

DESAIN MEDIA FILTER PASIR SILIKA DAN FILTER KARBON AKTIF SEBAGAI TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR TANAH TERCEMAR DI SEKITAR LAHAN BEKAS TPA KEPUTIH

DESIGN OF SILICA SAND FILTER MEDIA AND ACTIVATED CARBON FILTER AS POLLUTED GROUNDWATER TREATMENT TECHNOLOGY IN THE FORMER KEPUTIH LANDFILL SITE

Alifa Al Nawiswary¹⁾ dan Bieby Voijant Tangahu^{1*)}

¹⁾Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya, Indonesia, 60111

^{*)}E-mail: voijant@its.ac.id

Abstrak

Penggunaan metode *open dumping* di banyak TPA Indonesia belum memiliki fasilitas perlindungan lingkungan hidup yang memadai. Produk sampingan yang dihasilkan dari kegiatan penimbunan, yaitu gas dan air lindi (*leachate*) akan terakumulasi dan mengakibatkan pencemaran di suatu waktu, baik saat berjalannya proses pengelolaan ataupun pasca kegiatan. Kualitas air tanah di sekitar wilayah bekas TPA Keputih telah mengalami pencemaran. Air tanah ini belum memenuhi standar baku mutu Permenkes RI No.32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan *Higiene Sanitasi*, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, dan Pemandian Umum. Parameter yang tercemar antara lain: TDS (1630 mg/L), kekeruhan (29,4 NTU), warna (173,7 Unit PtCo), Fe (2,01 mg/L), Mn (0,76 mg/L), kesadahan total (621,43 mg/L), deterjen (1,27 mg/L) dan zat organik (11,4 mg/L). Salah satu alternatif teknologi remediasi air tanah tercemar air lindi dapat menggunakan media filter pasir silika dan filter karbon aktif. Pemilihan alternatif teknologi remediasi ini mengacu pada matriks *scoring* dengan nilai aspek pemeliharaan dan perawatan, investasi modal, efisiensi pengolahan, biaya operasional, waktu pemulihan air tanah dan kebutuhan tenaga ahli. Perencanaan awal teknologi remediasi ini dilakukan dengan menentukan kapasitas pengolahan dengan proyeksi kebutuhan air bersih 120% dari kebutuhan air rata-rata. Teknologi remediasi yang dirancang memiliki kapasitas sebesar 8.930 L/hari. Desain teknologi yang direncanakan yaitu pompa sumur dangkal, unit filter pasir silika, unit filter karbon aktif dan tandon air dilengkapi dengan pompa *Backwash*. Proses remediasi dilakukan dalam 3 *cycle* per hari. Waktu setiap *cycle* selama 8 jam, dengan waktu proses remediasi 80 menit. Debit yang mengalir tiap *cycle* sebesar 2.970 L/*cycle*. SOP yang disusun yaitu SOP Operasional Teknologi, SOP Pemeliharaan dan Perawatan (pembubuhan kaporit *tablet*, *backwash* dan pembuangan endapan).

Kata kunci: Air tanah, filtrasi, karbon aktif, remediasi, TPA Keputih.

Abstract

The use of open dumping methods in Indonesia landfills does not have adequate environmental protection facilities. The by-products of landfilling activities, namely leachate gas and water, will accumulate and cause pollution at some time, either during the management process or after activity. Groundwater quality around the former Keputih landfill area has been polluted. This groundwater has not met the quality standards of Permenkes RI No. 32 of 2017 concerning Environmental Health Quality Standards and Water Health Requirements for Sanitary Hygiene Purposes, Swimming Pools, Solus Per Aqua, and Public Baths. The

polluted parameters include: TDS (1630 mg/L), turbidity (29.4 NTU), color (173.7 PtCo Units), Fe (2.01 mg/L), Mn (0.76 mg/L), total hardness (621.43 mg/L), detergent (1.27 mg/L) and organic matter (11.4 mg/L). one alternative remediation technology for groundwater contaminated with leachate can use silica sand filter media and activated carbon filters. The selection of alternative remediation technology refers to scoring matrix with the value of maintenance and treatment aspects, capital investment, processing efficiency, operational costs, groundwater recovery time and expert labor requirements. The initial planning of this remediation technology was carried out by determining the treatment capacity with a projected clean water demand of 120% of the average water demand. The remediation technology designed has a capacity of 8,930 L/day. The planned technology design is a shallow well pump, silica sand filter unit, activated carbon filter unit and water reservoir equipped with a backwash pump. The remediation process is carried out in 3 cycles per day. The time of each cycle is 8 hours, with a remediation process time of 80 minutes. The discharge that flows per cycle is 2,970 L/cycle. The SOPs developed are the Technology Operational SOP, maintenance SOP (Chlorine Tablet, Backwash and Sludge Disposal).

Keywords: Activated carbon, filtration, groundwater, Keputih landfill, remediation.

1. PENDAHULUAN

Kota Surabaya merupakan salah satu kota yang terbesar di Jawa Timur dan merupakan daerah terpadat penduduknya. Pada tahun 2020 Kota Surabaya tercatat memiliki jumlah penduduk sebanyak $\pm 2.971.300$ jiwa dengan kepadatan penduduk 8.463 jiwa/km² dan tingkat pertumbuhan penduduk Kota Surabaya mencapai $\pm 2,07\%$ per tahunnya (BPS Kota Surabaya, 2020). Timbulan sampah yang ada di Kota Surabaya seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk tentunya juga meningkat.

Sejak tahun 2001, tempat pembuangan akhir (TPA) Sukolilo di bagian timur Surabaya, telah mengalami proses alih fungsi/ rehabilitasi secara bertahap. Daerah tahap 1 yaitu TPA A telah beralih fungsi menjadi daerah pemukiman. Daerah tahap 2 yaitu TPA B saat ini berupa terminal angkutan umum, balai kelurahan serta Taman Kota Tematik (Sakura) yang beberapa area masih berupa lahan kosong. Daerah tahap 3 yaitu TPA C saat ini berupa lahan terbuka dan beberapa area masih digunakan sebagai tempat pembuangan sampah. Perubahan fungsi lahan bekas TPA Keputih saat ini telah mempengaruhi karakteristik bawah permukaannya yang berpengaruh pada persebaran air lindi pada air tanah (Lestari, *et al.*, 2017). Kondisi air banyak dipengaruhi oleh aliran lindi dari sampah yang tidak mengalami pengolahan dengan sempurna pada saat TPA masih beroperasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian analisis terhadap kualitas air

tanah serta alternatif proses remediasi air tanah di daerah tersebut.

Alternatif yang bisa dilakukan untuk memulihkan air tercemar salah satunya dengan menggunakan media filter pasir silika dan filter karbon aktif. Metode ini menggunakan aliran dari air tanah dengan proses filtrasi, adsorpsi serta degradasi polutan melalui pasir silika, karbon aktif dan batu kerikil sebagai media penyangga. Untuk mencapai efisiensi serta efektivitas dari proses, perlu direncanakan media filter yang sesuai dengan kondisi yang ada sehingga mampu dengan baik meremediasi air tanah yang tercemar. Alasan penggunaan media filter ini adalah media yang sustain dalam waktu yang lama, bisa digunakan secara *in-situ* dan *ex-situ*, Efisiensi *removal* yang tinggi, dan biaya pengoperasian dan pemeliharaan yang rendah.

2. METODA

2.1 Ide Perencanaan

Ide ini muncul dikarenakan terjadinya *gap condition* antara kondisi eksisting dan kondisi ideal. Kondisi eksisting yang terdapat di sekitar lokasi bekas TPA Keputih adalah air tanah di sekitar bekas TPA Keputih telah tercemar. Air tanah yang tercemar masih digunakan oleh warga sekitar dan belum memenuhi standar baku mutu Permenkes RI No. 32 Tahun 2017.

2.2 Rumusan Masalah

Pencemaran air tanah di sekitar lahan bekas TPA

Keputih disebabkan oleh polutan yang mempengaruhi beberapa parameter air tanah di sekitar lahan bekas TPA Keputih sehingga belum memenuhi standar baku mutu Permenkes RI No. 32 Tahun 2017. Air tanah yang tercemar masih digunakan oleh warga sekitar hingga saat ini. Selanjutnya, diperlukan teknologi remediasi air tanah yang tercemar oleh beberapa polutan.

2.3 Pengumpulan Data

Data-data yang dibutuhkan antara lain data primer dan data sekunder. Data primer yang perlu diketahui melakukan terlebih dahulu survei pendahuluan untuk menentukan titik *sampling* dari air tanah, meliputi kekeruhan, warna, TDS, suhu, rasa, bau, total *coliform*, *E. coli*, pH, Fe, fluorida, kesadahan, Mn, nitrat, nitrit, sianida, deterjen, pestisida total yang didapat dari pengambilan sampel secara langsung di lokasi dan kemudian dilakukan analisis di Laboratorium Remediasi Lingkungan, Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.

Analisis kualitas air tanah terdapat 2 tahap kegiatan yaitu pengumpulan data dan pengolahan data. Pengumpulan data dilakukan dengan proses pengambilan sampel air tanah, dilakukan di RT. 07 RW. 08 Kelurahan Keputih, pada tanggal 28 Oktober 2021, pukul 11.20.



Gambar 1. Lokasi *Sampling* Air Tanah
(Sumber: <https://earth.google.com>, 2022)

2.4 Pengolahan Data dan Perencanaan Alat

Setelah dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder, mengolah data dan merancang teknologi remediasi. Langkah-langkah perencanaan teknologi remediasi antara lain:

1. Analisis kualitas air tanah.
2. Penentuan alternatif teknologi.
3. Penentuan kapasitas teknologi.
4. Perhitungan *detail engineering design*.
5. Gambar *detail engineering design*

berdasarkan perhitungan.

6. Penyusunan standar operasional prosedur.
7. Perhitungan *bill of quantity* dan rencana anggaran biaya.
8. Hasil, kesimpulan, dan saran.

Tabel 1. Parameter dan Metode Pengujian Sampel Air Tanah

Parameter	Metode
Warna	Spektrofotometri
Rasa	Organoleptik
Bau	Organoleptik
Kekeruhan	Turbidimetri
TDS	Gravimetri
Suhu	Termometer
DHL	<i>Conductivity meter</i>
pH	pH meter
Fe	Spektrofotometri
Fluorida	Spektrofotometri
Kesadahan Total	Kompleksometri
Mn	Spektrofotometri
Nitrat	Spektrofotometri
Nitrit	Spektrofotometri
Amonia	Spektrofotometri
Khlorida	Argentometri
Sianida	Spektrofotometri
Deterjen	Spektrofotometri
Raksa	AAS
Arsen	AAS
Kadmium	AAS
Kromium	AAS
Selenium	AAS
Sulfat	Spektrofotometri
Timbal	AAS
Zat Organik	Oksidasi-Reduksi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Kualitas Air Tanah

Analisis kualitas air tanah terdapat 2 tahap kegiatan yaitu pengumpulan data dan pengolahan data. Pengumpulan data dilakukan dengan proses pengambilan sampel air tanah, dilakukan di RT. 07 RW. 08 Kelurahan Keputih, pada tanggal 28 Oktober 2021, pukul 11.20 (Gambar 1). Pengumpulan sampel ini dilakukan dengan mengambil dari 5 titik pengambilan sampel air tanah dari sumur pribadi milik masyarakat. Titik pengambilan sampel telah ditandai dengan

bantuan aplikasi *Google Earth*. Selanjutnya, pada sampel air tanah yang sudah diambil dilakukan analisis kualitas air tanah di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan ITS. Analisis ini dilakukan oleh laboran. Parameter yang diuji pada sampel berdasarkan pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang *Higiene Sanitasi* pada uji fisika, uji kima wajib dan uji kimia tambahan. Uji fisika terdiri dari pengujian warna, rasa, bau, kekeruhan, TDS (*Total Dissolved Solid*), suhu dan DHL (*Daya Hantar Listrik*). Uji kimia wajib terdiri dari pengujian pH, besi, fluorida, kesadahan total, mangan, nitrat, nitrit, amonia, khlorida, sianida dan deterjen. Uji kimia tambahan terdiri dari pengujian raksa, arsen, kadmium, kromium,

selenium, sulfat, timbal dan zat organik.

Hasil yang didapatkan dari analisis kualitas air tanah menunjukkan bahwa parameter warna, kekeruhan, TDS, besi, mangan, kesadahan total, mangan, deterjen dan zat organik yang tidak memenuhi standar baku mutu Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017 (Tabel 2). Ditemukan bahwa terdapat pencemaran air tanah di sekitar wilayah bekas TPA Keputih. Data dari analisis ini mendukung studi literatur dan hipotesa bahwa terdapat pencemaran air tanah di wilayah sekitar bekas TPA Keputih. Sehingga, perlu dilakukan remediasi air tanah tercemar di lahan bekas TPA Keputih menggunakan teknologi remediasi.

Tabel 2. Hasil Analisis Kualitas Air Tanah

Parameter	Satuan	Baku Mutu Air	Sumur 1	Sumur 2	Sumur 3	Sumur 4	Sumur 5
Warna	Unit PtCo	50	173,7	103,8	43,5	229,3	61,9
Rasa	-	tak berasa	-	-	-	-	-
Bau	-	tak berbau	berbau	berbau	berbau	berbau	berbau
Kekeruhan	Skala NTU	25	29,4	15,5	2,17	8,14	2,95
TDS	mg/L	1000	1630	690	1096	1870	2700
Suhu	°C	suhu udara $\pm 3^\circ$ C	30	30	30	30	30
DHL	μ mhos/cm	(-)	2720	1154	1828	3130	4510
pH	-	6,5-8,5	7,05	7,55	7,45	7,15	7,25
Besi	mg/L Fe	1	2,01	0,27	0,19	1,09	0,49
Fluorida	mg/L Fe	1,5	0,84	0,74	0,86	1,04	1,2
Kesadahan Total	mg/L	500	621,43	307,14	328,86	414,29	735,71
	CaCO ₃						
Mangan	mg/L Mn	0,5	0,76	0,98	1,05	2,17	0,6
Nitrat	mg/L NO ₂ -N	1	0,58	0,19	0,77	0,32	0,26
Nitrit	mg/L NH ₃ -N	(-)	0,031	0,022	0,632	0,033	0,013
Amonia	mg/L Cl	(-)	385,72	144,66	19,01	279,47	4,89
Khlorida	mg/L CN	0,1	204	136	212	400	1364
Sianida	mg/L LAS	0,05	0	0	0	0	0
Deterjen	mg/L NO ₂ -N	1	1,27	2,27	1,03	0,83	1,36
Raksa	mg/L Hg	0,001	0	0	0	0	0
Arsen	mg/L As	0,05	0	0	0	0	0
Kadmium	mg/L Cd	0,005	0	0	0	0	0
Kromium	mg/L Cr ⁶⁺	0,05	0	0	0	0	0
Selenium	mg/L Se	0,01	0	0	0	0	0
Sulfat	mg/L SO ₄	400	25,1	41,46	32,62	45,04	53,8
Timbal	mg/L Pb	0,05	0	0	0	0	0
Zat Organik	mg/L KMnO ₄	10	11,4	7,09	2,24	13,03	2,23

Keterangan: Belum memenuhi baku mutu Permenkes RI No.32 Tahun 2017

3.2 Perencanaan Teknologi Remediasi

Perencanaan teknologi remediasi terdiri dari pemilihan alternatif desain, efektifitas pengolahan, penentuan kapasitas teknologi, desain teknis perencanaan. Pemilihan alternatif desain mengacu pada kebutuhan *insitu/exsitu, operation & maintenance*, investasi modal, efisiensi pengolahan, biaya operasional, waktu pemulihan air, kebutuhan tenaga ahli. Pemilihan alternatif ini diadaptasi matriks US EPA (2007) dan *Handbook Remediation Technologies Eni Rewind* (2019). Hasil matriks scoring teknologi remediasi terdapat pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Total Skor Matriks

Teknologi Remediasi	Total Skor
<i>Air Sparging</i>	60
<i>Granulated Activated Carbon</i>	80
<i>Slurry bioreactors</i>	50
<i>Chemical Oxidation</i>	55
<i>Multi-Phase Extraction</i>	50
<i>Air Stripping</i>	55
<i>Advanced Oxidation Processes</i>	55
<i>Phytoremediation</i>	70

Hasil matriks Tabel 3 menunjukkan untuk beberapa teknologi remediasi yang dapat digunakan pada air tanah seperti *Air Sparging, Slurry Bioreactors, Chemical Oxidation, Multi Phase Extraction, Air Stripping, Advanced Oxidation Processes* dan *Phytoremediation* memiliki nilai total skor yang tidak lebih tinggi dari nilai matriks yang dihasilkan teknologi remediasi ***Granulated Activated Carbon***. Total skor dari matriks *scoring* ini menghasilkan bahwa teknologi tersebut memiliki keunggulan sebagai berikut:

1. Memiliki intensitas pemeliharaan dan perawatan yang rendah sehingga lebih mudah dan sederhana dalam menggunakan teknologi remediasi.
2. Investasi modal yang diperkirakan kurang dari atau sama dengan Rp 30.000.000,00.
3. Efektifitas dari teknologi yang tinggi

yang dapat mengolah air dalam waktu yang lebih efisien.

4. Biaya operasional yang diperkirakan kurang dari atau sama dengan Rp 100.000,00 pada setiap volume air tanah yang diolah.
5. Waktu pemulihan air tanah yang relatif cepat kurang dari 1 tahun.
6. Kebutuhan tenaga ahli untuk melakukan pemeliharaan dan perawatan teknologi yang lebih sedikit karena mudah diaplikasikan.

Alternatif direncanakan dalam diagram desain Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram Desain Teknologi

Proses dari filtrasi ini harus mampu menyisahkan polutan dari air tanah tempat perencanaan sehingga mampu memenuhi standar baku mutu yang telah dicantumkan. Unit yang direncanakan yaitu yang pertama unit *Intake* berfungsi untuk memompa air dan mengalirkan ke unit filter. Air selanjutnya akan masuk pada unit-unit filter yang terdiri dari media pasir silika, karbon aktif. Terdapat 2 filter yang digunakan pada perencanaan ini (1) filter pasir silika yang berfungsi untuk memisahkan secara fisik polutan pada air dan menghilangkan sifat fisik air seperti bau, kekeruhan dan rasa (Rahmah dan Mulasari, 2016) dan (2) filter karbon aktif untuk mengadsorpsi atau bereaksi dengan kontaminan pada air, yang akan mengikat dan menarik kontaminan pada permukaan partikel karbon (Dvorak dan Skipton, 2013). Setelah proses filtrasi dapat dilanjutkan dengan menampung hasil dari proses tersebut dimasukkan dalam media penampung yaitu *reservoir*. Efisiensi pengolahan dari unit yang direncanakan terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Efektifitas Pengolahan

Filter Pasir Silika				
Parameter	Inlet	%R	Output	Satuan
Warna	173,7	97,1% [6]	5,00	PtCo
Kekeruhan	29,4	76,2% [7]	6,99	NTU
TDS	1630	39,6% [8]	983,87	mg/L
Besi	0,07	0%	0,07	mg/L
Deterjen	1,27	48% [9]	0,66	mg/L
Kesadahan total	621,43	0%	621,43	mg/L
Mangan	0,76	0%	0,76	mg/L
Zat Organik	11,4	0%	11,4	mg/L
Filter Karbon Aktif				
Parameter	Inlet	%R	Output	Satuan
Warna	5,00	0%	5,00	PtCo
Kekeruhan	6,99	99% [10]	0,07	NTU
TDS	983,87	21% [11]	777,26	mg/L
Besi	0,07	90% [12]	0,01	mg/L
Deterjen	0,66	95,3% [13]	0,03	mg/L
Kesadahan total	621,43	53,2% [14]	290,39	mg/L
Mangan	0,76	98,2% [15]	0,01	mg/L
Zat Organik	11,4	65,3% [16]	3,95	mg/L

Hasil analisis Tabel 4 didapatkan bahwa pada parameter warna, kekeruhan, TDS, besi, kesadahan total, mangan dan zat organik dapat diturunkan nilainya pada *efluen* yang dihasilkan. Kemampuan penyisihan filter silika menyisihkan polutan warna sebesar 97,1%; kekeruhan sebesar 76,2%; TDS sebesar 39,6%; deterjen sebesar 48,4%. Penyisihan yang didapat dari filter karbon aktif pada polutan kekeruhan sebesar 99,5%; TDS sebesar 21%; besi sebesar 90%; deterjen sebesar 95,35%; kesadahan total sebesar 53,27%; mangan sebesar 98,2%; zat organik sebesar 65,3%.

Kapasitas teknologi yang direncanakan sebesar 8.930,3 L/hari yang digunakan untuk melayani 62 orang atau sekitar 12-15 KK. Kemampuan air tanah di Surabaya Timur mencapai 69,4 L/detik. Sehingga, kapasitas teknologi yang direncanakan mampu memenuhi kebutuhan kuantitas air tanah yang terdapat di wilayah bekas TPA Keputih.

Desain teknologi remediasi yang direncanakan antara lain unit pompa, unit filter pasir silika, unit filter karbon aktif dan unit tandon air. Berikut desain perencanaan teknologi remediasi:

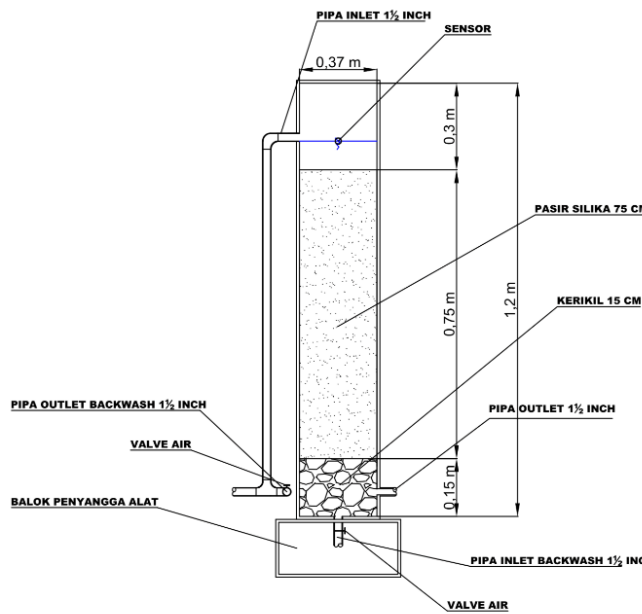
1. Unit pompa digunakan sebagai pengatur debit air tanah yang masuk ke dalam unit remediasi. Perencanaan ini menggunakan pompa sumur dangkal otomatis merek Shimizu PS-130 BIT yang dilengkapi dengan sensor *water level* untuk menyalakan pompa secara otomatis air dalam tandon air tidak mencukupi kebutuhan.
2. Unit filtrasi direncanakan dengan menentukan waktu kontak terlebih dahulu. Waktu kontak (td) akan meningkatkan efisiensi pada filter, waktu kontak yang berbeda akan mempengaruhi pada hasil efektifitas pada tiap pengolahan (Hutapea, 2018). Perkiraan waktu kontak diambil dari nilai rata-rata waktu kontak beberapa penelitian sebelumnya.

Tabel 5. Rata-rata waktu kontak

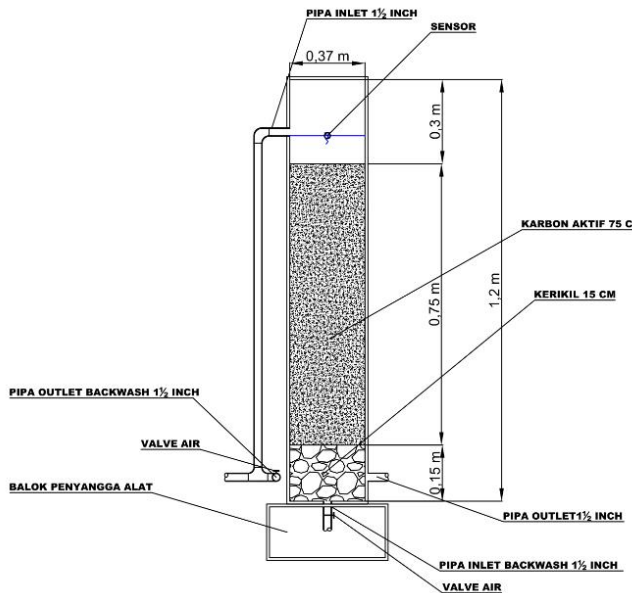
Percobaan	Td (menit)
1	45
2	45
3	30
Rata-rata	40

Hasil yang didapatkan dari rata-rata waktu kontak selama 40 menit. Dimensi filter menggunakan ketebalan media filter 0,75 meter dan diameter 0,37 meter dengan waktu kontak 39 menit.

Unit filter pasir silika direncanakan menggunakan pipa pvc dengan diameter 0,37 m dengan ketinggian 1,2 m. Ketebalan media pasir silika 0,75 m dengan ketebalan media penyangga kerikil 0,15 m dilengkapi dengan *freeboard* setinggi 0,3 m. Unit pelengkap filter dilengkapi dengan pipa *inlet* 1 ½ inch, pipa *outlet* 1 ½ inch, pipa *backwash* 1 ½ inch, *sensor water level*, dan balok penyangga filter.



Gambar 2. Filter Pasir Silika

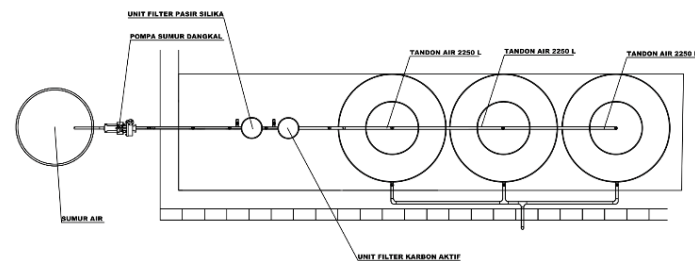


Gambar 3. Filter Karbon Aktif

Unit filter pasir karbon aktif direncanakan menggunakan pipa pvc dengan diameter 0,37 m dengan ketinggian 1,2 m. Ketebalan media pasir silika 0,75 m dengan ketebalan media penyangga kerikil 0,15 m dilengkapi dengan *freeboard* setinggi 0,3 m. Unit pelengkap filter dilengkapi dengan pipa *inlet* 1 1/2 inch, pipa *outlet* 1 1/2 inch, pipa *backwash* 1 1/2 inch, *sensor water level*, dan balok penyangga filter.

- Unit tandon air digunakan sebagai penampung sebagai penampung air bersih sementara sebelum digunakan untuk kebutuhan air lainnya. Tandon air yang digunakan merk Penguin dengan volume 2.250 L tinggi 1,75 m dan berat 55 kg. Tandon air yang digunakan berjumlah 3 buah. Hasil dari pengolahan dikumpulkan dan dialirkan pada pipa *outlet* tandon yang dipasangi keran air. Tandon air ini akan dilengkapi dengan *sensor water level* untuk memantau dan menyalakan secara otomatis. Tujuannya agar suplai air dalam tandon ini mampu mencukupi kebutuhan warga. *Outlet* tandon air dilengkapi dengan pipa 1 1/2 inch dan kran air.

Perencanaan teknologi remediasi air tanah ini memerlukan desinfeksi. Desinfeksi perlu dilakukan untuk membunuh patogen yang terkandung dalam air. Debit yang mengalir sebesar 8.930 L/hari digunakan kaporit dengan daya pengikat klor sebesar 1,5 mg/L dan sisa klor 0,4 mg/L. Pembubuhan dengan kaporit 90% (200 gram) habis terlarut dalam waktu 11 hari. Teknologi remediasi yang direncanakan memiliki sisa tekan sebesar +12,94 m dengan muka air akhir 3,55 m. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi remediasi yang direncanakan mampu mengalir dengan bantuan gravitasi tanpa tambahan pompa. *Layout* teknologi remediasi terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4. *Layout* Teknologi Remediasi

3.3 Perencanaan Standar Operasional Prosedur

Penggunaan teknologi remediasi yang efektif dan efisien dibutuhkan pedoman sistem

manajemen dalam bentuk Standar Operasional Prosedur (SOP). SOP yang dibuat dapat menjadi pedoman bagi masyarakat memakai teknologi remediasi tersebut. SOP yang disusun diharapkan mampu membantu proses remediasi berjalan dengan baik. Pelaksanaan SOP dilakukan oleh masyarakat dan fasilitator yang membantu. SOP yang direncanakan terdiri dari:

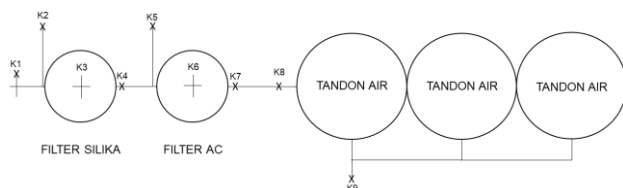
1. Jadwal Operasional
2. Prosedur Operasional
3. Prosedur Pemeliharaan dan Perawatan

Jadwal operasional teknologi remediasi yang direncanakan adalah 3 *cycle* atau 3 kali sehari. Tujuan dilakukannya pembuatan jadwal operasional teknologi remediasi ini adalah untuk menempatkan volume *reservoir* yang tidak terlalu besar dan pompa yang digunakan tidak menyala secara terus-menerus. Hasil perhitungan kebutuhan air yang telah dihitung adalah 8.930 L/hari. Dalam perhitungan didapatkan 1 *cycle* debit yang mengalir sebesar 2.976 L/*cycle*. Proses 1 *cycle* remediasi air tanah ini berlangsung selama ±78 menit dan dibulatkan ke atas menjadi 80 menit atau 1,3 jam.

Tabel 5. Jadwal Operasional Teknologi Remediasi

<i>Cycle</i>	Pompa Hidup	Pemakaian Air
1	00.00-01.20	00.00-08.00
2	08.00-09.20	08.00-16.00
3	16.00.-17.20	16.00-00.00

Kebutuhan suplai air pada tandon air harus dapat memenuhi selama 24 jam. Bentuk pencegahan kebutuhan air yang tidak tercukupi *water sensor level pump* perlu dipasang agar air dalam tandon air selalu tersedia.



Gambar 5. Nomor Valve Air

SOP operasional teknologi dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membuka *valve* K1, K4, K7 dan K9.
2. *Valve* K2, K3, K5, K6 dan K8 harus dalam keadaan tertutup.
3. Menghidupkan pompa
4. Menunggu proses remediasi dalam waktu 1,3 jam.
5. Mematikan pompa.

Prosedur pemeliharaan dan perawatan adalah proses kegiatan yang mendukung proses remediasi yang efektif dan efisien. Prosedur pemeliharaan dan perawatan antara lain:

1. Pengecekan rutin pompa, pipa dan alat. Tujuan pengecekan rutin pompa, pipa dan alat ini dilakukan agar selama proses remediasi agar tidak terjadi kerusakan pompa, kebocoran pipa, waktu proses yang berlebih.
2. Pembubuhan desinfektan. Kebutuhan kaporit per hari sebesar 17 g/hari. Pembubuhan ini dilakukan dalam 11 hari sekali dikarenakan kaporit yang dimasukkan pada air hasil pengolahan akan terlarut di air yang akan digunakan dan habis.
3. Pencucian media filter. Pencucian media filter dilakukan dengan cara *backwash*. Proses ini perlu dilakukan karena seiring berjalannya waktu filter akan kotor oleh polutan yang terperangkap di dalamnya. Hal ini dilakukan untuk mengembalikan kondisi filter yang ideal maka perlu dilakukan pencucian media filter. *Backwash* yang dilakukan tidak perlu membongkar media filter. *Backwash* perlu dilakukan ketika air yang dihasilkan setelah proses remediasi memiliki kekeruhan lebih dari 25 NTU, warna lebih dari 50 TCU dan TDS lebih dari 1000 mg/L. Selain itu, ketika waktu seluruh proses remediasi melebihi dari ±80 menit. Langkah-langkah *backwash/* pencucian teknologi remediasi sebagai berikut:
 - a) Menutup *valve* K1, K4, K7 dan K9.
 - b) Membuka *valve* K2, K3, K5, K6 dan K8.
 - c) Mengatur control *valve* K8.

- d) Menyiapkan wadah penampung endapan 40 L.
 - e) Menghidupkan pompa *backwash*.
 - f) Menunggu proses *backwash*.
 - g) Mematikan pompa.
4. Penampungan endapan *Backwash* yang dilakukan membawa polutan yang terperangkap dan terbawa dalam air. Endapan yang dihasilkan dari proses remediasi perlu ditampung dalam sebuah wadah.

Rencana Anggaran Biaya (RAB) teknologi remediasi dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Rencana Anggaran Biaya

No	Pekerjaan	Biaya
1	Pembersihan Lapangan Ringan & Perataan	Rp 69.930,00
2	Pemasangan Instalasi Alat	Rp 5.779,00
3	Pemasangan Pipa	Rp 267.060,00
4	Pembuatan besi penyangga filter dan kerangka pompa	Rp 34.975,00
5	Bahan & Material	Rp 21.415.305,00
Total		Rp 28.000.000,00

Hasil perhitungan RAB didapatkan harga sebesar Rp 28.000.000,00. RAB yang dihitung berdasarkan kebutuhan pembersihan lapangan ringan dan perataan, pemasangan instalasi alat, pemasangan pipa, pembuatan besi penyangga filter dan kerangka pompa, bahan dan material.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil laboratorium, terdapat beberapa parameter pada kualitas air tanah disekitar lahan bekas TPA Keputih yang tidak memenuhi standar baku mutu PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan *Higiene Sanitasi*, Kolam Renang dan Solus Per Aqua. Parameter tersebut adalah TDS (1630 mg/L), kekeruhan (29,4 NTU), warna (173,7 Unit PtCo), Fe (2,01 mg/L), Mn (0,76 mg/L),

kesadahan total (621,43 mg/L), deterjen (1,27 mg/L) dan zat organik (11,4 mg/L). Sehingga dapat diketahui, kualitas air tanah disekitar lahan bekas TPA Keputih terjadi pencemaran.

Pada perencanaan ini, kapasitas teknologi yang direncanakan yaitu sebesar 8.930 L/hari dengan desain teknologi remediasi yang direncanakan yaitu pompa sumur dangkal, unit filter pasir silika, unit filter karbon aktif, desinfektan kaporit dengan kebutuhan kaporit per hari sebesar 17 g/hari, pompa *backwash* dan tandon air.

Rencana anggaran biaya teknologi remediasi yang direncanakan sebesar Rp 28.000.000,00 (dua puluh delapan juta rupiah).

Pada proses remediasi dilakukan 3 *cycle* dalam sehari dengan debit yang mengalir sebesar 2.976 L/*cycle*. Sementara waktu *cycle* yang direncanakan yaitu selama 8 jam dan waktu proses remediasi sekitar 1,3 jam. Prosedur yang ditetapkan yaitu SOP Operasional Teknologi, SOP Pemeliharaan dan Perawatan, SOP Pemeliharaan dan Perawatan terdiri dari pembubuhan kaporit *tablet*, pencucian media filter dan pembuangan endapan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2019. Kecamatan Sukolilo Dalam Angka 2020. Surabaya.
- Dewi, R. S., Kusuma, M. I., & Kurniawati, E. (2018). Pengaruh lama kontak arang kayu terhadap penurunan kadar kesadahan air sumur gali di Paal Merah II Kota Jambi. *Riset Informasi Kesehatan*, 7(1), 46-54.
- Eni Rewind (2019). *Remediation Technologies Handbook*. Eni Rewind
- Google Earth 7.3, (2021) Keputih 7°18'0.00"S, 112°48'12.00"E, elevation 8 m. 3D Buildings data layer: [Online] Available at: <http://www.google.com/earth/index.html> [Accessed 26 Oktober 2021].

- Hidayah, E. N., & Damayanti, L. K. (2021). Pengaruh Adsorben Komersial terhadap Penurunan Fosfat dan Surfaktan Anionik (Detergen) pada Air Limbah Laundry. *EnviroUS*, 2(1), 18-26. G. R. Faulhaber, "Design of service systems with priority reservation," in *Conf. Rec. 1995 IEEE Int. Conf. Communications*, 3-8.
- Kusuma, A. A., Lathifaturrohmah, B., & Lestari, E. E. D. (2020). Pengaruh Penambahan Arang Aktif Limbah Tongkol Jagung Untuk Mengurangi Kadar Kesadahan Total. *Walisongo Journal of Chemistry*, 3(1), 31-36.
- Lestari, P. R. (2017). Analisis Pesebaran Air Lindi dan Karakterisasi Bawah Permukaan Area Alih Fungsi Lahan Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Sukolilo-Surabaya sebagai Pertimbangan Pembangunan. *Risenologi*, 2(1), 14-23.
- Masthura, M., & Jumiati, E. (2017). Quality Improvement Of Water Using Electrocoagulation And Carbon Filter Methods. *Fisitek: Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi*, 1(2), 1-6.
- Miyashita, Y., Park, S. H., Hyung, H., Huang, C. H., & Kim, J. H. (2009). Removal of N-nitrosamines and their precursors by nanofiltration and reverse osmosis membranes. *Journal of Environmental Engineering*, 135(9), 788-795.
- Rahmah, R., & Mulasari, S. A. (2016). Pengaruh Metode Koagulasi, Sedimentasi Dan Variasi Filtrasi Terhadap Penurunan Kadar TSS, COD Dan Warna Pada Limbah Cair Batik. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 2(1), 7.
- Riduan, R. (2005). Studi Pengaruh Penambahan Karbon Aktif Pada Optimasi Penurunan Warna Dan Kandungan Organik Pada Air Gambut Menggunakan Membran Ultrafiltrasi. *INFO-TEKNIK*, 6(1), 54-60.
- Rubinatta, Ardy, Rizki Purnaini dan Kiki Prio Utomo. 2014. Perancangan Alat Pengolahan Air Gambut Sederhana Menjadi Air Minum Skala Rumah Tangga. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Untan*. Halaman 1-10.J
- Siabi, W. K. (2003). Potential of Activated Carbon For Manganese and Iron Removal. *WEDC International Conference*.
- Sutrisno, J., Al Kholif, M., Pungut, P., & Rohma, A. N. (2020). Penerapan Adsorpsi, Pertukaran Ion Dan Variasi Ketinggian Media Filtrasi Dalam Meningkatkan Kualitas Air Sumur Gali. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 19(2), 69-75.
- US EPA (2005). *Remediation Technologies Screening Matrix*. <https://frtr.gov/matrix/Full-Matrix>.
- Zhang, L., Batchelor, W., Varanasi, S., Tsuzuki, T., & Wang, X. (2012). Effect of cellulose nanofiber dimensions on sheet forming through filtration. *Cellulose*, 19(2), 561-574.