

## **TUGAS AKHIR**

**ANALISIS DAN PEMETAAN KARAKTERISTIK TANAH, KANDUNGAN  
KADMIUM (Cd) DAN *TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON* PADA  
TANAH TERCEMAR OLEH KEGIATAN PERBENGGKELAN DI PT. X**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Drajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



**RIZKA ALYA FAIZATY  
14513016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2021**

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS DAN PEMETAAN KARAKTERISTIK TANAH, KADMIUM**  
**(Cd) DAN *TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON* PADA TANAH**  
**TERCEMAR OLEH KEGIATAN PERBENGGKELAN DI PT. X**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan**  
**Memperoleh Drajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



**Disusun Oleh:**

**Rizka Alya Faizaty**  
**14513016**

Disetujui,

Dosen Pembimbing:

  
**Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.**

**NIK. 025100407**

Tanggal : 25 Agustus 2021

  
**Dewi Wulanda, S.Hut., M.Agr., Ph.D.**

**NIK. 185130401**

Tanggal : 25 Agustus 2021

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan



**Eko Siswono, S.T., M.Sc.ES.,Ph.D.**

**NIK. 025100406**

Tanggal : 25 Agustus 2021

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**ANALISIS DAN PEMETAAN KARAKTERISTIK TANAH, KANDUNGAN**  
**KADMIUM (Cd) DAN *TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON* PADA**  
**TANAH TERCEMAR OLEH KEGIATAN PERBENGGKELAN DI PT. X**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Rabu

Tanggal : 25 Agustus 2021

Disusun Oleh:

**RIZKA ALYA FAIZATY**  
**14513016**

Tim Penguji:

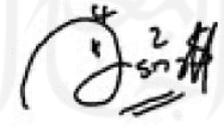
Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.

(  )

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D

(  )

Luthfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc.

(  )

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* computer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, Agustus 2021

Yang membuat pernyataan,



Rizka Alya Faizaty

NIM: 14513016

## PRAKATA

### *Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

*Alhamdulillahirobbil Alamin*, puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat merampungkan Tugas Akhir Skripsi dengan judul: **“ANALISIS DAN PEMETAAN KARAKTERISTIK TANAH, KADMIUM (Cd) DAN TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON PADA TANAH TERCEMAR OLEH KEGIATAN PERBENGKELAN DI PT. X”**. Adapun maksud dari penyusunan Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik yang wajib dilaksanakan untuk mendapat gelar Sarjana Teknik bagi Mahasiswa Program S1 Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu dalam proses penyusunan proposal, diantaranya:

1. Allah SWT yang selalu memberikan kemudahan dalam menjalani dan menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Nabi Muhammad Saw sebagai tauladan dan panutan bagi seluruh umat.
3. Kedua orang tua dan adik penulis atas semua dukungan, motivasi, serta doa yang selalu diberikan kepada penulis agar dapat menyelesaikan tugas akhir.
4. Keluarga besar penulis yang tidak pernah berhenti mendoakan, memberi nasihat selama proses tugas akhir.
5. Bapak Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T. dan Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D selaku dosen pembimbing 1 dan 2 yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama penyusunan tugas akhir.
6. Ibu Luthfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc. selaku dosen penguji atas arahan dan saran yang membangun sehingga terselesaikannya tugas akhir.
7. Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2014 dan pihak-pihak terkait yang telah bekerjasama memberikan masukan, saran, dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.

Penulis berdoa semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dan diberikan keberkahan. Penulis sangat menerima saran dan masukkan yang membangun untuk menyempurnakan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga proposal tugas akhir ini dapat ditindaklanjuti dan bermanfaat bagi siapapun yang membutuhkan.

Yogyakarta, 2021

Penulis

## ABSTRAK

RIZKA ALYA FAIZATY. ANALISIS DAN PEMETAAN KARAKTERISTIK TANAH, KADMIUM (Cd) DAN *TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON* PADA TANAH TERCEMAR OLEH KEGIATAN PERBENGGKELAN DI PT. X.

Dibimbing oleh Dr. Andik Yulianto S.T., M.T.dan Dewi Wulandari, S.Hut.,  
M.Agr., Ph.D.

PT. X merupakan Unit Pelaksana Teknis (UPT) yang menjadi tempat perawatan sarana perkeretaapian seperti lokomotif, gerbong, dan sarana lainnya menjalani perawatan, perbaikan, serta modifikasi. PT. X menghasilkan limbah salah satunya adalah tumpahan minyak diantaranya adalah oli bekas pada tanah, yang keberadaannya dapat menghambat produktivitas tanah, merubah struktur tanah, karakteristik tanah, dan fungsi tanah. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memetakan karakteristik tanah, kandungan Kadmium (Cd) serta Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) pada tanah di PT.X dan merencanakan penanganan tanah tercemar menggunakan Bioremediasi.

Tahap awal dari penelitian ini yaitu menentukan titik kemungkinan pencemaran pada tanah yang dijadikan sampel. Setelah itu dilakukan analisa pada sampel dengan parameter suhu, pH, kadar air, kandungan logam berat Kadmium (Cd), dan kandungan TPH. Data yang diperoleh dianalisa dan digambarkan melalui peta. Kemudian dilakukan perencanaan penanganan menggunakan Bioremediasi.

Hasil penelitian menunjukkan karakteristik tanah di PT.X, suhu tanah berkisar pada 26 – 33 °C; pH tanah berkisar pada 4,8 – 6,3; kadar air tanah berkisar pada 1,5 – 10 %; kandungan logam berat Kadmium (Cd) berkisar 0,02 – 1,09 ppm; kandungan TPH berkisar 800.000 – 4.700.000 ppm.

Kata Kunci: Oli bekas, Total Petroleum Hydrocarbon, Logam berat, Kadmium, Bioremediasi.

## ABSTRACT

RIZKA ALYA FAIZATY. ANALYSIS AND MAPPING OF SOIL CHARACTERISTICS, CADMIUM (Cd), AND TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON IN CONTAMINATED SOIL BY WORKSHOP ACTIVITIES AT PT. X. Supervised by Dr. Andik Yulianto S.T., M.T. and Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

PT. X is a Technical Implementation Unit (UPT) which is a place for maintenance of railway facilities such as locomotives, carriages, and other facilities to undergo maintenance, repair, and modification. PT. X produces one of which is oil spills, including traces on the ground, which can hamper soil productivity, change soil structure, characteristics, and soil functions. The purpose of this study was to determine the properties of the soil, the content of Cadmium (Cd), and Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) in the soil at PT.X and to plan the handling of contaminated soil using Bioremediation.

The initial stage of this research is to determine the possible point of contamination in the sampled soil. After analyzing the samples with parameters of temperature, pH, water content, the heavy metal content of Cadmium (Cd), and TPH content. The data obtained were analyzed and described through a map. Then carried out a treatment plan using Bioremediation.

The results of the research on soil characteristics at PT.X showed that the soil temperature ranged from 26 – 33 oC; Soil pH ranges from 4.8 – 6.3; soil water content ranges from 1.5 – 10%; heavy metal content Cadmium (Cd) ranged from 0.02 to 1.09 ppm; TPH content ranges from 800,000 to 4,700,000 ppm.

Keywords: Used oil, Total Petroleum Hydrocarbon, Heavy metal, Cadmium, Bioremediation.

## DAFTAR ISI

PRAKATA .....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	2
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	3
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 PT. X .....	5
2.2 Tanah .....	6
2.2 Oli .....	8
2.3 Kadmium (Cd) .....	10
2.3 <i>Total Petroleum Hydrocarbon</i> (TPH) .....	12
2.5 Penelitian Terdahulu .....	13
2.6 Hipotesis .....	15

BAB III.....	17
METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Tahapan Penelitan .....	17
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	18
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	21
3.2.1 Alat.....	21
3.2.2 Bahan.....	22
3.4 Metode Pengumpulan Data .....	22
3.4.1 Sampling Tanah .....	22
3.5 Metode Analisis Data .....	24
3.5.1 Analisa Data.....	24
3.5.2 Pengolahan Analisa Data.....	26
BAB IV .....	27
HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA .....	27
4.1 Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian.....	27
4.2 Kondisi Tanah .....	40
4.2.1 Suhu.....	41
4.2.2 pH.....	45
4.2.3 Kadar Air .....	49
4.2.4 Logam Berat .....	52
4.2.5 <i>Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)</i> .....	55
4.3 Perencanaan Bioremediasi dengan Teknik Landfarming .....	57
4.3.1 Perbandingan Kondisi Tanah di PT. X.....	61
BAB V.....	92
KESIMPULAN DAN SARAN .....	92

5.1 Kesimpulan .....	92
5.2 Saran .....	92
DAFTAR PUSATAKA .....	94
LAMPIRAN .....	98

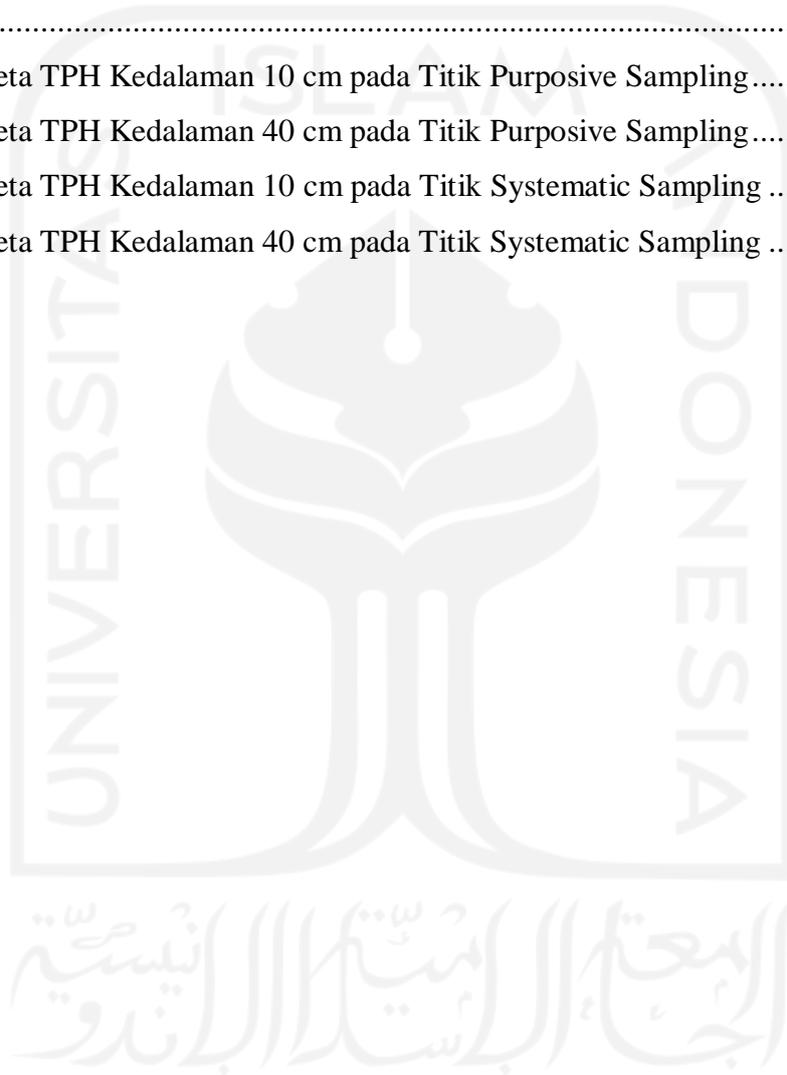


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Diagram Alir Penelitian .....	17
Gambar 2 Peta Lokasi dan Titik Sampel di PT. X.....	19
Gambar 3 Peta Sumber Pencemar dan Titik Sampling .....	34
Gambar 4 Lokasi pengumpulan limbah B3 (Sumber Pencemar 1) .....	35
Gambar 5 Lokasi Pencucian Lokomotif (Sumber Pencemar 2) .....	35
Gambar 6 Lokasi Pencucian dan Perawatan (Sumber Pencemar 3) .....	36
Gambar 7 Kemungkinan Pencemaran di sekitar Sumber Pencemar 1 .....	36
Gambar 8 Kemungkinan Pencemaran di sekitar Sumber Pencemar 2 .....	37
Gambar 9 Kemungkinan Pencemaran di sekitar lokasi Sumber Pencemar 3 .....	37
Gambar 10 Tangki / drum pengolahan minyak pada sumber pencemar 1 .....	38
Gambar 11 Tangki / drum pengolahan minyak pada sumber pencemar 2.....	38
Gambar 12 Tangki / drum pengolahan minyak pada sumber pencemar 3.....	39
Gambar 13 Pengujian awal dengan kertas minyak.....	40
Gambar 14 Grafik Suhu pada Sampel Tanah Purposive Sampling .....	41
Gambar 15 Grafik Suhu pada Sampel Tanah Systematic Sampling .....	41
Gambar 16 Kondisi Tanah pada Titik Purposive Sampling.....	43
Gambar 17 Kondisi Tanah pada Titik Systematic Sampling atau Titik V.....	43
Gambar 18 Kondisi Tanah pada Titik Systematic Sampling atau Titik U .....	44
Gambar 19 Kondisi Tanah Titik Systematic Sampling atau Titik S .....	44
Gambar 20 Perbedaan warna tanah pada kedalaman 10 dan 40 cm.....	45
Gambar 21 Grafik pH pada Sampel Tanah Purposive Sampling Kedalaman 10 cm .....	46
Gambar 22 Grafik pH pada Sampel Tanah Purposive Sampling Kedalaman 40 cm .....	46
Gambar 23 Grafik pH pada Sampel Tanah Systematic Sampling Kedalaman 10 cm .....	47
Gambar 24 Grafik pH pada Sampel Tanah Systematic Sampling Kedalaman 40 cm .....	47

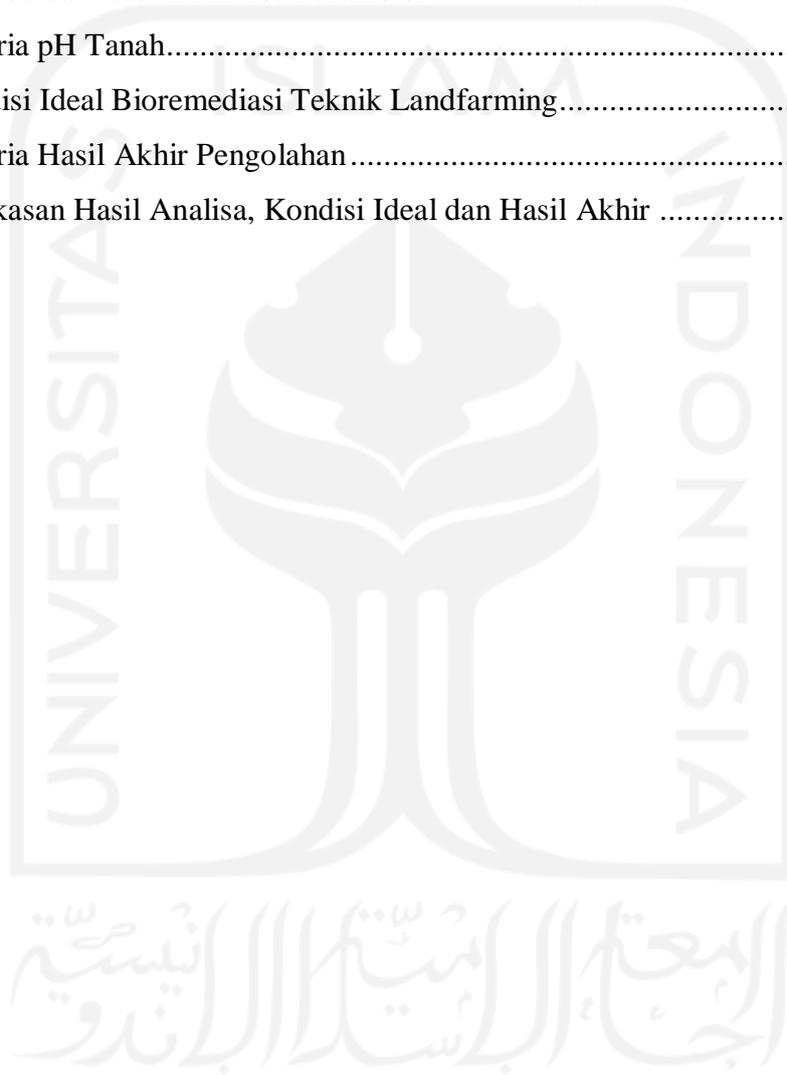
Gambar 25 Grafik Kadar Air pada Sampel Tanah Purposive Sampling .....	49
Gambar 26 Grafik Kadar Air pada Sampel Tanah Systematic Sampling .....	50
Gambar 27 Kondisi Permukaan Tanah pada Titik Purposive Sampling .....	51
Gambar 28 Koneksi Permukaan Tanah pada Titik Systematic Sampling .....	51
Gambar 29 Grafik Logam Berat pada Sampel Tanah Purposive Sampling.....	52
Gambar 30 Grafik Logam Berat pada Sampel Tanah Systematic Sampling .....	53
Gambar 31 Grafik TPH pada Sampel Tanah Purposive Sampling.....	55
Gambar 32 Grafik TPH pada Sampel Tanah Systematic Sampling .....	55
Gambar 33 Konsentrasi TPH pada 5 gram tanah pada Purposive Sampling .....	56
Gambar 34 Konsentrasi TPH pada 5 gram tanah pada Systematic Sampling.....	57
Gambar 35 Peta Suhu Kedalaman 10 cm pada Titik Purposive Sampling .....	63
Gambar 36 Peta Suhu Kedalaman 40 cm pada Titik Purposive Sampling .....	64
Gambar 37 Peta Suhu Kedalaman 10 cm pada Titik Systematic Sampling.....	65
Gambar 38 Peta Suhu Kedalaman 40 cm pada Titik Systematic Sampling.....	66
Gambar 39 Peta pH Aktual Kedalaman 10 cm pada Titik Purposive Sampling ...	68
Gambar 40 Peta pH Aktual Kedalaman 40 cm pada Titik Purposive Sampling ..	69
Gambar 41 Peta pH Aktual Kedalaman 10 cm pada Titik Systematic Sampling .	70
Gambar 42 Peta pH Aktual Kedalaman 40 cm pada Titik Systematic Sampling	71
Gambar 43 Peta pH Potensial Kedalaman 10 cm pada Titik Purposive Sampling	72
Gambar 44 Peta pH Potensial Kedalaman 40 cm pada Titik Purposive Sampling .....	73
Gambar 45 Peta pH Potensial Kedalaman 10 cm pada Titik Systematic Sampling .....	74
Gambar 46 Peta pH Potensial Kedalaman 40 cm pada Titik Systematic Sampling .....	75
Gambar 47 Peta Kadar Air Kedalaman 10 cm pada Titik Purposive Sampling ...	77
Gambar 48 Peta Kadar Air Kedalaman 40 cm pada Titik Purposive Sampling ...	78
Gambar 49 Peta Kadar Air Kedalaman 10 cm pada Titik Systematic Sampling ..	79
Gambar 50 Peta Kadar Air Kedalaman 40 cm pada Titik Systematic Sampling ..	80
Gambar 51 Peta Logam Berat Cd Kedalaman 10 cm pada Titik Purposive Sampling .....	82

Gambar 52 Peta Logam Berat Cd Kedalaman 40 cm pada Titik Purposive Sampling .....	83
Gambar 53 Peta Logam Berat Cd Kedalaman 10 cm pada Titik Systematic Sampling.....	84
Gambar 54 Peta Logam Berat Cd Kedalaman 40 cm pada Titik Systematic Sampling.....	85
Gambar 55 Peta TPH Kedalaman 10 cm pada Titik Purposive Sampling.....	87
Gambar 56 Peta TPH Kedalaman 40 cm pada Titik Purposive Sampling.....	88
Gambar 57 Peta TPH Kedalaman 10 cm pada Titik Systematic Sampling .....	89
Gambar 58 Peta TPH Kedalaman 40 cm pada Titik Systematic Sampling .....	90



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. Sifat Fisik Kadmium (Cd) .....	11
Tabel 3. Penelitian Terdahulu.....	13
Tabel 4. Metode dan Acuan Analisa Parameter .....	24
Tabel 5 Kriteria pH Tanah.....	48
Tabel 6 Kondisi Ideal Bioremediasi Teknik Landfarming.....	60
Tabel 7 Kriteria Hasil Akhir Pengolahan.....	61
Tabel 8 Ringkasan Hasil Analisa, Kondisi Ideal dan Hasil Akhir .....	91



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

PT. X merupakan Unit Pelaksana Teknis (UPT) yang menjadi tempat perawatan sarana perkeretaapian seperti lokomotif, gerbong, dan sarana lainnya menjalani perawatan, perbaikan, serta modifikasi. PT. X menjadi salah satu tempat perbengkelan yang besar di Yogyakarta. Dalam sebulan PT. X setidaknya melayani sekitar 10-12 lokomotif untuk tindakan perawatan dan perbaikan. Tindakan perawatan dan perbaikan di PT. X menghasilkan limbah salah satunya adalah limbah minyak diantaranya adalah oli bekas yang digunakan untuk pelumas mesin diesel dari lokomotif. Dari tindakan tersebut menimbulkan banyak ceceran limbah minyak di area perawatan dan perbaikan lokomotif di PT. X. Banyaknya tanah terbuka di area perawatan dan perbaikan menimbulkan kekhawatiran tanah tersebut tercemari oleh limbah minyak diantaranya adalah oli bekas.

Oli merupakan salah satu hasil olahan minyak yang keberadaannya dapat menghambat produktivitas tanah, merubah struktur tanah, karakteristik tanah, dan fungsi tanah. Oli merupakan campuran dari hidrokarbon kental ditambah berbagai bahan kimia aditif. Oli bekas sendiri mengandung komponen logam berat seperti Besi (Fe); Cadmium (Cd), Timbal (Pb), *Polychlorinated Biphenyls* (PCBs), dan *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (PAHs), komponen-komponen ini mengandung bahan beracun tinggi saat terlepas ke lingkungan (Cindiyanti, 2011). Oli bekas termasuk dalam limbah B3 yang mudah terbakar dan meledak sehingga apabila tidak ditangani pengelolaan dan pembuangannya maka akan membahayakan manusia dan lingkungan (P3KNLH, 2008a dalam Samantha, 2016).

Pada penelitian ini dilakukan dengan menganalisa kondisi karakteristik tanah yaitu suhu, pH, dan kadar air sebagai parameter efektifitas dari bioremediasi teknik

landfarming untuk menciptakan kondisi ideal. Analisis logam berat dan TPH dilakukan untuk mengetahui pencemaran dari cecceran dan tumpahan oli bekas yang salah satu kandungannya adalah Kadmium (Cd), *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) merupakan pengukuran konsentrasi pencemar hidrokarbon minyak dalam tanah. Pemetaan dilakukan untuk penggambaran pencemaran di lokasi, pemetaan dilakukan dengan 2 perbedaan kedalaman dan 2 metode sampling. Penggambaran kondisi dengan pemetaan dan persebaran pencemaran diperlukan untuk mengetahui sejauh mana pencemaran yang telah terjadi dan menjadi dasar tindakan penanggulangan yang tepat untuk mengurangi dampak lingkungan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah yang dapat disusun adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik tanah berupa pH, suhu, dan kadar air di PT. X.
2. Bagaimana kandungan Kadmium (Cd) pada tanah di PT. X.
3. Bagaimana kandungan *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah di PT. X.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan analisa pada karakteristik tanah, kandungan Kadmium (Cd), serta *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah di PT. X
2. Memetakan karakteristik tanah, kandungan Kadmium (Cd), serta *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah di PT. X.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Menerapkan dan memberikan sumbangan terhadap ilmu teknik lingkungan terutama pada bidang ilmu yang mempelajari tentang remediasi atau bioremediasi untuk tanah tercemar.
2. Menjadi bahan masukan dan pertimbangan untuk mengurangi pencemaran tanah pada PT. X.

### **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilaksanakan pada tanah di area sekitar tempat pencucian bagian timur PT. X.
2. Metode sampling tanah yang digunakan adalah *Purposive Sampling* dan *Systematic Sampling*.
3. Metode pengukuran Suhu adalah metode Termometer.
4. Metode pengukuran pH adalah metode pH meter.
5. Metode pengukuran kadar air adalah metode Gravimetri.
6. Metode pengukuran kandungan logam berat Kadmium (Cd) adalah metode *Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)*.
7. Metode pengukuran kandungan *Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)* adalah metode *Water Bath*.
8. Pengolahan data pemetaan dan persebaran karakteristik tanah serta parameter pencemar pada tanah dilakukan dengan perangkat lunak *Geographic Information System (GIS)*.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 PT. X

PT. X yang terletak di Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta ini merupakan sebuah tempat untuk melakukan perawatan dan perbaikan lokomotif diesel dan kereta rel diesel yang beroperasi di Pulau Jawa. PT. X memiliki luas tanah sebesar 12,88 Ha dan luas bangunan sebesar 4,37 Ha. PT. X sudah ada sejak jaman Kolonial Belanda sekitar tahun 1914. Pada masa itu, PT. X disebut dengan *Central Werk Pcaats* (CWP) didirikan oleh perusahaan kereta api swasta milik Belanda yaitu NIS (*Nederland Indische Spoor Weg Maat Schaapy*). Tugas bengkel CWP pada saat itu adalah perbaikan dan pemeliharaan lokomotif, gerbong penumpang, dan gerbong barang.

Pada tahun 1942, CWP diambil alih oleh pemerintah Jepang dan perkeretaapian menjadi perusahaan kereta api pemerintah Jepang. Tugas pokok pada pemerintahan Jepang tetap sama yaitu melaksanakan *overhaul* lokomotif, gerbong, dan kereta. Setelah Indonesia merdeka, CWP diambil alih oleh pemerintahan Republik Indonesia dan berubah nama menjadi Balai Karya. Fungsinya masih sama yaitu perbaikan dan pemeliharaan lokomotif, kereta api penumpang, dan gerbong barang. Pada tahun 1953, lokomotif diesel mulai diperkenalkan di Indonesia sebagai penarik kereta api. Pada tahun 1958 pemerintah menunjuk PT. X sebagai tempat perbaikan lokomotif. Saat ini, PT. X melakukan perawatan, perbaikan lokomotif, KRDL, dan kereta pembangkit. PT. X juga telah mendapatkan sertifikat ISO 9001:2008 (Waskitha, 2013).

PT. X melakukan pemeliharaan lokomotif secara berkala, untuk lokomotif Diesel Electric (DE) jika sudah menempuh jarak 325.000 km atau 2 tahun akan dilakukan Semi Pemeliharaan Akhir (SPA) dan jika sudah menempuh jarak 650.000 km atau 4 tahun akan dilakukan Pemeliharaan Akhir (PA). Untuk lokomotif Diesel

Hidrolik (DH) jika sudah berdinam selama 12.000 jam maka dilakukan Semi Pemeliharaan Akhir (SPA) dan jika sudah bernas selama 24.000 jam maka dilakukan Pemeliharaan Akhir (PA) (Setyawan dkk, 2016).

Di PT. X setidaknya ada sekitar 10-12 lokomotif perbulannya yang melakukan perawatan dan perbaikan. Salah satu kegiatan yang dilakukan dalam perawatan dan perbaikan adalah pencucian mesin yang menghasilkan limbah. PT. X melakukan penanganan limbah dengan memisahkan limbah minyak dan limbah air. Untuk limbah air PT. X memiliki pengolahan air limbah sendiri, sedangkan untuk limbah minyak dilakukan dengan cara memompakan limbah minyak ke atas dan dimasukkan ke dalam drum untuk selanjutnya diolah (Waskitha, 2013).

## **2.2 Tanah**

Tanah didefinisikan secara umum adalah kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain. Tanah juga dapat diartikan material yang tidak membatu, tidak termasuk batuan dasar, yang terdiri dari butiran-butiran mineral yang memiliki ikatan yang lemah serta memiliki bentuk dan ukuran, bahan organik, air dan gas yang bervariasi. Pada awal terbentuknya tanah disebabkan oleh pelapukan batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat proses mekanis dan kimia. Pelapukan mekanis disebabkan oleh memuai dan menyusutnya batuan oleh perubahan suhu dan akibat gerusan oleh aliran air yang menyebabkan hancurnya batuan tersebut, pada proses ini tidak terjadi perubahan susunan kimia dari mineral batuan. Pelapukan kimia mineral batuan induk dibuat menjadi mineral-mineral baru melalui rekasi kimia (Pranata, 2013). Ada 4 komponen utama penyusun tanah menurut Sutanto (2010), komponen tanah tersebut dipilah menjadi tiga fase penyusun tanah, yakni:

- a. Fase Padat: bahan mineral dan bahan organik,
- b. Fase Cair: lengsa tanah dan air tanah
- c. Fase Gas: udara tanah

Tanah tercemar minyak bumi dalam hal ini oli dapat berdampak negatif terhadap keseimbangan ekosistem. Sifat fisik dan kimia tanah yang tercemar akan

mengalami perubahan dengan adanya pencemaran tersebut. Penurunan aktivitas dan populasi organisme yang hidup dalam tanah menjadi berkurang sehingga secara langsung atau tidak berdampak pada kesuburan tanah (Mukaromah dkk, 2013).

Tanah memiliki beberapa sifat yang saling berhubungan satu sama lain yaitu sifat fisik, sifat kimia, dan sifat biologi tanah.

### 1. Sifat Fisik Tanah

Pada penelitian ini sifat fisik tanah yang diteliti adalah suhu tanah dan kadar air tanah.

#### a. Suhu tanah

Suhu tanah juga disebut dengan intensitas panas dalam tanah dengan satuan derajat Celcius, derajat Fahrenheit, derajat Kelvin dan lainnya (Kartasapoetra, 2004 dalam Soleh, 2012). Suhu tanah merupakan salah satu faktor yang penting seperti halnya air, udara dan unsur hara dalam proses atau aktivitas biologi tanah. Suhu tanah adalah proses penyerapan dari radiasi matahari ke tanah dan dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya keadaan cuaca, bentuk topografi dan keadaan tanah. Suhu tanah merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kegiatan mikrobiologi, secara umum semakin tinggi suhu suatu tanah, maka semakin mengingkat pula kegiatan mikrobiologi yang terjadi. Suhu tanah optimal tanah pada 18-30°C (Ali, 2012).

#### b. Kadar air tanah

Kadar air tanah adalah konsentrasi air dalam tanah yang terkandung pada pori-pori tanah. Kadar air dalam tanah dipengaruhi oleh curah hujan, kemampuan tanah menahan air, besarnya evapotranspirasi, tingginya muka air tanah, kadar bahan organik tanah, senyawa kimia dan kedalaman lapisan tanah.

### 2. Sifat Kimia Tanah

Pada penelitian ini sifat kimia tanah yang diteliti adalah pH tanah. Keasaman tanah atau pH tanah adalah reaksi tanah menunjukkan sifat keasaman atau alkalinitas tanah. Semakin tinggi ion H<sup>+</sup> di dalam tanah, maka semakin asam tanah. Berbanding terbalik dengan ion OH<sup>-</sup> semakin rendah ion tersebut semakin asam tanah (Hardjowigeno, 2007 dalam Afdhaliah, 2013). Dalam pengujian pH

dilakukan 2 cara untuk mengetahui nilai pH aktual dan pH potensial. pH aktual merupakan pengukuran pH yang menunjukkan konsentrasi ion  $H^+$  yang terdapat dalam larutan tanah dengan bahan pendesak  $H_2O$ . pH potensial merupakan pengukuran pH yang menunjukkan konsentrasi ion  $H^+$  dalam larutan tanah juga dalam kompleks jerapan tanah dengan bahan pendesak  $KCl$ . Sehingga, pada pH potensial ion  $H^+$  terukur lebih banyak daripada pH aktual.

### 3. Sifat Biologi Tanah

Sifat biologi tanah meliputi total mikroorganisme tanah, jumlah jamur tanah, jumlah bakteri pelarut fosfat dan total respirasi tanah. Sifat biologi tanah berhubungan dengan aktivitas makhluk hidup yang ada di dalam dan permukaan tanah. Tiga sifat yang dimiliki oleh tanah saling memengaruhi satu sama lainnya, sehingga penting untuk dikaji agar kondisi tanah menjadi ideal.

## 2.2 Oli

Minyak bumi merupakan senyawa kimia yang terdiri dari unsur-unsur karbon, hidrogen, sulfur, oksigen, halogenida, dan logam. Senyawa yang hanya terdiri dari unsur karbon dan hidrogen dikelompokkan kedalam senyawa hidrokarbon. Minyak bumi merupakan suatu campuran cairan yang terdiri dari berjuta senyawa kimia, yang paling banyak adalah senyawa hidrokarbon yang terbentuk dari dekomposisi yang dihasilkan oleh fosil tumbuhan dan hewan (William, 1995 dalam Barcio, 2017).

Ada beberapa macam cara penggolongan produk jadi yang disajikan oleh kilang minyak, diantaranya dapat dibagi menjadi produk bahan bakar minyak (BBM) dan produk bukan bahan bakar minyak (BBBM). Produk jadi yang termasuk dalam BBM berupa LPG, pelarut, minyak pelumas (oli), aspal, malam parafin, hitam karbon dan kokas. Minyak pelumas (oli) merupakan bagian minyak bumi yang mempunyai titik didih paling tinggi, yaitu  $400^{\circ}C$  keatas.

Oli merupakan zat kimia yang digunakan pada kendaraan bermotor yang berguna untuk mengurangi keausan pada mesin. Penggunaan utama oli yaitu terdapat pada oli mesin. Umumnya oli terdiri dari 90% minyak dasar (base oil) dan 10% zat tambahan. Oli mesin adalah campuran kompleks hidrokarbon dan senyawa-senyawa organik lain yang digunakan untuk melumasi bagian-bagian mesin kendaraan agar mesin bekerja dengan lancar. Fungsi utama pelumas juga melakukan beberapa fungsi lain yang bervariasi tergantung dimana pelumas tersebut diaplikasikan diantaranya, pencegahan korosi dimana pelumas berfungsi sebagai *preservative* dan pengurangan panas dimana pelumas mampu menghilangkan panas yang dihasilkan baik dari gesekan atau sumber lain seperti pembakaran atau kontak dengan zat tinggi (Sukirno 2010, dalam Barcio, 2017).

Oli biasanya diperoleh dari pengolahan minyak bumi yang dilakukan melalui proses destilasi bertingkat berdasarkan titik didihnya (Raharjo 2010, dalam Barcio, 2017). Proses pembuatan oli melalui beberapa tahap, yaitu:

- 1) Distilasi
- 2) *Deasphalting* untuk menghilangkan kandungan aspal dalam minyak
- 3) Hidrogenasi untuk menaikkan viskositas dan kualitas
- 4) Pencampuran katalis untuk menghilangkan lilin dan menaikkan tempertatur pelumas parafin
- 5) *Clay or Hydrogen Finishing* untuk meningkatkan warna, stabilitas, dan kualitas oli.

Secara umum terdapat 2 macam oli bekas, oli bekas industri (*light industrial oil*) dan oli hitam (*black oil*). Oli bekas industri relatif lebih bersih dan mudah dibersihkan dengan perlakuan sederhana, seperti penyaringan dan pemanasan. Oli hitam berasal dari pelumasan otomotif. Oli ini dalam pemakaiannya mendapat beban termal dan mekanis yang lebih tinggi. Dalam oli hitam terkandung partikel logam dan sisa pembakaran. Oli mengandung bahan-bahan kimia, di antaranya hidrokarbon dan sulfur, karena bekerja melumasi logam-logam, oli bekas juga mengandung sisa bahan bakar, tembaga, besi, alumunium, magnesium dan nikel

dan lain-lain. (Raharjo, 2007).

Senyawa hidrokarbon pada oli bekas kendaraan merupakan suatu limbah buangan berbahaya dan beracun, setelah masa pemakaian oli sebagai pelumas berakhir, maka oli bekas akan mengandung lebih banyak senyawa hidrokarbon, logam, dan polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) yang bersifat karsinogenik. Oli bekas merupakan golongan limbah B3, karena dapat menyebabkan tanah menjadi tandus dan kehilangan unsur haranya, sedang sifatnya tidak dapat larut dalam air juga dapat menyebabkan pencemaran air, selain itu juga oli bekas mudah terbakar. Hidrokarbon minyak bumi pada oli mengandung hidrokarbon alifatik. Hidrokarbon alisiklik dan hidrokarbon aromatic, yang mana keberadaannya akan menyebabkan degradasi kualitas lingkungan. Keracunan PAH yang merupakan salah satu senyawa yang ada pada oli bekas pada manusia dapat menyebabkan hal yang kronis diantaranya dapat menyebabkan kelainan pada darah, termasuk menurunnya sel darah putih, zat darah beku, dan sel darah merah yang menyebabkan anemia.

### **2.3 Kadmium (Cd)**

Kadmium (Cd) ini pertama kali ditemukan oleh seorang ilmuwan Jerman bernama Friedrich Strohmeyer pada tahun 1817. Logam Cd ini ditemukan dalam bebatuan calamine (seng karbonat). Kadmium adalah logam berwarna putih perak, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, serta menghasilkan Kadmium Oksida bila dipanaskan. Logam kadmium (Cd) biasanya selalu dalam bentuk campuran dengan logam lain terutama dalam pertambangan timah hitam dan seng (Widowati dkk, 2008 dalam Nur, 2013). Kadmium adalah logam toksik yang umumnya ditemukan dalam pekerjaan-pekerjaan industri, logam Kadmium digunakan secara intensif dalam proses *electroplating*. Kadmium juga ditemukan dalam industri cat.

Berikut adalah tabel yang menunjukkan sifat fisik pada Kadmium (Cd):

Tabel 1. Sifat Fisik Kadmium (Cd)

Sifat Fisika	Keterangan
Nomor Atom	48
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	8,65
Titik Lebur (°C)	321,07
Titik Didh (°C)	767

(Sumber: Nur, 2013)

Kadmium (Cd) merupakan bahan pencemar tanah bersamaan dengan Tembaga, Seng, dan Timbal. Di dalam tanah pada umumnya kandungan logam berat secara alamiah sangat rendah, kecuali tanah tersebut merupakan daerah pertambangan atau tanah tersebut sudah tercemar. Berbagai sumber dan penyebab pencemaran dapat mengakibatkan mundurnya kualitas tanah di antaranya penggunaan bahan-bahan argokimia, limbah industri, dan limbah rumah tangga. Bahan argokimia diantaranya adalah pupuk, pestisida, pupuk kandang, kompos dan kapur. Senyawa-senyawa yang digunakan pada pupuk tersebut mengandung logam berat salah satunya adalah Kadmium (Cd). Logam berat dapat meningkat di dalam tanah sejalan dengan peningkatan penggunaan pupuk. Penggunaan berbagai bahan organik misalnya pupuk kandang, kompos dan limbah kota secara tidak langsung juga berkontribusi pada akumulasi logam berat dalam tanah. Penggunaan tersebut jika dilakukan berulang kali dan dalam jangka panjang dapat menyebabkan terjadinya akumulasi logam berat dalam tanah.

Kandungan Kadmium (Cd) pada pupuk organik adalah sebesar 0,1-170 mg/kg pada pupuk P dan sekitar 0,05-8,5 mg/kg pada pupuk N. Sedangkan kandungan Kadmium (Cd) pada pupuk yang berasal dari batuan fosfat adalah sebesar 3-113 mg/kg. Pada pupuk kandang kandungan Kadmium (Cd) sebesar 0,1-0,8 mg/kg, sedangkan pada kompos kandungan Kadmium (Cd) sebesar 0,01-100 mg/kg.. Kadar Kadmium (Cd) dalam pupuk kandang sebesar 0,1-0,8 mg/kg, sedangkan pada kompos sebesar 0,01-100 mg/kg (Erfandi, 2014).

Logam berat Kadmium (Cd) merupakan salah satu jenis dari beberapa logam berat yang berbahaya bagi makhluk hidup. Logam Kadmium (Cd) akan mengalami proses biotransformasi dan bioakumulasi dalam organisme hidup (tumbuhan, hewan dan manusia). Pada suatu daerah yang sudah tercemar Kadmium (Cd), logam tersebut terserap oleh tanaman dalam bentuk ion dari dalam tanah melalui akarnya dan didistribusikan dalam bagian tanaman. Jika tanaman tersebut dikonsumsi oleh manusia, maka ion kadmium tersebut akan masuk ke dalam tubuh manusia. Logam Kadmium (Cd) dapat dibawa ke dalam tubuh oleh senyawa yang terikat dalam protein. Tingkatan biota dalam sistem rantai makanan turut menentukan jumlah Kadmium (Cd) yang terakumulasi. Kadmium (Cd) merupakan logam yang sangat beracun bagi manusia. Selain diduga karsinogenik, logam ini dapat menyebabkan gangguan pada pencernaan, ginjal, dan kerusakan tulang (Chairiyah, 2013). Logam Kadmium (Cd) menyasar organ pada manusia diantaranya adalah tulang, ginjal, hati, paru, otak, kulit dan kantung empedu. Logam Kadmium (Cd) dapat menyebabkan penyakit Itai-Itai dimana penderita mengalami gagal ginjal dan dapat menyebabkan tulang lunak, pada anak-anak logam Kadmium (Cd) dapat menyebabkan kerusakan otak dan sistem saraf, osteoporosis, dan osteomalasia (BPOM RI, 2010).

### **2.3 Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)**

*Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) adalah jumlah hidrokarbon minyak bumi yang terukur di dalam suatu media lingkungan. Hidrokarbon minyak bumi (PHC–Petroleum Hydrocarbon) adalah berbagai jenis senyawa hidrokarbon yang terdapat dalam minyak bumi. TPH didefinisikan juga dengan suatu campuran kimia yang tersusun atas hidrokarbon yang ada di lingkungan. Hidrokarbon minyak bumi umumnya ditemukan pada bahan pencemar lingkungan misalnya bahan bakar transportasi walaupun tidak selalu dikategorikan limbah berbahaya (ATSDR 1999 dalam Wahidin, 2010). Department of Environmental Quality (DEQ) mendefinisikan TPH sebagai senyawa karbon yang memiliki jumlah atom C 6–35 yang mewakili berbagai campuran senyawa kompleks. TPH terbagi menjadi gasolin, diesel, dan minyak pelumas.

Dalam Ali (2012), *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) merupakan pengukuran konsentrasi pencemar hidrokarbon minyak dalam tanah atau berat seluruh pencemar hidrokarbon minyak dalam satuan mg hidrokarbon/kg tanah. Metode ini terdiri atas 2 tahap, yaitu:

- a. Tahap ekstraksi: yang akan memisahkan senyawa minyak dari sampel air atau tanah
- b. Tahap kuantifikasi: dengan metode gravimetri atau peralatan *Gas Chromatography* (GC) atau *Infrared* (IR) analyser.

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah penelitian lainnya yang mencakup penelitian serupa dengan penelitian yang dilakukan:

Tabel 2. Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Wadihin (2010)	Bioremediasi Limbah Minyak Berat Secara Pengomposan Menggunakan Teknik <i>Landfarming</i> Terbuka	Penambahan kompos dapat menurunkan nilai TPH pada semua sampel. Sampel dengan jumlah kompos dan limbah minyak berat yang sebanding (1:1) memberikan nilai TPH paling rendah yaitu 2,65%. Persen degradasi hidrokarbon sebesar 73,61%
Kurniawan (2012)	Simulasi Proses Bioremediasi Pada Lahan Terkontaminasi <i>Total Petroleum Hydrocarbon</i> (TPH) menggunakan Serabut	Efisiensi konsentrasi TPH selama 2 bulan pada reaktor bioremediasi menggunakan serabut buah bintaro 49,5%, sekam padi sebesar 56,12%.

	Buah Bintaro Dan Sekam Padi	
Chairiyah (2013)	Bioremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Cd, Cu, dan Pb dengan Menggunakan Endomikoriza	Endomikoriza dapat menurunkan Cu, Pb tersedia pada tanah dan meningkatkan Cd tersedia pada tanah; menurunkan serapan Pb tanaman dan meningkatkan serapan Cd, Cu tanaman; serta meningkatkan derajat infeksi mikoriza.
Setyoningrum (2014)	Kandungan Kadmium (Cd) Pada Tanah dan Cacing Tanah di TPAS Piyungan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta	Kandungan Kadmium dalam tanah di TPAS Piyungan bervariasi, secara umum sebesar <0,01 – 0,47 ppm. Kandungan Kadmium pada cacing tanah di TPAS Piyungan juga bervariasi, secara umum sebesar 0,31 - 4,45 ppm.
Roga (2014)	Pemanfaatan Lumpur Aktif Dalam Remediasi Limbah Cair Bengkel Kendaraan Bermotor Dengan Penambahan Bakteri Indigenus	Bakteri indigenus dominan yang ditemukan pada limbah bengkel kendaraan bermotor ialah isolate OR 1 dengan perkiraan genus <i>Pseudomonas</i> dan isolate OR 2 dengan perkiraan genus <i>Staphylococcus</i> . Lumpur aktif dengan penambahan isolate pada limbah bengkel

		kendaraan bermotor mampu memperlakukan bioremediasi hingga penurunan TPH sebesar 76,39% pada isolate OR 1 dan 55,60% pada isolate OR 2.
Prayitno (2017)	Ujicoba Konsorsium Mikroba dalam Upaya Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak dengan Menggunakan Teknik Landfarming Skala Bangku	Penambahan konsorsium mikroba yang diuji ke tanah tercemar tanpa penambahan bahan organik tidak berpengaruh terhadap penurunan TPH. Nilai TPH pada semua kombinasi turun hingga 53% selama 12 minggu. Penambahan bahan organik dapat membantu konsorsium bakteri dalam menurunkan nilai TPH di tanah hingga di bawah 1%

## 2.6 Hipotesis

Kegiatan PT. X menimbulkan potensi pencemaran berupa hidrokarbon dan logam berat pada tanah sekitarnya. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 128 tahun 2003, salah satu pengolahan limbah minyak bumi yaitu dengan melakukan Bioremediasi. Penelitian ini menrencanakan penerepaan Bioremediasi dengan Teknik *Landfarming* yang sesuai dengan mengacu pada hasil analisa yang dilakukan terhadap tanah yang diduga tercemar PT. X.

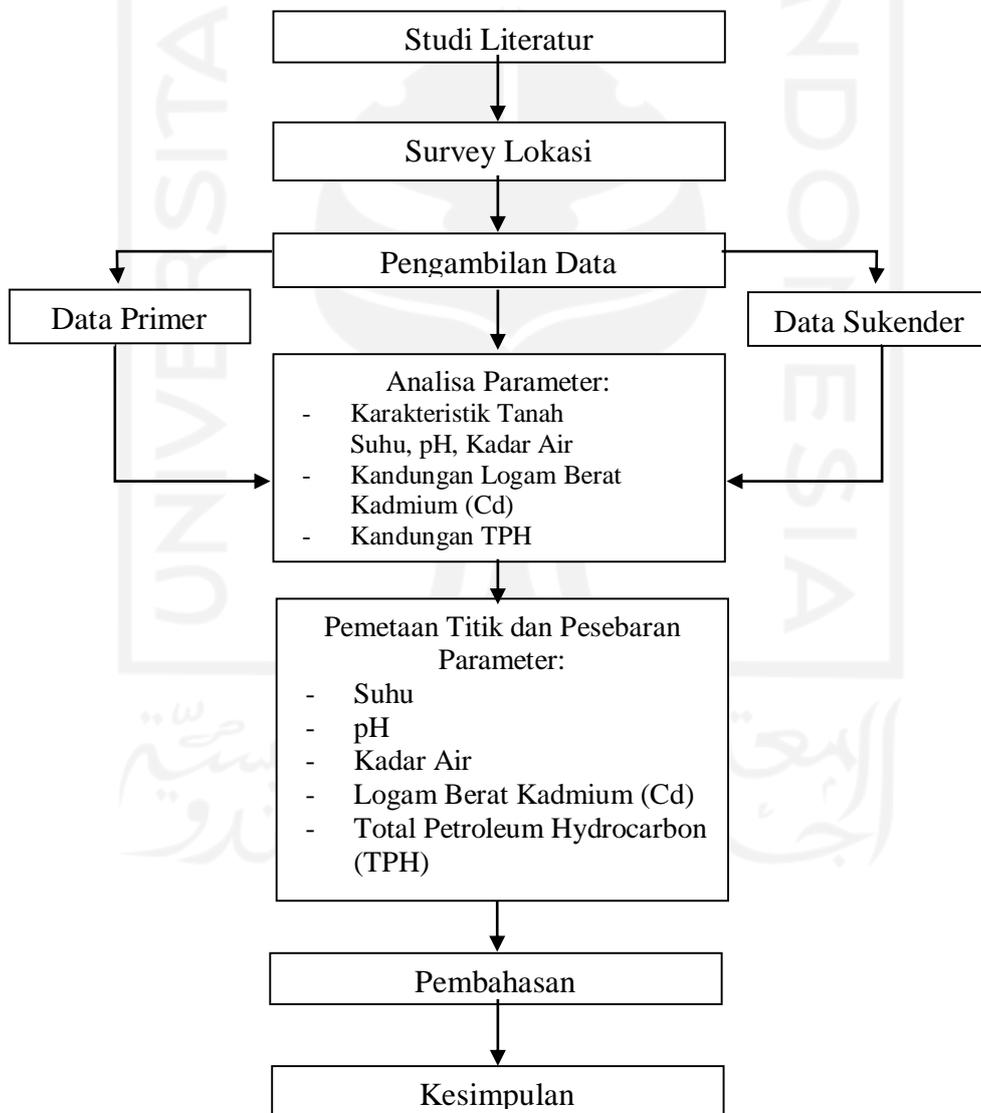


## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan dari penelitian yang dilaksanakan ditunjukkan pada diagram alir penelitian berikut:



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

### **3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian**

Pengambilan sampel tanah tercemar dilakukan pada lingkup PT. X, tepatnya bagian timur area pencucian di PT. X. Untuk pelaksanaan penelitian hasil analisis dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta dan Laboratorium Komputer Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.





Gambar 2 Peta Lokasi dan Titik Sampel di PT. X.



### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan untuk penelitian adalah:

1. GPS (*Global Positioning System*) sebagai alat untuk penentuan lokasi dan pemetaan
2. Cangkul
3. Bor Tangan
4. Plastik
5. Penggaris
6. Termometer
7. Gelas Beaker
8. Fisher Stirer
9. pH meter
10. Cawan
11. Sendok
12. Timbangan Digital
13. Desikator
14. Erlenmeyer 100 ml
15. Pipet Ukur
16. Corong Kaca
17. Kertas Saring
18. Labu ukur 25 ml
19. Botol Vial
20. *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS)
21. Mortir
22. Shaker
23. Waterbath
24. Aplikasi ArcGis
25. Microsoft Excel

### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah:

1. Sampel tanah tercemar di PT. X
2. Aquades
3. HCl
4. Larutan HNO<sub>3</sub>
5. N-hexane

### 3.4 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilaksanakan menjadi dua jenis, yaitu primer dan sekunder. Data primer yang diambil dalam penelitian ini adalah penentuan titik sampling dari pengamatan langsung serta pengambilan sampel tanah tercemar di PT. X. Data tanah tercemar memiliki 2 kedalaman yaitu 10 cm dan 40 cm pada masing-masing titik. Perbedaan kedalaman dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pencemaran tanah terjadi serta dapat menjadi pembandingan kondisi tanah. Selain itu juga pada pengambilan sampel dilakukan 2 metode sampling dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan karakteristik dan pencemaran tanah yang terjadi pada lokasi yang berbeda.

Data sekunder yang menjadi data pendukung untuk penelitian ini adalah peta atau denah lokasi PT. X serta peta rencana pengembangan. Selain itu juga data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah data-data dari berbagai literasi, jurnal dan penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian.

#### 3.4.1 Sampling Tanah

Metode sampling tanah yang digunakan di area PT. X adalah metode *Purposive Sampling* dan metode *Systematic Sampling*. Metode *Purposive Sampling* adalah penentuan titik sampling dengan menetapkan ciri-ciri khusus yang sesuai

dengan tujuan penelitian, dalam hal ini adalah pencemaran oli bekas dari kegiatan di PT. X. Ciri-ciri khusus yang digunakan adalah dekat dengan lokasi kegiatan yang mengakibatkan adanya tumpahan oli bekas di PT. X serta berada disekitaran bak penampung limbah minyak di PT. X. Ciri khusus tersebut juga diperkuat dengan dilakukannya pengujian langsung pada lokasi dengan menggunakan kertas minyak, pengujian ini dapat mengidentifikasi apakah terjadinya tumpahan disekitaran lokasi kegiatan dan bak penampung limbah minyak di PT. X. Sampel pada lokasi ini diperkirakan mengalami perubahan pada karakteristik tanah dan mengalami pencemaran sehingga sampel pada lokasi digunakan sebagai sampel utama dalam penelitian ini.

Metode *Systematic Sampling* adalah penentuan titik sampling dengan dasar jarak antar titik. Pada penelitian ini dilakukan dengan jarak antar titik sejauh 15 meter untuk mengetahui persebaran parameter pencemar dan karakteristik tanah di PT. X. Jarak 15 meter juga dapat menentukan kerapatan yang cukup untuk mengetahui sejauh mana tanah di PT. X sudah tercemar dan dapat menjadi pembanding kondisi tanah sekitar lokasi yang diduga tercemar limbah dengan lokasi yang tidak, mengingat lokasi titik sampling pada metode ini cukup jauh dari lokasi kegiatan yang dapat mengakibatkan adanya tumpahan oli bekas di PT. X.

Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Gali tanah dengan cangkul atau dibor tangan sampai pada kedalaman 10 cm dan 40 cm di area PT. X.
2. Ambil tanah dan masukkan ke dalam kantong plastik.
3. Tuliskan keterangan yang berisi nama lokasi, tanggal pengambilan pada kertas label.
4. Tempelkan label pada bagian luar plastik.

### 3.5 Metode Analisis Data

#### 3.5.1 Analisa Data

Metode analisa yang digunakan untuk setiap parameter yang akan di uji adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Metode dan Acuan Analisa Parameter

Parameter	Metode	Acuan
Suhu	Termometer	SNI 06-6989.23-2005
pH	Elektrometri	SNI 6787:2015
Kadar Air	Gravimetri	Standar ASTM D2216-92 (1996)
Logam Berat	Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	SNI 6989.16:2009
<i>Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)</i>	Waterbath	EPA SW-846 method 8440

#### a. Suhu Tanah

Pengukuran suhu tanah dilakukan langsung dilokasi sampel tanah diambil. Pengukuran suhu tanah menggunakan alat termometer dengan menggunakan metode SNI 06-6989.23-2005

#### b. pH Tanah

Pengukuran pH tanah dilakukan untuk mengetahui nilai pH aktual dan pH potensial, yang mana pH aktual menggunakan aquades dan pH potensial menggunakan KCl. Pengukuran pH tanah dilakukan dengan menggunakan alat pH meter. Sebanyak 5 gram sampel tanah ditambahkan aquades / KCl sebanyak 10 ml (perbandingan 1:2). Dikocok menggunakan *Fisher stirrer* selama 30 menit hingga larutan homogen, kemudian diamkan selama 30 menit.

#### c. Kadar Air

Pengukuran kadar air dilakukan dengan cawan kosong di oven terlebih dahulu pada suhu 100°C selama 24 jam, kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit, lalu timbang berat cawan kosong (a). Sebanyak 5 gram sampel tanah dimasukkan dalam cawan lalu ditimbang (b), kemudian di oven pada suhu 100°C selama 24 jam, Cawan dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Setelah sampel kering dengan berat tetap, kemudian ditimbang (c). Kadar air dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{(b-a)-(c-a)}{(b-a)} \times 100\%$$

#### d. Logam Berat

Pengukuran logam berat dalam hal ini Kadmium (Cd) sesuai dengan SNI 6989.16:2009 di analisis menggunakan instrumet AAS atau Absorbation Atomic Spectrofotometric. Sampel tanah yang sudah dikeringkan kemudian di ayak dengan ukuran 100 mesh. Sebanyak 1 gram tanah halus ditambahkan 100 mL aquades, lalu ditambhkan 5 mL HNO<sub>3</sub> dan di destruksi sampai sisa sekitar 10 mL. Kemudian disaring dengan kertas saring, lalu diencerkan dengan aquades menjadi 25 mL dikocok hingga homogen dan dibiarkan semalam. Kadar Logam berat Kadmium (Cd) dihitung dengan persamaan berikut:

$$Cd \text{ (mg/l)} = C \times fp$$

#### e. Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)

Pengukuran TPH dilakukan dengan menimbang botol vial (a) terlebih dahulu. Sampel tanah yang sudah dihilangkan kadar airnya kemudian digerus dengan mortar, sebanyak 5 gram (b). Tambahkan pelarut organik seperti nheksan sebanyak 10 ml (c) kemudian di shaker dengan kecepatan tinggi sampai terlihat minyaknya keluar dari sampel. Lalu ambil supernatan sebanyak 5 ml (d) dimasukkan ke dalam

botol vial. Kemudian diuapkan di atas waterbath pada suhu 70°C, minyak yang tertinggal lalu ditimbang (e). Besar TPH pada sampel tanah dapat dihitung berdasarkan persamaan berikutL

$$TPH = (e - a) \times \left(\frac{c}{d}\right) \times \left(\frac{1000}{b}\right) \text{ (dalam gr/L)}$$

### 3.5.2 Pengolahan Analisa Data

#### 3.5.2.1 Analisa Parameter

Data yang diperoleh bersifat angka-angka kuantitatif dan deskriptif. Analisa kuantitatif dilakukan dengan menampilkan data yang sudah diuji dan diinterpretasikan dengan tabel dan grafik agar mendapatkan perbandingan titik sampel satu dan lainnya. Analisa deskriptif dilakukan dengan menggambarkan data dengan membandingkan kadar karakteristik tanah dan pencemar dari masing-masing titik sampel. Analisa deskriptif juga dapat menggambarkan kondisi

#### 3.5.2.2 Pemetaan

Pemetaan analisa parameter menggunakan *software* pendukung *Geographic Information System* (GIS) adalah ArcGis. Setelah mengetahui data analisa parameter yang telah dilakukan di laboratorium pada setiap titik sampling, hasil yang telah didapat disusun kedalam *Microsoft Excel* beserta koordinat yang telah dicatat maupun disimpan, diubah kedalam format *Universal Transverse Mercator* (UTM) disimpan pada *Microsoft Excel* dalam bentuk X dan Y, disimpan dalam format *microsoft 97* dan ekspor ke *ArcGis* agar dapat ditampilkan pada peta untuk mengetahui titik sampel. Selanjutnya data hasil karakteristik tanah dan analisis parameter pada kedalaman 10 cmdan 40 cm ditampilkan pada masing-masing peta dengan memperlihatkan setiap titik sampel dengan legenda yang disesuaikan pada.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

#### 4.1 Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian

PT. X yang terletak di Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta ini merupakan sebuah tempat untuk melakukan perawatan dan perbaikan lokomotif diesel dan kereta rel diesel yang beroperasi di Pulau Jawa. PT. X berdiri pada tahun 1914 memiliki luas tanah sebesar 12,88 Ha dan luas bangunan sebesar 4,37 Ha.

PT. X melakukan pemeliharaan lokomotif secara berkala, untuk lokomotif Diesel Electric (DE) jika sudah menempuh jarak 325.000 km atau 2 tahun akan dilakukan Semi Pemeliharaan Akhir (SPA) dan jika sudah menempuh jarak 650.000 km atau 4 tahun akan dilakukan Pemeliharaan Akhir (PA). Untuk lokomotif Diesel Hidrolik (DH) jika sudah berdinis selama 12.000 jam maka dilakukan Semi Pemeliharaan Akhir (SPA) dan jika sudah bernas selama 24.000 jam maka dilakukan Pemeliharaan Akhir (PA).

Beberapa hal pokok yang dilakukan oleh PT X adalah sebagai berikut:

- a. Melaksanakan pemeriksaan berkala dari semua lokomotif diesel yang beroperasi di Jawa sesuai dengan buku pedoman pemeliharaan, dalam hal ini *Maintenance Indtruction Book* dari lok-lok yang bersangkutan
- b. Melaksanakan pekerjaan perbaikan dari lokomotif yang mengalami kerusakan yang tidak dapat diperbaiki di lintas (dipo)
- c. Melaksanakan pekerjaan rehabilitas terhadap lokomotif yang mengalami kecelakaan atau peristiwa luar biasa.
- d. Melaksanakan perbaikan atau pembuatan suku cadang lokomotif yang digunakan untuk pekerjaan di dipo-dipo lokomotif.
- e. Melaksanakan pekerjaan pemeliharaan setelah umur (*Middle Overhead*) terhadap lokomotif yang telah beroperasi 20 tahun.

f. Melaksanakan perbaikan dan perawatan lokomotif pembangkit.

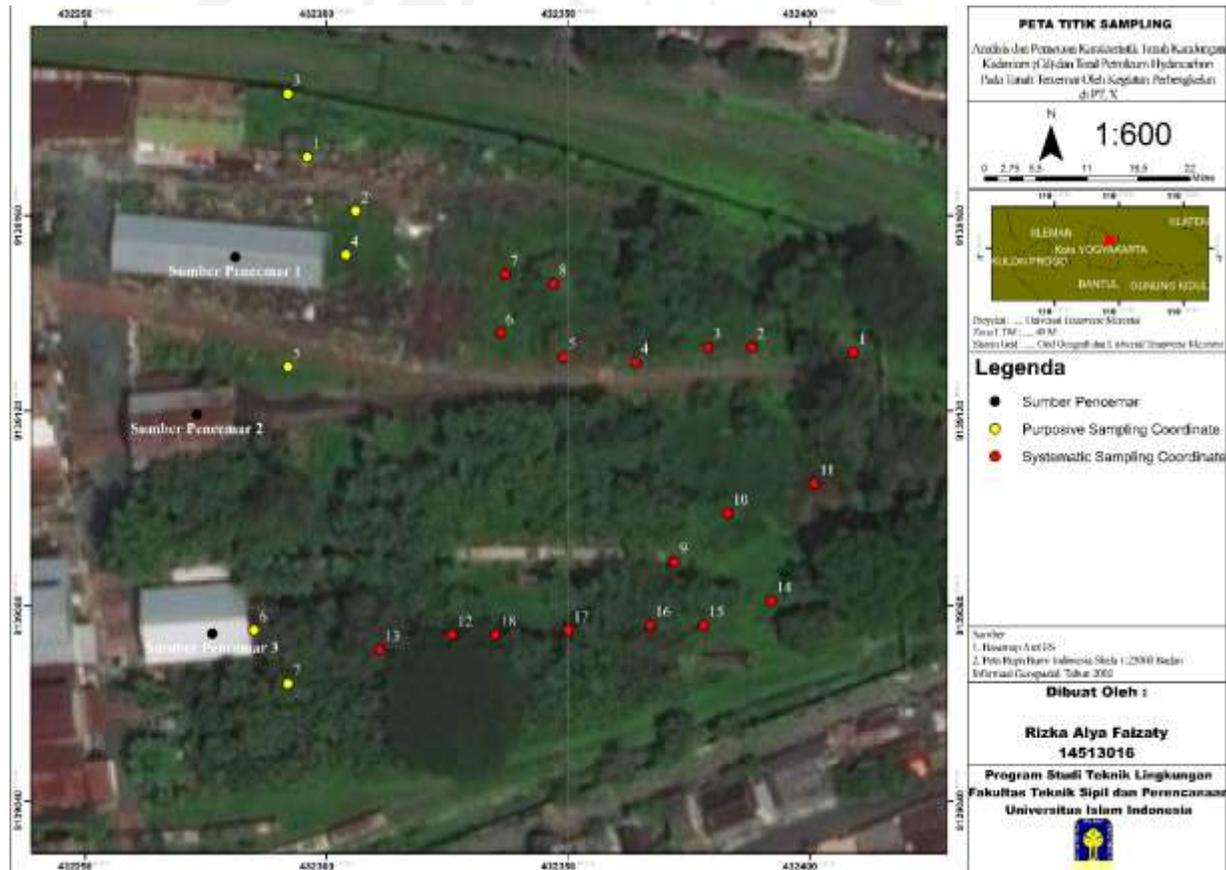
Di PT X setidaknya ada sekitar 10-12 lokomotif perbulannya yang melakukan perawatan dan perbaikan. Salah satu kegiatan yang dilakukan dalam perawatan dan perbaikan adalah pencucian mesin. Pencucian mesin dilakukan dengan solar dan kemudian dibilas dengan air biasa, kegiatan pencucian dan pembilasan menungkinakan menghasilkan limbah. Selain kegiatan pencucian, kegiatan perawatan juga menggunakan oli sebagai pelumas mesin diesel dari lokomotif. Limbah dari solar dan oli bekas yang dihasilkan menimbulkan potensi pencemaran pada lingkungan. Oli bekas dan solar merupakan hasil olahan minyak bumi yang keberadaannya dapat mencemari tanah.

Potensi pencemar yang dihasilkan dari sisa olahan minyak bumi tersebut adalah logam berat dan komponen hidrokarbon. Menurut Handrianto (2018), minyak bumi mengandung komponen hidrokarbon dan komponen non-hidrokarbon. Komponen hidrokarbon dapat dideteksi dengan *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH), menurut komponennya TPH dapat di golongkan menjadi 3 yaitu, alifatik, alisilik dan aromatik. Komponen non-hidrokarbon dalam minyak bumi dapat berupa unsur-unsur logam berat diantaranya adalah merkuri (Hg), Kadmium (Cd), Argon (Ag), Timbal (Pb), Arsen (As), Copper (Cu) dan Cromium (Cr).

PT. X melakukan penanganan limbah dengan memisahkan limbah minyak dan limbah air. Untuk limbah air PT. X memiliki pengolahan air limbah sendiri, sedangkan untuk limbah minyak dilakukan dengan cara memompa limbah minyak ke atas dan dimasukkan ke dalam drum untuk selanjutnya diolah. Dalam penelitian ini lokasi drum untuk pengolahan limbah minyak ditentukan menjadi lokasi sumber pencemaran limbah, kemudian area sekitaran pengolahan limbah dan pencucian pada PT. X ditentukan sebagai area yang diduga tercemar yang mana berdasarkan metode *Purposive Sampling* yaitu dengan menetapkan ciri khusus, dalam hal ini dilakukan uji pada tanah di area tersebut menggunakan kertas minyak. Sedangkan beberapa lokasi yang berdekatan dengan pengolahan limbah minyak dan pencucian pada PT. X ditentukan dengan metode *Systematic Sampling* yaitu

dengan menetapkan jarak dengan lokasi yang di duga sebagai sumber pencemaran dan jarak antar titik untuk mengetahui sejauh mana pencemaran terjadi serta kondisi tanah secara umum di PT. X. Berikut adalah titik lokasi sumber pencemaran dan lokasi pengambilan sampel tanah baik secara *Purposive Sampling* maupun *Systematic Sampling*:





Gambar 3 Peta Sumber Pencemar dan Titik Sampling

Berikut adalah gambaran kondisi area pencucian dan serta area pengumpulan limbah B3 yang pada penelitian ini ditentukan sebagai lokasi sumber pencemar:



Gambar 4 Lokasi pengumpulan limbah B3 (Sumber Pencemar 1)



Gambar 5 Lokasi Pencucian Lokomotif (Sumber Pencemar 2)



Gambar 6 Lokasi Pencucian dan Perawatan (Sumber Pencemar 3)

Berikut adalah gambaran kondisi kemungkinan pencemaran yang terjadi di sekitar lokasi sumber pencemar di PT. X:



Gambar 7 Kemungkinan Pencemaran di sekitar Sumber Pencemar 1



Gambar 8 Kemungkinan Pencemaran di sekitar Sumber Pencemar 2



Gambar 9 Kemungkinan Pencemaran di sekitar lokasi Sumber Pencemar 3

Berikut adalah gambaran kondisi drum pengolahan limbah minyak di PT. X:



Gambar 10 Tangki / drum pengolahan minyak pada sumber pencemar 1



Gambar 11 Tangki / drum pengolahan minyak pada sumber pencemar 2



Gambar 12 Tangki / drum pengolahan minyak pada sumber pencemar 3

Untuk melakukan analisa pada lokasi yang diduga tercemar, dilakukan pengambilan sampel dengan 2 metode yaitu metode *Purposive Sampling* dan *Systematic Sampling*. Pada metode *Purposive Sampling* dilakukan uji permulaan pada tanah di area tersebut menggunakan kertas minyak sebagai ciri khusus dan kepastian bahwa lokasi tersebut tercemari oleh minyak. Berikut adalah gambaran kondisi pengujian awal pada sampel tanah di sekitar sumber pencemar di PT. X:



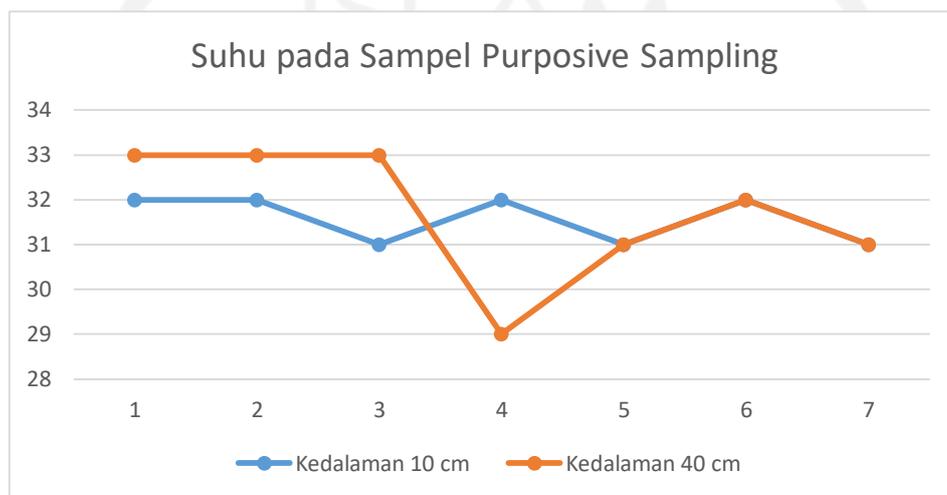
Gambar 13 Pengujian awal dengan kertas minyak

#### 4.2 Kondisi Tanah

Untuk mengetahui kondisi tanah di PT. X diperlukan analisa karakteristik tanah yang diduga tercemar, analisa yang di uji adalah sifat fisika tanah berupa suhu dan kadar air, serta sifat kimia tanah berupa pH. Analisa juga dilakukan pada potensi pencemar tanah di PT.X yaitu logam berat dan hidrokarbon, dalam penelitian ini dilakukan dengan menguji logam berat Kadmium (Cd) dan *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH). Sampel tanah di ambil dengan 2 kedalaman yang berbeda untuk mengetahui seberapa jauh pencemaran terjadi pada tanah di PT. X, kedalaman yang diambil untuk sampel tanah adalah kedalaman 10 cm dan 40 cm. Penelitian dilakukan di Laboraturium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

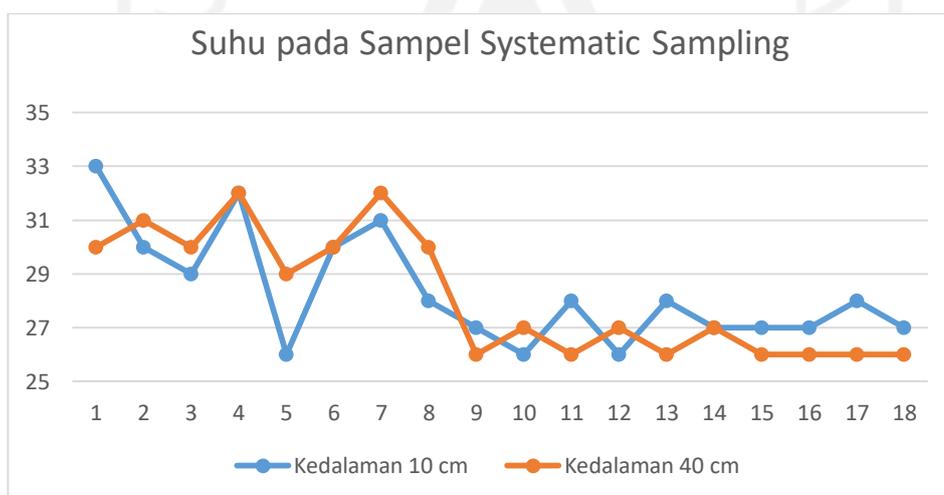
#### 4.2.1 Suhu

Analisa suhu dilakukan dengan sampel tanah dengan masing-masing kedalaman dimasukkan terlebih dahulu pada plastik yang terpisah, kemudian dilakukan pengukuran suhu dengan menggunakan termometer yang ditancapkan pada sampel tanah. Hasil analisa suhu pada tanah di PT. X dengan sampel menggunakan metode *Purposive Sampling* adalah sebagai berikut:



Gambar 14 Grafik Suhu pada Sampel Tanah Purposive Sampling

Hasil analisa suhu pada tanah di PT. X dengan sampel menggunakan metode *Systematic Sampling* adalah sebagai berikut:



Gambar 15 Grafik Suhu pada Sampel Tanah Systematic Sampling

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa suhu tanah pada kedalaman 10 cm dan 40 cm pada titik *Purposive Sampling* dan *Systematic Sampling* berada pada kisaran 25 - 33 ° Celcius. Perbedaan suhu terjadi pada seluruh titik pengambilan sampel, menurut Kartasapoeta (2005), faktor yang memengaruhi suhu tanah ada dua faktor yaitu: faktor luar dan faktor dalam. Faktor luar yang dimaksud adalah radiasi matahari, awan, curah hujan, angin, dan kelembaban udara. Faktor dalam yang dimaksud adalah faktor tanah, struktur tanah, kadar air tanah, kandungan bahan organik, dan warna tanah. Perbedaan suhu pada masing-masing titik baik pada *Purposive Sampling* maupun *Systematic Sampling* dipengaruhi salah satunya oleh waktu pengambilan sampel dan kondisi cuaca ketika pengambilan sampel tanah. Pengambilan sampel tanah dilakukan mulai pagi hari, tapi beberapa sampel tanah dilakukan pada saat siang sampai sore hari.

Selain itu faktor yang memengaruhi lainnya adalah kondisi sekitar dan penutup tanah pada titik sampling yang dapat memengaruhi pada jumlah radiasi yang diterima dari matahari ke tanah, pada titik *Purposive Sampling* kondisi sekitar titik 1-7 adalah lahan terbuka pada permukaan tanah ditumbuhi reremputan namun tidak merata. Pada titik *Systematic Sampling* kondisi sekitar titik 1-8 atau V1-V8 adalah lahan terbuka terdapat 2 pohon besar pada permukaan tanah ditumbuhi reremputan namun tidak merata. Kondisi sekitar titik 9-11 atau U1-U3 adalah lahan yang cukup tertutup karena berada diantara pepohonan besar dan pada permukaan tanah ditumbuhi reremputan secara merata. Kondisi sekitar titik 12-18 atau S1-S7 adalah lahan yang cukup tertutup karena berada diantara pepohonan besar dan pada permukaan tanah ditumbuhi reremputan tidak merata namun permukaan tanah tertutup dengan tumpukan daun yang layu.



Gambar 16 Kondisi Tanah pada Titik Purposive Sampling



Gambar 17 Kondisi Tanah pada Titik Systematic Sampling atau Titik V



Gambar 18 Kondisi Tanah pada Titik Systematic Sampling atau Titik U



Gambar 19 Kondisi Tanah Titik Systematic Sampling atau Titik S

Untuk perbedaan secara fisik pada sampel tanah pada titik *Purposive Sampling* serta *Systematic Sampling* adalah perbedaan warna tanah pada kedalaman 10 cm dan 40 cm, sampel tanah dengan kedalaman 40 cm lebih gelap dibandingkan dengan tanah pada kedalaman 10cm. Menurut Badwi (2019), tanah yang memiliki warna gelap indeks suhunya lebih tinggi. Pada hasil analisa yang dilakukan di PT. X baik pada titik *Purposive Sampling* serta *Systematic Sampling* sebagian besar tanah pada kedalaman 40 cm memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan pada kedalaman 10 cm. Hal ini juga tentunya dipengaruhi pada proses penelitian,

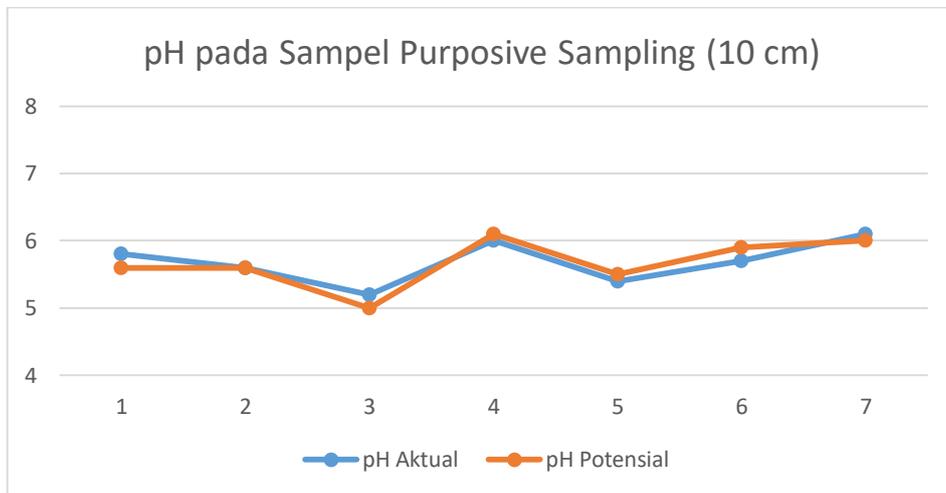
terdapat faktor ketelitian peneliti dan alat yang digunakan. Pada alat yang digunakan, peneliti menggunakan termometer air raksa dan dilakukan setelah tanah dipindahkan ke dalam kantong plastik. Hal tersebut memengaruhi pada hasil yang didapat, tidak semua titik menunjukkan suhu pada kedalaman 40 cm lebih panas daripada kedalaman 10 cm. Berikut adalah gambaran perbedaan warna pada tanah:



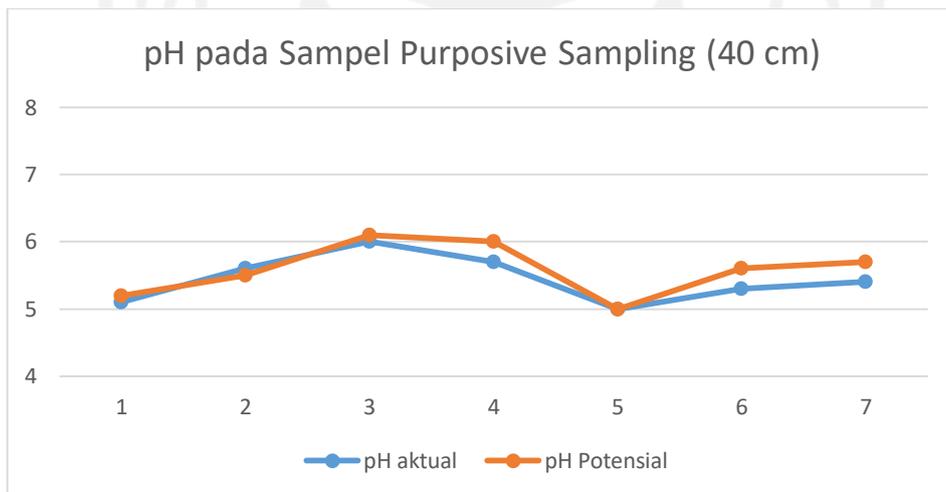
Gambar 20 Perbedaan warna tanah pada kedalaman 10 dan 40 cm

#### 4.2.2 pH

Analisa pH tanah dilakukan dengan mengambil sebanyak 5 gram tanah lalu ditambahkan larutan penjerat dengan perbandingan 1:2 antara tanah dengan larutan, kemudian diaduk dengan *Fisher Stirer* selama 1 jam setelah itu diukur dengan pH meter digital. Analisa pH tanah pada tanah di PT. X dilakukan dengan 2 cara yaitu pH Aktual dengan senyawa  $H_2O$  dan pH Potensial dengan senyawa KCL. Hasil analisa pH pada tanah di PT. X dengan metode *Purposive Sampling* adalah sebagai berikut:

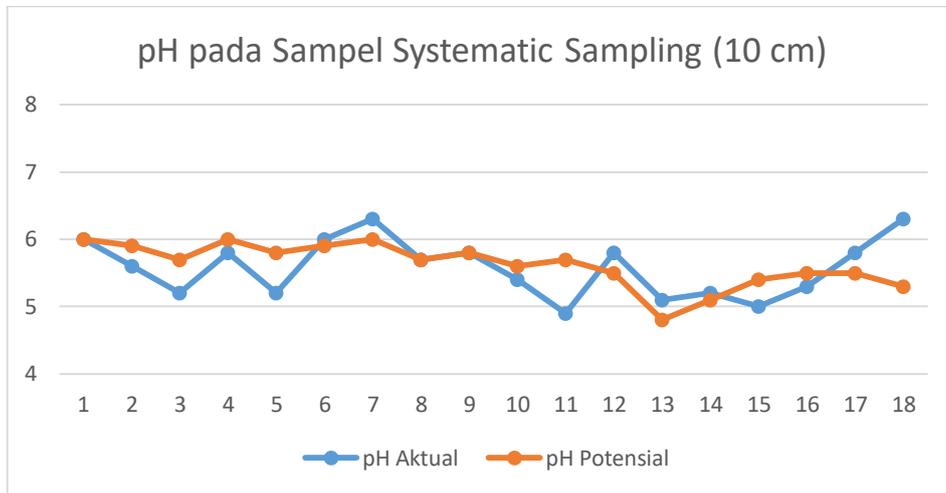


Gambar 21 Grafik pH pada Sampel Tanah Purposive Sampling Kedalaman 10 cm

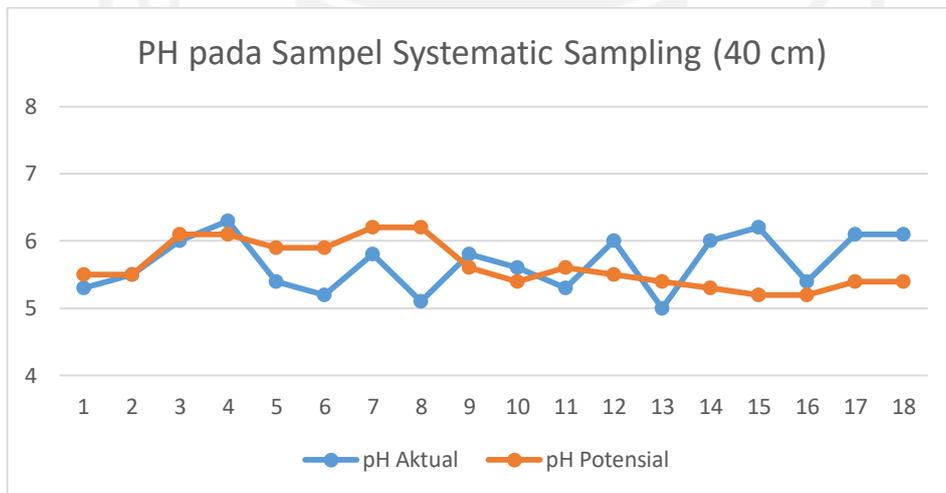


Gambar 22 Grafik pH pada Sampel Tanah Purposive Sampling Kedalaman 40 cm

Hasil analisa pH pada tanah di PT. X dengan metode *Systematic Sampling* adalah sebagai berikut



Gambar 23 Grafik pH pada Sampel Tanah Systematic Sampling Kedalaman 10 cm



Gambar 24 Grafik pH pada Sampel Tanah Systematic Sampling Kedalaman 40 cm

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa pH tanah pada kedalaman 10 cm dan 40 cm pada titik *Purposive Sampling* dan *Systematic Sampling* berada pada kisaran 4,8 – 6,3. Menurut Pairunan (1985) dalam Nazir (2017), menyebutkan bahwa

sampel tanah masuk pada kriteria masam hingga agak masam. Berikut adalah kriteria yang dimaksud:

Tabel 4 Kriteria pH Tanah

No	pH	Kriteria
1	> 9	Sangat Basa / Sangat Alkalis
2	8,5 – 9,0	Basa / Alkalis
3	7,6 – 8,5	Agak Basa / Agak Alkalis
4	6,6 – 7,5	Netral
5	5,6 – 6,5	Agak Masam
6	4,5 – 5,5	Masam
7	< 4,5	Sangat Masam

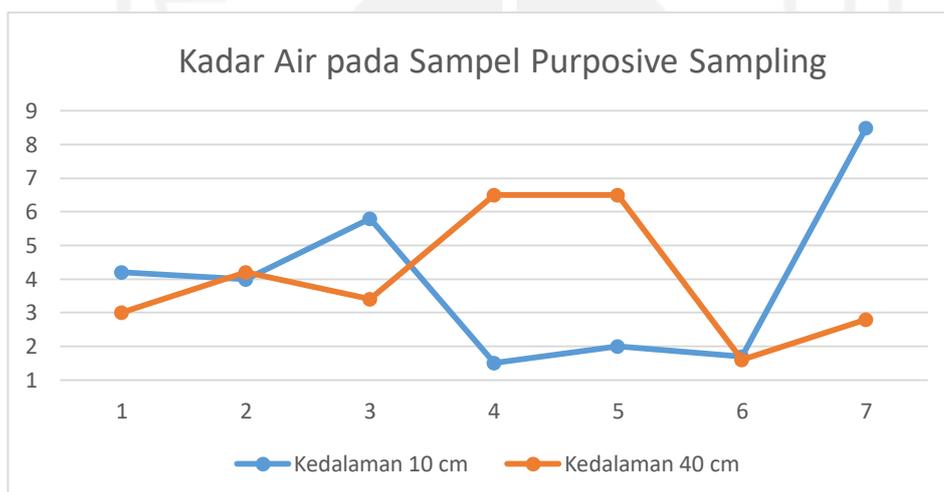
Dalam pengujian pH yang dilakukan dengan 2 cara yaitu pH aktual dan pH potensial, hal ini dilakukan untuk mengetahui jumlah ion H<sup>+</sup> dalam tanah. Menurut Wulandari (2016), pH aktual merupakan pengukuran pH yang menunjukkan konsentrasi ion H<sup>+</sup> yang terdapat dalam larutan tanah dengan bahan pendesak H<sub>2</sub>O sedangkan pH potensial merupakan pengukuran pH yang menunjukkan konsentrasi ion H dalam larutan tanah juga di dalam kompleks jerapan tanah dengan bahan pendesak KCl. Sehingga pada pH potensial ion H<sup>+</sup> terukur lebih banyak dari pada pH aktual, maka nilai pH potensial lebih kecil daripada pH aktual. Melihat pada hasil analisa dan data yang ada nilai pH potensial lebih banyak lebih besar daripada pH aktual. Hal ini menurut Wulandari (2016) berarti muatan tanah yang mendominasi pada PT. X sebagian besar titik sampling bermuatan negatif karena nilai pH potensial lebih besar dari pada pH aktual.

Perbedaan hasil pH tanah ini kemungkinan karena adanya kekeliruan pada peneliti dan alat yang digunakan selama penelitian. Penggunaan pH meter elektronik yang dimasukkan ke tanah yang sudah berupa campuran larutan air atau KCl serta tanah, kemungkinan tidak terbaca dengan baik oleh pH meter elektronik, selain itu juga tidak dilakukan secara berkala proses kalibrasi pada alat pH meter

elektronik sehingga kemungkinan kurang tepatnya angka yang dihasilkan, walaupun sudah dilakukan pengulangan pada proses pengujian.

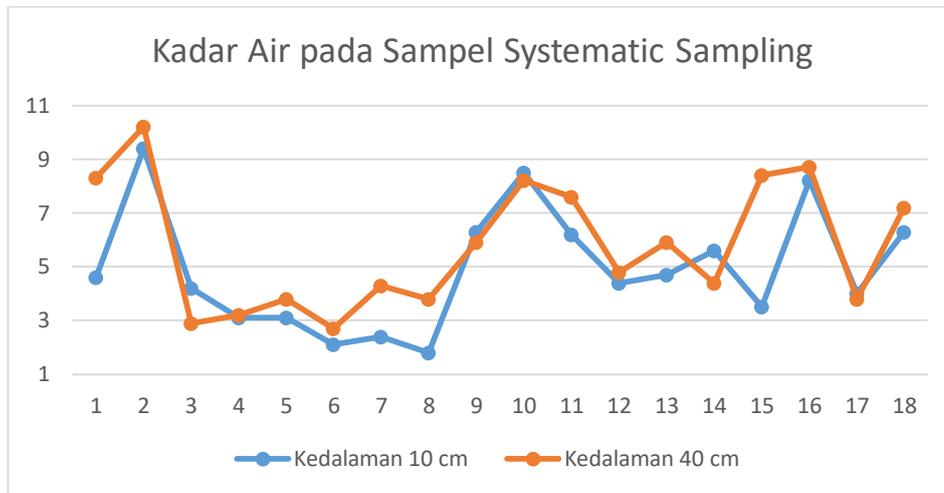
#### 4.2.3 Kadar Air

Analisa kadar air tanah dilakukan dengan memasukkan 5 gram sampel tanah pada sawan yang sebelumnya sudah dipanaskan pada suhu 100 ° Celcius selama 24 jam lalu kemudian dimasukkan ke oven kebalikan pada suhu yang sama selama 24 jam. Kadar air diperlukan untuk membantuk pertumbuhan mikroorganisme tanah. Hasil analisa kadar air pada tanah di PT. X dengan metode *Purposive Sampling* adalah sebagai berikut:



Gambar 25 Grafik Kadar Air pada Sampel Tanah Purposive Sampling

Hasil analisa kadar air pada tanah di PT. X dengan metode *Systematic Sampling* adalah sebagai berikut:



Gambar 26 Grafik Kadar Air pada Sampel Tanah Systematic Sampling

Menurut Indranada (1994) dalam Wahyunie (2012), kedalaman lapisan tanah memengaruhi nilai kadar air, semakin dalam lapisan tanah maka ketersediaan kadar air juga akan semakin banyak. Hal ini tentunya sangat ditentukan oleh karakteristik pori tanah yang menyusun struktur tanah. Lapisan paling atas fluktuasi kadar air tinggi karena dipengaruhi oleh hujan dan evaporasi. Berdasarkan grafik di atas kadar air pada tanah di PT. X dengan metode *Purposive Sampling* dan *Systematic Sampling* berkisar pada 1,5 – 10%, sebagian besar nilai kadar air tanah lebih tinggi pada kedalaman 40 cm.

Pada beberapa titik *Purposive Sampling* di lapisan atas tanah terdapat ceceran oli bekas yang menutupi bagian permukaan tanah yang memungkinkan terjadinya tidak terserapnya air ke dalam tanah. Berikut adalah gambaran kondisi permukaan tanah pada titik *Purposive Sampling*:



Gambar 27 Kondisi Permukaan Tanah pada Titik Purposive Sampling

Sedangkan pada beberapa titik *Systematic Sampling* lapisan tanah sangat beragam dikarenakan tanah pada lokasi tersebut merupakan tanah urukan dan terdapat jalur rel yang memungkinkan tidak terserapnya air dan terlalu rapatnya tanah akibat pemadatan untuk jalur rel. Berikut adalah gambaran kondisi permukaan tanah pada titik *Systematic Sampling*:



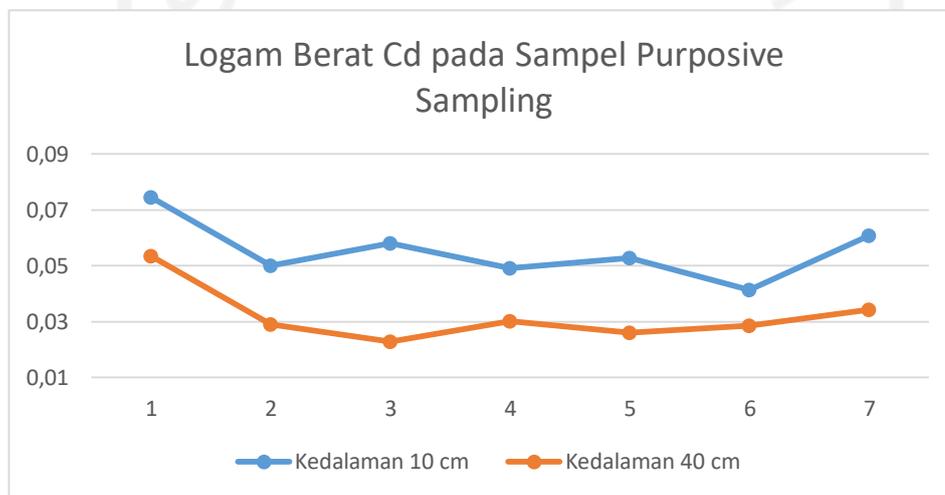
Gambar 28 Kondisi Permukaan Tanah pada Titik Systematic Sampling

Perbedaan nilai kadar air tanah kemungkinan karena adanya kekeliruan pada peneliti dan alat yang digunakan selama penelitian. Perbedaan terjadi dari kurang sempurnanya proses pemanasan yang dilakukan selama 24 jam mengingat penggunaan oven pada Laboratorium yang dilakukan bersamaan dengan pengujian

lainnya sehingga oven terlalu sering dibuka. Selain itu juga, karena hal tersebut suhu tidak stabil di 100°C.

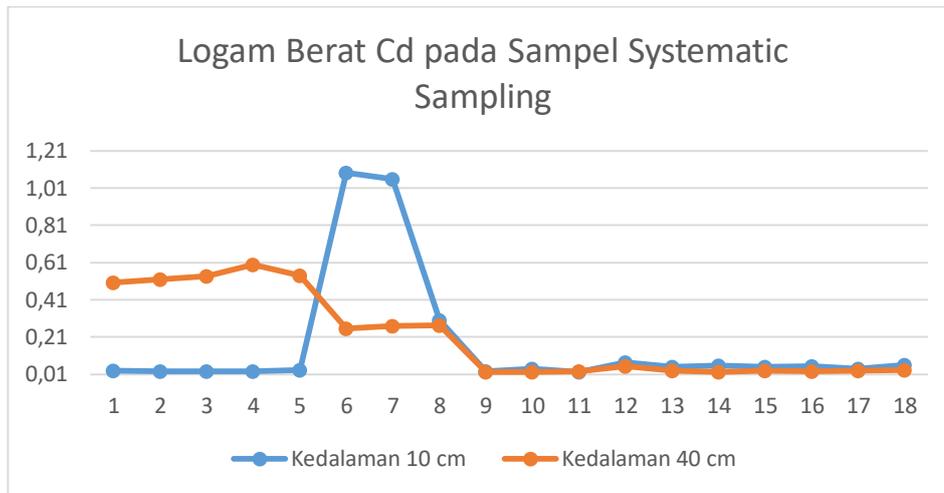
#### 4.2.4 Logam Berat

Analisa kandungan logam berat Kadmium (Cd) menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Hasil analisa kandungan logam berat pada tanah di PT. X dengan metode *Purposive Sampling* adalah sebagai berikut:



Gambar 29 Grafik Logam Berat pada Sampel Tanah Purposive Sampling

Hasil analisa kandungan logam berat Kadmium (Cd) pada tanah di PT. X dengan metode *Systematic Sampling* adalah sebagai berikut:



Gambar 30 Grafik Logam Berat pada Sampel Tanah Systematic Sampling

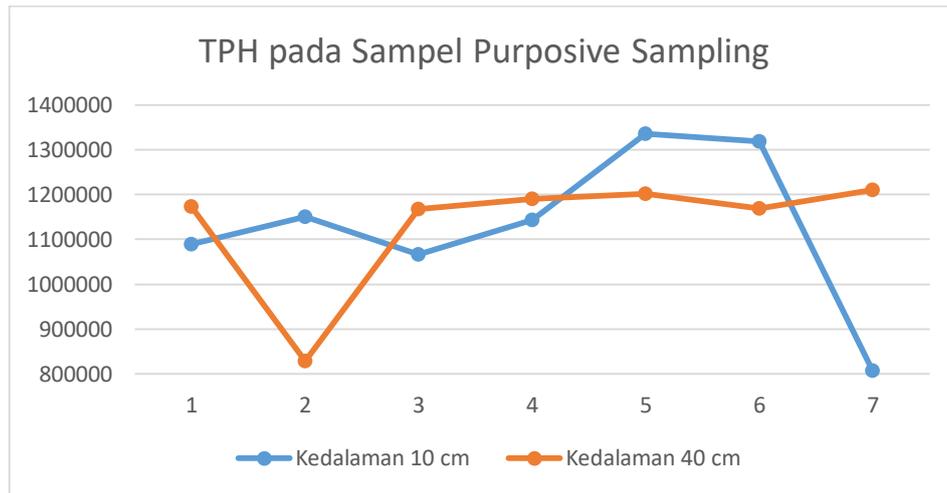
Berdasarkan grafik di atas nilai kandungan logam berat Kadmium (Cd) pada tanah di PT. X dengan metode *Purposive Sampling* berada pada rentang  $< 0,1$  ppm. Pada *Systematic Sampling* nilai kandungan logam berat Cd berada pada rentang  $0,1 - 0,8$  ppm, hanya pada titik 6 dan 7 atau V6; V7 kedalaman 10 cm yang nilainya  $> 0,8$  ppm, yaitu sebesar  $1,0923$  ppm dan  $1,0568$  ppm. Merujuk pada Pickering (1980) dalam Erfandi (2014) yang mengatakan bahwa kisaran logam berat sebagai pencemar dalam tanah pada rentang  $0,1 - 0,8$  ppm. Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 128 Tahun 2003, mengenai perlu dilakukan analisis mengenai *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) dimana hasil uji logam berat harus memenuhi kriteria atau berada di bawah baku mutu yang mengacu pada Kep-04/Bapedal/09/1995 yang mana baku mutu untuk Kadmium (Cd) sebesar  $1$  mg/L. Menurut *Ministry of State for Population and Environment of Indonesia and Dalhousie University, Canada* (1992) dalam Erfandi (2014) ambang batas yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk mengingatkan telah terjadi pencemaran pada oleh Kadmium (Cd) pada suatu daerah adalah sebesar  $0,5$  ppm, mengingat batas kritis atau ambang batas pencemaran pada tanah belum ada atau belum ditetapkan untuk kondisi Indonesia.

Pada titik 6 dan 7 atau V6; V7 pada metode *Systematic Sampling* kedalaman 10 cm nilai kandungan logam berat mencapai 1 ppm dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan yang memengaruhi perserapan logam berat ke dalam tanah, diantaranya adalah pH dan bahan organik tanah. Menurut Setyoningrum (2014), faktor yang memengaruhi adalah pH dan bahan organik tanah, Kadmium (Cd) di dalam tanah dengan pH rendah cenderung lebih kecil bila dibanding pada tanah dengan pH tinggi. Pada kondisi tanah dengan pH rendah, unsur Kadmium (Cd) akan larut dalam air tanah sehingga lebih mudah tercuci ke lapisan bawah tanah apabila turun hujan atau akan ikut terserap oleh akar tanaman pada proses penyerapan nutrient. Pada kondisi tanah dengan pH tinggi, Kadmium (Cd) akan terikat oleh koloid tanah dan bahan organik atau diendapkan dalam bentuk hidroksida, sehingga terhindar dari proses pencucian dan penyerapan oleh akar tanaman. Hal ini dapat dilihat dari nilai pH pada titik 6 dan 7 atau V6; V7 pada metode *Systematic Sampling* kedalaman 10 cm lebih tinggi dibanding titik lainnya pada *Systematic Sampling* yaitu 6,0 dan 6,3.

Logam Kadmium, Tembaga, Seng, dan Timbal merupakan bahan pencemar tanah. Logam merupakan bahan pencemar anorganik yang cenderung berada di dalam tanah dalam waktu yang lama. Sumber pencemaran yang mengakibatkan mudurnya kualitas tanah diantaranya penggunaan bahan-bahan agrokimia dan limbah industri. Bahan agrokimia yaitu: Pupuk, Pestisida, Pupuk kandang, dan Kompos. Menurut Setyotini (2003) dalam Erfandi (2014) kadar kandungan logam berat Kadmium dalam pupuk P sebesar 0,1 - 170 mg/kg dan pada pupuk N sebesar 0,05 - 8,5 mg/kg, sedangkan pada pupuk kandang kadar kandungan logam berat Kadmium sebesar 0,1 - 0,8 mg/kg dan pada kompos kadar kandungan logam berat Kadmium sebesar 0,01 - 100 mg/kg. Selain dari bahan agrokimia pencemaran tanah oleh logam berat Kadmium juga bisa berasal dari bahan induk pembentukan tanah itu sendiri. Pada Nur (2014), Kadmium banyak terdapat pada batuan sedimen schales yaitu sebesar 0,22 ppm berat.

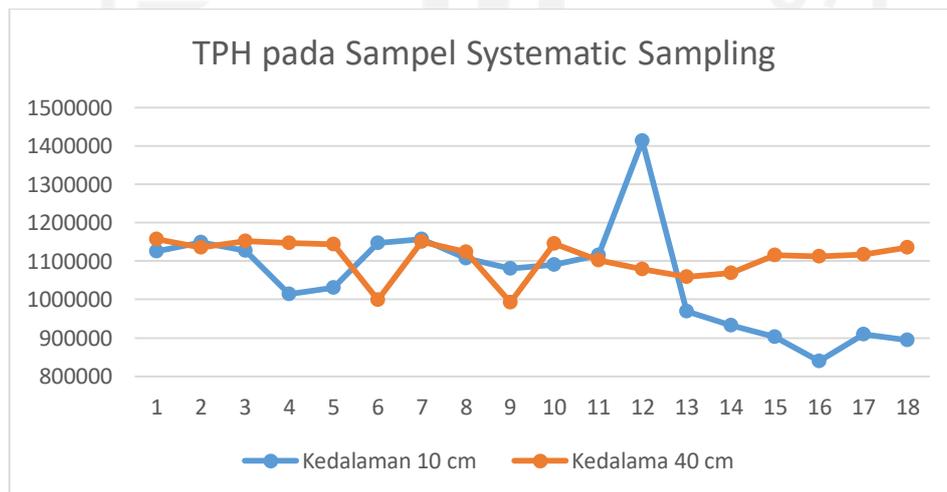
#### 4.2.5 Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)

Analisa kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) menggunakan metode Waterbath. Hasil analisa TPH pada tanah di PT. X dengan metode *Purposive Sampling* adalah sebagai berikut:



Gambar 31 Grafik TPH pada Sampel Tanah Purposive Sampling

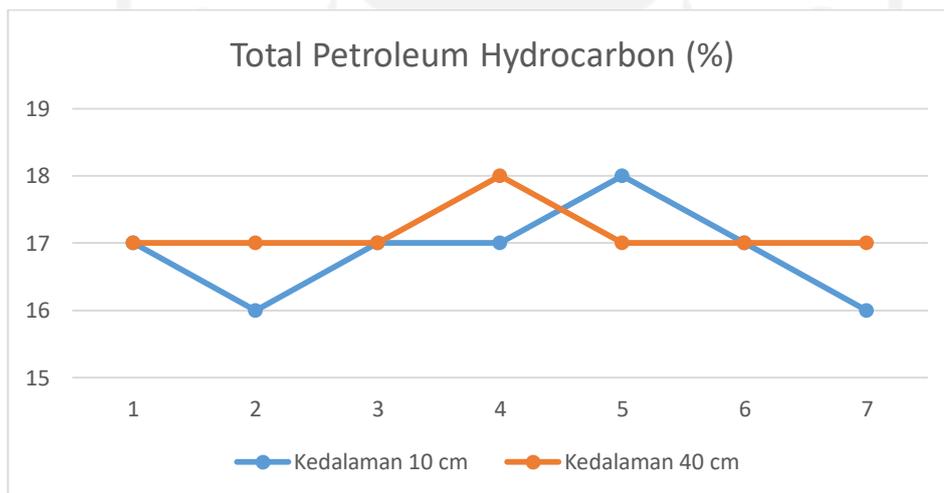
Hasil analisa TPH pada tanah di PT. X dengan *Systematic Sampling* adalah sebagai berikut:



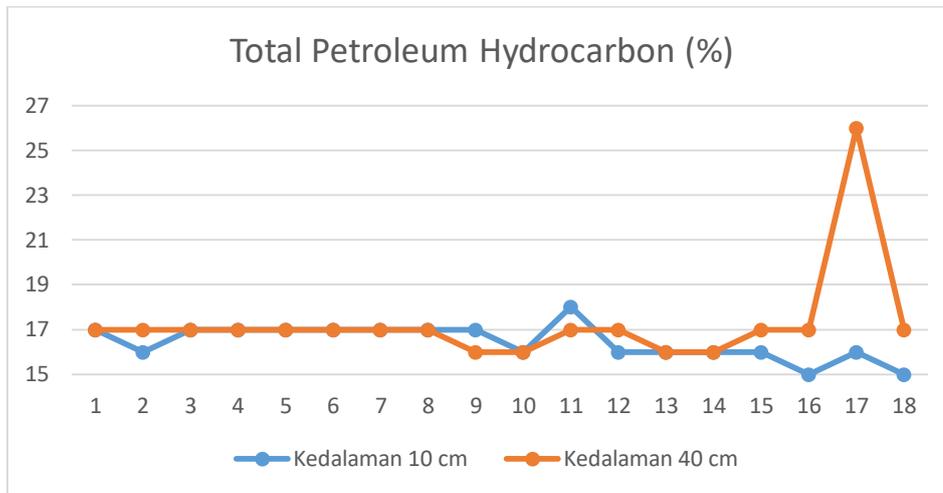
Gambar 32 Grafik TPH pada Sampel Tanah Systematic Sampling

Berdasarkan grafik di atas nilai kandungan TPH pada tanah di PT. X dengan metode *Purposive Sampling* dan *Systematic Sampling* mengatakan bahwa kandungan TPH berada pada rentang 80000 – 1500000 ppm, dalam hal ini kandungan TPH pada tanah di PT. X sangat besar yang memungkinkan beracun dan menghambat pertumbuhan bakteri yang ada.

Merujuk pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 128 Tahun 2004 mengenai persyaratan limbah yang diolah disebutkan bahwa konsentrasi TPH sebelum proses pengolahan lebih dari 15% perlu dilakukan pengolahan atau pemanfaatan terlebih dahulu dengan mempertimbangkan teknologi yang tersedia dan karakteristik limbah. Berikut adalah presentase konsentrasi TPH pada 5 gram tanah tercemar di PT. X:



Gambar 33 Konsentrasi TPH pada 5 gram tanah pada Purposive Sampling



Gambar 34 Konsentrasi TPH pada 5 gram tanah pada Systematic Sampling

Berdasarkan grafik di atas nilai konsentrasi TPH pada 5 gram tanah tercemar berada pada rentang 15 – 26 %. Merujuk pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 128 Tahun 2004 mengenai persyaratan limbah yang diolah disebutkan bahwa konsentrasi TPH sebelum proses pengolahan lebih dari 15% perlu dilakukan pengolahan atau pemanfaatan terlebih dahulu dengan mempertimbangkan teknologi yang tersedia dan karakteristik limbah. Merujuk pada (US EPA) 510-B-17-003 *How to Evaluate Alternative Cleanup Technologies for Underground Storage Tank Sites* mengatakan bahwa hubungan antara persyaratan pembersihan lahan (*clean-up requirement*) dengan keefektifan teknik *landfarming*, jika nilai konsentrasi TPH > 0,1 ppm dan pengurangan TPH < 95% maka penggunaan teknik *landfarming* akan efektif.

#### 4.3 Perencanaan Bioremediasi dengan Teknik Landfarming

Berdasarkan hasil analisa karakteristik tanah, kandungan logam berat, dan kandungan *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) yang dilakukan pada tanah di PT. X, tanah tersebut mengandung *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) yang begitu besar sehingga perlu adanya pengolahan dan penelitian lebih lanjut mengenai proses penurunan kandungan *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) menjadi sesuai dengan (US EPA) 510-B-17-003 *How to Evaluate Alternative Cleanup*

*Technologies for Underground Storage Tank Sites* dan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 128 Tahun 2003 pada rentang 10.000 – 50.000 ppm. Salah satu upaya secara biologis yang dapat mengatasi pencemaran tersebut adalah dengan menggunakan teknologi Bioremediasi.

Teknologi Bioremediasi merupakan suatu proses pemanfaatan mikroorganisme untuk menguraikan polutan melalui proses oksidasi reduksi sehingga dampak polutan di lingkungan berkurang atau menghilang. Teknologi Bioremediasi terbagi menjadi proses in-situ dan ex-situ. Menurut Ali (2012) Bioremediasi dikatakan in-situ dimana pencemar dan media tercemarnya tetap berada pada tempat aslinya saat dilaksanakan proses bioremediasi, sedangkan Bioremediasi dikatakan ex-situ dimana pencemar dan media tercemarnya dipindahkan dari tempat aslinya ke tempat lain dimana proses bioremediasi dapat dilakukan. Menurut Wahidin (2010), dalam bioremediasi tanah teknik ex-situ dapat dilakukan meliputi *landfarming*, pengomposan, dan bioreaktor. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 128 Tahun 2003 proses bioremediasi meliputi *Landfarming*, *Biopile*, dan *Composting*.

*Landfarming* menurut Ali (2012) merupakan teknik bioremediasi yang dilaksanakan di permukaan tanah baik secara in-situ maupun ex-situ. Teknik ini merupakan metode bioremediasi yang paling awal dan sederhana serta sangat umum diterapkan dalam meremediasi tanah tercemar minyak. Menurut Wahidin (2010) teknik *landfarming* mulai digunakan karena adanya asumsi bahwa senyawa kimia akan didegradasi dan diubah pada lingkungan dalam waktu yang sangat lama karena konsentrasinya tinggikan bersifat toksik. Teknik ini membutuhkan penggalian dan penempatan yang berupa tumpukan-tumpukan, kemudian secara berkala dicampur dan diatur kelembapannya. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 128 Tahun 2003 *landfarming* adalah proses pengolahan limbah minyak bumi dengan cara menyebarkan dan mengaduk limbah sampai merata di atas lahan dengan ketebalan sekitar 20 – 50 cm, sehingga proses penguraian limbah minyak bumi secara mikrobiologis dapat terjadi.

Perencanaan Bioremediasi pada penelitian ini mengacu pada (US EPA) 510-B-17-003 *How to Evaluate Alternative Cleanup Technologies for Underground Storage Tank Sites* sebagai landasan kondisi ideal untuk melakukan proses bioremediasi dengan teknik *landfarming*. Berikut adalah kondisi ideal untuk melakukan proses bioremediasi dengan teknik *landfarming*:



Tabel 5 Kondisi Ideal Bioremediasi Teknik Landfarming

Parameter	US EPA 510-B-17-003
<b>Karakteristik Tanah</b>	
pH	6 - 8
Total Heterotrophic Bacteria	> 1000 CFU/g
Kadar Air	40 – 85 %
Suhu	10 – 45 °C
Nutrein	100:10:1 – 100:1:0,5
<b>Karakteristik Unsur</b>	
Logam Berat	≤ 2500 ppm
<i>Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)</i>	≤ 50000 ppm
<b>Kondisi Cuaca</b>	
Suhu Lingkungan	10 – 45 °C
Curah Hujan Tahunan	≤ 30 inc
Angin	Jarang – Sepoi-sepoi

Perencanaan Bioremediasi juga mengacu pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 128 Tahun 2003 tentang Tatacara Dan Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Dan Tanah Terkontaminasi Oleh Minyak Bumi Secara Biologis untuk landasan hasil akhir dari proses bioremediasi dengan teknik *landfarming*. Berikut adalah nilai hasil akhir dari proses bioremediasi:

Tabel 6 Kriteria Hasil Akhir Pengolahan

Parameter	KepMenLH 128 2003
<b>Analisis Limbah</b>	
pH	6 - 9
TPH	10000 µg/g
Benzene	1 µg/g
Toluene	10 µg/g
Ethylbenzene	10 µg/g
Xylene	10 µg/g
Total PAH	10 µg/g
<b>Analisis TCLP</b>	
Pb	5 mg/L
As	5 mg/L
Ba	150 mg/L
Cd	1 mg/L
Cr	5 mg/L
Cu	10 mg/L
Hg	0,2 mg/L
Se	1 mg/L
Zn	50 mg/L

#### 4.3.1 Perbandingan Kondisi Tanah di PT. X

Analisa pada tanah di PT. X dilakukan untuk mengetahui kondisi sebenarnya pada titik yang telah di tentukan dengan 2 metode sampling, titik pada *Purposive Sampling* adalah tanah yang dianalisa diduga adalah tanah yang mengalami pencemaran lebih besar dibandingkan pada titik *Systematic Sampling*. Tanah pada titik *Systematic Sampling* adalah tanah yang dianalisa untuk mengetahui sebaran dan perbandingan kondisi dengan tanah pada titik *Purposive Sampling*.

Perbandingan juga dilakukan dengan membandingkan kondisi tanah di PT. X dengan kondisi ideal untuk menerapkan bioremediasi, dalam hal ini adalah dengan kondisi ideal yang ditampilkan pada Tabel 16. Perbandingan dilakukan untuk mengetahui hal yang diperhatikan, dilakukan penelitian lanjutan, dan dilakukan tindakan untuk menciptakan kondisi ideal agar hasil bioremediasi sesuai dengan kriteria hasil pengolahan yang ditambihkan pada tabel 17. Perbandingan kondisi tanah dengan kondisi ideal digambarkan dengan menentukan kriteria pada masing-masing parameter dan digambarkan dengan peta sebagai berikut:

#### 1. Suhu

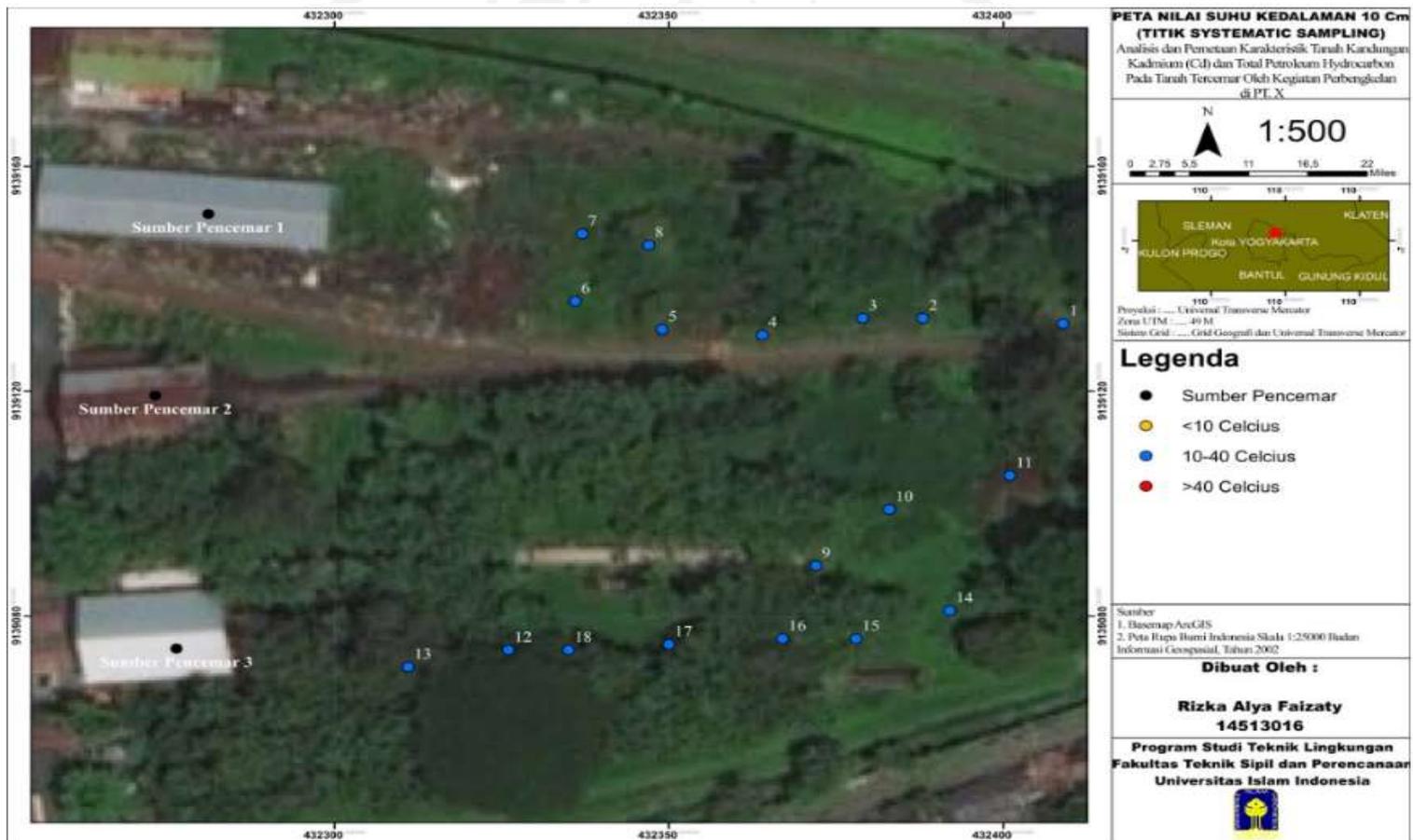
Berikut kondisi tanah pada titik *Purposive Sampling* dan *Systematic Sampling* dengan kedalaman 10 cm dan 40 cm dibandingkan dengan kondisi ideal bioremediasi. Kondisi ideal Bioremediasi pada suhu berada pada 10 – 40 °C. Pada peta berikut dinyatakan dengan legenda titik warna merah untuk kondisi tanah yang melebihi dari kondisi ideal, yaitu lebih dari 40 °C; titik warna biru untuk kondisi tanah yang sesuai dengan dari kondisi ideal; dan titik warna kuning untuk kondisi tanah yang kurang dari kondisi ideal, yait kurang dari 10 °C .



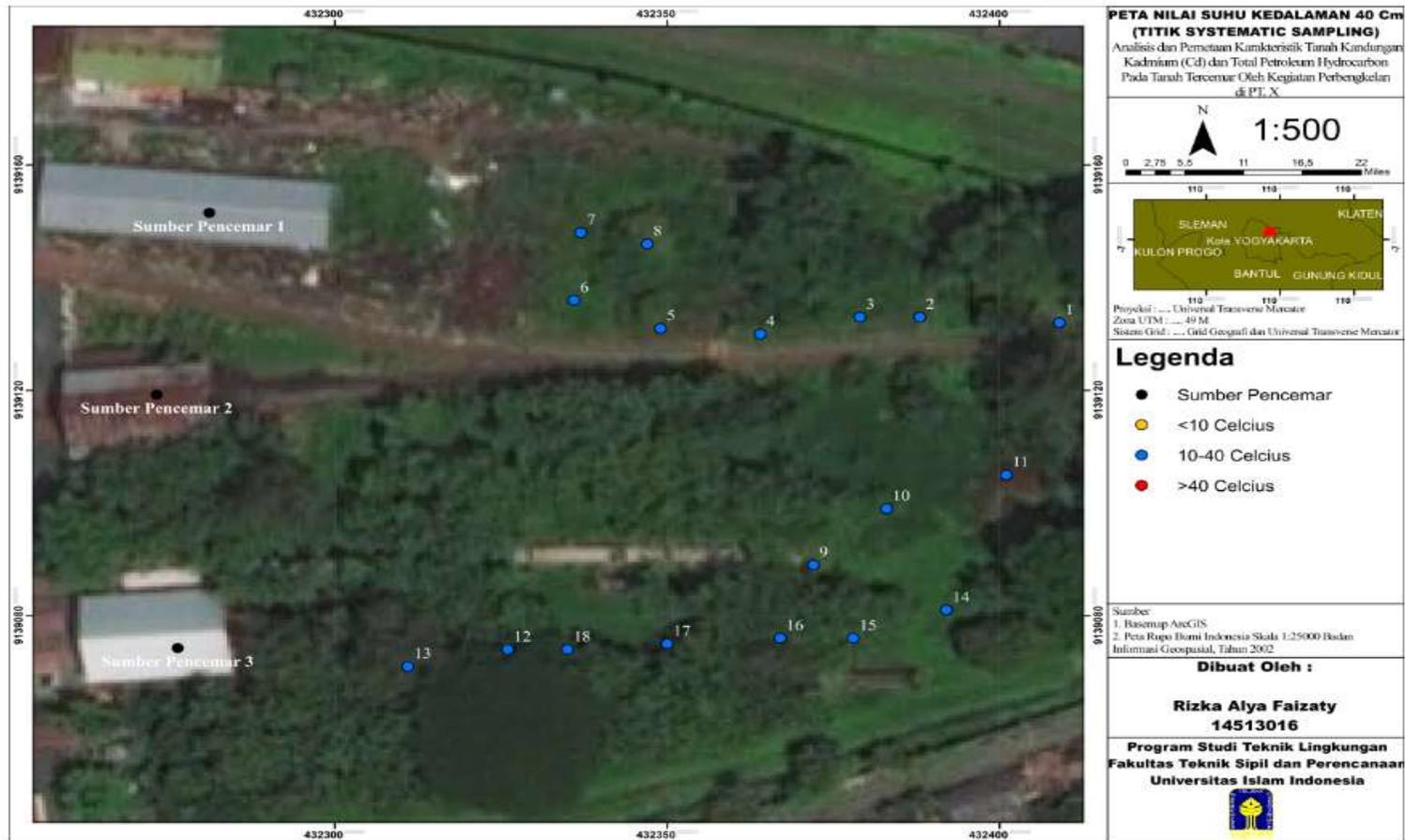
Gambar 35 Peta Suhu Kedalaman 10 cm pada Titik Purposive Sampling



Gambar 36 Peta Suhu Kedalaman 40 cm pada Titik Purposive Sampling



Gambar 37 Peta Suhu Kedalaman 10 cm pada Titik Systematic Sampling



Gambar 38 Peta Suhu Kedalaman 40 cm pada Titik Systematic Sampling

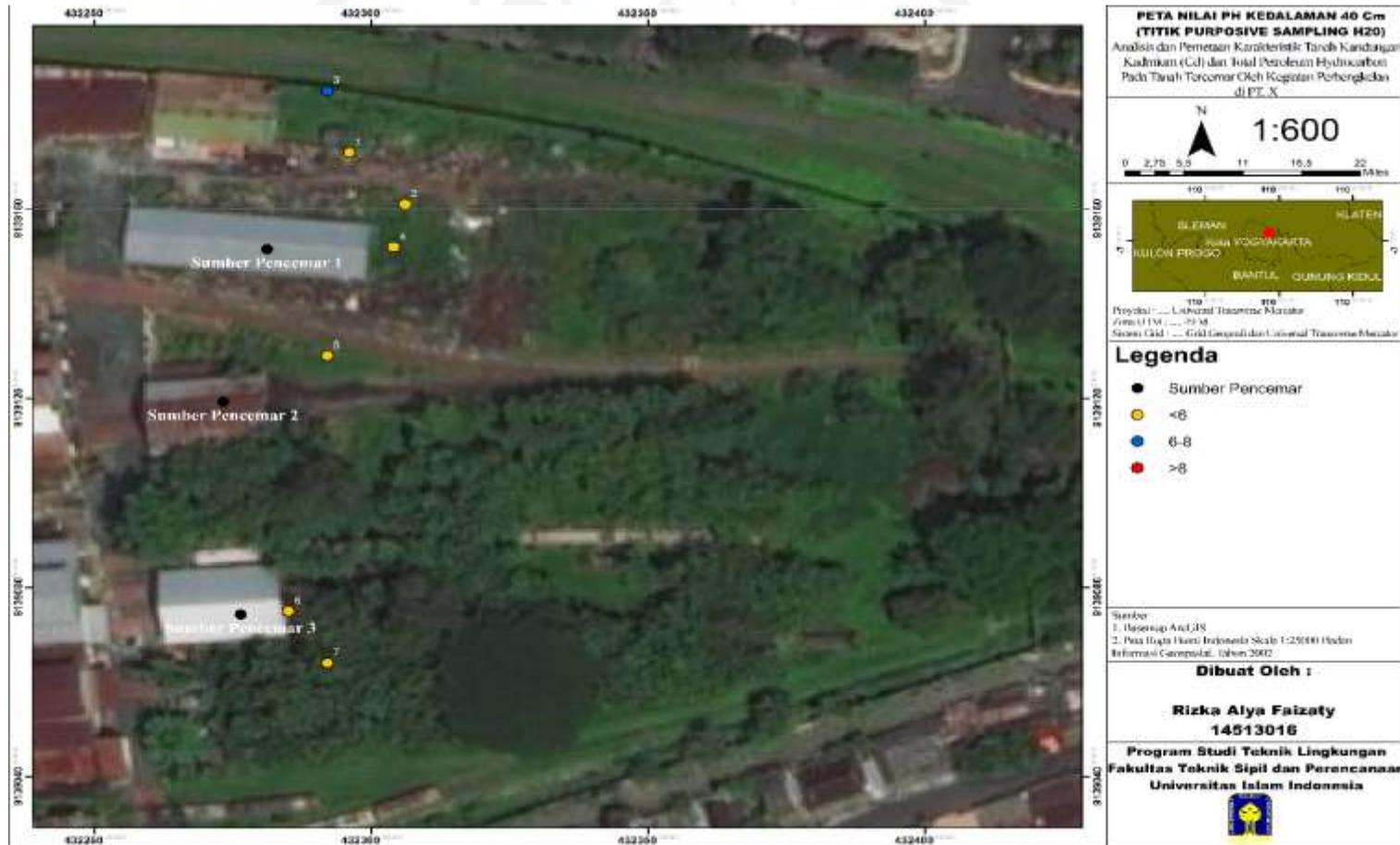
## 2. pH

Berikut kondisi tanah pada titik *Purposive Sampling* dan *Systematic Sampling* dengan kedalaman 10 cm dan 40 cm dibandingkan dengan kondisi ideal bioremediasi. Kondisi ideal Bioremediasi pada pH berada pada 6 – 8. Untuk pH pada tanah dilakukan dengan 2 cara untuk mengetahui kondisi pH aktual dan pH potensial. Pada peta berikut dinyatakan dengan legenda titik warna merah untuk kondisi tanah yang melebihi dari kondisi ideal, yaitu lebih dari 8; titik warna biru untuk kondisi tanah yang sesuai dengan dari kondisi ideal; dan titik warna kuning untuk kondisi tanah yang kurang dari kondisi ideal, yaitu kurang dari 6.





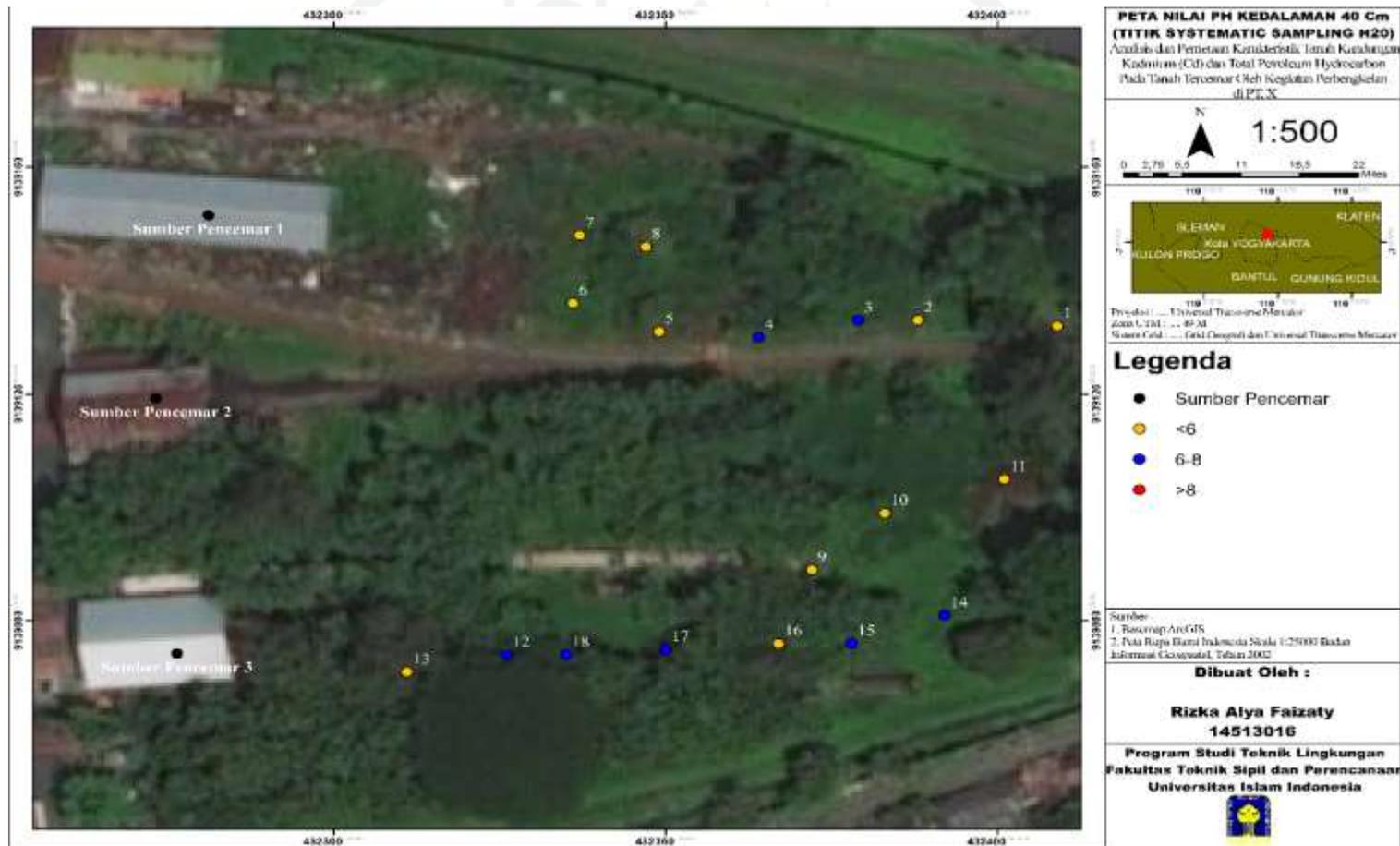
Gambar 39 Peta pH Aktual Kedalaman 10 cm pada Titik Purposive Sampling



Gambar 40 Peta pH Aktual Kedalaman 40 cm pada Titik Purposive Sampling



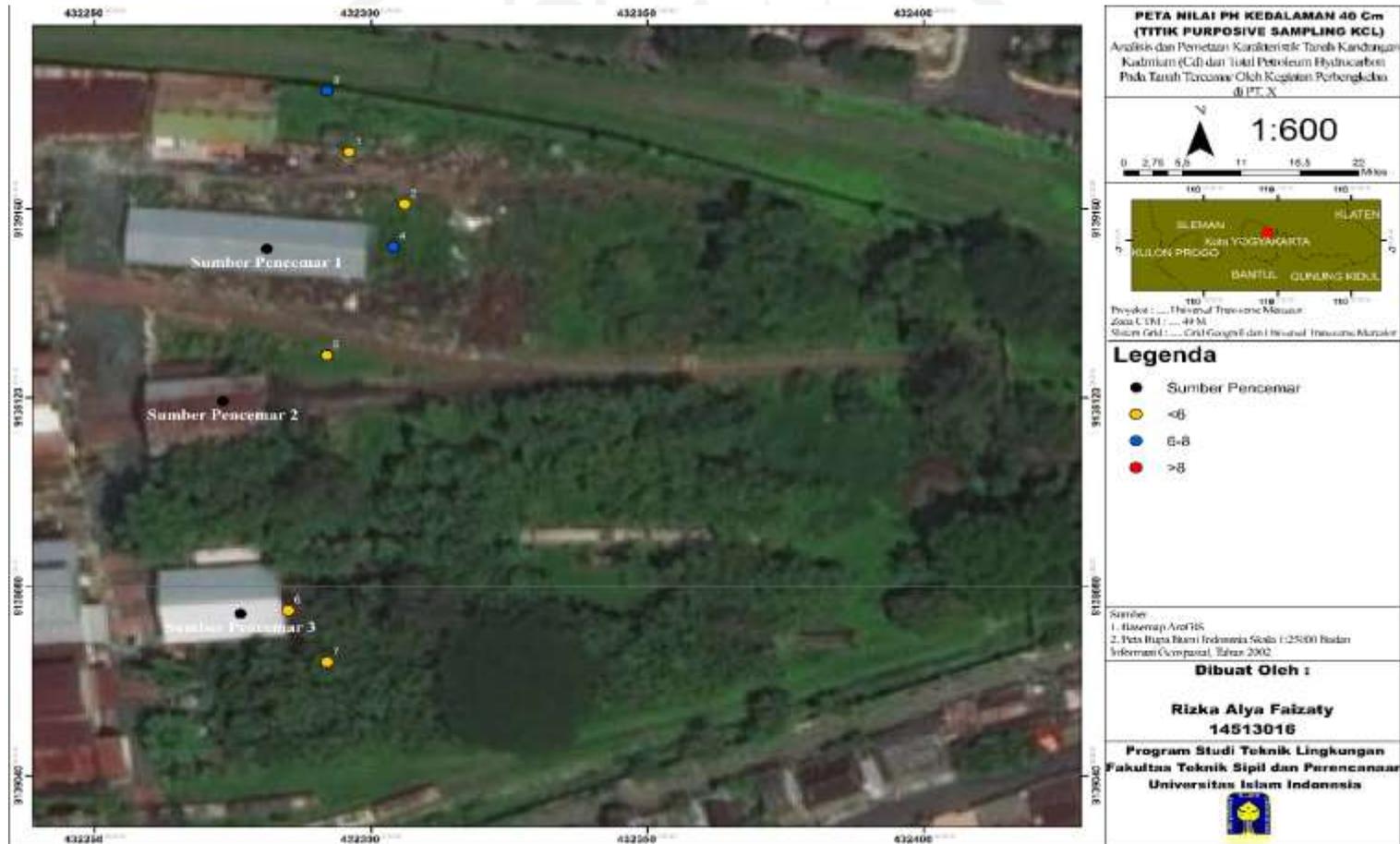
Gambar 41 Peta pH Aktual Kedalaman 10 cm pada Titik Systematic Sampling



Gambar 42 Peta pH Aktual Kedalaman 40 cm pada Titik Systematic Sampling



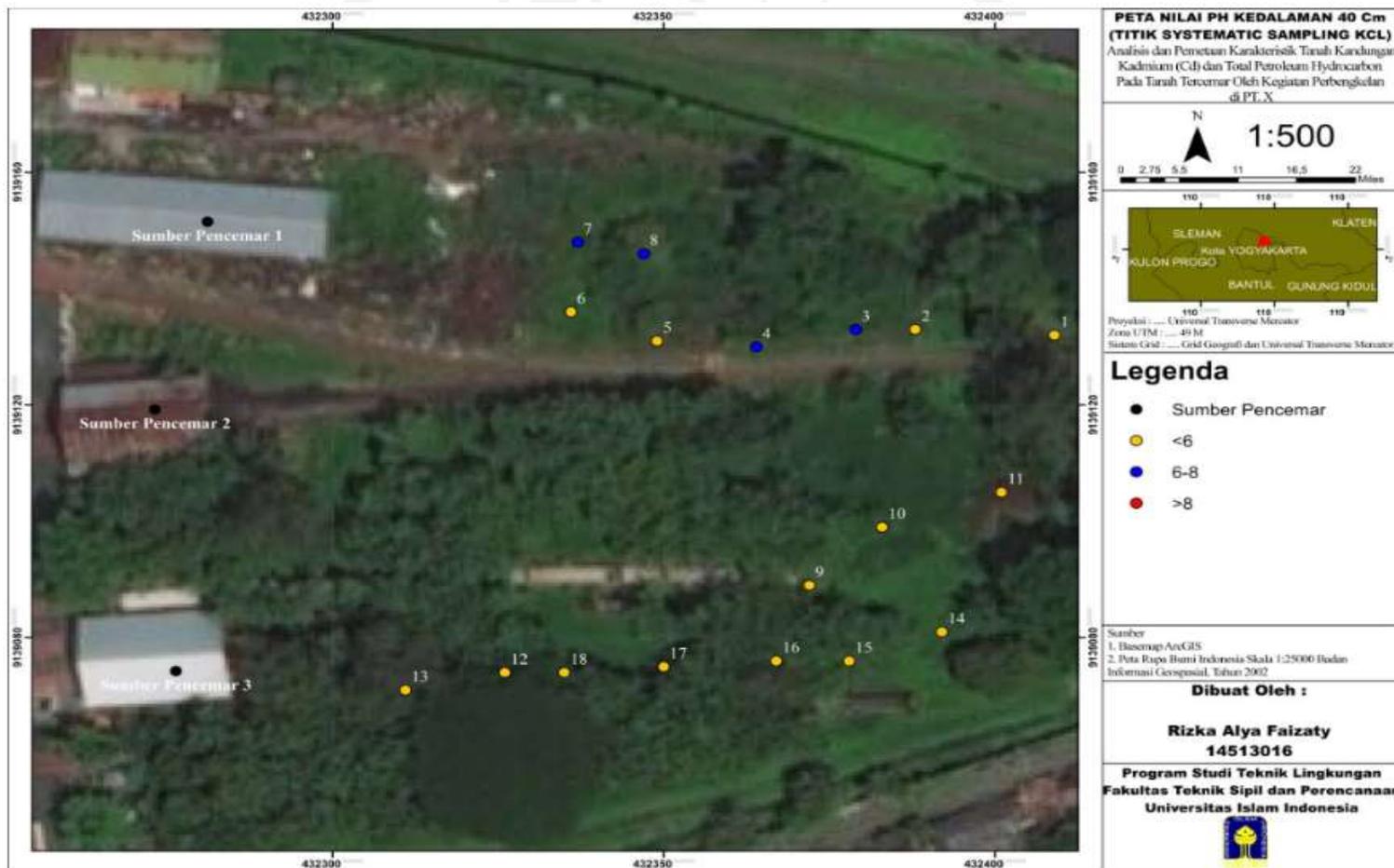
Gambar 43 Peta pH Potensial Kedalaman 10 cm pada Titik Purposive Sampling



Gambar 44 Peta pH Potensial Kedalaman 40 cm pada Titik Purposive Sampling



Gambar 45 Peta pH Potensial Kedalaman 10 cm pada Titik Systematic Sampling



Gambar 46 Peta pH Potensial Kedalaman 40 cm pada Titik Systematic Sampling

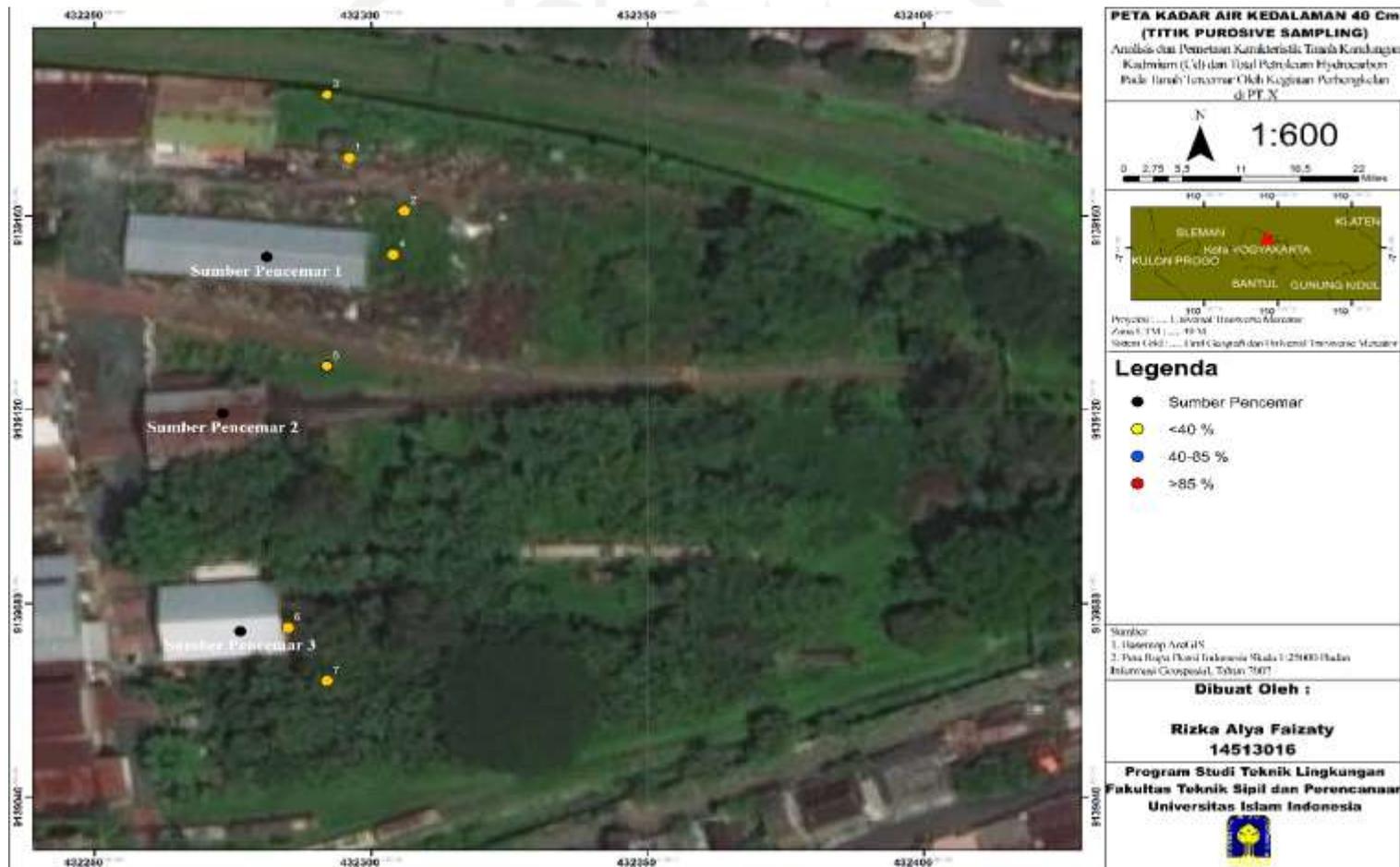
### 3. Kadar Air

Berikut kondisi tanah pada titik *Purposive Sampling* dan *Systematic Sampling* dengan kedalaman 10 cm dan 40 cm dibandingkan dengan kondisi ideal bioremediasi. Kondisi ideal Bioremediasi pada kadar air berada pada 40% – 85% . Pada peta berikut dinyatakan dengan legenda titik warna merah untuk kondisi tanah yang melebihi dari kondisi ideal, yaitu lebih dari 85%; titik warna biru untuk kondisi tanah yang sesuai dengan dari kondisi ideal; dan titik warna kuning untuk kondisi tanah yang kurang dari kondisi ideal, yaitu kurang dari 40% .





Gambar 47 Peta Kadar Air Kedalaman 10 cm pada Titik Purposive Sampling



Gambar 48 Peta Kadar Air Kedalaman 40 cm pada Titik Purposive Sampling



Gambar 49 Peta Kadar Air Kedalaman 10 cm pada Titik Systematic Sampling

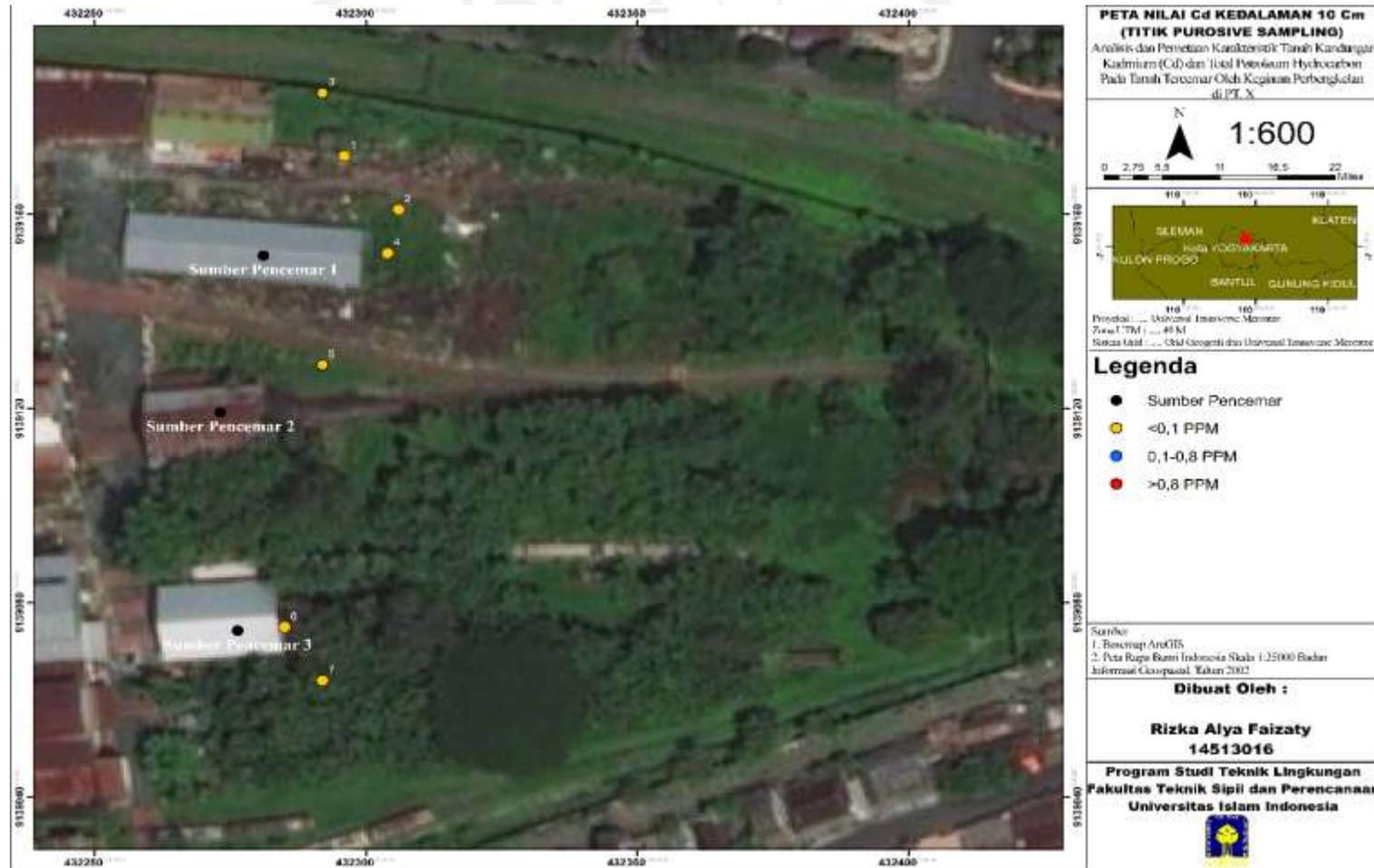


Gambar 50 Peta Kadar Air Kedalaman 40 cm pada Titik Systematic Sampling

#### 4. Logam Berat Kadmium (Cd)

Berikut kondisi tanah pada titik *Purposive Sampling* dan *Systematic Sampling* dengan kedalaman 10 cm dan 40 cm dibandingkan dengan kondisi ideal bioremediasi. Kondisi ideal Bioremediasi pada kandungan logam berat Kadmium (Cd) berada pada 0,1 – 0,8 ppm. Pada peta berikut dinyatakan dengan legenda titik warna merah untuk kondisi tanah yang melebihi dari kondisi ideal, yaitu lebih dari 0,8 ppm; titik warna biru untuk kondisi tanah yang sesuai dengan dari kondisi ideal; dan titik warna kuning untuk kondisi tanah yang kurang dari kondisi ideal, yaitu kurang dari 0,1 ppm.

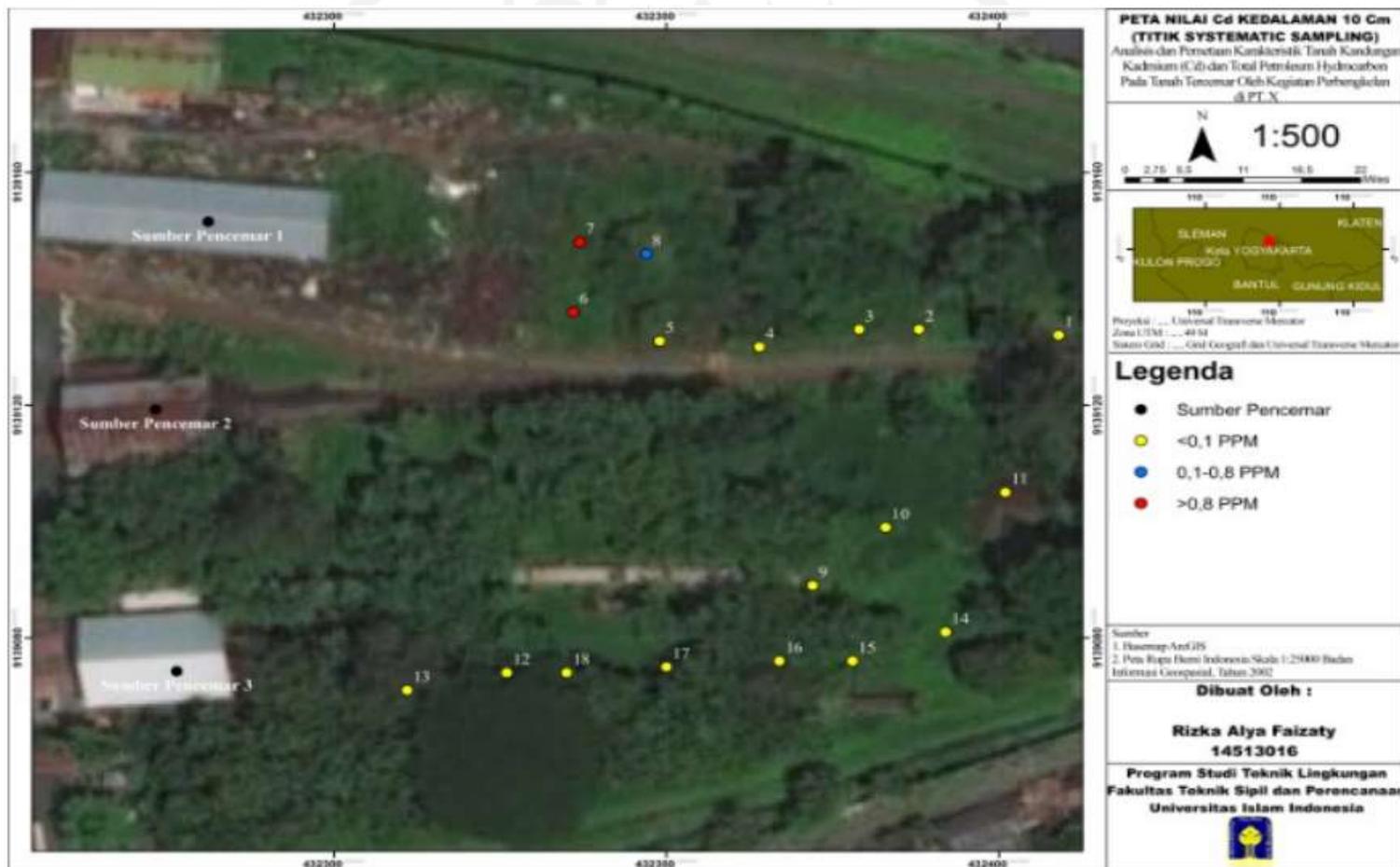




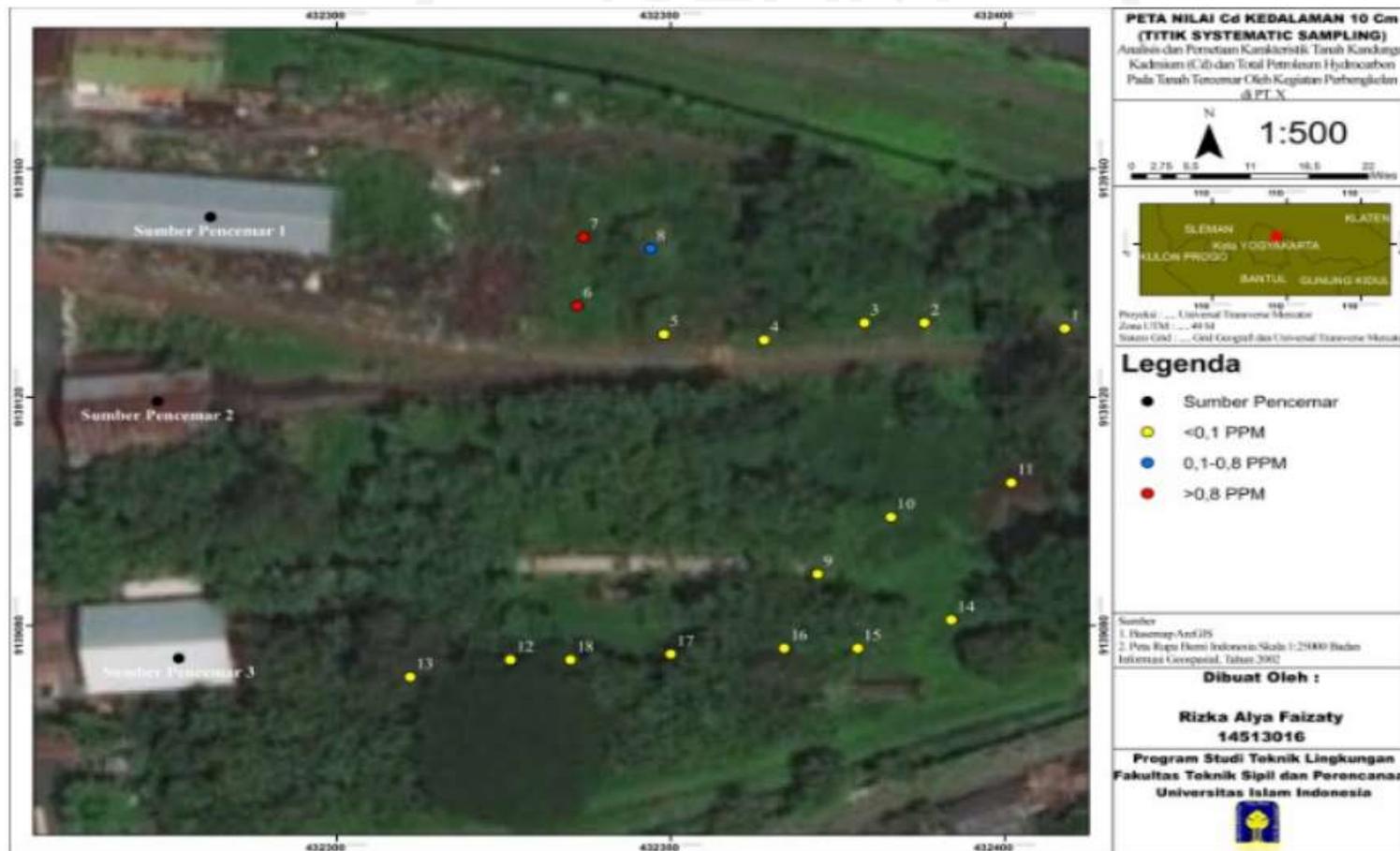
Gambar 51 Peta Logam Berat Cd Kedalaman 10 cm pada Titik Purposive Sampling



Gambar 52 Peta Logam Berat Cd Kedalaman 40 cm pada Titik Purposive Sampling



Gambar 53 Peta Logam Berat Cd Kedalaman 10 cm pada Titik Systematic Sampling



Gambar 54 Peta Logam Berat Cd Kedalaman 40 cm pada Titik Systematic Sampling

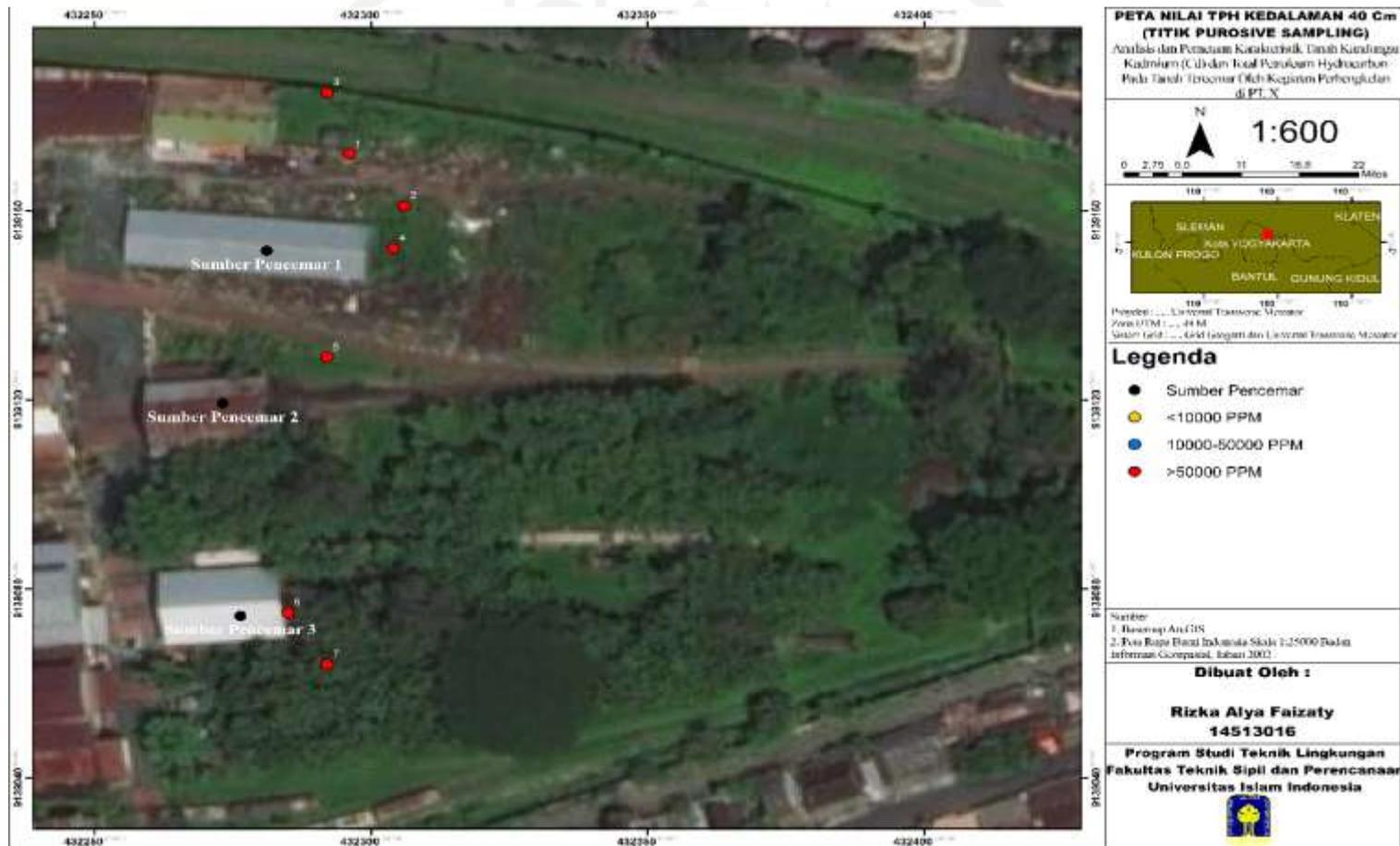
#### 5. Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)

Berikut kondisi tanah pada titik *Purposive Sampling* dan *Systematic Sampling* dengan kedalaman 10 cm dan 40 cm dibandingkan dengan kondisi ideal bioremediasi. Kondisi ideal Bioremediasi pada Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) berada pada 10000 – 50000 ppm. Pada peta berikut dinyatakan dengan legenda titik warna merah untuk kondisi tanah yang melebihi dari kondisi ideal, yaitu lebih dari 50000 ppm; titik warna biru untuk kondisi tanah yang sesuai dengan dari kondisi ideal; dan titik warna kuning untuk kondisi tanah yang kurang dari kondisi ideal, yaitu kurang dari 10000 ppm.

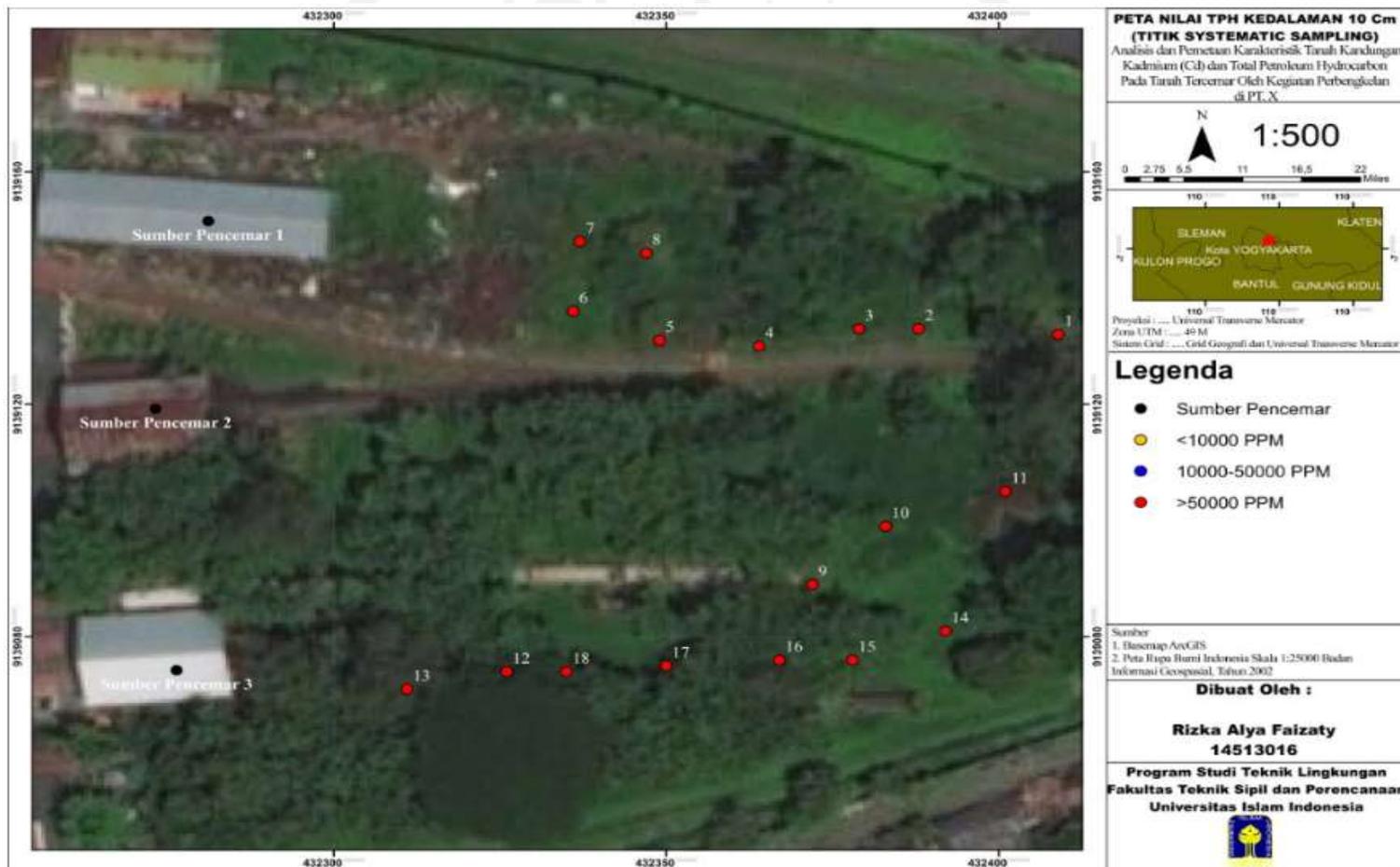




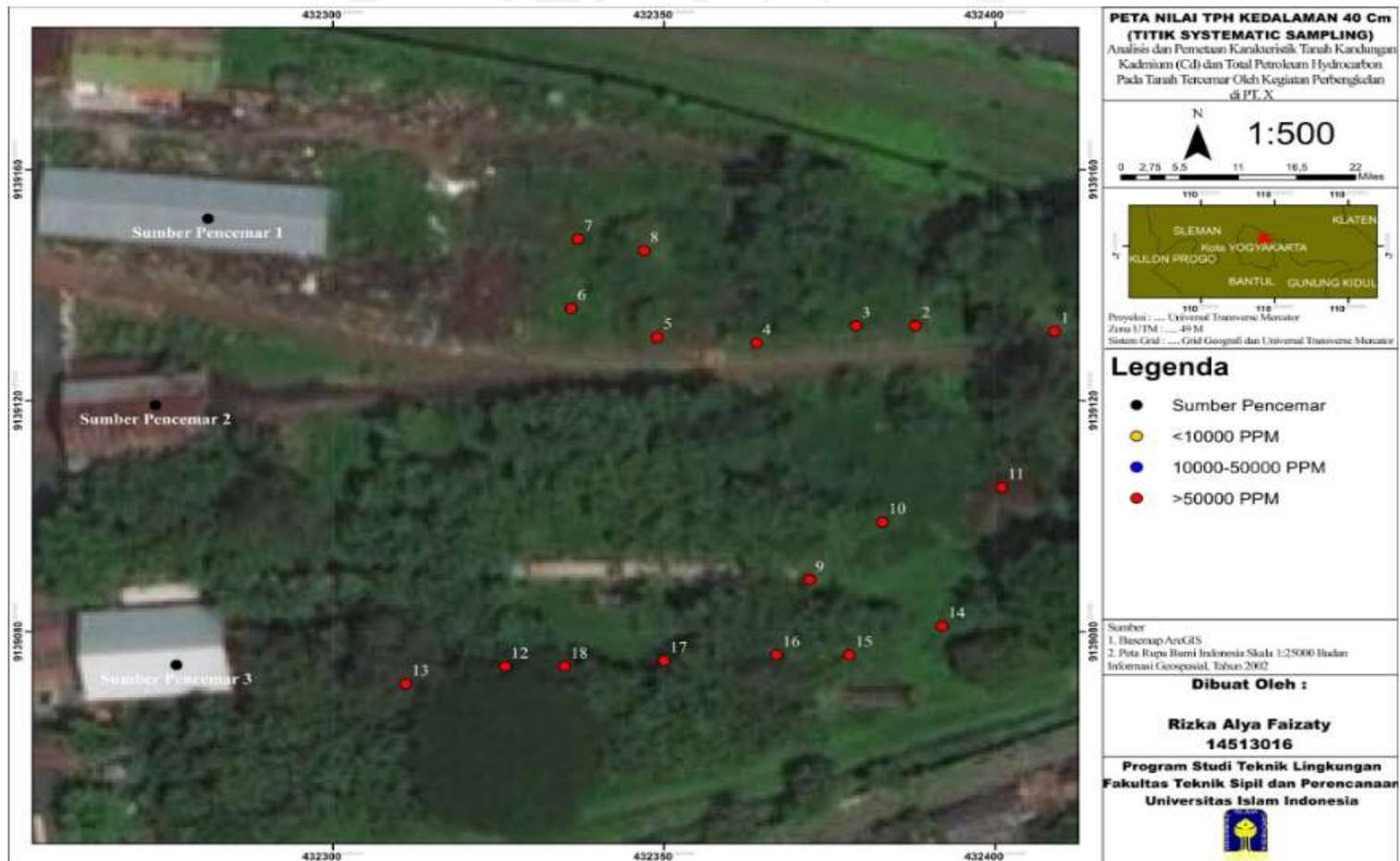
Gambar 55 Peta TPH Kedalaman 10 cm pada Titik Purposive Sampling



Gambar 56 Peta TPH Kedalaman 40 cm pada Titik Purposive Sampling



Gambar 57 Peta TPH Kedalaman 10 cm pada Titik Systematic Sampling



Gambar 58 Peta TPH Kedalaman 40 cm pada Titik Systematic Sampling

Berdasarkan analisa yang dilakukan pada tanah tercemar di PT. X dapat diketahui ringkasan parameter yang dianalisa, kondisi ideal, dan nilai akhir yang digambarkan pada tabel berikut:

Tabel 7 Ringkasan Hasil Analisa, Kondisi Ideal dan Hasil Akhir

Parameter	Hasil analisa di PT. X	Kondisi ideal untuk memulai <i>landfarming</i>
Suhu	26 – 33 ° C	10 – 40 ° C
pH	4,8 – 6,3	6 – 8
Kadar Air	1,5 – 10%	40 – 85 %
Logam Berat	0,02 – 1,09 ppm	≤ 2500 ppm
<i>Total Petroleum Hydrocarbon</i> (TPH)	800000 – 4700000 ppm	≤ 50000 ppm

Ringkasan tabel diatas dapat memberikan gambaran dalam perencanaan proses bioremediasi, beberapa parameter perlu diperhatikan lebih lanjut dan design yang menyesuaikan dalam hal ini pada pH, kadar air, dan *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) tanah tanah tercemar di PT. X. Untuk pH, perlu meningkatkan alkalinitas tanah seperti yang dilakukan Nazir (2017) dengan menambahkan Kapur dan dihitung kebutuhannya. Untuk kadar air, Wahidin (2010) melakukan penambahan kelembaban dengan menyiram tanah, namun tetap harus dilakukan pengontrolan mengingat kandungan air yang terlalu tinggi akan berakibat sulitnya oksigen untuk masuk ke dalam tanah. Untuk TPH, secara alami mikroba tanah mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon yang mencemari tanah, proses degradasi minyak di tanah secara alami membutuhkan waktu yang relatif lama. Karena itu menurut Prayitno (2017), bioremediasi banyak digunakan untuk mempercepat proses pemulihan lahan yang tercemar minyak melalui pengaturan kondisi lingkungan, penambahan nutrisi, dan penambahan mikroba dari luar.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Karakteristik tanah di PT. X, suhu tanah berkisar pada 26 – 33 °C; pH tanah berkisar pada 4,8 – 6,3; kadar air tanah berkisar pada 1,5 – 10 %; kandungan logam berat Kadmium (Cd) tanah di PT. X berkisar 0,02 – 1,09 ppm; kandungan *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) tanah di PT. X berkisar 800.000 – 1.400.000 ppm.
2. Perencanaan penanganan tanah tercemar pada PT. X dilakukan dengan Bioremediasi menggunakan teknik Landfarming yang dilakukan secara ex-situ pada gedung *Green House* di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Diperlukan analisis karakteristik tanah yang lebih lengkap agar mengetahui kondisi tanah secara keseluruhan. Pada proses analisis karakteristik sebaiknya berkoordinasi dengan pihak Laboratorium agar kondisi yang sudah disesuaikan tidak berubah-ubah seperti pada alat dan kelengkapan lainnya.
2. Diperlukan pemetaan yang lebih dalam cakupannya untuk penggambaran kondisi pencemaran pada tanah di PT. X.
3. Diperlukan pelaksanaan perencanaan penelitian terhadap tanah tercemar di PT. X dengan menerapkan Bioremediasi menggunakan teknik Lanfarming secara ex-situ selama 4 bulan / 120 hari.



## DAFTAR PUSATAKA

- [ATSDR] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1999. *Toxicological Profile for total petroleum hydrocarbons (TPH)*. Atlanta GA: Department of Public Health and Human Services.
- Afdal, U.Y. 2014. **Identifikasi Sebaran Logam Berat Pada Tanah Lapisan Atas dan Hubungannya dengan Suseptibilitas Magnetik di Beberapa Ruas Jalan di Sekitar Pelabuhan Teluk Bayur Padang**. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Andalas, Padang.
- Afdhaliah, N. 2013. **Reaksi Tanah: pH Tanah**. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Ali, M. 2012. **Monograf Tinjauan Proses Bioremediasi Melalui Pengujian Tanah Tercemar Minyak**. Staf Pengajar Program Studi Teknik Lingkungan UPN Veteran, Surabaya
- Atlas, R. M., & R. Bartha. 1997. **Microbial Ecology: Fundamentals and Applications**. Benjamin Cummings. California
- Bartha, R. 1984. **The Fate of Petroleum in Soil Ecosystems**. In: Atlas, R.M., Ed., **Petroleum Microbiology**. Macmillan, New York.
- BPOM RI. 2010. **Mengenal Loga Beracun**, Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya, Badan Pengawas Obat dan Makanan RI, Jakarta.
- Chairiyah, R. R. 2013. **Bioremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Cd, Cu, dan Pb, dengan Menggunakan Endomikoriza**. Jurnal Online Agroekoteknologi.

- Cindiyanti, Z.A. 2011. **Pabrik Base Oil dari Limbah Plastik dengan Proses Pirolisis**. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- EPA (US Environmental Protection Agency). 2017. **How To Evaluate Alternative Cleanup Technologies For Underground Storage Tank Sites Chapter V Landfarming**. EPA, Washington, DC
- Erfandi, D. 2014. **Teknologi Pengendalian Pencemaran Logam Berat Pada Lahan Pertanian**. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Handrianto, P.2018. **Mikroorganisme Pendegradasi TPH (Total Petroleum Hydrocarbon) Sebagai Agen Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi. Jurnal Sain Health Vol. 2**. Fakultas Ilmu Kesehatan. Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo.
- Hardjowigeno, Sarwono H, 2003. **Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis**. Akademik Pressindo. Jakarta.
- Kartasapoetra, G.A. 2004. **Pengaruh iklim terhadap Tanah dan Tanaman**. Bumi Aksar, Jakarta.
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2003. **Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah dan Tanah Terkontaminasi Oleh Minyak Bumi Secara Biologis**. Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta
- Kurniawan, A. 2012. **Simulasi Proses Bioremediasi Pada Lahan Terkontaminasi Hidrokarbon (TPH) Menggunakan Serabut Buah Bintaro dan Sekam Padi**. Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mukaromah, E. 2013. **Studi Makrokosmos Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi Melalui Inokulasi Mikroorganisme dan Pemberian Nutrisi Berulang**. Fakultas Pertanian. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- Nur, F. 2013. **Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd). Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi.** UIN Alauddin, Makassar.
- Palar, H. 2012. **Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat.** Rineka Cipta. Jakarta.
- Pranata, A. 2013. **Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Daya Dukung Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Menggunakan TX300.** Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Universitas Lampung, Lampung.
- Prayitno, J. 2017. **Ujicoba Konsorsium Mikroba dalam Upaya Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak dengan Menggunakan Teknik Landfarming Skala Bangku.** Jurnal Teknologi Lingkungan. Pusat Teknologi Lingkungan BPPT, Tangerang Selatan.
- Roga, O.S. 2014. **Pemanfaatan Lumpur Aktif Dalam Remediasi Limbah Cair Bengkel Kendaraan Bermotor Dengan Penambahan Bakteri Indigenus.** Program Studi Biologi Fakultas Teknobiologi. Universitas Atma Jaya, Yogyakarta
- Samantha, A. 2016. **Pemanfaatan Lumpur Aktif Dalam Remediasi Minyak Pelumas Bekas Mobil Penumpang Dengan Penambahan Bakteri Indigenus.** Program Studi Biologi Fakultas Teknobiologi. Universitas Atma Jaya, Yogyakarta
- Setyawan, A.H.P. 2016. **Laporan Kunjungan Industri manajemen Perawatan dan Kehandalan UPT Balai Yasa Yogyakarta.** Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Setyoningrum, H. M. 2014. **Kandungan Kadmium (Cd) pada Tanah dan Cacing Tanah di TPAS Piyungan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.** Pusat Studi Lingkungan Hidup. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Soleh, A. W. 2012. **Pengukuran Suhu dan Kelembapan Udara di Beberapa Vegetasi.** Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian. Universitas Jambi, Jambi.

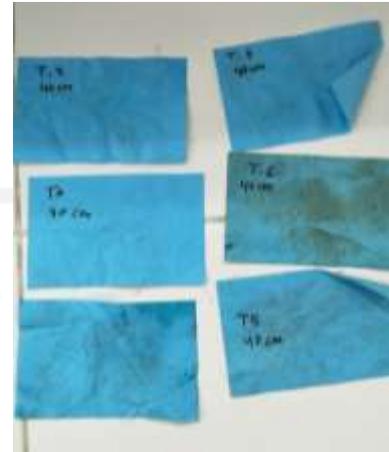
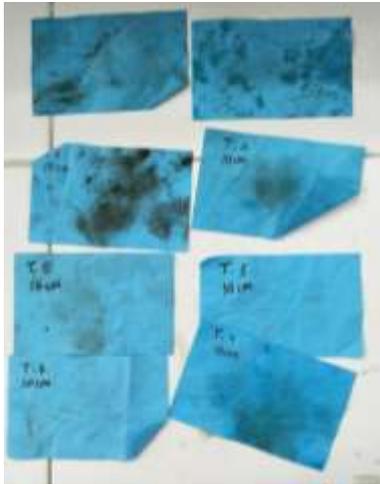
- Sutanto, R. 2010. **Dasar-Dasar Ilmu Tanah**. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Udiharto M. 2000. **Hubungan Antara Tingkat Tosisitas Dan Hidrokarbon Aromatik Yang Terkandung Dalam Lumpur Pengeboran Dan Bahan Dasarnya**. Lembaran Publikasi Lemigas 3:3-8
- Udiharto, M. 1995. **Peran Bakteri Dalam Degradasi Minyak Dan Pemanfaatannya Dalam Penanggulangan Minyak Bumi Buangan**. Proceedings Diskusi Ilmiah VIII PPTMGB. Lemigas, Jakarta.
- Wahidin, N.N. 2010. **Bioremediasi Limbah Minyak Berat Secara Pengomposan Menggunakan Teknik Landfarming Terbuka**. Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Waskitha, S. A. 2013. **Laporan Kunjungan Industri Kesehatan dan Keselamatan Kerja UPT Balai Yasa Yogyakarta**. Pendidikan Teknik Elektro. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.

## LAMPIRAN

Kondisi di Lokasi Sumber Pencemar dan Lokasi Tumpahan:



Pengujian awal adanya minyak di sumber pencemar dan lokasi tumpahan:



Tahapan pengambilan dan analisa sampel:







## TAHAPAN ANALISA SUHU

Analisis suhu menggunakan metode pengukuran dengan termometer. Berikut adalah tahapan analisis kandungan suhu:

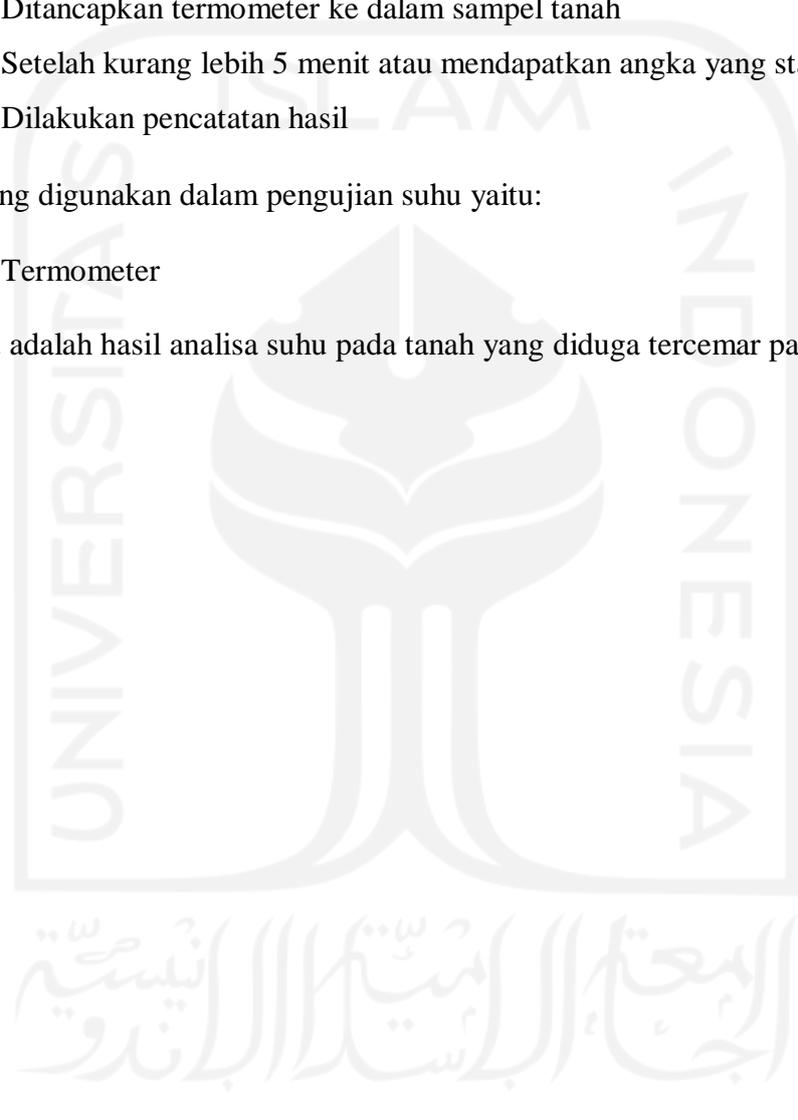
1. Sampel Tanah yang sudah dimasukkan ke dalam plastik
2. Ditancapkan termometer ke dalam sampel tanah
3. Setelah kurang lebih 5 menit atau mendapatkan angka yang stabil
4. Dilakukan pencatatan hasil

Alat yang digunakan dalam pengujian suhu yaitu:

- Termometer

Berikut adalah hasil analisa suhu pada tanah yang diduga tercemar pada

PT.X:



**TABEL ANALISA SUHU**

Purposive Sampling		
	KEDALAMAN 10 CM	KEDALAMAN 40 CM
1	32	33
2	32	33
3	31	33
4	32	29
5	31	31
6	32	32
7	31	31

Sistematik Sampling		
	KEDALAMAN 10 CM	KEDALAMAN 40 CM
1	33	30
2	30	31
3	29	30
4	32	32
5	26	29
6	30	30
7	31	32
8	28	30
9	27	26
10	26	27
11	28	26
12	26	27
13	28	26
14	27	27
15	27	26
16	27	26
17	28	26
18	27	26

## TAHAPAN ANALISA DERAJAT KEASAMAN (pH)

Analisis pH menggunakan metode dua metode pengukuran dengan pH meter. Berikut adalah tahapan analisis kandungan pH:

a) pH tanah aktual

1. Sampel tanah sebanyak 5 gram dimasukkan ke dalam tabung reaksi
2. Ditambahkan aquades dengan ratio 1:2 untuk tanah:aquades
3. Diaduk dengan Fisher Stirer selama 1 jam
4. Diukur dengan pH meter
5. Dilakukan pencatatan hasil

b) pH tanah potensial

1. Sampel Tanah sebanyak 5 gram dimasukkan ke dalam tabung reaksi
2. Ditambahkan larutan HCl dengan ratio 1:2 untuk tanah:larutan HCl
3. Diaduk dengan Fisher Stirer selama 1 jam
4. Diukur dengan pH meter
5. Dilakukan pencatatan hasil

Alat yang digunakan dalam pengujian pH yaitu:

- Gelas Beaker
- *Fisher Stirer*
- pH meter

Bahan yang digunakan dalam pengujian pH yaitu:

- Aquades
- HCl

Berikut adalah hasil analisa pH pada tanah yang diduga tercemar pada

PT.X:

**TABEL ANALISA DERAJAT KEASAMAN (PH)**

metode: H2O		
Purposive Sampling		
	KEDALAMAN 10 CM	KEDALAMAN 40 CM
1	5,8	5,1
2	5,6	5,6
3	5,2	6,0
4	6,0	5,7
5	5,4	5,0
6	5,7	5,3
7	6,1	5,4

Sistematik Sampling		
	KEDALAMAN 10 CM	KEDALAMAN 40 CM
1	6,0	5,3
2	5,6	5,5
3	5,2	6,0
4	5,8	6,3
5	5,2	5,4
6	6,0	5,2
7	6,3	5,8
8	5,7	5,1
9	5,8	5,8
10	5,4	5,6
11	4,9	5,3
12	5,8	6,0
13	5,1	5,0
14	5,2	6,0
15	5,0	5,2
16	5,3	5,4
17	5,8	6,1
18	6,3	5,1

**TABEL ANALISA DERAJAT KEASAMAN (PH)**

metode: KCL		
Purposive Sampling		
	KEDALAMAN 10 CM	KEDALAMAN 40 CM
1	5,6	5,2
2	5,6	5,5
3	5,0	6,1
4	6,1	6,0
5	5,5	5,0
6	5,9	5,6
7	6,0	5,7

Sistematik Sampling		
	KEDALAMAN 10 CM	KEDALAMAN 40 CM
1	6,0	5,5
2	5,9	5,5
3	5,7	6,1
4	6,0	6,1
5	5,8	5,9
6	5,9	5,9
7	6,0	6,2
8	5,7	6,2
9	5,8	5,6
10	5,6	5,4
11	5,7	5,6
12	5,5	5,5
13	4,8	5,4
14	5,1	5,3
15	5,4	5,2
16	5,5	5,2
17	5,5	5,4
18	5,3	5,4

## TAHAPAN ANALISA KADAR AIR

Analisa kadar menggunakan metode gravimetri. Berikut adalah tahapan analisis kandungar air pada tanah:

1. Memanaskan cawan di atas suhu 100°C selama 24 jam
2. Cawan dipindahkan selama 15 menit ke Desikator
3. Ditimbang berat kosong cawan
4. Sampel tanah dimasukkan
5. Cawan dipanaskan kembali di suhu 100°C selama 24 jam
6. Cawan dipindahkan ke Desikator selama 15 menit

Alat yang digunakan dalam pengujian kadar air yaitu:

- Cawan
- Sendok
- Timbangan Digital
- Desikator

Berikut adalah hasil analisa kadar air pada tanah yang diduga tercemar pada PT.X:

**TABEL ANALISA KADAR AIR**

Purposive Sampling		
	KEDALAMAN 10 CM	KEDALAMAN 40 CM
1	4,2	3,0
2	4,0	4,2
3	5,8	3,4
4	1,5	6,5
5	2,0	6,5
6	1,7	1,6
7	8,5	2,8

Sistematik Sampling		
	KEDALAMAN 10 CM	KEDALAMAN 40 CM
1	4,6	8,3
2	9,4	10,2
3	4,2	2,9
4	3,1	3,2
5	3,1	3,8
6	2,1	2,7
7	2,4	4,3
8	1,8	3,8
9	6,3	5,9
10	8,5	8,2
11	6,2	7,6
12	4,4	4,8
13	4,7	5,9
14	5,6	4,4
15	3,5	8,4
16	8,2	8,7
17	4,0	3,8
18	6,3	7,2

## TAHAPAN ANALISA LOGAM BERAT

Parameter logam berat yang akan dianalisis adalah Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb), analisis logam berat yang digunakan adalah metode spektrofotometri serapan atom (SSA) sistem nyala. Berikut adalah tahapan analisis kandungan logam berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb):

### a) Pembuatan Larutan Induk Standar

1. 1,6005 gram Pb atau 2,744 gram Cd dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml
2. Ditambahkan aquades sebanyak 500 ml
3. Ditambahkan campuran larutan HCl:HNO<sub>3</sub> (3:1) sebanyak 2 ml
4. Digojlok berulang sampai homogen
5. Ditambahkan aquades sampai tanda batas dari labu ukur 1000 ml

### b) Preparasi Sampel

1. Sampel tanah dari setiap titik sampel dikeringkan dengan panas matahari
2. Sampel tanah kering dari setiap titik diambil sebanyak 500 gram dan diayak dengan ukuran <0,5 mm
3. Tanah halus ditimbang sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke dalam Erlenmayer 100 ml.
4. Aquades ditambahkan ke dalam Erlenmayer dan diaduk,
5. Ditambahkan 5 ml HNO<sub>3</sub> ke dalam Erlenmayer
6. Dilakukan destruksi pada larutan hingga tersesisa 10 ml
7. Larutan disaring menggunakan kertas saring ke labu ukur 25 ml
8. Dilakukan pengenceran dengan aquades hingga 25 ml
9. Di kocok hingga homogen dan dibiarkan selama semalam
10. Larutan dimasukkan ke dalam botol vial
11. Dilakukan analisa AAS.

Alat yang digunakan dalam pengujian logam berat yaitu:

- Erlenmeyer 100 ml
- Timbangan Digital
- Pipet Ukur
- Corong Kaca
- Kertas Saring
- Labu ukur 25 ml
- Botol Vial
- AAS

Bahan yang digunakan dalam pengujian logam berat yaitu:

- Sampel tanah
- Aquades
- Larutan HNO<sub>3</sub>

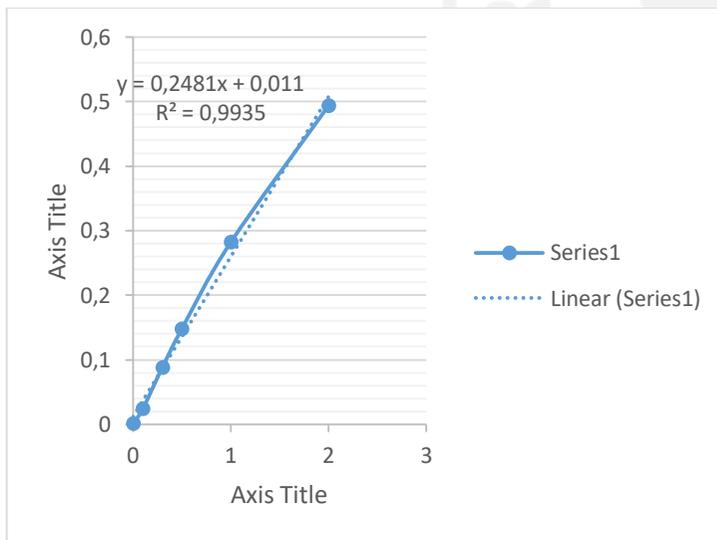
Berikut adalah hasil analisa kandungan logam berat Kadminum pada tanah yang diduga tercemar pada PT.X:

**TABEL HASIL AAS**

Purposive Sampling		
	KEDALAMAN 10 CM	KEDALAMAN 40 CM
1	0,2769	0,3008
2	0,2803	0,3042
3	0,2837	0,3076
4	0,2871	0,3110
5	0,2905	0,3144
6	0,2939	0,3178
7	0,2973	0,3212

Sistematik Sampling		
	KEDALAMAN 10 CM	KEDALAMAN 40 CM
1	0,0306	0,5038
2	0,0270	0,5189
3	0,0278	0,5379
4	0,0266	0,5985
5	0,0343	0,5417
6	1,0923	0,2545
7	1,0568	0,2701
8	0,3004	0,2735
9	0,0278	0,0226
10	0,0395	0,0242
11	0,0230	0,0246
12	0,0746	0,0536
13	0,0500	0,0290
14	0,0580	0,0230
15	0,0492	0,0302
16	0,0528	0,0262
17	0,0415	0,0286
18	0,0609	0,0343

Cd	Gelombang	283,2 nm
No.	Konsentrasi	Absorbansi
1	0	0,0004
2	0,1	0,0234
3	0,3	0,0875
4	0,5	0,1474
5	1	0,2816
6	2	0,4931



**TABEL ANALISA LOGAM BERAT KADMIUM**

Purposive Sampling		
	KEDALAMAN 10 CM	KEDALAMAN 40 CM
1	0,2769	0,3008
2	0,2803	0,3042
3	0,2837	0,3076
4	0,2871	0,3110
5	0,2905	0,3144
6	0,2939	0,3178
7	0,2973	0,3212

Sistematik Sampling		
	KEDALAMAN 10 CM	KEDALAMAN 40 CM
1	0,0306	0,5038
2	0,0270	0,5189
3	0,0278	0,5379
4	0,0266	0,5985
5	0,0343	0,5417
6	1,0923	0,2545
7	1,0568	0,2701
8	0,3004	0,2735
9	0,0278	0,0226
10	0,0395	0,0242
11	0,0230	0,0246
12	0,0746	0,0536
13	0,0500	0,0290
14	0,0580	0,0230
15	0,0492	0,0302
16	0,0528	0,0262
17	0,0415	0,0286
18	0,0609	0,0343

## TAHAPAN ANALISA TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON

Analisa kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) menggunakan metode Waterbath. Berikut adalah tahapan analisis kandungar TPH pada tanah:

1. Menimbang botol vial kosong
2. Mengambil sampel tanah yang sudah di mortir dan dihilangkan kadar airnya sebanyak 5 gram
3. Menambahkan larutan N-neptan sebanyak 10 ml
4. Mengaduk larutan dengan *shaker* dengan kecepatan 1000-2200 rpm
5. Mengambil supernatan sebanyak 5 ml
6. Menaruh botol vial dan dipanaskan di *waterbath* sampai yang tersisa hanya minyak saja
7. Menimpang botol vial yang terakhir

Alat yang digunakan dalam pengujian kadar air yaitu:

- Timbangan Digital
- Pipet Ukur
- Botol Vial
- Mortir
- Shaker
- Waterbath

Bahan yang digunakan dalam pengujian kadar air yaitu:

- Sampel tanah
- N-hexane

Berikut adalah hasil analisa kandungan Total Petroleum Hydrocarbon pada tanah yang diduga tercemar pada PT.X:

**TABEL ANALISA TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON**

Purposive Sampling		
	KEDALAMAN 10 CM	KEDALAMAN 40 CM
PS 1	1088700	1173700
PS 2	1150600	828560
PS 3	1067100	1167700
PS 4	1143600	1190400
PS 5	1336100	1201900
PS 6	1319000	1168400
PS 7	806960	1210700

Sistematik Sampling		
	KEDALAMAN 10 CM	KEDALAMAN 40 CM
v1	1125600	1157500
v2	1149200	1135700
v3	1127800	1152400
v4	1014500	1147700
v5	1030500	1143700
v6	1146200	998200
v7	1157200	1150700
v8	1107000	1123700
	KEDALAMAN 10 CM	KEDALAMAN 40 CM
u1	1079900	991600
u2	1090300	1144500
u3	1116100	1102500
	KEDALAMAN 10 CM	KEDALAMAN 40 CM
s1	1412800	1079600
s2	968600	1058400
s3	932200	1068300
s4	902700	1116000
s5	839700	1111600
s6	908700	1116500
s7	895000	1135600

## TAHAPAN PEMETAAN HASIL ANALISIS

Pemetaan sebaran logam berat menggunakan *software* pendukung *Geographic Information System* (GIS) adalah ArcGis. Setelah mengetahui konsentrasi logam berat disetiap titik sampling yang telah dianalisis di laboratorium, hasil yang telah didapat disusun kedalam *microsoft excel* beserta koordinat yang telah dicatat maupun disimpan, diubah kedalam format *Universal Transverse Mercator* (UTM) disimpan pada *microsoft excel* dalam bentuk X dan Y, save as dalam format *microsoft 97* dan ekspor ke ArcGis agar dapat ditampilkan pada peta untuk mengetahui titik sampel dan lokasi bahaya yang tinggi atau rendah serta koordinatnya. Selanjutnya membuat batasan area pada UPT Balai Yasa, PT. Kereta Api Indonesia. Data hasil analisis logam berat ditampilkan pada peta dengan memperlihatkan setiap titik sampel yang melewati batas baku mutu juga yang tidak melewati batas baku mutu.

Alat yang digunakan dalam pemetaan yaitu:

- Laptop
- ArcGis
- Microsoft Word
- Microsoft Excel