik.
4. Pembuatan check-dam untuk pengendalian banjir.
5. Memodifikasi saluran sungai dan drainase.
6. Membersihkan saluran sungai dan pengelolaan DAS secara terintegrasi dan komprehensif.

5. Erosi Tanah

Tanah adalah bahan rombakan yang berasal dari proses pelapukan batuan, dengan demikian mineral-mineral yang dikandung oleh tanah sangat ditentukan oleh batuan asalnya. Suatu tanaman dapat hidup dengan subur apabila jenis tanahnya mengandung mineral-mineral yang sesuai dengan kebutuhan tanaman tersebut. Berbagai jenis tanaman dapat tumbuh subur apabila ditanam di tempat tempat dimana jenis tanahnya mempunyai kandungan mineral-mineral yang dibutuhkan oleh tanaman tersebut.

Permasalahan yang sangat vital pada tanah adalah erosi tanah, terutama bagi para petani. Erosi tanah dapat menyebabkan tanah yang tadinya sangat subur berubah menjadi tidak subur dikarenakan mineral-mineral yang dikandung tanah tersebut telah ter-erosi, dimana unsur-unsur hara yang di butuhkan oleh tanaman telah hilang. Oleh karena itu permasalahan erosi tanah menjadi perhatian utama bagi para petani, terutama lapisan-lapisan tanah yang berada di tempat tempat yang berlereng dan di tempat tempat yang terbuka tanpa ada vegetasi.

Kebanyakan erosi tanah terjadi karena tidak terkendalinya *surface runoff*. Di tempat-tempat yang lapisan tanahnya tertutup vegetasi umumnya *surface runoff* dapat dicegah, sedangkan di tempat tempat yang berlereng dan tidak bervegetasi, erosi tanah sangat tinggi. *Sheet erosion*, *rill erosion*, dan *gully erosion* adalah jenis-jenis erosi yang perlu dikendalikan agar erosi tanah dapat diminimalkan.

Berikut ini beberapa cara penanggulangan erosi tanah yang harus dilakukan untuk mengurangi proses erosi:

1. Penyiapan lahan, penanaman, penyiangan, dan panen harus dilakukan mengikuti garis kontur.
2. Meminimalkan kemiringan lereng. Pada saat penyiapan lahan dan penanaman harus dilaksanakan secara bersamaan untuk mencegah bila hujan datang pada tahapan ini tanah tidak tererosi.
3. Pembuatan terasering, berfungsi untuk mengurangi kecepatan aliran air *runoff* dan memperlambat erosi tanah.
4. Pembuatan *checkdam* pada saluran drainase untuk mencegah aliran air *runoff* yang berasal dari arus turbit.
5. Penanaman pohon dan semak untuk mencegah erosi dan dapat berfungsi sebagai pagar untuk mencegah erosi tanah.

6. Amblesan

Amblesan tanah adalah penurunan permukaan tanah yang diakibatkan oleh pelarutan batuan yang berada dibawah tanah oleh air yang ada di dalam tanah atau kosongnya rongga pori batuan yang disebabkan oleh pengambilan air tanah yang berlebihan. Kasus amblesan tanah atau penurunan permukaan tanah dapat kita lihat di wilayah-wilayah dimana pengambilan air tanah tidak seimbang dengan pengisian kembali air (*recharge water*) ke dalam tanah, sehingga terjadi kekosongan air tanah yang ada di dalam pori batuan akan berakibat pada penurunan permukaan tanah/ambles. Kota Bangkok dan Jakarta adalah contoh kota yang mengalami penurunan permukaan tanah (*subsidence*) yang disebabkan oleh eksploitasi air tanah yang berlebihan. Sedangkan kasus amblesan yang disebabkan oleh pelarutan batugamping oleh air tanah umumnya terjadi di daerah daerah dimana batuan dasarnya tersusun dari batu gamping.

7. Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pengendapan dari material rombakan batuan atau tanah melalui media air, angin atau es/gletser. Proses sedimentasi dapat membawa kerugian bagi manusia, terutama proses sedimentasi yang terjadi di dalam waduk, dimana

material bahan rombakan batuan dan tanah yang diangkut oleh air sungai yang masuk kedalam waduk suatu bendungan dan pada akhirnya waduk akan dipenuhi dengan material sedimen. Apabila hal ini terjadi, maka usia bendungan menjadi berkurang. Untuk mencegah dan memperlambat proses sedimentasi yang terjadi di dalam waduk, harus dilakukan usaha usaha sebagai berikut:

1. Melaksanakan reboisasi dan konservasi di wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) untuk mengurangi erosi dan bahan rombakan yang akan terangkut oleh air sungai ke dalam waduk.
2. Melakukan pengerukan secara teratur pada sungai sungai yang bermuara kedalam waduk.

8. Kualitas Air

Berdasarkan kegunaannya, air dapat dimanfaatkan untuk irigasi, transportasi, pembangkit energi listrik, pariwisata, dan untuk air minum. Sebagaimana kita ketahui bahwa sumberdaya air diperoleh dengan cara menampung air hujan, mengambil dari mata air, sungai, danau, atau berasal dari dalam tanah yang berupa air tanah dangkal maupun air tanah dalam (*artesis*).

Pemanfaatan air bagi kebutuhan air minum sudah barang tentu harus memenuhi standar kualitas kesehatan. Sumberdaya air baru dapat dikatakan layak minum apabila unsur-unsur yang dikandungnya sudah memenuhi standar baku mutu air layak minum yang bebas dari mineral-mineral yang membahayakan bagi kesehatan manusia. Disamping itu hal yang perlu diketahui adalah dari mana sumber air itu berasal, apakah air tersebut telah tercemar atau terkontaminasi oleh unsur-unsur logam berat atau tidak? Sumberdaya air, baik yang berasal dari daratan (sungai, mata air, danau) maupun bawah tanah (air artesis) tidaklah otomatis dapat diminum langsung tanpa dilakukan analisa unsur.

Pencemaran dapat terjadi ketika badan air mengalir melalui pori-pori batuan dibawah tanah maupun yang mengalir dipermukaan tanah, hal ini disebabkan karena sifat dan karakteristik air yang mudah melarutkan unsur unsur kimia tertentu maupun lo-

gam-logam berat lainnya. Mineral-mineral yang terkandung di dalam batuan merupakan faktor dominan sebagai sumber yang memberikan pencemaran pada badan air yang mengalir di daratan. Disamping itu pembuangan limbah ke dalam sungai maupun tanah yang berasal dari limbah industri dan pertambangan serta limbah pertanian, rumah tangga dan limbah lainnya dapat menyebabkan baku mutu air menjadi turun kualitasnya.

Masalah yang berhubungan dengan air adalah masalah-masalah yang berkaitan dengan pemanfaatan air bagi keperluan tertentu. Sebagaimana diketahui bahwa sumberdaya air dapat dijumpai di permukaan tanah, seperti sungai, danau, rawa, udara dan lautan serta yang berada di bawah permukaan tanah, seperti air tanah dangkal (*shallow groundwater*) dan air tanah dalam (*deep groundwater*).

Berikut ini adalah hal hal yang harus dipertimbangkan dalam pemanfaatan sumberdaya air, yaitu:

- 1) Cara pengambilan sampel air untuk air minum
- 2) Air permukaan untuk air minum
- 3) Kualitas air untuk air minum
- 4) Kualitas air untuk mendukung sektor perikanan
- 5) Air payau
- 6) Air pencucian
- 7) Kandungan bahan berbahaya dalam air
- 8) Air tanah
- 9) Limbah air buangan
- 10) Kandungan nitrat yang berasal dari pertanian

Standar kualitas air merupakan hal yang sangat penting, terutama ditinjau dari kebutuhan dan peruntukannya. Standar kualitas air ditentukan berdasarkan kandungan:

- 1) Potable water terdiri dari:
 - a) Parameter *organoleptic* (warna, kekeruhan, odour dan rasa)
 - b) Parameter *physicochemical* (temperatur, pH, konduktivitas, Ca, Mg, K, Na).

- c) Parameter yang berkaitan dengan bahan yang jumlahnya tidak terduga: nitrat, nitrit, amonium, HCs, phenol, organochlorines, dll.)
 - d) Parameter kandungan toxic (pestisida, PAH, logam-logam berat).
 - e) Parameter mikrobiologi (total coliform dan faecal streptococci)
 - f) Kebutuhan minimal untuk *softened water* (total hardness dan alkalinitas).
- 2) Sumber bahan air yang berasal dari air tawar termasuk air bawah tanah
 - 3) Air untuk habitat ikan dan pencucian
 - 4) Air buangan yang berasal dari perkotaan dan industri

3.3 Sumberdaya Mineral

Untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, manusia yang ada di planet bumi ini sangat tergantung kepada material-material yang berasal dari bumi, seperti kebutuhan untuk transportasi, perumahan, peralatan listrik, computer, rumah tangga, dll, dan seluruh produk industri (manufaktur) terbuat dari material yang berasal dari mineral-mineral yang ada di bumi. Permintaan pasokan sumberdaya mineral dalam jumlah besar seringkali tidak dapat terpenuhi karena keterbatasan persediaan sumberdaya mineral. Sumberdaya mineral adalah sumberdaya yang diperoleh dari hasil ekstraksi batuan atau pelapukan batuan (tanah). Berdasarkan jenisnya sumberdaya mineral dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu: (1). Sumberdaya mineral logam dan (2). Sumberdaya mineral non-logam. Tembaga, besi, nikel, emas, perak, timah adalah beberapa contoh dari material yang berasal dari mineral logam, sedangkan kuarsa (silika), muskovit (mika), batu pasir, bentonit, lempung adalah beberapa contoh material yang berasal dari mineral non-logam. Sumberdaya mineral telah dimanfaatkan oleh manusia sejak manusia pertama kali menemukan bahan galian berupa bijih tembaga dan bijih besi. Pemanfaatan bahan galian ini pada awalnya digunakan untuk keperluan alat rumah tangga atau alat untuk memper-

tahankan diri dan berburu, seperti pedang, tombak, panah, dan sebagainya. Kemudian pada zaman revolusi industri, kebutuhan bahan galian mineral semakin meningkat karena manfaat dari berbagai jenis mineral tersebut, misalnya untuk keperluan membuat mesin-mesin industri, alat transportasi, alat komunikasi, dan alat-alat rumah tangga.

3.3.1 Ganesa Mineral

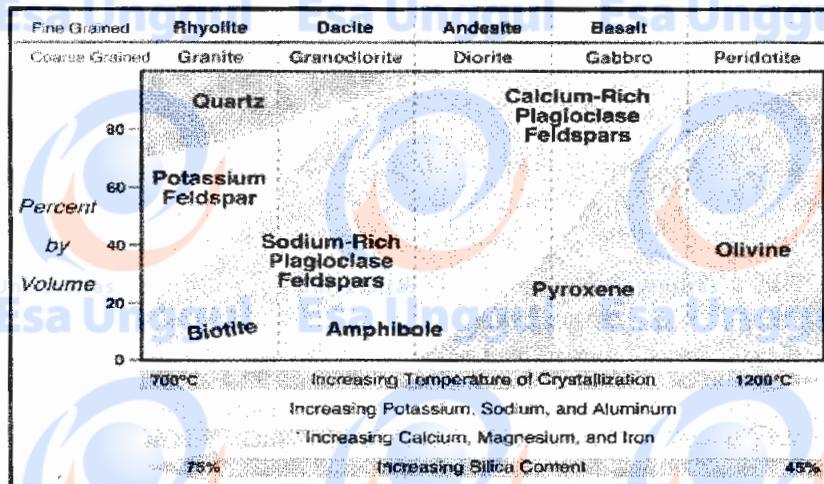
Pada dasarnya bahan galian mineral logam berasal dari berbagai jenis batuan dan secara petrologi, batuan yang terdapat di alam ini dapat di kelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu batuan beku, batuan sedimen dan batuan malihan (*metamorf*). Yang perlu diketahui adalah penyebaran berbagai jenis batuan dimuka bumi ini tidak merata, sehingga keterdapatannya dan penyebaran sumberdaya mineral (bahan galian) juga ditentukan oleh penyebaran batuan.

1. Batuan Beku

Batuan beku adalah batuan yang terbentuk akibat pembekuan magma. Magma sendiri terdiri dari larutan silikat pijar yang bertemperatur sangat tinggi dan secara petrologi larutan magma terdiri dari campuran berbagai jenis unsur kimia yang sangat kompleks dan apabila membeku akan membentuk batuan beku. Berdasarkan komposisi magmanya, batuan beku dapat dikelompokkan menjadi 4 kelompok, yaitu: (1). Batuan beku ultrabasa; (2). Batuan beku basa; (3). Batuan beku intermediate; (4). Batuan beku asam.

Kelompok batuan tersebut di atas umumnya tersusun dari berbagai jenis mineral, sedangkan mineral itu sendiri tersusun dari berbagai jenis unsur kimia. Dengan demikian untuk mendapatkan berbagai jenis mineral logam maka diperlukan pengetahuan mengenai batuan (*petrologi*). Setiap jenis batuan mengandung mineral-mineral tertentu; oleh karena itu untuk mendapatkan mineral-mineral tertentu maka harus di cari pada batuan-batuan tertentu pula. Sebagai contoh, mineral yang mengandung nikel selalu

berasosiasi dengan batuan ultrabasa (batuan peridotit), timah akan berasosiasi dengan batuan asam yaitu granit, sedangkan mineral-mineral seperti emas, perak, tembaga akan berasosiasi dengan batuan intermediate (Andesit dan Diorit).



Gambar 3.2 Tabulasi batuan beku didasarkan atas komposisi mineral dan tekstur batuan serta sifat magma.

Gambar 3.2 adalah suatu tabulasi batuan beku yang didasarkan atas kandungan mineral mineral yang terdapat dalam batuan dan tekstur batumannya (berbutir kasar / *coarse grained*) dan (berbutir halus / *fine grained*). Adapun pembacaan tabel batuan diatas dapat dijelaskan sebagai berikut: Batuan Granit adalah batuan yang bertekstur kasar (*coarse grained*) yang tersusun dari mineral-mineral: Amphibole (5-10%), Biotite (5-10%), Sodium-Rich Plagioclase Feldspars (10-25%), Potassium Feldspar (25-45%), Kuarsa (25-30%), sedangkan, Rhyolite adalah batuan beku bertekstur halus (*fine grained*) yang memiliki komposisi mineral yang sama dengan batuan Granite. Dengan demikian batuan Granit dan batuan Rhyolite memiliki komposisi mineral yang sama dan dibedakan berdasarkan tekstur batuan dimana Granit bertekstur kasar sedangkan Rhyolite bertekstur halus. Hal yang sama juga berlaku bagi batuan Gabro dan Basalt, Diorite dan Andesite, Granodiorit dan Dacite, sedang-

kan batuan Peridotite adalah batuan beku ultrabasa yang tersusun dari mineral-mineral Olivine (80-90%), pyroxene (5-10%) dan Ca-Plagioclase (10-20%).

2. Batuan Sedimen

Berdasarkan genetiknya, batuan sedimen dikelompokkan menjadi 2 (dua) kelompok, yaitu:

(1). Batuan Sedimen Klastik ; (2). Batuan Sedimen Non-klastik.

Batuan sedimen klastik adalah batuan sedimen yang pembentukannya (genesanya) berasal dari material lepas (klastik) hasil pelapukan batuan yang ada di bumi (beku, sedimen, metamorf) yang ditransport oleh media air, angin atau es dan diendapkan di suatu cekungan yang kemudian mengalami *kompaksi, diagenesa dan lithifikasi* sehingga akhirnya menjadi batu.

Batuan sedimen Non-klastik adalah batuan sedimen yang proses pembentukannya (genesanya) berasal dari proses evaporasi, kimiawi atau dari pengendapan organik. Nama batuan sedimen didasarkan kepada "tekstur" (hubungan antar butir) dan "komposisi mineralnya". Berikut ini adalah nama-nama batuan sedimen klastik yang didasarkan atas ukuran butirnya:

1. Batu lempung (Claystones) : $1/256 \text{ mm} < \emptyset$
2. Batu lanau (Siltstones) : $1/256 \text{ mm} < \emptyset < 1/16 \text{ mm}$
3. Batu pasir (Sandstones) : $1/16 \text{ mm} < \emptyset < 2.0 \text{ mm}$
4. Breksi/Konglomerat (Breccia/ conglomerate) : $\emptyset > 2.0 \text{ mm}$

Untuk batuan sedimen non-klastik penamaannya tidak didasarkan pada ukuran butirnya, akan tetapi lebih kepada komposisi mineral penyusun batuanannya. Berikut adalah nama-nama batuan sedimen klastik:

1. Batu gamping (Limestones) : Batuan Sedimen Organik
2. Gypsum (Gypsum) : Batuan Sedimen Kimiawi
3. Batu garam (Halite) : Batuan Sedimen Evaporite
4. Batu bara (Coals) : Batuan Sedimen Organik
5. Batu Rijang (Cherts) : Batuan Sedimen Kimiawi

3. Batuan Malihan (*Metamorf*)

Batuan malihan adalah batuan yang terbentuk sebagai akibat dari proses metamorfosa pada batuan yang ada karena perubahan temperatur (T), tekanan (P), atau Temperatur (T) dan Tekanan (P) secara bersamaan. Batuan metamorf diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) kelas atas dasar derajat metamorfosanya, yaitu: (1). Batuan metamorfosa derajat rendah; (2). Batuan metamorfosa derajat menengah, dan (3). Batuan metamorf derajat tinggi. Berikut adalah tingkatan batuan metamorf berdasarkan derajat metamorfosa:

1. *Slate* (Batu Sabak): Metamorfosa derajat rendah (Metamorfosa Thermal)
2. *Phyllite* (Filit): Metamorfosa derajat menengah (Metamorfosa dynamo)
3. *Schist* (Sekis): Metamorfosa derajat tinggi (Met. Dynamo-Thermal)
4. *Gneiss* (Genis): Metamorfosa derajat sangat tinggi (Met. Dynamo-Thermal)

Sumberdaya Mineral adalah sumberdaya yang diperoleh dari hasil ekstraksi batuan-batuan yang ada di bumi. Adapun jenis dan manfaat sumberdaya mineral bagi kehidupan manusia modern semakin tinggi dan semakin meningkat sesuai dengan tingkat kemakmuran dan kesejahteraan suatu negara.

Berdasarkan tipe bahan galian, maka sumberdaya mineral dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) golongan, yaitu: (1). Bahan Galian Vital, (2). Bahan Galian Strategis, (3). Bahan Galian Industri.

Tabel 3.2 Penggolongan sumberdaya mineral didasarkan atas Jenis Mineral.

Bahan Galian	Jenis Mineral	Kegunaan
Vital	Uranium (U)	Energi nuklir, senjata pemusnah, dll
	Thorium (Th)	Energi nuklir, senjata pemusnah, dll.
	Minyak/Gasbumi	Energi listrik, industri, petrokimia, BBM, dll.
	Emas (Au)	Perhiasan, industri elektronik, dll.
Strategis	Perak (Ag)	Perhiasan, industri elektronik, dll
	Besi (Fe)	Industri baja, kontruksi, manufaktur, dll.
	Tembaga (Cu)	Kabel listrik, industri, manufaktur, dll.
	Nikel (Ni)	Industri baja, metalurgi, manufaktur, dll
	Timah (Sn)	Industri, manufaktur, dll.
	Seng (Zn)	Industri, manufaktur, bangunan, dll
Industri	Alumunium (Al)	Industri Manufaktur, dll
	Muscovite	Industri Electronics, dll.
	Batugamping	Industri Cement
	Batulempung	Bahan bangunan, batubata, genteng, dll.
	Batupasir	Bahan bangunan
Batuan Beku	Bahan bangunan	
Gypsum	Campuran cement, bahan bangunan, dll.	

3.3.2 Kebutuhan Sumberdaya Mineral

Kebutuhan sumberdaya mineral di dunia dapat dikatakan sebanding dengan peningkatan populasi manusia di muka bumi serta ditunjang oleh perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Berdasarkan hasil studi yang dilakukan oleh para ahli menunjukkan bahwa proyeksi permintaan dunia terhadap mineral-mineral logam yang biasa dipakai oleh manusia diperkirakan meningkat 4 (empat) kali lipat hingga tahun 2000.

Adapun faktor-faktor yang menyebabkan meningkatnya permintaan mineral logam di dunia adalah:

1. Peningkatannya jumlah populasi manusia di dunia
2. Meningkatnya standar hidup manusia di negara berkembang.
3. Meningkatnya status negara (misalnya negara berkembang menjadi negara maju).

Salah satu contoh negara yang kebutuhan sumberdaya mineralnya meningkat sangat tajam adalah negara Amerika Serikat dan hal ini dapat kita lihat pada tabel 3.3. Pada tabel terlihat bahwa jumlah konsumsi mineral logam seperti bijih besi, alumunium, tembaga, pasir dan kerikil di negara Amerika antara bulan Januari hingga Mei 1974 naik sangat tajam apabila dibandingkan dengan jumlah total konsumsi sumberdaya mineral sejak tahun 1776.

Meningkatnya kebutuhan sumberdaya mineral di dunia telah memacu kegiatan eksplorasi dan eksploitasi sumberdaya mineral serta untuk mendapatkan lokasi-lokasi sumberdaya mineral yang baru. Konsekuensi dari meningkatnya eksplorasi dan eksploitasi sumberdaya mineral harus diikuti dengan usaha-usaha dalam pencegahan terhadap dampak yang ditimbulkan sebagai akibat dari eksplorasi dan eksploitasi sumberdaya mineral tersebut.

Permasalahan yang sering muncul dari kegiatan eksplorasi dan eksploitasi sumberdaya mineral adalah penurunan kualitas lingkungan, seperti pencemaran pada tanah, udara, dan hidrologi air. serta terganggunya ekosistem. Di Indonesia dapat kita jumpai beberapa contoh lokasi tambang yang telah mengalami penurunan

kualitas lingkungan, antara lain tambang timah di pulau Bangka, tambang batubara di Kalimantan Timur dan tambang tembaga di Papua.

3.3.3 Peran Industri Pertambangan

Industri pertambangan adalah suatu industri dimana bahan galian mineral diproses dan dipisahkan dari material pengikat yang tidak diperlukan. Dalam industri mineral, proses untuk mendapatkan mineral-mineral yang ekonomis biasanya menggunakan metoda ekstraksi, yaitu proses pemisahan mineral-mineral dari batuan terhadap mineral pengikat yang tidak diperlukan.

Tabel 3.3 Prediksi kebutuhan sumberdaya mineral di Amerika masa lalu, masa kini, dan masa mendatang.

Sumberdaya Mineral	Konsumsi antara Jan 1974 - Mei 1974 Di USA	Total konsumsi sejak 1776 Di USA	Prediksi Kebutuhan SDA Mineral Di masa depan
Bijih besi (Ton)	48 juta ton	6 milyar ton	6 milyar ton
Alumunium (Ton)	5,25 juta ton	290 juta	698 juta ton
Bijih Tembaga (Ton)	638 ribu ton	72 juta ton	86 juta ton
Pasir dan kerikil (Ton)	313,5 juta	30 milyar	42 milyar ton
Energi (Eqi.barrel oil)	4,5 milyar barrell	400 milyar barrell	585 milyar barrell
Sumberdaya Air	44,3 triliun galon	4700 triliun areell	4900 triliun galon

Mineral-mineral yang tidak diperlukan akan menjadi limbah industri pertambangan dan mempunyai kontribusi yang cukup signifikan pada pencemaran dan degradasi lingkungan. Industri pertambangan sebagai industri hulu yang menghasilkan sumberdaya mineral dan merupakan sumber bahan baku bagi industri hilir yang diperlukan oleh umat manusia di dunia.

Sebagaimana kita ketahui bahwa di bidang pertanian, para petani sangat membutuhkan pupuk bagi tanamannya dan pupuk yang dibutuhkan oleh para petani tersebut berasal dari hasil industri pupuk (*fertilizer*) yang bahan bakunya berasal dari mineral-mineral yang ditambang. Bahan bakar minyak dan gas bumi digunakan sebagai bahan bakar kendaraan untuk alat transportasi serta bahan bakar energi yang dipakai untuk menggerakkan mesin-mesin industri maupun penerangan berasal dari industri pertambangan. Kendaraan transportasi seperti pesawat terbang, kapal, kereta api dan mobil serta mesin industri memerlukan material baja, besi, aluminium, tembaga, nikel dll. sebagai bahan baku. Berdasarkan hal tersebut diatas, maka keberadaan industri pertambangan pada hakekatnya adalah untuk memenuhi kebutuhan manusia dan kebutuhan ini akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah populasi manusia dan meningkatnya kesejahteraan suatu negara serta perkembangan suatu negara dari negara agraris menjadi negara industri.

Proses dalam menghasilkan produk sumberdaya mineral mempunyai kontribusi yang besar terhadap pencemaran lingkungan dan hal ini telah dikritisi oleh para pemerhati lingkungan. Di satu sisi untuk menutup suatu tambang atau industri pertambangan yang menghasilkan mineral-mineral yang dibutuhkan oleh manusia adalah sesuatu hal yang tidak bijaksana. Disisi lain, dampak yang ditimbulkan akibat pertumbuhan industri pertambangan harus disikapi dengan cara mencegah agar supaya dampak yang ditimbulkannya dapat diminimalkan.



3.3.4 Penyebaran Endapan Mineral

Keterdapatan sumberdaya mineral di bumi sangat tergantung kepada kondisi geologinya dan tidak semua negara memiliki sumberdaya mineral yang mereka perlukan. Ganesa/pembentukan sumberdaya mineral ditentukan oleh asosiasi batuanannya, misalnya nikel akan berasosiasi dengan batuan beku ultrabasa, sedangkan timah dan uranium akan berasosiasi dengan batuan beku asam seperti granit. Tembaga dan emas akan berasosiasi dengan batuan beku intermedier seperti andesit dan diorit sedangkan minyak bumi terbentuk dalam batuan sedimenter. Oleh karena kondisi geologi setiap negara tidak selalu sama, maka keterdapatan dan penyebaran sumberdaya mineral juga tidak merata di setiap negara. Sebagaimana diketahui ada negara-negara di dunia ini memiliki cadangan sumberdaya minyak bumi yang sangat besar dan ada negara-negara yang tidak memilikinya. Jepang adalah salah satu contoh negara yang tidak memiliki/miskin sumberdaya minyak dan gas bumi, namun kebutuhan akan sumberdaya tersebut sangat besar, terutama untuk kebutuhan energi listrik dan industri berat dan Jepang salah satu negara pengimpor terbesar minyak dan gas bumi yang berasal dari negara-negara penghasil minyak. Sebagaimana diketahui bahwa untuk mendapatkan sumberdaya mineral maka diperlukan suatu proses yaitu, mulai dari tahap penemuan (*eksplorasi*), tahap pengambilan (*eksploitasi*) dan tahap ekstraksi dan prosesing (pemisahan mineral-mineral dengan material yang tidak diperlukan). Dalam setiap tahapan pada proses mendapatkan sumberdaya mineral akan berdampak pada pencemaran lingkungan.

3.3.5 Dampak Lingkungan pada Pertambangan

Pengelolaan sumberdaya mineral dalam rangka memenuhi kebutuhan hidup manusia tidak harus menimbulkan dampak lingkungan baik yang berupa pencemaran dan degradasi lingkungan dimana sumberdaya tersebut dimanfaatkan. Degradasi lingkungan yang diakibatkan oleh eksploitasi sumberdaya mineral, khususnya

limbah padat yang berasal dari hasil penambangan dan pemrosesan mineral telah mengakibatkan berbagai dampak lingkungan, seperti ekosistem menjadi terganggu, pencemaran udara, tanah, dan air oleh mineral-mineral yangn berbahaya bagi kehidupan manusia maupun flora dan fauna.

Lubang-lubang bekas penambangan serta pembukaan lapisan tanah yang subur pada saat penambangan dapat mengakibatkan daerah yang semula subur menjadi daerah yang tandus dan akan memerlukan waktu yang sangat lama untuk kembali kedalam kondisi semula. Polusi dan degradasi lingkungan akan terjadi pada semua tahap dalam aktivitas pertambangan, mulai dari tahap eksplorasi, tahap eksploitasi hingga tahap prosesing mineral serta semua aktivitas yang menyertainya dalam seluruh tahap tersebut, seperti penggunaan peralatan survei, bahan peledak, alat-alat berat, limbah mineral padat yang tidak dibutuhkan.

1. Tahap Eksplorasi

Biasanya pada tahap eksplorasi di mulai dengan penyelidikan di permukaan bumi yang diawali dengan survei geofisika dipermukaan tanah serta survei udara, kemudian dilanjutkan dengan survei geokimia dengan metoda *stream sediment sampling*, *soil sampling*, *rock sampling* yang kemudian dilanjutkan dengan pemboran (*drilling*), pembuatan paritan (*trenching*), dan peledakan (*blasting*).

Dampak yang ditimbulkan pada tahap ini adalah pembukaan lahan-lahan yang tertutup tanaman, seperti dilingkungan hutan lindung, hutan suaka marga satwa, taman nasional dan lain sebagainya. Masuknya peralatan survei dan alat-alat berat ke lokasi penyelidikan di daerah yang di eksploritasi akan menimbulkan degradasi lingkungan serta terganggunya ekosistem daerah tersebut. Bekas-bekas lubang pemboran, pengupasan lapisan tanah oleh alat-alat berat dan aktivitas pekerjaan bawah tanah (*underground*) yang ditinggalkan setelah suatu penyelidikan eksplorasi selesai akan mengakibatkan degradasi lingkungan.

2. Tahap Eksploitasi/Penambangan

Pada tahap ini yang terpenting dan perlu diperhatikan adalah ketika alat-alat berat mulai masuk kelokasi penambangan serta sejumlah besar material (limbah material padat), baik yang berasal dari batuan maupun pengupasan lapisan tanah untuk mendapatkan mineral-mineral yang diinginkan; dimana limbah material padat ini harus dipindahkan ke lokasi-lokasi diluar lokasi tambang. Pengelolaan limbah padat yang berasal dari tahap eksploitasi/penambangan harus dikelola secara hati-hati sehingga dikemudian hari tidak menimbulkan dampak lingkungan yang berupa pencemaran, degradasi lingkungan dan polusi.

3. Tahap Pemrosesan Mineral

Pembuangan limbah yang berasal dari pemrosesan mineral-mineral merupakan permasalahan yang sangat unik dan kompleks. Pemrosesan mineral dapat terdiri dari pencucian untuk memisahkan lempung dan pasir, proses penggerusan, penggilingan dan pemisahan material-material yang tidak ekonomis (limbah padat) lebih besar dibandingkan dengan material-material yang mempunyai nilai ekonomis, yaitu perbandingannya berkisar antara 10 : 90 atau bahkan mencapai 0,5 : 99,5, sehingga pada tahap ini volume limbah dari material yang tidak terpakai menjadi suatu masalah tersendiri.

Dampak lingkungan yang sering kita jumpai pada tahap ini adalah mereka membuang limbah padat kedalam sungai yang kemudian dibawa oleh arus sungai dan akhirnya akan diendapkan di daerah daerah yang lebih rendah seperti dataran banjir. Contoh nyata adalah tambang tembaga Freeport di Papua yang membuang limbahnya di daerah hulu sungai (*upstream*) dan pencemaran lingkungan terjadi didaerah muara (*downstream*). Dampak lain yang mungkin timbul dalam tahap ini adalah degradasi lingkungan akibat suara dan getaran yang berasal dari peledakan dinamit di daerah penambangan serta debu yang berasal dari lalu lintas alat-alat berat. Disamping hal tersebut, problem yang cukup serius ada-

lah bekas-bekas saluran pembuangan (*drainase*) yang ditinggalkan di wilayah pertambangan, dimana air yang bersifat sangat asam dan mengandung unsur besi. Air yang berasal dari pertambangan seringkali mengandung tembaga (Cu) atau seng (Zn), dan apabila air tersebut masuk kedalam sungai, maka unsur Zn tidak baik bagi kehidupan ikan.

Dalam teknik penambangan terdapat 3 (tiga) dampak lingkungan yang sangat khas, yaitu Hidraulicking, Dredging, dan Strip Mining

1. **Hidraulicking** adalah sistem penambangan yang dilakukan dengan cara menyemprotkan air terhadap material yang akan ditambang. Pada sistem ini mineral-mineral berat yang ditambang seperti emas akan tertinggal ditempatnya sedangkan material lempung dan pasir akan terbawa oleh air dan akan diendapkan di daerah yang rendah seperti di lembah-lembah sungai atau didaerah dataran banjir di sepanjang sungai. Adapun dampak yang dapat terjadi pada sistem penambangan ini adalah endapan-endapan material yang diendapkan oleh sungai akan menimbun daerah seperti daerah pertanian ataupun daerah pemukiman.
2. **Dredging** adalah sistem penambangan yang dilakukan dengan cara menggunakan mesin keruk. Umumnya dilakukan disepanjang pantai dan sungai, untuk mendapatkan bahan baku pasir dan kerikil sebagai bahan bangunan. Dampak dari sistem penambangan model ini umumnya adalah terjadinya kolam kolam air yang ada disepanjang sungai akibat pengerukan oleh mesin keruk. Degradasi lingkungan yang mungkin terjadi pada sistem penambangan dengan metoda ini adalah terganggunya sistem hidrologi air tanah.
3. **Strip Mining** adalah sistem penambangan yang dilakukan dengan cara mengupas lapisan tanah dan batuan yang menutupi lapisan batuan yang akan di tambang, seperti lapisan batubara. Adapun dampak dari sistem penambangan seperti ini adalah material tanah yang tidak terpakai hasil pengupasan sebagai limbah padat. Disamping itu lahan bekas penam-

bangun mengalami degradasi, karena untuk dapat ditanami kembali akan memakan waktu yang lama, karena lapisan tanah yang subur sudah terkupas dan dampak lainnya adalah terganggunya sistem hidrologi tanah.

3.4 Sumberdaya Energi

3.4.1 Jenis Sumberdaya Energi

Sumberdaya energi adalah sumberdaya geologi yang dimanfaatkan sebagai penghasil energi. Sebagaimana kita ketahui bahwa beberapa jenis sumberdaya geologi yang terdapat di alam, baik secara langsung maupun tidak langsung yaitu dengan memanfaatkan ilmu dan teknologi dapat dirubah dan dikonversikan menjadi energi.

Berikut adalah sumberdaya geologi yang dimanfaatkan sebagai penghasil energi, yaitu : (1). Minyak bumi; (2). Gas Alam (Liquid Natural Gas/LNG); (3). Batubara; (4). Panas bumi (Geothermal); (5). Air ; (6). Mineral Radioaktif ; (7). Angin; (8). Gelombang Air Laut; dan (9). Radiasi Matahari. Berikut ini adalah pemanfaatan sumberdaya energi dalam berbagai sektor, baik untuk energi listrik, industri, transportasi, rumah tinggal, dan lain-lain:

No.	Jenis Sumberdaya	Penggunaan
1.	Minyak bumi	Energi Listrik, Rumah Tinggal, Komersial, Industri, Transportasi, Export/ Import
2.	Gas Alam (Natural Liquid Gas)	Energi Listrik, Rumah Tinggal, Komersial, Industri, Transportasi
3.	Batu bara	Energi Listrik, Rumah Tinggal, Komersial, Industri, Transportasi, Export/ Import
4.	Panas bumi (Geothermal)	Energi Listrik, Rumah Tinggal, Komersial
5.	Air	Energi Listrik

No.	Jenis Sumberdaya	Penggunaan
6.	Mineral Radiokatif	Energi Listrik
7.	Angin	Energi Listrik
8.	Gelombang Air Laut	Energi Listrik
9.	Radiasi Matahari	Energi Listrik, Rumah Tinggal,
	Komersial	

3.4.2 Sumberdaya Energi dan Dampak Lingkungan

Pemanfaatan dan pengembangan sumberdaya energi dewasa ini telah berdampak terhadap degradasi lingkungan dan hal ini telah menjadi suatu kontroversi yang ramai dibicarakan oleh para ahli. Sebagaimana diketahui bahwa perkembangan permintaan energi dunia dari tahun ke tahun semakin meningkat, baik untuk memenuhi kebutuhan industri di negara-negara maju maupun negara-negara yang sedang berkembang, sementara cadangan sumberdaya energi adalah terbatas. Disamping itu diversifikasi sumberdaya energi telah banyak dilakukan, terutama di negara-negara maju dengan pemakaian sumberdaya energi tidak pada satu sumberdaya saja, melainkan memakai sumberdaya yang berasal dari berbagai jenis sumberdaya geologi, seperti mineral-mineral radioaktif, sumberdaya panas bumi, gelombang air laut dan sebagainya.

Pemanfaatan sumberdaya geologi sebagai sumberdaya energi tentunya tidak terlepas dari pengaruh dampak lingkungan yang dapat ditimbulkannya. Sebagai contoh adalah sumberdaya air yang dimanfaatkan untuk pembangkit energi listrik dengan cara membangun bendungan (dam) sebagai reservoir air yang dipakai untuk memutar turbin dan memutar generator pembangkit listrik dapat menyebabkan degradasi lingkungan, terutama terjadinya sedimentasi pada reservoir air dalam bendungan.

Berikut ini adalah pemanfaatan sumberdaya geologi untuk pembangkit energi:



1. Mineral Radioaktif

Yang termasuk dalam sumberdaya mineral radioaktif adalah mineral-mineral yang mengandung unsur-unsur Uranium (U^{235}) dan Thorium (Th^{232}). Reaktor nuklir yang beroperasi saat ini kebanyakan adalah reaktor nuklir yang menggunakan metoda "atomic fission". Fission adalah suatu proses yang mendasarkan pada sifat unsur U^{235} yang dapat meluruh (terbelah) menjadi fragmen-fragmen ketika ditembaki oleh suatu partikel atom berat (neutron). Sebelum terjadi tabrakan, energi yang tersimpan di berbagai bagian atom dan pada saat terjadi pemisahan inti atom, energi ini dilepaskan.

Dalam proses fission akan dihasilkan tambahan neutron. Tabrakan yang terjadi dengan atom U^{235} lainnya juga akan menghasilkan energi tambahan dan tabrakan antara neutron-neutron dengan unsur U^{235} lainnya dikenal sebagai reaksi berantai. Sebagai gambaran satu pon U^{235} , melalui reaksi berantai tersebut akan menghasilkan energi yang setara dengan 1500 ton batubara. Sebagaimana diketahui bahwa dalam satu sample Uranium, komposisi unsur U^{235} hanya terdiri dari 0.7% bagian. Meskipun demikian dua isotop lainnya mampu menyediakan reaksi berantai secara buatan yaitu dengan memborbardir neutron pada unsur Th^{232} untuk menghasilkan U^{233} dan U^{238} akan menghasilkan Pt^{239} . Di alam unsur Th^{232} dan U^{238} ratusan kali lebih banyak jumlahnya dibandingkan dengan U^{235} , sehingga unsur-unsur tersebut digunakan sebagai bahan bakar dalam proses fission.

Reaktor Nuklir secara umum bekerja dengan menggunakan Uranium sebagai bahan bakar dan air berfungsi sebagai pendinginnya. Fision melepaskan panas yang digunakan untuk memanaskan air menjadi uap air yang sangat panas. Dan uap air inilah yang dipakai untuk menggerakkan turbin untuk menghasilkan energi listrik. Sebelum Uranium sampai di dalam suatu reaktor, suatu rangkaian kegiatan pendahuluan yang mungkin berdampak terhadap lingkungan harus dilakukan, yaitu mulai bijih Uranium tersebut di tambang maka penanganan harus dilakukan secara hati-hati.

Pada tambang uranium dampak lingkungan yang sangat rawan adalah Gas Radon sebagai hasil ikutan yang berasal dari bijih uranium sebagai hasil disintegrasi mineral radioaktif. Udara serta bahan tambang lainnya yang tertinggal di daerah tambang dapat terhirup oleh para penambang, akan tetapi gas Radon lebih berbahaya dari pencemaran yang ada. Pemisahan bijih Uranium dari material pengikutnya juga memungkinkan melepaskan radiasi ke udara dan air yang digunakan dalam pemrosesan bijih Uranium.

Permasalahan dan Dampak Lingkungan terhadap penggunaan energi radioaktif harus dilakukan secara hati-hati dan penanganan yang sangat ketat, mengingat kebocoran suatu reaktor nuklir dapat mengakibatkan bencana yang menakutkan. Oleh karena itu pembangunan suatu reaktor nuklir di suatu lokasi harus memperhatikan kondisi lingkungan yang ada disekitarnya. Apakah lokasi-nya aman?, Apakah terletak di tempat yang padat penduduknya? dsb.

2. Minyak dan Gas Alam

Minyak dan Gas alam adalah sumberdaya mineral yang berasal dari hidrokarbon yang dimanfaatkan sebagai energi. Minyak dan Gas alam pada hakekatnya berasal dari material organik yang terperangkap dan terendapkan bersama-sama dengan material batuan sedimen yang kemudian dengan perjalanan waktu geologi, material organik ini akan mengalami perubahan menjadi Minyak dan Gasalam (Hidrokarbon) oleh perubahan gradient geothermal.

Energi yang berasal dari minyak dan gas alam adalah energi yang paling banyak dipakai oleh umat manusia dibumi saat ini. Hal ini disebabkan karena minyak dan gas bumi selain berbentuk cair dan gas juga mudah dialirkan dan dikemas untuk dikirim ke berbagai lokasi. Permasalahan yang dapat ditimbulkan dalam penggunaan minyak dan gasbumi adalah polusi udara, yaitu gas Carbon Monoksida dan Timah Hitam (Pb) yang ditimbulkan oleh hasil pembakaran minyak dan gas bumi.



3. Batu Bara

Sebagaimana dengan minyak dan gas bumi, batu bara adalah mineral yang dapat dipergunakan sebagai penghasil energi. Genesa pembentukannya hampir sama dengan minyak dan gas bumi, akan tetapi berbeda dalam hal material bahan baku batu bara. Komposisi kimia batu bara sama dengan komposisi minyak bumi, yaitu terdiri dari hidrokarbon, yaitu unsur Carbon, Hidrogen dan Oksigen. Energi yang berasal dari batu bara banyak digunakan, baik dalam sektor industri berat, yaitu peleburan bijih besi (baja), sektor rumah tangga (sebagai pemanas ruangan), dan untuk pembangkit energi listrik.

Permasalahan yang ditimbulkan dalam penggunaan batu bara adalah pencemaran udara berupa kandungan belerang yang dilepaskan oleh hasil pembakaran batu bara pada pembangkit listrik, selain itu juga debu batu bara (partikel-partikel halus) hasil pembakaran yang masuk ke udara.

4. Panas Bumi

Energi panas bumi pada dasarnya adalah energi panas yang berasal dari uap air atau dari suatu sistem hidrotermal. Energi panas bumi berasal dari panas yang ada di dalam bumi. Sebagai mana diketahui bahwa nilai rata-rata emisi termal/panas bumi sangat rendah sehingga secara praktis tidak bernilai. Gradient geothermal (panas bumi) akan meningkat seiring dengan kedalaman bumi dan rata-rata naik sebesar 1° Celcius per 55 meter. Hanya di kawasan gunung api umumnya memiliki aliran panas yang tidak normal dan beberapa dapat digunakan sebagai sumber energi. Umumnya energi panas bumi yang dimanfaatkan untuk energi listrik diambil di daerah-daerah gunung api yang sudah padam, seperti di Kamojang (Garut), di pegunungan Dieng-Wonosobo (Jawa Tengah) dan Gunung Salak, Sukabumi (Jawa Barat). Adapun negara-negara yang telah lebih dulu memanfaatkan energi panas bumi adalah New Zealand, Jepang, Mexico, Rusia, Amerika Serikat, Italia, dan beberapa negara lainnya. Permasalahan yang

ditimbulkan dari pemanfaatan energi panas bumi adalah gas beracun yang biasanya berasal dari gunung api, seperti nitrogen, asam sulfat, belerang dll.

5. Hidro-elektrik

Pembangkit energi listrik yang berasal dari air dikenal dengan istilah hidro-elektrik. Pembangkit energi hidro-elektrik adalah suatu pembangkit energi yang memanfaatkan air untuk menghasilkan listrik. Berikut adalah beberapa jenis pembangkit listrik yang dihasilkan melalui pemanfaatan air:

a. Bendungan

Hampir semua pembangkit listrik tenaga air berasal dari air sungai yang di bendung dan kemudian dialirkan kedalam turbin untuk memutar generator pembangkit listrik.. Energi yang dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga air (PLTA) umumnya bersih dan murah. Pada pembangkit listrik tenaga air yang berasal dari bendungan umumnya tidak terdapat limbah pembakaran dan dampak panas yang berarti. Dampak lingkungan yang ada adalah inondasi pada lembah lembah disekitar sungai, perubahan ekologi di daerah muara bendungan serta sedimentasi di dalam waduk yang berasal dari hulu sungai.

b. Pasang Surut Air Laut

Pembangkit energi listrik dapat dihasilkan dari arus pasang surut air laut, khususnya di daerah pantai yang memiliki perubahan pasang surut yang cukup tinggi. Sistem pembangkit energi listrik di daerah pasang surut memerlukan suatu pematang (dike) yang menyerupai bendungan dan berfungsi sebagai penampung air laut yang masuk ke darat ketika air pasang. Air yang terperangkap di dalam pematang akan memiliki perbedaan tinggi muka air dengan tinggi muka air laut rata-rata sehingga air dapat di alirkan untuk memutar turbin yang dihubungkan dengan generator pembangkit listrik.

Total produksi tenaga listrik yang dihasilkan dari pembangkit semacam ini di dunia diperkirakan mencapai sekitar 13.000

megawatt setara dengan 12 pembangkit energi yang menggunakan batubara dan energi nuklir. Salah satu contoh pembangkit energi listrik yang memanfaatkan air pasang-surut yang terbesar di dunia adalah di Range River Estuary, pantai Brittany, Perancis dan dibangun pada tahun 1966 dengan kapasitas 10 megawatt berasal dari 24 generator pembangkit listrik. Dampak lingkungan yang dapat terjadi pada pembangkit energi semacam ini sangat kecil, walaupun ada yaitu ekologi yang ada di wilayah dimana pembangkit listrik itu berada.

c. **Arus Laut**

Pembangkit energi listrik yang berasal dari arus laut belum banyak dikembangkan, umumnya masih dalam tahap percobaan. Pembangkit energi listrik yang memanfaatkan arus laut telah dilaksanakan di Amerika Serikat, yaitu di bagian *Gulf Stream*, Pantai Florida dimana di daerah ini memungkinkan untuk dibuat pembangkit listrik yang berasal dari arus laut dan telah menghasilkan listrik sekitar 2000 megawatt atau setara dengan 2 pembangkit tenaga listrik modern. Untuk membangun suatu pembangkit listrik yang memanfaatkan arus laut diperlukan sebuah kapal yang diam dan dilengkapi dengan peralatan yang berkaitan dengan arus air laut yang dipakai untuk pembangkit listrik.

6. Angin

Angin adalah sumberdaya alam yang sudah sejak lama dimanfaatkan oleh manusia sebagai sumberdaya energi. Sejak tahun 1880 hingga 1930 hampir sekitar 6 juta kincir angin dibangun di Amerika Serikat yang digunakan untuk memompa air dan pembangkit energi listrik dan saat ini hanya tersisa beberapa kincir angin saja. Pemerintah Amerika saat ini tengah menggalakkan kembali program penelitian pembangkit listrik yang menggunakan energi angin mengingat energi yang berasal dari minyak dan gas bumi tidak selamanya dapat memenuhi kebutuhannya yang terus meningkat. Sebagaimana diketahui bahwa energi yang berasal dari angin dapat dikatakan adalah energi yang ramah lingkungan, mengingat

tidak menimbulkan dampak pencemaran dari penggunaan energi tersebut.

7. Radiasi Matahari

Secara eksperimen energi matahari telah dimanfaatkan untuk alat pemanas dan pendingin ruangan. Alat pendingin ruangan yang berasal dari radiasi matahari memerlukan 3 elemen utama, yaitu sebuah alat penerima panas, umumnya terdiri dari pipa berbentuk sinusoidal yang memotong panel logam atau kayu yang dicat dan mampu menyerap panas serta dibungkus dengan gelas untuk merubah panas seperti di rumah kaca. Elemen ke dua adalah suatu alat penyimpan panas dan elemen ke tiga adalah sistem perpipaan yang menyelubungi seluruh ruangan atau rumah sebagai saluran sirkulasi cairan untuk keperluan pemanasan. Energi yang berasal dari radiasi matahari juga merupakan energi yang ramah lingkungan dan sudah dikomersilkan untuk berbagai keperluan, seperti pemanas air dan pembangkit listrik. Adapun penggunaan energi radiasi matahari masih terbatas, terutama di daerah-daerah yang sinar matahari cukup baik, terutama di wilayah sekitar khatulistiwa.

3.5 Sumberdaya Lahan

Lahan dapat didefinisikan sebagai suatu ruang di permukaan bumi yang secara alamiah dibatasi oleh sifat-sifat fisik serta bentuk lahan tertentu. Sedangkan sumberdaya lahan adalah lahan yang didalamnya mengandung semua unsur sumberdaya, baik yang berada di atas maupun di bawah permukaan bumi.

3.5.1 Kriteria Peruntukan Lahan

Faktor-faktor yang menentukan sumberdaya lahan adalah :a). Ketinggian/Elevasi; b). Kelerengan; c). Jenis batuan; d). Jenis tanah; e). Tutupan lahan; f). Hidrologi; g). Fauna dan flora; h). Iklim dan posisi geografis; i). Bencana alam.

a. Ketinggian / Elevasi

Ketinggian suatu lahan diukur/ dihitung dari tinggi muka air laut rata-rata, yaitu harga rata-rata tinggi air laut pasang dan tinggi air laut surut. Di dunia ini pasang-surut air laut sangat bervariasi dan hal ini sangat ditentukan oleh posisi geografis dimana lahan tersebut berada. Sebagai contoh pasang-surut air laut di daerah Merauke, Papua bisa mencapai puluhan kilometer ke arah daratan, sedangkan di pulau Jawa pasang-surut air laut mencapai beberapa meter hingga ratusan meter ke arah daratan. Berdasarkan lokasinya, lahan dapat dikelompokkan ke dalam lahan pasang-surut, lahan pantai, lahan basah, lahan kering, lahan dataran rendah, lahan dataran tinggi, lahan perbukitan, dan lahan pegunungan.

b. Kelerenggan

Sebagaimana kita ketahui bahwa permukaan bumi pada kenyataannya tidaklah berbentuk dataran, akan tetapi ada tempat-tempat di permukaan bumi yang berbentuk bukit-bukit, lembah/ngarai, dataran, dan lautan. Perbedaan bentuk-bentuk bentang alam/relief muka bumi dapat dikelompokkan berdasarkan sudut lerengnya, yaitu:

Kelerenggan (%)	Bentang alam	Sifat-sifat dan Kesesuaian Lahan
0 - 5° (0 - 3) %	Datar	Cocok untuk pengembangan pemukiman dan pertanian. Sebagian wilayah dapat berpotensi terhadap bencana banjir dan drainase yang buruk
5 - 15° (3 - 9) %	Landai	Kurang sesuai untuk lapangan terbang, baik untuk industri berat. Irigasi terbatas, tetapi baik untuk dry farming, drainase baik dan cocok untuk pembangunan pemukiman/perumahan.

Kelerengan (%)	Bentang alam	Sifat-sifat dan Kesesuaian Lahan
15 – 30 ° (9 –17) %	Bergelombang	Cocok untuk cultivation, problem erosi cukup besar. Cocok untuk areal industri ringan, bangunan rendah/ apartemen, kompleks pemukiman dan fasilitas rekreasi.
30 –50 ° (17 –27) %	Terjal	Cocok untuk areal rekreasi, tempat peristirahatan, daerah buffer tanaman hutan atau padang rumput.
>50%	Sangat Terjal	Daerah yang sesuai untuk tempat tinggal binatang buas, hutan dan padang rumput yang terbatas.

c. Jenis Batuan

Jenis batuan yang menempati suatu lahan sangat ditentukan oleh kondisi geologi di mana lahan tersebut berada. Suatu lahan dapat berisi berbagai jenis batuan, baik batuan beku, sedimen, maupun metamorf atau batuan vulkanik serta material rombakan dari batuan-batuan yang ada dipermukaan bumi. Sebagai contoh wilayah DKI – Jakarta secara umum didominasi oleh endapan gunung api dan alluvial sungai, sedangkan wilayah kota Bogor didominasi oleh batuan hasil endapan gunung api. Jenis-jenis batuan yang terdapat di dalam suatu lahan sangat menentukan potensi sumberdaya geologi yang terdapat pada lahan tersebut. Suatu lahan dapat memiliki potensi sumberdaya geologi yang besar (sumberdaya air, bahan galian, mineral industri, sumberdaya energi, dll) apabila di dalam lahan tersebut terdapat berbagai jenis sumberdaya geologi yang dapat dimanfaatkan bagi memenuhi kebutuhan manusia. Suatu lahan dapat juga tidak memiliki sumberdaya

geologi yang memadai bagi pemenuhan kebutuhan manusia yang ada di dalamnya.

d. Jenis Tanah

Pada hakekatnya tanah secara geologi merupakan hasil pelapukan batuan yang ada di permukaan bumi. Oleh karena itu jenis-jenis tanah yang ada di permukaan bumi sangat erat kaitannya dengan komposisi kimia-mineral batuan dasarnya. Berbagai macam jenis tanah seperti Laterit, Andosol, Latosol, Alluvial, Podsolik adalah jenis-jenis tanah hasil pelapukan dari jenis-jenis batuan tertentu. Jenis-jenis tanah yang menempati suatu lahan sangat menentukan terhadap jenis tanaman apa saja yang sesuai dengan jenis tanah tersebut. Oleh karena itu potensi suatu lahan terhadap peruntukannya sangat ditentukan oleh jenis tanah yang menempati lahan tersebut. Disamping itu daya dukung lahan untuk bangunan ditentukan oleh sifat-sifat keteknikan dari tanah dan batuan terhadap daya dukung bangunan, seperti kuat tekan, plastisitas, mekanika tanah dan batuan.

e. Tutupan Lahan

Tutupan lahan adalah segala jenis vegetasi maupun hasil budi daya manusia yang menempati suatu lahan. Suatu lahan dapat ditempati oleh berbagai jenis vegetasi seperti hutan, semak belukar, kebun, sawah, tegalan, pemukiman (kota, kampung) bangunan (jalan, rel KA, bendungan, saluran irigasi dsb.).

f. Hidrologi

Hidrologi yang ada di dalam suatu lahan akan berpengaruh terhadap potensi sumberdaya lahan tersebut. Sumberdaya air yang terdapat dalam suatu lahan dapat berasal dari curah hujan, mata air, air *run off* (sungai), air bawah tanah (*deep and shallow water*), danau, dan air rawa. Potensi sumberdaya air di suatu lahan dapat ditentukan berdasarkan rumus hidrologi air, yaitu *input-output*. Ketersediaan sumberdaya air untuk memenuhi kebutuhan, baik manusia maupun fauna dan flora yang berada di dalam lahan tersebut sangatlah vital. Daya

dukung suatu lahan terhadap kemampuan memenuhi kebutuhan sumberdaya air, baik bagi manusia serta semua makhluk hidup yang ada di atasnya sangatlah terbatas. Keterbatasan dayadukung suatu lahan untuk suatu peruntukan tertentu harus di perhitungkan dengan sebaik-baiknya, karena kemampuan lahan yang ada batasnya.

g. Fauna dan Flora

Fauna dan Flora yang terdapat di dalam suatu lahan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari sumberdaya yang dimiliki oleh lahan tersebut. Berbagai jenis binatang serta tumbuhan yang hidup secara alamiah di dalam suatu lahan merupakan sumberdaya dari suatu lahan. Oleh karena itu peruntukan suatu lahan untuk kepentingan tertentu haruslah dipertimbangkan aspek ekologi yang ada di dalam lahan tersebut serta untuk menjaga kelestarian fauna dan flora yang terdapat di dalamnya.

h. Iklim dan Posisi Geografis

Posisi geografis suatu lahan sangat menentukan kondisi iklim yang ada di lahan tersebut. Secara geografis suatu lahan dapat berada di tepi pantai, di pegunungan, di dataran tinggi, di gurun pasir atau suatu lahan dapat berada di wilayah tropis, sub tropis, arid, semi arid, dan di kutub. Ketinggian/elevasi suatu lahan juga mempengaruhi kondisi iklim suatu lahan, lahan yang secara geografis terletak pada posisi geografis yang sama, akan tetapi ketinggian/elevasi berbeda akan berbeda pula kondisi klimatologinya. Oleh karena itu letak ketinggian dan posisi geografis suatu lahan sangat menentukan kondisi iklim yang ada di lahan tersebut, seperti temperatur rata-rata, curah hujan rata-rata, presipitasi, kelembaban, angin dan arah angin, kabut, awan dan sebagainya.

i. Bencana Geologi

Bencana geologi adalah bencana alam yang terjadi sebagai akibat proses alamiah yang menimpa manusia yang berada di wilayah tersebut sehingga menimbulkan kerugian, baik



kerugian material berupa harta benda ataupun korban jiwa. Bencana geologi dapat menimpa manusia karena kurang pedulinya manusia dalam memahami sifat-sifat dan karakter dari kondisi geologi setempat.

Potensi bencana geologi yang terdapat di suatu lahan/wilayah sangat ditentukan oleh kondisi geologi yang menempati lahan/wilayah tersebut. Lahan yang berada di areal dataran dan berdekatan dengan bantaran sungai atau muara sungai akan berpotensi terkena bencana banjir, sedangkan lahan yang berada di daerah pegunungan akan berpotensi terhadap bencana longsor dan erosi. Disamping itu kondisi geologi seperti jenis batuan, struktur geologi, dan patahan aktif serta seismisitas akan berpengaruh terhadap kemungkinan bencana geologi. Faktor-faktor lainnya yang mempengaruhi potensi bencana geologi adalah tutupan lahan, pemanfaatan lahan dan eksploitasi lahan yang melebihi daya dukung suatu lahan.

3.5.2 Peta Rencana Tata Ruang Wilayah

Peta Rencana Tata Ruang Wilayah (Peta RTRW) adalah peta peruntukan lahan/fungsi lahan untuk berbagai kepentingan. Di Indonesia, peta RTRW dikelompokkan berdasarkan wilayah administrasinya, yaitu Peta RTRW Tingkat Nasional, Peta RTRW Tingkat Propinsi, dan Peta RTRW Tingkat Kabupaten/ Kota.

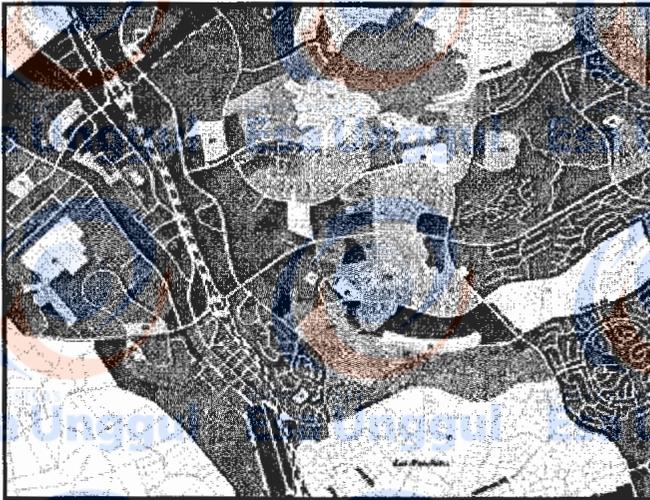
Peta RTRW dibuat dengan tujuan sebagai rujukan dan arahan bagi semua pihak (pemerintah, swasta, masyarakat, dan perorangan) tanpa terkecuali dalam penggunaan dan pemanfaatan ruang wilayah dalam pembangunan. Dalam peta RTRW peruntukan lahan bagi aktivitas dan kegiatan diatur dalam zonasi atau kawasan sesuai dengan kaidah kaidah tataguna lahan yang mengacu pada faktor lingkungan fisik, ekonomi, sosial dan politik.

Gambar 3.3 adalah salah satu contoh dari bentuk "Peta Tata Ruang Wilayah Kota" yang mengatur penggunaan lahan untuk berbagai peruntukan. Pada peta dapat kita lihat untuk kawasan pemukiman ditandai dengan warna kuning, sedangkan warna



coklat merupakan kawasan yang diperuntukan bagi pengembangan kawasan pemukiman. Warna merah merupakan lahan yang peruntukannya untuk perkantoran dan gedung-gedung pemerintahan, sedangkan kawasan perdagangan/bisnis berada pada areal lahan yang berwarna merah keunguan. Warna biru adalah lahan yang dialokasikan untuk areal industri sedangkan warna hijau tua merupakan areal jalur hijau dan warna hijau muda sebagai ruang terbuka/taman.

PETA RENCANA TATA RUANG WILAYAH KOTA



Keterangan:

-  Kawasan Pemukiman
-  Kawasan Pemukiman Baru
-  Kawasan Industri
-  Kawasan Perkantoran
-  Kawasan Taman / Ruang Terbuka
-  Kawasan Jalur Hijau
-  Kawasan Perdagangan

Gambar 3.3 Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Kota.

oo O oo