

BAGIAN TIGA PEMILIHAN LOKASI LANDFILLING

1 PRINSIP PEMILIHAN CALON LOKASI [21]

Salah satu kendala pembatas dalam penerapan metoda pengurugan limbah dalam tanah (*landfilling* atau lahan-urug) adalah bagaimana memilih lokasi yang cocok baik dilihat dari sudut kelangsungan pengoperasian, maupun dari sudut perlindungan terhadap lingkungan hidup. Aspek teknis sebagai penentu utama untuk digunakan adalah aspek yang terkait dengan hidrologi dan hidrogeologi site.

Limbah merupakan kumpulan dari beberapa jenis buangan hasil samping dari kegiatan, yang akhirnya harus diolah dan diurug dalam suatu lokasi yang sesuai. Permasalahan yang timbul adalah bahwa sarana ini merupakan sesuatu yang dijauhi oleh masyarakat sehingga persyaratan teknis untuk penempatan sarana ini perlu didampingi oleh persyaratan non teknis. Apalagi bila yang akan diurug adalah jenis limbah yang berbahaya. Persyaratan non teknis yang utama ialah kecocokan sarana tersebut dalam lingkungan sosial budaya masyarakat di sekitarnya. Lebih luas lagi, kecocokan lokasi ini dipengaruhi oleh kebijaksanaan daerah yang dalam bentuk formal dinyatakan dalam rencana tata ruang. Dalam rencana tersebut biasanya sudah dinyatakan rencana penggunaan lahan.

Secara ideal, pertimbangan utama dalam pemilihan lokasi sebuah *landfill* adalah didasarkan atas berbagai aspek, terutama:

- Kesehatan masyarakat,
- Lingkungan hidup,
- Biaya, dan
- Sosio-ekonomi

disamping aspek-aspek lain yang sangat penting, seperti aspek politis dan legal yang berlaku disuatu daerah atau negara.

Aspek kesehatan masyarakat berkaitan langsung dengan manusia, terutama kenaikan mortalitas (kematian), morbiditas (penyakit), serta kecelakaan karena operasi sarana tersebut. Aspek lingkungan hidup terutama berkaitan dengan pengaruhnya terhadap ekosistem akibat pengoperasian sarana tersebut, termasuk akibat transportasi dan sebagainya. Aspek biaya berhubungan dengan biaya spesifik antara satu lokasi dengan lokasi yang lain, terutama dengan adanya biaya ekstra pembangunan, pengoperasian dan pemeliharaan. Aspek sosio-ekonomi berhubungan dengan dampak sosial dan ekonomi terhadap penduduk sekitar lahan yang dipilih. Walaupun dua lokasi yang berbeda mempunyai pengaruh yang sama dilihat dari aspek sebelumnya, namun reaksi masyarakat setempat dengan dibangunnya sarana tersebut bisa berbeda.

Pertimbangan utama yang harus selalu dimasukkan dalam penentuan lokasi site adalah [EPA 530-R-95-023]:

- o Mempertimbangkan penerimaan masyarakat yang akan terkena dampak
- o Konsisten dengan *land-use planning* di daerah tersebut
- o Mudah dicapai dari jalan utama
- o Mempunyai tanah penutup yang mencukupi
- o Berada pada daerah yang tidak akan terganggu dengan dioperasikan landfill tersebut
- o Mempunyai kapasitas tampung yang cukup besar, biasanya 10 sampai 30 tahun
- o Tidak memberatkan dalam pendanaan pada saat pengembangan, pengoperasian, penutupan, pemeliharaan setelah ditutup, dan bahkan biaya yang terkait dengan upaya remediasi.
- o Rencana pengoperasian hendaknya terkait dengan upaya kegiatan lain yang sangat dianjurkan, yaitu kegiatan daur-ulang.

Suatu metodologi yang baik tentunya diharapkan bisa memilih lahan yang paling menguntungkan dengan kerugian yang sekecil-kecilnya. Dengan demikian metodologi tersebut akan memberikan hasil pemilihan lokasi yang terbaik, dengan pengertian:

- Lahan terpilih hendaknya mempunyai nilai tertinggi ditinjau dari berbagai aspek
- Metode pemilihan tersebut dapat menunjukkan secara jelas alasan pemilihan.

Proses pemilihan lokasi lahan-urug idealnya hendaknya melalui suatu tahapan penyaringan. Dalam setiap tahap, lokasi-lokasi yang dipertimbangkan akan dipilih dan disaring. Pada setiap tingkat, beberapa lokasi dinyatakan gugur, berdasarkan kriteria yang digunakan di tingkat tersebut. Penyisihan tersebut akan memberikan beberapa calon lokasi yang paling layak dan baik untuk diputuskan pada tingkat final oleh pengambil keputusan. Di negara industri, penyaringan tersebut paling tidak terdiri dari tiga tingkat tahapan, yaitu:

- penyaringan awal,
- penyaringan individu, dan
- penyaringan final.

Penyaringan awal biasanya bersifat regional biasanya dikaitkan dengan tata guna dan peruntukan yang telah digariskan di daerah tersebut. Secara regional, daerah tersebut diharapkan dapat mendefinisikan secara jelas lokasi-lokasi mana saja yang dianggap tidak/kurang layak untuk lokasi pengurangan limbah. Pada taraf ini parameter yang digunakan hanya sedikit.

Tahap kedua dari tahap penyisihan ini adalah penentuan lokasi secara individu, kemudian dilakukan evaluasi dari tiap individu. Pada tahap ini tercakup kajian-kajian yang lebih mendalam, sehingga lokasi yang tersisa akan menjadi sedikit. Parameter beserta kriteria yang diterapkan akan menjadi lebih spesifik dan lengkap. Lokasi-lokasi tersebut kemudian dibandingkan satu dengan yang lain, misalnya melalui pembobotan. Dalam Diktat ini diprekenalkan 3 tata-cara, yaitu:

- SNI 19-3241-1994
- Metode LeGrand
- Metode Hagerty

Tahap terakhir adalah tahap penentuan. Penyaringan final ini diawali dengan pematangan aspek-aspek teknis yang telah digunakan di atas, khususnya yang terkait dengan aspek sosio-ekonomi masyarakat dimana lokasi calon berada. Tahap ini kemudian diakhiri dengan aspek penentu, yaitu oleh pengambil keputusan suatu daerah. Aspek ini bersifat politis, karena kebijakan pemerintah daerah/pusat akan memegang peranan penting. Kadangkala pemilihan akhir ini dapat mengalahkan aspek teknis yang telah disiapkan sebelumnya.

2 BEBERAPA PARAMETER PENENTU [21]

Beberapa alasan mengapa sebuah parameter serta kriterianya penting untuk dipertimbangkan dalam pemilihan sebuah calon lokasi akan diuraikan di bawah ini. Biasanya parameter yang digunakan dalam pemilihan awal dapat digunakan lagi pada pemilihan tingkat berikutnya dengan derajad akurasi data yang lebih baik. Jumlah parameter pemilihan awal yang digunakan umumnya lebih sedikit, dan dipilih yang paling dominan dalam menimbulkan dampak. Parameter-parameter tersebut biasanya sudah terdata (data skunder) dengan baik, dan langsung dapat dimanfaatkan sehingga dapat disebut sebagai parameter penyisih.

Beberapa parameter penyaring awal yang sering digunakan adalah:

- Geologi
- Hidrogeologi
- Hidrologi
- Topografi
- Ketersediaan tanah
- Tataguna lahan
- Kondisi banjir
- Aspek-aspek penting yang lain

Geologi:

Fasilitas *landfilling* tidak dibenarkan berlokasi di atas suatu daerah yang mempunyai sifat geologi yang dapat merusak keutuhan sarana tersebut nanti. Daerah yang dianggap tidak layak adalah daerah dengan formasi batu pasir, batu gamping atau dolomit berongga dan batuan berkekar lainnya. Daerah geologi lainnya yang penting untuk dievaluasi adalah potensi gempa, zone vulkanik yang aktif serta daerah longsoran.

Lokasi dengan kondisi lapisan tanah di atas batuan yang cukup keras sangat diinginkan. Biasanya batu lempung atau batuan kompak lainnya dinilai layak untuk lokasi *landfill*. Namun jika posisi lapisan batuan berada dekat dengan permukaan, operasi pengurugan/penimbunan limbah akan terbatas dan akan mengurangi kapasitas lahan tersedia. Disamping itu, jika ada batuan keras yang retak/patah atau permeabel, kondisi ini akan meningkatkan potensi penyebaran lindi ke luar daerah tersebut. Lahan dengan lapisan batuan keras yang jauh dari permukaan akan mempunyai nilai lebih tinggi.

Hidrogeologi:

Hidrogeologi adalah parameter kritis dalam penilaian sebuah lahan dan merupakan komponen penyaring yang paling penting, terutama untuk mengevaluasi potensi pencemaran air tanah di bawah lokasi sarana, dan potensi pencemaran air pada akuifer di sekitarnya. Sistem aliran air tanah akan menentukan berapa hal, seperti arah dan kecepatan aliran lindi, lapisan air tanah yang akan dipengaruhi dan titik munculnya kembali air tersebut di permukaan. Sistem aliran air tanah peluahan (*discharge*) lebih diinginkan dibandingkan yang bersifat pengisian (*recharge*). Lokasi yang potensial untuk dipilih adalah daerah yang dikontrol oleh sistem aliran air tanah lokal dengan kemiringan hidrolis kecil dan kelulusan tanah yang rendah.

Lahan dengan akuitard, yaitu formasi geologi yang membatasi pergerakan air tanah, pada umumnya dinilai lebih tinggi dari pada lokasi tanpa akuitard, karena formasi ini menyediakan perlindungan alami guna mencegah tersebarnya lindi. Tanah dengan konduktivitas hidrolis yang rendah (impermeabel) sangat diinginkan supaya pergerakan lindi dibatasi. Pada umumnya lahan yang mempunyai dasar tanah debu (*silt*) dan liat (*clay*) akan mempunyai nilai tinggi, sebab jenis tanah seperti ini memberikan perlindungan pada air tanah. Lahan dengan tanah pasir dan krikil memerlukan masukan teknologi yang khusus untuk dapat melindungi air tanah sehingga akan dinilai lebih rendah.

Hidrologi:

Fasilitas pengurugan limbah tidak diinginkan berada pada suatu lokasi dengan jarak antara dasar sampai lapisan air tanah tertinggi kurang dari 3 meter, kecuali jika ada pengontrolan hidrolis dari air tanah tersebut. Permukaan air yang dangkal lebih mudah dicemari lindi. Disamping itu, lokasi sarana tidak boleh terletak di daerah dengan sumur-sumur dangkal yang mempunyai lapisan kedap air yang tipis atau pada batu gamping yang berongga.

Lahan yang berdekatan dengan badan air akan lebih berpotensi untuk mencemarinya, baik melalui aliran permukaan maupun melalui air tanah. Lahan yang berlokasi jauh dari badan air akan memperoleh nilai yang lebih tinggi dari pada lahan yang berdekatan dengan badan air.

Iklim setempat hendaknya mendapat perhatian juga. Makin banyak hujan, makin besar pula kemungkinan lindi yang dihasilkan, disamping makin sulit pula pegoperasian lahan. Oleh karenanya, daerah dengan intensitas hujan yang lebih tinggi akan mendapat penilaian yang lebih rendah dari pada daerah dengan intensitas hujan yang lebih rendah.

Topografi:

Tempat pengurugan limbah tidak boleh terletak pada suatu bukit dengan lereng yang tidak stabil. Suatu daerah dinilai lebih bila terletak di daerah landai agak tinggi. Sebaliknya, suatu daerah

dinilai tidak layak bila terletak pada daerah depresi yang berair, lembah-lembah yang rendah dan tempat-tempat lain yang berdekatan dengan air permukaan dengan kemiringan alami > 20 %.

Topografi dapat menunjang secara positif maupun negatif pada pembangunan sarana ini. Lokasi yang tersembunyi di belakang bukit atau di lembah mempunyai dampak visual yang menguntungkan karena tersembunyi. Namun suatu lokasi di tempat yang berbukit mungkin lebih sulit untuk dicapai karena adanya lereng-lereng yang curam dan mahalnya pembangunan jalan pada daerah berbukit. Nilai tertinggi mungkin dapat diberikan kepada lokasi dengan relief yang cukup untuk mengisolir atau menghalangi pemandangan dan memberi perlindungan terhadap angin dan sekaligus mempunyai jalur yang mudah untuk aktivitas operasional.

Topografi dapat juga mempengaruhi biaya bila dikaitkan dengan kapasitas tampung. Suatu lahan yang cekung dan dapat dimanfaatkan secara langsung akan lebih disukai. Ini disebabkan volume lahan untuk pengurangan limbah sudah tersedia tanpa harus mengeluarkan biaya operasi untuk penggalian yang mahal. Pada dasarnya, masa layan 5 sampai 10 tahun atau lebih sangat diharapkan.

Ketersediaan Tanah:

Tanah dibutuhkan baik dalam tahap pembangunan maupun dalam tahap operasi sebagai lapisan dasar (*liner*), lapisan atas, penutup antara dan harian atau untuk tanggul-tanggul dan jalan-jalan dengan jenis tanah yang berbeda. Beberapa kegiatan memerlukan tanah jenis silt atau clay, misalnya untuk *liner* dan penutup final, sedangkan aktifitas lainnya memerlukan tanah yang permeabel seperti pasir dan krikil, misalnya untuk ventilasi gas dan sistem pengumpul lindi. Juga dibutuhkan tanah yang cocok untuk pembangunan jalan atau tanah top soil untuk vegetasi.

Tata guna tanah:

Landfilling yang menerima limbah organik, dapat menarik kehadiran burung sehingga tidak boleh diletakkan dalam jarak 300 meter dari landasan lapangan terbang yang digunakan oleh penerbangan turbo jet atau dalam jarak 1500 meter dari landasan lapangan terbang yang digunakan oleh penerbangan jenis piston.

Disamping itu, lokasi tersebut tidak boleh terletak di dalam wilayah yang diperuntukkan bagi daerah lindung perikanan, satwa liar dan pelestarian tanaman. Jenis penggunaan tanah lainnya yang biasanya dipertimbangkan kurang cocok adalah konservasi lokal dan daerah kehutanan. Lokasi sumber-sumber arkeologi dan sejarah merupakan daerah yang juga harus dihindari.

Daerah banjir:

Sarana yang terletak di daerah banjir harus tidak membatasi aliran banjir serta tidak mengurangi kapasitas penyimpanan air sementara dari daerah banjir, atau menyebabkan terbilasnya limbah tersebut sehingga menimbulkan bahaya terhadap kehidupan manusia, satwa liar, tanah atau sumber air yang terletak berbatasan dengan lokasi tersebut. Suatu sarana yang berlokasi pada daerah banjir memerlukan perlindungan yang lebih kuat dan lebih baik. Diperlukan pemilihan periode ulang banjir yang sesuai dengan jenis limbah yang akan diurug.

Aspek penentu lain:

Semua lokasi lahan-urug dapat mempengaruhi lingkungan biologis. Penilaian untuk kategori ini didasarkan pada tingkat gangguan dan kekhususan dari sumberdaya yang ada. Bila sejenis habitat kurang berlimpah di lokasi tersebut, maka lokasi tersebut dinilai lebih rendah. Lokasi yang menunjang kehidupan jenis-jenis tanaman atau binatang yang langka akan dinilai lebih tinggi. Jalur perpindahan mahluk hidup yang penting, seperti sungai yang digunakan untuk ikan, adalah sumber daya yang berharga. Lahan yang berlokasi di sekitar jalur tersebut harus dinilai lebih rendah dari pada lokasi yang tidak terletak di sekitar jalur tersebut.

Penerimaan masyarakat sekitar atas sarana ini merupakan tantangan yang harus diselesaikan di awal sebelum sarana ini dioperasikan. Penduduk pada umumnya tidak bisa menerima suatu lokasi pembuangan limbah berdekatan dengan rumahnya atau lingkungannya. Oleh karenanya, kriteria penggunaan lahan hendaknya disusun untuk mengurangi kemungkinan pembangunan sarana ini di daerah yang mempunyai kepadatan penduduk yang tinggi, atau daerah-daerah yang digunakan oleh masyarakat banyak. Lahan dengan pemilik tanah yang lebih sedikit, akan lebih disukai dari pada lahan dengan pemilik banyak.

Tersedianya jalan akses pada lokasi sarana ini akan menguntungkan bagi operasional pengangkutan limbah ke lokasi. Lahan yang berlokasi di sekitar jalan yang dapat ditingkatkan pelayanannya karena adanya operasi lahan-urug tanpa modifikasi sistem jalan yang terlalu banyak, akan lebih disukai. Modifikasi pada sistem jalan yang sudah ada, terutama pembangunan jalan baru atau perbaikan yang terlalu banyak, akan meningkatkan biaya pembangunan sarana tersebut. Namun tidak diinginkan bahwa lokasi tersebut terletak di jalan utama yang melewati daerah perumahan, sekolah dan rumah sakit. Sarana yang berlokasi lebih dekat ke pusat penghasil limbah mempunyai nilai yang lebih tinggi dari pada yang berlokasi lebih jauh. Makin dekat jarak lokasi ke sumber limbah, makin rendah biaya pengangkutannya. Utilitas seperti saluran air buangan, air minum, listrik dan sarana komunikasi diperlukan pada setiap lokasi pengurangan limbah.

Rancangan lahan-urug meliputi rencana tapak dan rencana perbaikan sistem dengan rekayasa yang digunakan untuk pengelolaan lindi, air permukaan, air tanah dan gas. Sistem pengelolaan dirancang untuk mengurangi dampak yang disebabkan oleh kehadiran atau ketidak hadirannya bermacam-macam faktor. Dari sudut kriteria, yang perlu dipertimbangkan adalah faktor biaya operasional kelak. Pada umumnya, lahan yang memerlukan modifikasi rekayasa yang paling sedikit merupakan yang paling murah untuk pengembangannya, dan lebih disukai dari pada lahan yang memerlukan modifikasi banyak.

3 TATA CARA SNI 19-3241-1994

Tahapan dalam proses pemilihan lokasi TPA adalah menentukan satu atau dua lokasi terbaik dari daftar lokasi yang dianggap potensial. Kriteria-kriteria yang telah dibahas di atas digunakan semaksimal mungkin guna proses penyaringan. Kegiatan pada penyaringan secara rinci tentu akan membutuhkan waktu dan biaya yang relatif besar dibanding kegiatan pada penyaringan awal, karena evaluasinya bersifat rinci dan dengan data yang akurat. Guna memudahkan evaluasi pemilihan sebuah lahan yang dianggap paling baik, digunakan sebuah tolak ukur untuk merangkum semua penilaian dari parameter yang digunakan. Biasanya hal ini dilakukan dengan cara pembobotan. Tata cara yang paling sederhana yang digunakan di Indonesia adalah melalui SNI 19-3241-1994 (sebelumnya: SNI T-11-1191-03, tidak ada perbedaan dengan versi 1994) yaitu tentang tata cara pemilihan lokasi TPA. Cara ini ditujukan agar daerah (kota kecil/średang) dapat memilih site-nya sendiri secara mudah tanpa melibatkan tenaga ahli dari luar seperti konsultan. Data yang dibutuhkan hendaknya cukup akurat agar hasilnya dapat dipertanggung jawabkan.

Prinsip yang digunakan adalah dengan menyajikan parameter-parameter yang dianggap dapat berpengaruh dalam aplikasi landfilling, seperti:

- Parameter umum: batas administrasi, status kepemilikan tanah dan, kapasitas lahan, pola partisipasi masyarakat
- Parameter fisika tanah: permeabilitas tanah, kedalaman akuifer, sistem aliran air tanah, pemanfaatan air tanah, ketersediaan tanah penutup
- Parameter fisik lingkungan fisik: bahaya banjir, intensitas hujan, jalan akses, lokasi site, tata guna tanah, kondisi site, diversitas habitat, kebisingan dan bau, dan permasalahan estetika.

Masing-masing parameter ini ditentukan bobot skala penting-nya dengan besaran 3 sampai 5. Masing-masing parameter tersebut diuraikan lebih lanjut kriteria pembatasnya, dengan menggunakan penilaian antara 0 – 10. Uraian lengkap tentang SNI ini terdapat pada Lampiran.

Contoh:

Tabel 3.1 merupakan hasil evaluasi 2 calon lokasi landfill menggunakan Tata Cara Pemilihan Lokasi TPA SNI 19-3241-1994. Informasi yang digunakan didasarkan atas data survey pengamatan lokasi, dan observasi lapangan. Berdasarkan evaluasi tersebut, maka calon A (543) mempunyai nilai lebih tinggi dibanding calon B (375), berarti calon A relatif baik dibandingkan calon lokasi B.

Nilai tertinggi dari sistem penilaian ini adalah 790, sedang nilai yang terendah adalah 117. Dengan demikian, maka calon A berada pada posisi 63,3% ($= 543-117/790-117$) terhadap nilai tertinggi, nilai terendah diposisikan sebagai 0% dan nilai tertinggi sebagai 100%, sedang calon B berada pada posisi 38,3%

Tabel 3.1 : Nilai evaluasi lahan landfill dengan SNI 19-3241-1994

Parameter	Nilai Calon A	Nilai Calon B
I. Umum		
1 Batas administrasi	25	25
2 Pemilik tanah	9	15
3 Kapasitas lahan	50	40
4. Jumlah pemilik lahan	9	9
5 Partisipasi masyarakat	30	9
II Lingkungan Fisik		
1. Tanah di atas m.a.	35	35
2. Air tanah	15	5
3. Sistem aliran airtanah	15	3
4. Pemanfaatan airtanah	30	15
5. Bahaya banjir	20	20
6. Tanah penutup	20	20
7. Intensitas hujan	3	3
8. Jalan ke lokasi	50	25
9. Waktu transportasi	40	15
10. Pemukiman dan jalan masuk	40	20
11. Lalu lintas	30	24
12. Tata guna tanah	25	25
13. Pertanian	15	15
14. Daerah lindung	2	2
15. Biologis/habitat	30	15
16. Kebisingan/bau	20	20
17. Estetika	30	15
Jumlah nilai	543	375

4 PENILAIAN MENURUT METODE LE GRAND [23,25]

Metode "*numerical rating*" menurut Le Grand yang telah dimodifikasi oleh Knight, telah digunakan oleh Direktorat Geologi Tata Lingkungan, guna evaluasi pendahuluan dari lokasi pembuangan limbah di Indonesia. Parameter utama yang digunakan dalam analisis ini adalah:

- Jarak antara lokasi (sumber pencemaran) dengan sumber air minum,
- Kedalaman muka air tanah terhadap dasar lahan-urug,
- Kemiringan hidrolis air tanah dan arah alirannya dalam hubungan dengan pusat sumber air minum atau aliran air sungai,
- Permeabilitas tanah dan batuan,
- Sifat-sifat tanah dan batuan dalam meredam pencemaran, dan
- Jenis limbah yang akan diurug di sarana tersebut

Metode Le Grand ini terdiri dari 4 tahap, yaitu:

Tahap 1: deskripsi hidrogeologis lokasi (Langkah ke 1 sampai ke 7),

Tahap 2: derajat keseriusan masalah (Langkah ke 8) ,

Tahap 3: gabungan tahap 1 dan tahap 2 (Langkah ke 9),

Tahap 4: penilaian setelah perbaikan (Langkah ke 10)

Untuk menentukan skore masing-masing tahap tersebut digunakan tabulasi seperti terlihat dalam langkah-langkah di bawah ini.

Contoh kasus:

Suatu calon lokasi landfilling sampah kota memiliki data sebagai berikut :

- Batas lokasi landfill secara horizontal akan berjarak 20 m dari sumur penduduk
- Kedalaman muka air tanah dari data bor adalah 14 m
- Gradien kemiringan 1.5% menuju searah aliran air yang menuju sumur
- Dari analisa ayakan, campuran lempung dan pasir = 40% dan merupakan tanah impermeable dengan ketebalan 10-12 m
- Tingkat keakuratan data baik

Langkah 1

Nilai	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jarak sumber pencemar ke titik pemanfaatan sumber air.	2.000	1.000-2.000	300-999	150-299	75-149	50-74	35-49	20-34	15-19	0-14

Jarak calon lokasi dengan sumber air, yaitu calon berbatasan langsung dengan sungai sebagai sumber air. Dari tabel di atas diperoleh nilai 7.

Langkah 2

Nilai	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kedalaman muka airtanah dari dasar sumber pencemar.	> 60	30 - 60	20 - 29	12 - 19	8 - 11	5 - 7	3 - 4	1,5- 2,5	0,5 - 1	0

Kedalaman dasar lahan dengan muka air tanah adalah 14 m, sehingga nilai = 3

Langkah 3

Nilai	0	1	2	3	4	5	
Gradien muka airtanah dari sumber pencemar.	Gradien muka airtanah dan arah aliran	Gradien berlawanan dari semua water supply < 1 km	Gradien hampir datar	Gradien < 2 % tapi berlawanan dengan arah aliran yang menuju water supply	Gradien < 2 % tapi searah dengan arah aliran yang menuju water supply	Gradien > 2 % tapi berlawanan dengan arah aliran yang menuju water supply	Gradien > 2 % tapi searah dengan arah aliran ke water supply

Kemiringan muka air tanah pada lokasi < 2% dengan arah menuju sumber air dan masuk dalam aliran, sehingga nilai = 3

Langkah 4

Permeabilitas sorption

I = Batuan dasar kedap air

II = Batuan dasar lolos air

		Lempung		Lempung dan pasir < 50 %		Pasir dan lempung 15-30 %		Pasir dan lempung < 15 %		Pasir halus		Pasir kasar/ gravel	
Tebal tanah (m)	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
> 30	0	(2)	2		4		6		8		0		
25 - 29	0	1	1	2	3	4	5	6	7	9	9	9	
20 - 24	0	2	1	3	4	4	5	6	7	9	9	9	
15 - 19	0	3	1	4	4	5	5	7	7	9	9	9	
10 - 14	0	4	(2)	5	4	6	5	7	7	9	9	9	
4 - 9	1	6	3	7	5	7	5	7	7	9	9	9	
3	2	6	3	8	9	9	5	9	7	9	9	9	
Batuan dasar muncul ke permukaan (tebal tanah = 0 meter) I = 5, dan II = 9													

Kemampuan sorpsi dan permeabilitas: batuan dasar merupakan lapisan impermeabel (I) dengan lempung dan pasir <50% dengan kedalaman 10-14 m, sehingga nilai = 2.

Langkah-5 :

Parameter 5, yaitu tingkat keakuratan/ketelitian data, yaitu:

- A = kepercayaan terhadap nilai parameter: akurat
- B = kepercayaan terhadap nilai parameter: cukup
- C = kepercayaan terhadap nilai parameter: tidak akurat

Karena dalam contoh data yang diperoleh berasal dari data obeservasi dan pengukuran langsung di lapangan, maka tingkat kepercayaan terhadap nilai parameter dianggap akurat, sehingga nilai = A

Langkah-6:

Parameter 6.1: sumber air sekitar lokasi

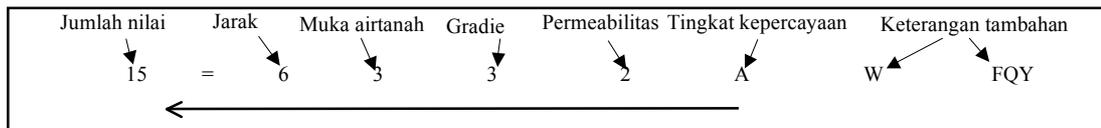
W = jika yang akan tercemar sumur (*well*)
 S = jika yang akan tercemar mata air (*spring*) atau sungai (*stream*)
 B = jika yang akan tercemar daerah lain (*boundary*)
 Sumber air sekitar lokasi yang mungkin tercemar karena adanya sarana ini adalah sumur.
 Dengan demikian Nilai = W

Parameter 6.2: informasi tambahan tentang calon lokasi:
 C : memerlukan kondisi khusus yang memerlukan komentar
 D : terdapat kerucut depresi pemompaan
 E : pengukuran jarak titik tercemar dilakukan dr pinggir calon lokasi
 F : lokasi berada pada daerah banjir
 K : batuan dasar calon lokasi adalah karst
 M : terdapat tampungan air di bawah timbunan sampah
 P : lokasi mempunyai angka perkolasi yang tinggi
 Q : akuifer dibawah calon lokasi adalah penting dan sensitif
 R : pola aliaran air tanah radial sampai sub radial
 T : muka air tanah pada celah/retakan/rongga batuan dasae
 Y : terdapat satu atau lebih akuifer tertekan

Informasi tambahan tentang calon lokasi adalah berada pada lokasi banjir (F), sedang akuifer di bawah calon lokasi adalah penting dan sensitif (Q), dan terdapat satu atau lebih akuifer tertekan di bawahnya (Y). Nilai menjadi = FQY.

Langkah-7 :

Rekapitulasi deskriptif hidrogeologi dari langkah-langkah di atas adalah menjumlah nilai yang diperoleh yaitu = 15.



Dengan demikian, identitas hidrogeologi untuk site tersebut adalah :

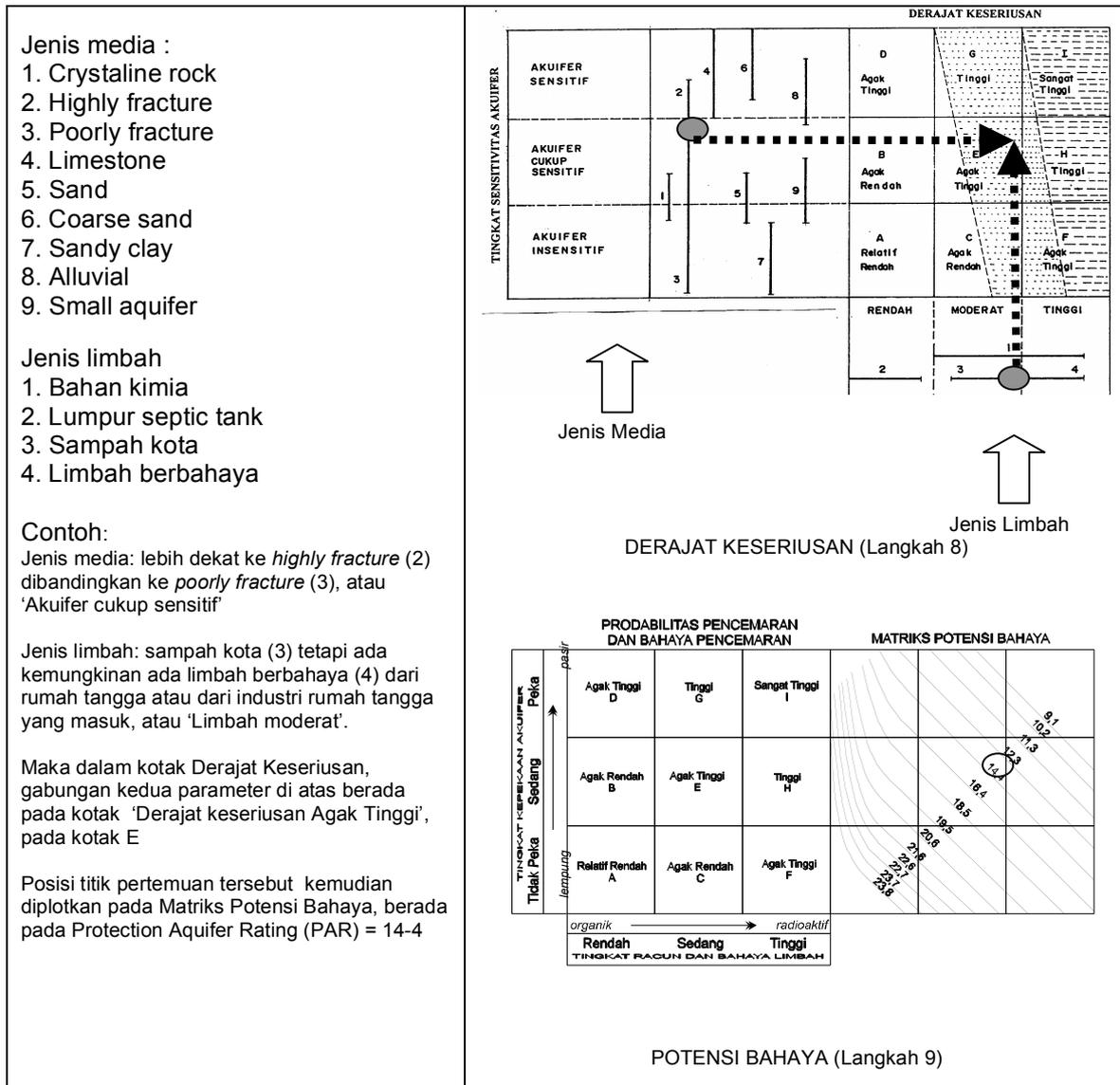
15	6	3	3	2	A	W	FQY
----	---	---	---	---	---	---	-----

Nilai penjumlahan tersebut kemudian dibandingkan dengan standar kondisi hidrogeologi seperti tercantum dalam Tabel 3.2. Dengan demikian maka site tersebut dari sisi hidrogeologi merupakan site yang “baik” dengan nilai = C

Tabel 3.2: Penilaian kondisi hidrogeologi

Jumlah nilai	Nilai	Keterangan
< 10	A	Istimewa
11 - 14	B	Sangat baik
15 - 17	C	Baik
18 - 20	D	Cukup
> 20	E atau F	Buruk/sangat buruk

Langkah-8 : Derajat kepekaan akuifer dan jenis limbah



Gambar 3.1: Derajat keseriusan dan potensi bahaya

Tahap ini menggambarkan derajat keseriusan yang disajikan dalam bentuk matrik yang menggabungkan kepekaan akuifer dengan tingkat bahaya limbah yang akan diurug/ditimbun. Jenis akuifer dipilih pada ordinat sumbu-Y, yaitu mulai dari liat berpasir yang dianggap tidak sensitif sampai batu kapur yang dianggap sangat sensitif. Sedangkan tingkat keseriusan pencemar, yang dipilih pada absis sumbu-X, akan tergantung pada jenis limbah yang masuk, mulai dari limbah inert yang tidak berbahaya sampai limbah B-3. Titik pertemuan garis yang ditarik dari sumbu-X dan sumbu-Y tersebut menggambarkan derajat keseriusan pencemaran, mulai dari relatif rendah (A) sampai sangat tinggi (I). Derajat keseriusan tersebut dibagi dalam 9 katagori.

Dari data contoh di atas, calon lokasi mempunyai tingkat derajat keseriusan agak tinggi (E).

Langkah 9 :

Tahap ini merupakan penggabungan langkah 1 sampai 4 dengan langkah 8. Posisi grafis yang digunakan pada langkah 9 digunakan kembali. Dari posisi lokasi tersebut dapat diketahui peringkat situasi standar yang dibutuhkan agar akuifer tidak tercemar. Peringkat ini dinyatakan dalam PAR (*protection of aquifer rating*). Hasil pengurangan PAR dari deskripsi numerik lokasi, digunakan untuk menentukan tingkat kemungkinan pencemaran yang akan terjadi. Nilai-nilai

PAR dalam zone-zone isometrik diperoleh berdasarkan pengalaman empiris yang menyatakan nilai permeabilitas serta sorpsi yang tidak boleh terlampaui agar akuifer tidak tercemar:

- Dari langkah 1 sampai 4 diperoleh nilai berturut-turut : 7-3-3-2
- Dari langkah 9, diperoleh PAR = 14-4 maka penggabungannya adalah:

$$\begin{array}{rcccccc}
 15 & = & 7 & 3 & 3 & 2 \\
 14 & & & & & 4 \\
 \hline
 +1 & & & & -2 & = -1
 \end{array}$$

Nilai tersebut (= -1) dibandingkan dengan daftar dalam Tabel 3.3 di bawah ini. Situasi peringkat menghasilkan nilai = C, artinya kemungkinan pencemaran sulit terkatagorikan, dan derajat penerimaannya adalah "terima" atau "ditolak".

Tabel 3.3 : Situasi peringkat penilaian

Situasi peringkat	Kemungkinan pencemaran	Derajat penerimaan	Nilai
< -8	sangat kecil	kemungkinan terima	A
-4 s/d -7	sulit terkatagori	cenderung terima	B
+3 s/d -3	sulit terkatagori	terima atau tolak	C
+4 s/d +7	mungkin	cenderung tolak	D
> +8	sangat mungkin	hampir pasti : tolak	E

Langkah 10 :

Langkah ini digunakan bila pada lokasi dilakukan tersebut dilakukan masukan teknologi untuk mengurangi dampak pencemaran yang mungkin terjadi, sehingga diharapkan terjadi pergeseran nilai PAR. Perubahan dilakukan dengan memperbaiki kondisi pada langkah 8, sehingga PAR di langkah 9 juga akan berubah. Masukan teknologi yang mungkin diterapkan pada lokasi ini untuk mengurangi potensi bahaya pencemaran antara lain :

- Desain saluran drainase di sekitar lokasi dengan baik dimana meminimalisasi air hujan yang akan masuk ke area landfill seminimal mungkin pula.
- Pembuatan lapisan dasar (liner) yang dapat dilakukan dengan beberapa lapisan pelindung seperti geomembran dengan tujuan agar lindi yang timbul tidak akan merembes ke dalam ailiran air tanah
- Desain pipa lindi yang memungkinkan air lindi dapat terkumpul

Adanya instalasi pengolahan air lindi sebelum dibuang ke badan air penerima

5 PENILAIAN MENURUT METODA HAGERTY [24, 25]

Evaluasi dengan metode ini mengandalkan pada tiga karakteristik umum dari sebuah lahan, yaitu:

- Potensi infiltrasi air eksternal ke dalam sub-permukaan,
- Potensi transportasi cemaran menuju air tanah,
- Mekanisme lain yang berkaitan dengan transportasi cemaran ke luar.

Pertimbangan yang digunakan dalam sistem pembobotan ini adalah:

- Parameter-parameter yang langsung berpengaruh pada transmisi cemaran dianggap sebagai parameter dengan prioritas pertama, misalnya potensi infiltrasi, potensi bocornya dasar lahan-urug, dan kecepatan air tanah. Nilai maksimum adalah 20 SRP (satuan ranking prioritas).
- Parameter-parameter yang mempengaruhi transportasi cemaran setelah terjadinya kontak dengan air dianggap sebagai prioritas kedua, seperti kapasitas penyaringan dan kapasitas sorpsi. Nilai maksimum adalah 15 SRP.
- Parameter-parameter yang mewakili kondisi awal dari air tanah dikenal sebagai prioritas ketiga. Nilai maksimum adalah 10 SRP.

- Parameter-parameter yang mewakili faktor-faktor lain, dikenal sebagai prioritas keempat, seperti jarak potensi cemaran, arah angin dan populasi penduduk. Nilai maksimum adalah 5 SRP.

Rangking suatu lokasi dihitung berdasarkan penjumlahan parameter yang dinilai secara individual, yaitu:

$$I_p + L_p + F_c + A_c + O_c + B_c + T_d + G_v + W_p + P_f$$

dimana :

I_p = potensi infiltrasi
 L_p = potensi keretakan dasar
 F_c = kapasitas filtrasi
 A_c = kapasitas adsorpsi
 O_c = potensi kandungan organik dalam air
 B_c = kemampuan kapasitas penyangga
 T_d = potensi jarak tempuh cemaran
 G_v = kecepatan air tanah
 W_d = arah dominan angin
 P_f = faktor penduduk

Potensi infiltrasi (I_p) dihitung dengan:

$$I_p = \frac{i}{(FC) H}$$

dimana:

i = infiltrasi (% dari rata-rata hujan tahunan)
 FC = kapasitas menahan air bervariasi antara 0,05 (pasir) sampai 0,40 (liat)
 H = ketebalan tanah penutup (inch)

Potensi keretakan dasar (L_p) dihitung dengan:

$$L_p = \frac{1000 K^{1/3}}{T}$$

dimana:

K = koefisien permeabilitas (cm/det)
 T = ketebalan dasar (ft)

Kapasitas filtrasi (F_c) dihitung dengan:

$$F_c = -4 \log \frac{2,5 \times 10^{-5}}{\phi}$$

dimana: ϕ = diameter rata-rata butiran (inch)

Kapasitas sorpsi (A_c) dihitung dengan:

$$A_c = \frac{10 (Or)}{(\log KTK) + 1}$$

dimana:

Or = kandungan organik tanah (% berat kering)
 KTK = kapasitas tukar kation (mev/100 gr)

Kapasitas organik dalam air tanah (O_c) dihitung dengan:

$$O_c = 0,2 \text{ BOD}$$

dimana:

BOD = kebutuhan oksigen secara biokimia (mg/L)

Kapasitas penyangga air tanah (B_c) dihitung dengan:

$$B_c = 10 - Nme$$

dimana:

Nme = nilai terkecil kebutuhan asam atau basa untuk menurunkan pH air sampai 4,5 atau sampai 8,5 (mev)

Potensi jarak tempuh cemaran (Td) dihitung seperti Tabel 3.4 di bawah ini:

Tabel 3.4: Jarak tempuh cemaran

Jarak	Nilai
0 - 500 ft	0
500 - 4000 ft	1
4000 ft - 2 mil	2
2 - 20 mil	3
20 - 50 mil	4
Lebih besar dari 50 mil	5

Jarak diukur dari lokasi lahan-urug ke muka air tanah di bawahnya, atau ke air permukaan lainnya.

Potensi kecepatan air tanah (Gv) dihitung dengan :

$$Gv = \frac{S}{\log (2/K)}$$

dimana :

S = kemiringan hidrolis (ft/mil)

K = permeabilitas (cm/det)

Potensi arah angin (Wp) dihitung dengan :

$$Wp = \sum \frac{[(5 - Ai/36) \log Pi]}{15}$$

dimana :

Ai = sudut arah angin potensial terhadap populasi

Pi = populasi di setiap kuadran (jiwa) dalam jarak 40 km

Faktor populasi (Pf) dihitung dengan :

$$Pf = \log p$$

dimana : p = populasi terbesar (jiwa) pada radius 40 km