TA/TL/2022/1431

TUGAS AKHIR

PENGARUH HUJAN TERHADAP KONSENTRASI LOGAM DALAM SEDIMEN SUNGAI CODE

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

MUHAMMAD ABRAR BIAGGI

16513038

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAANUNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA
2022

TUGAS AKHIR

PENGARUH HUJAN TERHADAP KONSENTRASI LOGAM DALAM SEDIMEN SUNGAI CODE

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

MUHAMMAD ABRAR BIAGGI
16513038

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.
165131306
Tanggal:13 Februari 2022

Adelia Anju Asmara, S.T., M.Eng.
195130101402202
Signer ID: QRQDFA3WDZ...
Tanggal:13 Februari 2022

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.
025100406
Tanggal: 13 Februari 2022

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH HUJAN TERHADAP KONSENTRASI LOGAM DALAM SEDIMEN SUNGAI CODE

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Selasa
Tangggal : 15 Februari 2022

Disusun Oleh:

MUHAMMAD ABRAR BIAGGI
16513038

Tim Penguji :

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. **( )**

Adelia Anju Asmara, S.T., M.Eng. **( )**

Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. **( )**

LEMBAR 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 dengandisebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnyamenjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia. (*apabila menggunakan software khusus)*

5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sangsi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, tanggal submit TA

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Abrar Biaggi

NIM: 16513038

KATA PENGANTAR

بسم الله الرحمن الرحيم

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **"Pengaruh Hujan Terhadap Konsentrasi Logam Dalam Sedimen Sungai Code".** Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak – pihak yang telah membantu dalam pembuatan laporan tugas akhir ini, yaitu:

1. Kedua orang tua dan kakak penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan sehingga lancar dalam pengerjaan tugas akhir.
2. Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T.,M.Eng, selaku dosen pembimbing I dan Adelia Anju Asmara, S.T., M.Eng, yang telah sabar dan ikhlas dalam mendidik selama ini.
3. Bapak Eko Siswoyo S.T., M.Sc. ES., Ph.D. selaku ketua Program Studi Teknik Lingkungan dan selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Rekan tugas akhir Aina dan Bang Hamidi yang sudah bersedia membantu dalam kegiatan penelitian ini dalam suka maupun duka.

ABSTRACT

Sediments are places where various forms of chemical compounds are stored. The number of common species in water that spend their time in a sediment can be a pathway for exposure to pollution from these chemical compounds. This study aims to determine the content of heavy metals Lead (Pb), Iron (Fe), Manganese (Mn), Copper (Cu), Chromium (Cr), and Cadmium (Cd) in sediments in the Code River and see whether there is an effect of rainfall rain on the metal content in the sediment. Heavy metal testing method using Atomic Absorption Spectrophotometer (SSA) and Risk Index (RI) to determine public health risks. As for the effect of rain on metal concentrations, the methods used are linearregression analysis and T-Test. Sampling was carried out at six locations along the Code River in September 2021 – January 2021. The average concentration ofheavy metals in dry weight in the sediment obtained was lead (Pb) 4.43 mg/kg, Iron (Fe) 1629.23 mg/kg , Manganese (Mn) 252.10 mg/kg, Copper (Cu) 15.89 mg/kg, Chromium (Cr) 0.06 mg/kg, and Cadmium (Cd) 0.57 mg/kg. Meanwhile, the analysis of the effect of rain on the concentration of heavy metals in sedimentsshows that only Cr metal has a relationship with the effect of rain on the concentration of these metals with the t value obtained is -3.104.

***Keywords**: Code River, Correlation, Sediment, Heavy Metals, Rainfall.*

ABSTRAK

Sedimen merupakan tempat tersimpannya berbagai macam bentuk senyawa kimia. Banyaknya spesies umum dalam air yang menghabiskan waktunya didalamsuatu sedimen dapat menjadi jalur paparan pencemaran dari senyawa kimia tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan logam berat Timbal (Pb), Besi (Fe), Mangan (Mn), Tembaga (Cu), Kromium (Cr), dan Kadmium (Cd)pada sedimen di Sungai Code serta melihat apakah terdapat pengaruh dari curah hujan terhadap kandungan logam yang ada pada sedimen tersebut. Metode pengujian logam berat dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dan *Risk Index* (RI) untuk mengetahui risiko kesehatan masyarakat. Sedangkan untuk pengaruh hujan terhadap konsentrasi logam metode yang digunakan adalah analisis regresi linear dan *T-Test*. Pengambilan sampel dilakukan pada enam lokasi sepanjang Sungai Code di bulan September 2021 – Januari 2021. Rerata konsentrasi logam berat dalam berat kering pada sedimen yang diperoleh adalah timbal (Pb) 4,43 mg/kg, Besi (Fe) 1629,23 mg/kg, Mangan (Mn) 252,10 mg/kg, Tembaga (Cu)15,89 mg/kg, Kromium (Cr) 0,06 mg/kg, dan Kadmium (Cd) 0,57 mg/kg. Sedangkandalam analisa pengaruh hujan terhadap konsentrasi logam berat dalam sedimen menunjukkan bahwa hanya logam Cr yang memiliki hubungan pengaruh hujan terhadap konsentrasi logam tersebut dengan nilai t hitung yang diperoleh adalah - 3,104.

Kata kunci: Korelasi, Sedimen, Logam Berat, Sungai Code, Hujan

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i
ABSTRACT ii
ABSTRAK iii
DAFTAR ISI iv
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR GAMBAR ix
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian 3
BAB II 5
TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1. Logam Berat 5
2.2. Kualitas Air 7
2.3. Kualitas Sedimen 7
2.4. Sungai Code 9
2.5. *Risk Index* (RI) 10
2.6. Penelitian Pendahuluan 12
BAB III 14
METODE PENELITIAN 14
3.1. Tahapan Penelitian 14
3.2. Lokasi Penelitian 15
3.3. Waktu Penelitian 16
3.4. Pengambilan Sampel Sedimen Sungai 16
3.5. Alat dan Bahan 23

3.6. Prosedur Cara Kerja Analisis Konsentrasi Logam dan Penentuan Kadar *Total Solid* (TS)……. 24
3.7. Analisis Data……. 27
BAB IV……. 28
HASIL DAN PEMBAHASAN 28
4.1. Konsentrasi Logam Berat Pada Sedimen Sungai Code 28
4.1.1. Konsentrasi Logam Pb Pada Sedimen 29
4.1.2. Konsentrasi Logam Fe Pada Sedimen 32
4.1.3. Konsentrasi Logam Mn Pada Sedimen 34
4.1.4. Konsentrasi Logam Cd Pada Sedimen 36
4.1.5. Konsentrasi Logam Cu Pada Sedimen 38
4.1.6. Konsentrasi Logam Cr Pada Sedimen 41
4.2. Pengaruh Debit Aliran Sungai Code Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Berat 44
4.2.1. Pengaruh Debit Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Pb 46
4.2.2. Pengaruh Debit Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Fe 46
4.2.3. Pengaruh Debit Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Mn 48
4.2.4. Pengaruh Debit Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Cd 49
4.2.5. Pengaruh Debit Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Cu 50
4.2.6. Pengaruh Debit Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Cr 51
4.3. Pengaruh Curah Hujan Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Berat……. 52
4.3.1. Pengaruh Curah Hujan Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Pb……. 54
4.3.2. Pengaruh Curah Hujan Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Fe……. 54
4.3.3. Pengaruh Curah Hujan Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Mn…….. 56
4.3.4. Pengaruh Curah Hujan Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Cd…….. 57
4.3.5. Pengaruh Curah Hujan Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Cu……. 58
4.3.6. Pengaruh Curah Hujan Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Cr……. 59
4.4. Perhitungan *Risk Index* (RI) v Sungai Code 60
BAB V 63

KESIMPULAN DAN SARAN 63
5.1 Kesimpulan……..... 63
5.2 Saran……..... 63
DAFTAR PUSTAKA..... 65
LAMPIRAN 71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Panduan Batasan Konsentrasi Logam Berat Menurut Kementrian LH Ontario.....8
Tabel 2.2. Klasifikasi Tingkat Pencemaran Berdasarkan Nilai *Risk Index*.....9
Tabel 2.3. Nilai Acuan Pra-Industri (mg/kg) dan Faktor Respon Toksik..... 10
Tabel 3.1. Metode Analisis Kadar Logam dan Kadar TS 26
Tabel 4.1. Perbandingan Konsentrasi Logam Pb. 28
Tabel 4.2. Perbandingan Konsentrasi Logam Fe 31
Tabel 4.3. Perbandingan Konsentrasi Logam Mn..... 33
Tabel 4.4. Perbandingan Konsentrasi Logam Cd.....35
Tabel 4.5. Perbandingan Konsentrasi Logam Cu.....37
Tabel 4.6. Perbandingan Konsentrasi Logam Cr. 39
Tabel 4.7. Debit Aliran Sungai Lokasi Pengambilan Sampel..... 41
Tabel 4.8. Hasil Analisis Regresi Linear Debit Aliran Terhadap Konsentrasi Logam Pb. 43
Tabel 4.9. Hasil Analisis Regresi Linear Debit Aliran Terhadap Konsentrasi Logam Fe 44
Tabel 4.10. Hasil Analisis Regresi Linear Debit Aliran Terhadap Konsentrasi Logam Mn..... 44
Tabel 4.11. Hasil Analisis Regresi Linear Debit Aliran Terhadap Konsetnrasi Logam Cd..... 45
Tabel 4.12. Hasil Analisis Regresi Linear Debit Aliran Terhadap Konsetnrasi Logam Cu..... 46
Tabel 4.13. Hasil Analisis Regresi Linear Debit Aliran Terhadap Konsetnrasi Logam Cr 46
Tabel 4.14. Data Curah Hujan Pada Saat Bulan Pengambilan Sampel.....47
Tabel 4.15. Hasil Analisis Regresi Linear Curah Hujan Terhadap Konsetnrasi Logam Pb 48
Tabel 4.16. Hasil Analisis Regresi Linear Curah Hujan Terhadap Konsetnrasi

Logam Fe 49
Tabel 4.17. Hasil Analisis Regresi Linear Curah Hujan Terhadap Konsetnrasi Logam Mn..... 50
Tabel 4.18. Hasil Analisis Regresi Linear Curah Hujan Terhadap Konsetnrasi Logam Cd..... 50
Tabel 4.19. Hasil Analisis Regresi Linear Curah Hujan Terhadap Konsetnrasi Logam Cu..... 51
Tabel 4.20. Hasil Analisis Regresi Linear Curah Hujan Terhadap Konsetnrasi Logam Cr 52
Tabel 4.21. Nilai R dan R Square Dari Analisis Regresi Linear Curah Hujan Terhadap Konsetnrasi Logam Cr. 53
Tabel 4.22. Data Hasil Perhitungan Cif (Faktor Kontaminasi)..... 54
Tabel 4.23. Tabel Hasil Perhitungan Potensi Resiko Ekologis dan Risk Index..... 55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Tahapan Penelitian. 12
Gambar 3.2. Lokasi Titik S3 Pengambilan Sampel. 15
Gambar 3.3. Lokasi Titik S3 Pengambilan Sampel. 16
Gambar 3.4. Lokasi Titik S3 Pengambilan Sampel. 17
Gambar 3.5. Lokasi Titik S4 Pengambilan Sampel. 18
Gambar 3.6. Lokasi Titik S5 Pengambilan Sampel. 19
Gambar 3.7. Lokasi Titik S6 Pengambilan Sampel. 20
Gambar 3.8. Flowchart preparasi sampel. 22
Gambar 3.9. Flowchart Destruksi Sampel. 23
Gambar 3.10. Flowchart Pengukuran Total Solid (TS). 25
Gambar 4.1. Grafik Box and Whisker Kadar Logam Pb. 29
Gambar 4.2. Grafik Box and Whisker Kadar Logam Fe 32
Gambar 4.3. Grafik Box and Whisker Kadar Logam Mn. 34
Gambar 4.4. Grafik Box and Whisker Kadar Logam Cd. 36
Gambar 4.5. Grafik Box and Whisker Kadar Logam Cu. 38
Gambar 4.6. Grafik Box and Whisker Kadar Logam Cr. 40

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sedimen adalah tempat tersimpannya zat fisika dan biologis yang telah terurai dan mengendap dalam berbagai macam bentuk senyawa kimia. Permasalahan yang terjadi apabila zat kimia terserap ke dalam sedimen adalah banyak spesies umum dalam air yang menghabiskan waktu hidupnya untuk berada pada suatu sedimen dalam perairan. Hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya jalur paparan dari senyawa kimia tersebut apabila termakan oleh biota dalam air, yang kemudian dapat menyebabkan biota lain seperti unggas atau bahkan manusia ikut terpapar apabila mengonsumsi biota tersebut. (Calmano, 2012)

Salah satu jenis senyawa kimia yang berbahaya apabila banyak terdapat dalam sedimen adalah logam berat. Logam berat merupakan logam dan metaloid yang berkaitan dengan polusi lingkungan , toksisitas, dan berdampak kepada biota yang ada. Menurut (Marschner, 2011) beberapa ion logam berat dibutuhkan di dalam tubuh, seperti Cu^{2+}, Zn^{2+}, Mn^{2+}, dan lain-lain. Ion-ion logam tersebut termasuk dalam mikornutrien esensial, tetapi beberapa ion logam berat juga beracun apabila masuk ke dalam tubuh, antara lain Cd^{2+}, Hg^{2+}, Pb^{2+}, Ag^{2+}. Ion-ion logam yang tidak dibutuhkan dalam tubuh disebut juga sebagai logam non-esensial.

Senyawa logam tersebut biasanya dihasilkan dari aktifitas manusia baik dari kegiatan sehari-hari maupun kegiatan industri. Menurut (Xia, 2011) perkembangan industri dan ekonomi yang cepat dapat menyebabkan meningkatnya pencemaran logam berat. Dalam penelitian lain yang dilakukan oleh (Acosta, 2011) menunjukkan bahwa logam Pb, Cd, Cu, dan Zn dapat terbentuk secara alami dengan melibatkan mineral yang mengandung Fe dan Al seperti *micas*, *pyrxenes*, dan *amphiboles* apabila terurai. Logam arsenik juga dapat terbentuk secara alami karena reaksi antara hujan dengan abu vulkanik pada Gunung Merapi (Canion, 2012)

Menurut penelitian yang dilakukan (Akbar, 2014), konsentrasi logam berat

yang tinggi pada sedimen menyebabkan penurunan spesies umum ikan di wilayah pesisir Kota Makassar. Hal ini juga dapat berarti bahwa kandungan logam berat yang berada pada sedimen dapat memengaruhi biota yang ada ataupun biota yang berhubungan dengan sedimen dalam perairan tersebut. Penelitian lain yang dilakukan (Hadi, 2018) menyebutkan bahwa aktivitas penduduk di Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Code menyebabkan terjadinya pencemaran. DAS Sungai Code menggunakan baku mutu air kelas II sesuai dengan PP no. 82 tahun 2011. Sehingga masyarakat sekitar DAS Sungai Code selalu menggunakan air dari Sungai Code dalam kegiatan sehari-hari. Sehingga, dengan baku mutu kelas II tersebut perlu dikajinya potensi resiko ekologis dari Sungai Code agar masyarakat sekitar DAS Sungai Code dapat mengantisipasi resiko yang mungkin terjadi.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dikaji potensi resiko ekologis pada kawasan DAS Sungai Code. Faktor dilakukannya penelitian ini karena air pada kawasan Sungai Code sering digunakan oleh masyarakat sekitar untuk kehidupan sehari-hari. Kurangnya penelitian yang rinci tentang potensi ekologis pada DAS Sungai Code juga menjadi salah satu faktor dilakukannya penelitian ini.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kandungan logam berat yang ada di sedimen Sungai Code.
2. Bagaimana pengaruh debit aliran dalam sungai terhadap konsentrasi logam berat yang ada pada sedimen
3. Bagaimana pengaruh curah hujan dalam sungai terhadap konsentrasi logam berat yang ada pada sedimen

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah

1. Menganalisis konsentrasi logam berat yang ada di sedimen Sungai Code
2. Menganalisis pengaruh debit aliran terhadap kandungan logam berat yang ada pada sedimen Sungai Code
3. Mengetahui dan menganalisis pengaruh curah hujan terhadap kandungan logam berat yang ada di sedimen Sungai Code.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut

1. Bagi penulis

   Menambah pengetahuan dan pengalaman dalam melakukan analisis suatu permasalahan lingkungan terutama permasalahan logam berat pada suatu sedimen perairan.
2. Bagi Masyarakat

   Memberikan informasi terkait kadar logam dan potensi resiko ekologis di sedimen pada perairan Sungai Code.
3. Bagi Pemerintah

   Memberikan referensi kebijakan penanganan permasalahan yang terjadi di DAS Sungai Code.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup yang diterapkan pada penelitian ini adalah

1. Penelitian dilakukan pada peralihan musim kemarau dan hujan yaitu pada bulan September 2020 hingga Januari 2021.
2. Lokasi dari penelitian yang dilakukan adalah kawasan DAS Sungai Code.
3. Logam berat yang dianalisis meliputi Timbal (Pb), Besi (Fe), Mangan (Mn), Krom (Cr), Kadmium (Cd), dan Tembaga (Cu).
4. Parameter fisika dan kandungan *Total Solid* (TS) yang ada dalam sampel sedimen.

5. Data curah hujan dan debit aliran sungai .

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Logam Berat

Terdapat dua jenis logam berat, yaitu logam berat esensial dan logam berat non-esensial. Logam berat esensial adalah logam berat yang masih dibutuhkan oleh makhluk hidup, tetapi dapat menjadi toksik apabila terpapar melebihi batas. Logam berat yang termasuk esensial adalah Besi (Fe), Mangan (Mn), Tembaga (Cu), Kromium (Cr), dan Seng (Zn). Sedangkan logam berat non-esensial adalah logam berat yang keberadaannya dalam tubuh belum diketahui manfaatnya. Logam berat yang termasuk non-esensial antara lain adalah Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) (Irhamni, 2017).

Logam berat dan partikel tersuspensi dapat masuk ke dalam badan air melalui *runoff*, jalur pengaliran air hujan (*drainase*), dan jalur pembuangan limbah baik domestik maupun non-domestik. Polutan logam berat dalam air sulit untuk larut, dan terabsorbsi oleh partikel tersuspensi. Logam tersebut kemudian terakumulasi mengendap ke dalam sedimen. Tetapi, saat sedimen melebihi kapasitas untuk menampung partikel tersuspensi maka dapat menyebabkan tersebarnya kembali partikel tersuspensi dan logam yang sudah terakumulasi dalam sedimen tersebut. Logam yang sudah terakumulasi dan tersebar kembali dapat menyebabkan permasalahan dalam lingkungan, bahkan dapat mengancam organisme melalui rantai makanan (Guo, 2010).

Penyebab tersebar kembalinya logam berat selain dikarenakan oleh berlebihnya logam berat yang masuk ke dalam sedimen, adalah arus dari sungai atau badan air tersebut. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Yi, Y. et al, 2011) menyebutkan bahwa terdapat perbedaan konsentrasi logam berat antara sedimen di sungai dan danau. Logam berat yang ada di sedimen danau cenderung lebih rendah dibandingkan dengan logam berat yang ada di sungai. Hal tersebut terjadi karena

kuatnya arus atau debit yang ada pada wilayah sungai menyebabkan logam berat yang ada di dalam sedimen kembali tersuspensi ke dalam air. Selain itu, rendahnya debit aliran yang ada pada badan air tersebut juga dapat menyebabkan peningkatan tersimpannya berbagai macam komponen kimia termasuk logam berat.

Faktor lain yang juga mempengaruhi kadar logam berat pada sedimen adalah hujan. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Pandey. J., Singh. R., 2015) menyatakan bahwa konsentrasi logam berat pada sedimen lebih tinggi pada musim kemarau dibandingkan dengan musim penghujan. Tingginya konsentrasi logam berat pada musim kemarau diakibatkan oleh stabilnya debit aliran air sehingga menyebabkan pengendapan lebih cepat terjadi dibandingkan dengan musim penghujan, dimana debit aliran air menjadi lebih cepat yang diakibatkan oleh hujan. Rendahnya konsentrasi logam berat di sedimen pada musim penghujan dikarenakan oleh terjadinya pelarutan logam berat di air oleh hujan. Sedangkan dalam penelitian yang dilakukan oleh (Najamuddin, et al, 2016) menyebutkan bahwa konsentrasi logam berat pada musim kemarau lebih rendah dibandingkan dengan musim hujan. Hal tersebut terjadi karena pada saat musim hujan banyak terjadi erosi dan masuknya *runoff* ke dalam badan air sehingga logam berat yang akan mengendap ke dalam sedimen juga semakin banyak.

Menurut (Jaishankar, 2014), meskipun logam dibutuhkan dalam tubuh tetapi terkadang logam dapat berikatan dengan sel dalam tubuh menggantikan senyawa alaminya yang dapat menyebabkan terjadinya malfungsi pada sel tersebut. Pada penelitian yang dilakukan (Sukirno, 2007) meskipun kadar logam berat yang ada pada air dan sedimen Sungai Code masih dibawah ambang batas yang diperbolehkan oleh PP Nomor 82 tahun 2001, terdapat kenaikan antara tahun 2005 dan 2006 yang mengindikasikan adanya penambahan kegiatan pembuangan limbah ke badan air Sungai Code.

2.2. Kualitas Air

Pengelolaan kualitas air adalah usaha pemeliharaan air agar sesuai dengan peruntukannya dan sesuai dengan mutu yang telah ditetapkan. Status mutu air adalah tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi tercemar atau tidaknya suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Dimana, baku mutu air adalah ukuran atau batasan suatu zat atau organisme yang harus ditenggangkan keberadaannya dalam air (PP nomor 32, 2001).

Klasifikasi mutu air menurut (PP nomor 32, 2001) dibagi menjadi empat kelas, yaitu :

1. Kelas satu, peruntukkan air adalah sebagai bahan baku air minum atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas dua, peruntukkan air adalah sebagai sarana atau prasarana rekreasi.
3. Kelas tiga, peruntukkan air adalah sebagai budidaya ikan, peternakan air, dan sebagainya.
4. Kelas empat, peruntukkan air digunakan untuk mengairi tanaman.

Menurut (Anjani, 2018), dengan metode Indeks Pencemaran (IP) Sungai Code termasuk dalam kategori tercemar ringan oleh logam berat. Sedangkan dengan menggunakan metode Storet menunjukkan bahwa Sungai Code berstatus tercemar sedang dalam kategori kelas C. Logam berat pencemar tersebut antara lain adalah Pb,Cd, Fe, dan Mn.

2.3. Kualitas Sedimen

Sedimen pada umumnya berasal dari hasil pengikisan dari batuan. Struktur dan komposisi dari sedimen sangat bergantung pada asal batuan dan proses transportasi dari sedimen tersebut. Media transportasi dari sedimen adalah air yang ada di badan air meskipun sedimen juga dapat berpindah melalui media udara.

Kandungan dari sedimen dapat berubah apabila terkena oleh pengaruh musim ataupun cuaca. Secara fisik, sedimen yang berada di musim dingin dapat

menyebabkan terkuncinya kandungan yang telah ada dalam sedimen tersebut yang menyebabkan berkurangnya mobilitas dari kandungan sedimen. Sedangkan secara kimiawi ada beberapa proses yang dapat menyebabkan berubahnya kandungan dalam suatu sedimen yaitu proses hidrasi dan dehidrasi, oksidasi, hidrolisis, dan kompleksisasi. (Montgomery, dkk., 1999)

Selain itu, terdapat juga faktor internal yang dapat mempengaruhi kandungan dari suatu sedimen. Faktor yang pertama adalah ukuran atau jenis dari suatu sedimen. Jenis dari sedimen tersebut tergantung dari mineral atau tanah asal sedimen tersebut pengalami penggerusan. Jenis-jenis sedimen tersebut antara lain *clay, silt, sand,* dll. Faktor berikutnya adalah *Cation Exchange Capacity* (CEC). CEC merupakan kemampuan dari sedimen tersebut dalam mengganti atau menukar kation. Kation yang biasanya terikat dalam reaksi ini adalah Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}. CEC dapat mempengaruhi pH karena setiap sedimen menangkap kation dari logam maka sedimen tersebut akan melepaskan kation H^{+} yang dapat menurunkan nilai pH. (Aprile, 2011)

Menurut panduan yang dikeluarkan oleh Kementrian Lingkungan Hidup (LH) di daerah Ontario, Canada sedimen yang terkontaminasi dapat menjadi masalah yang serius karena terdapat beberapa substansi toksik yang sulit untuk terurai sehingga substansi tersebut mengendap ke dalam sedimen. Untuk itulah Kementrian LH Ontario mengeluarkan panduan dalam penentuan kadar pencemar yang ada di dalam sedimen.

Tabel 2.1. Panduan Batasan Konsentrasi Logam Berat Menurut Kementrian LH Ontario

METALS	*Lowest Effect Level* (mg/kg *dry weight*)	*Severe Effect Level* (mg/kg *dry weight*)
Arsenic	6	33
Cadmium	0,6	10
Chromium	26	110

Copper	16	110
Iron (%)	2	4
Lead	31	250
Manganese	460	1100
Mercury	0,2	2
Nickel	16	75
Zinc	120	820

Sumber : *Guidelines For The Protection and Management of Aquatic Sediment Quality in Ontario*, 1993

Dalam acuan tersebut menggunakan kadar *Lowest Effect Level* yaitu dosis terendah dari suatu logam yang dapat memberikan dampak toksik yang tampak atau dapat dilihat.

2.4. Sungai Code

Sungai merupakan alur atau wadah air alami atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air didalamnya, mulai dari hulu hingga muara dengan dibatasi dengan garis sempadan (PP nomor 38, 2011). Menurut (Imroatushshoolikhah, 2014) sungai merupakan penyedia sumber air tawar terbesar, dan dengan potensi tersebut banyak makhluk hidup yang bergantung terhadap keberadaan sungai. Sungai biasanya digunakan untuk beragam kegiatan sehari-hari seperti mencuci, mandi ,dan sebagainya. Selain sebagai sumber air untuk kegiatan sehari-hari, sungai juga dapat digunakan sebagai tenaga pembangkit listrik, budidaya perikanan, sarana pariwisata, dan sebagainya.

Salah satu sungai yang ada di Kota Yogyakarta adalah Sungai Code. Sungai Code melewati 11 kecamatan dengan luasan segmen seluas 8.358 m^2. Kecamatan Megangsan merupakan segmen kecamatan terluas dengan luasan 2.062 m^2. Karena letak Sungai Code berada pada wilayah perkotaan maka terdapat berbagai sektor

ekonomi yang berada pada sekitar wilayah Sungai Code seperti sektor perdagangan, perhotelan, restoran, serta pengangkutan dan komunikasi (DLH Kota Yogyakarta, 2018).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Nurjanah, 2018) debit alir dari sungai code pada musim hujan berkisar antara 0,228 m^3/det hingga 3,964 m^3/det. Pada penelitian tersebut juga disebutkan bahwa sungai code memiliki status mutu yaitu tercemar sedang berdasarkan parameter mikrobiologis. Sedangkan dalam penelitian yang dilakukan oleh (Widyastuti, M., et al, 2020) status mutu sungai code yang dianalisis menggunakan metode *Heavy Metals Pollution Index* (HPI) menyebutkan bahwa sungai code memiliki status mutu tidak tercemar.

2.5. *Risk Index* (RI)

Menurut (Hakanson, 1979), indeks resiko merupakan suatu nilai yang memberikan status tercemar atau tidaknya suatu badan air. Indeks resiko merupakan suatu nilai kuantitif dari data resiko potensi ekologis. Persamaan yang digunakan Hakanson dalam penelitiannya adalah sebagai berikut :

$$RI = \sum_{i=1}^{8} E_r^i = \sum_{i=1}^{8} T_r \; x \; C_f^i$$, dimana :

E_r^i = Faktor potensi resiko ekologis pada sampel

T_r = Faktor respon toksisitas logam

Terdapat 4 tingkat pada indeks resiko untuk menggambarkan suatu keadaan lingkungan :

Tabel 2.2. Klasifikasi tingkat pencemaran berdasarkan nilai *Risk Index*

RI	Tingkat Resiko
RI < 150	*Low Ecological Risk*
150 ≤RI < 300	*Moderate Ecological Risk*
300 ≤ RI < 600	*Considerable Ecological Risk*
RI ≥ 600	*Very High Ecological Risk*

Sumber : Hakanson, 1979

Faktor Kontaminasi (C_f^i) adalah nilai yang menggambarkan kondisi kontaminasi yang diakibatkan oleh bahan toksik. Persamaan (Hakanson, 1979) ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar dampak yang dihasilkan saat terdapat kegiatan industri pada lokasi tersebut. Berikut ini merupakan persamaan dari Faktor Kontaminasi

$$C_f^i = \sum_{i=1}^{8} \frac{Co-i}{C_n^i}$$, dimana :

Co-i = nilai rataan kadar logam i pada lokasi sampling

C_n^i = nilai acuan n pada kondisi lokasi sebelum ada industri

Nilai acuan pra industri didapatkan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Turekian & Wedepohl, 1961). Nilai tersebut didapatkan berdasarkan sampel sedimen dan tanah dari penjuru dunia. Sedangkan nilai dari Faktor respon toksik, dalam jurnalnya (Hakanson, 1979) menyertakan nilai Tr untuk logam Pb, Cd, Cu dan Cr. Sedangkan dalam penelitian lain yang dilakukan oleh (Zhenq-Qi, et al, 2008) menyebutkan bahwa Faktor respon toksik untuk logam Fe dan Mn adalah 1.

Tabel 2.3. Nilai Acuan Pra-industri (mg/kg) dan Faktor Respon Toksik

Unsur	Pb	Mn	Fe	Cd	Cu	Cr
Nilai acuan pra-industri	20	850	47200	0,3	45	90
Faktor respon toksik (Tr)	5,36	1	1	32,18	5,36	2,15

Sumber : Turekian, 1961; Hakanson, 1979

Faktor resiko ekologis menggambarkan secara kuantitatif potensi resiko ekologis yang diakibatkan oleh kontaminan atau polutan yang dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$E_r^i = \sum_{i=1}^{8} T_r \; x \; C_f^i$$, dimana :

T_r = Faktor respon toksik yang diberikan oleh logam

C_f^i = Faktor kontaminasi

2.6. Penelitian Pendahuluan

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Suresh, 2012) menyebutkan bahwa Danau Veereenam di India tercemar oleh logam Cd, Cu, dan Zn. Diantara ketiga logam tersebut, logam Cd memiliki potensi resiko lingkungan terbesar. Hal ini dikarenakan adanya industri pembuatan logam, agrikultur, dan juga wilayah pemukiman pada Danau Veereenam. Penelitian mengenai potensi resiko ekologi yang dilakukan di China juga menyebutkan bahwa Sungai Liaohe tercemar beberapa logam berat, yaitu Cd, Zn, Cu, Cr, Ni, dan As. Logam berat tersebut dihasilkan dari kegiatan industri dan agrikultur sekitar Sungai Liaohe. (Ke, X.,et al, 2017).

Di Malaysia, analisis mengenai potensi resiko ekologis dilakukan berdasarkan tingkat konsumsi siput di Peninsular, Malaysia. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah metode perhitungan Igeo dan E_F. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sedimen dari wilayah sampling tercemar sedang oleh Pb dan Cd (Cheng & Yap, 2015). Penelitian mengenai potensi resiko ekologis juga dilakukan di India, yang dilakukan di wilayah pesisir Bhavnagar, Gujarat, India untuk menganalisis pencemaran dari *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (PAH). Penelitian tersebut menunjukkan pencemaran terjadi dari jalur pembakaran yang tidak sempurna, baik dari transportasi maupun proses insinerasi (Dudhagara, D., et al, 2016).

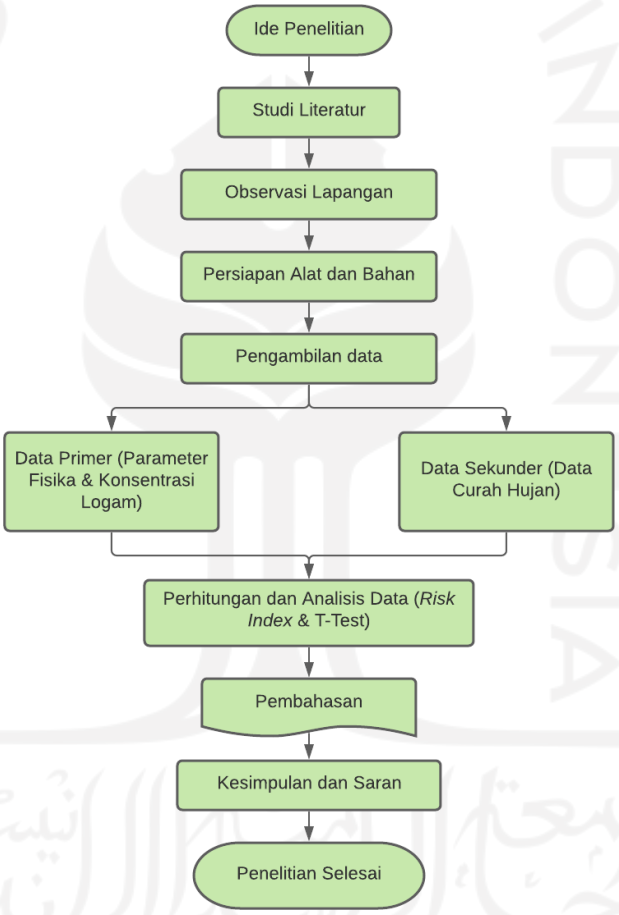
Penelitian sejenis mengenai kandungan logam berat di sedimen juga dilakukan di Teluk Jakarta. Penelitian yang dilakukan oleh (Budiyanto, 2017) mencari tahu apakah kawasan Teluk Jakarta tercemar oleh logam berat Pb, Zn, Ni, Cd, dan Cu. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa kawasan sekitar Teluk Jakarta tergolong tidak tercemar hingga tercemar sedang. Penelitian juga dilakukan

pada bulan Maret hingga Juni dimana bulan tersebut merupakan masa transisi musim. Meskipun demikian, hasil konsentrasi logam berat yang dianalisis terdistribusi cukup rata tanpa ada perbedaan yang signifikan. Peneliti juga menyebukan bahwa adanya pencemaran akibat kegiatan manusia yang diperoleh dari analisis *Enrichment Factor*.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Sebelum penelitian dilakukan, diagram alir dibuat untuk mempermudah memahami skema dari penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 3.1. Tahapan Penelitian

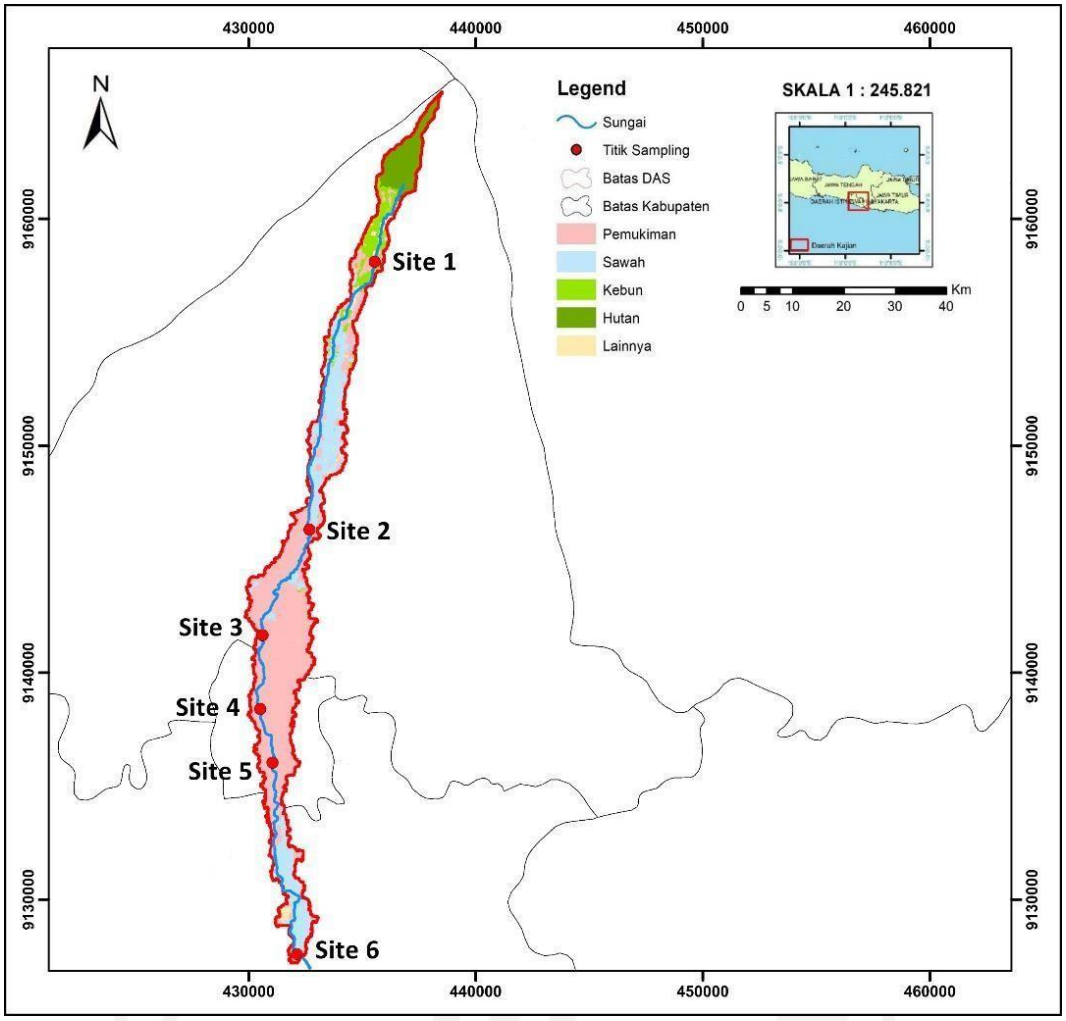
Ide penelitian diambil dari masalah yang ada di sekitar lingkungan dan juga berdasarkan dari penelitian terdahulu mengenai hal yang terkait. Setelah menentukan ide dari penelitian, dilakukan studi literatur untuk mencari dasar dan teori pendukung dari penelitian yang akan dilakukan. Setelah itu observasi lapangan dilakukan untuk melihat kondisi dari tempat yang akan digunakan sebagai titik pengambilan sampel. Kemudian persiapan alat dan bahan dilakukan, dimana alat dan bahan yang akan dipakai meliputi alat bahan yang akan digunakan dalam pengambilan sampel dan analisis konsentrasi logam.

Langkah yang dilakukan setelah alat dan bahan dipersiapkan yaitu pengambilan data. Data yang akan diambil dibagi menjadi dua yaitu primer dan sekunder. Data primer yang diambil meliputi data parameter fisika dari titik sampling dan juga data konsentrasi logam pada sampel di setiap titik sampling. Sedangkan untuk data sekunder data yang akan diambil adalah data curah hujan yang akan diambil dari data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) secara online.

Data yang diperoleh kemudian dioleh menggunakan beberapa metode. Data konsentrasi logam berat didapatkan melalui proses destruksi sampel yang kemudian dianalisis menggunakan alat *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Data sekunder berupa data curah hujan dipakai untuk melihat seberapa kuat korelasi antara intensitas curah hujan pada titik sampling terhadap konsentrasi logam berat yang ada. Untuk mengetahui kuat atau tidaknya korelasi tersebut, data akan dianalisis menggunakan metode *T-Test*. Setelah dilakukan analisis kemudian data yang diperoleh disusun dalam bentuk laporan.

3.2. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada enam titik di wilayah sekitar DAS Sungai Code, yaitu Jembatan Gantung Boyong, Jembatan Ngentak, Jembatan Baru UGM, Jembatan Jambu, Jembatan Keparakan Kidul, dan Jembatan Kembang Songo. Titik tersebut diambil sebagai representatif dari daerah hulu, tengah, dan hilir dari DAS Sungai Code.



Gambar 3.2. Lokasi Titik Pengambilan Sampel

3.3. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan September 2020 hingga bulan Januari 2021 pada akhir bulan, dengan waktu pengambilan sampling 1 bulan sekali.

3.4. Pengambilan Sampel Sedimen Sungai

Pada penelitian ini, pengambilan sampling dilakukan dengan mengambil sampel sedimen dari badan air dengan menggunakan sekop kecil yang kemudian

dimasukkan ke dalam plastik zipper pada setiap titik. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak satu kali dengan cara mengakumulasikan sedimen di pinggir dan tengah dari titik sampling tersebut. Metode pengambilan sampel sedimen yang digunakan adalah *grab sampling*. Yaitu metode pengambilan sampel sedimen secara langsung pada suatu titik. Metode tersebut digunakan untuk mendapatkan sampel dengan kondisi tidak terganggu, sehingga sampel representatif terhadap kawasan titik sampling tersebut (Coggan, 2007). Pengambilan sampel sedimen sungai ini dilakukan sekali setiap satu bulan dari September 2020 hingga Januari 2021 untuk melihat variasi kuantitas logam berat dalam sampel sedimen.

Penentuan titik sampling pada penelitian ini menggunakan metode *cluster sampling method*, yaitu metode pengambilan sampel dengan cara membagi daerah penelitian menjadi beberapa titik atau segmen yang diharapkan dapat mewakili populasi penelitian (Sugiyono, 2008). Selain itu, penentuan titik pengambilan sampel sedimen didasarkan pada kemudahan akses, waktu, maupun biaya yang tersedia dalam penelitian. Berikut merupakan detail dari enam titik lokasi pengambilan sampel:

1. Jembatan Gantung Boyong

   Jembatan Gantung Boyong terletak pada Desa Purwobinangun, Pakem, Sleman dengan garis lintang $7^0$36’57.47”S dan garis bujur $110^0$24’56.53”E. Titik ini dipilih sebagai perwakilan daerah hulu pada penelitian ini dan diberi label sebagai Titik 1 (C1). Kondisi lingkungan di daerah ini dengan dengan sawah dan perkebunan warga. Aktifitas masyarakat juga cukup sedikit pada titik ini, dan juga kondisi air pada badan air Sungai Code masih terlihat jernih.



Gambar 3.2. Lokasi Titik S3 Pengambilan Sampel

2. Jembatan Ngentak

Jembatan ini terletak di Jalan Kapten Haryadi, Ngaglik, Sleman dengan Garis Lintang $7^0$43’21.42”S dan Garis Bujur $110^0$23’21.4”T. Jembatan ini diberi label sebagai Titik 2 (C2). Kondisi daerah sekitar lokasi pengambilan sampel ini sudah cukup ramai aktifitas masyarakat dan dekat dengan pertokoan dan pemukiman.



Gambar 3.3. Lokasi Titik S3 Pengambilan Sampel

3. Jembatan Baru UGM

Jembatan ini terletak di Jalan Jembatan Baru UGM, Pogung Kidul, Mlati, Sleman dengan Garis Lintang $7^0$45’48.08”S dan Garis Bujur $110^0$22’14.23”T. Jembatan ini diberi label sebagai Titik 3. Kondisi sekitar lokasi pengambilan sampling ini banyak aktifitas masyarakat, mulai dari pertokoan, tempat makan, hingga pemancingan. Kondisi air pada badan air sungai juga sudah mengeruh

dan berwarna coklat



Gambar 3.4 Lokasi Titik S3 Pengambilan Sampel

4. Jembatan Jambu

Jembatan ini terletak di Jalan Mas Suharto, Yogyakarta dengan Garis Lintang $7^0$47’38.79”S dan Garis Bujur $110^0$22’10.93”T. Lokasi Jembatan Jambu diberi label sebagai Titik 4 lokasi sampling. Kondisi pada titik pengambilan sampel ini banyak terdapat aktifitas masyarakat di badan Sungai Code, seperti pemukiman dan tempat makan sehingga mulai terlihat adanya limbah padat di aliran Sungai Code. Selain itu juga terdapat industri kecil yaitu pembuatan piagam dan piala, serta perhotelan. Terdapat aktifitas memancing pada titik ini.



Gambar 3.5 Lokasi Titik S4 Pengambilan Sampel

5. Jembatan Keparakan Kidul

Jembatan ini terletak di Jalan Kolonel Sugiyono, Brontokusuma, Mergangsan, Yogyakarta dengan Garis Lintang $7^0$48’55.76”S dan Garis Bujur $110^0$22’28.77”T. Jembatan ini diberi label sebagai Titik 5 pada penelitian ini. Kondisi lingkungan di sekitar daerah pengambilan sampling yaitu banyak aktifitas masyarakat dan dekat dengan pom bensin. Sedimen di titik sampling ini biasanya dikeruk setiap hari agar daya tampung dari sungai tidak berkurang.



Gambar 3.6 Lokasi Titik S5 Pengambilan Sampel

6. Jembatan Kembang Songo

Jembatan ini terletak di Desa Trimulyo, Bantul dengan Garis Lintang $7^0$89’29.19”S dan Garis Bujur $110^0$38’55.19”T. Lokasi ini diberi label sebagai Titik 6 pada penelitian ini. Kondisi lingkungan di sekitar lokasi pengambilan sampel yaitu cukup banyak aktifitas masyarakat dan dekat dengan sekolah. Di sekitar lokasi pengambilan sampel juga terdapat tempat budidaya ikan lele.



Gambar 3.7. Lokasi Titik S6 Pengambilan Sampel

3.5. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi alat dan bahan untuk analisis konsentrasi logam berat. Pada analisis konsentrasi logam berat, alat dan bahan dibagi menjadi dua bagian yaitu alat dan bahan untuk metode destruksi dan alat dan bahan pembacaan konsentrasi logam berat menggunakan AAS.

Alat dan bahan dalam metode destruksi juga dibagi menjadi 2 bagian yaitu tahap preparasi sampel dan tahap destruksi sampel. Pada tahap preparasi sampel alat yang dibutuhkan adalah aluminium untuk wadah mengeringkan sampel sedimen dalam oven, pengayak *Sieve Shaker* dengan ayakan terakhir bernomor 200, sendok kayu untuk memindahkan sampel yang telah diayak, dan plastik zip yang

telah diberi label untuk menyimpan sampel yang akan didestruksi. Sedangkan bahan yang diperlukan pada tahap ini hanya sampel sedimen yang telah diambil dari lokasi sampling.

Pada tahap destruksi sampel, terdapat beberapa alat yang akan digunakan. Alat-alat yang akan digunakan adalah erlenmeyer 250 mL yang telah diberi tanda saat volume 10 ml sebagai wadah larutan destruksi, pipet volume 25 ml untuk mengambil larutan yang dibutuhkan, cawan kaca yang digunakan untuk menimbang berat sampel yang akan didestruksi, *Hot Plate* elektrik untuk melakukan proses destruksi, kertas saring Whatman nomor 42 untuk menyaring larutan yang telah didestruksi, corong kaca yang digunakan sebagai wadah kertas saring Whatman, dan labu ukur 25 ml untuk mengencerkan larutan hasil destruksi. Sedangkan bahan yang akan digunakan dalam tahap ini meliputi sampel yang telah diayak sebanyak 0,3 gr, aquades, dan larutan asam nitrat (HNO3).

Sampel yang telah didestruksi kemudan dianalisis menggunakan alat AAS. Pada tahap ini alat yang dibutuhkan adalah botol kaca vial sebagai wadah larutan sampel dan AAS sebagai alat pembaca konsentrasi logam pada sampel. Untuk bahan yang dibutuhkan dalam tahap ini hanya larutan sampel yang telah didestruksi.

Selain analisis kandungan logam pada sampel sedimen, analisis kandungan TS dalam sampel sedimen juga membutuhkan alat dan bahan. Alat yang digunakan dalam analisis ini meliputi cawan porselin untuk wadah sampel sedimen, desikator untuk mendinginkan cawan dan sampel, oven untuk memanaskan cawan dan sampel, dan juga neraca analitik untuk menimbang berat dari cawan dan sampel sedimen. Sedangkan untuk bahan yang diperlukan dalam analisis ini hanya sampel sedimen yang telah diambil.

3.6. Prosedur Cara Kerja Analisis Konsentrasi Logam dan Penentuan Kadar *Total Solid* (TS)

Prosedur cara kerja pada penelitian yang dilakukan yaitu prosedur dalam analisis konsentrasi logam menggunakan AAS yang kemudian dibagi menjadi dua

tahap yaitu tahap destruksi beserta preparasi sampel dan tahap pembacaan konsentrasi logam dalam sampel menggunakan AAS.

Sebelum mengetahui konsentrasi logam pada sampel dengan menggunakan AAS, sampel terlebih dahulu dilakukan metode destruksi. Tahap awal dari metode destruksi adalah preparasi sampel. Sampel yang masih basah dioven dengan suhu 100^0C hingga kadar airnya berkurang dengan menggunakan loyang alumunium selama kurang lebih 1 hari. kemudian diayak menggunakan ayakan nomor 200 (mesh) dan disimpan dalam plastik zip yang telah diberi label.

Setelah diayak, sampel kemudian dilarutkan dalam erlenmeyer berukuran 250 ml dan didestruksi menggunakan larutan asam dan aquades dengan pemanasan menggunakan kompor elektrik. Proses destruksi dilakukan dengan acuan Standar Nasional Indonesia (SNI), untuk pengujian Besi (Fe) mengacu pada SNI 06-6992.7-2004, Mangan (Mn) mengacu pada SNI 6-6992.6-2004, Kadmium (Cd) mengacu pada SNI 6-6992.4-2004, Tembaga (Cu) mengacu pada SNI 6-6992.5-2004, Kromium (Cr) mengacu pada SNI 6-6992.8-2004, dan Timbal (Pb) mengacu pada SNI 6-6992.3-2004.

Karena logam yang akan dianalisis konsentrasinya meliputi logam Fe, Mn, Pb, Cd, Cu, dan Cr, maka terdapat sedikit perbedaan dalam pembacaan menggunakan alat AAS. Perbedaan antara pembacaan logam berat tersebut hanya terdapat pada panjang gelombang yang dipakai tiap logam berat yang akan dianalisis menggunakan AAS. Untuk panjang gelombang pengujian Fe yaitu 248,3 nm, Mn dengan panjang gelombang 279,5 nm, Pb dengan panjang gelombang 283,3 nm, Cd dengan panjang gelombang 228,8 nm, Cu dengan panjang gelombang 324,7 nm, dan pengukuran Cr menggunakan panjang gelombang 357,9 nm. Karena pada dasarnya prinsip dari cara kerja AAS adalah menembakkan cahaya dari lampu katoda dengan panjang gelombang yang ditentukan, yang kemudian akan diserap oleh atom logam.

Sedangkan untuk pengujian *Total Solid* (TS) menggunakan metode Gravimetri dengan acuan dari *American Public Health Association* (APHA),1998.

Cara kerja dari pengujian tersebut adalah dengan menimbang terlebih dahulu berat awal dari cawan petri. Kemudian sedimen dimasukkan ke cawan petri dan dioven pada suhu 103^0C dalam waktu 1 jam. Cawan petri kemudian didinginkan dan ditimbang kembali. Setelah ditimbang kembali, cawan diisi oleh sampel sedimen sebanyak 0,5 gr dan dioven kembali dengan suhu 103^0C selama satu jam. Setelah 1 jam sampel didinginkan dalam desikator dan ditimbang kembali menggunakan neraca analitik.

Alat dan bahan yang digunakan dalam semua analisis tersebut sesuai dengan metode yang akan dipakai untuk melakukan analisis konsentrasi logam dan juga kandungan *Total Solid*. Berikut merupakan tabel ringkasan dari metode yang akan digunakan.

Tabel 3.1. Metode Analisis Kadar Logam dan Kadar TS

Parameter	Unit	Metode Pengujian	Alat	SNI
Logam berat (Pb, Mn, Fe, Cu, Cd, Cr)	µg/ml	Destruksi Basah dan *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)*	*Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)*	Pb : SNI 6-6992.3-2004
				Mn : SNI 6-6992.6-2004
				Fe : SNI 6.6992.7-2004
				Cd : SNI 6.6992.4-2004
				Cu : SNI 6.6992.5-2004
				Cr : SNI 6.6992.8-2004
Total Solid (TS)	mg/L	Gravimetri	Neraca Analitik (*Analytical Balance*)	American Public Health Association (APHA), 1998

3.7. Analisis Data

Data kadar logam yang sudah didapatkan menggunakan metode pembacaan AAS akan ditampilkan dalam diagram *Box and Plot* yang dibagi menurut titik pengambilan sampel. Setiap titik pengambilan sampel mewakili kandungan logam selama waktu pengambilan sampel yaitu September 2020 hingga Januari 2021. Penyajian data menggunakan diagram *Box and Plot* dapat menjadi indikasi untuk melihat normal atau tidaknya data terdistribusi. Selain itu, penggunaan diagram tersebut juga dapat dimanfaatkan untuk melihat ada atau tidaknya perbedaan data yang signifikan. Perbedaan data yang cukup signifikan akan mengakibatkan median dari diagram *Box and Plot* mengarah kebawah ataupun keatas. Data konsentrasi logam yang telah didapat kemudian akan dibandingkan dengan penelitian terkait yang telah dilakukan. Setelah data dibandingkan, data tersebut kemudian akan diuji menggunakan metode statistika

Metode statistika yang digunakan adalah uji hipotesis dengan cara membandingkan nilai t hitung dengan nilai t tabel. Uji hipotesis digunakan untuk mencari tahu apakah terdapat hubungan yang memengaruhi suatu variabel terhadap variabel lainnya. Dalam penelitian ini uji hipotesis digunakan untuk melihat ada atau tidaknya hubungan antara curah hujan yang terjadi di titik pengambilan sampel terhadap konsentrasi dan juga ada atau tidaknya hubungan pengaruh antara debit aliran di titik pengambilan sampel terhadap konsentrasi logam dalam sedimen.

Selain menggunakan uji hipotesis dengan nilai t, analisis juga akan dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan *Risk Index* (RI). Perhitungan RI akan menunjukkan tingkat pencemaran logam berat yang ada didalam sedimen, sehingga hasil dari analisis tersebut dapat dibandingkan dengan penelitian yang terkait sebelumnya.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Konsentrasi Logam Berat Pada Sedimen Sungai Code

Terdapat 4 (empat) kali pengambilan sampel sedimen Sungai Code, mulai dari September 2020 hingga Januari 2021. Pada bulan Oktober tidak dilakukan sampling karena hujan terjadi sangat deras dan mengakibatkan beberapa titik pengambilan sampel memiliki arus yang deras. Kurangnya peralatan yang tersedia juga menghambat pengambilan sampel pada bulan Oktober tersebut. Setiap bulan terdapat 6 (enam) data logam berat, yaitu Pb, Mn, Fe, Cd, Cr, dan Cu. Konsentrasi logam berat yang didapatkan melalui metode destruksi dan AAS. Data konsentrasi logam berat yang didapat, akan dibandingkan dengan data konsentrasi logam berat dalam sedimen di luar dan dalam negeri.

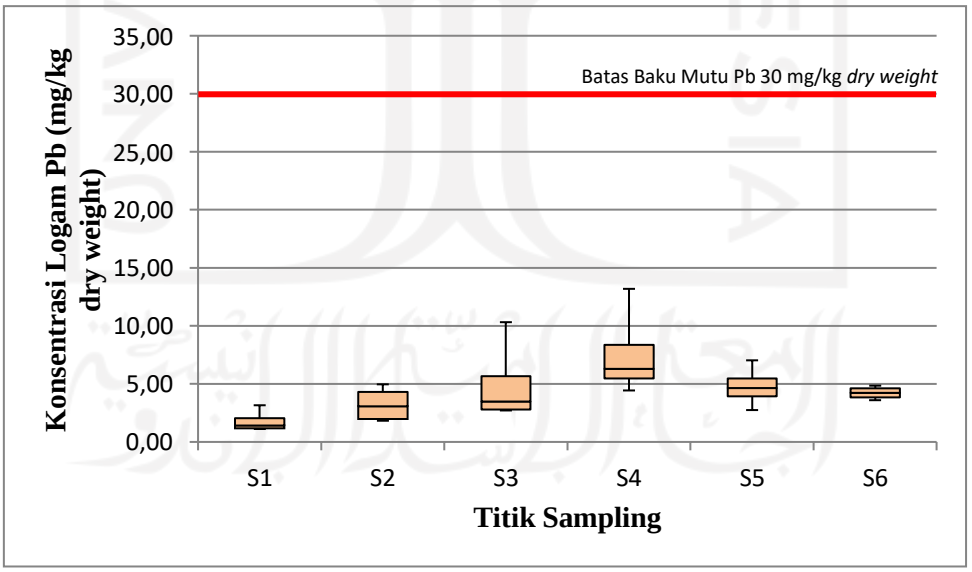
Tabel 4.1. Data Konsentrasi Logam Dalam Sedimen Sungai Code

Jenis Logam (mg/kg *dry weight*)	Bulan	Lokasi						Baku Mutu (mg/kg dry weight)
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	
Pb	September 2020	1,12	2,03	10,31	13,19	7,03	3,60	31
	November 2020	1,20	1,83	2,72	4,44	2,75	3,93	
	Desember 2020	1,67	4,12	4,12	5,82	4,97	4,54	
	Januari 2021	3,16	4,97	2,84	6,77	4,33	4,86	
Mn	September 2020	72,68	159,91	327,40	204,51	202,69	220,07	460
	November 2020	268,85	230,16	436,83	195,38	272,55	95,03	
	Desember 2020	122,87	376,19	492,35	239,35	279,96	262,39	
	Januari 2021	118,37	269,78	372,43	243,03	358,32	229,24	
Fe	September 2020	873,53	937,61	1661,70	2473,87	1537,29	1407,37	20000
	November 2020	1824,29	1499,69	1787,79	1238,23	821,60	1265,31	
	Desember 2020	1049,23	1489,74	2416,30	2106,41	1470,94	2708,59	
	Januari 2021	699,52	1787,79	1962,02	2120,80	1541,71	2420,18	

Cd	September 2020	0,34	0,36	0,53	0,68	0,68	0,47	0,6
	November 2020	0,43	0,44	0,53	0,53	0,41	0,45	
	Desember 2020	0,41	0,70	0,68	0,60	0,76	0,73	
	Januari 2021	0,35	0,84	0,65	0,97	0,68	0,54	
Cu	September 2020	5,99	3,42	32,21	86,57	20,80	5,86	16
	November 2020	3,55	3,60	6,60	16,99	3,18	14,49	
	Desember 2020	6,58	4,22	4,69	51,37	5,16	17,97	
	Januari 2021	1,87	17,49	2,34	46,90	5,16	14,39	
Cr	September 2020	0,20	0,45	0,77	1,82	2,52	0,81	26
	November 2020	0,14	0,34	0,92	0,63	0,63	1,23	
	Desember 2020	0,27	0,33	0,20	0,33	0,17	0,83	
	Januari 2021	0,07	0,37	0,07	0,40	0,23	0,67	

4.1.1. Konsentrasi Logam Pb Pada Sedimen

Data konsentrasi logam Pb yang telah didapat dari pembacaan AAS disajikan dalam bentuk grafik *box and whisker*.



Gambar 4.1. Grafik *Box and Whisker* Kadar Logam Pb

Hasil dari pembacaan konsentrasi menggunakan AAS menunjukkan bahwa konsentrasi logam Pb terendah adalah 1,12 mg/kg *dry weight* pada titik sampling S1 di bulan September 2020. Sedangkan konsentrasi logam Pb tertinggi adalah 13,19 mg/kg di titik sampling S4 pada bulan September 2020. Rata-rata dari konsentrasi logam Pb adalah 4,43 mg/kg *dry weight*. Menurut panduan batas konsentrasi yang dikeluarkan oleh kementrian LH dari Ontario, batas *Lowest Effect Level* logam Pb yang diperbolehkan adalah 36 mg/kg *dry weight*. Maka, kandungan logam berat Pb yang ada masih dibawah *Lowest Effect Level* (LEL). Sehingga sedimen yang ada di Sungai Code masih tergolong aman.

Berdasarkan gambar 4.1, nilai minimum dari diagram S4 mengalami kenaikan. Kenaikan tersebut dapat berarti meningkatnya rata-rata konsentrasi logam berat Pb di titik S4 dibandingkan dengan S3. Nilai median di titik S1, S3, dan S4 juga cenderung mengarah ke bawah, yang dapat diartikan kebanyakan dari data berkumpul di rentang antara nilai minimum hingga nilai tengah. Sedangkan panjangnya *whisker* atas dari diagram pada S1, S3, dan S4 menunjukkan bahwa terdapat nilai konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan rerata nilai pada titik tersebut. Sehingga menurut grafik yang diperoleh, terdapat kenaikan konsentrasi Pb hingga titik S4 dan mengalami penurunan di titik S5 dan S6. Tetapi, dikarenakan kandungan logam Pb dalam sedimen masih jauh dibawah batas baku mutu maka kenaikan tersebut dapat diabaikan.

Konsentrasi logam Pb tertinggi terdapat di Titik 4 (empat), dimana lokasi Titik 4 (empat) merupakan area perkotaan yang cukup banyak penduduk dan aktifitas masyarakat. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Xu, Y., et al, 2014) konsentrasi Pb umumnya berasal dari terkikisnya batuan secara alamiah dan juga berasal dari emisi industri. Walaupun di Indonesia sudah tidak menggunakan bahan bakar premium, tetapi menurut penelitian yang dilakukan oleh (Noviyanti, 2012) pegawai SPBU di Kota Makassar dalam urinnya mengandung logam Pb. Hal tersebut diduga karena akumulasi dari terhirupnya bahan bakar pada saat proses pengisian bahan bakar. Sehingga berdasarkan penelitian tersebut, masih adanya

kandungan Pb dalam bahan bakar kendaraan bermotor.

Tingginya angka pertumbuhan penduduk menyebabkan penggunaan bahan bakar fosil juga semakin meningkat. Sehingga hasil pembakaran tersebut menghasilkan emisi logam Pb (Li, et al, 2011). Dalam penelitian lain yang dilakukan oleh (Li et al, 2012) menyatakan bahwa sumber antropogenik dan pembakaran dari bahan bakar fosil merupakan sumber pencemar logam Pb yang lebih besar dibandingkan dengan sumber Pb yang terbentuk secara alamiah. Sedangkan dalam jurnal penelitian yang dilakukan oleh (Said, I.,et al, 2009) menyebutkan bahwa saluran air yang dekat dengan perumahan dan SPBU dapat menjadi faktor pencemaran Pb. Adanya saluran air yang mengarah ke badan sungai di titik S4 dapat menyebabkan terakumulasinya logam Pb yang terbawa dari saluran tersebut.

Logam Pb juga dapat berasal dari pengikisan batuan secara alamiah ataupun emisi dari suatu industri. Tipe sedimen yang terkandung dalam sungai juga dapat memengaruhi konsentrasi Pb yang ada. (Fagel et al, 2004) menyatakan bahwa tipe sedimen *clay* lebih banyak mengandung logam Pb dibandingkan dengan tipe sedimen pasir atau *sand*.

Tabel 4.2. Perbandingan Konsentrasi Logam Pb

Logam Pb (mg/kg *dry weight*)		
Sungai Code	Sungai Pakistan	Sungai Citarum
4,43	0,69	19,64

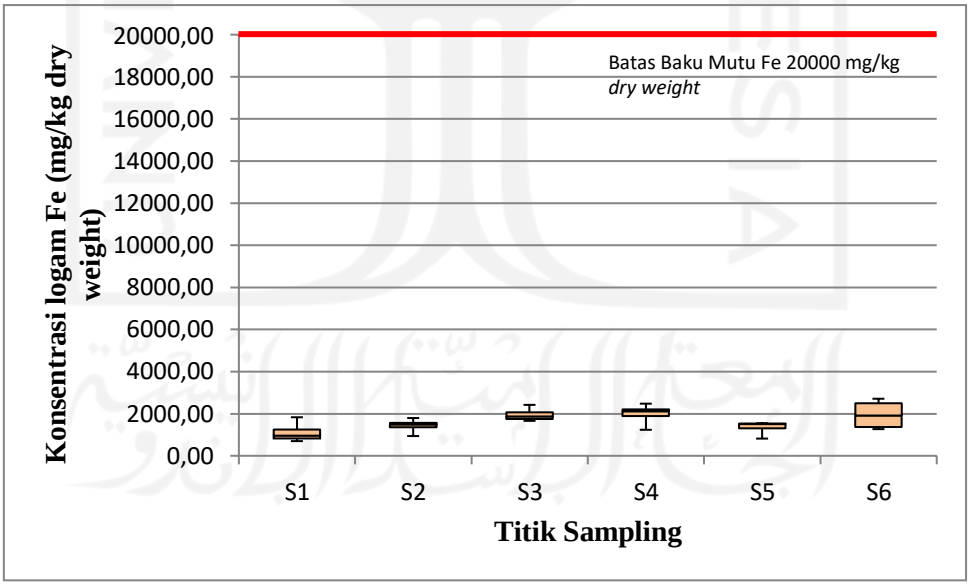
Sumber : (Zahra, A. et al, 2014) dan (Yenny, M. O. P., et al, 2020)

Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Zahra, A. et al, 2014), rata rata kadar logam Pb pada penelitian yang dilakukan di Sungai Pakistan adalah 0,69 mg/kg *dry weight*. Maka, sedimen pada tempat penelitian yang dilakukan memiliki konsentrasi logam Pb yang lebih rendah dibanding dengan

Sungai Code. Apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Yenny, M. O. P., et al, 2020) yang dilakukan di Sungai Citarum, rata-rata konsentrasi logam Pb yang ditemukan adalah 19,64 mg/kg *dry weight*. Sehingga konsentrasi logam Pb yang ada di Sungai Code lebih rendah dibandingkan dengan Sungai Citarum.

4.1.2. Konsentrasi Logam Fe Pada Sedimen

Dari hasil pembacaan AAS yang telah dilakukan, konsentrasi dari logam Fe terendah adalah 699,52 mg/kg *dry weight* yang berasal dari titik S1 pada bulan Januari 2021. Sedangkan konsentrasi tertinggi dari logam Fe pada titik S6 di bulan Desember 2020 dengan konsentrasi 2708,59 mg/kg *dry weight*. Rata-rata dari konsentrasi logam Fe ditemukan adalah 1629,23 mg/kg *dry weight*. Apabila rata-rata tersebut dibandingkan dengan batas LEL dari kementrian LH Ontario, maka konsentrasi logam Fe yang ada masih dibawah standar yaitu 20000 mg/kg *dry weight*. Sehingga sedimen dari Sungai Code masih tergolong aman.



Gambar 4.2. Grafik *Box and Whisker* Kadar Logam Fe

Berdasarkan gambar 4.2, nilai minimum dari diagram S3 mengalami kenaikan. Kenaikan tersebut dapat berarti meningkatnya rata-rata konsentrasi logam berat Fe di titik S3 dibandingkan dengan titik pengambilan sampel sebelumnya. Nilai median di titik S1, dan S3 cenderung mengarah ke bawah, yang dapat diartikan kebanyakan dari data berkumpul di rentang antara nilai minimum hingga nilai tengah. Sedangkan pada titik S2 dan S4 nilai median cenderung mengarah ke atas yang berarti data berkonsentrasi di bagian atas diagram. Meskipun kandungan logam Fe pada S3 mengalami kenaikan, dikarenakan kandungan Fe pada titik S3 masih jauh dibawah baku mutu maka kenaikan tersebut dapat diabaikan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Abdissalam, et al, 2009) menyatakan bahwa logam Fe termasuk dalam mineral pembentuk gunung api. Sehingga Fe yang berada di sekitar gunung api biasanya memiliki kadar yang cukup tinggi. Hal tersebut dibuktikan dengan kandungan Fe yang cukup tinggi pada titik S1. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh (Supriyantini & Endrawati, 2015) menambahkan bahwa logam Fe juga dapat bersumber dari kegiatan manusia dan juga korosi dari pipa saluran pembuangan. Akibat korosi tersebut maka tingginya kadar Fe di wilayah pemukiman dapat mengalami kenaikan. Penelitian yang dilakukan (Johnson et al, 2005) menyebutkan juga bahwa logam Fe dalam bentuk Fe^{3+} (Ferri) lebih mudah mengendap di sedimen yang berjenis *clay* dan *silt*.

Tabel 4.3. Perbandingan Konsentrasi Logam Fe

Logam Fe (mg/kg *dry weight*)		
Sungai Code	Pakistan	Sungai Martapura
1629,3	235,09	59700

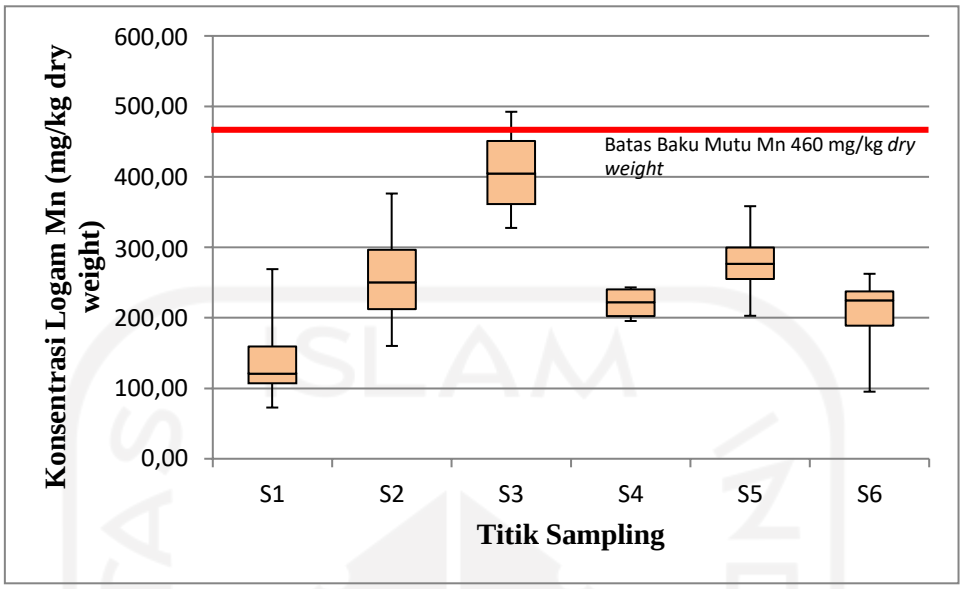
Sumber: (Zahra, A. et al, 2014) dan (Sudarningsih, et al, 2020)

Hasil rata-rata konsentrasi yang ditemukan apabila dibandingkan dengan

penelitian yang dilakukan oleh (Zahra, A. et al, 2014) maka konsentrasi Fe yang ada di Sungai Code jauh lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi Fe yang ada di Pakistan. Sementara pada penelitian yang dilakukan oleh (Sudarningsih, et al, 2020) konsentrasi logam Fe yang ada di Sungai Martapura adalah 59700 mg/kg *dry weight*. Konsentrasi logam yang ada di Sungai Martapura termasuk melebihi batas dari panduan yang tertera di tabel 2.1. Sehingga apabila dibandingkan dengan Sungai Code maka, Sungai Code jauh lebih baik dibandingkan dengan Sungai Martapura berdasarkan konsentrasi Fe.

4.1.3. Konsentrasi Logam Mn Pada Sedimen

Berdasarkan pembacaan AAS yang telah dilakukan, konsentrasi Mn terendah yang didapatkan adalah 72,68 mg/kg *dry weight* di titik S1 pada bulan September 2020 dan konsentrasi tertinggi Mn adalah 492,35 mg/kg *dry weight* di titik S3 di bulan Desember 2020. Rata-rata konsentrasi Mn didapat adalah 252,10 mg/kg *dry weight* yang apabila dibandingkan dengan panduan batas LEL logam pada sedimen yang dikeluarkan oleh kementrian LH Ontario, maka konsentrasi Mn di sedimen Sungai Code masih dibawah batas konsentrasi yaitu 260 mg/kg *dry weight*.



Gambar 4.3. Grafik *Box and Whisker* Kadar Logam Mn

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai minimum dari titik S3 ke S4, yang dapat berarti bahwa konsentrasi logam Mn mengalami penurunan konsentrasi dari S3 ke S4. Sedangkan apabila dilihat nilai median dari S1 dan S6 menunjukkan bahwa data lebih condong terkumpul di satu sisi. Pada diagram S1 menunjukkan bahwa data terkumpul di dalam nilai minimum hingga nilai median. *Whisker* dari diagram S1 juga panjang keatas yang menunjukkan bahwa adanya data yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang lainnya. Sedangkan diagram S6 data cenderung berkumpul di nilai median hingga maksimum, dengan *whisker* yang memanjang kebawah berarti terdapat data yang lebih rendah dibandingkan dengan yang lainnya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Herngren, et al, 2006), logam Mn dapat berasal dari pembuangan limbah industri khususnya industri produksi besi. Dalam penelitian tersebut juga menyebutkan bahwa logam Mn dominan berada di daerah komersial. Sedangkan dalam penelitian yang dilakukan oleh (Mulyaningsih, dkk., 2012) menyatakan bahwa logam Mn banyak terdapat di kawasan perindustrian antara lain industri *pulp* dan kertas, tekstil, dan kimia baik

itu apotik maupun klinik kesehatan. Penelitian tentang Mn yang dilakukan oleh (Kruopiene, 2007) menambahkan bahwa logam Mn biasanya dapat berpindah dalam sedimen apabila kadar oksigen dalam air dibawah 2 mg/L. Hal tersebut menjelaskan kenapa logam Mn tidak terlalu terakumulasi dari hulu hingga hilir, ditambah lagi dengan kegiatan pengerukan yang dilakukan oleh warga sekitar pada Titik 5.

Tabel 4.4. Perbandingan Konsentrasi Logam Mn

Logam Mn (mg/kg *dry weight*)		
Sungai Code	Pakistan	Sungai Citarum
252,1	38,4	1141

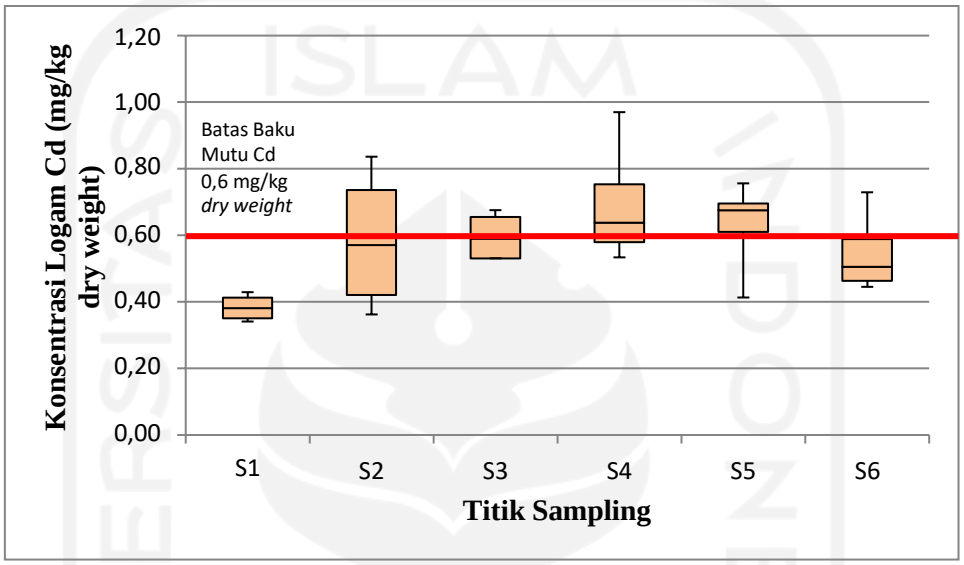
Sumber: (Zahra, A. et al, 2014) dan (Sudarningsih, et al, 2020)

Rata-rata yang logam Mn apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Zahra, A. et al, 2014) di wilayah Pakistan maka konsentrasi logam Mn di Sungai Code jauh lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi logam Mn yang ada di Pakistan. Sedangkan apabila rata-rata konsentrasi Mn di Sungai Code dibandingkan dengan konsentrasi Mn di Sungai Citarum, konsentrasi Mn di Sungai Code jauh lebih kecil. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Sudarningsih, et al, 2020) konsentrasi logam Mn di Sungai Martapura adalah 1141 mg/kg *dry weight*.

4.1.4. Konsentrasi Logam Cd Pada Sedimen

Konsentrasi terendah dari logam Cd yang didapat melalui pembacaan AAS adalah 0,34 mg/kg *dry weight* yang didapat dari sampel titik S1 di bulan September 2020. Sedangkan konsentrasi tertinggi logam Cd adalah 0,97 mg/kg *dry weight*. Kadar logam Cd pada setiap site kecuali S1 memiliki kadar yang melebihi batas yang ditentukan oleh panduan kadar logam pada sedimen yang dikeluarkan oleh Kementrian LH Ontario. Meskipun demikian, rata-rata logam Cd yang diperoleh

dari pembacaan AAS adalah 0,57 mg/kg *dry weight* yang apabila dibandingkan dengan panduan konsentrasi sedimen yang dikeluarkan oleh Kementrian LH Ontario maka konsentrasi logam Cd di Sungai Code masih tergolong aman karena dibawah batas yang ditetapkan yaitu 0,6 mg/kg *dry weight*.



Gambar 4.4. Grafik *Box and Whisker* Kadar Logam Cd

Diagram S1, S2, dan S3 pada gambar 4.4 dapat mengindikasikan bahwa data terdistribusi normal karena nilai median yang tidak condong mengarah kebawah ataupun keatas. Sedangkan di diagram S4, S5, dan S6 nilai median cenderun condong ke satu sisi. Pada diagram S4 dan S6, nilai median cenderung mengarah kebawah yang berarti data konsentrasi logam Cd banyak berkumpul di rentang minimum hingga nilai median. Sedangkan pada diagram S5, data banyak berkumpul di rentang nilai median hingga nilai maksimum. Panjangnya *whisker* dari diagram S3, S4, dan S6 kearah atas dapat berarti bahwa terdapat data konsentrasi yang lebih besar dibandingkan dengan data konsentrasi di site tersebut pada bulan lain. Pada diagram S5 *whisker* memanjang kebawah yang berarti terdapat data yang lebih rendah dibandingkan dengan data konsentrasi Cd di bulan

lain pada site yang sama.

Penelitian yang dilakukan oleh (Pratiwi et al, 2016) menyatakan bahwa faktor pencemaran logam Cd antara lain adalah limbah domestik dan pengecatan anti karat. Titik 4 (empat) dan Titik 5 (lima) merupakan wilayah perkotaan yang padat dengan aktifitas masyarakat. Sehingga konsentrasi Cd cukup tinggi pada Titik 4 (empat) dan Titik 5 (lima). Berdasarkan (Dinas Lingkungan Hidup Yogyakarta, 2018) terdapat juga beberapa industri alumunium yang biasanya melakukan pengecatan pada segmen Sungai Code.

Tabel 4.5. Perbandingan Konsentrasi Logam Cd

Logam Cd (mg/kg *dry weight*)		
Sungai Code	Pakistan	Sungai Citarum
0,57	0,42	0,4

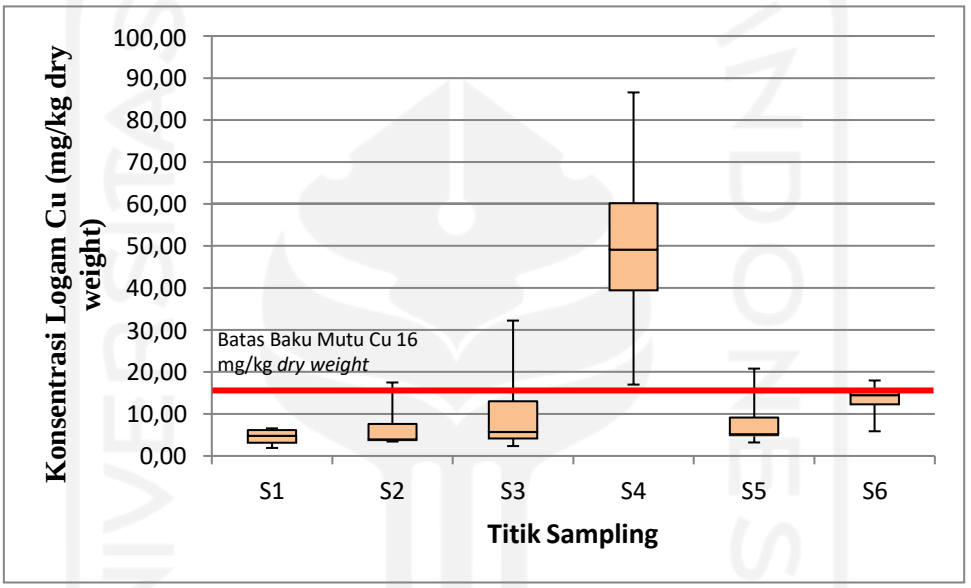
Sumber : (Zahra, A. et al, 2014) dan (Yenny, M. O. P., et al, 2020)

Logam Cd di Sungai Code tidak terlalu berbeda jauh apabila dibandingkan dengan konsentrasi logam Cd yang ada di Pakistan yaitu 0,42 mg/kg *dry weight*. Penelitian mengenai logam Cd juga dilakukan oleh (Yenny, M. O. P., et al, 2020) di wilayah Sungai Citarum. Berdasarkan penelitian tersebut, konsentrasi logam Cd yang didapatkan dari sedimen Sungai Citarum adalah 0,4 mg/kg *dry weight*. Konsentrasi logam Cd yang ada di Sungai Citarum juga tidak jauh berbeda dengan penelitian yang dilakukan di Sungai Code dan Pakistan.

4.1.5. Konsentrasi Logam Cu Pada Sedimen

Hasil pembacaan AAS dari logam Cu menunjukkan bahwa konsentrasi logam Cu terkecil adalah 1,87 mg/kg *dry weight* di titik S1 pada bulan Januari 2021, dan konsentrasi logam Cu terbesar adalah 86,57 mg/kg *dry weight* di titik S4 pada bulan September 2020. Rata-rata yang didapat dari keseluruhan konsentrasi logam Cu yang ada dalam sedimen Sungai Code adalah 15,89 mg/kg *dry weight*. Apabila

rata-rata tersebut dibandingkan dengan panduan berdasarkan Kementrian LH Ontario, maka rata-rata konsentrasi logam Cu yang ada hampir mendekati dari batas konsentrasi yang tercantum. Meskipun demikian, pada titik S4, konsentrasi dari logam Cu yang ada sudah melebihi dari konsentrasi yang tertera pada panduan yang dikeluarkan oleh kementrian LH dari Ontario. Tingginya konsentrasi yang ada di titik S4 dapat dilihat melalui diagram *Box and Plot*.

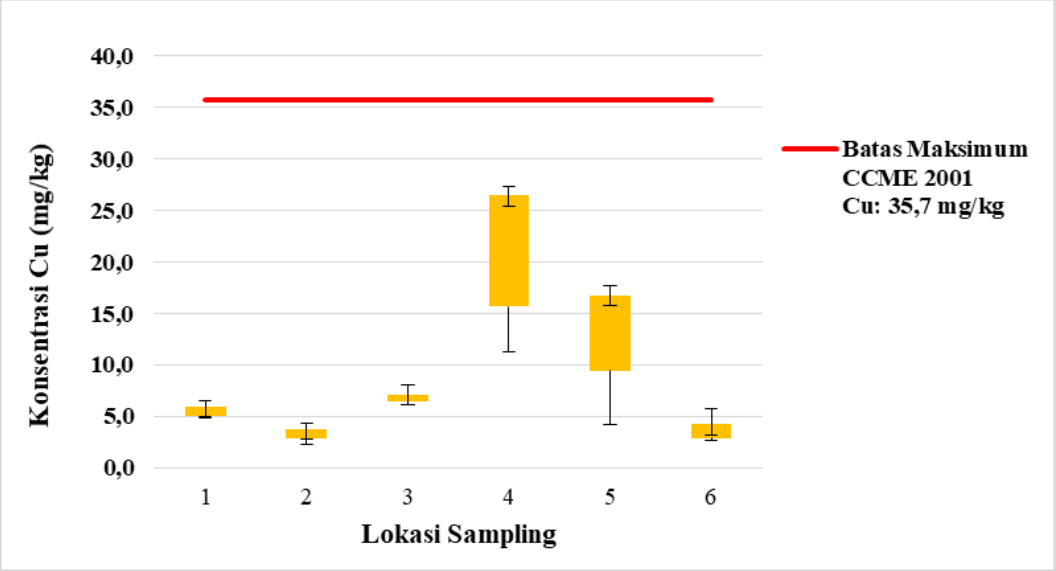


Gambar 4.5. Grafik *Box and Whisker* Kadar Logam Cu

Pada gambar 4.5 dapat terlihat bahwa diagram S1 dan S4 memiliki nilai median yang tidak condong kearah bawah maupun atas. Hal tersebut dapat berarti bahwa data terdistribusi secara baik. Diagram S2, S3, dan S5 memiliki nilai median yang cenderung mengarah kebawah. Nilai median yang mengarah kebawah dapat diartikan bahwa kebanyakan data terdapat pada rentang minimum hingga nilai median. Sedangkan pada diagram S6, nilai median lebih condong mengarah keatas yang berarti kebanyakan data terdapat pada nilai median hingga nilai maksimum dari diagram tersebut. *Whisker* dari diagram S4 memiliki panjang yang sama,

sehingga dengan adanya nilai median yang berada tepat di tengah *box* dapat menjadi indikasi bahwa data pada titik S4 terdistribusi secara normal. Pada diagram S2. S3, dan S4 *whisker* cenderung memanjang ke atas yang dapat berarti bahwa terdapat data yang lebih tinggi dibandingkan dari rata-rata konsentrasi yang berada di titik tersebut. Sedangkan pada diagram S1 dan S6, *whisker* cenderung memanjang kebawah yang dapat berarti bahwa terdapat data yang lebih rendah dari rata-rata konsentrasi logam Cu di titik tersebut.

Titik S4 memiliki konsentrasi yang tinggi dibandingkan dengan titik lainnya. Apabila melihat penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Hasti, 2020), titik s4 juga memiliki konsentrasi Cu yang tinggi dibandingkan dengan titik lainnya. Hal tersebut dapat berarti bahwa banyak terjadi pencemaran yang terjadi di titik S4 yang dapat bersumber dari kegiatan manusia maupun kegiatan sutatu perindustrian.



Gambar 4.6. Grafik *Box and Whisker* Kadar Logam Cu Penelitian Sebelumnya

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Li, et al., 2001) menyebutkan bahwa tingginya kadar Cu dapat disebabkan karena logam Cu dapat dengan mudah berikatan dengan komponen organic yang ada. Mudahnya logam Cu berikatan

dengan komponen organik disebabkan oleh tingginya stabilitas dari Cu-komponen organik. Sedangkan (Rochyatun, dkk., 2010) menyebutkan bahwa kadar Cu yang tinggi dapat disebabkan oleh buangan sampah kota yang berasal dari kegiatan manusia dan juga erosi dari batuan mineral yang ada. Sehingga apabila terjadi erosi pada batuan mineral dan badan air mengandung komponen organik yang cukup banyak, dapat menyebabkan logam Cu terendap di sedimen dalam sungai.

Tabel 4.6. Perbandingan Konsentrasi Logam Cu

Logam Cu (mg/kg *dry weight*)		
Sungai Code	Pakistan	Sungai Citarum
15,89	0,17	38,96

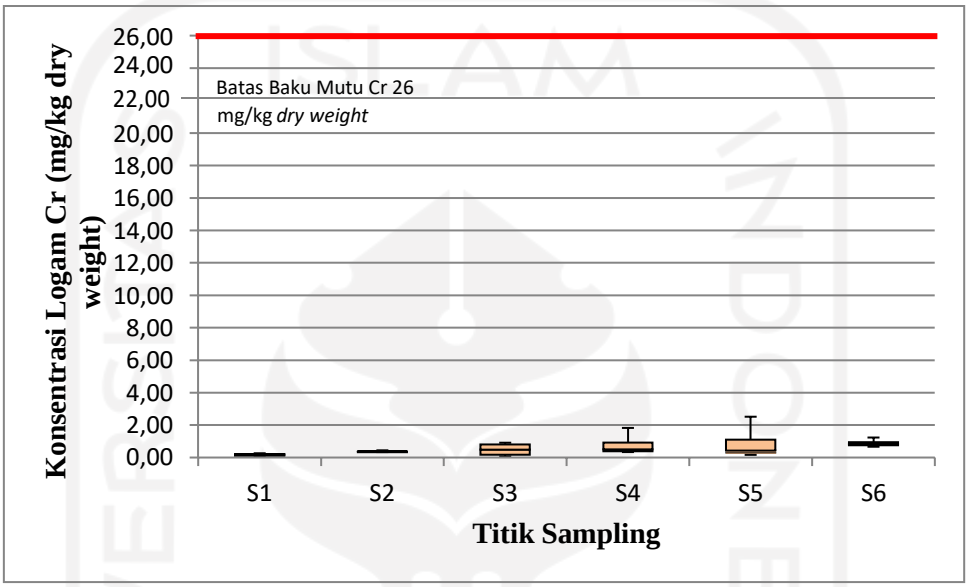
Sumber : (Zahra, A. et al, 2014) dan (Yenny, M. O. P., et al, 2020)

Rata-rata konsentrasi logam Cu yang telah didapat apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Zahra, A. et al, 2014) tentang kadar logam berat yang ada di sedimen Pakistan, maka konsentrasi logam Cu di Sungai Code jauh lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi logam Cu yang diperoleh dalam penelitian yang dilakukan yaitu 0,17 mg/kg *dry weight*. Penelitian mengenai konsentrasi logam Cu juga dilakukan oleh (Yenny, M. O. P., et al, 2020) yang bertempat di Sungai Citarum. Rata-rata konsentrasi logam Cu dalam penelitian tersebut adalah 38,96 mg/kg *dry weight*. Apabila dibandingkan dengan rata-rata konsentrasi logam Cu di Sungai Code maka sedimen Sungai Code lebih aman dibandingkan dengan sedimen di Sungai Citarum.

4.1.6. Konsentrasi Logam Cr Pada Sedimen

Dari hasil pembacaan konsentrasi logam Cr yang dilakukan dengan AAS, didapatkan konsentrasi logam Cr terendah yaitu 0,07 mg/kg *dry weight* di titik S1 pada bulan Januari 2021. Sedangkan konsentrasi logam Cr tertinggi adalah 2,52 mg/kg *dry weight* yang didapat dari titik S5 pada bulan September 2020. Rata-rata

yang didapat dari keseluruhan data konsentrasi logam Cr adalah 0,06 mg/kg *dry weight*. Rata-rata tersebut apabila dibandingkan dengan tabel 2.1 maka konsentrasi logam Cr yang ada di Sungai Code masih dapat dikatakan aman karena berada dibawah acuan konsentrasi yang telah ditetapkan.



Gambar 4.7. Grafik *Box and Whisker* Kadar Logam Cr

Berdasarkan gambar 4.6 diagram titik S3 memiliki nilai median yang berada di tengah *box*. Panjang dari *whiser* bagian atas dan bawah juga memiliki panjang yang sama. Dengan demikian, diagram S3 menunjukkan bahwa data konsentrasi logam Cr yang berada di titik S3 memiliki distribusi yang baik. Pada diagram S1, nilai median dari diagram tersebut agak sedikit mengarah keatas. Hal tersebut dapat berarti bahwa kebanyakan data konsentrasi cenderung berada di rentang nilai median hingga nilai maksimum. *Whisker* dari diagram S1 tidak menunjukkan adanya perbedaan panjang bagian atas dan bawah, yang dapat berarti tidak terdapat

data konsentrasi yang jauh dari nilai rata-rata konsentrasi di titik S1. Diagram S2 memiliki bentuk yang cukup pipih, yang dikarenakan rentang dari konsentrasi yang didapat tidak begitu jauh antara nilai minimum dan maksimumnya. Sedangkan untuk diagram S4, S5, dan S6 memiliki nilai median yang mengarah kebawah. Nilai median yang mengarah kebawah dapat berarti bahwa data cukup banyak yang terkumpul pada rentang nilai minimum hingga nilai mediannya. Sedangkan panjangnya *whisker* bagian atas menandakan bahwa terdapat data konsentrasi yang cukup tinggi dibandingkan dengan rata-rata konsentasi logam Cr yang didapat di setiap titik pengambilan sampel tersebut.

Menurut **Invalid source specified.** logam Cr dapat masuk ke badan air melalui limbah buangan baik Limbah rumah tanggan maupun limbah industri yang antara lain adalah industri tinta, bahan warna, pigmen cat, dan pelapisan anti korosif. Hal tersebut diperkuat dengan adanya industri percetakkan dan alumunium yang berada di daerah titik pengambilan sampel. Hal tersebut juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh **Invalid source specified.** yang menyebutkan bahwa kadar Cr dalam badan air dapat dipengaruhi oleh industi yang ada pada sekitar sungai tersebut, terutama industri pewarnaan.

Tabel 4.7. Perbandingan Konsentrasi Logam Cr

Logam Cr (mg/kg *dry weight*)		
Sungai Code	Pakistan	Sungai Citarum
0,6	1,69	11,31

Sumber : (Zahra, A. et al, 2014) dan (Yenny, M. O. P., et al, 2020)

Penelitian mengenai konsentrasi logam Cr juga dilakukan oleh (Zahra, A. et al, 2014) di Pakistan. Rata-rata konsentrasi logam Cr yang didapat pada penelitian tersebut adalah 1,69 mg/kg *dry weight*. Rata-rata konsentrasi tersebut lebih tinggi apabila dibandingkan dengan rata-rata konsentrasi logam Cr yang ada

di Sungai Code. Penelitian mengenai konsentrasi logam Cr juga dilakukan oleh (Yenny, M. O. P., et al, 2020) di Sungai Citarum. Rata-rata konsentrasi logam Cr Sungai Citarum jauh lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi logam Cr yang ada di Sungai Code. Sehingga, konsentrasi logam Cr yang ada di Sungai Code lebih sedikit dibandingkan konsentrasi logam Cr yang ditemukan di wilayah Pakistan dan juga Sungai Citarum.

4.2. Pengaruh Debit Aliran Sungai Code Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Berat

Debilt aliran pada lokasi sampling diukur menggunakan *Current Meter*. Data dari debit aliran di badan air Sungai Code akan dianalisis mengenai keterkaitannya dengan kandungan logam berat yang ada pada sedimen Sungai Code. Analisis nantinya akan dilakukan dengan metode regresi linear yang kemudian diperkuat dengan *T-Test*. Penelitian yang dilakukan oleh (Mulyaningsih, dkk., 2012) menyebutkan bahwa debit air sungai dapat memengaruhi pemekatan dari logam berat yang ada pada sedimen dalam sungai. Pernyataan tersebut dikuatkan dalam penelitian yang dilakukan **Invalid source specified.** yang menyebutkan bahwa debit aliran dalam sungai dapat meneybabkan tidak terakumulasinya logam ke dalam sedimen.

Tabel 4.8. Debit Aliran Sungai Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi Sampling	Debit (m3/s) Bulan			
	September	November	Desember	Januari
S1	0,04	0,04	0,04	0,04
S2	0,04	0,71	0,75	0,14
S3	0,92	0,98	1,00	1,08
S4	1,82	1,97	2,36	1,83
S5	5,74	6,44	6,50	8,18
S6	2,11	2,32	3,34	1,99

Data pada tabel yang ditampilkan berasal dari pengukuran yang dilakukan di lapangan pada saat hari pengambilan sampel. Pada data debit aliran yang ditampilkan, dapat diketahui bahwa debit aliran tertinggi di lokasi pengambilan sampel ada pada Titik 5. Titik 5 merupakan jembatan yang berada di Jalan Kolonel Sugiyono, Brontokusuma, Mergangsan, Yogyakarta. Debit yang tinggi berkaitan dengan kegiatan pengerukan yang sering dilakukan oleh warga di sekitar DAS ini. Debit yang tinggi juga berkaitan dengan lebarnya sungai di titik pengambilan sampel. Data debit aliran yang telah didapatkan kemudian akan digunakan sebagai variabel bebas dalam uji hipotesis. Untuk variabel terikat, data yang digunakan adalah konsentrasi dari logam berat yang akan dianalisis.

Tabel 4.9. Hasil Perhitungan Regresi Logam Terhadap Debit Aliran Sungai

Debit dan Konsentrasi						
	R Square	Std. Error	Nilai T Tabel	Nilai T Hitung	Sig.	Kesimpulan
Pb	0,035	2,80075	±2,074	0,892	0,382	Tidak terdapat pengaruh antara debit dan konsentrasi
Fe	0,033	568,36890	±2,074	-0,036	0,972	Tidak terdapat pengaruh antara debit dan konsentrasi
Mn	0,025	105,38359	±2,074	0,758	0,456	Tidak terdapat pengaruh antara debit dan konsentrasi
Cd	0,087	0,16174	±2,074	1,445	0,163	Tidak terdapat pengaruh antara debit dan konsentrasi
Cu	0,026	20,65175	±2,074	0,450	1,000	Tidak terdapat pengaruh antara debit dan konsentrasi
Cr	0,076	0,56725	±2,074	1,343	0,193	Tidak terdapat pengaruh antara debit dan konsentrasi

Pengambilan keputusan dilakukan dengan cara membandingkan nilai t hitung dengan nilai t tabel. Apabila nilai t hitung diantara nilai ± t tabel, maka keputusan yang diambil adalah H0 diterima dan H1 ditolak. Sedangkan apabila nilai

t hitung lebih besar atau lebih kecil dari nilai ± t tabel, maka keputusan yang diambil adalah H1 diterima dan H0 ditolak. H0 berarti tidak adanya hubungan antara kedua variabel tersebut. Sedangkan H1 berarti terdapat hubungan antara kedua variabel tersebut. Tetapi hasil dari model tersebut menunjukkan hanya sedikit sampel yang dapat direpresentasikan oleh model karena nilai signifikansi yang cukup kecil.

4.2.1. Pengaruh Debit Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Pb

Data debit yang telah diperoleh dari lapangan kemudian dijadikan satu tabel dengan konsentrasi logam Pb, dimana tabel akan dilapirkan pada lembar lampiran. Uji hipotesis dilakukan dengan aplikasi SPSS berdasarkan tabel yang telah dibuat. Dalam pemasukkan data saat analisis, data debit aliran menjadi variabel bebas (x) dan data konsentrasi logam Pb menjadi variabel terikat (y).

Tabel 4.10. Hasil Uji Hipotesis Debit Aliran Terhadap Konsentrasi Logam Pb

	R Square	Std. Error	Nilai T Tabel	Nilai T Hitung	Sig.	Kesimpulan
Pb	0,035	2,80075	±2,074	0,892	0,382	Tidak terdapat pengaruh antara debit dan konsentrasi

Nilai t hitung yang didapatkan berada diantara nilai ± t tabel. Sehingga didapatkan kesimpulan bahwa tidak terdapat hubungan pengaruh antara debit pada titik pengambilan sampel terhadap konsentrasi logam Pb dalam sedimen. Pengaruh debit terhadap konsentrasi logam Pb biasanya terjadi apabila pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran kandungan logam berat pada kolom air.

Debit akan mempengaruhi kandungan logam Pb dari dalam air karena adanya proses pengenceran yang terjadi di suatu badan air tersebut (Arief, 2012). Pada kandungan logam di sedimen, faktor yang paling mempengaruhi penyerapan logam Pb adalah kandungan organik yang terdapat di sedimen tersebut. Logam pada umumnya cenderung untuk berinteraksi dengan gugus fungsional di permukaan

adsorben yang dalam hal ini adalah sedimen. Proses adsorpsi ini biasanya terjadi pada sedimen yang kaya akan senyawa –OH, -NH, ,-SH, dan – COOH. Debit air hanya akan memecah sedimen secara fisika, sehingga tidak memengaruhi kandungan logam Pb yang ada pada sedimen (Rahmawati, dkk., 2012).

4.2.2. Pengaruh Debit Terhadap Perubahan Konsentrasi Fe

Data konsentrasi Fe yang telah didapatkan melalui pembacaan AAS dimasukkan ke dalam satu tabel beserta data debit alir sesuai dengan lokasi dan waktu pengambilan sampel. Data debit alir menjadi variabel bebas (x) yang akan diuji hipotesis terhadap variabel terikatnya (y) yaitu konsentrasi logam Fe. Analisis uji hipotesis dilakukan menggunakan aplikasi SPSS.

Tabel 4.11. Hasil Uji Hipotesis Debit Aliran Terhadap Konsentrasi Logam Fe

	R Square	Std. Error	Nilai T Tabel	Nilai T Hitung	Sig.	Kesimpulan
Fe	0,033	568,36890	±2,074	-0,036	0,972	Tidak terdapat pengaruh antara debit dan konsentrasi

Nilai t hitung yang didapatkan berada diantara nilai ± t tabel. Sehingga didapatkan kesimpulan bahwa tidak terdapat hubungan pengaruh antara debit pada titik pengambilan sampel terhadap konsentrasi logam Fe dalam sedimen. Tidak adanya hubungan antara debit dengan kandungan logam Fe dalam sedimen dikarenakan logam Fe lebih cenderung berikatan dengan sedimen yang memiliki kandungan *Total Organic Carbon* (TOC) yang tinggi.

Tidak adanya hubungan antara logam Fe dan debit sungai selain ditunjukkan oleh model perhitungan yang telah dilakukan, juga didukung oleh adanya penelitian yang membuktikan bahwa logam Fe lebih cenderung bereaksi

dengan komponen yang memiliki TOC yang tinggi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Maslukah, dkk., 2019) logam berat Pb dan Fe cenderung mengalami kenaikan apabila kandungan TOC yang ada dalam sedimen tinggi. Logam Fe juga memiliki sifat mudah bereaksi dengan sedimen yang memiliki kadar organik yang tinggi, sama seperti logam Pb. Reaksi tersebut merupakan reaksi kompleksitas yaitu pertukaran ion dari senyawa logam dan organik yang ada sehingga membentuk senyawa logam yang kompleks.

Selain itu, besi dalam badan air umumnya ditemukan dalam bentuk ferro (Fe^{2+}) atau ferri (Fe^{3+}). Ion tersebut apabila kontak dengan udara ataupun oksigen akan membentuk senyawa $Fe(OH)_x$ yang cenderung cepat untuk mengendap. Sehingga faktor lain yang mempengaruhi dari kandungan logam Fe yang ada di sedimen adalah kadar oksigen (DO) yang ada dalam badan air tersebut (Hastiningrum, dkk., 2015).

4.2.3. Pengaruh Debit Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Mn

Data konsentrasi logam Mn dianalisis dengen metode uji hipotesis dan aplikasi SPSS. Data logam Mn yang dimasukkan ke dalam analisis disesuaikan dengan data debit aliran pada lokasi dan waktu yang sama. Data konsentrasi logam Mn sebagai variabel terikat (y) dan data debit alir menjadi variabel bebas (x).

Tabel 4.12. Hasil Uji Hipotesis Debit Aliran Terhadap Konsentrasi Logam Mn

	R Square	Std. Error	Nilai T Tabel	Nilai T Hitung	Sig.	Kesimpulan
Mn	0,025	105,38359	±2,074	0,758	0,456	Tidak terdapat pengaruh antara debit dan konsentrasi

Nilai t hitung yang didapatkan berada diantara nilai ± t tabel. Sehingga didapatkan kesimpulan bahwa tidak terdapat hubungan pengaruh antara debit pada titik pengambilan sampel terhadap konsentrasi logam Mn dalam sedimen.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Hastiningrum, dkk., 2015), logam Mn memiliki sifat yang mirip dengan logam Fe yaitu cenderung mengendap apabila bereaksi dengan O2.

Logam Mn pada umumnya ditemukan dalam bentuk Mn^{2+}. Dalam bentuk kation tersebut logam Mn cenderung berikatan dengan O_2 yang menghasilkan endapan MnO_2. Sehingga apabila kadar DO yang ada dalam suatu badan air tinggi, maka logam Mn cenderung untuk mengendap dalam bentuk MnO_2. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Kholif, dkk. , 2020) terjadinya kontak antara sedimen dan gas mengakibatkan adanya perpindahan senyawa dengan reaksi seperti berikut : $2Mn^{2+}+O_2+H_2O \rightarrow 2MnO_2 + 4H^+$.

4.2.4. Pengaruh Debit Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Cd

Data konsentrasi logam Cd dianalisis dengen metode uji hipotesis dan aplikasi SPSS. Data logam Cd yang dimasukkan ke dalam analisis disesuaikan dengan data debit aliran pada lokasi dan waktu yang sama. Data konsentrasi logam Cd sebagai variabel terikat (y) dan data debit alir menjadi variabel bebas (x).

Tabel 4.13. Hasil Uji Hipotesis Debit Aliran Terhadap Konsetnrasi Logam Cd

	R Square	Std. Error	Nilai T Tabel	Nilai T Hitung	Sig.	Kesimpulan
Cd	0,087	0,16174	±2,074	1,445	0,163	Tidak terdapat pengaruh antara debit dan konsentrasi

Nilai t hitung yang didapatkan berada diantara nilai ± t tabel. Sehingga didapatkan kesimpulan bahwa tidak terdapat hubungan pengaruh antara debit pada titik pengambilan sampel terhadap konsentrasi logam Cd dalam sedimen. Tidak adanya hubungan antara debit sungai dengan konsentrasi logam Cd diakibatkan oleh sifat dari logam Cd yang tidak larut dalam air. Sehingga walaupun ada penambahan atau pengurangan debit pada sungai, tidak mempengaruhi kandungan

dari logam Cd.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Paramita, dkk., 2017) sebagian besar logam Cd yang berasal dari lingkungan umumnya terendapkan dalam sedimen. Sebanyak 90% logam yang ada akan terendapkan dalam sedimen. Karena logam Cd memiliki kelarutan yang rendah dalam air, logam Cd lebih cenderung mengendap di sedimen. Sehingga apabila dibandingkan dibandingkan dengan konsentrasi logam Cd dalam air, maka konsentrasi logam Cd dalam sedimen cenderung lebih tinggi.

4.2.5. Pengaruh Debit Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Cu

Data konsentrasi logam Cu dianalisis dengen metode uji hipotesis dan aplikasi SPSS. Data logam Cu yang dimasukkan ke dalam analisis disesuaikan dengan data debit aliran pada lokasi dan waktu yang sama. Data konsentrasi logam Cu sebagai variabel terikat (y) dan data debit alir menjadi variabel bebas (x).

Tabel 4.14. Hasil Uji Hipotesis Debit Aliran Terhadap Konsetnrasi Logam Cu

	R Square	Std. Error	Nilai T Tabel	Nilai T Hitung	Sig.	Kesimpulan
Cu	0,026	20,65175	±2,074	0,450	1,000	Tidak terdapat pengaruh antara debit dan konsentrasi

Nilai T hitung yang didapatkan berada diantara nilai ± t tabel. Sehingga didapatkan kesimpulan bahwa tidak terdapat hubungan pengaruh antara debit pada titik pengambilan sampel terhadap konsentrasi logam Cu dalam sedimen. Tidak adanya hubungan antara debit dan konsentrasi logam Cu dapat disebabkan karena kecenderungan logam Cu yang mudah mengendap dalam beberapa jenis sedimen.

Penelitian yang dilakukan oleh (Zhang, dkk. , 2017) logam Cu biasanya ditemukan dalam bentuk kation Cu^{2+}. Kation tersebut biasanya mudah mengendap pada sedimen bertipe *silica*, *clay*, *bentonite*, dan *diatomite*. Logam Cu juga

memiliki sifat yang sama dengan logam Pb yaitu cenderung mengendap pada sedimen yang memiliki kadar organik yang tinggi. Logam Cu dalam bentuk kationnya yaitu Cu^{2+} juga mudah mengendap dalam sedimen yang mengandung senyawa –OH, -NH, ,-SH, dan – COOH. Oleh karena itu, debit air tidak mempengaruhi kadar logam Cu dalam sedimen karena kecenderungan logam Cu yang mudah mengendap pada sedimen yang banyak mengandung senyawa organik.

4.2.6. Pengaruh Debit Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Cr

Data konsentrasi logam Cr yang telah didapat, dijadikan sebagai variabel terikat (y) dalam analisis ini. Sedangkan data debit aliran yang telah diukur di lapangan dijadikan sebagai variabel bebas (x). Analisis uji hipotesis ini dilakukan menggunakan program SPSS.

Tabel 4.15. Hasil Uji Hipotesis Debit Aliran Terhadap Konsentrasi Logam Cr

	R Square	Std. Error	Nilai T Tabel	Nilai T Hitung	Sig.	Kesimpulan
Cr	0,076	0,56725	±2,074	1,343	0,193	Tidak terdapat pengaruh antara debit dan konsentrasi

Berdasarkan nilai yang diperoleh maka hipotesis Ho dapat diterima. Ho diterima karena nilai t hitung yang diperoleh dari analisis berada diantara nilai ± t tabel. Dalam penarikan kesimpulan tersebut dapat diartikan bahwa tidak terdapat hubungan antara konsentrasi logam Cr pada sedimen dan debit aliran Sungai Code. Tidak adanya hubungan tersebut dikarenakan logam Cr memiliki sifat yang mudah untuk mengikat senyawa organik dan membentuk senyawa yang kompleks.

Penelitian yang dilakukan oleh (Nuraini, dkk., 2017) menyatakan bahwa logam Cr mempunyai sifat yang mudah mengikat senyawa organik dan cenderung mengendap pada dasar perairan dalam bentuk yang kompleks. Endapan tersebut kemudian menyatu dengan sedimen sehingga kandungan logam Cr di dalam

sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan dalam air. Tinggi atau rendahnya kadar senyawa organik yang ada dalam sedimen disebut sebagai *Total Organic Compound* (TOC) (Maslukah, dkk., 2019). Sehingga walaupun terjadi fluktuasi debit di sungai, konsentrasi logam Cr tidak akan terpengaruh.

4.3. Pengaruh Curah Hujan Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Berat

Data curah hujan akan digunakan untuk menganalisis apakah ada keterkaitan antara curah hujan pada lokasi sampling memengaruhi kandungan logam yang ada pada sedimen Sungai Code. Menurut penilitian yang dilakukan oleh (Gough, et al., 2012) curah hujan dapat memengaruhi durasi atau lamanya suatu logam berat terangkut. Sehingga, apabila terjadi hujan maka kandungan logam berat dalam sedimen tidak bertambah karena terangkut dalam badan air dengan bantuan hujan. Penelitian tentang pengaruh hujan juga dilakukan oleh (Mahbub, et al., 2012) yang menyebutkan bahwa kandungan logam berat yang ada, dapat terangkut kembali atau terhapus oleh hujan yang terjadi.

Tabel 4.16. Data Curah Hujan Pada Saat Bulan Pengambilan Sampel

Stasiun Hujan	Titik Lokasi	Curah Hujan Bulanan (mm3)			
		September	November	Desember	Januari
Stasiun Sleman	S1	0,00	12,25	20,35	13,20
Stasiun Gandok	S2	0,20	8,00	12,10	11,50
Stasiun Kota Yogya	S3	0,22	6,09	11,02	9,94
Stasiun Kota Yogya	S4	0,22	6,09	11,02	9,94
Stasiun Kotagede	S5	0,10	9,40	13,50	9,10
Stasiun Piyungan	S6	0,00	9,40	9,80	5,90

Sumber : BMKG Sleman Yogyakarta, 2020; Kota Yogyakarta Dalam Angka, 2020; Kabupaten Bantul Dalam Angka, 2020

Tabel diatas merupakan curah hujan rata – rata pada bulan pengambilan sampling. Pada bulan September teramati bahwa curah hujan harian masih sangat sedikit, dikarenakan pada bulan September masih termasuk dalam musim kemarau.

Pada bulan November curah hujan harian mulai meningkat dikarenakan sudah masuk ke dalam musim penghujan. Data curah hujan diambil dari stasiun pemantau hujan terdekat yang berada di sekitar lokasi pengambilan sampel.

Tabel 4.17. Hasil Uji Hipotesis Logam Terhadap Curah Hujan

Curah Hujan dan Konsentrasi						
	R Square	Std. Error	Nilai T Tabel	Nilai T Hitung	Sig.	Kesimpulan
Pb	0,139	2,64599	±2,074	-1,882	0,073	Tidak terdapat pengaruh antara curah hujan dan konsentrasi
Fe	0,033	568,36958	±2,074	-0,036	0,972	Tidak terdapat pengaruh antara curah hujan dan konsentrasi
Mn	0,018	105,79311	±2,074	0,633	0,533	Tidak terdapat pengaruh antara curah hujan dan konsentrasi
Cd	0,025	0,16710	±2,074	0,753	0,460	Tidak terdapat pengaruh antara curah hujan dan konsentrasi
Cu	0,078	19,83093	±2,074	-1,363	0,187	Tidak terdapat pengaruh antara curah hujan dan konsentrasi
Cr	0,305	0,49204	±2,074	-3,104	0,005	Terdapat pengaruh antara curah hujan dan konsentrasi

Data curah hujan yang telah didapatkan kemudian digunakan sebagai variabel bebas dalam uji hipotesis. Untuk variabel terikat, data yang digunakan adalah konsentrasi dari logam berat yang akan dianalisis. Dari model yang telah didapatkan dapat disimpulkan bahwa curah hujan yang terjadi tidak mempengaruhi kandungan logam berat yang ada di dalam sedimen, kecuali logam Cr. Hal ini dapat terjadi karena hujan dapat mempengaruhi kandungan logam berat yang ada dalam air tetapi tidak dalam sedimen. Beberapa logam berat juga dapat terlarut dalam air dengan kondisi tertentu. Kesimpulan tersersebut dapat ditarik tetapi nilai R^2 yang didapatkan cukup rendah, hal tersebut dapat dikarenakan kurangnya data lapangan yang diambil.

4.3.1. Pengaruh Curah Hujan Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Pb

Data yang digunakan dalam uji hipotesis ini adalah data curah hujan dan logam Pb yang disesuaikan berdasarkan tempat dan waktu pengambilan sampel. Dalam analisis ini data konsentrasi logam Pb menjadi variabel terikat (y) dan data curah hujan menjadi variabel bebas (x). Pengujian ini dilakukan menggunakan program SPSS.

Tabel 4.18. Hasil Uji Hipotesis Curah Hujan Terhadap Konsetnrasi Logam Pb

	R Square	Std. Error	Nilai T Tabel	Nilai T Hitung	Sig.	Kesimpulan
Pb	0,139	2,64599	±2,074	-1,882	0,073	Tidak terdapat pengaruh antara curah hujan dan konsentrasi

Nilai t hitung yang diperoleh dari hasil pengujian hipotesa adalah -1,882. Nilai tersebut berada diantara ± nilai t tabel. Dalam penarikan kesimpulan hal tersebut dapat berarti bahwa H0 diterima dan H1 ditolak. Hipotesa H0 berarti tidak terdapat hubungan antara curah hujan dengan konsentrasi logam Pb dalam sedimen.

Hubungan tersebut dapat terjadi apabila perhitungan konsentrasi logam Pb dilakukan di kolom air. Karena meningkatnya curah hujan berarti bahwa bertambahnya volume air pada suatu badan air, yang dapat menyebabkan tingginya kemungkinan terjadinya pelarutan (Arief, 2012). Seperti yang sudah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, logam Pb cenderung untuk berinteraksi dengan sedimen karena memiliki unsur senyawa organik yang lebih banyak dibandingkan dengan kolom air. Sehingga logam Pb lebih cenderung untuk mengendap dalam sedimen dibandingkan dengan terlarut dalam air.

4.3.2. Pengaruh Curah Hujan Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Fe

Data konsentrasi logam Fe yang didapatkan akan dijadikan sebagai variabel terikat (y) dalam pengujian ini. Sedangkan data curah hujan akan digunakan sebagai variabel bebas (x). Kedua data tersebut disesuaikan terlebih dahulu berdasarkan

waktu dan tempat pengambilan sampel. Pengujian dilakukan menggunakan program SPSS.

Tabel 4.19. Hasil Uji Hipotesis Curah Hujan Terhadap Konsetnrasi Logam Fe

	R Square	Std. Error	Nilai T Tabel	Nilai T Hitung	Sig.	Kesimpulan
Fe	0,033	568,36958	±2,074	-0,036	0,972	Tidak terdapat pengaruh antara curah hujan dan konsentrasi

Hasil dari uji hipotesis yang dilakukan menunjukkan bahwa nilai t perhitungan yang didapat berada diantara ± nilai t tabel yang digunakan yaitu ±2,074. Hasil tersebut berarti diterimanya hipotesa H0, yang berarti tidak adanya pengaruh dari curah hujan terhadap perubahan konsentrasi logam Fe. Tidak adanya hubungan antara debit dengan kandungan logam Fe dalam sedimen dikarenakan logam Fe lebih cenderung berikatan dengan sedimen yang memiliki kandungan *Total Organic Carbon* (TOC) yang tinggi dan juga cenderung mengendap apabila bereaksi dengan oksigen.

Penelitian yang dilakukan (Maslukah, dkk., 2019) menyebutkan bahwa logam Fe cenderung bereaksi dengan sedimen yang memiliki nilai TOC yang tinggi. Hal lain yang mengakibatkan tidak adanya hubungan pengaruh hujan dengan konsentrasi logam Fe dalam sedimen adalah adanya reaksi antara logam Fe dengan O_2 yang menyebabkan logam Fe mudah untuk terendap. Hal tersebut didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh (Hastiningrum, dkk., 2015) yang menyebutkan bahwa besi dalam badan air umumnya ditemukan dalam bentuk ferro (Fe^{2+}) atau ferri (Fe^{3+}). Ion tersebut apabila kontak dengan udara ataupun oksigen akan membentuk senyawa $Fe(OH)_x$ yang cenderung cepat untuk mengendap. Sehingga faktor lain yang mempengaruhi dari kandungan logam Fe yang ada di sedimen adalah kadar oksigen (DO) yang ada dalam badan air tersebut.

4.3.3. Pengaruh Curah Hujan Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Mn

Metode uji hipotesis menggunakan dua data yang telah didapat, yaitu data curah hujan dan data konsentrasi logam Mn. Data yang akan dijadikan variabel bebas (x) dalam analisis ini adalah data curah hujan. Sedangkan data konsentrasi logam Mn akan dijadikan sebagai variabel terkait (y). Sebelum pengujuan dilakukan, data terlebih dahulu dipasangkan sesuai dengan waktu dan tempat pengambilan sampel. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan program SPSS.

Tabel 4.20. Hasil Uji Hipotesis Curah Hujan Terhadap Konsetnrasi Logam Mn

	R Square	Std. Error	Nilai T Tabel	Nilai T Hitung	Sig.	Kesimpulan
Mn	0,018	105,79311	±2,074	0,633	0,533	Tidak terdapat pengaruh antara curah hujan dan konsentrasi

Nilai t hitung yang didapatkan dari uji hipotesis yang telah dilakukan adalah 0,633. Nilai tersebut masuk ke dalam rentang nilai t tabel yang digunakan yaitu ±2,074. Hal tersebut berarti hipotesa Ho diterima dan Ha ditolak. Hipotesa Ho diterima berarti tidak adanya pengaruh curah hujan terhadap perubahan konsentrasi logam Mn. Tidak adanya pengaruh antara logam Mn dan curah hujan dapat disebabkan oleh sifat logam Mn yang cenderung mengendap apabila bereaksi dengan O2.

Seperti pada sub bab sebelumnya mengenai pengaruh antara debit dan konsentrasi logam Mn, logam tersebut pada umumnya ditemukan dalam bentuk Mn^{2+}. Dalam bentuk kation tersebut logam Mn cenderung berikatan dengan O_2 yang menghasilkan endapan MnO_2. Sehingga apabila kadar DO yang ada dalam suatu badan air tinggi, maka logam Mn cenderung untuk mengendap dalam bentuk MnO_2. Terjadinya kontak antara sedimen dan gas mengakibatkan adanya perpindahan senyawa dengan reaksi seperti berikut : $2Mn^{2+}+O_2+H_2O \rightarrow 2MnO_2 +$

$4H^+$ (Kholif, dkk. , 2020).

4.3.4. Pengaruh Curah Hujan Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Cd

Data konsentrasi logam Cd yang telah didapat melalui pembacaan AAS akan digunakan sebagai variabel bebas (x) dalam uji hipotesis yang akan dilakukan. Sedangkan data curah hujan akan digunakan sebagai variabel bebas (y). Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan program SPSS.

Tabel 4.21. Hasil Uji Hipotesis Curah Hujan Terhadap Konsetnrasi Logam Cd

	R Square	Std. Error	Nilai T Tabel	Nilai T Hitung	Sig.	Kesimpulan
Cd	0,025	0,16710	±2,074	0,753	0,460	Tidak terdapat pengaruh antara curah hujan dan konsentrasi

Nilai t hitung yang didapatkan yaitu 0,753 berada dalam rentang nilai t tabel yang digunakan yaitu ±2,074. Kesimpulan dari kondisi tersebut adalah diterimanya hipotesa H0. Sehingga, dapat diartikan bahwa tidak adanya pengaruh curah hujan terhadap perubahan konsentrasi logam Cd. Tidak adanya pengaruh antara curah hujan dan konsentrasi logam Cd dapat diakibatkan oleh sifat logam Cd yang sulit larut dalam air. Sehingga apabila volume air sungai bertambah dengan adanya hujan, kandungan logam Cd tidak akan terpengaruh karena tetap akan mengendap dalam sedimen.

Hal tersebut didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh (Paramita, dkk., 2017), sebagian besar logam Cd yang berasal dari lingkungan umumnya terendapkan dalam sedimen. Sebanyak 90% logam yang ada akan terendapkan dalam sedimen. Karena logam Cd memiliki kelarutan yang rendah dalam air, logam Cd lebih cenderung mengendap di sedimen. Sehingga apabila dibandingkan dibandingkan dengan konsentrasi logam Cd dalam air, maka konsentrasi logam Cd dalam sedimen cenderung lebih tinggi.

4.3.5. Pengaruh Curah Hujan Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Cu

Dalam pengujian hipotesis yang dilakukan, data yang digunakan adalah data curah hujan dan data konsentrasi logam Cu. Data curah hujan akan menjadi variabel bebas (x) dalam pengujian ini. Sedangkan data konsentrasi logam Cu akan menjadi variabel terikat (y). Sebelum melakukan pengujian, kedua data tersebut akan dicocokkan menurut tempat dan waktu pengambilan sampel. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan program SPSS.

Tabel 4.22. Hasil Uji Hipotesis Curah Hujan Terhadap Konsetnrasi Logam Cu

	R Square	Std. Error	Nilai T Tabel	Nilai T Hitung	Sig.	Kesimpulan
Cu	0,078	19,83093	±2,074	-1,363	0,187	Tidak terdapat pengaruh antara curah hujan dan konsentrasi

Nilai t hitung yang didapat dalam analisis yang telah dilakukan adalah -1,368. Nilai tersebut berada dalam rentang nilai t tabel yang digunakan, yaitu ±2,074. Dari kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa hipotesa Ho diterima yang berarti tidak ada pengaruh curah hujan terhadap konsentrasi logam Cu. Tidak adanya pengaruh hujan terhadap konsentrasi logam Cu yang ada di sedimen diperkirakan terjadi karena mudahnya logam Cu untuk mengendap ke dalam sedimen dibandingkan dengan terlarut di dalam air. Hal tersebut dikarenakan sedimen memiliki kandungan TOC yang biasanya lebih besar dibandingkan dengan kolom air. Sehingga logam Cu cenderung untuk mengendap ke dalam sedimen.

Penelitian yang dilakukan oleh (Zhang, dkk. , 2017) menyebutkan bahwa logam Cu biasanya terdapat pada badan air dalam bentuk kationnya, yaitu Cu^{2+}. Bentuk kation tersebut lebih mudah bereaksi dengan sedimen yang memiliki komponen senyawa organik yang banyak. Banyaknya senyawa organik yang ada dalam sedimen dapat direpresentatifkan dengan nilai TOC yang tinggi. Senyawa organik yang mudah berikatan dengan logam ini biasanya senyawa yang

mengandung gugus –OH, -NH, ,-SH, dan – COOH.

4.3.6. Pengaruh Curah Hujan Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam Cr

Data yang akan digunakan dalam uji hipotesis adalah data curah hujan dan data konsentrasi logam Cr di wilayah pengambilan sampel. Data curah hujan akan menjadi variabel bebas (x) dalam pengujian ini. Sedangkan data konsentrasi logam Cr akan menjadi variabel terikat (y). Kedua data tersebut terlebih dahulu dicocokkan menurut wilayah dan waktu pengambilan sampel. Pengujian hipotesis ini akan dilakukan dengan menggunakan program SPSS.

Tabel 4.23. Hasil Uji Hipotesis Curah Hujan Terhadap Konsetnrasi Logam Cr

	R Square	Std. Error	Nilai T Tabel	Nilai T Hitung	Sig.	Kesimpulan
Cr	0,305	0,49204	±2,074	-3,104	0,005	Terdapat pengaruh antara curah hujan dan konsentrasi

Berdasarkan hasil dari uji hipotesis yang telah dilakukan, dapat dikatakan bahwa terdapat pengaruh curah hujan terhadap konsentrasi logam Cr yang ada di sedimen Sungai Code. Kesimpulan tersebut dapat dikatakan karena nilai t hitung dari analisis yang telah dilakukan lebih kecil dari nilai t tabel yang digunakan yaitu -2,074. Sehingga, dalam pengambilan keputusan hipotesa Ha diterima. Hipotesa tersebut berarti bahwa terdapat pengaruh dari curah hujan terhadap perubahan konsentrasi logam Cr. Adanya pengaruh antara hujan dan konsentrasi logam Cr dalam sedimen diperkirakan dengan adanya hujan, maka lingkungan badan air tersebut akan berubah, dalam hal ini adalah pH.

Perubahan lingkungan dari badan air tersebut dijelaskan dalam penelitian yang dilakukan oleh (Wijayanti, dkk., 2018). Sifat dari air hujan biasanya tergantung pada darimana air tersebut mengalami penguapan. Apabila terdapat konsentrasi anion yang tinggi pada suatu badan air, maka pH dari air hujan akan rendah. Apabila air hujan tersebut masuk ke dalam badan air maka lingkungan

badan air tersebut akan berubah dari segi pH. Logam Cr dalam bentuk toksiknya yaitu Cr^{6+} akan cepat bereaksi dalam keadaan asam. Reaksi tersebut merupakan reaksi kondensasi dan kompleksitas dari kation Cr tersebut. Sehingga kandungan logam Cr yang ada di sedimen dapat bergantung pada curah hujan yang ada pada lokasi tersebut. Apabila curah hujan yang terjadi cukup tinggi maka perubahan pH di badan air juga akan semakin cepat, yang akan mendorong logam Cr untuk cepat bereaksi ke dalam bentuk yang kompleks.

4.4. Perhitungan *Risk Index* (RI) Sungai Code

Perhitungan RI menggunakan persamaan (Hakanson, 1979) yaitu :

$$C_d = \sum_{i=1}^{8} C_f^i = \sum_{i=1}^{8} \frac{Co-i}{C_n^i}$$, dimana :

C_d = Derajat kontaminasi

C_f^i = Faktor kontaminasi

Co-i = Rata-rata konsentrasi logam dalam sampel

C_n^i = Standar tingkat logam pra-industri

Kemudian nilai dari faktor kontaminasi digunakan untuk mengetahui nilai RI dengan persamaan (Hakanson, 1979) :

$$RI = \sum_{i=1}^{8} E_r^i = \sum_{i=1}^{8} T_r \; x \; C_f^i$$, dimana :

RI = *Risk Index*

E_r^i = Potensi resiko ekologis

T_r = Faktor respon toksisitas

Berikut ini merupakan contoh dari perhitungan persamaan (Hakanson, 1979) menggunakan data dari logam Pb pada bulan September :

Co-i = 6,21 mg/kg *dry weight*

C_n^i = 20 mg/kg *dry weight*

Maka nilai dari C_f^i adalah = 6,21 / 20 = 0,31 mg/kg *dry weight*.

Tabel 4.25. Data Hasil Perhitungan Cif (Faktor Kontaminasi)

Logam	Cif (mg/kg dry weight)			
	September	November	Desember	Januari
Pb	0,31	0,14	0,21	0,22
Mn	0,23	0,29	0,35	0,31
Fe	0,03	0,03	0,04	0,04
Cd	1,70	1,55	2,15	2,24
Cu	0,57	0,18	0,33	0,33
Cr	0,01	0,01	0,00	0,00

Penelitian yang dilakukan oleh (Zhang, J., et al, 2002) apabila faktor kontaminasi berkisar antara 0 hingga 1,5 maka konsentrasi logam berat yang ditemukan kebanyakan berasal dari proses alamiah seperti pengikisan batuan. Sedangkan apabila faktor kontaminasi lebih dari 1.5 maka terdapat pengaruh dari aktivitas manusia baik itu dari limbah buangan rumah tangga maupun industri. Sehingga dalam tabel 4.21. dapat dilihat bahwa logam Pb, Mn, Fe, Cu, dan Cr memiliki faktor kontaminasi diantara rentang 0 hingga 1,5. Maka, logam-logam tersebut lebih banyak berasal dari proses alamiah. Sedangkan pada logam Cd, faktor kontaminasi yang didapat lebih besar dri 1,5. Hal tersebut berarti konsentrasi logam Cd yang ditemukan kebanyakan berasal dari aktivitas manusia.

Kemudian perhitungan dilanjutkan untuk mencari nilai Eir, yaitu :

C_f^i = 0,31 mg/kg *dry weight*

T_r = 5,36 mg/kg *dry weight*

Sehingga hasil dari E_r^i = 5,36 x 0,31 = 1,67 mg/kg *dry weight.* Setelah perhitungan E_r^i selesai, maka untuk penentuan nilai RI cukup dengan menjumlahkan nilai E_r^i setiap bulan.

Tabel 4.26. Tabel Hasil Perhitungan Potensi Resiko Ekologis dan *Risk Index*

Logam	Eir (mg/kg dry weight)				RI	RI Grade
	September	November	Desember	Januari		
Pb	1,67	0,75	1,13	1,20	4,75	Low Ecological Risk
Mn	0,23	0,29	0,35	0,31	1,19	Low Ecological Risk
Fe	0,03	0,03	0,04	0,04	0,14	Low Ecological Risk
Cd	54,67	49,88	69,09	71,96	245,60	Moderate Ecological Risk
Cu	3,08	0,96	1,79	1,75	7,58	Low Ecological Risk
Cr	0,03	0,02	0,01	0,01	0,06	Low Ecological Risk

Berdasarkan hasil perhitungan *Risk Index,* dapat dilihat bahwa logam Pb, Mn, Fe, Cu, dan Cr mendapatkan kategori resiko ekologis yang rendah. Hal tersebut berarti konsentrasi logam-logam tersebut yang ada di sedimen Sungai Code hanya memiliki resiko ekologis yang kecil terhadap Sungai Code. Sedangkan pada logam Cd, kategori *Risk Index* yang didapatkan adalah resiko ekologis sedang. Sehingga konsentrasi logam Cd yang ada memiliki resiko ekologis yang sedang terhadap kondisi di Sungai Code.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Rata-rata konsentrasi logam berat yang ada dalam sedimen Sungai Code, apabila dilihat dari panduan kualitas sedimen yang digunakan masih berada di bawah batas *Lowest Effect Level* (LEL) yang diijinkan. Meskipun terdapat beberapa konsentrasi yang melebihi batas LEL di waktu dan wilayah tertentu.
2. Berdasarkan analisis regresi linear yang dilakukan dengan program SPSS, tidak ditemukan adanya hubungan pengaruh antara debit aliran Sungai Code terhadap kadar konsentrasi logam berat yang ada dalam sedimen.
3. Hasil analisis regresi linear yang dilakukan antara logam Cr dan curah hujan menunjukkan bahwa adanya pengaruh antara curah hujan dan perubahan konsentrasi logam Cr di sedimen Sungai Code. Sedangkan untuk logam berat lainnya, tidak terdapat adanya hubungan pengaruh
4. Hasil perhitungan *Risk Index* yang dilakukan menunjukkan bahwa logam Pb, Mn, Fe, Cu, dan Cr memiliki resiko ekologis yang rendah terhadap Sungai Code. Sedangkan logam Cd memiliki resiko ekologis yang sedang terhadap Sungai Code.

5.2 Saran

Terdapat beberapa saran yang diajukan setelah melakukan analisis dan penarikan kesimpulan, yaitu :

1. Penelitian lebih lanjut mengenai sumber pencemar dari logam berat yang ada di Sungai Code dapat dilakukan agar menjadi informasi yang lebih akurat untuk masyarakat.
2. Hasil dari nilai signifikansi terdapat nilai yang cukup tinggi yang dapat diakibatkan oleh salahnya data, sehingga untuk kedepannya dalam melakukan penelitian harus dicermati prosedur dan langkah-langah uji yang dilakukan.
3. Peta lokasi dari industri yang ada di sekitar wilayah Sungai Code juga dapat dijadikan acuan untuk analisis kedepannya. Sehingga nilai faktor kontaminasi dapat didukung dengan lokasi industri yang ada di sekitaran Sungai Code.

DAFTAR PUSTAKA

Abdissalam, et al. (2009). **Identifikasi Gunung Api Purba Karangtengah di Pegunungan Selatan, Wonogiri, Jawa Tengah**. *Jurnal Geologi Indonesia*, 253-267.

Acosta, J. M. (2011). **Accumulation of Major and Trace Elements in Particle Size Fractions of Soils on Eight Different Parent Materials**. *Geoderma*, 30-42.

Akbar, A. W. (2014). **Analisis Resiko Lingkungan Logam Berat Cadmium (Cd) Pada Sedimen Air Laut Di Wilayah Pesisir Kota Makassar.**

Anjani, M. (2018). **Analisis Water Quality Index Kandungan Logam Berat di Sungai Code**.

Aprile, F. (2011). **Evaluation of Cation Exchange Capacity in Tropical Soils**. *Journal of Agricultural Science*, 278-289.

Arief, H. (2012). **Distribusi Kandungan Logam Berat Pb dan Cd Pada Kolom Air dan Sedimen DAS Citarum**. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 175-182.

Budiyanto, F. e. (2017). **Temporal and Spatial Distribution of Heavy Metal in Sediment of Urban Coastal Waters: A Case Study in Jakarta Bay, Indonesia**. *Bulletin of the Marine Geology*, 1-10.

Calmano, W. F. (2012). **Sediments and Toxic Substances**. *Berlin : Springer Science & Business Media*.

Canion, B. (2012). **Trace Analysis and Leaching Dynamics of Volcanic Ash Using NAA and ICP-MS**. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 375-378.

Cheng, W. H., & Yap, C. K. (2015). **Potential Human Health Risks From Toxic Metals Via Mangrove Snail Consumption and Their Ecological Risk Assessment in The Habitat Sediment From Peninsular, Malaysia**. *Chemosphere*, 156-165.

Coggan, R. (2007). **Review of Standards and Protocols for Seabed Habitat Mapping.** ***Mapping European Seabed Habitats (MESH)***.

Dinas Lingkungan Hidup Yogyakarta. (2018). ***Kajian Beban Pencemaran Sungai Code.*** **Yogyakarta**: Dinas Lingkungan Hidup Yogyakarta.

DLH Kota Yogyakarta, K. Y. (2018). ***Kajian Beban Pencemaran Sungai.*** **Yogyakarta**: Dinas Lingkungan Hidup Yogyakarta.

Dudhagara, D., et al. (2016). **Distribution, Sources, and Ecological Risk Assessment of**

PAHs in Historically Contaminated Surface Sediments at Bhavnagar Coast, Gujarat, India. *Environmental Pollution*, 338-346.

Fagel et al. (2004). **Nd and Pb Isotope Signatures of The Clay-size Fraction of Labrador Sea Sediments**. *Paleoceanography*.

Gough, et al. (2012). **Metal impacts on microbial biomass in the anoxic sedimentsof a contaminated lake**. *Journal Of Geophysical Research*, 174-187.

Guan, Y. S. (2014). **Heavy Metal Contamination Assessment and Partition For Industrial and Mining Gathering Areas** . *Environmental Research and Public Health*, 7286-7303.

Guo, W. L. (2010). **Pollution and Potential Ecological Risk Evaluation of Heavy Metals in The Sediments Around Dongjiang Harbour, Tianjin**. *Procedia Environmental Sciences*, 729-736.

Hadi, M. F. (2018). **Potensi Sumber Bakteri Resisten Antibiotik Berdasarkan Kondisi Kualitas Air dan Penggunaan Lahan di Sungai Code, Yogyakarta**. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*, 88-100.

Hakanson, L. (1979). **An Ecological Risk Index For Aquatic Pollution Control. A Sedimentological Approach**. *Water Research*, 975-1001.

Hasti, A. K. (2020). ***Analisis Potential Ecological Risk (PER) Berdasarkan Logam Berat Dalam Sedimen Sungai Code, Yogyakarta.*** Yogyakarta: Dspaceuii.

Hastiningrum, dkk. (2015). **Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Dengan Metode Aerasi**. *Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, 16-23.

Herngren, et al. (2006). **Analysis of Heavy Metals in Road-Deposited Sediments**. *Analytica Chimica Acta*, 270-278.

Imroatushshoolikhah, P. S. (2014). **Kajian Kualitas Air Sungai Code Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta**. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.

Irhamni. (2017). **Serapan Logam Berat Esensial dan Non-esensial Pada Air Lindi Kota Aceh**.

Jaishankar, M. T. (2014). **Toxicity, Mechanism, and Health Effect of Some Heavy Metals**. *Interdisciplinary Toxicology*, 60-72.

Johnson et al. (2005). **Heavy Metal Transport and Behavior in the Lower Columbia**

River, USA. *Environmental Monitoring and Assessment*, 271-289.

Ke, X.,et al. (2017). **Ecological Risk Assessment and Source Identification for Heavy Metals in Surface Sediment From The Liaohe River Protected area, China**. *Chemosphere*, 473-481.

Kholif, dkk. . (2020). **Kombinasi Tray Aerator dan Filtrasi Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Sumur**. *Ecotrophic*, 28-36.

Kruopiene, J. (2007). **Distribution of Heavy Metals in Sediment of the Nemunas River (Lithuania)**. *Polish Journal of Environ. Stud.*, 715-722.

Kurniawan, R. (2016). ***Analisis Regresi***. Jakarta: Prenada Media.

Li et al. (2012). **Lead Contamination and Source in Shanghai in The Past Century Using Dated Sediment Cores From Urban Park Lakes**. *Chemosphere*, 1161-1169.

Li, et al. (2011). **Contamination and Source Differentiation of Pb in Park Soils Along Urban-rural Gradient in Shanghai**. *Environmental Pollution*, 3536-3544.

Li, et al. (2001). **Chemical Forms of Pb, Zn, and Cu In the Sediment Profile of the Pearl River Estuary**. *Marine Pollution Bulletin*, 215-223.

Mahbub, et al. (2012). **Prediction of the wash-off of traffic related semi- and non-volatile organic**. *Journal of Hazardous Materials*, 83-92.

Marschner, H. (2011). **Mineral Nutrition of Higher Plants**. *San Diego : Academic Press*.

Maslukah, dkk. (2019). **Konsentrasi Logam Berat Pb dan Fe Dalam Sedimen Dasar Muara Wiso, Jepara**. *Maspari*, 79-86.

Montgomery, dkk. (1999). ***Environmental Geology***. Boston: McGraw-Hill.

Mulyaningsih, dkk. (2012). **Distribusi Logam Berat Dalam Sedimen Daerah Aliran Sungai Ciujung Banten**. *Jurnal Teknik Reaktor Nukilr*, 157-169.

Najamuddin, et al. (2016). **Seasonal Distribution and Geochemical Fractionation of Heavy Metals From Surface Sediment in a Tropical Estuary of Jeneberang River, Indonesia**. *Marine Pollution Bulletin*.

Noviyanti, F. (2012). ***Gambaran Kadar Timbal Dalam Urine Pada Pegawai Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di Kota Makassar***. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin .

Nuraini, dkk. (2017). **Analisis Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) Pada Air, Sedimen Dan Kerang Hijau(Perna viridis) Di Perairan Trimulyo Semarang**. *Jurnal Kelautan Tropis*, 48-55.

Nurjanah, P. (2018). ***Analisis Pengaruh Curah Hujan Terhadap Kualitas Air Parameter Mikrobiologi dan Status Mutu Air Di Sungai Code, Yogyakarta***. Yogyakarta : Environmental Engineering.

Pandey. J., Singh. R. (2015). **Heavy Metals in Sediment of Ganga River: Up- and Downstream Urban Influences**. *Appl Water Sci*, 1669-1678.

Paramita, dkk. (2017). **Kandungan Logam Berat (Cd) dan Kromium (Cr) di Air Permukaan dan Sedimen Waduk Saguling Jawa Barat**. *Reka Lingkungan*, 1-12.

PP nomor 32. (2001).

PP nomor 38. (2011).

Pratiwi et al. (2016). **Tingkat Pencemaran Logam Kadmium (Cd) dan Kobalt (Co) Pada Sedimen Di Sekitar Pesisir Bandar Lampung**. *Analit : Analytical and Environmental Chemistry*.

Rahmawati, dkk. (2012). **Studi Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cd (II) pada Asam Humat**. *Alchemy*, 46-57.

Rochyatun, dkk. (2010). **Distribusi Logam Berat Dalam Air dan Sedimen Di Perairan Muara Sungai Cisadane**. *Makara Sains*, 35-40.

Said, I.,et al. (2009). **Penetapan Konsentrasi Logam Berat Krom dan Timbal Dalam Sedimen Estuaria Sungai Matangpondo Palu**. *Jurnal Chemica*, 40-47.

Sudarningsih, et al. (2020). **Kandungan Logam Berat Pada Sedimen Sungai Martapura Kalimantan Selatan**. *Jurnal Fisika Flux*.

Sugiyono. (2008). ***Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D***. Bandung: Penerbit Alfabeta.

Sukirno, I. B. (2007). **Evaluasi Logam Dalam Air dan Sedimen Sungai Code Dengan Teknik AAN**.

Supriyantini, E., & Endrawati, H. (2015). **Kandungan Logam Berat (Fe) pada Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (Perna viridis) Di Perairan Tanjung Emas Semarang**. *Jurnal Kelautan Tropis*, 38-45.

Suresh, G. S. (2012). **Assessment of Spatial Distribution and Potential Ecological Risk of The Heavy Metals in Relation to Granulometric Contents of Veerenam Lake Sediments, India**. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 117-124.

Turekian, K. K., & Wedepohl, K. H. (1961). **Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust**. *Geological Society of America Bulletin*, 175-192.

Widyastuti, M., et al. (2020). **Water Quality Analysis of Code River Based On Metal and Nonmetal Parameter Using Heavy Metal Pollution Index**. *Jurnal Geografi*, 145-158.

Wijayanti, dkk. (2018). **Adsorpsi LogamCr(VI) dan Cu(II) padaTanah dan PengaruhPenambahan PupukOrganik**. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 243-258.

Xia, P. M. (2011). **Eighty-year Sedimentary Record of Heavy Metal Inputs in The Interdial Sediments From The Nanliu River Estuary**. 92-99.

Xu, Y., et al. (2014). **The Source of Natural and Anthropogenic Heavy Metals in The Sediments of The Minjiang River Estuary (SE China)** . *Science of The Total Environment* , 729-736.

Yenny, M. O. P., et al. (2020). **Assessment of Heavy Metals Pollution in Sediment of Citarum River, Indonesia**. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 584-593.

Yi, Y. et al. (2011). **Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Sediment and Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in Fishes in The Middle and Lower Reaches of Yangtze River Basin** . *Environmental Pollution* , 2575-2585.

Zahra, A. et al. (2014). **Enrichment and Geo-Accumulation of Heavy Metals and Risk Assessment of Sediment of the Kurang Nallah, Pakistan**. *Science of the Total Environment*, 925-933.

Zhang, dkk. . (2017). **Preventing the Release of Cu2+ and 4-CP From Contaminated Sediments by Employing a Biochar Capping Treatment**. *Industrial and Engineering Chemistry Research*.

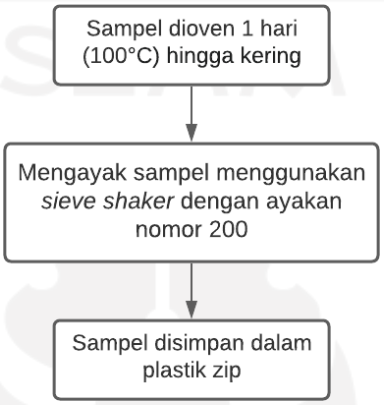
Zhang, J., et al. (2002). **Riverine Composition and Estuarine Geochemistry of Particulate Metals in China**. *Estuarine, Coastal, and Shelf Science*, 1051-1070.

Zhenq-Qi, et al. (2008). **Calculation of Heavy Metals Toxicity Coefficient in the Evaluation of Potential Ecological Risk Index**. *Environmental Science & Technology*, 31.

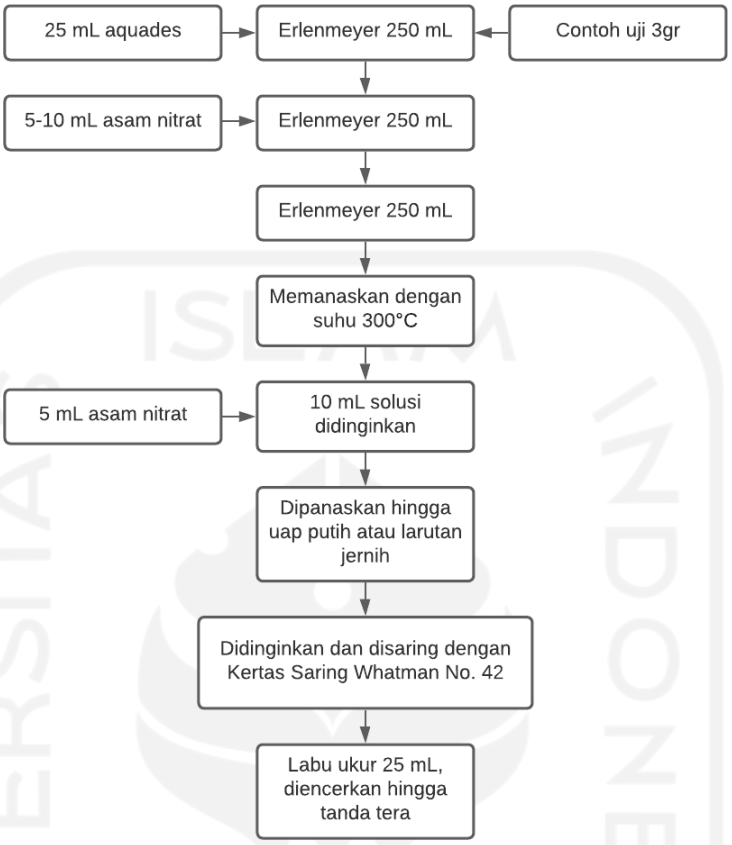
LAMPIRAN

Lampiran 1 : Flowchart Prosedur Cara Kerja

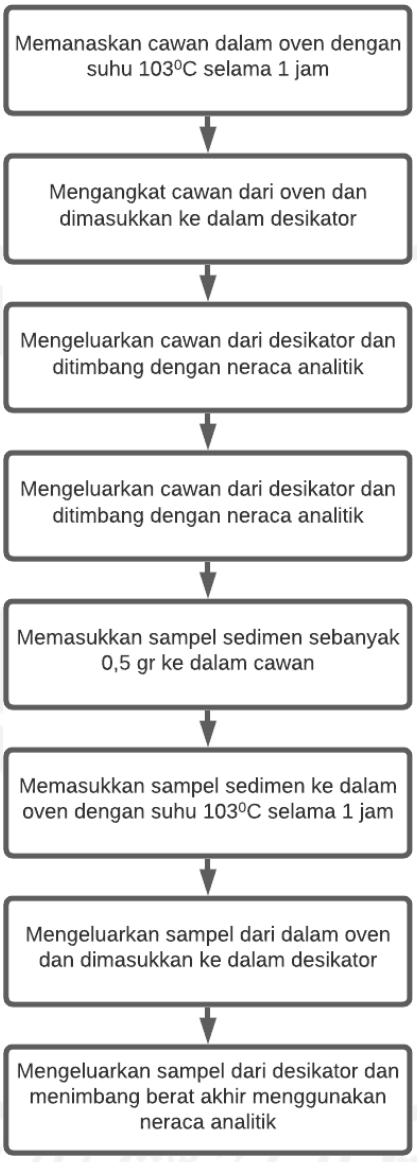
Flowchart Preparasi Sampel



Flowchart Destruksi Sampel



Flowchart Pengukuran Total Solid (TS)



Lampiran 2 : Data *Box and Whisker* Logam

Logam Pb

Pb	S1	S2	S3	S4	S5	S6
September	1,12	2,03	10,31	13,19	7,03	3,60
November	1,20	1,83	2,72	4,44	2,75	3,93
Desember	1,67	4,12	4,12	5,82	4,97	4,54
Januari	3,16	4,97	2,84	6,77	4,33	4,86

Min	1,12	1,83	2,72	4,44	2,75	3,60
Q1	1,18	1,98	2,81	5,47	3,93	3,85
Med	1,44	3,07	3,48	6,29	4,65	4,24
Q3	2,04	4,33	5,66	8,38	5,48	4,62
Max	3,16	4,97	10,31	13,19	7,03	4,86
Dif.Min	1,12	1,83	2,72	4,44	2,75	3,60
Dif.Q1	0,06	0,15	0,09	1,03	1,18	0,25
Dif.Med	0,26	1,09	0,67	0,82	0,71	0,39
Dif.Q3	0,61	1,25	2,19	2,08	0,83	0,38
Dif.Max	1,12	0,64	4,65	4,81	1,55	0,24

Logam Fe

Fe	S1	S2	S3	S4	S5	S6
September	873,53	937,61	1661,70	2473,87	1537,29	1407,37
November	1824,29	1499,69	1787,79	1238,23	821,60	1265,31
Desember	1049,23	1489,74	2416,30	2106,41	1470,94	2708,59
Januari	699,52	1787,79	1962,02	2120,80	1541,71	2420,18
Min	699,52	937,61	1661,70	1238,23	821,60	1265,31
Q1	830,02	1351,71	1756,27	1889,37	1308,61	1371,85
Med	961,38	1494,72	1874,90	2113,60	1504,12	1913,77
Q3	1242,99	1571,72	2075,59	2209,06	1538,39	2492,28
Max	1824,29	1787,79	2416,30	2473,87	1541,71	2708,59
Dif.Min	699,52	937,61	1661,70	1238,23	821,60	1265,31
Dif.Q1	130,50	414,10	94,57	651,14	487,01	106,54
Dif.Med	131,35	143,01	118,64	224,24	195,51	541,92
Dif.Q3	281,62	77,00	200,69	95,46	34,28	578,51
Dif.Max	581,30	216,07	340,71	264,80	3,32	216,31

Logam Mn

Mn	S1	S2	S3	S4	S5	S6
September	72,68	159,91	327,40	204,51	202,69	220,07
November	268,85	230,16	436,83	195,38	272,55	95,03
Desember	122,87	376,19	492,35	239,35	279,96	262,39

Januari	118,37	269,78	372,43	243,03	358,32	229,24
Min	72,68	159,91	327,40	195,38	202,69	95,03
Q1	106,95	212,60	361,17	202,23	255,09	188,81
Med	120,62	249,97	404,63	221,93	276,26	224,66
Q3	159,37	296,38	450,71	240,27	299,55	237,53
Max	268,85	376,19	492,35	243,03	358,32	262,39
Dif.Min	72,68	159,91	327,40	195,38	202,69	95,03
Dif.Q1	34,27	52,68	33,77	6,85	52,40	93,78
Dif.Med	13,67	37,37	43,46	19,70	21,17	35,85
Dif.Q3	38,75	46,41	46,08	18,34	23,29	12,87
Dif.Max	109,49	79,81	41,64	2,76	58,77	24,86

Logam Cd

Cd	S1	S2	S3	S4	S5	S6
September	0,34	0,36	0,53	0,68	0,68	0,47
November	0,43	0,44	0,53	0,53	0,41	0,45
Desember	0,41	0,70	0,68	0,60	0,76	0,73
Januari	0,35	0,84	0,65	0,97	0,68	0,54
Min	0,34	0,36	0,53	0,53	0,41	0,45
Q1	0,35	0,42	0,53	0,58	0,61	0,46
Med	0,38	0,57	0,59	0,64	0,68	0,51
Q3	0,41	0,74	0,66	0,75	0,70	0,59
Max	0,43	0,84	0,68	0,97	0,76	0,73
Dif.Min	0,34	0,36	0,53	0,53	0,41	0,45
Dif.Q1	0,01	0,06	0,00	0,05	0,20	0,02
Dif.Med	0,03	0,15	0,06	0,06	0,07	0,04
Dif.Q3	0,03	0,16	0,07	0,12	0,02	0,08
Dif.Max	0,02	0,10	0,02	0,22	0,06	0,14

Logam Cu

Cu	S1	S2	S3	S4	S5	S6
September	5,99	3,42	32,21	86,57	20,80	5,86
November	3,55	3,60	6,60	16,99	3,18	14,49
Desember	6,58	4,22	4,69	51,37	5,16	17,97

Januari	1,87	17,49	2,34	46,90	5,16	14,39
Min	1,87	3,42	2,34	16,99	3,18	5,86
Q1	3,13	3,56	4,10	39,43	4,67	12,26
Med	4,77	3,91	5,65	49,13	5,16	14,44
Q3	6,14	7,54	13,01	60,17	9,07	15,36
Max	6,58	17,49	32,21	86,57	20,80	17,97
Dif.Min	1,87	3,42	2,34	16,99	3,18	5,86
Dif.Q1	1,26	0,13	1,76	22,43	1,49	6,40
Dif.Med	1,64	0,36	1,54	9,71	0,50	2,18
Dif.Q3	1,37	3,63	7,36	11,03	3,91	0,92
Dif.Max	0,44	9,95	19,20	26,40	11,73	2,61

Logam Cr

Cr	S1	S2	S3	S4	S5	S6
September	0,20	0,45	0,77	1,82	2,52	0,81
November	0,14	0,34	0,92	0,63	0,63	1,23
Desember	0,27	0,33	0,20	0,33	0,17	0,83
Januari	0,07	0,37	0,07	0,40	0,23	0,67
Min	0,07	0,33	0,07	0,33	0,17	0,67
Q1	0,12	0,34	0,17	0,38	0,22	0,77
Med	0,17	0,35	0,49	0,51	0,43	0,82
Q3	0,21	0,39	0,81	0,93	1,10	0,93
Max	0,27	0,45	0,92	1,82	2,52	1,23
Dif.Min	0,07	0,33	0,07	0,33	0,17	0,67
Dif.Q1	0,06	0,01	0,10	0,05	0,05	0,10
Dif.Med	0,05	0,01	0,32	0,13	0,22	0,05
Dif.Q3	0,04	0,03	0,32	0,41	0,67	0,11
Dif.Max	0,05	0,06	0,11	0,89	1,41	0,30

Lampiran 3 : Data Perhitungan *Risk Index*

Logam Pb

Pb											
Bulan	Titik Sampling						Cif	Eir	Eir Grade	RI	RI Grade
	1	2	3	4	5	6					
September	1,12	2,03	10,31	13,19	7,03	3,60	0,31	1,67	Low Potential Ecological Risk	4,75	Low Ecological Risk
November	1,20	1,83	2,72	4,44	2,75	3,93	0,14	0,75	Low Potential Ecological Risk		
Desember	1,67	4,12	4,12	5,82	4,97	4,54	0,21	1,13	Low Potential Ecological Risk		
Januari	3,16	4,97	2,84	6,77	4,33	4,86	0,22	1,20	Low Potential Ecological Risk		

Logam Fe

Fe											
Bulan	Titik Sampling						Cif	Eir	Eir Grade	RI	RI Grade
	1	2	3	4	5	6					
September	873,53	937,61	1661,70	2473,87	1537,29	1407,37	0,03	0,03	Low Potential Ecological Risk	0,14	Low Ecological Risk
November	1824,29	1499,69	1787,79	1238,23	821,60	1265,31	0,03	0,03	Low Potential Ecological Risk		
Desember	1049,23	1489,74	2416,30	2106,41	1470,94	2708,59	0,04	0,04	Low Potential Ecological Risk		
Januari	699,52	1787,79	1962,02	2120,80	1541,71	2420,18	0,04	0,04	Low Potential Ecological Risk		

Logam Mn

Mn											
Bulan	Titik Sampling						Cif	Eir	Eir Grade	RI	RI Grade
	1	2	3	4	5	6					
September	72,68	159,91	327,40	204,51	202,69	220,07	0,23	0,23	Low Potential Ecological Risk	1,19	Low Ecological Risk
November	268,85	230,16	436,83	195,38	272,55	95,03	0,29	0,29	Low Potential Ecological Risk		
Desember	122,87	376,19	492,35	239,35	279,96	262,39	0,35	0,35	Low Potential Ecological Risk		
Januari	118,37	269,78	372,43	243,03	358,32	229,24	0,31	0,31	Low Potential Ecological Risk		

Logam Cd

Cd											
Bulan	Titik Sampling						Cif	Eir	Eir Grade	RI	RI Grade
	1	2	3	4	5	6					
September	0,34	0,36	0,53	0,68	0,68	0,47	1,70	54,67	Moderate Potential Ecological Risk	245,60	Moderate Ecological Risk
November	0,43	0,44	0,53	0,53	0,41	0,45	1,55	49,88	Moderate Potential Ecological Risk		
Desember	0,41	0,70	0,68	0,60	0,76	0,73	2,15	69,09	Moderate Potential Ecological Risk		
Januari	0,35	0,84	0,65	0,97	0,68	0,54	2,24	71,96	Moderate Potential Ecological Risk		

Logam Cu

Cu											
Bulan	Titik Sampling						Cif	Eir	Eir Grade	RI	RI Grade
	1	2	3	4	5	6					
September	5,99	3,42	32,21	86,57	20,80	5,86	0,57	3,08	Low Potential Ecological Risk	7,58	Low Ecological Risk
November	3,55	3,60	6,60	16,99	3,18	14,49	0,18	0,96	Low Potential Ecological Risk		
Desember	6,58	4,22	4,69	51,37	5,16	17,97	0,33	1,79	Low Potential Ecological Risk		
Januari	1,87	17,49	2,34	46,90	5,16	14,39	0,33	1,75	Low Potential Ecological Risk		

Logam Cr

Cr											
Bulan	Titik Sampling						Cif	Eir	Eir Grade	RI	RI Grade
	1	2	3	4	5	6					
September	0,20	0,45	0,77	1,82	2,52	0,81	0,01	0,03	Low Potential Ecological Risk	0,06	Low Ecological Risk
November	0,14	0,34	0,92	0,63	0,63	1,23	0,01	0,02	Low Potential Ecological Risk		
Desember	0,27	0,33	0,20	0,33	0,17	0,83	0,00	0,01	Low Potential Ecological Risk		
Januari	0,07	0,37	0,07	0,40	0,23	0,67	0,00	0,01	Low Potential Ecological Risk		

Lampiran 3 : Data Pengamatan Lapangan

Bulan September

SEPTEMBER															
Tanggal	Waktu (WIB)	Cuaca	Site	Lebar (m)	Kedalaman (m)			Kecepatan (m/s)			Debit	pH	T (°C)	TDS (mg/L)	EC (µS/cm)
					h1	h2	h3	v1	v2	v3					
21/09/2020	15.22	Cerah	S1	5,00	0,06	0,19	0,16	0,00	0,08	0,11	0,04	7,0	24,1	180	0,120
21/09/2020	14.14	Cerah	S2	3,00	0,18	0,25	0,20	0,01	0,03	0,03	0,04	7,3	29,4	169	0,254
21/09/2020	13.12	Cerah	S3	25,00	0,20	0,32	0,52	0,09	0,12	0,11	0,92	7,0	31.4	213	0,314
21/09/2020	12.31	Cerah	S4	13,70	0,45	0,25	0,47	0,44	0,25	0,33	1,82	7,0	30,7	251	0,374
21/09/2020	11.45	Cerah	S5	22,10	0,80	0,80	0,45	0,45	0,37	0,32	5,74	7,2	31,1	271	0,405
21/09/2020	10.05	Cerah	S6	12,20	0,50	1,01	0,69	0,30	0,21	0,20	2,11	7,8	28,8	284	0,427

Bulan November

NOVEMBER															
Tanggal	Waktu (WIB)	Cuaca	Site	Lebar (m)	Kedalaman (m)			Kecepatan (m/s)			Debit	pH	T (°C)	TDS (mg/L)	EC (µS/cm)
					h1	h2	h3	v1	v2	v3					
25/11/2020	13.35	Gerimis	S1	5,00	0,07	0,19	0,16	0,00	0,08	0,12	0,04	7,3	24,00	190	0,127
25/11/2020	12.55	Gerimis	S2	9,30	0,58	0,52	0,57	0,15	0,11	0,13	0,71	7,4	27,00	195	0,273
25/11/2020	12.30	Gerimis	S3	25,00	0,21	0,34	0,55	0,09	0,13	0,11	0,98	7,4	27,00	230	0,230
25/11/2020	11.45	Gerimis	S4	13,80	0,46	0,25	0,47	0,44	0,30	0,35	1,97	7,6	27,50	265	0,391
25/11/2020	09.45	Gerimis	S5	22,40	0,89	0,92	0,46	0,45	0,37	0,32	6,44	7,6	28,00	281	0,407
25/11/2020	09.45	Gerimis	S6	12,30	0,52	1,06	0,71	0,31	0,23	0,22	2,32	7,8	28,00	293	0,420

Bulan Desember

DESEMBER															
Tanggal	Waktu (WIB)	Cuaca	Site	Lebar (m)	Kedalaman (m)			Kecepatan (m/s)			Debit	pH	T (°C)	TDS (mg/L)	EC (µS/cm)
					h1	h2	h3	v1	v2	v3					
14/12/2020	14.25	Mendung	S1	5,00	0,07	0,190	0,16	0,00	0,09	0,12	0,04	7,3	24	191	0,217
14/12/2020	13.20	Cerah	S2	9,25	0,60	0,600	0,59	0,15	0,12	0,13	0,75	7,3	27	196	0,235
14/12/2020	12.52	Cerah	S3	25,00	0,21	0,360	0,55	0,10	0,12	0,11	1,00	7,5	27	237	0,398
14/12/2020	12.15	Cerah	S4	13,90	0,49	0,400	0,51	0,44	0,32	0,33	2,36	7,6	27	269	0,376
14/12/2020	11.52	Mendung	S5	22,40	0,89	0,900	0,48	0,45	0,35	0,35	6,50	7,6	28	298	0,431
14/12/2020	11.32	Mendung	S6	12,40	0,65	0,101	0,80	0,40	0,27	0,32	3,34	7,8	28	284	0,423

Bulan Januari

JANUARI															
Tanggal	Waktu (WIB)	Cuaca	Site	Lebar (m)	Kedalaman (m)			Kecepatan (m/s)			Debit	pH	T (°C)	TDS (mg/L)	EC (µS/cm)
					h1	h2	h3	v1	v2	v3					
11/01/2021	13,40	Cerah	S1	5,00	0,07	0,19	0,16	0,00	0,07	0,11	0,04	7,3	26	180	0,169
11/01/2021	14,30	Cerah	S2	9,40	0,41	0,42	0,40	0,02	0,05	0,04	0,14	7,3	26	183	0,180
11/01/2021	14,56	Mendung	S3	25,00	0,21	0,35	0,55	0,11	0,13	0,11	1,08	7,5	27	196	0,185
11/01/2021	15,31	Mendung	S4	13,80	0,26	0,40	0,50	0,43	0,27	0,33	1,83	7,5	27,5	207	0,193
11/01/2021	15,47	Mendung	S5	22,50	0,89	0,91	0,95	0,47	0,38	0,34	8,18	7,7	26,5	215	0,242
11/01/2021	16,20	Mendung	S6	12,30	0,60	0,95	0,73	0,27	0,19	0,18	1,99	7,7	27	213	0,198

