



TUGAS AKHIR - RE 184804

**KAJIAN SPASIAL UNTUK PENENTUAN  
METODE REMEDIASI TANAH TERCEMAR  
KROMIUM DI KECAMATAN JETIS,  
KABUPATEN MOJOKERTO**

FITRIANDIKA NUGRAHA  
032 1154 0000 041

DOSEN PEMBIMBING  
Bieby Voijant Tangahu, ST, MT, PhD  
NIP. 19710818 199703 2 001

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019





**TUGAS AKHIR - RE 184804**

**KAJIAN SPASIAL UNTUK PENENTUAN METODE  
REMEDIASI TANAH TERCEMAR KROMIUM DI  
KECAMATAN JETIS, KABUPATEN MOJOKERTO**

**FITRIANDIKA NUGRAHA**  
032 1154 0000 041

**DOSEN PEMBIMBING**  
Bieby Voijant Tangahu, ST, MT, PhD  
NIP. 19710818 199703 2 001

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan Dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
SURABAYA 2019





**FINAL PROJECT - RE 184804**

**SPATIAL STUDY FOR DETERMINING REMEDIATION  
METHODS OF CHROMIUM POLLUTED SOILS IN  
JETIS DISTRICT, MOJOKERTO DISTRICT**

**FITRIANDIKA NUGRAHA**  
032 1154 0000 041

**SUPERVISOR**  
Bieby Vojant Tangahu, ST, MT, PhD  
NIP. 19710818 199703 2 001

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**  
Faculty of Civil Environment and Geo engineering  
Institute of Technology Sepuluh Nopember  
SURABAYA 2019



**LEMBAR PENGESAHAN**

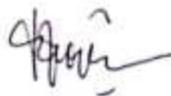
**KAJIAN SPASIAL UNTUK PENENTUAN METODE  
REMEDIASI TANAH TERCEMAR KROMIUM DI KECAMATAN  
JETIS, KABUPATEN MOJOKERTO**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memenuhi Gelar  
Sarjana Teknik  
Pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:  
**FITRIANDIKA NUGRAHA**  
NRP. 0321154000041

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



**Bieby Vojant Tangahu, ST, MT, PhD**  
NIP. 19710818 199703 2 001







# Kajian Spasial Untuk Penentuan Metode Remediasi Tanah Tercemar Kromium Di Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto

Nama Mahasiswa : Fitriandika Nugraha  
NRP : 0321154000041  
Departemen : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Bieby Voijant Tangahu, ST, MT, PhD

## ABSTRAK

Lahan Kritis merupakan lahan yang telah mengalami kerusakan sehingga lahan tersebut tidak dapat berfungsi secara baik sesuai dengan peruntukannya. Di Jawa Timur, pada tahun 2013 luas lahan kritis mencapai 12.000 Ha. Faktor yang menyebabkan fenomena lahan kritis merupakan pencemaran tanah dengan logam berat sebagai komponen penyusunnya. Logam berat juga merupakan satu komponen terkandung pada limbah dalam bentuk cair, padat atau B3. Salah satu logam berat adalah kromium, logam yang tergolong toksik dan umum dijumpai sebagai komponen limbah B3. Di Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto terdapat penelitian yang menjelaskan bahwa air sumur di beberapa wilayah Kecamatan Jetis tercemar logam berat. Sistem Informasi Geografis (SIG) digunakan untuk membuat peta persebaran kromium sehingga penentuan metode remediasi dapat lebih tepat sasaran.

Untuk membuat peta persebaran logam kromium, dibutuhkan data konsentrasi logam kromium di seluruh wilayah Kecamatan Jetis. Dengan menggunakan metode transek, titik sampel akan ditemukan dengan tiap jarak 1 km x 1 km. Selanjutnya dengan menggunakan *Ring Sampling* akan diambil tanah pada kedalaman 0– 20 cm untuk dijadikan sampel. Tanah sampel yang sudah diambil selanjutnya di ekstraksi menggunakan metode *wet digestion* dan Ekstraksi EDTA. Konsentrasi logam kromium pada sampel cair selanjutnya diukur dengan metode *Atomic Absorp Spectrophotometry (AAS)*. Analisa mengenai persebaran logam kromium menggunakan perangkat lunak ArcGis dan Hydrus. Dimana perangkat lunak ini dapat membuat

visualisasi persebaran berdasarkan konsentrasi dari tiap *transect* yang telah ditetapkan.

Didapatkan 63 titik sampel dengan *range* konsentrasi dari 2,4 mg/kg hingga 62,7 mg/kg. Logam kromium dengan konsentrasi tersebut mengartikan seluruh wilayah memiliki nilai diatas baku mutu TK – C pada PP Tahun 82 tahun 2014 “Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun” sehingga harus dikelola. Setelah dianalisis, logam kromium tersebar ke seluruh wilayah Kecamatan Jetis, hal ini dikarenakan sumber yang teridentifikasi lebih dari 1 jenis. Sehingga persebarannya meluas dan tidak berpola. Untuk menanggulangi masalah ini akan dilakukan remediasi dengan menggunakan Bioremediasi dengan Rhizobakter dan Tanaman Jagung serta Solidifikasi. Perlakuan ini memakan biaya hingga Rp 1.740.860.800.

**Kata Kunci:** Kromium (Cr), logam berat, Sistem Informasi Geografis (SIG), remediasi

# **Spatial Study For Determining Remediation Methods Of Chromium Polluted Soils In Jetis District, Mojokerto District**

Name of Student : Fitriandika Nugraha  
NRP : 0321154000041  
Study Programme : Teknik Lingkungan  
Supervisor : Bieby Voijant Tangahu, ST, MT, PhD

## **ABSTRACT**

Critical Land is land that has been damaged so that the land cannot function properly in accordance with its designation. In East Java, in 2013 the area of critical land reached 12,000 ha. One of the causes of the phenomenon of critical land is soil pollution. One of the soil pollutants is heavy metals. Heavy metals are also one component contained in waste in the form of liquid, solid or hazardous waste. One of the heavy metals is chromium (Cr), a metal that is classified as toxic and commonly found as a component of hazardous waste. In Jetis Subdistrict, Mojokerto Regency there is research that explains that well water in some areas of Jetis Subdistrict is polluted by heavy metals. Geographic Information System (GIS) is used to create a map of chrome distribution so that the determination of the remediation method can be more targeted.

To make a map of the distribution of chromium, data on chromium metal concentrations are needed in all areas of Jetis District. Using the transect method, sample points will be found with each distance of 1 km x 1 km. Then using the Ring Sampling will find soil at a depth of 0-20 cm to be sampled. Soil samples taken were then extracted using the wet digestion method and EDTA extraction. The concentration of chrome metal in the liquid sample was then measured by the Atomic Absorb Spectrophotometry (AAS) method. Analysis of the distribution of chromium metal using ArcGis and Hydrus software. Where this software can make distribution visualization based on the concentration of each transect that has been set.

63 sample points were obtained with a concentration range from 2,4 mg/kg to 62,7 mg /kg. The concentration means that all regions have values above the TK - C quality standard in Government Regulation No 82 of 2014 regarding "Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun" so that it must be managed. After analysis, chromium metal is spread throughout the Jetis Subdistrict area, this is because the sources identified are more than one type. So that the spread is widespread and not patterned. To overcome this problem, remediation will be carried out by using Bioremediation with Rhizobacteria and Solidification. This treatment costs up to Rp 1.740.860.800.

**Keyword:** Chromium (Cr), heavy metal, Geographical Information System (GIS), remediation

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Kajian Spasial Untuk Penentuan Metode Remediasi Tanah Tercemar Logam Kromium (Cr) Di Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto”. Penulisan dokumen Tugas Akhir ini disusun dalam rangka untuk memenuhi kewajiban mahasiswa Program Sarjana Departemen Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penyusunan dokumen tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan bantuan seluruh pihak yang sudah terlibat. Pada kesempatan kali ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Bieby Voijant Tangahu, ST.,MT.,Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, referensi, ilmu dan saran serta pengalaman dalam pengerjaan tugas akhir ini.
2. Bapak Welly Herumurti, ST., M.Sc ; Ibu Harmin Sulistyaning Titah, ST.,MT.,Ph.D. dan Bapak Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT. selaku dosen pengarah yang senantiasa memberikan saran dan masukan yang membangun demi terselesaikannya tugas akhir ini.
3. Seluruh teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2015 yang senantiasa menemani selama masa studi dan pengumpulan data untuk penyusunan Tugas Akhir ini.

Tak lupa ucapan terimakasih penulis sampaikan untuk Kedua Orang Tua, Kakak dan keluarga yang selalu memberi dukungan dan doa selama pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Namun, Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat menjadi referensi dan bermanfaat kedepannya.

Hormat,

Penulis

***“Halaman ini sengaja di kosongkan”***

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	ii
ABSTRACT .....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Ruang Lingkup.....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Lahan Kritis .....	5
2.2 Pencemaran Tanah .....	5
2.3 Logam Berat .....	8
2.4 Kromium (Cr) .....	9
2.5 Sistem Informasi Geografis (SIG).....	11
2.6 Mekanisme Polutan Pada Tanah .....	13
2.7 Remediasi Tanah tercemar Kromium.....	15
2.7.1 Fitoremediasi .....	15
2.7.2 Penggunaan Bahan Organik .....	17
2.7.3 Elektrokinetik .....	18
2.7.4 Solidifikasi .....	18
2.6.5 Bioremediasi dengan Bakteri.....	18
2.8 Gambaran Umum Wilayah .....	19
BAB III METODE PENELITIAN .....	23
3.1 Deskripsi Umum .....	23
3.2 Ide Penelitian .....	23
3.3 Waktu Penelitian.....	24
3.4 Alat dan Bahan .....	24
3.5 Kerangka Penelitian.....	25
3.6 Tahapan Penelitian.....	27

3.6.1 Studi Literatur .....	27
3.6.2 Perizinan.....	28
3.6.3 Pengambilan Data ( <i>Sampling</i> ) .....	29
3.6.4 Ekstraksi sampel .....	32
3.6.5 Pengukuran Konsentrasi Sampel.....	35
3.6.6 Pembuatan Peta Persebaran logam kromium .....	36
3.6.7 Modelling Dispersi kromium pada tanah .....	37
3.6.8 Penentuan Teknologi Remediasi .....	38
3.6.9 Pembuatan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) .....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>
4.1 Pembuatan Peta Persebaran Logam Kromium (Cr) .....	41
4.1.1 Pembuatan Peta Transek.....	41
4.1.2 Pengambilan Sampel ( <i>Sampling</i> ).....	45
4.1.3 Ekstraksi Sampel Tanah ( <i>Soil Extraction</i> ) .....	52
4.1.4 Pembuatan Peta Persebaran Logam Kromium (Cr) ..	68
4.2 Pembuatan Modelling pencemaran logam Kromium (Cr) ..	75
4.2.1 Identifikasi Jenis Tanah Kecamatan Jetis .....	75
4.2.2 Pencemaran Tanah dengan teori Adveksi-Dispersi...	77
4.2.3 Running Hydrus.....	81
4.3 Penentuan Metode Remediasi .....	85
4.3.1 <i>Screening Matrix</i> Berdasarkan Media .....	85
4.3.2 <i>Screening Matrix</i> berdasarkan Jenis <i>Treatment</i> .....	88
4.3.3 <i>Screening Matrix</i> Berdasarkan Kegunaan .....	90
4.3.4 Penentuan Daerah yang akan di remediasi .....	92
4.4 Pembiayaan Metode Remediasi .....	98
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>105</b>
5.1 Kesimpulan .....	105
5.2 Saran .....	105
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>107</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>117</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>135</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Logam Kromium .....	11
Gambar 2.2 Skema Sistem Informasi Geografis .....	13
Gambar 2.3 Mekanisme Polutan pada Tanah .....	14
Gambar 2.4 Mekanisme Fitoremediasi.....	17
Gambar 2.5 Peta Kabupaten Mojokerto .....	19
Gambar 2.6 Peta Wilayah Kecamatan Jetis .....	20
Gambar 2.7 Lokasi beberapa Industri pada Kecamatan Jetis ....	21
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian .....	27
Gambar 3.2 Peta Kecamatan Jetis dengan Transek 1 x1 km.....	30
Gambar 3.3 Profil Tanah .....	31
Gambar 3.4 Metode <i>Ring Sampling</i> .....	32
Gambar 3.5 Pelarut <i>Aqua regia</i> .....	34
Gambar 3.6 Skema Kerja AAS .....	36
Gambar 3.7 Contoh Peta Persebaran .....	37
Gambar 4.1 <i>Flow Chart</i> pembuatan peta persebaran Kromium .	41
Gambar 4.2 Peta Transek Kecamatan Jetis.....	43
Gambar 4.3 Perangkat Lunak <i>UTM Geo Map</i> dan <i>GoogleMaps</i>	45
Gambar 4.4 Proses pengambilan Sampel.....	46
Gambar 4.5 Kegiatan Ekstraksi Sampel.....	53
Gambar 4.6 Proses Ekstraksi EDTA .....	60
Gambar 4.7 Peta Persebaran Kromium di Kecamatan Jetis.....	69
Gambar 4.8 <i>Flow chart</i> modelling.....	75
Gambar 4.9 Peta Jenis Tanah Kecamatan Jetis .....	75
Gambar 4.10 Grafik contoh teori adveksi .....	78
Gambar 4.11 Opsi <i>solver</i> .....	78
Gambar 4.12 Grafik pengujian titik 32 - 58.....	79
Gambar 4.13 Grafik Pengujian titik 32 - 53 .....	81
Gambar 4.14 Tampilan Perangkat Lunak Hydrus 1D .....	82
Gambar 4.15 Tampilan perangkat lunak Hydrus 2D-3D .....	82
Gambar 4.16 Persebaran Logam Kromium dengan Pendekatan Kontur.....	83
Gambar 4.17 <i>Flow chart</i> penentuan metode remediasi .....	85
Gambar 4.18 Peta Persebaran Logam Kromium dan Kepadatan Penduduk .....	93
Gambarl 4.19 Penerapan Remediasi di Kecamatan Jetis.....	103
Gambar 7.1 Tampilan Add data pada ArcGIS.....	128
Gambar 7.2 Tampilan Project setelah layer diatur .....	129

Gambar 7.3 Opsi Table of Content .....	130
Gambar 7.4 Wilayah Kecamatan Jetis dengan Transek .....	130
Gambar 7.5 Opsi <i>join</i> pada ArcGIS & data yang terkoneksi .....	132

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Baku Tanah Terkontaminasi.....	7
Tabel 2.2 Sifat Fisik Logam Kromium.....	10
Tabel 2.3 Sifat Kimia Logam Kromium .....	10
Tabel 2.2 Mekanisme Polutan pada Tanah.....	14
Tabel 3.1 Hasil penelitian pendahuluan .....	29
Tabel 4.1 Keterangan pengambilan sample.....	47
Tabel 4.2 Konsentrasi Kromium dari tiap titik sampel .....	53
Tabel 4.3 Hasil uji bioavailibilitas.....	60
Tabel 4.4 Perbandingan Nilai total dengan bioavailibilitas .....	66
Tabel 4.4 Konsentrasi kromium pada pupuk (mg/kg).....	71
Tabel 4.5 Contoh pengujian teori adveksi titik 32 ke arah timur .	79
Tabel 4.6 Uji teori adveksi titik 32 ke arah selatan .....	80
Tabel 4.7 Screening matrix berdasarkan unsur .....	86
Tabel 4.8 Screening matrix berdasarkan unsur .....	87
Tabel 4.9 Metode remediasi untuk tanah dengan in situ.....	89
Tabel 4.10 Hasil reduksi konsentrasi Cr dengan <i>Rhizobacteria</i> ..	91
Tabel 4.11 Metode Remediasi untuk logam berat.....	92
Tabel 4.12 Nilai tiap aspek per Kelurahan.....	95
Tabel 4.13 Rekapitulasi Luas Lahan .....	99
Tabel 4.14 Perhitungan Kebutuhan Lahan.....	99
Tabel 4.15 Kebutuhan Bioremediasi .....	100
Tabel 4.16 Pekerjaan Persiapan .....	100
Tabel 4.17 Pekerjaan Pembangunan .....	101
Tabel 4.18 Rekapitulasi Biaya yang digunakan .....	102

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Pembuatan Larutan NaOH dan Penambahan Larutan NaOH.....	117
Lampiran 2. Perhitungan Kebutuhan <i>Aqua regia</i> .....	118
Lampiran 3. Perhitungan Konversi konsentrasi.....	119
Lampiran 4. Prosedur Pengambilan Sampel dan dokumentasi	120
Lampiran 5. Prosedur <i>wet digestion</i> .....	122
Lampiran 6. Prosedur Ekstraksi EDTA.....	125
Lampiran 7. Prosedur Pembuatan Peta Transek .....	128
Lampiran 8. Prosedur Pembuatan Peta Persebaran Kromium .	132

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 52/KptsII/2001 tentang pedoman penyelenggaraan pengelolaan Daerah Aliran Sungai dijelaskan bahwa lahan kritis merupakan lahan yang telah mengalami kerusakan sehingga lahan tersebut tidak dapat berfungsi secara baik sesuai dengan peruntukannya. Berdasarkan data dari Kementerian Kehutanan Indonesia, luas lahan kritis di Indonesia pada tahun 2013 mencapai 241.960 hektar. Di Jawa Timur, pada tahun 2013 luas lahan kritis mencapai 12.000 Hektar, dan menempatkan Jawa Timur sebagai provinsi dengan lahan kritis terluas keempat di Indonesia. Lahan kritis terjadi dikarenakan pengelolaan lahan yang tidak memperhatikan lingkungan, pencemaran sehingga mengganggu kelestarian kesuburan tanah dan rusaknya komponen fisik, kimia atau biologis pada lahan tersebut (Ishak, dkk., 2012).

Pencemaran tanah merupakan keadaan dimana masuknya air permukaan tanah tercemar ke dalam lapisan tanah, dan menyebabkan perubahan lingkungan tanah alami (Amzani, 2012). Salah satu pencemar tanah adalah logam berat (Hg, Pb, Zn, Cr, Cd, Cu, Ar, S), yang merupakan bahan anorganik yang dapat mengakibatkan mundurnya kualitas tanah. Hal ini disebabkan bahan – bahan agrokimia, kegiatan pertambangan dan limbah industri seperti industri pengelolaan Limbah B3. Dikarenakan sifat logam berat yang berbahaya pada tanah, konsentrasi logam berat diatur pada PP RI No 101 Tahun 2014 tentang “Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun”. Salah satu logam berat yaitu Kromium (Cr) merupakan salah satu logam dengan toksisitas tinggi dan mudah dijumpai pada limbah B3 (Erfandi, dkk., 2013).

Pada Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto terdapat beberapa industri besar yang setiap harinya menghasilkan limbah tak terkecuali limbah B3. Sebuah penelitian telah dilakukan untuk mengetahui kualitas air tanah pada salah satu desa di kecamatan tersebut. Penelitian tersebut membuktikan bahwa air tanah di desa tersebut tercemar limbah B3 yang mengandung logam berat (Laila,

Dkk., 2017). Salah satu penyebab dari kontaminasi air tanah adalah infiltrasi air dari permukaan tanah. Air pada permukaan masuk ke dalam tanah melalui celah – celah dengan prinsip gravitasi.

Untuk menentukan solusi yang tepat untuk menyelesaikan masalah tersebut dibutuhkan data mengenai kondisi tanah di daerah tersebut. Namun, berbagai data dan informasi mengenai pemetaan lahan tercemar seringkali tidak bersifat menyeluruh dan informatif. Hal ini menyebabkan kecil kemungkinan rekomendasi yang diajukan dapat menyelesaikan masalah pencemaran tanah tersebut. Dengan adanya informasi spasial, akan membantu memastikan validasi kondisi lahan itu sendiri (Sumartono, 2011). Selain itu, dengan membuat sistem pemetaan, maka akan dapat terbangun sistem yang dapat menentukan daerah tercemar dan membantu pengambilan keputusan peneliti dalam merumuskan solusi (Setiadi, dkk., 2010).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka masalah dari penelitian ini dapat dirumuskan sebagai:

1. Berapa konsentrasi kromium dalam tanah di Kecamatan Jetis ?
2. Bagaimana sebaran kromium dalam tanah di Kecamatan Jetis ?
3. Apa metode remediasi yang paling sesuai untuk menyelesaikan masalah pencemaran tanah oleh kromium di Kecamatan Jetis?
4. Berapa biaya yang harus dikeluarkan untuk merealisasikan metode remediasi yang terpilih ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Membuat peta persebaran kromium di dalam tanah pada Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto.
2. Menentukan dispersi persebaran logam kromium di dalam tanah pada Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto.

3. Menentukan metode remediasi yang tepat untuk menyelesaikan masalah pencemaran tanah oleh kromium.
4. Menghitung Rancangan Anggaran Biaya (RAB) dari metode remediasi yang terpilih.

#### 1.4 Ruang Lingkup

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan Februari 2019 hingga Mei 2019.
2. Pengukuran konsentrasi kromium dan Kegiatan ekstraksi tanah dilakukan di Laboratorium Enviro *Chemical Engineering*, University Kebangsaan Malaysia.
3. Aspek yang diteliti pada penelitian ini adalah Teknis (Pembuatan Peta) dan Pembiayaan metode remediasi yang terpilih

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan informasi mengenai persebaran Logam kromium pada Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto.
2. Mendapatkan informasi mengenai konsentrasi Logam kromium pada Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto.
3. Menjadi referensi untuk penelitian – penelitian selanjutnya.

***“Halaman ini sengaja di kosongkan”***

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Lahan Kritis

Lahan kritis merupakan lahan yang tidak mampu secara efektif digunakan untuk lahan pertanian, sebagai media pengatur tata air, maupun sebagai pelindung alam lingkungan. Lahan Kritis juga dapat diartikan sebagai lahan yang tidak sesuai antara kemampuan tanah dan fungsi aslinya akibat kerusakan secara fisik, kimia, dan biologis sehingga memberikan dampak buruk terhadap fungsi hidrologis, sosial ekonomi, produksi pertanian ataupun bagi pemukiman (Rosyada, dkk., 2015).

Lahan kritis dapat disebabkan oleh beberapa hal. seperti konservasi tanah yang kurang diperhatikan oleh aktivitas manusia dan pembakaran hutan serta penebangan hutan (Indrihastuti, 2016). Selain itu, faktor yang menyebabkan lahan kritis adalah kekeringan, erosi, pengelolaan lahan yang kurang baik dan kontaminasi. Kontaminasi atau pencemaran pada tanah atau lahan merupakan kondisi ketika suatu material masuk ke dalam lahan dan mempersulit bakteri untuk mengurai nya (Ishak, dkk., 2012).

#### 2.2 Pencemaran Tanah

Pencemaran merupakan kondisi dimana masuknya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam tanah. Fenomena ini terjadi juga ketika berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas lingkungan turun ke tingkat tertentu (Hidayat, 2015). Untuk pencemaran tanah sendiri merupakan pencemaran yang terjadi pada tanah dan menurunkan kualitas tanah tersebut.

Kontaminasi yang terjadi di tanah atau pencemaran tanah dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan serta manusia. Ketika pencemaran terjadi, kualitas dan fungsi tanah akan berkurang dikarenakan penurunan aktivitas mikroba. Bahkan, jika dibiarkan terus menerus tanah tersebut akan rentan terhadap erosi. Pengaruh negatif berikutnya adalah berhubungan dengan hewan dan manusia. Rantai makanan dimulai dari produsen hingga bakteri pengurai. Produsen mengandung zat –

zat beracun, maka akan terjadi transfer unsur berbahaya dari satu makhluk ke makhluk lainnya (Vacha, 2017).

Pencemaran tanah biasanya terjadi dikarenakan kegiatan manusia. Industri melakukan aktivitas produksi setiap hari. Setiap kegiatan produksi menghasilkan produk sampingan seperti gas dan air buangan yang jika tidak dikelola dengan benar dapat mencemarkan tanah. (Mishra, dkk., 2015). Industri menghasilkan berbagai bentuk limbah tergantung dari jenis kegiatan yang industri tersebut lakukan. Jenis limbah dalam bentuk cair, padat dan gas bahkan B3 sering dijumpai di kehidupan sehari - hari. Limbah seperti *steel slag*, *fly ash*, *bottom ash* dan *furnace slag* merupakan beberapa limbah B3 hasil industri. Setiap limbah B3 itu pun mengandung logam kromium yang berbahaya untuk manusia (Yahya, 2013)

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 pada tahun 2014 tentang "Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun", ambang batas logam kromium yang diterapkan pada tanah dibagi menjadi beberapa tingkat yaitu:

- A. Konsentrasi logam kromium diatas 15 mg/L pada suatu media tanah maka tergolong TCLP - A.
- B. Media tanah memiliki konsentrasi logam kromium diatas 2000 mg/kg masuk kedalam kategori TK - A.
- C. Konsentrasi logam berat pada tanah diatas 2,5 mg/L tergolong kategori TCLP - B.
- D. Media tanah terkandung konsentrasi logam kromium sebesar 500 mg/kg atau keatas maka masuk ke dalam TK-B.
- E. Konsentrasi logam berat pada tanah diatas 1 (mg/L) tergolong kedalam TCLP – C
- F. Media tanah dengan konsentrasi Logam kromium lebih besar dari 1 (mg/kg) maka tergolong ke dalam TK – C.

Pada Tabel 2.1 Berikut akan ditampilkan ambang batas logam berat pada media tanah:

Tabel 2.1 Nilai Baku Tanah Terkontaminasi

ZAT PENCEMAR	TCLP-A	TK-A	TCLP-B	TK-B	TCLP-C	TK-C
Satuan (berat kering)	(mg/L)	(mg/kg)	(mg/L)	(mg/kg)	(mg/L)	(mg/kg)
PARAMETER WAJIB						
ANORGANIK						
Antimoni, Sb	6	300	1	75	0,4	3
Arsen, As	3	2000	0,5	500	0,2	20
Barium, Ba	210	25000	35	6250	14	160
Berilium, Be	4	4000	0,5	100	0,2	1,1
Boron, B	150	60000	25	15000	10	36
Kadmium, Cd	0,9	400	0,15	100	0,06	3
Krom valensi enam, Cr <sup>6+</sup>	15	2000	2,5	500	1	1
Tembaga, Cu	60	3000	10	750	4	30
Timbal, Pb	3	6000	0,5	1500	0,2	300
Merkuri, Hg	0,3	300	0,05	75	0,02	0,3
Molibdenum, Mo	21	4000	3,5	1000	1,4	40
Nikel, Ni	21	12000	3,5	3000	1,4	60
Selenium, Se	3	200	0,5	50	0,2	10
Perak, Ag	40	720	5	180	2	10
<i>Tributyltin oxide</i>	0,4	10	0,05	2,5	0,02	R
Seng, Zn	300	15000	50	3750	20	120
ANION						

Sumber: Lampiran Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 pada tahun 2014 tentang "Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun",

Pencegahan dan penanganan merupakan tindakan tindakan yang perlu dilakukan. Tindakan pencegahan dilakukan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya pencemaran pada tanah. Sedangkan tindakan penanganan dilakukan sebagai bentuk penyikapan pencemaran tanah. Tindakan pencegahan yang dapat dilakukan adalah pengolahan sampah – sampah organik dengan menggunakan mikroorganisme seperti komposting. Lalu, limbah cair yang mengandung logam berat dapat diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air agar mempermudah proses pemulihan (Muslimah, 2015). Untuk tindakan penanganan, remediasi dapat dilakukan untuk mengembalikan kualitas tanah. Remediasi merupakan proses untuk menyembuhkan kembali atau mengembalikan kualitas tanah atau air yang sudah tercemar. Penentuan metode remediasi biasanya disesuaikan dengan jenis pencemar yang terdapat pada tanah tersebut. Metode yang biasa

ditemui adalah pemisahan, pemanasan (*thermal*), penambahan zat kimia (*chemical*) dan penggunaan mikroba (*biological*) (Ashraf, dkk., 2014)

### 2.3 Logam Berat

Logam berat mempunyai berat jenis 5,0 atau lebih, dengan nomor atom antara 21 (scandium) dan 92 (uranium) dari Sistem Periodik Bahan Kimia. Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat dapat dibedakan menjadi logam berat esensial dan logam berat non esensial. Logam berat esensial dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Sebagai contoh antara lain Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan Se. Logam berat non esensial merupakan logam yang beracun yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, sebagai contoh antara lain Hg, Cd, Pb, Sn, Cr(VI) dan As. Logam berat ini dapat menimbulkan efek yang merugikan kesehatan manusia, sehingga sering disebut sebagai logam beracun. Senyawa ini tidak dapat rusak di alam dan tidak berubah menjadi bentuk lain (BPOM RI, 2010).

Logam berat pada tanah umumnya bersumber dari kegiatan manusia seperti konstruksi, industri dan transportasi. Kegiatan industri tak lepas dari proses perubahan suatu bahan menjadi produk dan tentu saja menghasilkan limbah yang mengandung logam berat. Logam berat dari proses di industri seperti pembakaran dan pencucian umumnya memiliki konsentrasi yang tinggi. Namun, logam berat juga dapat ditemukan secara natural pada lingkungan tetapi dengan konsentrasi yang lebih rendah (Gangadhar, 2014) Pada limbah B3 suatu industri, logam berat juga dapat mudah ditemukan. Menurut data dari Environmental Protection Agency (EPA) tahun 1997, yang menyusun "top-20" B3 antara lain: Arsenic, Lead, Mercury, Vinyl chloride, Benzene, Polychlorinated B iphenyls (PCBs), Kadnium, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Chloroform, Aroclor 1254, DDT, Aroclor 1260, Trichloroethylene, Chromium (hexa valent), Dibenz[a,h]anthracene, Dieldrin, Hexachlorobutadiene, Chlordane. Dari 20 B3 tersebut, diantaranya adalah logam berat, antara lain Arsenic (As), Lead (Pb), Mercury (Hg), Kadnium (Cd), dan Chromium (Cr) (Sudarmaji, dkk., 2006)

Kadar logam berat berlebih pada lingkungan dapat memberikan dampak buruk terhadap lingkungan terutama manusia. Jalur utama bahan mengandung logam berat masuk ke tubuh manusia adalah melalui mulut (*digesting*), hidung (*breath*) dan kulit. Pemaparan dan konsumsi berlebih dapat menyebabkan gangguan pada pernafasan, pencernaan dan timbul penyakit kulit (Endrinaldi, 2009).

#### 2.4 Kromium (Cr)

Krom (Cr) di alam berada pada valensi 3 (Cr<sup>3+</sup>) dan valensi 6 (Cr<sup>6+</sup>). Cr<sup>6+</sup> lebih toksik dibandingkan dengan Cr<sup>3+</sup>, karena sifatnya yang berdaya larut dan mobilitas tinggi di lingkungan. Cr dalam larutan tanah diserap oleh akar melalui pengangkutan yang digunakan untuk penyerapan logam penting untuk metabolisme tanaman (Kristianto, dkk., 2017). Senyawa kromium sangat iritan dan korosif. Hal ini menyebabkan dapat menimbulkan ulcus pada kulit dan selaput lender. Terlalu banyak menghirup Cr dapat menimbulkan kerusakan pada tulang hidung. Bahkan pada paru – paru, Cr dapat menimbulkan penyakit Kanker (Said, 2010).

Environmental Protection Agency (EPA) Amerika Serikat menggolongkan kromium sebagai suatu zat yang bersifat karsinogenik. Pekerja perusahaan yang menggunakan proses pelapisan kromium berisiko tinggi terimbas pencemaran kromium. Akumulasi uap yang terhirup saat proses pelapisan kromium bisa menyebabkan sesak napas dan berujung pada kanker paru-paru. Bukan itu saja, kulit yang terpapar kromium terus menerus akan menimbulkan ulserasi (borok), ulserasi pada selaput lendir hidung, *vascular effect* (kerusakan pembuluh darah pada aorta), anemia dan membuat tubuh lesu, menurunkan imunitas tubuh, gangguan reproduksi dan gangguan ginjal.

Kromium dalam tanah sangat melekat pada partikel tanah sehingga tidak akan bergerak menuju dalam tanah. Kromium dalam air akan terserap pada endapan dan tidak bergerak. Hanya sebagian kecil dari kromium yang berakhir di air pada akhirnya akan larut. Kromium (VI) adalah terutama racun bagi organisme. Dapat mengubah bahan genetik dan menyebabkan kanker.

Logam Kromium memiliki sifat fisik dan sifat kimia. Berdasarkan penelitian dari Apriliani (2015), berikut ini menunjukkan sifat fisik dari logam kromium:

Tabel 2.2 Sifat Fisik Logam Kromium

Massa Jenis	7,15 g/cm <sup>3</sup> (250C)
Titik Lebur	2180 K, 19070C, 3465 °
Titik Didih	2944 K, 26710C, 4840 °
Entalpi Peleburan	20,5 kJ mol <sup>-1</sup>
Panas Penguapan	339 kJ mol
Konduktivitas Thermal	94 W m <sup>-1</sup> K
Kepadatan	7,140 kg m

Sumber: Makalah Kimia Logam Berat Kromium, 2014

Tabel 2.3 Sifat Kimia Logam Kromium

Nomor Atom	24
Massa Atom	51,9961 g/mol
Golongan, periode, blok	B, 4, d
Konfigurasi elektron	VI [Ar] 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>
Jumlah elektron tiap kulit	2, 8,13, 1
Afinitas elektron	64,3 kJ / mol <sup>-1</sup>

Sumber: Apriliani, dkk., 2014

Logam kromium juga mudah dijumpai pada limbah industri yang bersifat B3. Penelitian sebelumnya oleh Komarawidjaja (2017), ditemukan logam kromium berkonsentrasi tinggi pada air limbah buangan industri tekstil. Selanjutnya, logam kromium juga ditemukan pada limbah industri baja hasil proses *sand blasting*. Hal ini dicantumkan pada penelitian Yahya (2013). Berikutnya, Ali Achmadi (2009) melakukan penelitian mengenai limbah *steel slag*. Ditemukan kadar logam kromium yang mencapai 49,25 mg/kg pada limbah *steel slag*. Sehingga logam kromium sangat erat

kaitannya dengan beberapa limbah B3. Berikut merupakan Gambar 2.1 yang menunjukkan Gambar logam kromium:



Gambar 2.1 Logam Kromium

Sumber: <https://waterpluspure.wordpress.com/2010/11/10/seputar-kromium/> (Diakses pada tanggal 14 Januari 2019)

## 2.5 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem informasi Geografis atau pemetan merupakan informasi khusus yang mengelola data yang memiliki informasi spasial. Informasi geografis merupakan informasi yang berisi mengenai tempat atau lokasi, dimana suatu objek terletak di permukaan bumi. Informasi tersebut juga digunakan untuk menentukan dimana lokasi geografis itu berada untuk selanjutnya akan dianalisa dalam pengambilan keputusan (Susanto, dkk., 2016). SIG juga dapat diartikan sebagai sistem komputer untuk menciptakan, menyimpan dan mengelola serta menampilkan informasi bereferensi geografis. Contohnya adalah mengidentifikasi suatu lokasi dalam suatu *database* (Nurhakim, 2017).

SIG memiliki banyak manfaat yang dapat digunakan. SIG dapat mengidentifikasi suatu lokasi berdasarkan data yang valid. Dengan dimilikinya Gambaran peta dengan detil kondisi lokasi, maka hal ini dapat membantu dalam proses perencanaan suatu pembangunan. Lalu, hal ini sangat mempermudah pemegang kebijakan untuk melakukan pengawasan dan pengambilan keputusan. Dengan cara memadukan data spasial dan non spasial. Selain itu, teknologi ini juga mampu mengintegrasikan

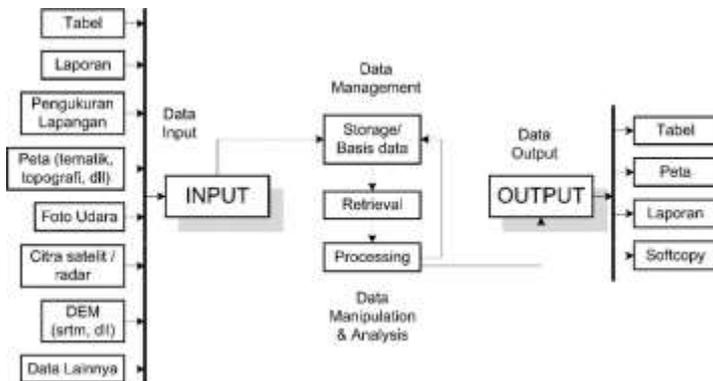
operasi – operasi umum database seperti analisa statistik. Terlebih lagi, kemampuan dari SIG untuk membuat visualisasi dari wilayah yang akan dipetakan. Hal ini akan berguna bagi kalangan – kalangan berkepentingan untuk menjelaskan kejadian, merencanakan strategi dan memprediksi apa yang akan terjadi (Kosasi, 2014). Menurut (Triyono, 2008), SIG memiliki beberapa karakteristik yaitu:

- a. Merupakan suatu sistem hasil pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak untuk tujuan pemetaan, sehingga fakta wilayah dapat disajikan dalam satu sistem berbasis komputer.
- b. Masalah dalam pengembangan meliputi: cakupan, kualitas dan standar data, struktur, model dan visualisasi data, koordinasi kelembagaan dan etika, pendidikan, expert system & decision support system serta penerapan.
- c. Perbedaannya dengan Sistem Informasi lainnya; data dikaitkan dengan letak geografis, dan terdiri dari data tekstual maupun grafik.
- d. Bukan hanya sekedar merupakan perubahan peta konvensional (tradisional) ke bentuk peta digital untuk kemudian disajikan (dicitak/diperbanyak) kembali.
- e. Mampu mengumpulkan, menyimpan, mentransformasikan, menampilkan, memanipulasi, memadukan dan menganalisis data spasial dari fenomena geografis suatu wilayah.
- f. Mampu menyimpan data dasar yang dibutuhkan untuk penyelesaian suatu masalah. Contoh : penyelesaian masalah perubahan iklim memerlukan informasi dasar seperti curah hujan, suhu, angin, kondisi awan.

Sistem Informasi Geografis dibagi menjadi dua yaitu sistem otomatis (*digital computer*) dan manual (analog). Perbedaan yang paling mendasar dari kedua sistem ini adalah pada cara pengelolaannya. Sistem informasi manual biasanya digunakan dengan cara menggabungkan beberapa data seperti peta, lembar transparansi untuk *overlay* dan foto udara. Data – data lain seperti laporan statistik dan laporan survey lapangan juga dibutuhkan. Selanjutnya, semua data tersebut dikompilasi dan dianalisis secara manual dengan alat tanpa komputer. Sedangkan

SIG berbasis otomatis telah menggunakan komputer sebagai sistem pengolahan data melalui proses digitasi. Sumber data digital dapat berupa citra satelit atau foto udara digital serta foto udara yang terdigitasi. Data lain juga dapat berupa peta dasar digitasi (Sugandi, dkk., 2009).

Bila dikaitkan dengan lingkungan, SIG sangatlah bermanfaat dan berguna. Contohnya adalah pada penanganan sampah di lingkup kota. SIG dapat diaplikasikan untuk membuat rute pengangkutan sampah menggunakan truk pada perencanaan pembangunan TPS. Dengan menggunakan SIG, sistem tersebut dapat menyajikan data secara akurat, cepat, murah dan dapat dianalisis dari data spasial dan atributnya (Sari, 2011). Berikut merupakan skema dari SIG:



Gambar 2.2 Skema Sistem Informasi Geografis

Sumber: <http://www.gienpratama.com/2016/06/sistem-informasi-geografis.html> (diakses pada tanggal 11 Februari 2019)

## 2.6 Mekanisme Polutan Pada Tanah

Secara dinamis, polutan terus bergerak didalam media air, udara maupun tanah. Terdapat dua perpindahan polutan pada media tanah yang dapat terjadi yaitu ketika polutan bertambah dan polutan berkurang. Fenomena ini dapat terjadi dikarenakan beberapa faktor yang terjadi. Dapat dikarenakan kegiatan manusia, alami maupun buatan. Pada Gambar 2.3 berikut merupakan mekanisme pergerakan polutan pada media tanah:



Gambar 2.3 Mekanisme Polutan pada Tanah

Berdasarkan penelitian oleh McKone pada tahun 2009, perpindahan kontaminan pada tanah ditampilkan pada Tabel sebagai berikut 3.2:

Tabel 2.2 Mekanisme Polutan pada Tanah

<b>Polutan Bertambah</b>	<b>Polutan Berkurang</b>
Penggunaan Barang berpotensi mencemar tanah	Volatilisasi
Pengendapan dari Udara	Berpindah ke Tanaman
<i>Runoff</i> dari Hujan	Erosi
Difusi dan Adveksi dari lapisan tanah dan air tanah	Difusi dan Adveksi dari lapisan tanah dan air tanah
	Perubahan kondisi Fisik, Kimia atau Biologis

Sumber: McKone, 2009

Perpindahan polutan ini dipengaruhi oleh beberapa kondisi, seperti karakteristik fisik tanah, karakteristik kimia tanah, mikroorganisme pada tanah, jumlah air dan fakto lainnya (Mirbagheri, 2004).

Salah satu mekanisme polutan adalah Berdasarkan teori adveksi – disperse. Pada teori ini menjelaskan mengenai kondisi kontaminan ketika satu sumber menghasilkan polutan, di titik tersebut memiliki nilai konsentrasi yang tertinggi. Namun semakin bertambahnya jarak atau jauh lokasi dari sumber, maka konsentrasi akan terus menurun. Hal ini dijelaskan pada persamaan berikut:

$$Cx = C_o \cdot \text{Exp}^{-k \cdot x}$$

Dimana:

- Cx = Konsentrasi pada jarak X (mg/L)
- Co = Konsentrasi pada sumber (mg/L)
- Exp = Exponoential
- k = Nilai Permeabilitas Tanah
- X = Jarak (m)

## 2.7 Remediasi Tanah tercemar Kromium

Remediasi adalah kegiatan untuk membersihkan tanah yang tercemar. Ada dua jenis remediasi tanah, yaitu *in-situ* (*on-site*) dan *ex-situ* (*off-site*). Pembersihan *on-site* adalah pembersihan di lokasi. Pembersihan *off-site* meliputi penggalian tanah yang tercemar dan kemudian dibawa ke daerah yang aman. Lalu pada daerah tersebut, dibersihkan dari zat pencemar (Muslilmah, 2015). Untuk melakukan remediasi tanah tercemar logam kromium dapat dilakukan beberapa teknik sebagai berikut:

### 2.7.1 Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah teknologi pembersihan, penghilangan atau pengurangan polutan berbahaya, seperti logam berat, pestisida, dan senyawa organik beracun dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tanaman (*hiperakumulator plant*). Salah satunya adalah penelitian Prayudi (2015) yaitu Fitoremediasi tanah tercemar logam kromium dengan menggunakan tanaman Akar wangi (*Vetiveria zizanioides*). Pada penelitian tersebut menghasilkan penurunan konsentrasi krom pada tanah hingga 86,57% untuk kadar pencemar kromium awal 600 ppm.

Proses fitoremediasi terdiri dari beberapa tahap untuk mengurangi konsentrasi pencemar, yaitu sebagai berikut:

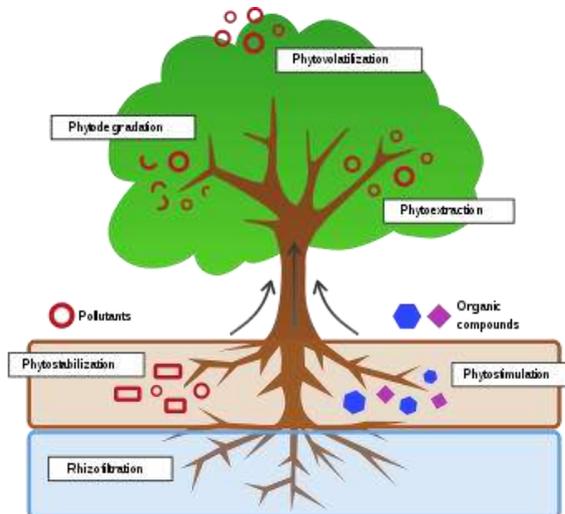
- A. *Phytoaccumulation*, pada tahap ini tumbuhan menyerap zat kontaminan di dalam tanah dan diakumulasikan di sekitar akar tumbuhan. Selanjutnya polutan tersebut diteruskan pada bagian tumbuhan seperti akar, batang dan daun tanaman.

- B. *Rhizofiltration*, akar tumbuhan melakukan adsorpsi zat kontaminan.
- C. *Phytostabilization*, yaitu proses dimana tumbuhan menarik polutan ke bagian akar dikarenakan tidak dapat diteruskan ke bagian lain pada tumbuhan. Zat – zat tersebut menempel pada akar sehingga tidak akan terpengaruh oleh aliran air pada media dan terbawa aliran
- D. *Phytodegradation*, pada proses ini terjadi penyerapan senyawa polutan oleh tumbuhan untuk proses metabolisme tanaman. Selain pada akar, proses ini juga terjadi di seluruh bagian tanaman seperti daun dan batang dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan tersebut.
- E. *Phytovolatilization*, merupakan proses terjadinya penyerapan kontaminan oleh tumbuhan dan merubahnya menjadi volatil agar tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya dilepas ke atmosfer (Irawanto, 2010)

Sedangkan untuk proses akumulasi logam berat oleh tumbuhan terbagi menjadi 3 tahapan yaitu:

- A. Penyerapan oleh akar tanaman, pada tahap ini polutan dalam bentuk larutan diserap tanaman. Polutan yang berbentuk larutan ikut terserap oleh akar bersama dengan air.
- B. Translokasi logam, proses ini terjadi ketika polutan menembus lapisan endodermis pada akar kemudian diteruskan ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut ke organ tanaman lainnya.
- C. Lokalisasi logam pada sel dan jaringan, merupakan proses tanaman melakukan pencegahan terjadinya keracunan logam berat. Dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya penghambatan metabolisme tanaman (Handayani, dkk., 2013)

Pada gambar 2,4 berikut akan ditampilkan mekanisme dari fitoremediasi:



Gambar 2.4 Mekanisme Fitoremediasi

Sumber: <https://en.wikipedia.org/wiki/Phytoremediation> (diakses pada tanggal 22 Juli 2019)

### 2.7.2 Penggunaan Bahan Organik

Bahan organik merupakan campuran beberapa senyawa organik dari berbagai sumber, hal ini menyebabkan susunan kimia bahan organik tersebut sangat rumit. Salah satu senyawa khas penting ialah gugus fungsional yang mampu berperan dalam pembentukan kompleks dan pertukaran ion. Gugus fungsional yang dimaksud adalah karboksil (-COOH), hidroksil (-OH), karbonil ( $=C=O$ ), metoksil (-OCH<sub>3</sub>), dan amino (-NH<sub>2</sub>). Penelitian yang dilakukan oleh Widyastuti (2003) tentang pengaruh penggunaan bahan organik terhadap kadar krom tanaman jagung di tanah Entisol yang terkontaminasi limbah industri tekstil batik menunjukkan bahwa adanya pemberian bahan organik secara signifikan mampu menurunkan kandungan krom pada tanah yang terkena limbah. Kadar krom di tanah yang tidak menggunakan bahan organik, pada akhir tanam menunjukkan angka 0,870 ppm, pemberian kompos 10 ton/ha menunjukkan angka 0,5087 ppm dan pemberian pupuk kandang 5 ton/ha menunjukkan angka sebesar 0,8333 ppm.

### 2.7.3 Elektrokinetik

Remediasi secara elektrokinetik merupakan teknologi pemulihan tanah terkontaminasi logam berat dan senyawa-senyawa organik melalui proses secara *insitu* dengan menggunakan tegangan listrik rendah dan arus DC (*direct current*) pada potongan melintang area antara elektroda yang diletakkan pada tanah dengan susunan aliran terbuka. Tekanan aliran pada umumnya digolongkan dalam miliampere per sentimeter kuadrat ( $\text{mA}/\text{cm}^2$ ) atau beda potensial tegangan listrik volt per sentimeter. Dengan penerapan teknologi tersebut diharapkan kontaminan logam berat dalam tanah dapat dipindahkan/digerakkan, dipadatkan/dipekatkan oleh elektroda serta diekstraksikan dari tanah. Pada penelitian Hakim (2005), terdapat penelitian remediasi tanah menggunakan metode ini dan didapatkan efisiensi penurunan konsentrasi kromium hingga 75,65%.

### 2.7.4 Solidifikasi

Solidifikasi adalah suatu penanganan yang menghasilkan padatan limbah yang memiliki identitas struktural yang tinggi. Proses solidifikasi menyebabkan kontaminan tidak dapat berinteraksi dengan reagen solidifikasi. Stabilisasi adalah suatu teknik yang didesain untuk meminimalkan mobilitas atau kelarutan kontaminan baik dengan atau tanpa terjadi perubahan sifat fisik dari limbah. Proses stabilisasi biasanya melibatkan penambahan material ke dalam limbah berbahaya dan menciptakan produk yang lebih tidak berbahaya. Pada tahun 2007 terdapat penelitian oleh Utomo, dkk mengenai solidifikasi/stabilisasi logam berat dalam limbah dengan semen Portland. Dimana pada penelitian ini logam kromium dapat terkorporasi dalam matrik semen berdasarkan studi XPS.

### 2.6.5 Bioremediasi dengan Bakteri

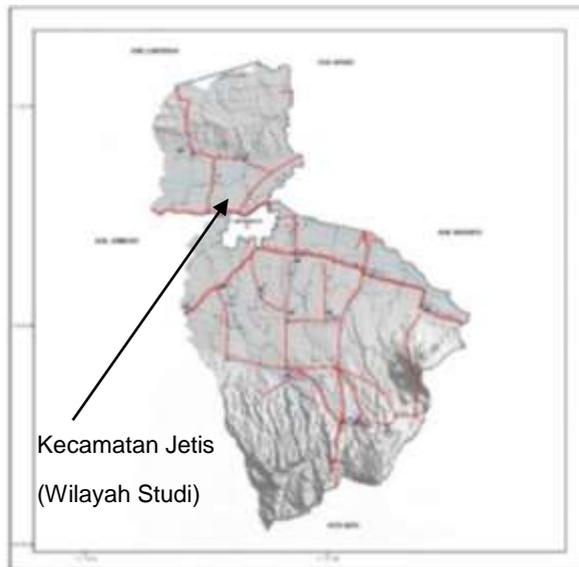
Bioremediasi merupakan metode remediasi yang menggunakan mikroorganisme atau sistem biologis lain untuk menurunkan atau mengubah polutan. Pada tahun 2013, terdapat penelitian mengenai kemampuan bakteri dalam mereduksi konsentrasi kromium oleh Pramono dkk. Dalam penelitian ini, digunakan tanah tercemar dari Desa Sambirembe, Kalasan,

Sleman, Yogyakarta dengan menggunakan Rhizobakter dan tanaman jagung.

## 2.8 Gambaran Umum Wilayah

Kecamatan Jetis merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Mojokerto. Kecamatan Jetis memiliki luas wilayah seluas  $57,170 \text{ km}^2$  dan tinggi rata – rata dari permukaan laut sebesar 60 m.

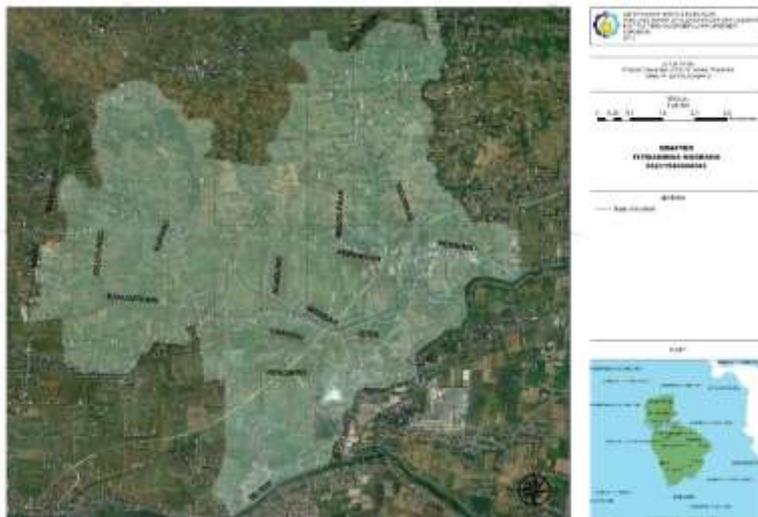
Pada kecamatan ini terdapat 16 desa, 80 dusun, 124 Rukun Warga (RW) dan 474 Rukun Tetangga (RT) dengan jumlah penduduk mencapai 79.967 jiwa pada tahun 2010. Beberapa desa yang ada di kecamatan ini antara lain Desa Mlirip, Penompo, Cangu, Jetis, Ngabar, Mojolebak, Pening, Banjarsari, Sawo, Kupang, Pening, Paringan, Sidorejo, Lakardowo, Bendung, Jolotundo, dan Mojorejo. Kecamatan Jetis dilewati oleh 1 sungai yaitu Kali Asin. Gambar 2.5 menunjukkan peta wilayah Kabupaten Mojokerto:



Gambar 2.5 Peta Kabupaten Mojokerto

Sumber: <http://loketpeta.pu.go.id/peta-infrastruktur-kabupaten-mojokerto-2014>, (Diakses pada tanggal 10 Desember 2018)

Kecamatan Jetis terletak pada bagian utara dari kabupaten Mojokerto. Gambar 2.6 merupakan gambar wilayah Kecamatan Jetis melalui satelit:



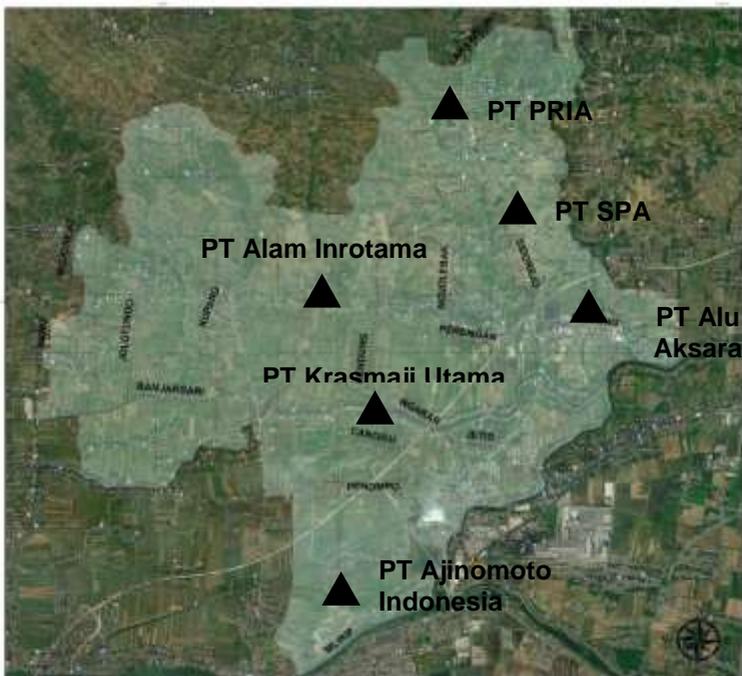
Gambar 2.6 Peta Wilayah Kecamatan Jetis

Sumber: BAPEDA KABUPATEN MOJOKERTO

Secara administratif, Kecamatan Jetis berbatasan dengan daerah sebagai berikut:

- Sebelah Utara: Kecamatan Dawar Blandung
- Sebelah Selatan: Kota Mojokerto
- Sebelah Timur: Kecamatan Kemlagi
- Sebelah Barat: Kabupaten Wringinanom

Pemilihan Kecamatan Jetis sebagai tempat pelaksanaan penelitian ini dikarenakan pada wilayah ini terdapat beberapa industri besar. Dengan rincian 3 industri makanan dan minuman, 1 industri tekstil, 1 industri kulit barang, 3 industri kimia farmasi, 5 industri karet, 3 industri barang galian non logam, 3 industri logam dasar, 2 industri elektronik, dan 8 perusahaan furniture (Kab. Mojokerto dalam angka, 2017). Setiap industri, menghasilkan limbah yang dikelola oleh masing – masing industri tersebut. Lokasi dari beberapa industri besar ditunjukkan pada Gambar 2.7 sebagai berikut:



Gambar 2.7 Lokasi beberapa Industri pada Kecamatan Jetis

Sumber:

<https://www.google.co.id/maps/place/Jetis,+Mojokerto,+Jawa+Timur/@-7.4050683,112.3758708,12z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x2e780e336e a00d99:0x9f61d10d89a5504c!8m2!3d-7.4085847!4d112.4470275>

(Diakses pada tanggal 10 Desember 2018)

***“Halaman ini sengaja di kosongkan”***

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Deskripsi Umum

Dalam penelitian kali ini, akan dilakukan pembuatan peta persebaran logam kromium pada Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengambil data primer dengan melakukan *sampling* tanah Kecamatan Jetis sesuai *cluster* dan *transect* yang telah ditentukan. Hal ini digunakan untuk mengetahui kondisi eksisting dari tanah sampel untuk analisis selanjutnya.

Langkah yang kedua adalah mengukur konsentrasi kromium pada sampel tanah. tanah terlebih dahulu diekstrak dengan menggunakan metode ekstraksi asam basa dengan pelarut *Aqua regia*. Sehingga tanah sampel berubah menjadi fase cair dan konsentrasi kromium dapat diukur. Berikutnya, pengukuran konsentrasi kromium dilakukan dengan menggunakan alat *Atomic Absorp Spectrophotometry (AAS)*.

Selanjutnya adalah pembuatan peta persebaran logam kromium pada tanah Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto. Pembuatan peta menggunakan perangkat lunak ArcGis. Pembuatan peta ini dilakukan untuk mengetahui persebaran logam kromium sehingga akan mempermudah pengambil kebijakan dalam menentukan langkah pencegahan dan remediasi.

#### 3.2 Ide Penelitian

Ide penelitian ini berawal dari saran dosen pembimbing mengenai pengelolaan lahan tercemar pada suatu kawasan. Selain itu, pada tahun 2017 - 2018 terjadi pencemaran tanah dan air oleh limbah B3 di Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto. Penelitian terdahulu juga menjelaskan bahwa air di salah satu sumur warga tercemar logam berat. Serta sedang maraknya berita mengenai keluhan masyarakat sekitar yang merasakan kerugian dari fenomena ini. Berdasarkan hal tersebut, ide penelitian ini diangkat. Sehingga diperlukan pengukuran konsentrasi logam kromium sehingga dapat diketahui seberapa besar potensi dampak yang akan diterima lingkungan dan masyarakat.

Berikutnya, persebaran logam berat kromium pada Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto. juga diperlukan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui persebaran logam berat kromium sehingga dapat mempermudah pengambil kebijakan dalam menentukan langkah pencegahan dan remediasi.

### 3.3 Waktu Penelitian

Tempat dan waktu penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2019 hingga bulan Juni 2019 di Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto.

### 3.4 Alat dan Bahan

Untuk melakukan penelitian ini diperlukan alat dan bahan sebagai berikut:

#### A. Alat:

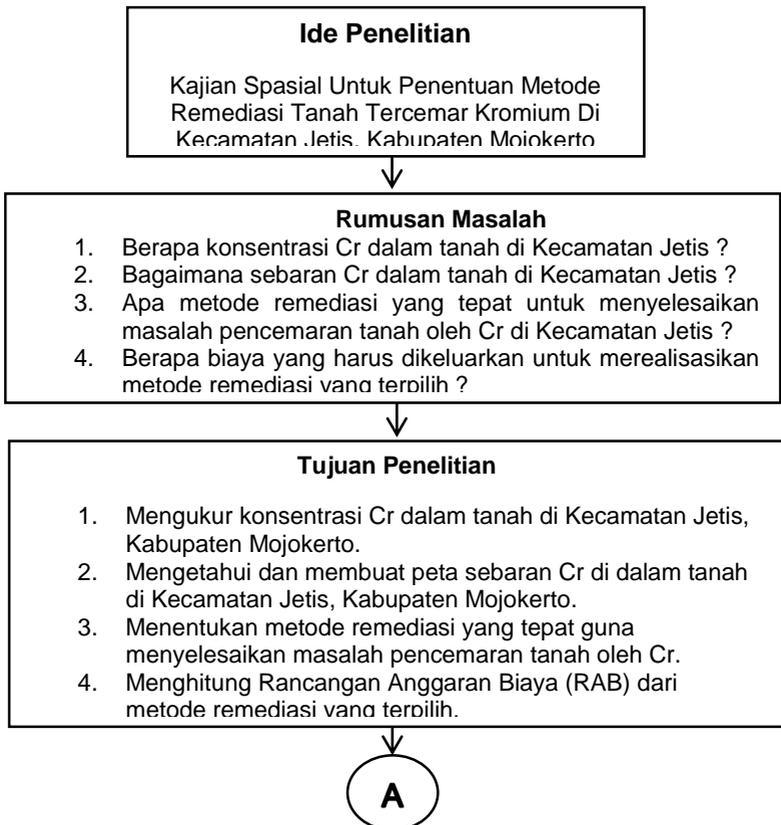
- *Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)*
- *Ring sampler*
- Komputer dengan perangkat Lunak *ArcGIS*
- Peta Tematik Kecamatan Jetis
- Peta Administrasi Kecamatan Jetis
- Sekop
- Penggaris
- Labu Erlenmeyer
- Kompor Listrik
- Neraca Analitik
- Labu Ukur
- *Fume Hood*
- Centrifuge
- Pipet

#### B. Bahan:

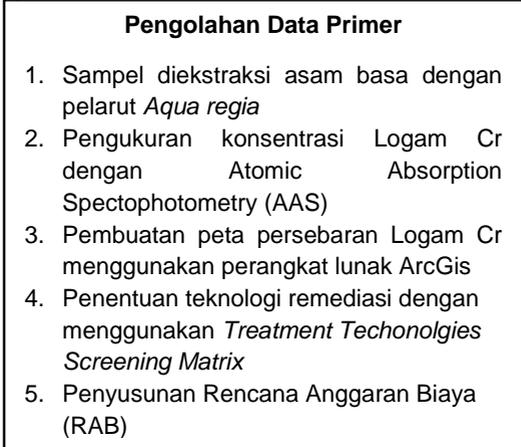
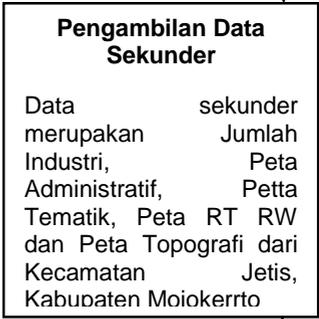
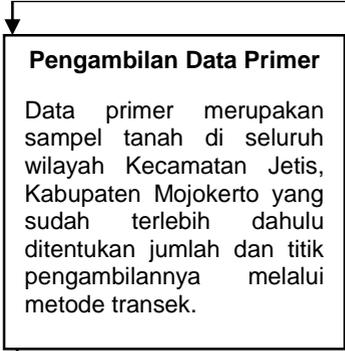
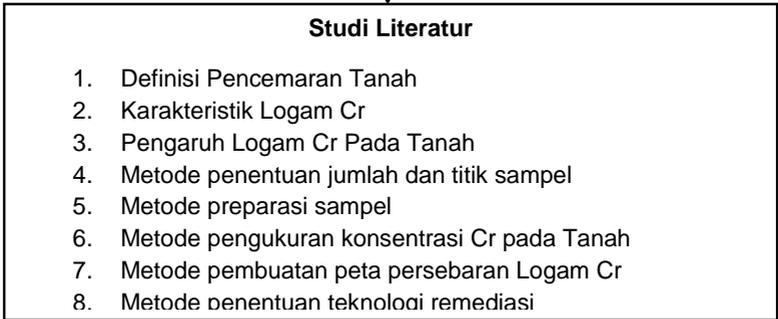
- Sampel tanah Kecamatan Jetis
- Air suling
- Pelarut *Aqua regia*
- Pelarut EDTA
- Larutan NaOH, HCL,  $HNO_3$ ,  $H_2O_2$

### 3.5 Kerangka Penelitian

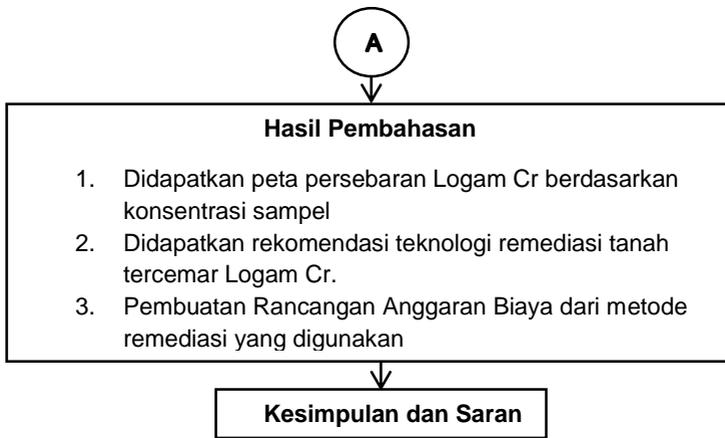
Kerangka penelitian merupakan Gambaran umum pelaksanaan penelitian, yang disusun secara berurut berdasarkan tahapan pelaksanaan penelitian untuk mencapai tujuan akhir yang diinginkan. Tujuan dibuatnya kerangka penelitian adalah sebagai Gambaran umum tahapan pelaksanaan penelitian dan memberikan informasi terikat dengan penelitian guna memudahkan pelaksanaan penelitian. Kerangka penelitian ini dimulai dengan rumusan masalah yang menghasilkan ide penelitian, selanjutnya melakukan pencarian referensi dari berbagai macam literatur. Berikutnya, penelitian dilanjutkan dengan langkah pengambilan data, pengolahan data, penyajian data dan pembahasan, serta diakhiri oleh kesimpulan dan saran. Kerangka penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1



A



A



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

### 3.6 Tahapan Penelitian

#### 3.6.1 Studi Literatur

Studi literatur digunakan sebagai referensi yang akan menunjang proses pengolahan data dan pembahasan pada penelitian ini. Studi literatur yang dipelajari dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Definisi Lahan Kritis
- Definisi Pencemaran Tanah
- Karakteristik logam kromium
- Pengaruh logam kromium Pada Tanah
- Definisi Sistem Informasi Geografis (SIG)
- Metode penentuan jumlah dan titik sampel
- Metode ekstraksi sampel
- Metode pengukuran konsentrasi kromium pada Tanah
- Metode pembuatan peta persebaran Logam kromium
- Metode modelling dispersi pencemaran logam kromium pada tanah
- Metode penentuan teknologi remediasi

Manfaat yang diharapkan dari proses studi literatur ini adalah agar proses pengolahan data dan pembahasan telah didasarkan pada metode yang baik dan benar. Sehingga hasil dari penelitian ini tidak hanya bermanfaat bagi peneliti, tetapi juga bermanfaat bagi penelitian-penelitian selanjutnya dan bagi instansi pemerintah terkait.

### 3.6.2 Perizinan

Penelitian ini akan dilakukan pada Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto. Untuk menunjang kelancaran pengambilan data diperlukan proses perizinan yang akan diajukan ke beberapa instansi pemerintah. Hal ini dilakukan agar kegiatan pengambilan data di lapangan dapat dilakukan dengan benar dan sesuai prosedur. Selain itu, beberapa data sekunder yang dibutuhkan dimiliki oleh pemerintah setempat. Perizinan ditunjukkan kepada:

- Pemerintah Kabupaten Mojokerto, untuk perizinan diadakan kegiatan penelitian ini.
- Badan Kesatuan, Kebangsaan dan Politik Kabupaten Mojokerto, untuk perizinan diadakan kegiatan penelitian ini.
- Pemerintah Kecamatan Jetis, untuk perizinan diadakan kegiatan penelitian ini.
- Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Mojokerto untuk pengambilan data sekunder.
- Badan Pembangunan Daerah (Bapeda) Kabupaten Mojokerto.

Setelah serangkaian kegiatan perizinan telah dilakukan, akan dilakukan penelitian pendahuluan. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan dan kadar logam berat pada tanah Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto pada kondisi eksisting. Namun dikarenakan beberapa kendala perihal perizinan, penelitian pendahuluan akan dilakukan setelah seminar proposal tugas akhir. Penelitian pendahuluan dilaksanakan dengan metode yang sama untuk digunakan pada tahapan penelitian utama yang dijelaskan pada bab ini. Tabel 3.1 menunjukkan contoh hasil penelitian pendahuluan:

Tabel 3.1 Hasil penelitian pendahuluan

Sampel	Koordinat Pengambilan	Waktu dan Tanggal Pengambilan	Konsentrasi Cr pada Tanah (ppm)	Keterangan
A	-	Januari 2019	C1	Dibawah angka baku mutu
B	-	Januari 2019	C2	Dibawah angka baku mutu
C	-	Januari 2019	C3	Diatas angka baku mutu

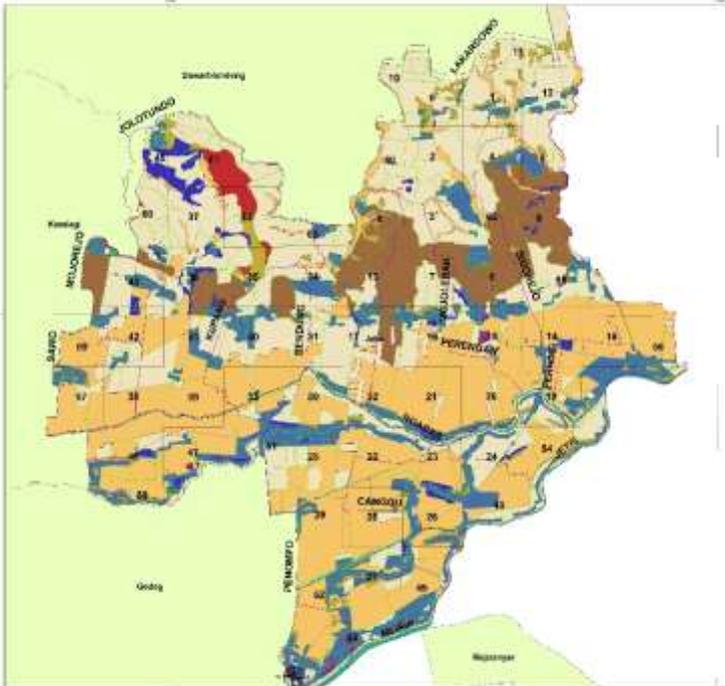
### 3.6.3 Pengambilan Data (*Sampling*)

Pada penelitian kali ini, diperlukan metode untuk menentukan tiap lokasi sampling sehingga dapat dihitung jumlah titik sampel yang akan diuji. Lalu perlu diperlukan juga metode yang tepat untuk melakukan pengambilan tanah sebagai sampel pada penelitian kali ini. Untuk pengambilan data pada penelitian kali ini menggunakan dua metode, yaitu:

#### A. Metode Transek

Kecamatan Jetis merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Mojokerto. Kecamatan Jetis memiliki luas wilayah seluas  $57,170 \text{ km}^2$ . Untuk menentukan titik sampel pada penelitian kali ini, peneliti menggunakan metode *Transect Area*. Metode *Transect Area* digunakan untuk mengetahui titik sampel dari luasan tertentu dengan membagi luasan wilayah dengan luas yang terlebih dahulu ditetapkan. Menimbang luas kecamatan Jetis mencapai  $57,170 \text{ km}^2$ , pada penelitian kali ini peneliti menggunakan transek  $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ . Metode Transek merupakan metode untuk mengamati suatu objek dengan menggunakan grid atau jalur transek pada lokasi tempat pengambilan sampel. Penentuan jumlah dan panjang transek tergantung dari besar dan luas areal yang akan dijadikan

tempat pengamatan. Penempatan transek dapat dilakukan secara random, sistematis, dengan stratifikasi mengikuti jalan setapak atau zig-zag (Bismark, 2011). Pada penelitian ini akan digunakan transek kotak, Gambar 3.2 merupakan Gambar penggunaan metode transek:



Gambar 3.2 Peta Kecamatan Jetis dengan Transek 1 x1 km

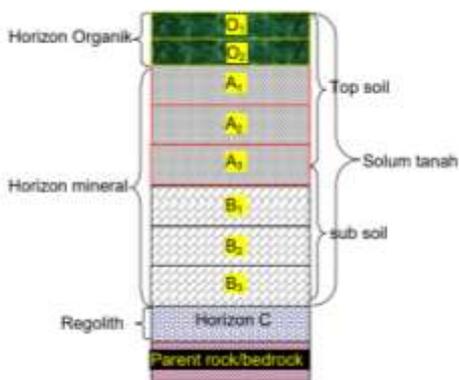
Berdasarkan Gambar diatas, akan dilakukan pengambilan sampel pada tiap kotak yang sudah diukur memiliki luasan 1 km x 1 km. Sehingga didapat jumlah titik sampel adalah 63 titik.

#### B. Pengambilan sampel dengan *Ring Sampling*

Pengambilan sampel tanah merupakan salah satu metode untuk mengamati kondisi suatu lahan. Pengamatan suatu lahan dengan menggunakan metode pengambilan

sampel pengamat dapat mendapatkan beberapa informasi penting yaitu sifat fisika tanah seperti permeabilitas, dan sifat kimia tanah seperti daya hantar listrik dan pH serta komposisi (Rahayu, 2014).

Pengambilan sampel tanah yang dilakukan menggunakan Metode *ring sample*. Sampel tanah yang diambil berupa sampel tanah utuh tidak terusik pada kedalaman 0 – 20 cm. Hal ini disebabkan karena penyebaran logam kromium pada tanah secara umum mengikuti kadar humus. Kadar logam kromium tertinggi berada pada horizon atas tanah yang memiliki kadar humus tinggi. Pada tanah-tanah tropik terdapat hubungan yang positif antara logam kromium dengan kadar liat tanah (Aubert & Pinta, 1977). Gambar 3.3 Menunjukkan Gambar profil tanah:



Gambar 3.3 Profil Tanah

Sumber: Sugiharyanto, dkk., 2009

Berdasarkan Gambar diatas pengambilan akan dilakukan pada zona horizon organik yaitu zona O1 hingga O2. Tanah terlebih dahulu diukur suhu dan pH dengan menggunakan thermometer dan pH meter. Lalu, tanah yang telah diambil dengan menggunakan ring dipindahkan ke plastik *ziplock* yang terlebih dahulu ditandai dengan label. Label berisi identitas sampel seperti koordinat pengambilan dan nomor sampel. Sampel tanah utuh yang diambil harus

mencerminkan kondisi lapang sepenuhnya, pengambilan contoh tanah utuh dilakukan dengan sampling pada setiap titik yang sebelumnya telah ditentukan agar data yang dihasilkan tidak menimbulkan bias (Hilmy, 2017). Gambar 3.4 menunjukkan Gambar dari *Ring Sampling*:



Gambar 3.4 Metode *Ring Sampling*

Sumber: Suganda, dkk., 2017

Setelah sampel selesai diambil, sampel akan dibawa menuju laboratorium untuk dilakukan ekstraksi untuk mengubah fase tanah dari padat menjadi cair. Proses atau prosedur dari kegiatan ring sampling terlampir pada Lampiran 4.

#### 3.6.4 Ekstraksi sampel

Ekstraksi merupakan metode pemisahan yang menyangkut perpindahan zat dari fase yang satu ke fase yang lain. Pada proses ekstraksi, suatu senyawa dipartisikan di antara dua fasa (pelarut). Pemisahan dapat berhasil bila ada perbedaan kelarutan senyawa dalam kedua pelarut. Pada umumnya senyawa yang diekstraksi tidak larut atau sedikit larut dalam satu pelarut, tetapi sangat larut dalam pelarut yang lainnya. Dasar dari metode ekstraksi adalah distribusi atau partisi senyawa antara dua fasa pada kesetimbangannya. Kesetimbangan partisi tergantung pada kelarutan senyawa pada masing-masing fasa (Fasya, dkk., 2016).

Pada penelitian ini akan dilakukan dua jenis ekstraksi yaitu *Wet Digestion* untuk menentukan nilai total konsentrasi logam berat dan ekstraksi untuk mengidentifikasi nilai bioavailabilitas pada tanah tersebut. Kedua metode ekstraksi tersebut memiliki prosedur yang berbeda. Untuk *wet digestion* akan menggunakan

*aqua regia* dan uji *bioavailability* akan menggunakan pelarut EDTA. Berikut merupakan prosedur ekstraksi *wet digestion* dan EDTA:

#### A. *Wet Digestion*

*Wet Digestion* adalah ekstraksi dengan menggunakan pelarut *aqua regia*. Dimana pada ekstraksi ini bertujuan untuk mencari kandungan logam total yang tersedia dan berada di dalam pori – pori tanah. *Wet Digestion* juga menggunakan pemanasan. Pemanasan dan *aqua regia* digunakan untuk memecah dan menghilangkan zat organik yang mengelilingi mineral sehingga logam dapat tertinggal dalam larutan (Belay, dkk., 2014)

Kegiatan Ekstraksi sampel dilakukan dengan menimbang 2 g tiap sampel dan dimasukkan ke dalam tabung kaca 100 ml. Selanjutnya sampel ditambahkan 5 ml  $HNO_3$  69 % dan didiamkan selama 1 malam.

Berikutnya, sampel dipanaskan pada suhu  $95^{\circ}C$  selama 90 menit untuk mempercepat reaksi. Lalu, sampel didiamkan hingga suhu turun mencapai  $80^{\circ}C$ . Kemudian, ditambahkan 2 mL  $H_2O_2$  30% dan dilanjutkan dengan pemanasan kembali selama 2 jam pada suhu  $95^{\circ}C$ .

Setelah itu, 2,5 mL *aqua regia* ditambahkan ke sampel dan dilanjutkan dengan penampahan *aquadest* hingga sampel mencapai 50 mL. *Aqua regia* merupakan campuran HCL dan  $HNO_3$  dengan perbandingan 3:1. Pada penelitian kali ini akan dibuat 3 kali pengujian dari tiap titik sampel. Sehingga untuk 159 sampel dibutuhkan 397,5 ml, dengan pembagian 99,375  $HNO_3$  dan 298,125 ml HCl. Perhitungan dari volume *aqua regia* yang akan digunakan terlampir pada lampiran 2. Setelah mencapai 50 mL, sampel disaring menggunakan kertas saring 45  $\mu m$  dengan mesin vacuum pump. Setelah disaring, sampel didiamkan pada suhu  $4^{\circ}C$ . Sehingga didapatkan sampel hasil saringan yang selanjutnya akan diukur dengan menggunakan AAS. Gambar 3.5 merupakan Gambar dari pelarut *aqua regia*:



Gambar 3.5 Pelarut *Aqua regia*

Sumber: <https://www.flickr.com/photos/randomguy132/4704990210>  
(diakses pada 14 Januari 2019)

#### B. Bioavailibilitas

Bioavailibilitas atau *bioavailability* merupakan ketersediaan sejumlah logam yang dapat diserap oleh organisme dan tumbuhan. Namun dari proses tersebut dapat menyebabkan respon fisiologis atau toksik jika dalam konsentrasi tinggi. Tingkat bioavailibilitas dapat dipengaruhi oleh karakteristik dari tanah itu sendiri (Siaka, dkk., 2015). Penggunaan EDTA dilakukan karena EDTA berperan dalam mencegah presipitasi dari logam, dan membiarkannya terlarut (Sayin, dkk., 2012).

Logam berat pada tanah dibagi menjadi beberapa fraksi yaitu terlarut (*Dissolved*), tertukarkan (*exchangeable*), organik, terjerat (*occluded*), *cristaline* dan fraksi logam berat yang dipresipitasi. Nilai bioavailibilitas banyak dijumpai pada fraksi terlarut karena sangat mudah diserap oleh organisme (Verloo, 1993)

Langkah pertama dari ekstraksi EDTA adalah Menimbang bubuk EDTANa 2 sebanyak  $18,61 \pm 0,05$  gram, kemudian dilarutkan dengan  $800 \pm 20$  ml air suling. Selanjutnya, menambahkan larutan NaOH 10 mol/L kedalam larutan EDTANa 2 hingga pH larutan EDTANa 2 mencapai 8, kemudian larutan dioptimalkan hingga 1000 ml dengan air suling. Lalu Menimbang sampel tanah sebanyak 5 gram, kemudian dimasukkan kedalam botol

centrifuge 50 ml dan dilarutkan dengan 50 ml larutan EDTANA 2.

Setelah itu, sampel tanah dicokok dan larutan EDTANA 2 yang sudah berada pada botol centrifuge dengan menggunakan Rotator Shaker pada kecepatan 30 rpm selama 1 jam. Sampel yang telah dikocok selanjutnya dimasukkan kedalam mesin centrifuge selama 10 menit dengan kecepatan 4000 rpm. Berikutnya, Sampel disaring menggunakan kertas saring 45  $\mu\text{m}$  dengan mesin *vacuum pump*. Setelah disaring, sampel didiamkan pada suhu 4<sup>0</sup>C. Perhitungan pembuatan dan penambahan larutan NaOH terlampir pada lampiran 1.

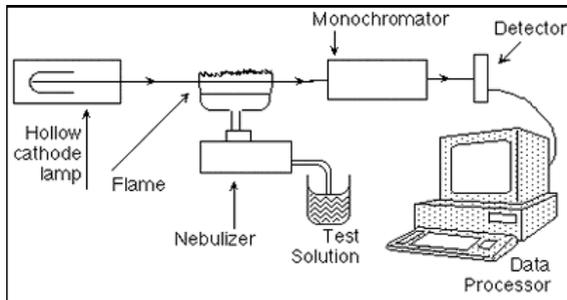
### 3.6.5 Pengukuran Konsentrasi Sampel

Setelah sampel tanah sudah diambil, tanah akan diuji kembali untuk mengukur konsentrasi logam kromium yang terkandung. Untuk mengukur konsentrasi logam kromium pada tanah, digunakan metode AAS sebagai berikut:

#### A. Metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS)

Untuk mengetahui kandungan logam berat pada suatu sampel, dibutuhkan data hasil yang memiliki validasi yang baik. Metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* digunakan untuk mengetahui konsentrasi logam berat pada limbah industri dalam bentuk padat, cair maupun gas. Alat ini memiliki sensitivitas yang tinggi, akurasi yang tepat dan dapat mendeteksi bias dan batas (Susanna, dkk., 2007).

Sampel tanah yang sudah di ekstrak, akan diubah menjadi fase uap atom bebas melalui pemanasan dengan suhu tinggi. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (Hollow Cathode Lamp) yang mengandung unsur yang akan ditentukan yaitu kromium. Panjang gelombang yang digunakan adalah 357,9 nm. Setelah melalui proses ini, akan didapati hasil dalam satuan Absorbansi (A). Selanjutnya nilai absorbansi diletakan pada grafik kalibrasi untuk mencari konsentrasi logam kromium dalam bentuk *part per million* (ppm). Gambar 3.6 menunjukkan skema dari AAS:

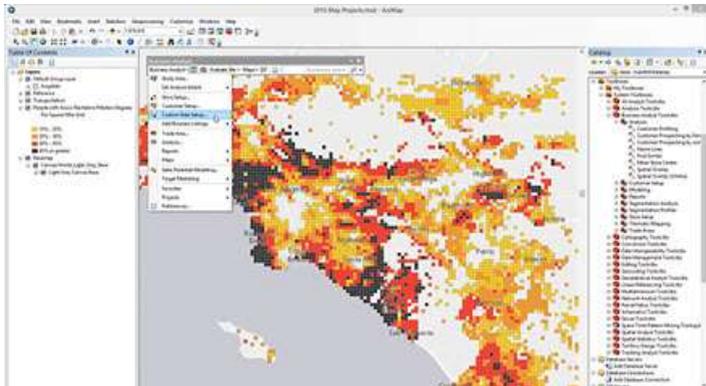


Gambar 3.6 Skema Kerja AAS

Sumber: <http://chemicalinstrumentation.weebly.com/flame-aas.html>  
(diakses pada tanggal 13 Februari 2019 )

### 3.6.6 Pembuatan Peta Persebaran logam kromium

Data konsentrasi logam kromium pada setiap titik sampel selanjutnya akan digabungkan dengan peta wilayah Kecamatan Jetis. Penggabungan peta dan konsentrasi sampel menggunakan perangkat lunak ArcGIS. ArcGIS merupakan perangkat lunak yang digunakan dalam pembuatan Sistem Informasi Geografis (SIG). *Software* ini digunakan dengan memasukan *ArcMap* dengan format *bitmap picture* yaitu peta eksisting yang sudah ada. Pada tahap ini akan digunakan peta administrasi dari wilayah Kecamatan Jetis. Selanjutnya, untuk membuat digitasi dari persebaran logam di Kecamatan Jetis, hasil analisis sampel dimasukkan. Hasil sampel yang berupa konsentrasi akan diberikan indikator warna tertentu untuk menunjukkan kadar konsentrasi dari logam kromium pada lokasi pengambilan sampel. Semakin pekat warna yang ditunjukkan, mengartikan tingginya konsentrasi dari logam kromium pada wilayah tersebut. Sebaliknya, jika warna yang ditunjukkan pada lokasi pengambilan sampel tidak pekat berarti konsentrasi logam kromium rendah. Lalu, akan dilakukan proses *editing* dan digitasi sebelum peta dapat dicetak (Mukhlis, 2013). Gambar 3.7 menunjukkan contoh dari peta persebaran:



Gambar 3.7 Contoh Peta Persebaran

Sumber:

<https://doc.arcgis.com/en/business-analyst/> (diakses pada tanggal 13 Februari 2019)

Perangkat lunak ArcGIS dipilih pada penelitian kali ini karena sangat umum digunakan untuk membuat Sistem Informasi Geografis (SIG). Seperti penelitian oleh Nurhakim pada tahun 2017 yang menggunakan ArcGIS untuk membuat peta lahan kritis pada Kabupaten Sampang, Pulau Madura. Lalu penelitian Susanto pada tahun 2016 yang menyajikan data lahan pertanian dan hasil panen Kabupaten Kudus menggunakan perangkat lunak ArcGIS.

### 3.6.7 Modelling Dispersi kromium pada tanah

Polutan sering kali bersumber dari kegiatan manusia yang mengakibatkan kontaminan dapat masuk ke tanah. Seperti saluran pembuangan limbah, pestisida dan irigasi sawah dengan menggunakan air yang tercemar. Selain melalui air, kontaminasi juga dapat hadir melalui udara seperti aktifitas gunung merapi, dan sumber lainnya yang menyebabkan kontaminan berpindah di atmosfer.

Secara spesifik, untuk menentukan sejauh mana penyebaran kromium pada tanah secara vertikal dan horizontal, dibutuhkan modelling tanah terkontaminasi kromium. Pembuatan model dari penelitian ini menggunakan perangkat lunak Hydrus 1D dan 2D/3D. dimana dengan menggunakan *software* ini dapat

diketahui sedalam apa dan seluas apa penyebaran logam kromium pada tanah. Dalam penggunaannya, perangkat lunak ini mengolah data dengan mengkombinasikan informasi seperti Jenis tanah, sifat fisik tanah, jenis kontaminan dan konsentrasi kontaminan. Berikutnya akan ditambahkan batasan - batasan seperti parameter dan indikator warna sehingga dapat lebih mudah dianalisis. Data – data tersebut akan diolah oleh perangkat lunak Hydrus dan akan diperoleh grafik dan visualisasi persebaran dari kontaminan tersebut.

### 3.6.8 Penentuan Teknologi Remediasi

Setelah peta persebaran logam kromium sudah didapatkan, teknologi remediasi dapat ditentukan. Dengan adanya peta persebaran, pemilihan teknologi remediasi akan tepat sasaran. Pemilihan teknologi remediasi menggunakan *Treatment Technologies Screening Matrix* dari *The Federal Remediation Technology Roundtable (FRTR)* tahun 2002. Matrix ini memberikan referensi teknologi remediasi berdasarkan elemen yang tercemar dengan mempertimbangkan banyak aspek. Aspek yang ditinjau meliputi *Operation and Maintenance*, biaya, waktu dan lain – lain. Dengan mempertimbangkan aspek – aspek tersebut peneliti dapat menentukan teknologi remediasi yang tepat.

Metode Remediasi terlebih dahulu akan di seleksi berdasarkan media yang digunakan, sehingga didapatkan hanya metode remediasi yang digunakan pada media tanah. Berikutnya metode remediasi yang tersisa kembali disisihkan berdasarkan kemampuan metode dalam menyelesaikan masalah kromium dengan eks situ maupun in situ. Selanjutnya, metode remediasi yang sudah diseleksi dipilih kembali. Pada tahap ini akan ditentukan beberapa metode remediasi yang memiliki kemampuan menyelesaikan masalah kromium. Setelah pilihan metode remediasi sudah semakin sedikit, akan dilakukan *scoring* untuk membandingkan kemampuan dari tiap – tiap metode dalam menyelesaikan masalah pencemaran tanah oleh kromium dengan menggunakan matrix ini.

### 3.6.9 Pembuatan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

Rancangan Anggaran Biaya (RAB) merupakan proses memperhitungkan jumlah biaya yang harus dikeluarkan dalam suatu kegiatan. Menurut Lantang (2014), Yang dimaksud dengan Perencanaan dan Biaya ini adalah merencanakan sesuatu dalam bentuk faedah dalam penggunaannya, beserta besar biaya yang diperlukan dan susunan - susunan pelaksanaan dalam bidang administrasi maupun pelaksanaan kerja dalam bentuk teknik. Perencanaan biaya suatu bangunan atau proyek ialah perhitungan biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan dan proyek tersebut.

Salah satu contohnya adalah Fitoremediasi, Teknologi ini paling efisien untuk tanah yang terkontaminasi dekat akar tanaman dengan kedalaman hingga 1 meter. Tanaman lebih tahan dibandingkan kebanyakan mikroorganisme pada konsentrasi kontaminan tinggi, tanaman juga menyerap dan mengurangi toksisitas kontaminan jauh lebih cepat. Menurut penelitian Purwani (2010), Pasar remediasi dari tahun ke tahun menunjukkan perkembangan dan optimis akan menjadi pasar yang kuat. Pasar remediasi dunia tahun 1999 sebesar US \$34-58 juta, sedangkan pasar fitoremediasi di Amerika pada tahun 1999 sebesar \$30-49 juta, nilai ini berkembang menjadi \$50-86 juta pada tahun 2000, hingga sekitar \$100-170 juta pada tahun 2002, \$235-400 juta pada 2005. Hal ini menunjukkan bahwa fitoremediasi optimis akan menjadi pasar yang kuat. Beberapa pangsa pasar juga bermunculan di negara-negara berkembang, terutama di beberapa negara Asia, walaupun skalanya lebih kecil dibandingkan negara maju. Bangsa pasar terbesar kedua setelah Amerika Serikat adalah Eropa, terutama Uni Eropa, dengan perkiraan pasar sebesar US \$2-4 juta/tahun.

Setelah teknologi remediasi yang sudah dipilih akan dihitung pembiayaannya dari kebutuhan material hingga jenis kegiatan yang diperlukan. Seluruh biaya akan di rekapitulasi dalam bentuk Rancangan Anggaran Biaya (RAB). Acuan yang digunakan dalam merancang RAB adalah Standar Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Pemerintah Kota Mojokerto Tahun 2017.

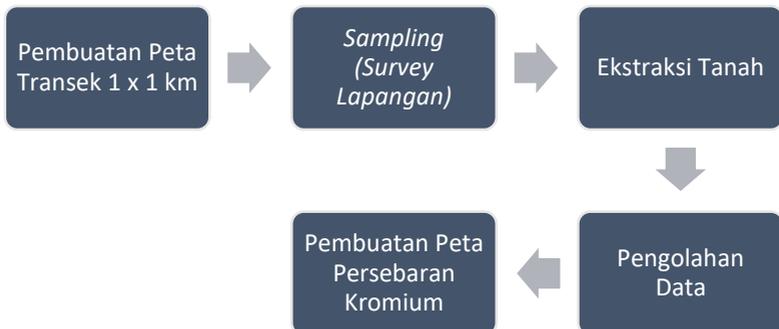
***“Halaman ini sengaja di kosongkan”***

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian kali ini akan dibagi menjadi 4 tahap sesuai dengan tujuan yang tercantum. Setiap tujuan terdiri dari beberapa tahapan dalam penyelesaiannya. Berikut merupakan hasil dan pembahasan:

### 4.1 Pembuatan Peta Persebaran Logam Kromium (Cr)

Dalam pembuatan peta persebaran logam Kromium, akan dilakukan beberapa tahap. Proses ini dimulai dari pembuatan Peta Transek 1 x 1 km untuk mempermudah kegiatan pengambilan sampel hingga penyusunan data sampel hingga menjadi peta persebaran kromium dengan perangkat lunak ArcGIS. Keseluruhan tahapan pembuatan peta persebaran logam kromium ditunjukkan pada *flow chart* pada Gambar 4.1 sebagai berikut:



Gambar 4.1 *Flow Chart* pembuatan peta persebaran Kromium

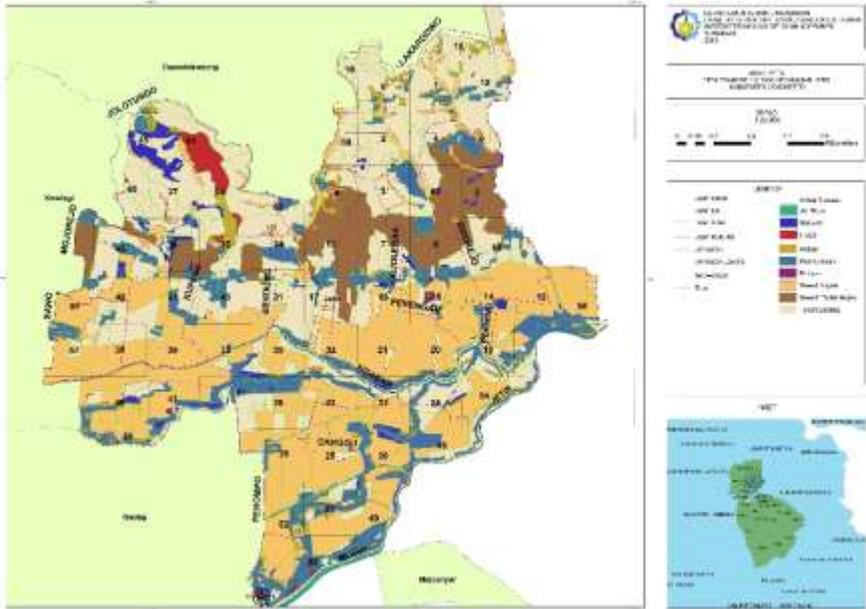
#### 4.1.1 Pembuatan Peta Transek

Penelitian ini diawali dengan melakukan pembuatan membuat Peta Transek 1 x 1 km menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Peta Administratif Kecamatan Jetis yang telah

didapatkan dari BAPEDA ditambahkan ke dalam ArcGIS. Selanjutnya peta tersebut ditempatkan kotak – kotak transek dengan luasan 1 x 1 km ke seluruh wilayah Kecamatan Jetis. Dengan bentuk topografi dan kondisi wilayah yang tidak simetris, pada beberapa kotak transek memiliki luasan kurang dari 1 x 1 km. Hal ini dilakukan agar seluruh wilayah tercakup dalam tiap transek, serta memastikan daerah di luar batas wilayah Kecamatan Jetis tidak dilakukan pengambilan sampel.

Peta Transek dilengkapi dengan keterangan penting seperti jalan lokal, jalan arteri serta tata guna lahan. Keterangan jalan ditambahkan agar mempermudah penelusuran jalan menuju titik sampel yang sudah ditentukan. Selain itu, penambahan jalan juga dapat memastikan apakah di titik pengambilan sampel dapat dicapai dengan kendaraan tertentu atau tidak. Sehingga hal – hal yang tidak diinginkan ketika pengambilan sampel dapat dihindarkan. Keterangan tata guna lahan digunakan untuk mengetahui informasi mengenai jenis kegiatan yang dilakukan tempat pengambilan sampel. Pada Kecamatan Jetis terdapat beberapa daerah dengan kegiatan seperti perindustrian, pemukiman dan pertanian. Terdapat juga daerah yang terdiri dari hutan, belukar dan bentang alam lainnya. Dengan mengetahui informasi mengenai tata guna lahan dari lokasi pengambilan sampel, peneliti dapat mempersiapkan alat dan bahan yang sesuai dengan penggunaan lahan di daerah tersebut. Sehingga dapat dilakukan penyesuaian dan kegiatan pengambilan sampel dapat berjalan dengan lancar.

Setelah dilakukan plotting, didapatkan 63 titik sampel yang mewakili seluruh wilayah Kecamatan Jetis. Namun pada Kecamatan Lakardowo tidak akan dilakukan pengambilan sampel. Sehingga dari 63 titik sampel yang sudah ditentukan berkurang menjadi 53 titik sampel. Prosedur pembuatan peta transek secara lengkap terlampir pada Lampiran 7. Gambar 4.2 Berikut merupakan Gambar Peta Transek Kecamatan Jetis:



Gambar 4.2 Peta Transek Kecamatan Jetis



#### 4.1.2 Pengambilan Sampel (*Sampling*)

Pengambilan sampel tanah dilakukan di Kecamatan Jetis pada tanggal 14, 15, 17, 19, 20 Maret 2019 mulai dari pukul 08:00 hingga 16:00 WIB. Sampling dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

##### A. Memilih Lokasi *Sampling*

*Sampling* diawali dengan memilih tempat pengambilan sampel. Lokasi *sampling* disesuaikan dengan titik *sampling* yang sudah terlebih dahulu dibuat pada peta Transek 1 x 1 km. Penyesuaian lokasi pengambilan sampel menggunakan perangkat lunak bantuan yaitu *Google Maps* dan *UTM Geo Map*. Dengan menggunakan perangkat lunak tersebut, titik sampling dapat ditentukan dengan sesuai dan tidak masuk ke transek lainnya. Setelah posisi sudah sesuai antara perangkat lunak, peta yang sudah dibuat dan lokai, pengambilan sampel dapat dilakukan. Gambar 4.3 merupakan gambar perangkat lunak *GoogleMaps* dan *UTM Geo Map*:



Gambar 4.3 Perangkat Lunak *UTM Geo Map* dan *GoogleMaps*

## B. Pengambilan Tanah

Pengambilan tanah dilakukan dengan menggunakan alat yang berbahan besi. Panjang alat mencapai 22 cm dengan lebar 12 cm. Prosedur pengambilan sampel menggunakan metode *ring dampling* dimana alat akan ditancapkan pada tanah dan ditanam hingga kedalaman yang diinginkan lalu diputar.

Sampling diawali dengan meratakan bagian permukaan tanah, lalu alat ditancapkan dan diputar hingga kedalaman yang diinginkan yaitu 0 – 20 cm. Selanjutnya tanah ditancapkan *pH Meter* untuk menentukan karakteristik dari tanah yang akan di sampel. Karakteristik yang ditentukan adalah pH, suhu, intensitas cahaya dan kelembaban. Berikutnya, alat diangkat ke permukaan dan tanah dikeluarkan. Sampel tanah kemudian dimasukkan ke dalam plastic *zip lock*.

Setelah data karakteristik tanah dan sampel sudah diambil, dilakukan pencatatan keterangan penting dari tiap titik sampel. Beberapa hal penting yang dicatat yaitu kordinat, waktu pengambilan dan tanggal pengambilan. Berikut merupakan Gambar 4.4 yaitu kegiatan *sampling* dan Tabel 4.1 yang merupakan data hasil pengambilan sampel:



Gambar 4.4 Proses pengambilan Sampel

Tabel 4.1 Keterangan pengambilan sample

No	Titik	Koordinat Pengambilan	Tanggal Pengambilan	Waktu Pengambilan (WIB)
1	6	7° 23' 35.85"S 112° 27' 54.87"E	19 Maret 2019	14:37
2	7	7° 23' 44.05"S 112° 27' 26.30"E	20 Maret 2019	16:30
3	8	7° 23' 20.22"S 112° 28' 21.19 "E	19 Maret 2019	14:00
4	13	7° 23' 43.6"S 112° 26' 46.04 "E	20 Maret 2019	16:08
5	14	7° 24' 22.7"S 112° 28' 25"E	19 Maret 2019	10:21
6	15	7° 24' 16.17"S 112° 27' 46.59"E	19 Maret 2019	09:58
7	16	7° 24' 10.89"S 112° 27' 29.24"E	17 Maret 2019	13:46
8	17	7° 24' 5.07"S 112° 27' 0.34 "E	17 Maret 2019	13:35
9	18	7° 24' 11.11"S 112° 24' 13.25"E	19 Maret 2019	10:41

No	Titik	Koordinat Pengambilan	Tanggal Pengambilan	Waktu Pengambilan (WIB)
10	19	7° 24' 45.81"S 112° 28' 27.91"E	19 Maret 2019	12:16
11	20	7° 24' 56.45"S 112° 28' 3.31"E	19 Maret 2019	12:35
15	21	7° 25' 38.95"S 112° 27' 29.98"E	14 Maret 2019	14:05
12	22	7° 25' 2.15"S 112° 26' 49.69"E	14 Maret 2019	11:17
13	23	7° 25' 11.48"S 112° 27' 19.23"E	14 Maret 2019	11:38
14	24	7° 25' 8.38"S 112° 27' 53.72"E	14 Maret 2019	12:10
16	25	7° 26' 9.89"S 112° 26' 47.04"E	14 Maret 2019	09:30
17	26	7° 26' 3.25"S 112° 27' 33.61"E	14 Maret 2019	14:09
25	27	7° 27' 10.20"S 112° 26' 23.45 "E	12 Maret 2019	10:48
18	28	7° 25' 10.38"S 112° 26' 19.81"E	14 Maret 2019	10:47

No	Titik	Koordinat Pengambilan	Tanggal Pengambilan	Waktu Pengambilan (WIB)
19	29	7° 25' 56.02"S 112° 26' 39.79 "E	14 Maret 2019	08:55
20	30	7° 24' 58.22"S 112° 25' 51.99"E	17 Maret 2019	11:30
21	31	7° 38' 2.52"S 112° 26' 20.33 "E	17 Maret 2019	13:17
22	32	7° 24' 36.77"S 112° 27' 3.22"E	17 Maret 2019	14:26
23	33	7° 24' 40.52"S 112° 25' 46.24"E	17 Maret 2019	12:02
24	34	7° 23' 46.05"S 112° 26' 30.62"E	20 Maret 2019	15:44
26	35	7° 23' 41.42"S 112° 25' 44.37 "E	20 Maret 2019	12:42
27	36	7° 23' 37.02"S 112° 25' 14.69 "E	20 Maret 2019	12:04
28	37	7° 23' 56.8"S 112° 25' 12.07 "E	20 Maret 2019	12:20
29	38	7° 24' 31.87"S 112° 24' 34.94"E	15 Maret 2019	13:47

No	Titik	Koordinat Pengambilan	Tanggal Pengambilan	Waktu Pengambilan (WIB)
30	39	7° 24' 31"S 112° 25' 20.39"E	17 Maret 2019	15:05
31	40	7° 24' 15.07"S 112° 25' 40.74"E	17 Maret 2019	10:46
32	41	7° 24' 48.5"S 112° 25' 0.78"E	17 Maret 2019	10:27
33	42	7° 24' 13.29"S 112° 24' 48.13"E	15 Maret 2019	14:21
34	43	7° 29' 39.88"S 112° 24' 39.84"E	20 Maret 2019	10:19
35	44	7° 23' 8.40"S 112° 25' 49.02 "E	20 Maret 2019	13:05
36	45	7° 22' 22.60"S 112° 25' 2.24"E	20 Maret 2019	14:26
37	46	7° 25' 21.52"S 112° 24' 30.05"E	15 Maret 2019	10:52
38	47	7° 24' 31"S 112° 25' 20.39"E	15 Maret 2019	09:25
39	48	7° 25' 40.66"S 112° 28' 4.42"E	14 Maret 2019	13:07

No	Titik	Koordinat Pengambilan	Tanggal Pengambilan	Waktu Pengambilan (WIB)
40	49	7° 26' 33.06"S 112° 27' 24.12"E	14 Maret 2019	08:25
41	51	7° 25' 13.42"S 112° 25' 50.92"E	14 Maret 2019	10:21
42	52	7° 27' 20.28"S 112° 16' 7.4 "E	12 Maret 2019	10:17
45	53	7° 27' 15.2"S 112° 26' 26.24"E	12 Maret 2019	10:00
43	54	7° 25' 11.74"S 112° 28' 17.95"E	14 Maret 2019	12:44
44	55	7° 23' 37.42"S 112° 28' 38.62"E	19 Maret 2019	13:40
46	56	7° 24' 28.02"S 112° 29' 29.45 "E	19 Maret 2019	11:06
47	57	7° 24' 41.83"S 112° 24' 8.82"E	15 Maret 2019	13:10
48	58	7° 25' 30.75"S 112° 24' 28.72"E	15 Maret 2019	10:31
49	59	7° 24' 8.53"S 112° 24' 12.38"E	17 Maret 2019	09:57

No	Titik	Koordinat Pengambilan	Tanggal Pengambilan	Waktu Pengambilan (WIB)
50	60	7° 23' 19.67"S 112° 24' 56.39 "E	20 Maret 2019	11:03
51	61	7° 21' 51.54"S 112° 25' 1.13"E	20 Maret 2019	13:25
52	62	7° 22.5' 5.94"S 112° 28' 0.84"E	19 Maret 2019	14:12
53	63	7° 23' 9.05"S 112° 26' 9.59"E	20 Maret 2019	14:45

#### 4.1.3 Ekstraksi Sampel Tanah (*Soil Extraction*)

Kegiatan Ekstraksi Sampel dilakukan dari tanggal 27 Maret 2018 hingga 16 April 2019 bertempat di Laboratorium Enviro, Universiti Kebangsaan Malaysia. Tahap Ekstraksi ini dibagi menjadi dua yaitu *Wet Digestion* untuk mencari kandungan total logam berat dan Ekstraksi EDTA untuk mencari nilai bioavailabilitas. Untuk menghindari terjadinya *error* pada alat uji, dilakukan 3 pengulangan dari tiap sampel (3 *Replicates*) sehingga total sampel adalah 159 buah. Berikut merupakan 2 ekstraksi tersebut:

##### A. *Wet Digestion*

Nilai dibawah *standard deviation* tidak digunakan untuk menghitung rata – rata konsentrasi dari 3 kali uji. Prosedur dari *wet digestion* terlampir pada subbab 3.6.4 dan Lampiran 5. Nilai konsentrasi diubah ke dalam bentuk satuan massa (mg/kg) seperti yang ditunjukkan pada Lampiran 3. Gambar 4.5 merupakan dokumentasi dari

kegiatan ekstraksi dan Tabel 4.2 adalah konsentrasi logam kromium dari tiap titik sampel:



Gambar 4.5 Kegiatan Ekstraksi Sampel

Tabel 4.2 Konsentrasi Kromium dari tiap titik sampel

Nomor Sampel	Replicate	Konsentrasi (mg/L)	Rata - Rata (mg/L)	Standar Deviasi	Konsentrasi (mg/kg)
6	1	0,16	0,1717	0,0185	4,292
6	2	0,162			
6	3	0,193			
7	1	0,175	0,1437	0,0297	3,592
7	2	0,14			
7	3	0,116			
8	1	0,322	0,3040	0,0338	7,600
8	2	0,325			
8	3	0,265			
13	1	0,439	0,4010	0,0358	10,025
13	2	0,368			
13	3	0,396			
14	1	0,716	0,6440	0,0629	16,100

Nomor Sampel	Replicate	Konsentrasi (mg/L)	Rata - Rata (mg/L)	Standar Deviasi	Konsentrasi (mg/kg)
14	2	0,616			
14	3	0,6			
15	1	0,226	0,2303	0,0278	5,758
15	2	0,205			
15	3	0,26			
16	1	0,519	0,5880	0,0680	14,700
16	2	0,59			
16	3	0,655			
17	1	0,177	1,2820	0,6112	32,050
17	2	1,282			
17	3	0,277			
18	1	0,502	0,6497	0,1419	16,242
18	2	0,785			
18	3	0,662			
19	1	0,37	0,3350	0,0423	8,375
19	2	0,288			
19	3	0,347			
20	1	0,174	0,4235	0,2012	10,588
20	2	0,564			
20	3	0,283			
21	1	0,733	0,6447	0,2287	16,117
21	2	0,816			
21	3	0,385			
22	1	0,188	0,2020	0,0121	5,050
22	2	0,209			
22	3	0,209			
23	1	0,192	0,1717	0,0176	4,292

Nomor Sampel	Replicate	Konsentrasi (mg/L)	Rata - Rata (mg/L)	Standar Deviasi	Konsentrasi (mg/kg)
23	2	0,162			
23	3	0,161			
24	1	0,162	0,1663	0,0059	4,158
24	2	0,164			
24	3	0,173			
25	1	0,408	0,3643	0,0386	9,108
25	2	0,335			
25	3	0,35			
26	1	0,391	0,3737	0,0151	9,342
26	2	0,367			
26	3	0,363			
27	1	0,195	0,1750	0,0329	4,375
27	2	0,193			
27	3	0,137			
28	1	0,188	0,1870	0,0205	4,675
28	2	0,207			
28	3	0,166			
29	1	0,331	0,3230	0,0114	8,075
29	2	0,31			
29	3	0,328			
30	3	0,489	0,4480	0,0355	11,200
30	2	0,429			
30	1	0,426			
31	1	0,465	0,4943	0,0259	12,358
31	2	0,504			
31	3	0,514			
32	1	0,192	2,5080	1,3424	62,700

Nomor Sampel	Replicate	Konsentrasi (mg/L)	Rata - Rata (mg/L)	Standar Deviasi	Konsentrasi (mg/kg)
32	2	2,508			
32	3	0,174			
33	1	0,494			
33	2	0,385	0,3850	0,1090	9,625
33	3	0,276			
34	1	0,566			
34	2	0,554	0,5293	0,0535	13,233
34	3	0,468			
35	1	0,197			
35	2	0,239	0,2020	0,0348	5,050
35	3	0,17			
36	1	0,516			
36	2	0,525	0,5193	0,0049	12,983
36	3	0,517			
37	1	0,382			
37	2	0,381	0,3800	0,0026	9,500
37	3	0,377			
38	1	0,417			
38	2	0,386	0,3913	0,0235	9,783
38	3	0,371			
39	1	0,27			
39	2	0,224	0,2963	0,0885	7,408
39	3	0,395			
40	1	0,531			
40	2	0,543	0,5857	0,0845	14,642
40	3	0,683			
41	1	0,165	0,1857	0,0196	4,642

Nomor Sampel	Replicate	Konsentrasi (mg/L)	Rata - Rata (mg/L)	Standar Deviasi	Konsentrasi (mg/kg)
41	2	0,188			
41	3	0,204			
42	1	0,31	0,3397	0,0281	8,492
42	2	0,366			
42	3	0,343			
43	1	0,17	0,0967	0,0707	2,417
43	2	0,091			
43	3	0,029			
44	1	0,282	0,2767	0,0110	6,917
44	2	0,284			
44	3	0,264			
45	1	0,115	0,1347	0,0341	3,367
45	2	0,174			
45	3	0,115			
46	1	0,214	0,2840	0,0606	7,100
46	2	0,318			
46	3	0,32			
47	1	0,479	1,8560	0,7976	46,400
47	2	0,47			
47	3	1,856			
48	1	0,174	0,1563	0,0159	3,908
48	2	0,152			
48	3	0,143			
49	1	0,081	0,1073	0,0231	2,683
49	2	0,117			
49	3	0,124			
51	1	0,167	0,1923	0,0311	4,808

Nomor Sampel	Replicate	Konsentrasi (mg/L)	Rata - Rata (mg/L)	Standar Deviasi	Konsentrasi (mg/kg)
51	2	0,183			
51	3	0,227			
52	1	0,415			
52	2	0,453	0,4470	0,0295	11,175
52	3	0,473			
53	1	1,059			
53	2	0,98	0,9210	0,1751	23,025
53	3	0,724			
54	1	0,363			
54	2	0,352	0,3890	0,0548	9,725
54	3	0,452			
55	1	0,348			
55	2	0,326	0,3370	0,0110	8,425
55	3	0,337			
56	1	0,239			
56	2	0,252	0,2597	0,0254	6,492
56	3	0,288			
57	1	0,255			
57	2	0,141	0,1667	0,0787	4,167
57	3	0,104			
58	1	0,097			
58	2	0,118	0,1103	0,0116	2,758
58	3	0,116			
59	1	0,359			
59	2	0,348	0,3563	0,0074	8,908
59	3	0,362			
60	3	0,129	0,1237	0,0254	3,092

Nomor Sampel	Replicate	Konsentrasi (mg/L)	Rata - Rata (mg/L)	Standar Deviasi	Konsentrasi (mg/kg)
60	2	0,096	0,5290	0,0486	13,225
60	1	0,146			
61	1	0,492			
61	2	0,584	2,2530	1,0555	56,325
61	3	0,511			
62	1	0,436			
62	2	0,414	0,2873	0,0359	7,183
62	3	2,253			
63	1	0,305			
63	2	0,311	0,2873	0,0359	7,183
63	3	0,246			

= Data Tidak digunakan karena dibawah nilai standar deviasi

#### B. Bioavailibilitas

Nilai di bawah standar deviasi tidak digunakan untuk menghitung rata – rata konsentrasi dari 3 kali uji. Prosedur dari bioavailibilitas terlampir pada sub bab 3.6.4 dan Lampiran 6. Nilai konsentrasi diubah ke dalam bentuk satuan massa (mg/kg) seperti yang ditunjukkan pada Lampiran 3. Gambar 4.6 merupakan dokumentasi ekstraksi EDTA dan Tabel 4.3 adalah hasil uji bioavailibilitas:



Gambar 4.6 Proses Ekstraksi EDTA

Tabel 4.3 Hasil uji bioavailabilitas

Nomor Sampel	Replicate	Konsentrasi (mg/L)	Rata - Rata (mg/L)	Standar Deviasi	Konsentrasi (mg/kg)
6	1	0,039	0,0500	0,0165	0,500
6	2	0,042			
6	3	0,069			
7	1	0,117	0,2483	0,1138	2,483
7	2	0,31			
7	3	0,318			
8	1	0,18	0,1800	0,0933	1,800
8	2	0,022			
8	3	0,015			
13	1	0,082	0,2880	0,1341	2,880
13	1	0,226			
13	2	0,35			
14	1	0,075	0,0713	0,0129	0,713
14	2	0,057			
14	3	0,082			
15	1	0,05	0,0470	0,0030	0,470
15	2	0,044			
15	3	0,047			
16	1	0,035	0,0310	0,0133	0,310
16	2	0,027			
16	3	0,009			
17	1	0,023	0,2775	0,1505	2,775
17	2	0,245			
17	3	0,31			
18	1	0,184	0,1840	0,0967	1,840

Nomor Sampel	Replicate	Konsentrasi (mg/L)	Rata - Rata (mg/L)	Standar Deviasi	Konsentrasi (mg/kg)
18	2	0,016			
18	3	0,017			
19	1	0,016			
19	2	0,255	0,2785	0,1534	2,785
19	3	0,302			
20	1	0,02			
20	2	0,026	0,0200	0,0035	0,200
20	3	0,02			
21	2	0,351			
21	2	0,385	0,3747	0,0206	3,747
21	3	0,388			
22	1	0,029			
22	2	0,024	0,0265	0,0115	0,265
22	3	0,007			
23	1	0,031			
23	2	0,043	0,0393	0,0072	0,393
23	3	0,044			
24	1	0,031			
24	2	0,044	0,0357	0,0072	0,357
24	3	0,032			
25	1	0,021			
25	2	0,02	0,0300	0,0165	0,300
25	3	0,049			
26	1	0,064			
26	1	0,173	0,2405	0,1222	2,405
26	2	0,308			
27	2	0,371	0,3733	0,0025	3,733

Nomor Sampel	Replicate	Konsentrasi (mg/L)	Rata - Rata (mg/L)	Standar Deviasi	Konsentrasi (mg/kg)
27	3	0,373			
27	3	0,376			
28	1	0,039	0,0347	0,0038	0,347
28	2	0,033			
28	3	0,032			
29	1	0,016	0,2555	0,1435	2,555
29	2	0,217			
29	3	0,294			
30	1	0,178	0,1780	0,0881	1,780
30	2	0,034			
30	3	0,018			
31	1	0,019	0,0253	0,0085	0,253
31	2	0,022			
31	3	0,035			
32	1	0,166	0,1660	0,0921	1,660
32	2	0,005			
32	3	0,008			
33	1	0,048	0,0330	0,0135	0,330
33	2	0,022			
33	3	0,029			
34	1	0,017	0,0110	0,0053	0,110
34	2	0,009			
34	3	0,007			
35	1	0,042	0,3060	0,1555	3,060
35	2	0,275			
35	3	0,337			
36	2	0,369	0,3790	0,0092	3,790

Nomor Sampel	Replicate	Konsentrasi (mg/L)	Rata - Rata (mg/L)	Standar Deviasi	Konsentrasi (mg/kg)
36	2	0,387			
36	3	0,381			
37	1	0,213			
37	2	0,029	0,1200	0,1068	1,200
37	3	0,027			
38	2	0,37			
38	3	0,386	0,3740	0,0106	3,740
38	3	0,366			
39	1	0,045			
39	2	0,049	0,0483	0,0031	0,483
39	3	0,051			
40	1	0,025			
40	2	0,002	0,0133	0,0115	0,133
40	3	0,013			
41	1	0,033			
41	2	0,012	0,0207	0,0110	0,207
41	3	0,017			
42	1	0,051			
42	2	0,281	0,2975	0,1433	2,975
42	3	0,314			
43	1	0,074			
43	2	0,059	0,0617	0,0112	0,617
43	3	0,052			
44	1	0,013			
44	2	0,032	0,0270	0,0123	0,270
44	3	0,036			
45	1	0,037	0,1900	0,1103	1,900

Nomor Sampel	Replicate	Konsentrasi (mg/L)	Rata - Rata (mg/L)	Standar Deviasi	Konsentrasi (mg/kg)
45	1	0,124			
45	1	0,256			
46	1	0,188	0,2593	0,0620	2,593
46	2	0,29			
46	3	0,3			
47	1	0,018	0,0140	0,0080	0,140
47	2	0,01			
47	3	0,002			
48	1	0,039	0,0377	0,0131	0,377
48	2	0,024			
48	3	0,05			
49	1	0,042	0,0377	0,0067	0,377
49	2	0,03			
49	3	0,041			
51	1	0,046	0,0407	0,0055	0,407
51	2	0,035			
51	3	0,041			
52	1	0,041	0,0890	0,0478	0,890
52	2	0,128			
52	3	0,05			
53	1	0,028	0,2060	0,1556	2,060
53	2	0,274			
53	3	0,316			
54	1	0,156	0,1560	0,0748	1,560
54	2	0,02			
54	3	0,034			
55	1	0,076	0,2995	0,1293	2,995

Nomor Sampel	Replicate	Konsentrasi (mg/L)	Rata - Rata (mg/L)	Standar Deviasi	Konsentrasi (mg/kg)
55	2	0,292			
55	3	0,307			
56	1	0,196	0,2793	0,0723	2,793
56	2	0,317			
56	3	0,325			
57	1	0,174	0,0220	0,0878	0,220
57	2	0,021			
57	3	0,023			
58	1	0,012	0,0173	0,0055	0,173
58	2	0,023			
58	3	0,017			
59	1	0,029	0,2270	0,1040	2,270
59	1	0,073			
59	1	0,227			
60	2	0,37	0,3767	0,0065	3,767
60	3	0,377			
60	3	0,383			
61	2	0,386	0,3907	0,0040	3,907
61	3	0,393			
61	3	0,393			
62	1	0,176	0,1760	0,0806	1,760
62	2	0,038			
62	3	0,035			
63	1	0,191	0,1910	0,0938	1,910
63	2	0,029			
63	3	0,028			

	=	Data Tidak digunakan karena dibawah nilai standar deviasi
--	---	---

Selanjutnya, nilai dari total konsentrasi akan dibandingkan dengan nilai bioavailabilitas. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan presentase kemampuan dari tanaman dalam mereduksi total krom di dalam tanah. Nilai perbandingan ini dapat digunakan untuk mempermudah penentuan remediasi terutama penggunaan fitoremediasi. Berikut merupakan Tabel 4.4 yaitu perbandingan nilai konsentrasi total logam kromium dengan nilai bioavailabilitas.

Tabel 4.4 Perbandingan Nilai total dengan bioavailabilitas

No	Konsentrasi Total (mg/kg)	bioavailabilitas (mg/kg)	Presentase
6	4,29	0,50	12%
7	3,59	2,48	69%
8	7,60	1,80	24%
13	10,03	2,88	29%
14	16,10	0,71	4%
15	5,76	0,47	8%
16	14,70	0,31	2%
17	32,05	2,78	9%
18	16,24	1,84	11%
19	8,38	2,79	33%
20	10,59	0,20	2%
21	16,12	3,75	23%
22	5,05	0,27	5%
23	4,29	0,39	9%
24	4,16	0,36	9%
25	9,11	0,30	3%
26	9,34	2,41	26%
27	4,38	3,73	85%

28	4,68	0,35	7%
29	8,08	2,56	32%
30	11,20	1,78	16%
31	12,36	0,25	2%
32	62,70	1,66	3%
33	9,63	0,33	3%
34	13,23	0,11	1%
35	5,05	3,06	61%
36	12,98	3,79	29%
37	9,50	1,20	13%
38	9,78	3,74	38%
39	7,41	0,48	7%
40	14,64	0,13	1%
41	4,64	0,21	4%
42	8,49	2,98	35%
43	2,42	0,62	26%
44	6,92	0,27	4%
45	3,37	1,90	56%
46	7,10	2,59	37%
47	46,40	0,14	0%
48	3,91	0,38	10%
49	2,68	0,38	14%
51	4,81	0,41	8%
52	11,18	0,89	8%
53	23,03	2,06	9%
54	9,73	1,56	16%
55	8,43	3,00	36%
56	6,49	2,79	43%
57	4,17	0,22	5%

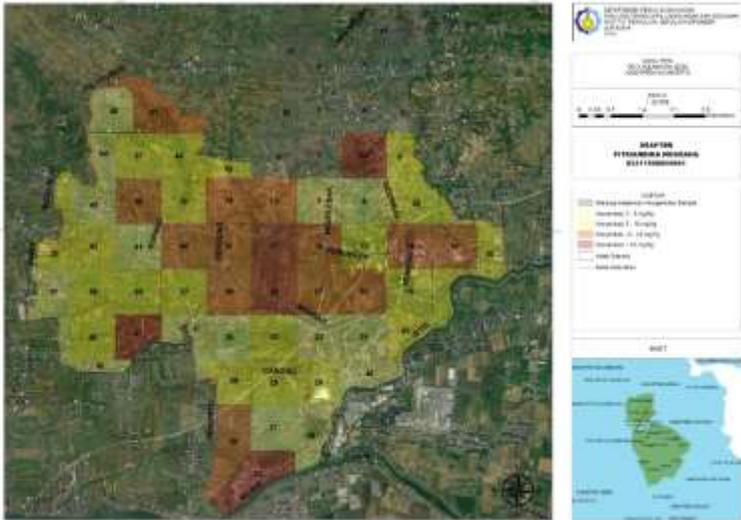
58	2,76	0,17	6%
59	8,91	2,27	25%
60	3,09	3,77	122%
61	13,23	3,91	30%
62	56,33	1,76	3%
63	7,18	1,91	27%
Rata - Rata	11,48	1,54	13%

#### 4.1.4 Pembuatan Peta Persebaran Logam Kromium (Cr)

Setelah sudah mendapatkan konsentrasi logam berat kromium (Cr), selanjutnya data tersebut di rekapitulasi dengan menggunakan *Microsoft excel* dan dikombinasikan dengan *project ArcGIS* transek yang sebelumnya sudah dibuat. Pada peta persebaran logam kromium diberikan keterangan warna pada tiap tingkatan konsentrasi di setiap titik sampel. Hal ini dilakukan untuk membedakan nilai konsentrasi dari satu titik dengan titik lainnya. Berikut merupakan keterangan yang digunakan:

- Daerah berwarna abu – abu, nilai konsentrasi tidak dicantumkan mengartikan pada titik tersebut tidak boleh dilakukan pengambilan sampel.
- Daerah berwarna kuning pudar, konsentrasi bernilai 0 mg/kg hingga 5 mg/kg.
- Daerah berwarna kuning pekat, konsentrasi bernilai 5 mg/kg hingga 10 mg/kg.
- Daerah berwarna jingga, konsentrasi bernilai 10 mg/kg hingga 20 mg/kg.
- Daerah berwarna merah, Konsentrasi bernilai lebih dari 20 mg/kg

Prosedur dari pembuatan peta persebaran logam kromium terdapat pada Lampiran 8. Gambar 4.7 merupakan Gambar peta persebaran Kromium pada Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto:



Gambar 4.7 Peta Persebaran Kromium di Kecamatan Jetis



Mengacu pada peta persebaran logam kromium pada Gambar 4.7, dapat di lihat bahwa logam kromium tersebar keseluruhan wilayah kecamatan Jetis dengan konsentrasi yang beragam. Konsentrasi terkecil terletak pada titik 43 dengan senilai 2,4167 mg/kg. Sedangkan konsentrasi tertinggi terletak pada titik 32 dengan 62,7 mg/kg. Pada beberapa titik seperti 0, 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, dan 50 tidak dilakukan pengambilan sampel dikarenakan kendala perizinan. Sehingga diberikan warna abu – abu yang mengartikan “Dilarang melakukan pengambilan sampel”. Lalu, konsentrasi logam kromium pada daerah yang tidak dilakukan kegiatan *sampling* dianggap sebagai 0 pada pembuatan peta persebaran.

Pada titik pengambilan sampel nomor 43, 49, 58, 60, 45, 7, 48, 24, 57, 6, 23, 27, 41, 28 dan 51 memiliki konsentrasi logam kromium sebesar 0 - 5 mg/kg. Ditampilkan pada Gambar 4.2, bahwa pada titik – titik tersebut merupakan sawah dan daerah pemukiman. Logam berat dapat berpotensi terakumulasi dari kegiatan manusia dan penggunaan pestisida dalam jumlah minim (Muslimah, 2015). Selain itu, penggunaan pupuk kompos juga dapat menambah konsentrasi dari logam kromium pada tanah. Penelitian yang dilakukan oleh Khatimah (2006) menjelaskan pada beberapa jenis pupuk organik mengandung logam kromium sebesar 1,8 – 410 ppm.

Berikutnya pada titik 22, 35, 15, 56, 44, 46, 63, 39, 8, 29, 19, 55, 42, 20, 59, 25, 26, 37, 33, 54 dan 38 terdapat tanah mengandung logam kromium dengan konsentrasi 5 – 10 mg/kg. Bila kita mengacu pada Gambar 4.2, daerah tersebut merupakan persawahan dan pemukiman warga serta sawah tadah hujan. Keberadaan logam kromium dapat muncul disebabkan oleh penggunaan pestisida dan kompos pada kegiatan persawahan (Manurung, dkk, 2018). Berdasarkan penelitian oleh Alloway (1995) beberapa jenis pupuk mengandung kromium. Tabel 4.4 berikut menunjukkan kandungan kromium pada beberapa jenis pupuk secara umum:

Tabel 4.4 Konsentrasi kromium pada pupuk (mg/kg)

Unsur	Pupuk Fosfat	Pupuk Nitrat	Pupuk Kandang	Kapur	Kompos
Cr	66 – 245	3,2 – 12	1,1 – 55	10 – 15	-

Sedangkan Pada titik 13, 20, 52, 30, 31, 36, 61, 34, 40, 16, 14, 21, dan 18 memiliki kandungan kromium berkisar antara 10 hingga 20 mg/kg. Berdasarkan pada Gambar 4.2, di daerah tersebut terdapat beberapa industri salah satunya adalah baja. Kegiatan perindustrian dapat berpotensi menghasilkan logam kromium (Muslimah, 2015). Pada industri baja, krom digunakan untuk mencegah terjadinya korosi dan menambah keindahan benda (Suharto, 2017). Logam kromium digunakan pada proses hard chromium plating yang bertujuan untuk meningkatkan waktu penggunaan alat agar tahan terhadap korosi, gesekan tinggi, pemakaian abrasif serta pengelupasan. Beberapa industri metal dan baja lain juga menggunakan metode pelapisan kromium berbeda – beda seperti *electroplating* dan pencelupan (Nurbanasari, dkk., 2012). Selain dari kegiatan industri baja, industri rumahan seperti penyamakan kulit juga berpotensi menggunakan kromium. Menurut Asmadi (2009), industri penyamakan kulit menggunakan senyawa kromium sulfat antara 60 – 70 %. Dalam bentuk ini, tidak seluruh kromium sulfat dapat terserap kedalam kulit pada proses penyamakan. Beberapa tahapan pada industri penyamakan kulit menghasilkan output logam kromium. Pada tahap penyamakan dengan krom, pressing dan pencukuran digunakan krom sulfat dan garam dan menghasilkan limbah padat dan cair yang mengandung krom (Waskito, 2007)

Titik sampel 53, 17, 47, 32 dan 62 memiliki konsentrasi logam kromium diatas 20 mg/kg. Bila kita lihat kembali pada Gambar 4.2 peta transek Kecamatan Jetis, daerah tersebut merupakan daerah padat penduduk (pemukiman) dan pada titik 53 dan 62 berdekatan langsung dengan industri. Tiap harinya industri melakukan produksi dan menghasilkan air limbah yang dapat mencemari badan air hingga ke tanah (Adji, dkk., 2008). Hal ini didukung dengan tingginya jumlah industri di Kecamatan Jetis yang mencapai angka rata – rata 591 industri untuk setiap kelurahan yang terdiri dari industri rumahan (mikro) dan besar (makro). Salah satu industri yang berpotensi adalah industri tekstil, pabrik cat dan tinta. Pada industri tersebut digunakan natrium kromat dan dikromat yang digunakan sebagai pewarna dan bahan pengawetan. Hal ini dilakukan untuk mencegah adanya korosi

pada peralatan otomotif, alat mengandung metal dan *furniture* (Nahadi, dkk., 2005)

Terlepas dari potensi yang sudah dijelaskan diatas, pada dasarnya logam kromium secara alami sudah terdapat pada lapisan tanah. Salah satunya penyebabnya adalah aktivitas gunung berapi di masa lampau. Logam berat yang terkandung pada magma mengalami pengendapan dari fase magma cair dan terjadi kristalisasi. Pada tahap ini kromit ( $FeCr_2O_4$ ) terbentuk. Kromit merupakan bahan tambang pokok Cr yang memiliki kerapatan  $4,4 \text{ g/cm}^3$  (Adhani, 2017). Selain itu, beberapa jenis tanah memang sudah mengandung logam berat. Hal ini dapat disebabkan oleh fenomena alam yang pernah terjadi pada daerah tersebut di masa lalu. Seperti erupsi gunung merapi atau kebakaran hutan. Seperti penelitian oleh Anda pada tahun 2012 yang mengidentifikasi adanya logam kromium dengan konsentrasi tinggi pada tanah vulkanis di beberapa daerah di Indonesia.

Namun, bila mengacu pada PP 101 tahun 2014 tentang “Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun” yang sudah ditampilkan pada Tabel 2.1, konsentrasi logam kromium dari tiap titik sampel masih jauh dari batas TK - B. Bahkan masih sangat jauh jika dibandingkan dengan batas paling berbahaya yaitu TK - A. Lampiran tersebut menjelaskan jika:

- A. Konsentrasi logam kromium diatas 15 mg/L pada suatu media tanah maka tergolong TCLP - A.
- B. Media tanah memiliki konsentrasi logam kromium diatas 2000 mg/kg masuk kedalam kategori TK - A.
- C. Konsentrasi logam berat pada tanah diatas 2.5 mg/L tergolong kategori TCLP - B.
- D. Media tanah terkandung konsentrasi logam kromium sebesar 500 mg/kg atau keatas maka masuk ke dalam TK-B.
- E. Konsentrasi logam berat pada tanah diatas 1 (mg/L) tergolong kedalam TCLP – C
- F. Media tanah dengan konsentrasi Logam kromium lebih besar dari 1 (mg/kg) maka tergolong ke dalam TK – C.

Berdasarkan ketentuan tersebut, seluruh titik memiliki nilai konsentrasi kromium diatas baku mutu pencemaran tanah. Seluruh titik melewati standar poin F yaitu TK – C. Tercantum pada Peraturan Pemerintah No 101 Tahun 2014 tentang “Tentang

Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun” Pasal 209 pengelolaan tanah tercemar limbah B3 adalah sebagai berikut:

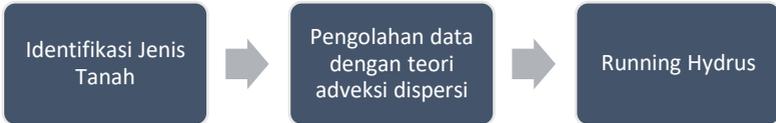
- A. Jika konsentrasi zat pencemar lebih besar dari TCLPA dan/atau total konsentrasi A, tanah dimaksud wajib dikelola sesuai dengan Pengelolaan Limbah B3 kategori 1;
- B. Jika konsentrasi zat pencemar sama dengan atau lebih kecil dari TCLP-A dan/atau total konsentrasi A dan lebih besar dari TCLP-B dan/atau total konsentrasi B, tanah dimaksud wajib dikelola sesuai dengan pengelolaan limbah B3 kategori 2;
- C. Jika konsentrasi zat pencemar sama dengan atau lebih kecil dari TCLP-B dan/atau total konsentrasi B dan lebih besar dari TCLP-C dan/atau total konsentrasi C, tanah dimaksud wajib dikelola sesuai dengan pengelolaan limbah nonB3; dan
- D. Jika konsentrasi zat pencemar sama dengan atau lebih kecil dari TCLP-C dan total konsentrasi C, tanah dimaksud dapat digunakan sebagai tanah pelapis dasar.

Berdasarkan pernyataan diatas, maka diperlukan penanganan terhadap tanah tercemar logam kromium di seluruh wilayah sesuai dengan pengelolaan limbah non B3. Konsentrasi yang beragam dan perbedaan tata guna lahan membuat metode penanganan akan menyesuaikan kondisi pada daerah tersebut. Adanya sumber yang lebih dari satu menyebabkan terjadinya persebaran dan perbedaan dari konsentrasi logam kromium itu sendiri.

Fenomena ini disebut *diffuse pollution* dimana polutan yaitu logam kromium tersebar luas dan terakumulasi dalam tanah serta tidak memiliki satu sumber emisi yang mudah ditentukan. Polutan dapat tersebar melalui media seperti air, tanah dan udara (Eugenio, Dkk., 2018). Seperti yang dijelaskan sebelumnya, kegiatan pertanian petani menggunakan pestisida, lalu kegiatan perindustrian serta aktivitas manusia yang melibatkan logam berat merupakan potensi sumber dari pencemaran logam kromium yang tersebar ke seluruh wilayah Kecamatan Jetis. Jumlah sumber yang memiliki kemungkinan lebih dari 1 inilah yang menyebabkan logam kromium memiliki konsentrasi beragam dan persebaran yang luas.

#### 4.2 Pembuatan Modelling pencemaran logam Kromium (Cr)

Dalam pembuatan model pencemaran logam kromium pada tanah, akan dilakukan beberapa tahap seperti yang ditunjukkan pada flow chart sebagai berikut:



Gambar 4.8 *Flow chart* modelling

##### 4.2.1 Identifikasi Jenis Tanah Kecamatan Jetis

Berdasarkan data dari BAPEDA Kabupaten Mojokerto, tanah pada Kecamatan Jetis terbagi menjadi dua yaitu Aluvial dan Grumasol. Persebarannya digambarkan pada Gambar 4.9 sebagai berikut:



Gambar 4.9 Peta Jenis Tanah Kecamatan Jetis  
Sumber: BAPEDA Kabupaten Mojokerto

Warna Hijau melambangkan tanah Grumasol dan Tanah Aluvial ditandai dengan warna Coklat. Karakteristik tanah Aluvial dan Grumasol adalah sebagai Berikut

A. Tanah Aluvial

Tanah Aluvial merupakan tanah yang berasal dari endapan baru berbahan organik yang terdapat jumlahnya berubah – ubah dan tidak teratur kedalamannya (Putri Saragih, 2017). Tanah Aluvial mempunyai tingkat kesuburan yang dapat seragam atau bervariasi dari rendah sampai tinggi, tekstur dari sedang hingga kasar, serta kandungan bahan organik dari rendah sampai tinggi dan pH tanah berkisar masam, netral, sampai alkalin, kejenuhan basa dan kapasitas tukar kation juga bervariasi karena tergantung dari bahan induk (Tufaila, dkk., 2014). Tanah aluvial memiliki manfaat di bidang pertanian, salah satunya untuk mempermudah proses irigasi pada lahan pertanian (Haryanta, dkk., 2017).

B. Tanah Grumasol

Tanah Grumasol atau yang biasa disebut tanah vertisol merupakan tanah yang mengembang apabila menyerap air dan dapat mengkerut dan keras apabila kering. Pembentukan tanah vertisol dipengaruhi oleh faktor pembentuk tanah seperti bahan induk, iklim, topografi, organisme, dan waktu. Sehingga morfologi profil tanah vertisol memiliki variasi sifat fisika, kimia, dan biologi pada setiap bentuk lahannya. (Utomo, 2016)

Pada umumnya, tanah vertisol memiliki ciri – ciri mengandung kapur, warna tanah hitam dan eras saat kering serta sangat lengket ketika basah. Tanah ini juga tergolong rawan erosi. Secara kimiawi Vertisol tergolong tanah yang cukup kaya akan hara karena memiliki cadangan sumberhara yang tinggi, dengan kapasitas tukar kation tinggi serta pH netral hingga alkali (Prasetyo, 2007).

#### 4.2.2 Pencemaran Tanah dengan teori Adveksi-Dispersi

Ketika Kontaminan masuk ke dalam tanah, akan ada beberapa kemungkinan kejadian yang terjadi. Kontaminan tersebut bisa terdispersi, mengalir/berpindah secara adveksi pada kolom tanah, dihancurkan atau diubah dalam bentuk lain. Sehingga untuk mengelola kontaminan apapun yang masuk ke dalam tanah diperlukan *modelling* (McKone, 2009).

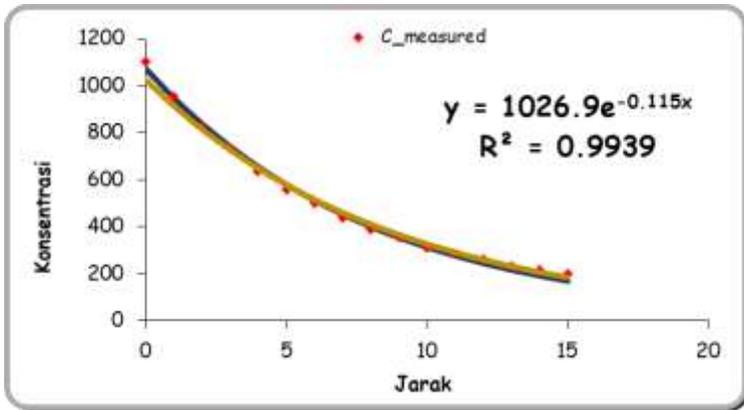
Berdasarkan teori adveksi, ketika satu sumber menghasilkan kontaminan, di titik tersebut memiliki nilai konsentrasi yang tinggi. Semakin jauh lokasi dari sumber, maka konsentrasi akan terus menurun. Seperti pada penelitian Mirbagheri (2004). Pada penelitian tersebut dilakukan modelling dispersi selenium dan pestisida pada tanah. Hasil dari penelitian tersebut adalah semakin lama waktu yang digunakan untuk menuangkan kontaminan akan semakin luas penyebaran kontaminan. Serta ketika kontaminan semakin jauh dari sumber yang hanya satu, maka konsentrasinya akan menurun. Konsentrasi tersebut akan terus menurun hingga mendekati angka 0. ( $C_x \geq 0$ ). Hal ini disebabkan karena rumus perhitungan ini *exponential*. Berikut merupakan rumus perhitungan yang digunakan:

$$C_x = C_o \cdot \text{Exp}^{-k \cdot x}$$

Dimana:

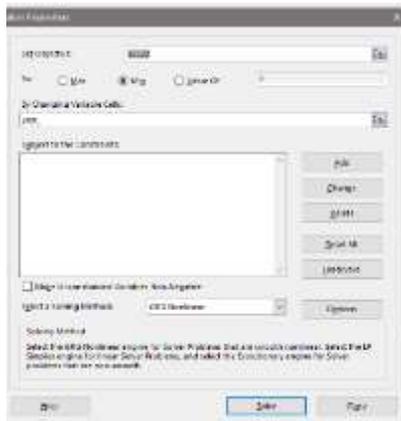
- C<sub>x</sub> = Konsentrasi pada jarak X (mg/L)
- C<sub>o</sub> = Konsentrasi pada sumber (mg/L)
- Exp = Exponoential
- k = Nilai Permeabilitas Tanah
- X = Jarak (m)

Dengan menggunakan rumus tersebut, dapat diperoleh nilai permeabilitas tanah dan konsentrasi ideal yang bersifat prediksi. Berikut merupakan Gambar 4.10 grafik penyebaran kontaminan secara teori adveksi:



Gambar 4.10 Grafik contoh teori adveksi

Pada penelitian kali ini akan diambil contoh untuk pengujian teori adveksi. Pada Gambar 4.7 yaitu peta persebaran logam kromium akan dipilih titik dengan konsentrasi tinggi sebagai sumber. Lalu dipilih titik yang bersebalahan secara berurutan tidak terputus. Pengujian ini menggunakan *software Microsoft Excel* dengan opsi *solver* yang dapat di akses melalui *tab data* pada *toolbar*. Opsi *solver* dapat memprediksi nilai permeabilitas tanah berdasarkan data yang dimasukkan. Gambar 4.11 menampilkan opsi *solver*:



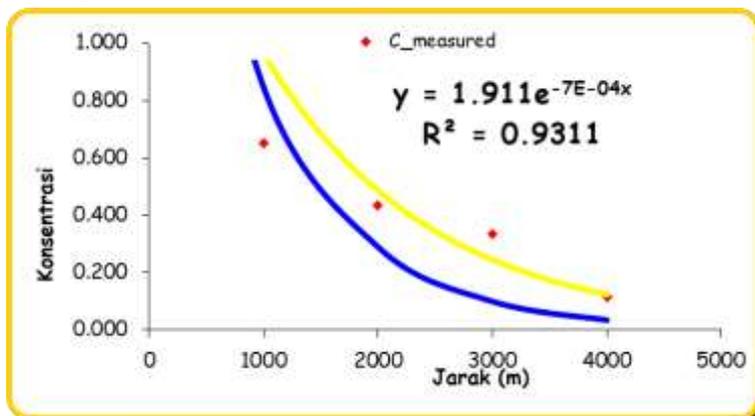
Gambar 4.11 Opsi solver

Selanjutnya akan dilakukan dua kali pengujian. Dimana pengujian pertama memiliki konsentrasi logam kromium yang secara konsisten menurun dari sumber hingga titik terakhir. Sedangkan pada pengujian kedua, terjadi kenaikan dan penurunan secara fluktuatif. Berikut merupakan Tabel 4.5 yaitu titik dan konsentrasi yang dipilih untuk uji teori adveksi:

Tabel 4.5 Contoh pengujian teori adveksi titik 32 ke arah timur

Titik	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi Prediksi	Jarak (m)	Error
32	2,508	2,47	0	0,00
21	0,650	0,84	1000	0,04
20	0,433	0,29	2000	0,02
19	0,335	0,10	3000	0,06
58	0,113	0,03	4000	0,01

Berdasarkan nilai dari konsentrasi dan jarak titik yang disajikan pada tabel maka dapat dibuat grafik pada Gambar 4.12 sebagai berikut:



Gambar 4.12 Grafik pengujian titik 32 - 58

Berdasarkan data yang didapat, nilai konsentrasi prediksi menurun sesuai dengan teori. Selain itu, nilai error yang kecil juga membuktikan bahwa pada pengujian pertama ini sesuai dengan teori. Setelah diuji, penyebaran kontaminan pada titik 32 – 58 terbukti sesuai dengan teori.

Pada titik 32 merupakan pusat kecamatan Jetis dimana lokasi kantor kecamatan bertempat. Sehingga pada titik tersebut merupakan pemukiman padat penduduk. Sedangkan pada titik 21 hingga 58 merupakan lahan sawah yang digunakan masyarakat untuk kegiatan bercocok tanam.

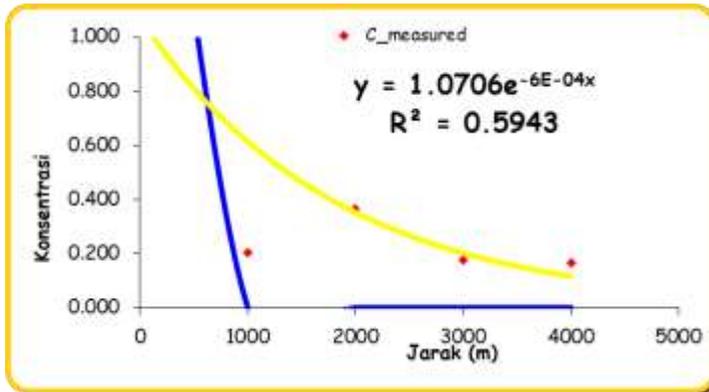
Selain titik 32 hingga 58 akan dicoba titik lainnya. Sumber yaitu titik dengan konsentrasi tinggi akan dijadikan titik mulai dan dipilih titik yang bersebelahan tidak terputus. Berikut merupakan Tabel 4.6 yang menampilkan titik yang diuji:

Tabel 4.6 Uji teori adveksi titik 32 ke arah selatan

Titik	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi Prediksi	Jarak (m)	Error
32	2,508	2,51	0	0,00
22	0,202	0,00	1000	0,04
25	0,364	0,00	2000	0,13
27	0,175	0,00	3000	0,03
53	0,167	0,00	4000	0,03

Berkebalikan dari pengujian sebelumnya, Konsentrasi prediksi tidak sesuai dengan konsentrasi real. Dimana seharusnya secara ideal, konsentrasi dari logam kromium terus menurun dikarenakan menjauh dari sumber. Selain itu nilai error yang didapatkan cukup tinggi, sehingga semakin membuktikan bahwa pada pengujian kedua ini tidak sesuai dengan hasil teori. Hal ini disebabkan oleh sumber pencemar yang tidak hanya satu. Sehingga pada titik 25 dan 53 konsentrasi logam kromium kembali naik. Pada titik 25 dan 53 terdapat Industri penyedap rasa dan pemukiman dengan kepadatan penduduk tinggi sehingga

konsentrasi kromium dapat meningkat Berdasarkan nilai konsentrasi dan jarak dari titik – titik tersebut maka dapat dibuat grafik pada Gambar 4.13 yang ditunjukkan sebagai berikut:

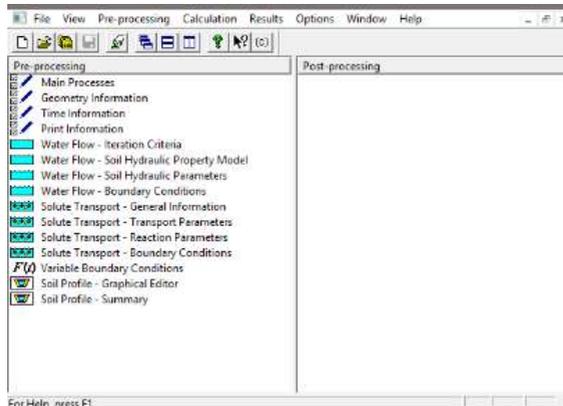


Gambar 4.13 Grafik Pengujian titik 32 - 53

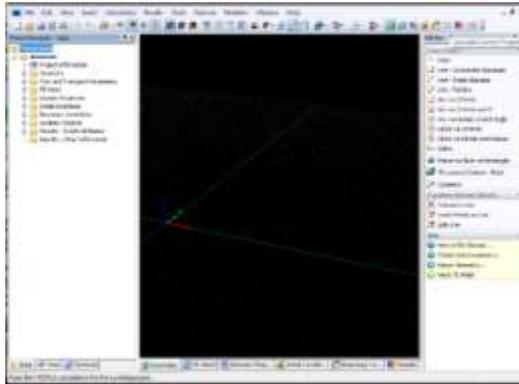
#### 4.2.3 Running Hydrus

Setelah dilakukan pengujian, visualisasi model dan pencemaran tanah dapat dibuat. Pada tahap ini digunakan 2 perangkat lunak yaitu Hydrus 1D dan Hydrus 2D-3D. penggunaan Hydrus 1D digunakan untuk membuat visualisasi persebaran kontaminan secara vertikal melalui tampak samping. Sehingga dapat terlihat proses masuk nya kontaminan dari permukaan hingga ke dalam model tanah dalam waktu tertentu. Sedangkan untuk Hydrus 2D-3D digunakan untuk menciptakan visualisasi penyebaran kontaminan secara horizontal melalui tampak atas dan samping. Dengan menggunakan perangkat lunak ini, dapat terlihat proses penyebaran kontaminan dari sumber pada tanah hingga menjauhi sumber dalam waktu tertentu.

Sehingga *output* dari kedua perangkat lunak ini adalah gambar proses penyebaran kontaminan dalam waktu tertentu secara vertikal kebawah dan horizontal menjauhi sumber. Gambar 4.14 dan 4.15 berikut merupakan tampilan dari perangkat lunak Hydrus 1D dan 2D-3D yang digunakan pada penelitian ini:

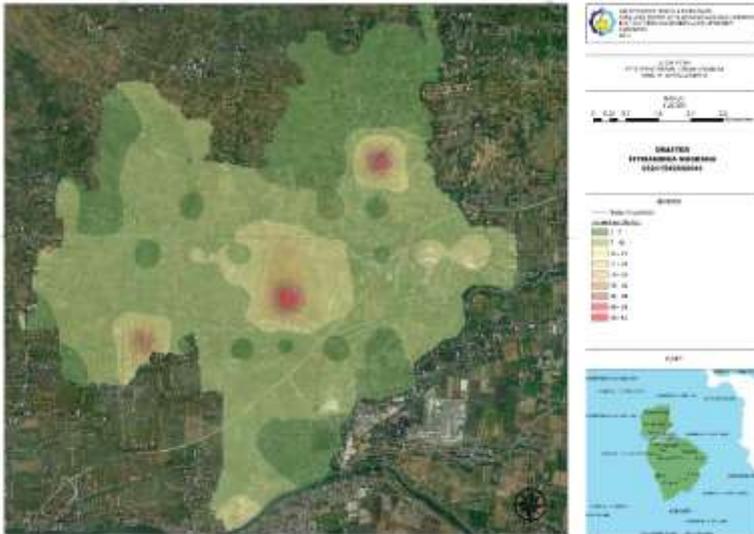


Gambar 4.14 Tampilan Perangkat Lunak Hydrus 1D



Gambar 4.15 Tampilan perangkat lunak Hydrus 2D-3D

Untuk melakukan *run* pada perangkat lunak ini dibutuhkan beberapa data pendukung seperti konsentrasi kromium pada setiap lapisan tanah hingga kedalaman 1 m dan karakteristik kontaminan dalam bentuk cair. Namun pada penelitian kali ini tidak didapatkan nilai konsentrasi kromium pada setiap lapisan tanah. Serta seperti penjelasan pada 4.3 yaitu sumber dari kromium dapat beraneka ragam dan tidak dapat ditentukan secara pasti. Sehingga pembuatan model tidak dapat dilakukan. Tetapi untuk pola penyebaran logam kromium secara horizontal dapat dibuat dengan ArcGIS menggunakan pendekatan kontur. Gambar 4.16 menunjukkan pola persebaran logam kromium:

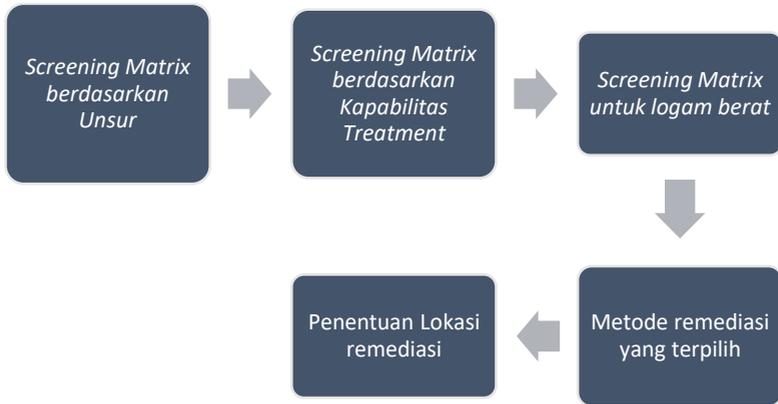


Gambar 4.16 Persebaran Logam Kromium dengan Pendekatan Kontur



### 4.3 Penentuan Metode Remediasi

Dalam melakukan penentuan metode remediasi, akan dilakukan dengan urutan yang ditunjukkan pada *flow chart* yang ditampilkan pada Gambar 4.17 sebagai berikut:



Gambar 4.17 *Flow chart* penentuan metode remediasi

#### 4.3.1 *Screening Matrix* Berdasarkan Media

Pemilihan teknologi remediasi menggunakan *Treatment Technologies Screening Matrix* dari The Federal Remediation Technology Roundtable (FRTR) tahun 2002. Matrix ini memberikan referensi teknologi remediasi berdasarkan elemen yang tercemar dengan mempertimbangkan banyak aspek.

Matrix ini memiliki referensi untuk penanggulangan pencemaran yang terjadi pada tanah dan Air. Setiap media memiliki rekomendasi metode remediasi yang berbeda – beda. Pada penelitian ini akan ditentukan metode remediasi yang tepat untuk mengatasi permasalahan pencemaran logam berat kromium pada tanah. Sehingga pada tahap ini kita dapat menyisihkan metode remediasi yang tidak diperuntukan untuk tanah. Warna abu – abu pada matrix menandakan metode remediasi tersebut tidak dipertimbangkan karena tidak diperuntukan untuk pencemaran pada tanah. Tabel 4.7 matrix secara menyeluruh dan tabel 4.8 merupakan hasil penyisihan metode remediasi yang diperuntukan kepada tanah :

Tabel 4.7 Screening matrix berdasarkan unsur

Treatment		Unsur				Other				
Unsur	Biological	Physical/Chemical	Thermal	Biological	Physical/Chemical/Assessing Pumping	Thermal	Containment	Air Solutions	Other	
Groundwater, Surface Water and Leachate	Enhanced Bioremediation Monitored Natural Attenuation	Air Sparging		Bioreactors	Adsorption/ Absorption		Physical Barriers	Biofiltration		
		Biosparging			Advanced Oxidation Processes			High Energy Destruction		
	Phytoremediation	Chemical Oxidation			Air Stripping			Membrane Separation		
		Directional Wells (enhancements)	(-)	Constructed Wetlands	Granulated Activated Carbon (Liquid Phase Carbon Adsorption)		(-)	Deep Well Injection	Oxidation	(-)
		Dual Phase Extraction			Groundwater Pumping/Pump & Treat			Scrubbers		
		Thermal Treatment			Ion Exchange			Oxidation		
	Bioventing Enhanced Bioremediation	Hydrofracturing Enhancements			Precipitation (Coagulation/Flocculation)			Scrubbers		
		In-Well Air Stripping			Separation			Vapor Phase Carbon Adsorption		
		Passive/Reactive Treatment			Sprinkler/Irrigation					
		Chemical Oxidation			Chemical Extraction		Hot Gas			
Soil, Sediment, Bedrock, and Sludge	Enhanced Bioremediation	Electrokinetic Separation		Composting	Chemical Reaction/Oxidation	Incineration				
		Fracturing	Thermal Treatment	Landfarming	Dehalogenation	Open Burn/Open Detonation				
	Phytoremediation	Soil Flushing		Slurry Phase Biological Treatment	Separation	Pyrolysis		(-)		
		Soil Vapor Extraction/Solidification/Stabilization			Soil Washing	Thermal Desorption				

Table 4.8 Screening matrix berdasarkan unsur

Treatment/Unsur	Biological	Physical/Chemical	Thermal	Biological	Physical/Chemical (Assuming Pumping)	Thermal	Containment	Air Emissions	Other						
Groundwater, Surface Water and Leachate	Enhanced Bioremediation Monitored Natural Attenuation	Air Sparging	(-)	Bioreactors	Adsorption/Absorption Processes	(-)	Physical Barriers	Biofiltration	(-)						
		Bioslurping		Advanced Oxidation Processes	High Energy Destruction										
	Phytoremediation	Chemical Oxidation		Air Stripping	Constructed Wetlands		Granulated Activated Carbon/Liquid Phase Carbon Adsorption	(-)		Deep Well Injection	Membrane Separation				
				Directional Wells (enhancement)							Groundwater Pumping/Pump & Treat	Oxidation			
		Dual Phase Extraction		Ion Exchange			Precipitation/Coagulation/Flocculation Separation				Scrubbers				
				Thermal Treatment							Sprinkler Irrigation	Oxidation			
		Hydrofracturing Enhancements		In-Well Air Stripping			Passive/Reactive Treatment Walls				Biopiles	Chemical Extraction	Hot Gas		Scrubbers
												Chemical Oxidation			Chemical Reduction/Oxidation
		Soil, Sediment, Bedrock, and Sludge		Bioventing Enhanced Bioremediation			Electrokinetic Separation				Thermal Treatment	Composting	Incineration	(-)	Excavation, Retrieval, Off-Site Disposal
												Landfarming			
Phytoremediation	Fracturing		Slurry Phase Biological Treatment	Dehalogenation Separation	Pyrolysis										
			Soil Vapor Extraction Solidification/Stabilization	Soil Washing Solidification/Stabilization		Thermal Desorption									

#### 4.3.2 *Screening Matrix* berdasarkan Jenis *Treatment*

Remediasi tanah adalah kegiatan untuk mengembalikan kualitas tanah yang tercemar oleh suatu kontaminan. Terdapat 2 jenis remediasi tanah yaitu in-situ (on-site/pembersihan di lokasi) dan ex-situ (off-site). Menurut penelitian dari Hidayat pada tahun 2015, Upaya untuk membersihkan daerah tercemar dengan penerapan strategi rehabilitasi lingkungan umumnya sangat mahal sehingga penting untuk mengembangkan strategi yang murah dan ramah lingkungan.

Kedua jenis remediasi bertujuan untuk mengurangi konsentrasi polutan, menghilangkan polutan serta memastikan polutan tidak tersebar. Namun, hal yang menyebabkan remediasi tidak digunakan adalah karena metode ex situ membutuhkan biaya yang cukup banyak karena melibatkan kegiatan pengerukan atau pengambilan serta pemindahan tanah terkontaminasi. Peluang meningkatnya pengeluaran inilah yang menyebabkan remediasi in situ lebih dipertimbangkan sebagai metode alternatif (Chaudry, dkk., 2005). Selain itu, pembersihan secara on-site memiliki kelebihan yaitu lebih mudah dan memakan biaya yang tidak sebesar remediasi ex situ (Rosadi, 2014).

Melalui hasil pengamatan langsung di lapangan, biaya yang dikeluarkan jika menggunakan metode remediasi eks situ akan meningkat dikarenakan tanah yang tercemar cukup luas. Tanah yang tercemar tersebut memiliki luasan melebihi 1 km. Setelah pemetaan dilakukan, teridentifikasi lebih dari satu lokasi yang terindikasi tercemar logam berat kromium. Selain itu, adanya kemungkinan penggunaan alat berat dan kegiatan perpindahan tentu dapat mengakibatkan peningkatan biaya dan bertambahnya waktu yang dibutuhkan. Dengan mempertimbangkan luasnya daerah yang tercemar dan lokasi yang tidak sedikit, remediasi eks situ tidak digunakan pada penelitian kali ini.

Seperti pada Tabel sebelumnya, kolom dan baris dengan warna abu – abu menandakan metode – metode remediasi yang telah disisihkan atau tidak digunakan. Lalu Tabel dengan kolom dan baris berwarna putih masih dapat dipertimbangkan untuk dipilih. Tabel 4.9 merupakan Tabel matrix metode remediasi yang telah melalui proses penyisihan secara kapabilitas yaitu in situ dan ex situ:

Tabel 4.9 Metode remediasi untuk tanah dengan in situ

Treatment/Unsur	In - Situ		Ex - Situ (Assuming Excavation)		Other					
	Biological	Physical/Chemical	Thermal	Biological		Physical/Chemical (Assuming Pumping)	Thermal			
Groundwater, Surface Water and Leachate	Enhanced Bioremediation	Air Sparging		Bioreactors	Adsorption/ Absorption		Physical Barriers	Biofiltration	(-)	
	Monitored Natural Attenuation	Bioslurping			Advanced Oxidation Processes		Deep Well Injection	High Energy Destruction		
			Chemical Oxidation		Air Stripping			Membrane Separation		
	Phytoremediation		Directional Wells (enhancement)	(-)	Constructed Wetlands	Granulated Activated Carbon/Liquid Phase Carbon Adsorption	(-)	Deep Well Injection		Oxidation
			Dual Phase Extraction			Groundwater Pumping/ Pump & Treat				Scrubbers
			Thermal Treatment			Ion Exchange				Oxidation
			Hydrofracturing Enhancements			Precipitation/Coagulation/Flocculation				Scrubbers
			In-Well Air Stripping			Separation				Vapor Phase Carbon Adsorption
			Passive/Reactive Treatment Walls			Sprinkler Irrigation				
	Soil, Sediment, Bedrock, and Sludge	Bioventing	Chemical Oxidation		Biopiles	Chemical Extraction		(-)		Excavation, Retrieval, Off-Site Disposal
Enhanced Bioremediation		Electrokinetic Separation		Composting	Chemical Reduction /Oxidation	Hot Gas Incineration				
			Fracturing	Thermal Treatment	Landfarming	Dehalogenation	Open Burn/Open Detonation			
Phytoremediation			Soil Flushing		Slurry Phase Biological Treatment	Separation	Pyrolysis			
			Soil Vapor Extraction			Soil Washing	Thermal Desorption			
		Solidification/Stabilization			Solidification/Stabilization					

#### 4.3.3 *Screening Matrix* Berdasarkan Kegunaan

Setiap metode remediasi memiliki cara kerja dan fungsi yang berbeda – beda. Beberapa metode remediasi diperuntukan untuk mengurangi konsentrasi logam berat. Namun ada juga yang tidak bertujuan untuk mengurangi konsentrasi logam berat pada tanah. Sehingga pada tahap ini, akan disisihkan kembali metode – metode remediasi yang tidak bertujuan dalam penyisihan atau reduksi konsentrasi logam berat pada tanah.

Pada tahun 2006, dilakukan penelitian mengenai penurunan konsentrasi logam berat dengan menggunakan beberapa jenis tanaman oleh Sandra, S.A. Pada penelitian tersebut tanaman – tanaman seperti eceng gondok, haramay dan akar wangi dapat melakukan penurunan konsentrasi logam berat. Terutama tanaman akar wangi yang mampu mengakumulasi logam kromium sebanyak 0,9390 miligram/pot. Sehingga fitoremediasi dapat dipertimbangkan untuk dipilih sebagai metode remediasi logam kromium pada Kecamatan Jetis.

Selanjutnya pada tahun 2005 terdapat penelitian oleh Hakim dkk mengenai remediasi tanah terkontaminasi logam berat krom (Cr) dengan teknik remediasi elektrokinetik. Pada penelitian ini dilakukan pemulihan tanah terkontaminasi logam berat dengan menggunakan tegangan listrik rendah dan arus DC (*direct current*) potongan melintang area antara elektroda yang diletakkan pada tanah dengan susunan aliran terbuka. Tekanan aliran pada umumnya digolongkan dalam miliampere per sentimeter kuadrat (mA/cm<sup>2</sup>) atau beda potensial tegangan listrik volt per sentimeter. Dengan penerapan teknologi tersebut diharapkan kontaminan logam berat dalam tanah dapat dipindahkan/digerakkan, dipadatkan/dipekatkan oleh elektroda serta diekstraksikan dari tanah. Elektroda yang digunakan adalah *grafit, coated titanium dan platinum*. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan metode ini dapat menurunkan konsentrasi logam kromium mulai dari 78,1% - 44,81 %. Sehingga metode ini pun dapat dipertimbangkan untuk dipilih sebagai metode remediasi tanah tercemar logam kromium.

Bioremediasi merupakan metode remediasi yang menggunakan mikroorganisme atau sistem biologis lain untuk menurunkan atau mengubah polutan. Pada tahun 2013, terdapat penelitian mengenai kemampuan bakteri dalam mereduksi

konsentrasi kromium oleh Pramono dkk. Dalam penelitian ini, digunakan tanah tercemar dari Desa Sambirembe, Kalasan, Sleman, Yogyakarta dengan menggunakan *Rhizobacteria* dan tanaman jagung. Sehingga didapatkan hasil yang ditampilkan pada Tabel

4.10:

Tabel 4.10 Hasil reduksi konsentrasi Cr dengan *Rhizobacteria*

**The Cr (VI) level at growing cells treatments of Isolate 39**

Treatments	Cr(VI) level (ppm) <sup>a)</sup>				
	Hours				
	48	54	60	66	72
<i>Growing cell</i>	15.0	1.9	0.8	0.0	0.0
<i>Resting cell</i>	15.0	8.1	7.7	7.3	7.2
<i>Supernatant</i>	15.0	1.0	0.8	0.0	0.0
<i>Control</i>	15.0	15.0	14.8	14.6	14.2

Sumber: Bacterial Cr (Vi) Reduction And Its Impact In Bioremediation, 2013

Penelitian lain dilakukan oleh Widyastuti, dkk pada tahun 2003. dalam hasil penelitiannya menjelaskan bahwa penambahan bahan organik dapat menurunkan kadar logam kromium pada tanah yang tercemar limbah industri tekstil. Selanjutnya diterangkan bahwa adanya penambahan bahan organik berupa pupuk kandang sebesar 10 ton/ha, mampu menurunkan logam kromium dari 0,870 ppm (tanpa bahan organik) menjadi 0,7150 ppm (setelah ditambahkan bahan organik). Sementara pada penggunaan kompos sebanyak 10 ton/ha, terjadi penurunan logam kromium dari konsentrasi 0,870 ppm menjadi 0,5087 ppm.

Solidifikasi adalah suatu penanganan yang menghasilkan padatan limbah yang memiliki identitas struktural yang tinggi. Proses solidifikasi menyebabkan kontaminan tidak dapat berinteraksi dengan reagen solidifikasi. Stabilisasi adalah suatu teknik yang didesain untuk meminimalkan mobilitas atau kelarutan kontaminan baik dengan atau tanpa terjadi perubahan sifat fisik dari limbah. Proses stabilisasi biasanya melibatkan penambahan material ke dalam limbah berbahaya dan menciptakan produk yang lebih tidak berbahaya. Pada tahun 2007 terdapat penelitian oleh Utomo, M.P, dkk mengenai solidifikasi/stabilisasi logam berat

dalam limbah dengan semen Portland. Dimana pada penelitian ini logam kromium dapat terkorporasi dalam matrik semen berdasarkan studi XPS. Sehingga metode ini juga dapat dipertimbangkan sebagai metode remediasi tanah tercemar logam kromium pada Kecamatan Jetis. Tabel 4.11 merupakan Tabel hasil penyisihan metode remediasi:

Tabel 4.11 Metode Remediasi untuk logam berat

1	Bioremediasi
2	Fitoremediasi
3	Pemisahan dengan Elektrokinetik
4	Solidifikasi/Stabilisasi

#### 4.3.4 Penentuan Daerah yang akan di remediasi

Setelah metode remediasi sudah di reduksi berdasarkan tujuannya untuk mengolah tanah tercemar logam, maka didapatkan 4 metode remediasi. Dikarenakan konsentrasi yang beragam dan perbedaan kondisi tiap lokasi, maka tidak seluruh wilayah Kecamatan Jetis akan di remediasi. Hanya beberapa daerah saja yang dinilai perlu dilakukan remediasi. Pemilihan daerah yang akan diremediasi akan mempertimbangkan aspek – aspek setiap kelurahan seperti:

- Konsentrasi pencemar
- Kepadatan Penduduk
- Potensi interaksi dengan mahluk hidup (Sawah dan Ternak)
- Luas tanah yang tidak digunakan
- Jumlah Kegiatan Industri

Setiap aspek tersebut selanjutnya akan di *overlay* dengan peta persebaran logam kromium dengan pendekatan kontur seperti pada Gambar 4.16. Sehingga dapat terlihat pada kelurahan mana yang harus dijadikan prioritas untuk di remediasi. Gambar 4.18 berikut merupakan contoh Peta Persebaran Logam Kromium dengan penambahan aspek yaitu Kepadatan Penduduk dan Tabel 4.12 merupakan nilai aspek per kelurahan:





Tabel 4.12 Nilai tiap aspek per Kelurahan

KELURAHAN	JUMLAH PENDUDUK (ORANG)	LUAS DAERAH (KM2)	KEPADATAN PENDUDUK ORANG/KM2	LUAS SAWAH (m2)	JUMLAH TERNAK	KEGIATAN INDUSTRI	TANAH KOSONG (m2)	RATA - RATA KONSENTRASI KROMIUM (MG/KG)
MLIRIP	6967	2.33	2990	860000	167	383	132300	8.8
PENOMPO	7005	2.44	2871	1480000	305	365	84902	9.1
CANGGU	10834	3.35	3234	1690000	438	681	748650	7.7
NGABAR	5948	3.25	1830	1890000	755	670	211003	11.8
BANIARSARI	4978	3.1	1606	2085000	386	458	105510	15.2
SAWO	3454	2.49	1387	2089610	337	468	36180	9.5
MOJOREJO	3450	2.31	1494	1360970	458	703	1570	7.6
JOLOTUNDO	5140	4.09	1257	2424700	558	829	10400	8.9
KUPANG	5348	3.56	1502	1620700	467	815	99600	10.6
BENDUNG	4694	3.88	1210	1455760	753	606	58020	14.0
MOJOLEBAK	5174	5.28	980	2891750	296	576	47350	15.9
PERENGAN	3399	2.9	1172	1399170	298	476	16000	11.7
JETIS	6198	2.89	2145	1092750	404	385	134500	9.5
PERNING	4035	1.66	2431	864500	448	408	0	11.4
SIDOREJO	3978	4.19	949	1136800	643	705	15035	12.8
LAKARDOWO	3439	5.46	630	1236220	623	934	6210	3.6
RATA - RATA	5253	3	1731	1598621	459	591	106702	10.5

Nilai diatas rata - rata

=

Sumber: Kecamatan Jetis dalam Angka 2018

Sebagian besar data diperoleh dari dokumen Kecamatan Jetis dalam Angka tahun 2018. Namun, untuk data rata – rata konsentrasi logam kromium per kelurahan ditentukan dengan perbandingan matematis. Perbandingan yang digunakan yaitu konsentrasi logam kromium pada satu kelurahan di bandingkan dengan luas total kelurahan tersebut. Diawali dengan mengakumulasikan nilai konsentrasi yang beragam pada satu daerah. Berikutnya tiap nilai dikali dengan luas masing – masing nilai dan selanjutnya dibagi dengan luas total dari Kelurahan tersebut.

Dengan mengidentifikasi dan menganalisis data dari seluruh aspek yang disajikan oleh Tabel 4.12, dapat ditentukan kelurahan mana yang dijadikan prioritas untuk di remediasi. Tiap data dilakukan perhitungan rata – rata untuk mempermudah analisis. Tidak semua kelurahan dilakukan remediasi dikarenakan konsentrasi yang masih sangat jauh dari batas TK – B maupun TK – A. Sehingga hanya beberapa daerah saja yang sekiranya perlu dilakukan remediasi yang akan dipilih. Berikut merupakan kelurahan yang akan di remediasi urut sesuai dengan tingkat prioritas:

A. Kelurahan Ngabar

Pada Kelurahan Ngabar, terdapat banyak aspek yang melebihi dari nilai rata – rata tiap kelurahan di Kecamatan Jetis. Konsentrasi rata – rata pada daerah tersebut mencapai angka 11,8 mg/kg dengan tingkat kepadatan penduduk, kegiatan industri, luas sawah dan jumlah ternak yang juga tinggi.

B. Kelurahan Mojolebak

Kelurahan Mojolebak memiliki rata – rata konsentrasi tertinggi dibandingkan dengan kelurahan lain yaitu 15,9 mg/kg. Selain itu bila dilihat pada aspek luas sawah, kelurahan ini memiliki areal sawah terluas di Kecamatan Jetis.

### C. Kelurahan Perning

Tercantum pada Tabel 4.12, di daerah ini memiliki nilai rata – rata konsentrasi logam berat yang cukup tinggi dibandingkan dengan kelurahan lain yaitu 11.4 mg/kg. Dengan kepadatan penduduk diatas rata – rata dan ketiadaan tanah kosong. Kelurahan ini dipertimbangkan untuk dilakukan remediasi.

Untuk menyelesaikan pencemaran tanah di Kelurahan Ngabar, akan dilakukan remediasi dengan metode Bioremediasi. Bioremediasi kali ini akan menggunakan tanaman dan bakteri. Mengacu pada Tabel 4.4, nilai bioavailabilitas pada tanah di Kecamatan Jetis cukup kecil. Dengan rata – rata hanya mencapai 13%, tanaman akan kesulitan dalam mereduksi konsentrasi kromium sehingga fitoremediasi tidak dapat digunakan. Namun, terdapat penelitian yang dilakukan oleh Ali Pramono (2011) mengenai reduksi logam kromium pada tanah dengan menggunakan bantuan Rhizobakteri (Isolat 27). Bakteri ini mampu meningkatkan serapan kromium di dalam jaringan tanaman yang digunakan (fitoekstraksi). Isolat 27 yaitu *Agrobacterium tumefaciens* atau *Pseudomonas fluorescens* dapat hidup hingga konsentrasi 15 ppm. Bahkan jika dikombinasikan dengan tanaman jagung (*Zea mays*) fitoekstraksi dapat meningkat hingga 241. Hal ini sangat mendukung potensi dari pertanian Kecamatan Jetis. Berdasarkan data dari dokumen Kecamatan Jetis Dalam Angka 2018, luas panen produksi Jagung di Kelurahan Ngabar pada tahun 2016 mencapai 92 Ha.

Di Kelurahan Mojolebak terdapat lahan sawah terluas di Kecamatan Jetis yaitu mencapai 289,175 Ha. Namun, selain luas sawah yang luas pada daerah ini terdapat nilai konsentrasi logam kromium tertinggi yang mencapai 15,9 mg/kg. Sehingga akan dilakukan hal yang sama seperti Kelurahan Ngabar yaitu Metode Bioremediasi. Dengan memperhatikan aspek selain jenis tanaman, akumulasi logam kromium dapat meningkat. Contohnya pada penelitian oleh Manurung dkk pada tahun 2018. Pada penelitian tersebut membuktikan bahwa penggunaan pestisida

dan pupuk kimia dapat meningkatkan logam kromium yang terakumulasi pada tanaman kentang. Sehingga untuk mengurangi kemungkinan hal tersebut, penggunaan pupuk kimia dapat diganti dengan pupuk kompos organik. Lalu untuk menekan kadar logam berat dalam tanah seperti arang dan serbuk gergaji. Selain itu, dengan memastikan bibit tanaman yang akan digunakan tidak tercemar logam kromium dapat meningkatkan efektifitas kemampuan akumulasi tanaman tersebut. Seusai musim panen tiba, dapat dilakukan kegiatan fitoremediasi untuk beberapa waktu untuk mengembalikan kualitas tanah sebelum penanaman berikutnya

Selanjutnya pada Kelurahan Pening akan dilakukan remediasi tanah tercemar logam berat dengan metode Stabilifikasi/Stabilisasi. Dengan luas lahan kosong yang sangat minim maka akan sulit untuk dilakukan Fitoremediasi. Ditambah dengan tingkat kepadatan penduduk diatas rata – rata, solidifikasi/stabilisasi merupakan metode yang lebih tepat. Solidifikasi dilakukan untuk mengubah limbah B3 menjadi tidak berbahaya dengan mengurangi permeabilitasnya sehingga mudah diangkut dan ditimbun. Penelitian yang dilakukan oleh Wicaksono dan Sukandar pada tahun 2012 berhasil melakukan solidifikasi pada limbah B3 ke dalam bentuk *paving block*. Selain metode solidifikasi, tanah juga dapat ditimbun.

#### 4.4 Pembiayaan Metode Remediasi

Setelah lokasi dan jenis remediasi telah dipilih, selanjutnya akan dilakukan pembiayaan dari keseluruhan remediasi yang dilakukan di Kecamatan Jetis. Dijelaskan di sub bab sebelumnya, dipilih 3 lokasi dengan 2 jenis remediasi. Untuk metode fitoremediasi, akan menggunakan luas lahan kosong yang tersedia di kelurahan tersebut. Pembiayaan Metode remediasi akan mengacu pada Hitungan Satuan Pokok Kerja Kota Mojokerto tahun 2016.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan jumlah kebun akar wangi yang akan dibangun dengan membagi luas total lahan kosong dengan luas lahan secara ideal. Sehingga didapatkan akan dibangun sebanyak 35 lahan baru. Berikutnya dilakukan

perhitungan dimensi dari tiap lahan, yang menghasilkan dimensi 86 m x 86 m. Tabel 4.13 berikut merupakan tabel rekapitulasi luas lahan:

Tabel 4.13 Rekapitulasi Luas Lahan

<b>Kecamatan Ngabar</b>	
Luas Sawah (m <sup>2</sup> )	1890000
Luas Lahan Kosong (m <sup>2</sup> )	211003
<b>Kecamatan Mojolebak</b>	
Luas Sawah (m <sup>2</sup> )	2891750
Luas Lahan Kosong (m <sup>2</sup> )	47350
<b>Kecamatan Pening</b>	
Luas Sawah (m <sup>2</sup> )	2431
Luas Lahan Kosong (m <sup>2</sup> )	0

Sumber: Kecamatan Jetis Dalam Angka 2018

Frekuensi penambahan bakteri dan pupuk kompos ditentukan melalui jumlah panen Tanaman Jagung selama satu tahun. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Surtinah (2008) pada umur 70 hari merupakan umur panen yang tepat. Hal ini mengartikan bahwa dalam setahun dapat dilakukan panen sebanyak 5 kali. Berikut merupakan Tabel 4.14 mengenai perhitungan kebutuhan lahan dan 4.15 mengenai kebutuhan untuk bioremediasi:

Tabel 4.14 Perhitungan Kebutuhan Lahan

<b>Keterangan Kegiatan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Satuan</b>
Luas Total Lahan Untuk Fitoremediasi	258353	m <sup>2</sup>
Luas Total Lahan Untuk Solidifikasi	2431	m <sup>2</sup>
Luas Sawah Ideal	0,74	Ha

<b>Keterangan Kegiatan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Satuan</b>
	7400	m <sup>2</sup>
Jumlah Sawah	35	
Panjang Sawah (Persegi)	86	m
Jumlah Bakteri Yang Digunakan Untuk Satu Sawah	2	sak
Jumlah Panen Dalam Setahun	5	Kali
Kebutuhan Bakteri Satu Sawah Dalam Setahun	10	sak/sawah
Kebutuhan Bakteri Total Setahun	350	Sak
Kompos	1	kg
Total Kebutuhan Kompos Satu Kali Panen	2	kg/sawah
Total Kebutuhan Kompos Satu Tahun	10	kg/sawah
Total Kebutuhan Kompos	350	kg

Tabel 4.15 Kebutuhan Bioremediasi

<b>Uraian</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>	<b>Jumlah Harga (Rp)</b>
Pengadaan Bakteri Pseudomonas	350	Sak	Rp 60.000	Rp 21.000.000
Pupuk Organik	350	kg	Rp 5.000	Rp 1.750.000
Cangkul	70	buah	Rp 60.000	Rp 4.200.000
Sekop	70	buah	Rp 12.000	Rp 840.000
Garpu Rambut	70	buah	Rp 32.000	Rp 2.240.000
<b>Total</b>				<b>Rp 30.030.000</b>

Selanjutnya akan dihitung jumlah Biaya yang digunakan untuk tahap persiapan dan pelaksanaan. Pekerjaan persiapan mengacu pada HSPK Kota Mojokerto tahun 2017 bagian pengerjaan taman. Tabel 4.16 memuat pekerjaan persiapan yang ditampilkan sebagai berikut:

Tabel 4.16 Pekerjaan Persiapan

Uraian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Pembersihan Lahan (Pekerjaan Stripping/kosrekan)	258353,00	m2	Rp 6.200	Rp 1.601.788.600
<b>Total</b>				<b>Rp 1.601.788.600</b>

Berikutnya dilakukan perhitungan pekerjaan pembangunan. Pekerjaan pemupukan dan pemberantasan hama diperuntukan untuk kegiatan bioremediasi setiap dilakukan penanaman pertama. Pemberian pupuk kompos dan bakteri dilakukan pada setiap pemberian panen pertama agar bioremediasi logam kromium dapat terjadi. Sedangkan untuk pekerjaan perurugan tanah dilakukan untuk remediasi dengan metode solidifikasi. Seluruh nilai dan biaya mengacu pada kegiatan pengerjaan dan pemeliharaan taman pada Harga Satuan Pokok Kerja (HSPK) Kota Mojokerto tahun 2017. Tabel 4.17 berikut merupakan rincian biaya untuk pekerjaan pembangunan:

Tabel 4.17 Pekerjaan Pembangunan

Uraian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Pemupukan, Pemberantasan Hama	51670,60	m2	Rp 1.000,00	Rp 51.670.600
Pengurugan Tanah Kembali (Solidifikasi)	2431,00	m2	Rp 23.600,00	Rp 57.371.600
<b>Total</b>				<b>Rp 109.042.200</b>

Selanjutnya seluruh biaya yang dibutuhkan akan diakumulasikan dan didapatkan biaya total dari keseluruhan kegiatan remediasi di Kecamatan Jetis ini. Tabel 4.18 merupakan rekapitulasi biaya yang harus dikeluarkan untuk remediasi di Kecamatan Jetis:

Tabel 4.18 Rekapitulasi Biaya yang digunakan

<b>Rencana Anggaran Biaya</b>	<b>Jumlah Harga (Rp)</b>
Kebutuhan Bioremediasi	Rp 30.030.000
Pekerjaan Persiapan	Rp 1.601.788.600
Pekerjaan Pembangunan	Rp 109.042.200
<b>Total</b>	Rp 1.740.860.800

Sehingga setelah dilakukan rekapitulasi, total biaya yang dibutuhkan untuk kegiatan remediasi di Kelurahan Mojolabak, Ngabar dan Pening adalah Rp 1.740.860.800. Biaya ini digunakan untuk jangka waktu satu tahun. Hal ini menyesuaikan dari biaya yang dikeluarkan mengacu pada frekuensi panen jagung di Kecamatan Jetis.

Setelah metode remediasi telah ditentukan dan dirancang. Metode remediasi yaitu bioremediasi dengan Rhizobakteri dan Solidifikasi selanjutnya diterapkan pada Kecamatan yang telah ditentukan. Maka dibuatlah peta penerapan metode remediasi yang telah terpilih di Kecamatan Jetis dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Langkah ini bertujuan untuk mempermudah mengidentifikasi kelurahan mana yang telah dipilih untuk dilakukan remediasi. Serta, jenis remediasi apa yang digunakan pada kelurahan tersebut. Pada peta ini diberikan keterangan berwarna garis lurik jingga pada kelurahan pening untuk menandakan pengaplikasian metode remediasi Solidifikasi/Stabilisasi. Di Kelurahan Mojolebak dan Ngabar diberikan keterangan motif rumput berwarna hijau untuk menandakan rencana penerapan bioremediasi dengan Rhizobakteri dikombinasikan dengan Tanaman Jagung. Pada Gambar 4.19 berikut merupakan peta wilayah Kecamatan Jetis dengan keterangan daerah yang akan di remediasi:





## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

- A. Didapatkan 63 titik sampel yang mewakili seluruh wilayah Kecamatan Jetis. Setiap titik memiliki konsentrasi logam kromium yang berbeda. Konsentrasi terkecil terletak pada titik 43 dengan konsentrasi senilai 2,4167 mg/kg. Sedangkan titik sampel dengan konsentrasi logam berat tertinggi terletak pada titik 32 sejumlah 62,7 mg/kg. Namun, menurut PP 101 Tahun 2014 mengenai “Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun”, Seluruh wilayah dikategorikan pada TK – C yang artinya tercemar dan harus dikelola.
- B. Teori adveksi – dispersi menyatakan bahwa jika kontaminan akan semakin menurun konsentrasinya jika menjauhi sumber yang jumlahnya tidak lebih dari 1. Pada Kecamatan Jetis terdapat beberapa lokasi dimana dengan 1 sumber pencemar, konsentrasi logam kromium terus turun seiring semakin jauh jaraknya dari sumber. Namun terdapat pula beberapa lokasi yang tidak seperti demikian dikarenakan terdapat sumber pencemar lainnya sehingga konsentrasi menjadi fluktuatif.
- C. Terdapat 3 Kelurahan yang akan diprioritaskan untuk dilakukan remediasi yaitu Ngabar, Parning dan Mojolebak. Dengan menggunakan metode Remediasi Bioremediasi dengan Rhizobakteri dan Solidifikasi/Stabilisasi.
- D. Biaya yang dibutuhkan untuk melakukan realisasi metode remediasi adalah Rp Rp 1.740.860.800

#### 5.2 Saran

- A. Untuk modelling tanah, akan lebih baik jika menggunakan menggunakan data primer yaitu data konsentrasi logam kromium di tiap lapisan tanah.
- B. Sebelum menetapkan lokasi dari kegiatan penelitian, sebaiknya terlebih dahulu dipastikan mengenai availibilitas serta prosedur yang berlaku untuk mengajukan izin penelitian.

***“Halaman ini sengaja di kosongkan”***

## DAFTAR PUSTAKA

- Acmedi, A. 2009. **Kajian Beton Mutu Tinggi Menggunakan Slag Sebagai Agregat Halus dan Agregat Kasar Dengan Aplikasi Superplasticizer dan Silicafume**. Semarang: Universitas Diponegoro
- Adji, S. S., Deetje Sunarsih dan Sri Hamda. 2008. "Pencemaran Logam Berat dalam Tanah dan Tanaman serta Upaya Mengurangnya". **Seminar Nasional Kimia XVIII di FMIPA UGM**
- Adhani, R dan Husaini. 2017. **Logam Berat Sekitar Manusia**. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Amzani, F. 2012. **Pencemaran Tanah dan Cara Penanggulangannya**. Lampung: Politeknik Negeri Lampung
- Anda, M. 2012. "Cation Imbalance And Heavy Metal Content Of Seven Indonesian Soils As Affected By Elemental Compositions Of Parent Rocks". *Journal of Geoderma*, 388 – 396.
- Ashraf, M. A., Maah, M. J dan Ismail Y. 2014. "Soil Contamination, Risk Assesment and Remediation". **IntechOpen Journal** 1, 1: 1 – 54
- Asmadi., S. Endro dan Oktavian W. 2009. "Pengurangan Chrom (Cr) Dalam Limbah Cair Industri Kulit Pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali Ca(OH)<sub>2</sub>, Naoh Dan Nahco<sub>3</sub> (Studi Kasus Pt. Trimulyo Kencana Mas Semarang)". **JAI** 5, 1: 41 – 54.
- Apriliani., Laurence, Z., Yuliana dan Zulhendri. 2015. **Makalah Kimia Logam Berat**. Riau: Universitas Riau
- Aubert, H., Pinta, M., 1977. **Trace Element in Soils**. New York: Elsevier Sci. Publ. Co.

- BADANPOMRI. 2010. **Mengenal Logam Beracun**. Jakarta: Percetakan Negara
- Badan Pusat Statistik. 2018. **Kecamatan Jetis Dalam Angka**. Mojokerto: BPS Kabupaten Mojokerto
- Belay, K dan Abi Tadesse. 2014. "Comparison of Digestion Methods for Determination of Pb (II), Cr (VI) and Cd (II) Contents In Some Ethiopia Spices Using Atomic Absorption Spectroscopy". **Journal of Academic Scientific Research** 2, 3: 42 – 53.
- Bismark, M. 2011. "**Prosedur Operasi Standar (Sop) Untuk Keragaman Jenis Pada Kawasan Konservasi Survei**". Bogor: ITTO
- Chaudhry, Q., Blom-Zandstra, M., Gupta, S. K dan Joner, E. 2005. "Utilising the Synergy Between Plants and Rhizosphere Microorganisms to Enhance Breakdown of Organic Pollutants in the Environment". **Environmental Science and Pollution Research – International** 12, 1: 34 -38.
- Endrinaldi. 2009. "Logam – Logam Berat Pencemar Lingkungan dan Efek Terhadap Manusia". **Jurnal Kesehatan Masyarakat** 4,1: 42 – 46
- Erfandi, D dan Ishak J. 2014. **Konservasi Tanah Menghadapi Perubahan Iklim**. : Peneliti Balitbangtan di Balai penelitian tanah
- Eugenio, N. R., McLaughlin, M dan Daniel Penock. 2018. **Soil Pollution, A Hidden Reality**. Roma: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Fasya, A. Ghanaim., Hanapi, A. 2016. **Petunjuk Praktikum Kimia Organik Dasar**. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Gangadhar, Z. S. 2014. "Environmental Impact Assessment on Soil Pollution Issue about Human Health". **International Research Journal of Environment Sciences** 3, 11: 78 – 81.

- Hakim, L., Sismanto dan Siti Fatimah. 2005. Remediasi Tanah Terkontaminasi Logam Berat Krom (Cr) dengan Teknik Remediasi Elektrokinetik. **Jurnal Logika** 2, 2:1 – 13
- Hidayat, B. 2015. “Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat dengan Menggunakan Biochar”. **Jurnal Pertanian Tropik** 2, 1: 31 - 41
- Hilmy, N., Karomi, M. W dan Ridho Rizkiantoro. 2017. **Pengambilan Contoh Tanah dan Penyandraan Profil Tanah**. Jember: Universitas Jember
- Indrihastuti, Dinik. 2016. **Analisis Lahan Kritis dan Arahan Rehabilitasi Lahan Dalam Pengembangan Wilayah Kabupaten Kendal Jawa Tengah**. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Irawanto, R. 2010. “Fitoremediasi Lingkungan dalam Taman Bali” **Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi** 2, 4: 29 -35
- Ishak, M., Apong S. 2012. “Aplikasi Teknologi Tepat Guna Dalam Pengelolaan Lahan Kritis”. **Jurnal Aplikasi Ipteks Untuk Masyarakat** 1, 1: 67-63.
- Khatimah, H. 2006. **Perubahan Konsentrasi Timbal dan Kadmium Akibat Perlakuan Pupuk Organik dalam Sistem Budi Daya Sayuran Organik**. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Komarawidjaja, W. 2017. “Paparan Limbah Cair Industri Mengandung Logam Berat pada Lahan Sawah di Desa Jelegong, Kecamatan Rancaekek, Kabupaten Bandung”. **Jurnal Teknologi Lingkungan** 18, 2: 173 – 181.
- Kosasi, S. 2014. “Sistem Informasi Geografis Pemetaan Tempat Kost Berbasis Web”. **CSRID Journal** 6, 3 : 171 – 181
- Kristianto, S., Wilujeng, S dan Deni Wahyudiarto. 2017. “Analisis Logam Berat Kromium (Cr) Pada Kali Pelayaran Sebagai Bentuk Upaya Penanggulangan

- Pencemaran Lingkungan di Wilayah Sidorajo”. **Jurnal Biota** 3, 2: 66 – 71.
- Laila, N dan Gigih P. “Kesediaan Masyarakat Menerima Kompensasi Dari Pencemaran Limbah B3 di Kabupaten Mojokerto: Contingen Valuation Method”. **Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan** 10, 2: 1-12
- Lantang, F. N. 2014. “Perencanaan Biaya Dengan Menggunakan Perhitungan Biaya Nyata Pada Proyek Perumahan (Studi Kasus Perumahan Green Hill Residence)”. **Jurnal Sipil Teknik** 2,2: 73 – 80
- M, Mukhlis. 2013. **Pemanfaatan ArcGis 9.3 Untuk Memetakan lokasi Lingkungan Universitas Islam Negeri AR-Raniry Darussalam Banda Aceh**. Banda Aceh: STMIK U’Budiyah Indonesia.
- Manurung, M., Setyo, Y., Suandewi, N. R. 2018. “Akumulasi Logam Berat Krom(Cr) Pada Tanaman Kentang ( Solanum Tuberosum L.) Akibat Pemberian Pestisida, Pupuk Organik Dan Kombinasinya”. **Jurnal Kimia** 12, 2:165 - 172
- McKone, T. E. 2009. **Mass Transport within Soils**. California: University of California
- Mirbagheri, S. A. 2004. “Modeling Contaminant Transport In Soil Column And Ground Water Pollution Control”. **International Journal of Environmental Science & Technology** 1, 2:141 - 150
- Mishra, R. K., Mohammad, N., Roychoudhury, N. 2015. “Soil Pollution: Causes, Effects and Control”. **Tropical Forest Research** 3, 1: 1 – 14
- Muslimah. 2015. “Dampak Pencemaran Tanah dan Langkah Pencegahan”. **Jurnal Penelitian** 2, 1: 11 – 21
- Nahadi., Hernani dan Fitri K. 2005. “Biodegradasi Sifat Toksik Logam Berat Krom Dalam Limbah Cair Industri”. **Jurnal Pengajaran MIPA** 6, 2: 63 – 70.

- Nurbanasari, M dan Ramelan A. 2012. "Proses Pelapisan Kromium Pada Pelat Baja Karbon Rendah". **Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke 15**. Yogyakarta, ISBN: 978-979-95620-5-0.
- Nurhakim, K. 2017. **Studi Perubahan Tingkat Lahan Kritis Lingkungan DAS Dengan Metode Pengideraan Jauh (Studi Kasus: Kabupaten Sampang, P. Madura)**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Pramono, A., Rosariastuti, R., Ngadiman dan Irfan D Prijambada. 2013. "Bacterial Cr (VI) Reduction And Its Impact In Bioremediation". **Jurnal Ilmu Lingkungan** 11, 2:120 - 131
- Prasetyo, B. H. 2007. "Perbedaan Sifat-Sifat Tanah Vertisol Dari Berbagai Bahan Induk". **Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia** 9, 1:20 – 31.
- Prayudi, M. 2015. "Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Cr Dengan Tumbuhan Akar Wangi Pada Media Tanah Berkompos". **Jurnal Penelitian Universitas Hasanuddin**: 1 – 24
- Purwanti, J. 2010. "Remediasi Tanah Dengan Menggunakan Tanaman Akumulator Logam Berat Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides L.*)". **Jurnal Balitbang Pertanian Tanah**: 1 – 17.
- Putri Saragih, E. A. 2017. **Pengaruh Perbedaan Jenis Tanah Sebagai Media Tanam Terhadap Produksi Budidaya Tanaman Okra Hijau (*Abelmoschus esculentus (L.) Moench*)**. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- Rahayu, A., S.R, Utami., M.L, Rayes. 2014. "Karakteristik dan Klasifikasi Tanah pada Lahan Kering dan Lahan yang Disawahkan di Kecamatan Perak Kabupaten Jombang". **Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan** 1, 2: 79-87.
- Rosadi, Raissa. 2014. **Remediasi**. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat

- Rosyada, M., Prasetyo, Y., dan Hani'ah. 2015. "Penentuan Tingkat Lahan Kritis Menggunakan Metode Pembobotan dan Algoritma NDVI (Studi Kasus: Sub DAS Garang Hulu)". **Jurnal Geodesi Undip** 4, 1: 85 – 95.
- S.R, Dinana Aprilia., Rahayu, D dan Dwi Retno Ayu. 2015. **Makalah Spectrofotometer Serapan Atom**. Kediri: Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata.
- Said, N. I. 2010. "Metoda Penghilangan Logam Berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni, dan Zn) di Dalam Air Limbah Industri". **JAI** 6, 2: 136 – 148.
- Sari, F. P. 2011. **Sistem Pengelolaan Sampah Dengan Memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG)**. Pontianak: Universitas Tanjungpura
- Sandra, S.A. 2006. **Rehabilitasi Tanah Tercemar Natrium dan Logam Berat melalui Penggunaan Vegetasi, Bahan Organik dan Bakteri**. Bogor: Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Setiadi, T dan Jefree Farhana. 2010. "Pengembangan Aplikasi Untuk Menentukan Daerah Pencemaran Limbah *Home Industry* Berbasis Sistem Informasi Geografis". **Jurnal Informatika** 4, 2: 488 - 495
- Sayin, S., Isik, O., Ozturk, M., Uslu, L H dan Funda Turan. 2012. "Bioavailability of iron speciations and EDTA-iron complexes for *Thalassiosira weissflogii* (Bacillariophyta)". **Journal of Biotechnology** 11, 6: 1523 - 1528
- Siaka, I. M., Sahara, E dan I Gusti Agung Putu Merta Dharmayoga. 2015. "Bioavailabilitas Dan Spesiasi Logam Berat Pb Dan Cd Pada Tanahpertanian Basah Dan Kering Di Daerah Denpasar". **Jurnal Kimia** 9, 1:132 – 138.
- Sudarmaji, M., I.P, Corie. 2006. "Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan". **Jurnal Kesehatan Lingkungan** 2, 2: 129 – 142.

- Suganda, H., Rachman, A. dan Sutono. 2006. **Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya**. Bogor: Balai Besar L itbang Sumberdaya Pertanian.
- Sugandi, D., Somantri, L dan Nanin Trianawati Sugito. 2009. **Sistem Informasi Geografis**. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia
- Sugiharyanto., dan Nurul Khotimah. 2009. **Diktat Mata Kuliah Geografi**. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Suharto. 2017. **Studi Pelapisan Krom Pada Baja Karbon Dengan Variasi Waktu Pencelupan 10, 20, 30, 40, 50 Menit Dan Tegangan 9 Volt Dengan Arus 5 Ampere**. Surakarta: Universitas Muhamaddiyah Surakarta
- Sumartono, A. F. 2011. "Inventarisasi Dan Sebaran Lahan Kritis Di Kabupaten Situbondo". **J-SEP** 5, 1: 12 -22.
- Suryati. 2011. **Analisa Kandungan Logam Berat Pb dan Cu dengan Metode (SSA) Spektrofotometri Serapan Atom Terhadap Ikan Baung (Hemibagrus nemurus) di Sungai Kampar Kanan Desa Muara Takus Kecamatan XIII Koto Kampar Kabupaten Kampar**. Pekanbaru: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Surtinah. 2008. "Waktu Panen Yang Tepat Menentukan Kandungan Gula Biji Jagung Manis (*Zea mays saccharata*)". **Jurnal Ilmiah Pertanian** 4, 2: 1-7
- Susanto, A., Kharis, A dan Tutik Khotimah. 2016. "Sistem Informasi Geografis Pemetaan Lahan Pertanian dan Komoditi Hasil Panen Kabupaten Kudus". **Jurnal Informatika** 10, 2: 1 – 12
- T.S, Susanna., C, Supriyanto. 2007. "Jaminan Mutu Metode F-AAS Pada Analisis Unsur Cu, Cr, dan Zn Dalam Cuplikan Limbah Industri". **Jurnal Pustek Akselerator dan Proses Bahan – BATAN**: 229 – 235.

- Triyono, J dan Kunjung Wahyudi. 2008. “Aplikasi Sistem Informasi Geografi Tingkat Pencemaran Industri di Kabupaten Gresik”. **Jurnal Teknologi** 1, 1: 1 – 8.
- Tufaila, M dan Syamsu Alam. 2014. “Karakteristik Tanah Dan Evaluasi Lahan Untuk Pengembangan Tanaman Padi Sawah Di Kecamatan Oheo Kabupaten Konawe Utara”. **Jurnal Agriplus** 24, 2: 184 – 194.
- Utomo, D. H. 2016. “Morfologi Profil Tanah Vertisol Di Kecamatan Kraton, Kabupaten Pasuruan”. **Jurnal Pendidikan Geografi**, 2: 47 – 57.
- Utomo, M.A dan Endang Widjajanti Laksano. 2007. “Kajian Tentang Proses Solidifikasi/Stabilisasi Logam Berat”. **Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA**.
- Vacha, R. 2017. “Soil Contamination”. **Journal Environ Chem Toxicol** 1, 1: 1-1.
- Verloo, M. 1993. “Chemical aspect of soil pollution”. **ITC-gen publications series**, 4:17-46.
- Wahib A., Tjahyanto, R. T dan Danar Purwonugroho. 2014. “Pengaruh Suhu Pada Ekstraksi Emas dari Limbah RAM (*Random Acces Memory*) Komputer”. **Jurnal Kimia FMIPA** 1, 2: 283 – 289.
- Waskito, S. 2011. **Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah**. Jakarta: PT Agro Media Pustaka
- Widyastuti, E., R. Rosarastuti., J. Syamsiyah. 2003. Pengaruh Macam Bahan Organik Terhadap Kelarutan Dan Kadar Cr Tanaman Jagung (*Zea mays L.*) Di Tanah Entisol Yang Tercemar Limbah Cair Industri Tekstil Batik. **Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Pertanian**: 335 – 350.

- Wicaksono, A dan Sukandar. 2012. "Studi Pemanfaatan Produk Solidifikasi Limbahceramic Ball, Molesieve, Sand Blast & Spent Clay Sebagai Paving Block". **Jurnal Teknik Lingkungan** 1, 18: 1 - 11
- Yahya, M. 2017. "Pemanfaatan Limbah Industri Baja (*Blast Furnace Iron Slag*) Sebagai Bahan Bangunan Studi Kasus: PT Barawaja Makassar". **Jurnal Temu Ilmiah IPLBI**: 1 – 6

***“Halaman ini sengaja di kosongkan”***

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Perhitungan Pembuatan Larutan NaOH dan Penambahan Larutan NaOH

- Pembuatan Larutan NaOH 10 mol/L :  
Massa Jenis Larutan NaOH yang diminta = 10 mol/L

$$\begin{aligned} \text{Massa Jenis Bubuk NaOH} &= 1 \text{ mol}/100 \text{ ml} \\ &= 40 \text{ g/mol} \\ &= 400 \text{ g}/10 \text{ mol} \\ &= 40 \text{ g}/1 \text{ mol} \end{aligned}$$

- Perhitungan :  
Wadah tempat larutan NaOH = 25 ml  
Massa Jenis larutan NaOH = 0,25 mol/25 ml  
= 1 mol/100 ml  
= 10 mol/1L

Jumlah bubuk NaOH yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol} \times X \text{ gram} &= 0,25 \text{ mol} \times 40 \text{ gram} \\ X \text{ gram} &= \frac{0,25 \text{ mol} \times 40 \text{ gram}}{1 \text{ mol}} \\ &= 10 \text{ gram} \end{aligned}$$

Dibutuhkan sebanyak 10 gram bubuk NaOH 40 g/mol untuk membuat larutan NaOH 10 mol/L dalam wadah botol 25 ml.

- Penambahan larutan NaOH 10 mol/L kedalam larutan EDTANa<sub>2</sub> :

Penambahan larutan NaOH sebanyak ± 3,706 ml hingga didapatkan pH larutan EDTANa<sub>2</sub> sebesar 8,02.

## Lampiran 2. Perhitungan Kebutuhan *Aqua regia*

- Pembuatan larutan *Aqua Regia*

Jumlah Sampel yang akan diberi *Aqua Regia* = 159

Jumlah pemberian *Aqua Regia* @ 1 sampel

= 2,5 ml

Jumlah total *Aqua Regia* yang dibutuhkan =

$$159 \times 2,5 \text{ ml} = 397,5 \text{ ml}$$

- Perhitungan :

Perbandingan HCl : HNO<sub>3</sub> = 3 : 1

Jumlah HCl yang dibutuhkan :

$$\frac{397,5 \text{ ml}}{4} = 99,375 \text{ ml}$$

4

$$= 99,375 \text{ ml} \times 3 = 298,125 \text{ ml}$$

Jumlah HNO<sub>3</sub> yang dibutuhkan :

$$\frac{397,5 \text{ ml}}{4} = 99,375 \text{ ml}$$

4

$$= 99,375 \text{ ml} \times 1 = 99,375 \text{ ml}$$

Dibutuhkan sebanyak 298,125 ml HCl dan 99,375 ml HNO<sub>3</sub> untuk membuat larutan *Aqua Regia* yang dibutuhkan untuk kebutuhan ekstraksi.

### Lampiran 3. Perhitungan Konversi konsentrasi

Dikarenakan pada penelitian ini dilakukan uji konsentrasi logam berat kromium pada tanah, sehingga konsentrasi yang sudah didapatkan dalam bentuk mg/L selanjutnya akan diubah dalam bentuk satuan massa yaitu mg/kg dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Konsentrasi} \frac{\text{mg}}{\text{Kg}} = \frac{\text{Konsentrasi} \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times \text{volume (mL)}}{\text{Berat sampel (kg)} \times 1000}$$

Dengan berat sampel untuk pengujian Wet Digestion adalah 2 gram dan 5 gram untuk bioavailabilitas. Lalu kedua sampel tersebut dilarutkan dengan *distilled water* hingga volume mencapai 50 mL

Sehingga berikut merupakan contoh perhitungan pada titik 6:

A) Wet Digestion:

$$\text{Konsentrasi} \frac{\text{mg}}{\text{Kg}} = \frac{0.1717 \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times 50 \text{ (mL)}}{0.002 \text{ (kg)} \times 1000} = 4.292 \frac{\text{mg}}{\text{Kg}}$$

B) Bioavailabilitas:

$$\text{Konsentrasi} \frac{\text{mg}}{\text{Kg}} = \frac{0.05 \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times 50 \text{ (mL)}}{0.005 \text{ (kg)} \times 1000} = 0.5 \frac{\text{mg}}{\text{Kg}}$$

#### Lampiran 4. Prosedur Pengambilan Sampel dan dokumentasi

No	Prosedur	Dokumentasi
1.	Melakukan Pengecekan Lokasi, titik sampel dan koordinat	
2.	Meletakkan alat, dan memasukkannya ke dalam tanah dengan diputar	
3.	Melakukan Pengukuran pH, Kelembaban, Intensitas Cahaya dan suhu dengan menggunakan pH meter.	

No	Prosedur	Dokumentasi
4	Menarik keluar alat dari tanah, lalu mengeluarkan tanah dari alat dengan cara didorong	
5	Sampel diambil dan dimasukkan ke dalam plastic <i>ziplock</i>	
6	Sampel diberikan keterangan waktu dan tanggal pengambilan lalu disimpan	

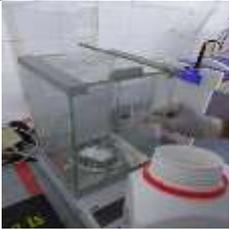
Lampiran 5. Prosedur *wet digestion*

No	Prosedur	Dokumentasi
1.	Menimbang sampel dengan neraca analitik sebanyak 2g	 A photograph of an analytical balance with its lid open, showing the weighing pan and the digital display.
2.	Sampel ditambahkan ke tabung 50 ml dan ditambahkan $HNO_3$ 69% sebanyak 5 ml	 A photograph showing a white 50 ml tube and a white bottle of 69% $HNO_3$ on a laboratory bench.
3.	Sampel didiamkan selama semalam	 A photograph of a stainless steel incubator or digestion block.

No	Prosedur	Dokumentasi
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Setelah didiamkan selama semalam, sampel dipanaskan selama 90 menit pada suhu <math>95^{\circ}\text{C}</math>.</li> <li>○ Sampel didiamkan hingga suhunya menurun pada suhu <math>80^{\circ}\text{C}</math></li> <li>○ Lalu ditambahkan <math>\text{H}_2\text{O}_2</math> sebanyak 2 ml</li> </ul>	
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sampel kembali dipanaskan selama 120 menit pada suhu <math>95^{\circ}\text{C}</math>.</li> <li>○ Sampel didiamkan hingga suhunya menurun pada suhu <math>80^{\circ}\text{C}</math></li> <li>○ Ditambahkan 2.5 ml <i>Aqua regia</i> (<math>\text{HCL}:\text{HNO}_3, 3:1</math>)</li> </ul>	
6	Sampel ditambahkan <i>aquadest</i> sebanyak 10 ml	
7	Sampel selanjutnya di saring dengan menggunakan <i>vacuum pump</i>	

No	Prosedur	Dokumentasi
8	Sampel yang telah disaring selanjutnya ditambahkan <i>aquadest</i> hingga volumenya mencapai 50 ml	
9	Sampel dipindahkan ke tabung <i>centrifuge</i> 50 ml dan didiamkan pada lemari es.	
10	Sampel Disimpan dalam lemari es	

### Lampiran 6. Prosedur Ekstraksi EDTA

No	Prosedur	Dokumentasi
1.	Menimbang Bubuk EDTA	 A photograph showing a person's hands using a spatula to weigh a white powder into a small container on a laboratory scale. A white bucket with a red lid is visible in the background.
2.	Melarutkan Bubuk EDTA	 A photograph showing a person wearing white gloves pouring liquid from a white bottle into a beaker. The beaker is placed on a laboratory bench.
3.	Membuat Larutan NaOH	 A photograph showing a person's hands using a pipette to transfer liquid into a beaker. A blue container is visible in the background.
4	Menambahkan NaOH	 A photograph showing a person's hands using a pipette to add liquid to a beaker. The beaker is placed on a laboratory bench with various glassware and equipment.

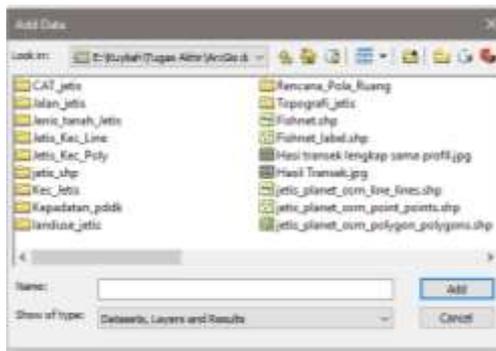
No	Prosedur	Dokumentasi
5	Melakukan Pengecekan pH larutan EDTA	
6	Sampel ditimbang sebanyak 5 gr	
7	Melarutkan sampel dengan EDTA	
8	Sampel digoncang dengan rotator	

No	Prosedur	Dokumentasi
9	Sampel di- <i>centrifuge</i>	
10	Sampel disaring dengan <i>vacuum pump</i>	
11	Sampel Disimpan dalam lemari es	

## Lampiran 7. Prosedur Pembuatan Peta Transek

### A. Menambahkan data *.shp* pada Worksheet Project

Setelah membuka perangkat lunak ArcGIS, lalu menambahkan data *.shp* dengan menggunakan pilihan *Add Data*. Selanjutnya dipilih data *.shp* yang akan digunakan. Pada pembuatan peta Transek kali ini akan menggunakan data spasial jalan, batas wilayah tiap desa, batas wilayah kecamatan dan tata guna lahan. Tampilan pilihan *add data* disajikan pada Gambar 4.2 berikut:



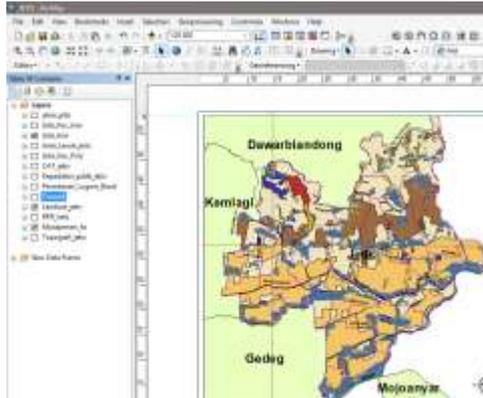
Gambar 7.1 Tampilan Add data pada ArcGIS

### B. Mengatur *Layer*

Berikutnya, pilih layer yang akan digunakan dalam pembuatan peta transek. *Layer* yang dipilih yaitu Batas Kecamatan Jetis untuk mengetahui batas wilayah secara administratif, batas kelurahan untuk mengetahui batas administratif tiap kelurahan, tata guna lahan untuk mengetahui tata kelola penggunaan lahan pada titik *sampling* dan jalan untuk membantu kegiatan *sampling*. Keterangan – keterangan tersebut diberikan tanda dan symbol berbeda untuk mempermudah pembacaan peta. Seperti garis berwarna hijau dan warna – warna pembeda lainnya untuk setiap keterangan kegunaan lahan seperti sawah berwarna kuning, pemukiman berwarna biru dan daerah perindustrian berwarna coklat.

Selanjutnya layer diatur sehingga data yang diinginkan dapat ditampilkan dimulai dari yang teratas

hingga terbawah Berikut merupakan Gambar 4.3 yaitu tampilan *project* setelah ditambahkan data dan layer yang sudah ditentukan:



Gambar 7.2 Tampilan Project setelah layer diatur

### C. Membuat *Layer* Transek

Setelah layer diatur, selanjutnya membuat *layer* transek. Pada pilihan *Table Of Content* dipilih opsi *New*, dan dilanjutkan dengan *Shapefile* pada folder penyimpanan yang sudah terpilih. Berikutnya, *layer* yang baru diberi nama “Transek”. Gambar 4.4 menunjukkan tampilan *Table of Content*:





#### E. *Layouting* dan Penambahan Legenda

Untuk melengkapi peta yang sudah dibuat, selanjutnya akan ditambahkan keterangan – keterangan yang dapat membantu. Pada *toolbar view*, pilih opsi *Layout View* untuk mengubah tampilan dalam bentuk siap cetak. Keterangan – Keterangan yang ditambahkan adalah sebagai berikut:

- Judul peta dan identitas instansi yang mengeluarkan peta tersebut. Pada *project* ini digunakan nama “Peta Transek Kecamatan Jetis” dengan identitas instansi yang menerbitkan adalah Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Nama drafter, yaitu nama pembuat peta.
- Legenda, pada *toolbar insert* pilih opsi *Legend* untuk menambahkan legenda yang dibutuhkan. Seperti keterangan warna dari tiap tata guna lahan.
- *Scale*, untuk menentukan skala
- *North Arrow* untuk menambahkan Gambar arah mata angin.
- Keterangan koordinat, dengan menggunakan opsi *properties* pada *project*. Kemudian pilih opsi *grids* lalu *Gaticule*.
- *Inset*, yaitu posisi dari Kecamatan Jetis pada wilayah administrasi Kabupaten Mojokerto

Gambar 4.6 merupakan Gambar dari Peta Kecamatan Jetis dengan transek 1 x 1 km:

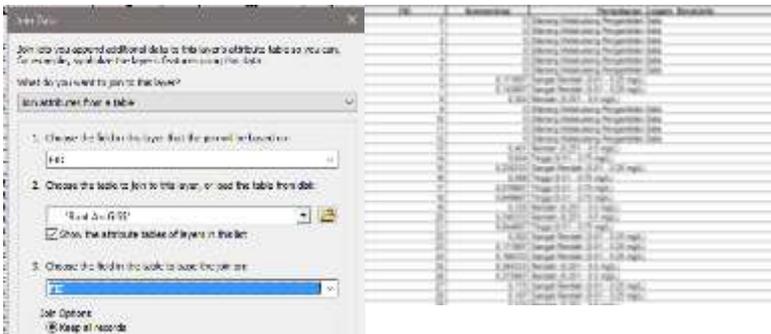
## Lampiran 8. Prosedur Pembuatan Peta Persebaran Kromium

### A. Melakukan *Export Map*

Setelah *project* transek ArcGIS telah dibuka, pilih opsi *export data* pada *layer* “Transek” untuk menduplikat *layer* dan untuk melanjutkan *editing*. Selanjutnya pilih *folder* lokasi yang diinginkan dan beri nama “Persebaran Logam Berat”.

### B. Mengkoneksikan *layer* dengan data *excel*

Pada *layer* “persebaran logam berat”, pilih opsi *open attribute table*. Setelah *window attribute table* sudah muncul, pilih opsi *join and relate* dan pilih opsi *Join*. Selanjutnya, akan muncul *window join* dan pilih Tabel yang akan di koneksi dan input data *excel* beserta *sheet* yang memiliki data konsentrasi logam berat. Gambar 4.12 merupakan Gambar opsi *join*:



Gambar 7.5 Opsi *join* pada ArcGIS & data yang terkoneksi

### C. Memberikan keterangan konsentrasi

Setelah data sudah terkoneksi, selanjutnya pilih opsi *select by attribute*, lalu pilih Tabel yang akan dijadikan acuan yaitu “konsentrasi” lalu diberikan keterangan pada opsi *field calculator*. Berikut merupakan ketentuan yang ditulis:

- Nilai konsentrasi tidak dicantumkan mengartikan pada titik tersebut tidak boleh dilakukan pengambilan sampel.
- Konsentrasi bernilai 0 mg/kg hingga 5 mg/kg mengartikan pada lokasi tersebut konsentrasi logam kromium sangat rendah.
- Konsentrasi bernilai 5 mg/kg hingga 10 mg/kg mengartikan pada lokasi tersebut konsentrasi logam kromium rendah.
- Konsentrasi bernilai 10 mg/kg hingga 20 mg/kg mengartikan pada lokasi tersebut konsentrasi logam kromium tinggi.
- Konsentrasi bernilai lebih dari 20 mg/kg mengartikan pada lokasi tersebut konsentrasi logam kromium sangat tinggi.

#### D. Memberikan keterangan warna dan Layouting

Selanjutnya setelah sudah diberikan keterangan, setiap keterangan diberikan warna pembeda yaitu merah untuk konsentrasi sangat tinggi, jingga pekat untuk konsentrasi tinggi, jingga pudar untuk konsentrasi rendah dan kuning pudar untuk konsentrasi sangat rendah serta abu - abu untuk keterangan bahwa pada titik tersebut tidak boleh melakukan pengambilan sampel.

Untuk melengkapi peta yang sudah dibuat, selanjutnya akan ditambahkan keterangan – keterangan yang dapat membantu. Pada *toolbar view*, pilih opsi *Layout View* untuk mengubah tampilan dalam bentuk siap cetak. Keterangan – Keterangan yang ditambahkan adalah sebagai berikut:

- Judul peta dan identitas instansi yang mengeluarkan peta tersebut. Pada *project* ini digunakan nama “Peta Persebaran Logam Kromium pada Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto” dengan identitas instansi yang menerbitkan adalah Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Nama drafter, yaitu nama pembuat peta.
- Legenda, pada *toolbar insert* pilih opsi *Legend* untuk menambahkan legenda yang dibutuhkan. Seperti

keterangan warna dari tiap konsentrasi logam kromium pada tiap transek.

- *Scale*, untuk menentukan skala
- *North Arrow* untuk menambahkan Gambar arah mata angin.
- Keterangan koordinat, dengan menggunakan opsi *properties* pada *project*. Kemudian pilih opsi *grids* lalu *Graticule*.
- *Inset*, yaitu posisi dari Kecamatan Jetis pada wilayah administrasi Kabupaten Mojokerto

## BIODATA PENULIS



**Fitriandika Nugraha**, Lahir di Pontianak 9 Februari 1997. Penulis merupakan mahasiswa Program Sarjana Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Anak terakhir dari 3 bersaudara ini berkesempatan mengenyam pendidikan Sekolah Dasar di Sekolah Alam Indonesia (2003 – 2009), SMPN 41 Jakarta (2009 – 2012) dan SMAN 38 Jakarta (2012 – 2015).

Selama menggeluti dunia perkuliahan, penulis memiliki ketertarikan terhadap kegiatan manajerial dan pengabdian masyarakat. Penulis berkesempatan untuk berkontribusi pada beberapa organisasi seperti Staff dan Kepala Divisi Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) Staff Departemen Sosial Masyarakat Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (BEM FTSP), Pemandu ITS dan Staff Divisi Hubungan Luar Pengurus Besar Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia (PB IMTLI).

Pada tahun 2018 penulis melaksanakan kegiatan Kerja Praktik di Pertamina EP Jatibarang Field Asset 3 di bagian Health, Safety, Security and Environmental (HSSE). Berikutnya, Tahun 2019 penulis juga mendapat kesempatan untuk melaksanakan kegiatan laboratorium untuk kebutuhan tugas akhir di Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM). Untuk informasi lebih lanjut penulis dapat dihubungi melalui surat elektronik di [fitriandikan@gmail.com](mailto:fitriandikan@gmail.com).





PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN - ITS  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-8961885, Fax: 031-8928387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE141681 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02  
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing  
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal Selasa, 2 Juli 2019  
Pukul : 07:30 - 09:30  
Lokasi : TL 105  
Judul : Kajian Spesial Untuk Penentuan Metode Remediasi Tanah Tercemar Kromium (Cr) Di Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto

Nilai TOEFL 500

Nama : Finandika Nugraha  
NRP. : 0321154000041  
Topik : Remediasi (Penelitian Lapangan)

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
24	Sedapat mungkin perbaiki & buat material 2 halaman sly tdk bersambung
29	6hr s 2 tdk jelas tdk bisa aja halaman kosong selain akhir bab. Pembaca tdk kerna dlm ngly. → ceritakan dan bte masalah
34	pelajaran perisap → bisa sumbernya Bagaimana mekanisme fitoremediasi Cr. Bagaimana mekanisme manlyon Cr ke dlm tanah } dijelaskan

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Bleby Voijant Tangahu, ST, MT, PhD





PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMAH-ITS  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-8948886, Fax: 031-8926387

KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2018/2019

Kode/SKS : RE184804 (016/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02  
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing  
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Nilai TOEFL : 500

Hari, tanggal : Jumat, 10 Mei 2019  
Pukul : 14.00  
Lokasi : TL 101  
Judul : Kajian Spesial Untuk Penelitian Metode Remediasi Tanah Tercemar Kroman Di Kecamatan Jeda, Kabupaten Mojokerto  
Nama : Fitriandika Nugraha  
NRP. : 0321154000041  
Topik : Penelitian Lapangan

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir
	<p>Sarvan konsentrasi Cr dlm tanah → diubah mg/l menjadi mg/kg. Mekanisme dispersi gas pencemar dlm tanah diberi teori ringan. Data outlier dihilangkan</p> <p><i>[Signature]</i> 27/05/2019</p>

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana  
umum ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing  
umum dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing  
Bibiy Vujant Tangahu, ST, MT, PhD





**FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR**

Nama : Filianita Nugraha  
NRP : 0221040220041  
Judul Tugas Akhir : Kajian spasial defek anemia Malaria Remediasi Tanah beracun  
Kawasan Cc-1 di Kecamatan Jati, Kabupaten Musi Rawas

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1)	Perbaikan format: - Ukuran gambar - ukuran sumber - Renggang antar huruf - format label Pengantar - Renggang antar baris	Sudah diperbaiki
2)	Perbaikan pembahasan: - Renggang antar baris - Tambahkan mekanisme polusi - Penambahan teori - Penambahan Referensi	Sudah ditambahkan
3)	Penambahan Ironisan Air Tanah - Mekanisme remediasi - Mekanisme Penyerapan Logam Berat - Teori Mutu Tanah	Sudah ditambahkan
4)	Perbaikan RAB • Bersihkan angka dan format • Bersihkan deskripsi • Bersihkan Persentase	Sudah diperbaiki

Dosen Pembimbing,

Bekti Verawati, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 191 10210 199103 2 001

Mahasiswa Ybs.,

Filianita Nugraha

0221040220041





**KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR**

Nama : Fidrianna Ningsih  
NRP : 02212000011  
Judul : Analisa Spasi untuk Perumahan Melayu Sempadan Sungai Tesso C. di Kecamatan Tolo Kabupaten Maros

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	10 April 2019	Mengulas - Surat Perizinan permohonan Sempadan Sungai - Surat Perizinan Sempadan Sungai - P401 Pembahasan Meeting I	
2	16 April 2019	Mengulas Meeting II - Mengulas hasil survey lapangan - Mula Perencanaan Sempadan Sungai - Menentukan Lokasi -> kriteria pemilihan Sempadan - Menentukan Perencanaan Sempadan	
3	22 April 2019	- Menentukan perbandingan - Perencanaan layout Sempadan - Menentukan Kelayakan Perencanaan Sempadan	
4	24 April 2019	- Sempadan Sempadan Sempadan Sempadan - Pembahasan Sempadan Sempadan Sempadan	
5	25 April 2019	- Pembahasan Sempadan Sempadan Sempadan - Pembahasan Sempadan Sempadan	
6	27 April 2019	Sempadan Sempadan Meeting III - Pembahasan Sempadan Sempadan Sempadan - Pembahasan Sempadan Sempadan Sempadan	
7	28 April 2019	- Pembahasan Sempadan Sempadan Sempadan - Pembahasan Sempadan Sempadan Sempadan	
8	29 April 2019	- Pembahasan Meeting IV - Pembahasan Sempadan Sempadan Sempadan	

Surabaya, 01 Mei 2019  
Dosen Pembimbing

Sety, 012019 Tanggal 01 Mei 2019





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Fitriandika Nugraha  
NRP : 0321154000041  
Judul : Kajian Spasial Untuk Penentuan Metode Remediasi Tanah Tercemar Kromium  
Di Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	29 Maret 2019	<ul style="list-style-type: none"><li>• Presentasi Tugas Akhir dan dilanjutkan Diskusi:<ul style="list-style-type: none"><li>- Penambahan <i>Replicate</i> hingga 3 buah untuk setiap sampel. Untuk <i>Statistic Analytical Reading</i>.</li><li>- Pengenalan <i>Statistic Analytical Reading</i>.</li></ul></li></ul>	

Bangi, 16 April 2019  
Dosen Pembimbing (PIC)

PROF. IR. DR. SITI ROZAIMAH SHEIKH ABDULLAH  
Professor VET (20)  
Department of Technical and Process Engineering  
Faculty of Engineering and Built Environment  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan

Prof. Ir. Dr. Siti Rozaimah Sheikh Abdullah





**LOGBOOK KEGIATAN TUGAS AKHIR DI UKM**

Nama : Fitriandika Nugraha  
NRP : 0321154000041  
Judul : Kajian Spasial Untuk Penentuan Metode Remediasi Tanah Tercemar Kromium Di Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	27 Maret 2019	<ul style="list-style-type: none"><li>Briefing untuk Kerja Laboratorium (<i>Laboratorium Experiment</i>)</li><li>Penyampaian SOP, Jam Kerja dan Pengenalan Alat.</li></ul>	✓
2.	28 Maret 2019	<ul style="list-style-type: none"><li>Kerja Laboratorium (<i>Laboratorium Experiment</i>)<ul style="list-style-type: none"><li>Menimbang Sampel untuk Running 1</li></ul></li></ul>	✓
3.	29 Maret 2019	<ul style="list-style-type: none"><li>Kerja Laboratorium (<i>Laboratorium Experiment</i>)<ul style="list-style-type: none"><li>Ekstraksi Sampel (<i>Sample Extraction</i>) Running 1 untuk penentuan konsentrasi logam berat</li></ul></li><li>Presentasi Tugas Akhir kepada Prof. Ir. Dr. Siti Rozhaimah.</li></ul>	✓
4.	1 April 2019	<ul style="list-style-type: none"><li>Kerja Laboratorium (<i>Laboratorium Experiment</i>)<ul style="list-style-type: none"><li>Menimbang Sampel Untuk Running 2.</li></ul></li><li>Kelas Instrumentasi Kimia oleh Dr. Noorashikin<ul style="list-style-type: none"><li>Praktikum Analisis HPLC</li></ul></li></ul>	✓
5.	2 April 2019	<ul style="list-style-type: none"><li>Kerja Laboratorium (<i>Laboratorium Experiment</i>)<ul style="list-style-type: none"><li>Ekstraksi Sampel (<i>Sample Extraction</i>) Running 2 untuk penentuan konsentrasi logam berat.</li></ul></li></ul>	✓
6.	3 April 2019	<ul style="list-style-type: none"><li>Kerja Laboratorium (<i>Laboratorium Experiment</i>)<ul style="list-style-type: none"><li>Menimbang Sampel Untuk Running 3.</li></ul></li><li>Menyaksikan presentasi <i>Final Year Design Project (FYDP)</i> mahasiswa UKM</li></ul>	✓
7.	4 April 2019	<ul style="list-style-type: none"><li>Kerja Laboratorium (<i>Laboratorium Experiment</i>)<ul style="list-style-type: none"><li>Ekstraksi Sampel (<i>Sample Extraction</i>) Running 3 untuk penentuan konsentrasi logam berat.</li></ul></li></ul>	✓
8.	5 April 2019	<ul style="list-style-type: none"><li>Kerja Laboratorium (<i>Laboratorium Experiment</i>)<ul style="list-style-type: none"><li>Melanjutkan Ekstraksi Sampel (<i>Sample Extraction</i>) Running 3 untuk penentuan konsentrasi logam berat.</li><li>Analisis Sampel (<i>Sample Analysis</i>) untuk kandungan logam berat (<i>Heavy Metal</i>) Cr (Kromium / <i>Chromium</i>) dengan Metode AAS (<i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i>)</li></ul></li></ul>	✓
9.	8 April 2019	<ul style="list-style-type: none"><li>Kerja Laboratorium (<i>Laboratorium Experiment</i>)<ul style="list-style-type: none"><li>Menimbang Sampel Untuk Running 4.</li><li>Analisis Sampel (<i>Sample Analysis</i>) untuk kandungan logam berat (<i>Heavy Metal</i>) Cr (Kromium / <i>Chromium</i>) dengan Metode AAS (<i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i>)</li></ul></li></ul>	✓



No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
10.	9 April 2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kerja Laboratorium (<i>Laboratorium Experiment</i>)               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Ekstraksi Sampel (<i>Sample Extraction</i>) Running 4 untuk penentuan konsentrasi logam berat.</li> <li>➢ Menimbang Sampel Untuk Running 5 (<i>Final</i>).</li> </ul> </li> </ul>	λ
11.	10 April 2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kerja Laboratorium (<i>Laboratorium Experiment</i>)               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Melanjutkan Ekstraksi Sampel (<i>Sample Extraction</i>) Running 4 untuk penentuan konsentrasi logam berat.</li> <li>➢ Ekstraksi Sampel (<i>Sample Extraction</i>) Running 5 untuk penentuan konsentrasi logam berat.</li> </ul> </li> </ul>	λ
12.	11 April 2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kerja Laboratorium (<i>Laboratorium Experiment</i>)               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Analisis Sampel (<i>Sample Analysis</i>) untuk kandungan logam berat (<i>Heavy Metal</i>) Cr (<i>Kromium / Chromium</i>) dengan Metode AAS (<i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i>)</li> </ul> </li> </ul>	λ

Bangi, ..... 14 April 2019  
 Pembimbing (PIC)



Dr. Nur 'Izzati Ismail