

WATER QUALITY  
ENVIRONMENTAL HEALTH



LAPORAN PENELITIAN  
DIK SUPLEMEN UNIVERSITAS AIRLANGGA  
TAHUN ANGGARAN 2002

KKC  
KK  
577.627  
Kem  
P

**PENGARUH PEMBUANGAN SAMPAH TERBUKA (OPEN  
DUMPING) TERHADAP KUALITAS KIMIA AIR  
SUMUR GALI PENDUDUK DI SEKITARNYA  
(STUDI DI TPA SUKOLILO, SURABAYA)**

**SELESAI**

Peneliti:

**dr. SOEDJAJADI KEMAN, MS.Ph.D.**



\*015103141\*

3000151033141

**LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA**

Dibiayai oleh Dana DIK Suplemen Universitas Airlangga Tahun 2002  
S.K Rektor Universitas Airlangga Nomor 4879/J03/PG/2001  
Tanggal 7 Juni 2002  
Nomor Urut: 24

FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS AIRLANGGA

Nopember, 2002

**MILIK  
PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA**

## RINGKASAN

**PENGARUH PEMBUANGAN SAMPAH TERBUKA (OPEN DUMPING) TERHADAP KUALITAS KIMIA AIR SUMUR GALI PENDUDUK DI SEKITARNYA. (Studi Di TPA Sukolilo, Surabaya) (Soedjajadi Keman, 2002; 37 halaman).**

Pencemaran sumber air oleh sampah terjadi karena sampah yang dibuang dengan cara *open dumping* dan tertimbun di TPA mengalami dekomposisi yang menghasilkan cairan lindi (*leachate*). Cairan lindi adalah cairan yang mengandung zat terlarut dan tersuspensi yang sangat halus sebagai hasil penguraian oleh mikroba, biasanya terdiri atas peningkatan kesadahan, nitrit ( $\text{NO}_2$ ), nitrat ( $\text{NO}_3$ ), sulfat ( $\text{SO}_4$ ), besi (Fe), seng (Zn), gas, asam anorganik dan organik. Cairan lindi ditemukan di dasar TPA sampah dan merembes ke arah lapisan tanah dibawahnya. Ketika cairan lindi merembes melalui lapisan tanah yang mendasarinya, banyak unsur-unsur kimia dan biologi yang semula ada padanya akan dilepaskan melalui penyaringan dan penyerapan ke lapisan tanah yang ada disekitarnya, dimana tingkat penyaringan dan penyerapan ini tergantung dari karakteristik tanah. Salah satu penurunan kualitas air sumur gali penduduk di sekitar TPA sampah Sukolilo yang masih dimanfaatkan sebagai sumber air bersih untuk mandi dan mencuci pakaian adalah perubahan kualitas kimia air sumur gali terutama terhadap parameter kimia anorganik yang tidak lagi sesuai dengan persyaratan kualitas air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990. Meskipun TPA sampah Sukolilo sudah tidak beroperasi lagi, tetapi dampaknya terhadap kesehatan lingkungan secara tidak langsung masih akan timbul setelah masa operasi/pasca operasi TPA sampah selesai. Hal ini disebabkan karena timbunan sampah yang ada masih menghasilkan cairan lindi sampai beberapa waktu lamanya. Cairan lindi ini dihasilkan dari proses dekomposisi anaerobik dari sampah, dan dampaknya terhadap kesehatan lingkungan adalah karena pencemaran tanah dan air tanah.

Berdasarkan permasalahan yang ada maka perumusan masalah penelitian ini adalah : (1) Apakah sumur gali penduduk yang ada di sekitar TPA Sukolilo, Surabaya, telah tercemar oleh cairan lindi ?; dan (2) Apakah terdapat korelasi antara jarak TPA sampah Sukolilo kota Surabaya pasca operasi dengan kualitas kimia air sumur gali penduduk yang ada disekitarnya ?

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari kualitas kimia air sumur gali dan pengaruh jarak TPA sampah Sukolilo, Surabaya terhadap kualitas kimia air sumur gali penduduk di sekitarnya.

Penelitian ini dirancang sebagai penelitian observasional di lapangan, dengan analisis datanya bersifat analitik. Pengumpulan data penelitian dilakukan secara *cross-sectional*. Populasi penelitian adalah semua sumur gali penduduk RW VIII Kelurahan Keputih Kecamatan Sukolilo Kota Surabaya yang berada di sekitar TPA sampah. Sampel ditentukan dengan metode *selective sampling* yang memenuhi kriteria (1) Air sumur masih digunakan sebagai sarana mandi, cuci dan kakus (MCK); (2) Sumur sudah dipakai lebih dari 3 tahun; (3) Jarak sumur dari TPA sampah terjauh dalam radius 500 m; dan (4) Apabila ada beberapa sumur gali mempunyai jarak yang sama terhadap TPA sampah, maka hanya diambil salah satu sebagai sampel. Sehingga sampel yang memenuhi kriteria adalah sebanyak 29 sumur gali. Pengumpulan data berupa pengukuran jarak sumur gali terhadap TPA Sukolilo dan pemeriksaan sampel air sumur gali di Laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) Surabaya dilakukan pada bulan Juli 2002. Parameter kimia air sumur gali yang diukur adalah kesadahan, nitrit ( $\text{NO}_2$ ), nitrat ( $\text{NO}_3$ ), sulfat ( $\text{SO}_4$ ), besi (Fe), dan seng (Zn). Kesadahan diukur dengan metode titrasi, sedangkan kadar nitrit ( $\text{NO}_2$ ), nitrat ( $\text{NO}_3$ ), sulfat ( $\text{SO}_4$ ), besi (Fe), dan seng (Zn) diukur dengan metode spektrofotometri.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak TPA sampah Sukolilo terhadap sumur gali penduduk di RW VIII Kelurahan Keputih yang terdekat adalah 20 meter dan jarak terjauh 496 meter. Parameter kesadahan (rata-rata  $853,14 \pm 564,34$  mg/l) dan besi (rata-rata  $1,27 \pm 1,81$  mg/l) bila dibandingkan dengan standard kualitas air bersih menurut Permenkes 416/MENKES/PER/IX/1990, telah melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan. Sedangkan parameter nitrit (rata-rata  $0,15 \pm 0,25$  mg/l), nitrat (rata-rata  $6,17 \pm 4,11$  mg/l), sulfat (rata-rata  $64,86 \pm 62,77$  mg/l) dan seng (rata-rata  $0,04 \pm 1,19$  mg/l) masih berada dibawah kadar maksimum yang diperbolehkan. Jarak TPA sampah berkorelasi dengan kualitas kimiawi air sumur gali untuk parameter seng dan sulfat. Parameter sulfat berkorelasi positif dengan jarak TPA sampah. Parameter seng berkorelasi negatif dengan jarak TPA sampah. Sedangkan untuk parameter kesadahan, nitrit, nitrat, dan besi tidak berkorelasi terhadap jarak TPA sampah.

Disimpulkan bahwa kualitas air sumur gali penduduk di sekitar TPA sampah Sukolilo tidak memenuhi persyaratan kualitas kimia air bersih menurut Permenkes

416/Menkes/Per/IX/1990, terutama untuk parameter kesadahan dan besi. Selanjutnya dapat disimpulkan pula bahwa tidak terdapat korelasi yang konsisten tentang pengaruh pembuangan sampah terbuka (open dumping) Sukolilo, Surabaya terhadap kualitas kimia air sumur gali penduduk di sekitarnya.

Kepada penduduk di sekitar TPA sampah Sukolilo yang masih memanfaatkan sumur gali sebagai sumber penyediaan air bersih disarankan untuk menurunkan kesadahan dan kandungan besi dengan cara aerasi dan penyaringan air dengan arang aktif. Selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang korelasi jarak TPA sampah dengan kualitas kimiawi air sumur gali, dengan mempertimbangkan variabel lain yang diabaikan, seperti karakteristik cairan lindi, topografi, karakteristik tanah, arah aliran air tanah, dan letak saluran air limbah rumah tangga.

(Bagian Ilmu Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga; No Kontrak 774/JO3.2/PG/2002 Tanggal 11 Juni 2002)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Esa atas pimpinanNya sehingga saya dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul 'Pengaruh Pembuangan Sampah Terbuka (Open Dumping) Terhadap Kualitas Kimia Air Sumur Gali Penduduk Di Sekitarnya (Studi di TPA Sukolilo, Surabaya)' ini dengan baik. Penelitian ini dapat dilaksanakan berkat dukungan dari dana DIK SUPLEMEN Universitas Airlangga Tahun 2002, sesuai dengan SK Rektor No. 4879/JO3/PG/2002 tanggal 07 Juni 2002.

Dalam penelitian ini dijabarkan bagaimana pengaruh jarak tempat pembuangan akhir (TPA) sampah terbuka (open dumping) Sukolilo, Surabaya dengan kualitas kimia air sumur gali penduduk di sekitarnya. Meskipun TPA sampah Sukolilo, Surabaya, sudah tidak beroperasi lagi tetapi masih akan terus memproduksi air limbah yang dikenal dengan sebutan cairan lindi (leachate) sampai beberapa waktu lamanya kedepan. Cairan lindi yang merupakan hasil dekomposisi sampah ini sangat potensial sebagai bahan pencemar kimia baik bagi tanah maupun sumber air di sekitarnya.

Dengan selesainya laporan penelitian ini, maka saya menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Med. dr. H. Puruhito selaku Rektor Universitas Airlangga, dan Prof. Dr. H. Sarmanu, MS. selaku Ketua Lembaga Penelitian Universitas Airlangga, serta Prof. Dr. dr. H. Tjipto Suwandi, MOH. selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga yang telah memberikan dukungan dana DIK SUPLEMEN Universitas Airlangga Tahun 2002 dan kesempatan untuk terlaksananya penelitian ini. Tidak lupa saya juga mengucapkan terima kasih kepada Sdri. Ari Wirastuti, SKM. yang telah banyak membantu dalam pengurusan ijin penelitian dan pengumpulan data di lapangan.

Surabaya, November 2002,

Soedjajadi Keman

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN .....	ii
RINGKASAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL DAN GAMBAR .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
I. PENDAHULUAN .....	1
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	4
II.1. Pengertian Sampah .....	4
II.2. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah .....	4
II.3. Pengaruh TPA Sampah Terhadap Kesehatan .....	6
II.4. Sumur Gali .....	6
II.5. Kualitas Kimia Sumur Gali .....	8
II.6. Pengaruh Cairan Lindi Terhadap Kualitas Kimia Air Sumur Gali .....	9
II.7. Kerangka Konseptual .....	12
II.8. Hipotesis Penelitian .....	13
III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....	14
III.1. Tujuan Umum .....	14
III.2. Tujuan Khusus .....	14
III.3. Manfaat Penelitian .....	14
IV. METODE PENELITIAN .....	16
IV.1. Rancang Bangun Penelitian .....	16
IV.2. Populasi Penelitian .....	16
IV.3. Sampel, Besar Sampel, Cara Penentuan dan Pengambilan Sampel .....	17
IV.4. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	17
IV.5. Variabel Penelitian .....	17
IV.6. Teknik Pengumpulan Data .....	18

IV.7. Definisi Operasional .....	18
IV.8. Teknik Analisis Data .....	19
V. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	20
V.1. Gambaran TPA Sampah Sukolilo .....	20
V.2. Hasil Pengukuran Jarak dan Kualitas Kimia Air Sumur Gali .....	21
V.3. Korelasi Jarak TPA Sampah terhadap Kualitas Kimia Air Sumur Gali .....	22
VI. KESIMPULAN DAN SARAN .....	34
VI.1. Kesimpulan .....	34
VI.2. Saran .....	35
DAFTAR PUSTAKA .....	36
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL DAN GAMBAR

### DAFTAR TABEL

Tabel V.1.	Hasil pengukuran jarak sumur gali terhadap TPA Sukolilo dan kualitas kimiawi air sumur gali penduduk RW VIII Kelurahan Keputih tahun 2002 .....	21
------------	---	----

### DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1.	Skema alur pengelolaan sampah .....	5
Gambar II.2.	Skema pola penyebaran mikroorganisme dan bahan kimia terhadap air tanah sekitarnya .....	11
Gambar II.3.	Skema kerangka konseptual penelitian .....	12
Gambar V.1.	Grafik korelasi jarak TPA sampah Sukolilo dengan kesadahan air sumur gali .....	23
Gambar V.2.	Grafik korelasi jarak TPA sampah Sukolilo dengan kadar nitrit air sumur gali .....	24
Gambar V.3.	Grafik korelasi jarak TPA sampah Sukolilo dengan kadar nitrat air sumur gali .....	25
Gambar V.4.	Grafik korelasi jarak TPA sampah Sukolilo dengan kadar sulfat air sumur gali .....	27
Gambar V.5.	Grafik korelasi jarak TPA sampah Sukolilo dengan kadar besi air sumur gali .....	28
Gambar V.6.	Grafik korelasi jarak TPA sampah Sukolilo dengan kadar seng air sumur gali .....	30

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1. Peta Lokasi Penelitian
- Lampiran 2. Hasil Pemeriksaan Kualitas Kimia Air Sumur Gali
- Lampiran 3. Lampiran II Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990



## BAB I. PENDAHULUAN

Telah disadari bahwa kondisi lingkungan yang sehat merupakan salah satu modal pokok untuk mewujudkan masyarakat yang sehat dan sejahtera sehingga kesehatan lingkungan perlu mendapat perhatian yang lebih besar sebagai bagian dari upaya pencegahan penyakit. Salah satu bagian dari kesehatan lingkungan yang perlu mendapat perhatian serius adalah masalah sampah, khususnya sampah padat. Sampah padat terjadi karena adanya kegiatan manusia baik langsung maupun tidak langsung dengan memanfaatkan sumber daya alam dalam upaya untuk pemenuhan kebutuhan dan kelangsungan hidup manusia. Sampah padat yang dihasilkan manusia ini harus dikelola dengan baik agar tidak merusak atau mengganggu sumber daya alam serta menurunkan mutu sumber daya manusia di lingkungan sekitarnya (Djaja, 1986). Di lain pihak dalam mengupayakan perbaikan mutu kesehatan lingkungan, kendala yang dijumpai adalah aplikasi perkembangan teknologi yang berhasil diwujudkan dan ledakan penduduk di daerah perkotaan (Salim, 1985).

Kota Surabaya merupakan kota terbesar dan terpadat penduduknya di Jawa Timur dengan jumlah penduduk mencapai 2.803.389 jiwa dan tingkat pertumbuhan penduduk 1,54 % (Karnaji dan Suyanto, 2000). Keadaan ini tidak hanya menimbulkan keterbatasan dalam hal sandang, pangan, papan dan pelayanan sosial saja, tetapi juga menimbulkan masalah kesehatan lingkungan diantaranya adalah masalah pengelolaan sampah padat. Pengolahan sampah padat dengan sistem *open dumping* di kota Surabaya beberapa tahun terakhir ini telah menjadi masalah yang serius disebabkan oleh karena lokasi dan kapasitas Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah di Sukolilo yang tidak lagi memadai sehingga tidak mampu lagi menampung sampah yang produksinya mencapai 8.000 – 9.000 m<sup>3</sup> per hari (Harian

Jawa Pos, 4 Januari 2001) dan telah menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan lingkungan pada lokasi pemukiman penduduk di sekitar (jarak terdekat hanya 5 meter) TPA sampah Sukolilo. Disamping menimbulkan kebisingan, pencemaran udara dan bau serta gangguan estetika, pembuangan sampah di TPA sampah Sukolilo juga menimbulkan pencemaran tanah dan air tanah seperti air sumur gali penduduk di sekitarnya (Mukono, 1999).

Pencemaran sumber air oleh sampah terjadi karena sampah yang dibuang dengan cara *open dumping* dan tertimbun di TPA mengalami dekomposisi yang bersama air hujan menghasilkan cairan lindi (leachate). Cairan lindi adalah cairan yang mengandung zat terlarut dan tersuspensi yang sangat halus sebagai hasil penguraian oleh mikroba, biasanya terdiri atas kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), kalium (K), besi (Fe), klorida (Cl), sulfat ( $SO_4$ ), fosfat ( $PO_4$ ), seng (Zn), nikel (Ni), karbon dioksida ( $CO_2$ ), air ( $H_2O$ ), gas nitrogen ( $N_2$ ), amoniak ( $NH_3$ ), asam sulfida ( $H_2S$ ), asam organik dan gas hidrogen ( $H_2$ ) (Soemirat, 1999). Cairan lindi ditemukan di dasar TPA sampah dan merembes ke arah lapisan tanah dibawahnya. Ketika cairan lindi merembes melalui lapisan tanah yang mendasarinya, banyak unsur kimia dan biologi yang semula ada padanya akan dilepaskan melalui penyaringan dan penyerapan ke lapisan tanah yang ada disekitarnya, dimana tingkat penyaringan dan penyerapan ini bergantung dari karakteristik tanah (Cummins, 1968).

Secara geologis, jenis tanah di TPA sampah Sukolilo adalah aluvial dengan karakteristik berpasir dan porositas tinggi, sehingga memungkinkan rembesan cairan lindi dari TPA ke daerah sekitarnya (Bahri dan Masduqi, 2000). Salah satu penurunan kualitas air sumur gali penduduk di sekitar TPA Sukolilo yang masih dimanfaatkan sebagai sumber air bersih untuk mandi, cuci dan kakus adalah

perubahan kualitas kimia air sumur gali terutama terhadap parameter kimia anorganik yang tidak lagi sesuai dengan persyaratan kualitas air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990.

Meskipun TPA sampah Sukolilo sudah tidak beroperasi lagi, tetapi dampaknya terhadap kesehatan lingkungan secara tidak langsung masih akan timbul setelah masa operasi/pasca operasi TPA sampah selesai. Hal ini disebabkan karena timbunan sampah yang ada masih menghasilkan cairan lindi sampai beberapa waktu lamanya. Cairan lindi ini dihasilkan dari proses dekomposisi anaerobik dari sampah, dan dampaknya terhadap kesehatan lingkungan adalah karena pencemaran tanah dan air tanah (Soemirat, 1999).

Dari hasil pengamatan langsung di lapangan, maka dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran air tanah oleh sampah di TPA sampah Sukolilo kota Surabaya adalah : (1) Dampak terhadap estetika, dimana efek estetika yang diakibatkan adanya bahan pencemar tersebut adalah timbulnya warna dan bau yang tidak sedap pada sumber air sehingga penduduk tidak dapat lagi menggunakan air tersebut baik sebagai air minum maupun air bersih; dan (2) Dampak terhadap ekonomi, dimana efek ekonomi yang diakibatkan adanya bahan pencemar tersebut diantaranya adalah meningkatnya biaya karena penduduk yang tidak memiliki atau yang belum terjangkau sarana air bersih seperti air PDAM, harus membeli air bersih untuk memenuhi kebutuhannya akan air bersih.

Berdasarkan permasalahan yang ada maka perumusan masalah penelitian ini adalah : (1) Apakah sumur gali penduduk yang ada di sekitar TPA Sukolilo, Surabaya, telah tercemar oleh cairan lindi ?; dan (2) Apakah terdapat korelasi antara jarak TPA sampah Sukolilo, Surabaya pasca operasi dengan kualitas kimia air sumur gali penduduk yang ada disekitarnya ?

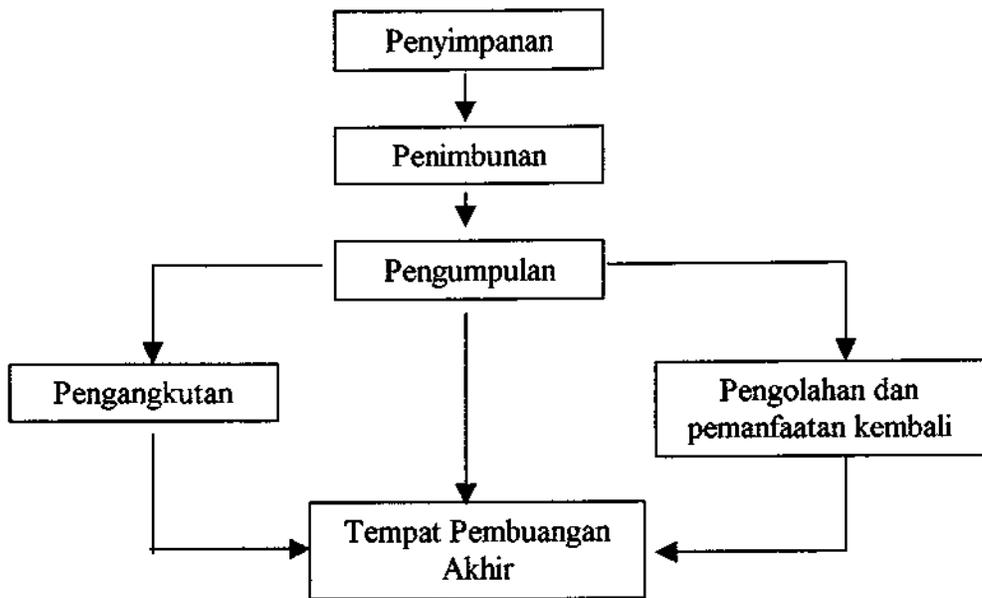
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### II.1. Pengertian sampah

Sampah (*refuse*) adalah sebagian dari sesuatu yang tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang harus dibuang, yang umumnya berasal dari kegiatan yang dilakukan oleh manusia (termasuk kegiatan industri), dan umumnya bersifat padat (Azwar, 1996). Berdasarkan zat-zat kimia yang dikandungnya ada dua jenis sifat sampah yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Sedangkan secara umum karakteristik sampah dapat dirinci sebagai berikut : (1) *garbage* (sisa makanan atau sampah basah); (2) *rubbish* (sampah kering); (3) *ashes* (abu); (4) *street sweeping* (sampah jalanan); (5) *dead animal* (bangkai binatang); (6) *abandoned vehicles* (rongsokan kendaraan); (7) *industrial wastes* (sampah industri); (8) *demolition/construction wastes* (sampah dari bangunan); dan (9) *hazardous wastes* (sampah berbahaya dan beracun). Sampah padat dapat bersumber dari pemukiman penduduk, tempat umum dan perdagangan, sarana pelayanan masyarakat milik pemerintah maupun swasta, kegiatan industri dan pertanian (Soemirat, 1999).

### II.2. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah

TPA sampah adalah tempat untuk pembuangan akhir sampah yang berasal dari berbagai sumber penghasil sampah. TPA sampah biasanya terletak di daerah tertentu dibuat sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu kesehatan lingkungan manusia. TPA sampah merupakan salah satu unsur pokok di dalam pengelolaan sampah yang digambarkan sebagai berikut :



Gambar II.1. Skema alur pengelolaan sampah

Sumber : Sugiharto (1987) *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*.  
 Jakarta : Universitas Indonesia Press.

Lazimnya syarat yang harus dipenuhi dalam membangun TPA sampah adalah (Azwar, 1996) : (1) Tidak dibangun berdekatan dengan sumber air minum atau sumber air lainnya yang dipergunakan oleh manusia seperti mandi, mencuci, kakus dan sebagainya. Adapun jarak yang sering dipakai sebagai pedoman ialah lebih dari 200 m dari sumber air; (2) Tidak dibangun pada tempat yang sering terkena banjir; dan (3) Dibangun di tempat yang jauh dari tempat tinggal manusia yaitu sekitar 2 km dari pemukiman penduduk, serta kurang lebih 15 km dari laut.

Berbagai sistem pembuangan sampah telah dikenal sejak awal peradaban manusia. Semua cara pembuangan sampah di masa lampau masih dipergunakan sampai kini dan mungkin pada masa-masa mendatang. Cara-cara pembuangan sampah dan sekaligus pemusnahan sampah tersebut makin bertambah ragamnya sejalan dengan pertumbuhan ilmu pengetahuan serta teknologi. TPA sampah

Sukolilo merupakan tempat pembuangan sampah secara *open dumping*, suatu cara pembuangan sampah dengan cara meletakkan sampah begitu saja di atas tanah. Cara ini banyak dilakukan di negara-negara yang masih berkembang. Tentu saja banyak pengaruh negatifnya terhadap kesehatan lingkungan, terutama jika sampah tersebut mudah membusuk (Azwar, 1996).

### **II.3. Pengaruh TPA Sampah Terhadap Kesehatan Lingkungan**

Pengaruh pengelolaan TPA sampah *open dumping* terhadap kesehatan masyarakat dan kesehatan lingkungan dapat bersifat positif karena dapat dipakai untuk menimbunan tanah, dipakai sebagai kompos, pakan ternak, untuk produksi biogas, dan untuk beberapa macam sampah dapat di daur ulang. Sebaliknya dampak negatif pengelolaan TPA sampah *open dumping* yaitu sebagai tempat berkembangbiak serangga seperti lalat, kecoa, nyamuk dan menjadi sarang tikus, dapat menjadi sumber pengotoran tanah, sumber-sumber air permukaan tanah atau air dalam tanah maupun udara, menjadi sumber dan tempat hidup bibit penyakit yang membahayakan kesehatan seperti cacing maupun mikroba penyakit saluran pencernaan (Sugiharto, 1987; Azwar, 1996).

### **II.4. Sumur Gali**

Sumur gali merupakan salah satu sarana penyediaan air bersih yang mengambil/ memanfaatkan air tanah dengan cara mengali lubang di tanah sampai mendapatkan air. Lubang kemudian diberi dinding dan bibir, tutup dan lantai serta saluran pembuangan air limbah (Depkes R.I., 1993). Air tanah dalam sumur gali adalah air tanah dangkal. Air tanah dangkal terjadi karena daya peresapan air pada permukaan tanah. Akibatnya lumpur akan tertahan, demikian pula dengan sebagian

bakteri. Air tanah dapat mengandung lebih banyak zat kimia dalam bentuk garam-garam terlarut karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu yang berfungsi sebagai saringan. Selain penyaringan pengotoran juga terus berlangsung terutama pada air yang dekat dengan permukaan tanah. Setelah menemukan lapisan rapat air, maka air yang terkumpul merupakan air tanah dangkal. Air tanah dangkal ini dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan domestik melalui sumur air dangkal. Air tanah dangkal dapat diperoleh pada kedalaman sekitar 15 meter (Pandia, 1995).

Dari segi kesehatan lingkungan, sumur gali ini menjadi kurang baik apabila cara membuatnya tidak benar-benar diperhatikan karena selain sangat dipengaruhi oleh musim juga sangat besar kemungkinannya untuk mendapatkan pencemaran apabila salah di dalam peletakannya misalnya berada di bawah aliran atau dekat dengan tempat pembuangan kotoran seperti sampah dan jamban (Sugiharto, 1983).

Salah satu penyebab dari kurang baiknya kualitas air sumur gali adalah sarana penyediaan air bersih tersebut tidak terlindung dari pencemaran. Bila sarana penyediaan air bersih tersebut dibuat memenuhi persyaratan kesehatan diharapkan pencemaran akan dapat dikurangi sehingga kualitas air yang diperoleh akan lebih baik. Sumur sebagai salah satu sarana penyediaan air bersih harus memenuhi syarat-syarat kesehatan. Persyaratan kesehatan sarana penyediaan air bersih khususnya sumur gali adalah (Depkes R.I., 1993): (1) Jarak sumur minimal 11 meter dari sumber pencemar antara lain jamban, air kotor (comberan), tempat pembuangan sampah, kandang ternak dan lain-lain; (2) Lantai harus kedap air minimal 1 meter dari sumur, tidak retak atau bocor, mudah dibersihkan dan tidak tergenang air (kemiringan minimal 1% - 5%); (3) Tinggi bibir sumur minimal 80 cm dari lantai dibuat dari bahan yang kuat dan rapat air; (4) Dinding sumur minimal sedalam 3

meter dari lantai dibuat dari bahan kedap air dan kuat (tidak mudah retak/longsor);  
 (5) Jika pengambilan air sumur gali dengan pompa tangan atau pompa listrik harus ditutup rapat. Jika pengambilan air dengan ember harus ada ember khusus dengan tali timbanya. Untuk mencegah pencemaran ember dan tali timba harus selalu berada di bagian atas atau digantung.

## II.5. Kualitas Air Sumur Gali

Sumur gali merupakan sarana penyediaan air bersih yang dapat dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan manusia akan air, baik sebagai air minum maupun sebagai air bersih, oleh sebab itu kualitas air bersih juga harus memenuhi standard yang berlaku. Akan tetapi dari manapun asalnya suatu standard parameternya selalu dibagi ke dalam beberapa bagian yaitu parameter fisik, kimia, biologis dan radiologis (Soemirat, 1999). Di Indonesia standard kualitas air minum, air bersih, air kolam renang dan air pemandian umum yang berlaku adalah Permenkes nomor 416/MENKES/PER/IX/1990, dimana standard kualitas air bersih dilihat dari parameter-parameter (lihat juga Lampiran 2) :

1. Parameter fisik : Unsur-unsur didalam air harus sesuai dengan yang tercantum didalam standar kualitas agar tidak terjadi gangguan kesehatan, gangguan teknis dan estetika. Parameter fisik meliputi : (a) bau; (b) jumlah padatan terlarut (TDS); (c) kekeruhan; (d) rasa; (e) temperatur; dan (f) warna air.
2. Parameter kimia meliputi (a) Kimia anorganik, yang meliputi parameter-parameter : Hg, Al, As, Ba, Fe, F, Cd, Kesadahan ( $\text{CaCO}_3$ ), Cl, Cr, Mn, Na,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ , Ag, pH, Se, Zn, CN,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , Cu dan Pb, ditetapkan dalam satuan mg/l; (b) Kimia organik, yang meliputi parameter-parameter : Aldrin dan

Karakteristik cairan lindi TPA sampah pada dasarnya sama dengan jenis air limbah industri dan air limbah rumah tangga, yaitu terdiri dari (Christensen et al., 1992) :

1. Bahan organik, diukur dengan parameter *chemical oxygen demand* (COD) atau *total organic carbon* (TOC);
2. Senyawa organik spesifik berupa hidrokarbon aromatik, fenol dan alifatik terkhlorinasi;
3. Senyawa makro anorganik seperti kalsium, magnesium, sodium, potasium, amonium, besi, mangan, khlorida, sulfat dan hidrogen karbonat.
4. Logam berat seperti cadmium, zinkum, plumbum, cuprum, nikel, chromium.

Dari empat kelompok tersebut kelompok 1 (bahan organik) dan 3 (bahan anorganik) terdapat dalam konsentrasi yang besar yaitu sekitar 97 %.

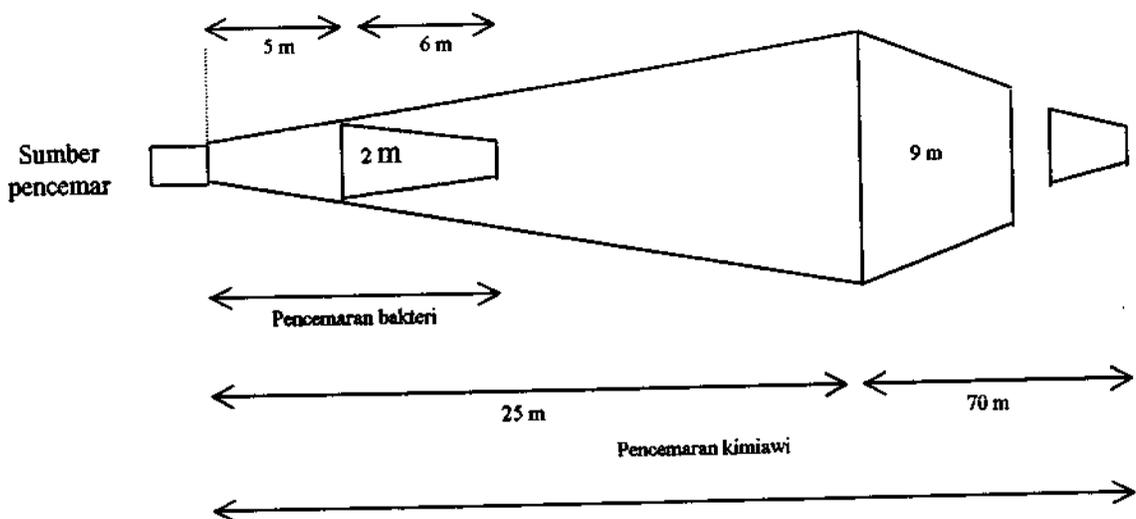
Salah satu aliran air dalam tanah adalah aliran air jenuh, di mana semua ruang pori terisi penuh oleh air. Air bergerak dengan cepat melalui pori yang lebih besar. Potensi gravitasi merupakan gaya utama yang besar yang menjadi penyebab terjadinya aliran. Air dapat mengalir di dalam sebuah pori, besarnya 10.000 kali lebih cepat bila pori mempunyai radius atau diameter 10 kali lebih besar. Pasir mempunyai jumlah pori makro yang besar yang mempunyai suatu konduktivitas jenuh lebih besar dibanding dengan tanah liat. Aliran jenuh selalu berada dalam tanah yang jenuh dan semua pori terisi penuh air. Konduktivitas hidrolik tetap konstan untuk tanah tertentu, jika tidak ada perubahan jumlah dan ukuran pori (Foth, 1991).

Pencemaran sumber air oleh cairan lindi terjadi karena cairan lindi merembes ke arah lapisan tanah di bawahnya, dan dapat bergerak secara vertikal dan horizontal atau keduanya. Ketika cairan lindi merembes melalui lapisan tanah

yang mendasarinya, banyak unsur kimia dan biologi yang semula ada padanya akan dilepaskan melalui penyaringan dan penyerapan ke lapisan tanah yang ada disekitarnya, dimana tingkat penyaringan dan penyerapan ini tergantung dari karakteristik tanah (Cummins, 1968). Pengelolaan dan pengawasan TPA sampah yang kurang baik dapat menyebabkan air tanah dan air permukaan yang dikonsumsi oleh masyarakat terkontaminasi oleh bahan beracun, yang mungkin terkandung dalam cairan lindi.

Melalui pola pencemaran di dalam tanah yang disebabkan oleh cairan lindi, unsur-unsur kimia yang dilepaskannya, dapat menurunkan kualitas kimiawi air tanah pada umumnya dan air sumur gali pada khususnya. Letak sumber-sumber air yang sangat berdekatan sumber pencemaran dapat memperbesar penurunan kualitas kimiawi air tersebut.

Pola pencemaran yang ada didalam tanah yang disebabkan oleh cairan lindi dapat digambarkan sebagai berikut :

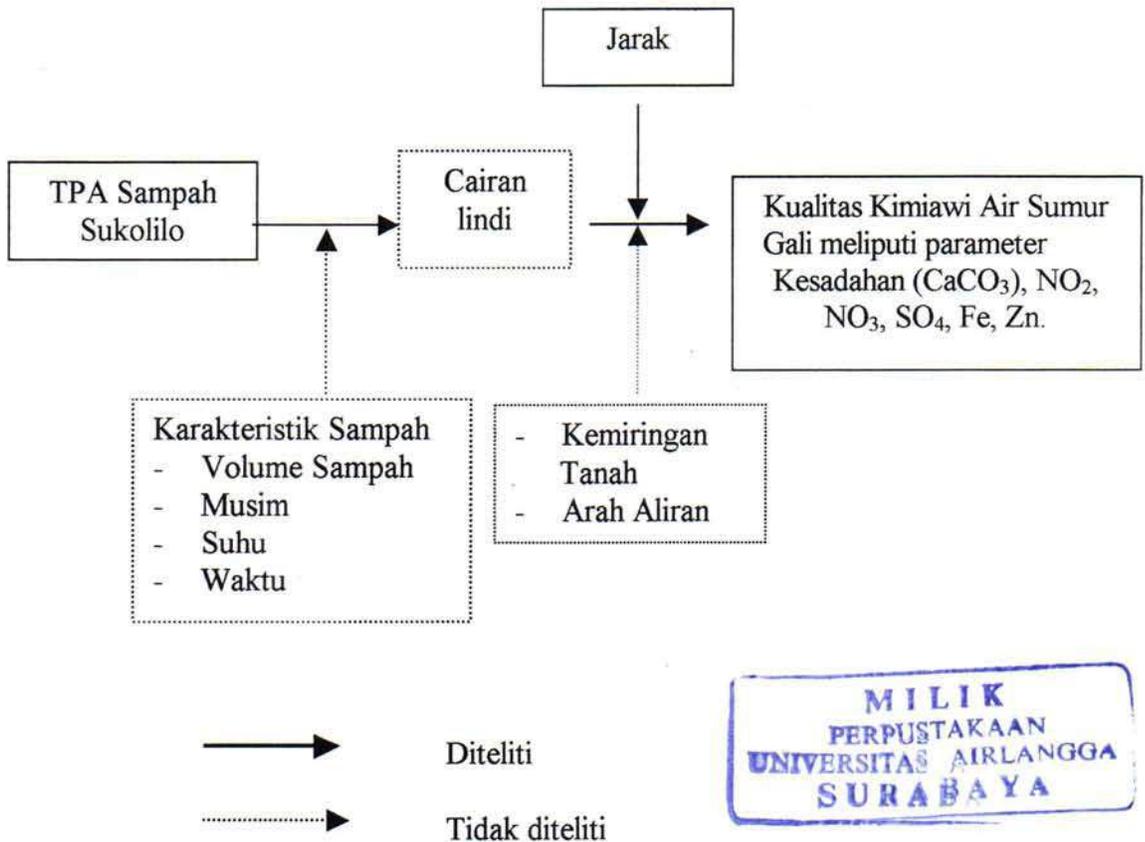


Gambar II.2. Skema pola penyebaran mikroorganisme dan bahan kimia terhadap air tanah disekitarnya

Sumber : Sugiharto (1987) *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*.  
 Jakarta : Universitas Indonesia Press.

Pola di atas menggambarkan penyebaran sumber kontaminasi. Area dari kontaminasi bakteri melebar sampai  $\pm 2$  meter pada jarak 5 meter dari dari sumber pencemar serta meyempit hingga jarak  $\pm 11$  meter. Kontaminasi bersifat searah dengan arah aliran air tanah dan bukan sebaliknya. Pola pencemaran oleh zat kimia mengikuti bentuk yang hampir sama dengan pencecemaran bakteri, hanya jaraknya lebih jauh. Pada jarak 25 meter dari sumber pencemar area kontaminasi melebar sampai  $\pm 9$  meter untuk kemudian menyempit hingga jarak  $\pm 115$  meter (Kusnoputranto, 1986).

**II.7. Kerangka Konseptual**



Gambar II.3. Skema kerangka konseptual penelitian

Timbunan sampah yang ada di TPA sampah oleh karena faktor seperti karakteristik sampah, volume sampah, musim, suhu, dan waktu, dapat menghasilkan cairan lindi yang dapat menimbulkan pencemaran tanah dan air tanah. Bila tanah tercemar oleh cairan lindi dan gas dimana hal ini dipengaruhi oleh topografi, karakteristik tanah, arah aliran air tanah serta letak saluran air limbah rumah tangga. Dampak selanjutnya adalah terjadinya pencemaran air tanah sehingga terjadi pula penurunan kualitas air sumur gali baik secara fisik maupun kimia.

Penelitian ini dilakukan untuk melihat adanya korelasi jarak TPA sampah Sukolilo pasca operasi dengan kualitas kimia air sumur gali penduduk yang berada di sekitarnya. Adapun kualitas kimia air sumur gali yang diukur meliputi parameter kesadahan, nitrit, nitrat, sulfat, besi dan seng.

### **II.8. Hipotesis Penelitian**

1. Air sumur gali penduduk di sekitar TPA sampah Sukolilo, Surabaya tidak memenuhi persyaratan parameter kimia kualitas air bersih menurut Permenkes 416/Menkes/Per/IX/1990.
2. Semakin jauh jarak sumur gali dari TPA sampah semakin berkurang kandungan bahan-bahan pencemar kimia dari cairan lindi.

## **BAB III**

### **TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

#### **III.1. Tujuan Umum**

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mempelajari kualitas kimia air sumur gali dan pengaruh jarak TPA sampah Sukolilo, Surabaya terhadap kualitas kimia air sumur gali penduduk di sekitarnya.

#### **III.2. Tujuan Khusus**

Tujuan Khusus dari penelitian ini adalah :

1. Mengukur jarak sumur gali penduduk dari TPA sampah Sukolilo, Surabaya;
2. Mengukur kualitas kimia air sumur gali penduduk di sekitar TPA sampah Sukolilo, Surabaya yang meliputi parameter kesadahan ( $\text{CaCO}_3$ ), nitrit ( $\text{NO}_2$ ), nitrat ( $\text{NO}_3$ ), sulfat ( $\text{SO}_4$ ), besi ( $\text{Fe}$ ), dan seng ( $\text{Zn}$ ).
3. Menganalisis pengaruh jarak TPA sampah Sukolilo, Surabaya dengan kualitas kimia air sumur gali penduduk di sekitarnya yang meliputi parameter kesadahan ( $\text{CaCO}_3$ ), nitrit ( $\text{NO}_2$ ), nitrat ( $\text{NO}_3$ ), sulfat ( $\text{SO}_4$ ), besi ( $\text{Fe}$ ), dan seng ( $\text{Zn}$ ).

#### **III.3. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk:

1. Bahan informasi untuk kajian penelitian selanjutnya terhadap permasalahan pencemaran air sumur gali oleh cairan lindi dari TPA sampah yang dikelola secara *open dumping*.
2. Dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi pengelola TPA sampah Sukolilo, Surabaya dan penduduk di sekitarnya dalam rangka memperbaiki keadaan kesehatan lingkungan dan pemanfaatan air sumur gali sebagai sumber air bersih. Dengan

demikian diharapkan peningkatan derajat kesehatan lingkungan masyarakat pemukiman di sekitar TPA sampah Sukolilo, Surabaya.

3. Sumbangan informasi bagi Pemerintah Kota Surabaya tentang sistem pembuangan sampah secara *open dumping* dan dampaknya dalam bidang kesehatan lingkungan di Kota Surabaya. Sehingga dapat dijadikan bahan pertimbangan guna mengupayakan alternatif cara atau tempat pembuangan akhir sampah lain yang lebih memenuhi persyaratan kesehatan lingkungan.

## **BAB IV METODE PENELITIAN**

### **IV. 1. Rancang Bangun Penelitian**

Penelitian ini dirancang bangun sebagai penelitian observasional, dengan analisis datanya bersifat analitik, karena data atau fakta diperoleh melalui pengamatan dan pengukuran terhadap gejala atau fenomena dari subyek penelitian, untuk menguraikan tentang keadaan TPA sampah Sukolilo, Surabaya pasca operasi serta korelasinya dengan kualitas kimia air sumur gali penduduk yang ada di sekitarnya. Pengumpulan data penelitian dilakukan secara *cross-sectional*, karena pengamatan dan pengukuran terhadap variabel-variabel yang akan dihubungkan dilaksanakan pada periode waktu yang sama. Berdasarkan tempat penelitian, maka penelitian ini merupakan penelitian lapangan karena pengamatan dan pengukuran variabel penelitian dilakukan di lapangan atau lokasi penelitian.

### **IV. 2. Populasi Penelitian**

Dalam penelitian ini sekumpulan obyek yang menjadi populasi penelitian adalah semua sumur gali penduduk Kelurahan Keputih Kecamatan Sukolilo Kota Surabaya yang berada di sekitar TPA sampah, dalam hal ini meliputi sumur-sumur gali yang berada di RW VIII dengan jumlah populasi 49 sumur gali.

Sumur gali yang berada di RW VIII Kelurahan Keputih ditetapkan sebagai populasi karena RW VIII merupakan wilayah pemukiman penduduk di Kelurahan Keputih yang terdekat dengan TPA sampah yaitu dengan jarak terdekat  $\pm 20$  m dan terjauh  $\pm 500$  m dan sebagian penduduk di wilayah tersebut masih menggunakan sumur gali tersebut sebagai sumber air bersih seperti untuk mandi, mencuci pakaian dan alat dapur serta keperluan kakus (lihat Lampiran 1).

Sedangkan berdasarkan persyaratan yang harus dipenuhi TPA sampah diantaranya adalah dibangun di tempat yang jauh dari tempat tinggal manusia dan jarak yang sering dipakai sebagai pedoman ialah sekitar 2 km dari perumahan penduduk, sekitar 15 km dari laut serta sekitar 200 m dari sumber air.

#### **IV. 3. Sampel, Besar Sampel, Cara Penentuan dan Pengambilan Sampel**

Unit sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sumur gali penduduk RW VIII Kelurahan Keputih, Kecamatan Sukolilo, Kota Surabaya yang berada disekitar TPA sampah.

Sampel ditentukan dengan metode *selective sampling* yang memenuhi kriteria sebagai berikut : (1) Air sumur masih digunakan sebagai sarana mandi, cuci dan kakus (MCK); (2) Sumur sudah dipakai lebih dari 3 tahun (bukan sumur baru); (3) Jarak sumur dari TPA sampah terjauh dalam radius 500 m; dan (4) Apabila ada beberapa sumur gali mempunyai jarak yang sama terhadap TPA sampah, maka hanya diambil salah satu sebagai sampel. Sehingga sampel yang digunakan adalah air sumur gali yang memenuhi kriteria diatas, sebanyak 29 sumur gali.

#### **IV. 4. Lokasi dan Waktu Penelitian**

Lokasi penelitian dilaksanakan di Kelurahan Keputih Kecamatan Sukolilo Kota Surabaya. Waktu penelitian dilaksanakan bulan Juni – Nopember 2002, sedangkan waktu pengumpulan data dilaksanakan pada bulan Juli 2002.

#### **IV. 5. Variabel Penelitian**

Variabel yang akan diukur dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel bebas : Jarak sumur dari TPA sampah.
2. Variabel tergantung : Kualitas kimia air sumur gali yang meliputi parameter kesadahan, nitrit, nitrat, sulfat, besi, dan seng.

#### IV. 6. Teknik Pengumpulan Data

Data primer dikumpulkan dengan cara sebagai berikut :

1. Jarak sumur gali dari TPA sampah (dalam satuan meter) diukur dengan menggunakan *measuring wheel* tipe 20.0, buatan China tahun 1997.
2. Kualitas kimia air sumur gali meliputi parameter kesadahan, nitrit, nitrat, sulfat, besi dan seng di laboratorium BTKL Surabaya. Untuk menentukan kadar nitrit, nitrat, sulfat, seng, besi dalam air sumur gali memakai metode Spektrofotometri dengan menggunakan alat Spektrofotometer tipe UV-VIS Shimadzu 1600 buatan Jepang tahun 2000. Tingkat kesadahan air sumur gali diukur dengan metode Titrimetri.

Data sekunder dikumpulkan dengan wawancara dan studi kepustakaan yaitu :

1. Data dari Dinas Kebersihan Kota Surabaya mengenai karakteristik sampah seperti jumlah sampah, jenis sampah, komposisi sampah.; serta kondisi lokasi TPA sampah Sukolilo yang meliputi luas lahan, volume sampah, cara pengolahan sampah, jarak dari pemukiman, dan jarak dari pusat kota.
2. Data dari Kelurahan Keputih Kecamatan Sukolilo mengenai : batas wilayah Kelurahan Keputih dan luas lahan TPA sampah Sukolilo.

#### IV. 7. Definisi Operasional :

1. Jarak sumur gali dari TPA adalah jarak antara sumur dan batas luar TPA yang dapat diukur dengan menggunakan *measuring wheel* dinyatakan dalam satuan meter.
2. TPA Sampah Sukolilo Pasca Operasi adalah Tempat Pembuangan Akhir Sampah di Kelurahan Keputih, Kecamatan Sukolilo, Kota Surabaya yang sudah tidak digunakan sebagai lahan pembuangan akhir sampah.
3. Kualitas kimia air adalah mutu air dilihat dari parameter kimia air yaitu kadar zat kimia yang ada didalamnya, meliputi kesadahan, nitrit, nitrat, sulfat, besi, dan seng, dinyatakan dalam satuan mg/l.

4. Cairan lindi adalah cairan yang dihasilkan dari proses dekomposisi sampah secara anaerobik bersama dengan air hujan yang mungkin ada.
5. Sumur gali adalah sarana penyediaan air bersih yang memanfaatkan air tanah dangkal dengan cara menggali lubang di tanah, lubang kemudian diberi dinding dan bibir sumur, tutup dan lantai serta saluran pembuangan air limbah (SPAL).
6. Sumur gali penduduk sekitar TPA sampah adalah sumur gali penduduk yang terletak disekitar TPA sampah Sukolilo yaitu di RW VIII Kelurahan Keputih, Kecamatan Sukolilo, Kota Surabaya sampai radius  $\pm 500$  meter dari TPA sampah.

#### **IV.8. Teknik Analisis Data**

Untuk menganalisis pengaruh jarak dari TPA sampah Sukolilo terhadap kualitas kimia air sumur gali penduduk di RW VIII Kelurahan Keputih, Kecamatan Sukolilo, Surabaya digunakan uji statistik korelasi Spearman. Jenis uji statistik korelasi Spearman digunakan karena jenis datanya adalah data rasional tetapi distribusi data yang diperoleh tidak normal. Apabila hasil uji statistik menunjukkan probabilitas ( $p$ ) < 0,05 maka hasil uji statistik tersebut dipertimbangkan sebagai hasil yang signifikan.

## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **V.1. Gambaran TPA Sampah Sukolilo**

TPA sampah Sukolilo merupakan salah satu TPA sampah yang dimiliki Pemerintah Kota Surabaya. Setelah TPA sampah Kenjeran dan Lakarsantri ditutup, maka TPA Sukolilo mulai difungsikan oleh Dinas Kebersihan Kota Surabaya tahun 1982 dan merupakan lahan TPA sampah terluas yaitu  $\pm$  40 Hektar, selain terluas TPA sampah Sukolilo juga merupakan TPA sampah yang terdekat dengan pusat kota yaitu  $\pm$  15 km.

Batas lahan TPA sampah Sukolilo adalah sebagai berikut : sebelah utara berbatasan dengan perumahan Bumi Marina; disebelah selatan berbatasan dengan tambak penduduk; di sebelah barat berbatasan dengan perumahan penduduk; dan di sebelah timur merupakan perumahan penduduk dan penampungan.

Rata-rata jumlah produksi sampah Kota Surabaya menurut Dinas Kebersihan Kota Surabaya adalah 8000-9000 m<sup>3</sup> per hari dengan perincian sampah terangkut dan ditimbun di TPA sebesar 58 %, sampah di daur ulang 11 %, sampah terangkut tapi terbuang ke tempat lain 16 %, sampah tidak terangkut 15 %. Karakteristik sampah yang ada di TPA sampah Sukolilo adalah sebagai berikut :

1. Jenis Sampah : sampah organik 83,85 %; dan sampah anorganik terdiri dari : kertas (13,49 %), plastik (4,43 %), karet (1,86 %), logam (1,04 %), kaca/gelas (0,46 %), kain (0,89 %), lain-lain (3,39 %).
2. Sumber sampah : dari pemukiman (79,19 %), pasar (8,6 %), industri (6,86 %), toko/hotel (2,64 %), fasilitas umum (0,62 %), sapuan jalan (0,62 %), perkantoran (0,17 %), lain-lain (1,3 %).

## V.2. Hasil Pengukuran Jarak dan Kualitas Kimia Air Sumur Gali

Jarak sumur gali diukur dari pagar terluar TPA sampah Sukolilo. Hasil pengukuran jarak sumur gali dari TPA sampah dan kualitas kimia air sumur gali penduduk di sekitarnya dapat dilihat dalam Tabel V.1. berikut :

Tabel V.1. Hasil pengukuran jarak sumur gali terhadap TPA Sukolilo dan kualitas kimiawi air sumur gali penduduk RW VIII Kelurahan Keputih tahun 2002

Jarak (m)	Kesadahan (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Sulfat (mg/l)	Besi (mg/l)	Seng (mg/l)
20	199.94	0.05	3.92	34.00	1.89	1.00
25	192.79	0.42	8.06	13.00	0.41	0.00
31	1677.45	0.09	4.30	100.00	2.28	0.00
35	1124.13	0.72	7.13	55.00	1.77	0.06
39	818.85	0.84	10.35	14.00	0.00	0.00
40	518.74	0.00	4.61	31.00	0.60	0.02
41	294.15	0.00	8.25	23.00	0.78	0.00
45	548.15	0.00	3.92	11.00	9.34	0.00
49	471.44	0.07	2.91	14.00	2.51	0.00
55	221.81	0.12	20.77	15.00	0.00	0.00
58	940.49	0.00	3.27	27.00	1.53	0.07
80	1465.19	0.00	2.84	48.00	0.76	0.00
89	479.78	0.17	3.19	41.00	2.58	0.00
95	418.57	0.06	4.42	32.00	0.00	0.00
96	1781.60	0.03	5.59	115.00	0.00	0.00
97	433.28	0.00	3.25	17.00	1.15	0.00
105	692.05	0.00	2.72	13.00	1.88	0.00
110	677.40	0.00	2.82	18.00	2.59	0.00
113	599.28	0.00	4.51	70.00	1.29	0.00
135	1756.16	0.28	3.49	180.00	0.00	0.00
140,5	1600.73	0.15	13.01	145.00	0.00	0.00
175	2090.85	0.09	3.80	250.00	2.15	0.00
209	1144.01	0.07	5.47	65.00	1.65	0.00
335	512.38	0.01	5.60	45.00	0.00	0.00
359	1445.31	0.02	7.52	205.00	1.33	0.00
375	535.43	0.00	8.72	85.00	0.00	0.02
396	298.92	0.03	4.40	45.00	0.00	0.00
457	401.87	0.34	5.56	45.00	0.00	0.00
496	1400.39	0.81	14.43	125.00	0.23	0.00
Kadar Min.	192,79	0,00	2,72	11,00	0,00	0,00
Kadar Max	2090,85	0,84	20,77	250,00	9,34	1,00
X ± 1 SD	853,14 ± 564,34	0,15 ± 0,25	6,17 ± 4,11	64,86 ± 62,77	1,27 ± 1,81	0,04 ± 0,19
Standard	500,00	1,00	10,00	400,00	1,00	15,00

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa jarak sumur gali yang terdekat dengan TPA sampah adalah 20 meter dan terjauh adalah 496 meter.

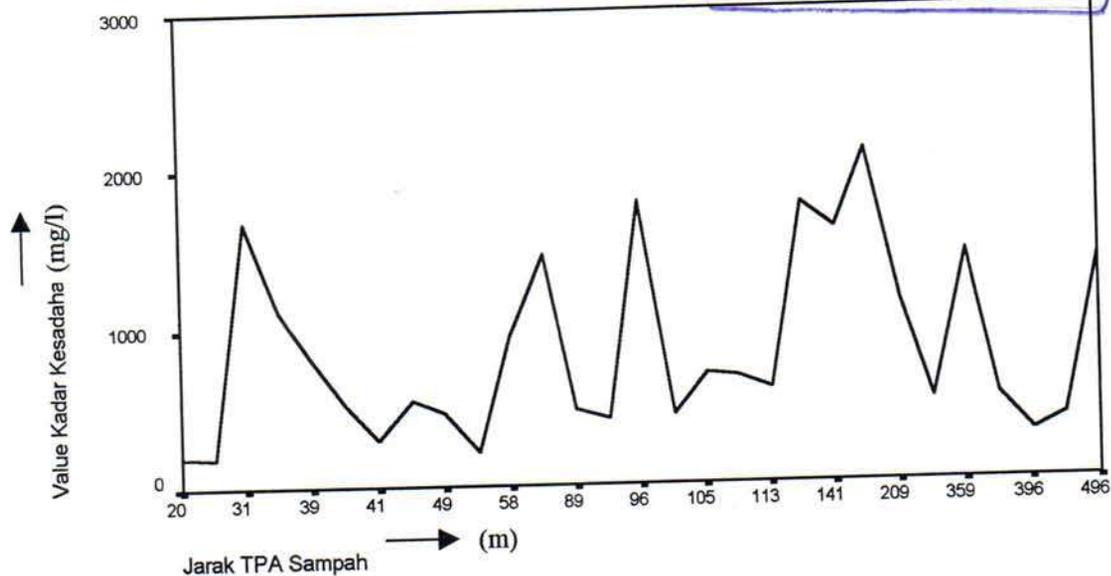
Pengukuran kualitas kimiawi air sumur gali dilakukan oleh Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) meliputi parameter kesadahan, nitrit, nitrat, sulfat, besi, dan seng. Tingkat kesadahan air sumur gali penduduk disekitar TPA sampah Sukolilo terendah 192,94 mg/l dan tertinggi 2.090,85 mg/l; kadar nitrit terendah 0,00 mg/l dan tertinggi 0,84 mg/l; kadar nitrat terendah 2,72 mg/l dan tertinggi 20,77 mg/l; kadar sulfat terendah 11,00 mg/l dan tertinggi 250,00 mg/l; kadar besi terendah 0,00 mg/l dan tertinggi 9,340 mg/l; sedangkan kadar seng hanya ditemukan pada 5 buah sumur gali (17,24 %) dengan kadar terendah 0,00 mg/l dan tertinggi 1,00 mg/l.

Parameter kesadahan (kadar =  $853,14 \pm 564,34$  mg/l), dan besi (kadar =  $1,27 \pm 1,81$  mg/l) bila dibandingkan dengan standard kualitas air bersih sesuai Permenkes 416/MENKES/ PER/IX/1990, melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan. Sedangkan parameter nitrit (kadar =  $0,15 \pm 0,25$  mg/l), nitrat (kadar =  $6,17 \pm 4,11$  mg/l), sulfat (kadar =  $64,86 \pm 62,77$  mg/l) dan seng (kadar =  $0,04 \pm 1,19$  mg/l) tidak melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan.

### **V.3. Korelasi Jarak TPA Sampah terhadap Kualitas Kimiawi Air Sumur Gali**

Dalam menganalisis korelasi jarak TPA sampah dengan kualitas kimiawi air sumur gali, maka uji statistik yang digunakan adalah uji statistik korelasi Spearman. Uji statistik korelasi Spearman digunakan dalam analisis ini, karena data yang diperoleh baik dari hasil pengukuran jarak sumur maupun kualitas kimiawi air sumur gali, setelah dilakukan uji normalitas, menunjukkan bahwa data tidak dalam distribusi normal.

Gambaran korelasi jarak TPA sampah dengan tingkat kesadahan air sumur gali penduduk di sekitarnya dapat dilihat pada Gambar V.1. berikut :

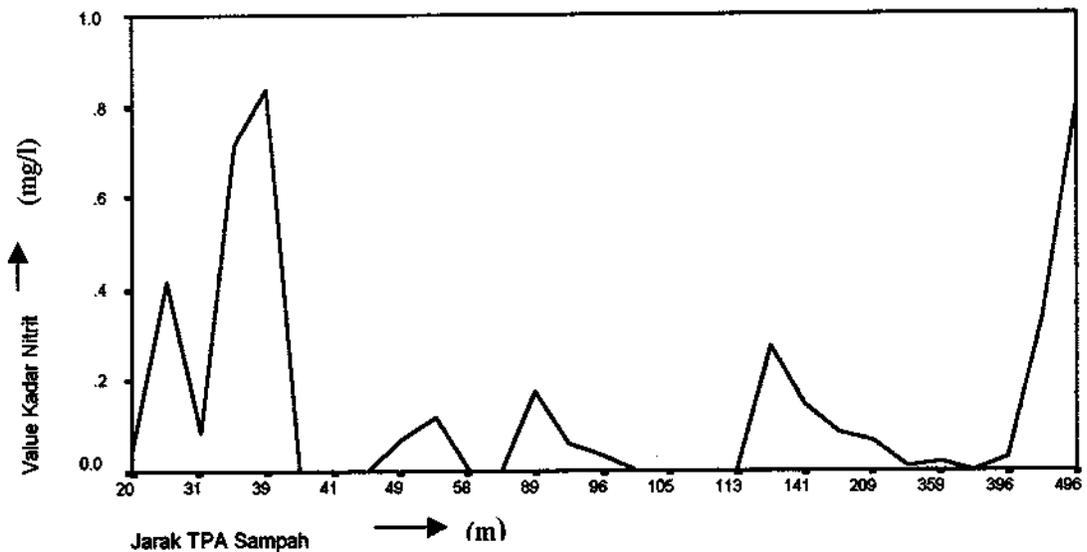


Gambar V.1. Grafik korelasi jarak TPA sampah dengan tingkat kesadahan air sumur gali

Berdasarkan hasil analisis korelasi jarak TPA sampah dengan tingkat kesadahan air sumur gali penduduk di sekitarnya menggunakan uji korelasi Spearman didapatkan koefisien korelasi  $r = 0,24$  dan nilai probabilitasnya  $(p) = 0,21$  ( $p > 0,05$ ) yang berarti tidak terdapat korelasi antara jarak TPA sampah dengan tingkat kesadahan air sumur gali penduduk. Hasil analisis statistik korelasi antara jarak TPA sampah dengan kadar kesadahan air sumur gali, menunjukkan tidak ada korelasi bermakna antara jarak TPA sampah dengan kadar kesadahan.

Kesadahan air terutama disebabkan oleh adanya ion-ion seperti kalsium dan magnesium. Ion-ion ini terdapat dalam air dalam bentuk sulfat, klorida, dan hidrogen karbonat. Kesadahan air alam biasanya disebabkan garam karbonat atau garam asamnya. Kehadiran kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) atau magnesium sulfat ( $\text{MgSO}_4$ ) sangat dipengaruhi geologi tanah di sekitarnya. Sungai yang mengalir ke daerah yang mengandung kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ) akan mengandung garam itu. Kesadahan tidak saja disebabkan oleh pencemaran limbah, tetapi disini susunan geologi tanah di sekitar sungai juga berpengaruh (Sastrawijaya, 1991).

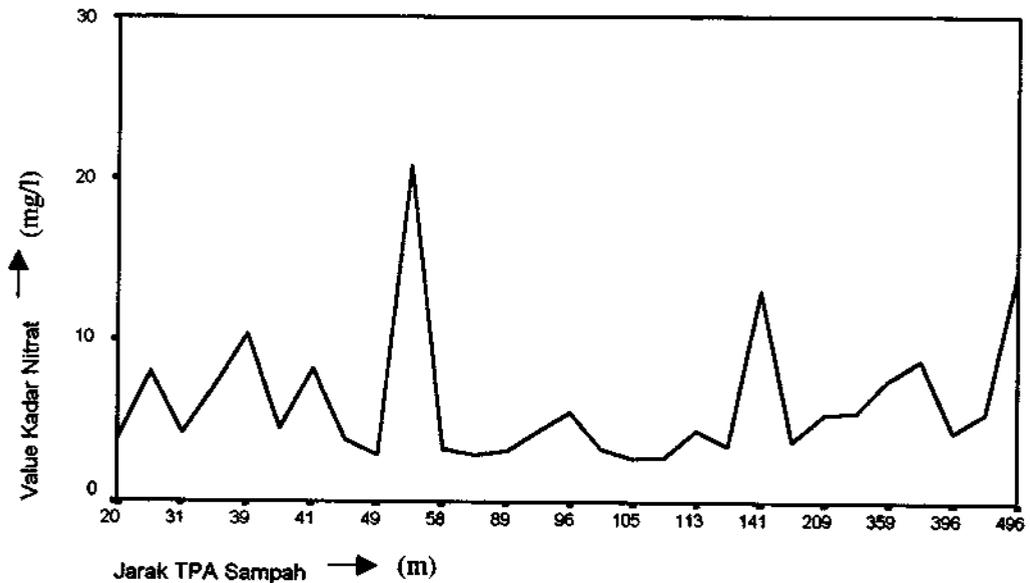
Bila di lihat dari lokasi pengambilan sampel air sumur, ternyata lokasi yang jauh dari TPA sampah tetapi dekat dengan sungai kadar kesadahanya lebih tinggi. Oleh sebab itu perlu dilakukan pengukuran terhadap sampel air sungai yang dekat dengan sumur gali, apabila memang benar mengandung zat-zat yang potensial menyebabkan kesadahan air sumur disekitarnya, maka untuk mempelajari hubungan jarak TPA sampah dengan tingkat kesadahan, faktor ini harus dikendalikan.



Gambar V.2. Grafik korelasi jarak TPA sampah dengan kadar nitrit air sumur gali

Berdasarkan hasil analisis korelasi jarak TPA sampah dengan kadar nitrit air sumur gali penduduk di sekitarnya dengan menggunakan uji korelasi Spearman didapatkan koefisien korelasi  $r = -0,05$  dan nilai probabilitasnya  $(p) = 0,81$  ( $p > 0,05$ ) yang berarti tidak terdapat korelasi antara jarak TPA sampah dengan kadar nitrit air sumur gali penduduk (Gambar V.2.).

Gambaran korelasi jarak TPA sampah dengan kadar nitrat dapat dilihat pada Gambar V.3. berikut :



Gambar V.3. Grafik korelasi jarak TPA sampah dengan kadar nitrat air sumur gali

Berdasarkan hasil analisis korelasi antara jarak TPA sampah Sukolilo dengan kadar nitrat air sumur gali penduduk di sekitarnya dengan menggunakan uji korelasi Spearman didapatkan koefisien korelasi  $r = 0,10$  dan nilai probabilitasnya ( $p$ )  $= 0,59$  ( $p > 0,05$ ) yang berarti tidak terdapat korelasi antara jarak TPA sampah Sukolilo dengan kadar nitrat air sumur gali penduduk.

Hasil analisis statistik korelasi antara jarak TPA sampah Sukolilo baik dengan kadar nitrit maupun nitrat air sumur gali penduduk di sekitarnya tersebut diatas menunjukkan tidak ada hubungan antara jarak TPA sampah dengan kadar nitrit dan nitrat dalam air sumur gali.

Keberadaan nitrit dan nitrat di alam berkaitan erat dengan siklus Nitrogen dalam alam. Ada tiga tandon nitrogen di alam, pertama ialah udara (nitrogen bebas), kedua senyawa anorganik (nitrat, nitrit, amoniak), dan ketiga adalah senyawa organik (protein, urea, dan asam urat). Nitrogen terbanyak ada di udara yaitu 78 % dari volume udara.

Dari ketiga tandon nitrogen tersebut, nitrogen bebas tidak dapat dijadikan indikator pencemaran air, sebab nitrogen bebas dalam perjalanannya selalu berhubungan dengan air. Nitrogen dalam protein tanaman atau hewan atau hasil metabolismenya juga sukar diukur sebagai bahan pencemar. Jadi indikator pencemaran air yang mungkin adalah dalam nitrogen anorganik seperti nitrat, nitrit dan amoniak (Satrawijaya, 1991).

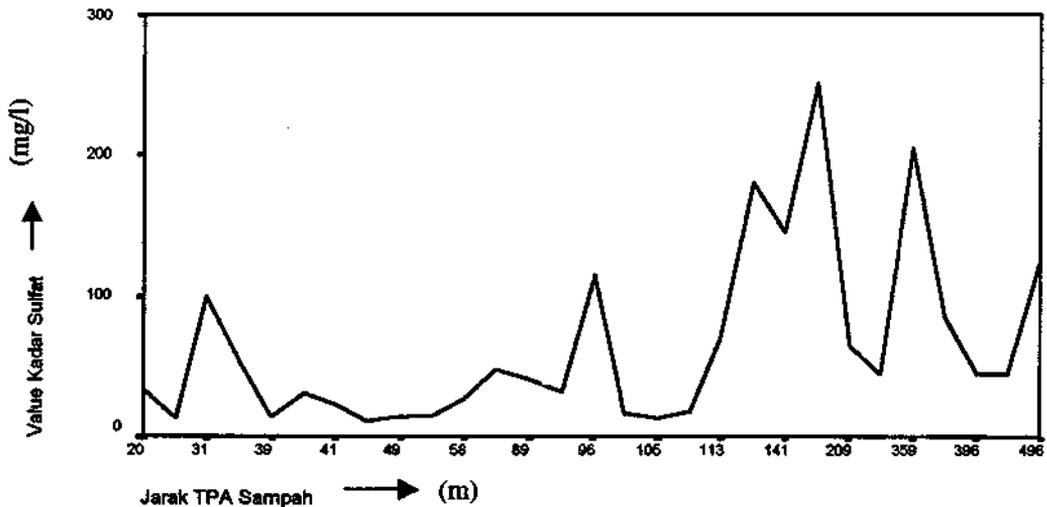
Dalam tanah amoniak teroksidasi menjadi nitrat oleh bakteri *Nitrobacteria* dan menjadi nitrit oleh bakteri *Nitrosomonas*. Amonia dapat terbentuk dari dekomposisi bahan-bahan organik yang mengandung nitrogen misalnya tinja, hidrolisis urea yang terdapat dalam urine dan dari tumbuh-tumbuhan yang mati (Margono, 1991). Jika amoniak diubah menjadi nitrat oleh bakteri dalam air, maka dalam air akan terdapat juga nitrit. Hal ini terjadi jika air tidak mengalir, khususnya di bagian dasar. Jumlah nitrit yang terbentuk tidak banyak, apalagi di permukaan air. Konsentrasi nitrat yang tinggi disebabkan antara lain karena kotoran hewan. Pengotoran 1000 ternak sama dengan kotoran kota berpenduduk 5000 jiwa (Satrawijaya, 1991).

Oleh sebab itu di dalam mempelajari hubungan jarak TPA sampah dengan kadar nitrit dan nitrat, faktor seperti saluran pembuangan air limbah (SPAL) dan atau letak kandang hewan harus dikendalikan, karena faktor tersebut dapat menjadi sumber pencemaran yang lebih dominan, karena lebih dekat dengan letak sumur gali.

Selanjutnya, hasil analisis korelasi antara jarak TPA sampah Sukolilo dengan kadar sulfat air sumur gali penduduk di sekitarnya dengan menggunakan uji korelasi Spearman didapatkan koefisien korelasi  $r = 0,53$  dan nilai probabilitasnya  $(p) = 0,003$  ( $p < 0,01$ ) yang berarti terdapat korelasi positif antara jarak TPA sampah dengan kadar sulfat air sumur gali penduduk di sekitarnya.

Hasil analisis korelasi jarak TPA sampah dengan kadar sulfat air sumur gali, menunjukkan ada korelasi positif antara jarak TPA sampah dengan kadar Sulfat, yaitu semakin jauh jarak semakin tinggi kadar sulfatnya.

Gambaran korelasi jarak TPA sampah dengan kadar sulfat dapat dilihat pada Gambar V.4. berikut :



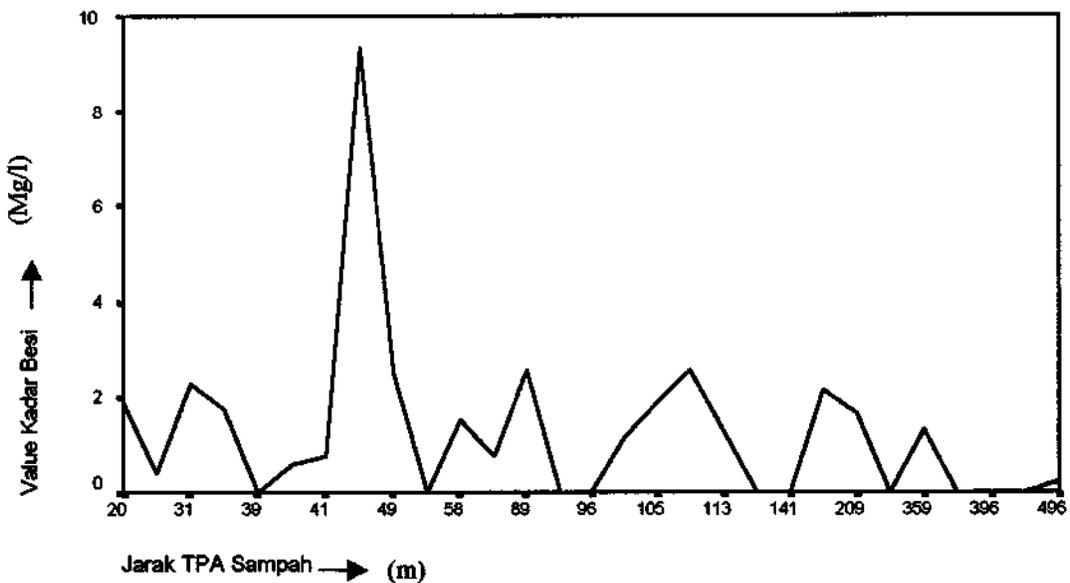
Gambar V.4. Grafik korelasi jarak TPA sampah dengan kadar sulfat air sumur gali

Proses pembusukan sampah dapat terjadi secara aerobik dan anaerobik, tetapi yang paling utama ialah proses pembusukan secara anaerobik dengan menghasilkan gas seperti metan, karbondioksida,  $H_2S$  dan  $NH_3$  (Soedjono et al., 1991). Gas  $H_2S$  menimbulkan bau yang merangsang. Sebagian besar gas  $H_2S$  (80 %) akan teroksidasi menjadi gas  $SO_2$ . Sedangkan 20 % gas  $SO_2$  adalah hasil ulah manusia, yakni akibat bahan bakar yang mengandung belerang dan pelelehan logam non-fero, kilang minyak, dan letusan gunung. (Sastrawijaya, 1991). Oksidasi  $SO_2$  didalam buangan gas sangat dipengaruhi oleh kelembaban relatif. Sedikit oksidasi terjadi pada kelembaban relatif dibawah 70 %, tetapi pada kelembaban yang lebih tinggi terdapat oksidasi yang relatif cepat dan perubahan menjadi asam sulfurat.  $SO_2$  dalam atmosfer dapat berhubungan timbal balik dengan makhluk hidup dalam berbagai cara. Ia dapat diserap pada

permukaan lembab tanaman, tanah, sistem perairan, dan sebagainya. Atau ia dapat diubah menjadi asam sulfat dan tertinggal dalam atmosfer sebagai butir aerosol yang hilang oleh presipitasi. Penggunaan cerobong asap yang tinggi bersamaan dengan keadaan meteorologi dan atmosfer yang sesuai dapat menyebabkan perpindahan dan penimbunan sulfat ribuan kilometer dari sumber emisinya (Connel dan Miller, 1995).

Dari uraian di atas dapat dijelaskan bahwa keberadaan sulfat dalam air sumur gali juga sangat dipengaruhi oleh kualitas udara di sekitarnya. Di dalam udara terjadi reaksi fotokimia, yang dapat merubah sulfur dioksida menjadi berbagai macam senyawa sebelum jatuh ke permukaan air, dan karena afinitas sulfur dioksida besar terhadap air menyebabkan kadar sulfat dalam air juga meningkat (Soemirat, 1999).

Gambaran korelasi jarak TPA sampah dengan kadar besi air sumur gali penduduk di sekitarnya dapat dilihat pada Gambar V.5. berikut :



Gambar V.5. Grafik korelasi jarak TPA sampah dengan kadar besi air sumur gali

Berdasarkan hasil analisis korelasi jarak TPA sampah dengan kadar besi air sumur gali menggunakan uji korelasi Spearman didapatkan koefisien korelasi  $r = -0,34$

dan nilai probabilitasnya ( $p$ ) = 0,07 ( $p > 0,05$ ) yang berarti tidak terdapat korelasi antara jarak TPA sampah dengan kadar besi air sumur gali penduduk.

Berdasarkan hasil analisis korelasi jarak TPA sampah baik dengan kadar besi air sumur gali menunjukkan tidak ada hubungan antara jarak TPA sampah dengan kadar besi dalam air sumur gali.

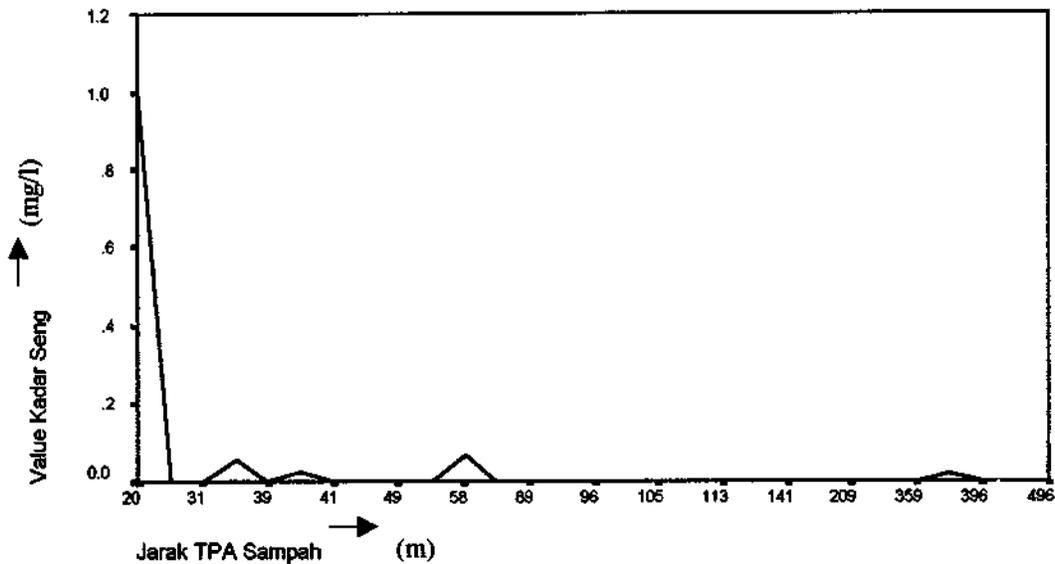
Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Pada umumnya besi yang ada di dalam air dapat bersifat : (a) terlarut sebagai  $Fe^{2+}$  (ferro) atau  $Fe^{3+}$  (feri); (b) tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter  $< 1$  mikron) atau lebih besar, seperti  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$ ,  $Fe(OH)_3$ , dan sebagainya; serta (c) bergabung dengan zat organik atau zat padat anorganik (seperti tanah liat). Besi, di alam juga terdapat sebagai hematit. Di dalam air minum besi menimbulkan rasa, warna (kuning), pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi, dan kekeruhan (Soemirat, 1999). Pada air permukaan jarang ditemui kadar besi lebih besar dari 1 mg/l, tetapi di dalam air tanah kadar besi dapat jauh lebih tinggi (Alaerts dan Santika, 1984).

Pencemaran tanah oleh cairan lindi dapat menyebabkan kadar besi dalam air tanah meningkat, tetapi karakteristik tanah seperti geologi tanah juga mempengaruhi keberadaan besi dalam air sumur gali, karena besi juga merupakan salah satu unsur pembentuk mineral tanah (Sarief, 1986).

Seng dalam air sumur gali hanya terdeteksi pada 5 dari 29 (17,24 %) air sumur gali yang diperiksa. Hasil analisis korelasi antara jarak TPA sampah Sukolilo terhadap kadar seng air sumur gali penduduk di sekitarnya dengan menggunakan uji korelasi Spearman didapatkan hasil koefisien korelasi jarak dan kadar seng adalah  $r = - 0,380$  hal ini berarti arah korelasi negatif yaitu semakin jauh jarak, semakin rendah kadar seng dalam air sumur gali, karena besar koefisien korelasi  $< 0,5$  maka jarak berkorelasi lemah

dengan kadar seng. Sedangkan dilihat dari signifikansinya, dengan angka signifikan  $p = 0.04$  ( $p < 0,05$ ) dan berarti terdapat korelasi negatif yang signifikan antara jarak TPA sampah dengan kadar seng air sumur gali penduduk di sekitarnya.

Gambaran korelasi jarak TPA sampah dengan kadar seng dapat dilihat pada Gambar V.6. berikut.



Gambar V.6. Grafik korelasi jarak TPA sampah dengan kadar seng air sumur gali

Berdasarkan hasil analisis korelasi jarak TPA sampah dengan kadar seng dalam air sumur gali, menunjukkan ada korelasi negatif antara jarak TPA sampah dengan kadar seng, yaitu semakin jauh jarak semakin rendah kadar sengnya. Hal ini tidak berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Bahri dan Masduqi (2000) menunjukkan bahwa hasil pengukuran dengan metoda *Self Potential* (SP) di lokasi penelitian menunjukkan adanya keterkaitan langsung maupun tidak langsung pencemaran tanah oleh cairan lindi dengan kualitas air sumur sekitar lokasi penelitian. Terlihat adanya hubungan yang signifikan antara besarnya harga pengukuran SP terhadap jarak lokasi TPA sampah, hal ini berkaitan dengan kandungan bahan penyusun cairan lindi yang berasal

dari bahan logam. Data sumur gali dan tanah sekitar lokasi penelitian menunjukkan adanya kenaikan kandungan zat-zat penyusun cairan lindi mendekati lokasi TPA sampah Sukolilo.

Seng merupakan salah satu unsur kimia dan termasuk ke dalam golongan logam. Logam di dalam air, baik logam ringan maupun logam berat, jarang sekali berbentuk atom tersendiri, tetapi biasanya terikat oleh senyawa lain sehingga terbentuk molekul. Seng di alam ditemukan dalam bentuk sulfida. Pencemaran logam terhadap alam lingkungan merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam tersebut oleh manusia (Darmono, 1995). Dalam kondisi normal, beberapa macam logam baik logam ringan maupun logam berat jumlahnya sangat sedikit dalam air. Logam yang terkandung dalam air bertambah jumlahnya biasanya karena pengotoran seperti buangan air limbah, erosi, dan dari udara secara langsung. Kandungan logam dalam air sangat tergantung pada asal sumber air (air tanah atau air sungai), disamping itu jenis air (air tawar, air payau, dan air laut) juga mempengaruhi kandungan logam di dalamnya (Darmono, 1995).

Selanjutnya proses pengangkutan dan perubahan bentuk pencemar di dalam lingkungan dihubungkan dengan : (1) sifat fisika-kimia pencemar, (2) proses pengangkutan di dalam lingkungan, dan (3) proses perubahan bentuk pencemar (Connell dan Miller, 1995). Tanah dengan pH kurang dari 6,0 menyebabkan ketersediaan unsur fosfor, kalium, belerang, kalsium, magnesium dan molibdinum menurun dengan cepat, sedangkan pada pH tanah lebih besar dari 8,0 akan menyebabkan unsur nitrogen, besi, mangan, tembaga, dan seng relatif sedikit ketersediaannya (Sarief, 1986).

Dari hasil pemeriksaan awal air sumur gali terhadap pH menunjukkan bahwa pH air sumur gali adalah berkisar antara 7 – 10, hal ini sangat mempengaruhi keberadaan seng di dalam air sumur gali tersebut.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan tersebut diatas menunjukkan bahwa ada korelasi yang signifikan antara jarak TPA sampah Sukolilo terhadap kadar seng air sumur gali penduduk di sekitarnya dengan arah korelasi adalah negatif. Untuk parameter sulfat menunjukkan ada korelasi yang bermakna antara jarak TPA sampah dengan kadar sulfat air sumur gali dengan arah korelasi positif. Sedangkan untuk parameter kesadahan, nitrit, nitrat, besi sumur gali penduduk tidak menunjukkan adanya korelasi yang signifikan terhadap jarak dari TPA sampah Sukolilo.

Dari uraian tersebut di atas dapat dilihat bahwa hampir semua parameter kimia air sumur penduduk di sekitarnya tidak berkorelasi dengan jarak TPA sampah Sukolilo. Dalam mempelajari TPA sampah dan hubungannya dengan kualitas kimiawi air sumur gali, banyak variabel yang mempengaruhi bukan hanya variabel jarak saja. Variabel-variabel seperti karakteristik tanah (Cummins, 1968), arah aliran air tanah, letak saluran air limbah rumah tangga (Soegiharto, 1987) dapat menjadi variabel pengganggu yang perlu dikendalikan dalam mempelajari hubungan tersebut.

Cairan lindi yang dihasilkan sampah secara langsung maupun tidak langsung memang sangat potensial sebagai sumber pencemar bagi air sumur gali, tetapi kotoran rumah tangga (*domestic sewage*) seperti air buangan dari kamar mandi, tempat mencuci, WC, serta tempat memasak bila tidak dilengkapi dengan saluran pembuangan air limbah (SPAL) juga berpotensi sebagai sumber pencemar bagi air sumur gali (Soegiharto, 1987).

Keberadaan zat pencemar kimiawi di dalam air, sangat tergantung dari sifat atau karakteristik zat pencemar itu sendiri, seperti kepekatan dan keseimbangan kelarutan

zat-zat kimia. Kepekatan dan keseimbangan kelarutan zat-zat kimia yang terkandung dalam zat pencemar seperti cairan lindi, mempengaruhi perilaku pencemar dalam sistem perairan. Selanjutnya penyebaran zat pencemar kimiawi dalam lingkungan perairan sangat dipengaruhi oleh sejumlah proses pengangkutan interaktif, seperti penguapan, presipitasi dari udara, pencucian dan aliran. Proses penguapan menurunkan kepekatan dalam air, sedangkan proses presipitasi dari udara, pencucian dan aliran meningkatkan kepekatan (Connell dan Miller, 1995), sehingga identifikasi ataupun pemeriksaan secara kualitas maupun kuantitas terhadap cairan lindi yang dihasilkan TPA sampah juga perlu dilakukan untuk mengetahui karakteristik cairan lindi tersebut.

Walaupun terdapat korelasi negatif yang signifikan antara kadar seng air sumur gali penduduk terhadap jarak dari TPA sampah Sukolilo, secara umum dapat dikatakan bahwa tidak terdapat pola yang konsisten tentang pengaruh TPA sampah terbuka (open dumping) Sukolilo, Surabaya terhadap kualitas kimia air sumur gali penduduk di sekitarnya.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **VI.1. Kesimpulan**

1. Disimpulkan bahwa kualitas air sumur gali penduduk di sekitar TPA sampah Sukolilo tidak memenuhi persyaratan kualitas kimia air bersih menurut Permenkes 416/Menkes/Per/IX/1990, terutama untuk parameter kesadahan dan besi. Parameter kimia air sumur gali penduduk di sekitar TPA sampah Sukolilo Surabaya tepatnya di RW VIII Kelurahan Keputih, Kecamatan Sukolilo, Kota Surabaya, yang meliputi parameter kesadahan (kadar =  $853,14 \pm 564,34$  mg/l), dan besi (kadar =  $1,27 \pm 1,81$  mg/l) bila dibandingkan dengan standard kualitas air bersih sesuai Permenkes 416/Menkes/Per/IX/1990, telah melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan. Walaupun demikian parameter nitrit (kadar =  $0,15 \pm 0,25$  mg/l), nitrat (kadar =  $6,17 \pm 4,11$  mg/l), sulfat (kadar =  $64,86 \pm 62,77$  mg/l) dan seng (kadar =  $0,04 \pm 1,19$  mg/l) dalam air sumur gali tersebut masih berada di bawah kadar maksimum yang diperbolehkan.
2. Secara umum dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pola yang konsisten tentang pengaruh pembuangan sampah terbuka (open dumping) Sukolilo, Surabaya terhadap kualitas kimia air sumur gali penduduk di sekitarnya. Hal ini disebabkan jarak TPA sampah Sukolilo berkorelasi dengan kualitas kimia air sumur gali penduduk di sekitarnya untuk parameter seng dan sulfat. Kadar seng air sumur gali penduduk di sekitarnya berkorelasi negatif dengan jarak TPA sampah Sukolilo. Sedangkan kadar sulfat air sumur gali penduduk di sekitarnya berkorelasi positif dengan jarak TPA sampah Sukolilo. Sedangkan untuk parameter kesadahan, nitrit, nitrat, besi air sumur gali penduduk di sekitarnya tidak berkorelasi terhadap jarak TPA sampah Sukolilo.

## VI.2. Saran

Bagi masyarakat disarankan bila masih mempergunakan air sumur gali sebagai sarana air bersih, maka untuk menurunkan tingkat kesadahan dan kandungan besi air sumur gali dapat dilakukan dengan teknik aerasi dan penyaringan air dengan memakai arang aktif. Masyarakat perlu memperhatikan persyaratan kesehatan sumur gali, misalnya dengan memberi tutup sumur gali untuk mencegah masuknya bahan pencemar dari udara ke dalam sumur gali tersebut.

Disarankan dalam penelitian korelasi jarak TPA sampah Sukolilo dengan kualitas kimiawi air sumur gali penduduk di sekitarnya, perlu memperhitungkan variabel lain yang diabaikan, seperti karakteristik cairan lindi, topografi, karakteristik tanah, arah aliran air tanah, dan letak saluran air limbah rumah tangga.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G dan Santika SS (1984) *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Azwar A (1996) *Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan*. Jakarta : Mutiara Sumber Widya.
- Bahri AS dan Masduqi . (2000) *Pendugaan Pencemaran Air Tanah oleh Lindi Menggunakan Metoda Potensial Diri : Studi Kasus Tempat Pembuangan Sampah Akhir Sukolilo, Surabaya*. *Jurnal Purifikasi*, Volume 1 Nomor 3, Mei 2000. Surabaya : Lembaga Penelitian ITS.
- Christensen TH, Cossu R, Stegman R. (1992) *Landfilling of Waste: Leachate*. London, New York : Elsevier Science Publihshe LTD.
- Connell DW dan Miller GJ (1995) *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Jakarta : UI Press.
- Cummins RL (1968) *Effect of Land Disposal of Solid Wastes on Water Quality*. Cicinati : U. S. Departement of Health Education, and Welfore, Public Health Service. Publication SW – 2ts.
- Darmono (1995) *Logam dalam Sistem Biologi Mahluk Hidup*. Jakarta : UI Press.
- Depkes RI (1993) *Pedoman Tehnis Perbaikan Kualitas Air*. Jakarta : Dirjen P2M PLP.
- Djaja IM (1986) *Pengelolaan Sampah Padat*. Jakarta : Depdikbud UI.
- Foth HD (1991) *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Yogyakarta, Indonesia : Gadjah Mada University Press.
- Fungaroli AA and Schonberger R J (1970) *Hydrology and Leachate Generation*. *Nate Ind. Solid Waste Management Conf*.
- Harian Jawa Pos (4 Januari 2001) *Dari Lomba Mengatasi Masalah Sampah Surabaya*.
- Karnaji dan Suyanto B (2000) *Pengkajian dan Pengembangan Implementasi Program Gerdu Taskin di Desa Pantai dan Rural di Jawa Timur*. Surabaya : Lutfansah Mediatama.
- Kusnopranto H (1986) *Air Buangan dan Kesehatan*. Jakarta : Depdikbud UI
- Mukono HJ (1999) *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*. Surabaya : Airlangga University Press.
- Pandia S (1995) *Kimia Lingkungan*. Jakarta : Dirjen Dikti, Depdikbud.

Pojasek RB (1982) Toxic and Harzardous Waste Disposal. Second Printing, Vol. 2., Michigan : Ann Arbor Science Publishers.

Salim E (1985) Lingkungan Hidup dan Pembangunan. Jakarta : Mutiara.

Sarief S (1986) Ilmu Tanah Pertanian. Bandung : Pustaka Buana.

Sastrawijaya AT (2000) Pencemaran Lingkungan. Jakarta : Rineka Putra.

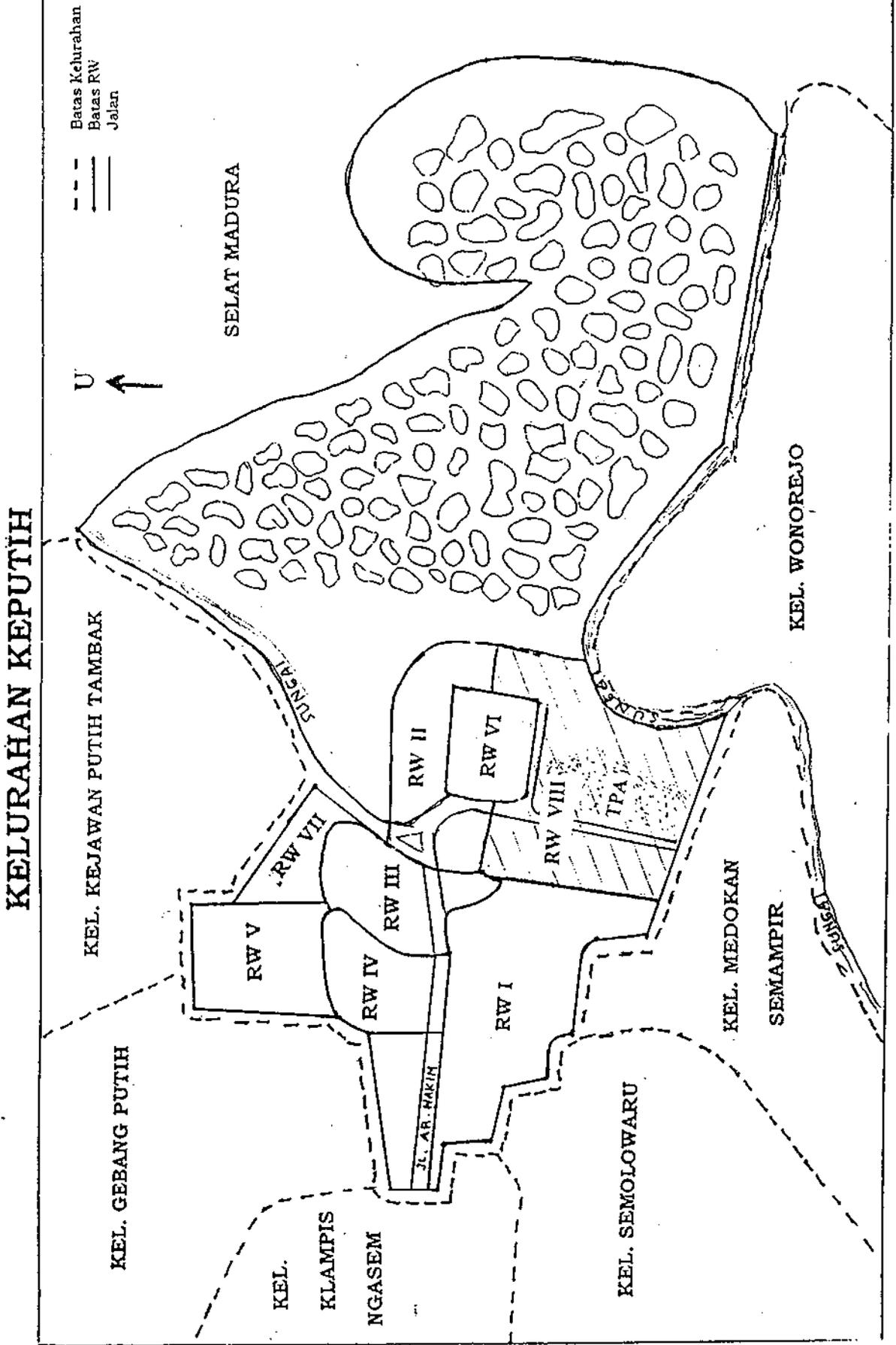
Soedjono et al. (1991) Pedoman Bidang Studi Pengawasan Pencemaran Lingkungan Fisik untuk Institusi Pendidikan Tenaga Kesehatan Lingkungan. Jakarta : Pusdiknakes.

Soemirat J (1999) Kesehatan Lingkungan. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Sugiharto (1983) Penyediaan Air Bersih Bagi Masyarakat. Jakarta : Pusdiklat Pegawai Depkes.

Sugiharto (1987) Dasar Dasar Pengelolaan Air Limbah, Jakarta : Universitas Indonesia Press.

### Lampiran I. Peta Lokasi Penelitian





**PERIKSAAN KIMIA**

Jenis Air : Air bersih  
 Berasal dari : Sumur Gali Kec. Sukolilo  
 Diambil Oleh : Soedjajadi Keman  
 Dimasuki/diterima Tanggal : 08 Juli 2002  
 Kode No. Lab. Asal Sampel :

- |  |  |
|--|--|
| 2658. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 01 | 2666. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 09 |
| 2659. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 02 | 2667. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 10 |
| 2660. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 03 | 2668. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 11 |
| 2661. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 04 | 2669. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 12 |
| 2662. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 05 | 2670. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 13 |
| 2663. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 06 | 2671. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 14 |
| 2664. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 07 | 2672. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 15 |
| 2665. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 08 | 2673. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 16 |

**Hasil Pengujian :**

No	Parameter	Satuan	Hasil No. Lab.							
			2658	2659	2660	2661	2662	2663	2664	2665
1	NO2	mg/l	0,045	0,417	0,087	0,716	0,838	0,0	0,0	0,0
2	NO3	mg/l	3,920	8,061	4,298	7,128	10,350	4,607	8,250	3,920
3	Kesadahan sebagai CaCO3	mg/l	199,943	192,788	1677,45	1124,13	818,85	518,738	294,15	548,1
4	Zn	mg/l	0,0	0,0	0,0	0,0561	0,0	0,0226	0,0018	0,0
5	Fe	mg/l	1,8861	0,4063	2,2820	1,7712	0,0	0,6043	0,7762	9,34
6	Klorida	mg/l	432,90	49,14	6636,5	3818,5	1899,1	1021,0	3573,5	1123
7	SO4	mg/l	34	13	100	55	14	31	23	11

No	Parameter	Satuan	Hasil No. Lab.						
			2666	2667	2668	2669	2670	2671	2672
1	NO2	mg/l	0,068	0,119	0,0	0,0	0,174	0,06	0,034
2	NO3	mg/l	2,9085	20,768	3,2715	2,841	3,1905	4,422	5,586
3	Kesadahan sebagai CaCO3	mg/l	471,435	221,805	940,485	1465,185	479,783	418,568	1781,5
4	Zn	mg/l	0,0	0,0	0,0695	0,0	0,0	0,0	0,0
5	Fe	mg/l	2,5063	0,0	1,5316	0,7554	2,5849	0,0	0,0
6	Klorida	mg/l	1378,35	439,45	4696,6	7555,4	1582,55	1123,1	4849,7
7	SO4	mg/l	14	15	27	48	41	32	115

Surabaya, 15 Juli 2002

Mengetahui,  
 a.n. Kepala  
 Tata Operasional

a.n. Koordinator Laboratorium Kimia  
 Wakil Koordinator Laboratorium Kimia

*[Signature]*  
 Dr. Ety Wahyuni/Pudjianto  
 NIP. 141100090  
 Pengaruh Pembuangan Sampah Terbuka .....

*[Signature]*  
 Dra Tri Wahjuntari, ST, SSI  
 NIP. 1411000048



## MERIKSAAN KIMIA

Jenis Air : Air bersih  
 Berasal dari : Sumur Gali Kec. Sukolilo  
 Diambil Oleh : Soedjajadi Keman  
 Diambil/diterima Tanggal : 08 Juli 2002  
 Kode No. Lab. Asal Sampel :

2673. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 16  
 2674. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 17  
 2675. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 18  
 2676. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 19  
 2677. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 20  
 2678. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 21  
 2679. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 22

2680. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 23  
 2681. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 24  
 2682. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 25  
 2683. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 26  
 2684. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 27  
 2685. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 28  
 2686. Air sumur gali Kel.Keputih Kec.Sukolilo, kode 29

## Hasil Pengujian :

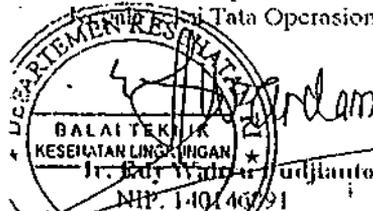
No	Parameter	Satuan	Hasil No. Lab.						
			2673	2674	2675	2676	2677	2678	2679
1	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,275	0,146	0,086
2	NO <sub>3</sub>	mg/l	3,248	2,720	2,822	4,511	3,494	13,134	3,795
3	Kesadahan sebagai CaCO <sub>3</sub>	mg/l	433,275	692,048	677,403	599,283	1756,155	1600,733	2090,8
4	Zn	mg/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	Fe	mg/l	1,1461	1,8806	2,5944	1,2922	0,0	0,0	2,1468
6	Klorida	mg/l	918,0	867,85	1480,45	918,90	4543,45	3063,0	15723,4
7	SO <sub>4</sub>	mg/l	17	13	18	70	180	145	250

No	Parameter	Satuan	Hasil No. Lab.						
			2680	2681	2682	2683	2684	2685	2686
1	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,067	0,010	0,0212	0,0	0,03	0,339	0,808
2	NO <sub>3</sub>	mg/l	5,466	5,601	7,523	8,720	4,404	5,562	14,434
3	Kesadahan sebagai CaCO <sub>3</sub>	mg/l	1144,005	512,378	1445,31	535,43	298,92	401,87	1400,3
4	Zn	mg/l	0,0	0,0	0,0	0,0217	0,0	0,0	0,0
5	Fe	mg/l	1,6462	0,0	1,3284	0,0	0,0	0,0	0,2310
6	Klorida	mg/l	2450,4	2246,20	3522,45	2603,55	1378,35	1123,10	6840,7
7	SO <sub>4</sub>	mg/l	65	45	205	85	45	45	125

Surabaya, 15 Juli 2002

Mengetahui;  
 a.n. Kepala  
 Tata Operasional

a.n. Koordinator Laboratorium Kimia  
 Wakil Koordinator Laboratorium Kimia



*[Handwritten Signature]*  
 Dra Tri Wahjuniarti, ST, SSI  
 NIP. 140146648

Perhatian: Hasil Pengujian ini hanya berlaku untuk contoh di atas

Pengaruh Pembuangan Sampah Terbuka .....

Soedjajadi Keman

## Lampiran 3. Lampiran II Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990

## LAMPIRAN II

PERATURAN MENTERI KESEHATAN RI  
 NOMOR : 416/MENKES/PER/IX/1990  
 TANGGAL : 3 SEPTEMBER 1990

## DAFTAR PERSYARATAN KUALITAS AIR BERSIH

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan	Keterangan
<b>A. FISIKA</b>				
1	Bau	-	-	Tdk. berbau
2	Jumlah Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l.	1500	-
3	Kekeruhatan	Skala NTU	25	-
4	Rasa	-	-	Tdk. berasa
5	Suhu	°C	Suhu Udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	-
6	Warna	Skala PCU	50	-
<b>B. KIMIA</b>				
<b>a. Kimia Anorganik.</b>				
1	Air Raksa	mg/l.	0,001	-
2	Arsen	mg/l.	0,05	-
3	Besi	mg/l.	1,0	-
4	Fluorida	mg/l.	1,5	-
5	Kadmium	mg/l.	0,005	-
6	Kesadahan ( $\text{CaCO}_3$ )	mg/l.	500	-
7	Klorida	mg/l.	600	-
8	Kromium, val.6	mg/l.	0,05	-
9	Mangan	mg/l.	0,5	-
10	Nitrat, sebagai N	mg/l.	10	-
11	Nitrit sebagai N	mg/l.	1,0	-
12	pH	-	6,5-9,0	Merupakan batas minimum dan maksimum, Khusus air hujan, pH minimum 5,5
13	Selenium	mg/l.	0,01	-
14	Seng	mg/l.	15	-
15	Sianida	mg/l.	0,1	-
16	Sulfat	mg/l.	400	-
17	Tinbat	mg/l.	0,05	-

## LAMPIRAN II (LANJUTAN)

## DAFTAR PERSYARATAN KUALITAS AIR BERSIH

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan	Keterangan
	b. Kimia Organik			
1	Aldrin dan Dieldrin	mg/L	0,0007	
2	Benzene	mg/L	0,01	
3	Benzo(a)pyrene	mg/L	0,00001	
4	Chlordane (total isomer)	mg/L	0,007	
5	Chloroform	mg/L	0,03	
6	2,4-D	mg/L	0,10	
7	DDT	mg/L	0,03	
8	Detergen	mg/L	0,5	
9	1,2 Dichloroethane	mg/L	0,01	
10	1,1 Dichloroethane	mg/L	0,0003	
11	Heptachlor dan Heptachlor epoxide	mg/L	0,003	
12	Hexachlorobenzene	mg/L	0,00001	
13	Gamma-HCH (Lindane)	mg/L		
14	Methoxychlor	mg/L	0,004	
15	Pentachlorophenol	mg/L	0,10	
16	Pestisida total	mg/L	0,01	
17	2,4,6-trichlorophenol	mg/L	0,10	
18	Zat Organik(KMnO <sub>4</sub> )	mg/L	0,01	
	C. MIKROBIOLOGI		10	
	Koliform tinja	Jml/100 ml	50	Bukan air perpipaan
	Total Koliform (MPN)	Jml/100 ml	10	Air perpipaan
	D. RADIOAKTIVITAS			
	Aktivitas Alpha (Gross Alpha activity)	Bq/L	0,1	
	Aktivitas Beta (Gross Beta Activity)	Bq/L	1,0	

## Keterangan:

mg = miligram

ml = mililiter

l. = liter

Bq = Becquerel

NTU = Nephelometric Turbidity Unit

TCU = True Color Unit

Logam berat merupakan logam berat terlarut.

Ditetapkan di Jakarta  
 Pada Tanggal 13 September 1990  
 MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA,

Dr. ADIYATMA, MPH

