

**Analisa Resiko Kesehatan Cemaran Krom dalam Beras  
di Kecamatan Piyungan, Yogyakarta**

**Skripsi**



**Oktovilla Delia Saflembolo  
31180246**

**Program Studi Biologi  
Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana  
Yogyakarta  
2022**

**Analisa Resiko Kesehatan Cemaran Krom dalam Beras  
di Kecamatan Piyungan, Yogyakarta**

**Skripsi**

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Sains (S.Si)  
Pada Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana



**Oktovilla Delia Saflembolo  
31180246**

**Program Studi Biologi  
Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana  
Yogyakarta  
2022**

# LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Oktovilla Delia Saflembolo

NIM : 31180246

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

**“Analisa Resiko Kesehatan Cemaran Krom dalam Beras di Kecamatan  
Piyungan, Yogyakarta”**

Adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian dan seluruhnya dari karya orang lain yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggung jawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, 14 Oktober 2022



Handwritten signature of Oktovilla Delia Saflembolo.

Oktovilla Delia Saflembolo  
31180246

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul:

**ANALISA RESIKO KESEHATAN CEMARAN KROM DALAM BERAS  
DI KECAMATAN PIYUNGAN, YOGYAKARTA**

Telah diajukan dan dipertahankan oleh:

**OKTOVILLA DELIA SAFLEMBOLO**

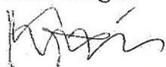
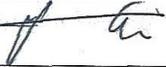
**31180246**

Dalam Ujian Skripsi Program Studi Biologi

Fakultas Bioteknologi

Universitas Kristen Duta Wacana

dan dinyatakan **DITERIMA** untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh  
gelar Sarjana Sains pada tanggal 23 Desember 2022

<b>Nama Dosen</b>	<b>Tanda Tangan</b>
1. Drs. Kisworo, M.Sc. (Dosen Penguji I)	
2. Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes (Dosen Pembimbing I / Dosen Penguji II)	
3. Prof. Dr. Krismono, MS (Dosen Pembimbing II / Dosen Penguji III)	

**Yogyakarta, 23 Desember 2022**

**Disahkan Oleh:**

  
**Dekan**

**Dr. Dhira Satwika, M.Sc.**

  
**Ketua Program Studi**

**Dwi Aditiyarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc.**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Proposal : Analisa Resiko Kesehatan Cemarkan Krom dalam Beras di Kecamatan Piyungan, Yogyakarta  
Nama : Oktovilla Delia Saflembolo  
NIM : 31180246  
Pembimbing I : Drs. Djoko Rahardjo, M. Kes  
Pembimbing II : Prof. Dr. Krismono, M.S.  
Hari/Tanggal Ujian : 23 Desember 2022

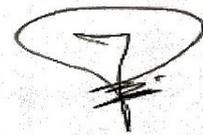
Disetujui oleh:

Pembimbing Utama,



Drs. Djoko Rahardjo, M. Kes  
NIK: 904 E 131

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr. Krismono, M.S  
NIK: 224 KE 567

**Ketua Program Studi**



Dwi Adityarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc.

NIK : 214 E 556

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Oktovilla Delia Saflembolo

NIM : 31180246

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

**“Analisa Resiko Kesehatan Cemaran Krom dalam Beras di Kecamatan Piyungan, Yogyakarta”**

Adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian dan seluruhnya dari karya orang lain yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggung jawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, 14 Oktober 2022



Oktovilla Delia Saflembolo  
31180246

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena telah memberikan berkat rahmat-Nya sebagai penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi dengan judul “Analisa Risiko Kesehatan Cemaran Krom di Kecamatan Piyungan, Yogyakarta”. Skripsi ini disusun bertujuan agar dapat memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) Program studi Biologi Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik karena penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan, dan bantuan dari banyak pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan berkat dan kekuatan serta kemampuan hingga penulis dapat menyelesaikan penelitian skripsi dengan baik.
2. Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes. dan Prof. Dr. Krismono, M.S., selaku dosen pembimbing pertama dan kedua yang telah sepenuh hati memberikan dukungan, bimbingan, motivasi, dan bantuan dalam proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Kepala Dinas Pertanian, Pangan, Kelautan, dan Perikanan (BPP) yang telah membantu data pengambilan sampel di lapangan.
4. Pak Setyo selaku laboran yang membantu untuk mempersiapkan kebutuhan alat dan bahan di laboratorium.
5. Kedua orang tua tercinta Bapak Y Saflembolo dan Ibunda tersayang Nyonya S Rumaropen yang selalu setia untuk memberikan doa, suport, dan dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman-teman angkatan 2018 terutama Wulan Sinaga, Anjelin Miyenfah, dan Tesalonika Br Sembiring yang sudah berproses bersama-sama dalam penelitian ini.
7. Saudara-saudara tercinta Kaka Icad, Andre, dan Eky atas dukungan dalam bentuk semangat dan materi. Serta tidak terlupakan untuk saudara Gabriel,

Mika, Christovel, dan Natalia dalam dukungan, bantuan, kebersamaannya di tanah rantau.

8. Theo Windesi yang telah memberikan dukungan penuh dalam bentuk semangat, waktu, dan materi.
9. Sahabat rantau tercinta Herlin, Roy, Desy, Royen, Kilip, Rani, dan Jimmy atas kebersamaannya selama ini tidak terlupakan untuk saudari Bremy Berdhany Rubarar, Yustina Melinda Rumaropen serta Pretty Jahanami.
10. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang turut membantu penulis .



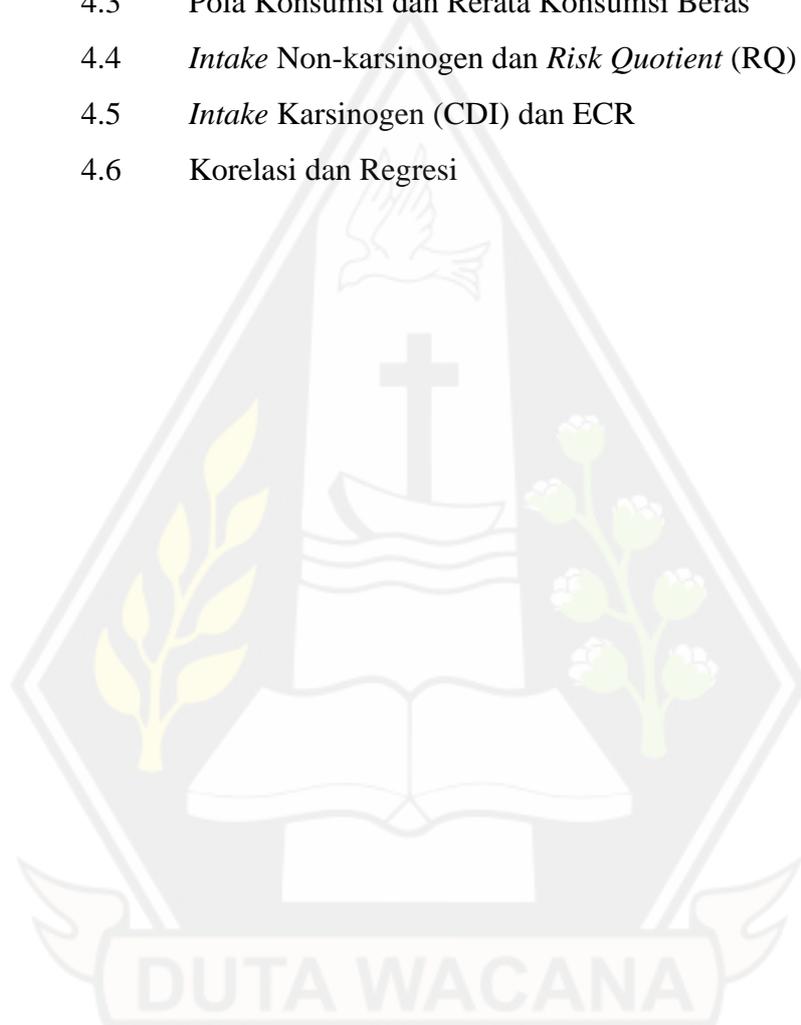
## DAFTAR ISI

HALAMAN Sampul Depan.....	i
HALAMAN Sampul Belakang .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN .....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
<i>ABSTRACT</i> .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1. Industri Penyamakan Kulit .....	4
2.2. Logam Berat Kromium .....	5
2.2.1. Karakteristik Logam Berat Kromium .....	5
2.2.2. Pemanfaatan Logam Berat Kromium .....	6
2.2.3. Pencemaran Logam Berat Kromium pada Lingkungan .....	6
2.2.4. Pencemaran Logam Berat Kromium pada Padi .....	7

2.2.5. Jalur Pajanan Kromium dan Faktor yang Mempengaruhi	
Kadar Kromium dalam Tubuh .....	8
2.3. Analisis Risiko Kesehatan .....	9
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>11</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	11
3.2. Alat dan Bahan Penelitian .....	11
3.3. Lokasi Penelitian .....	11
3.4. Langkah Penelitian .....	12
3.4.1. Observasi .....	13
3.4.2. Pengambilan Sampel .....	13
3.4.3. Preparasi Sampel .....	13
3.4.4. Analisis Kadar Kromium dalam Beras .....	13
3.4.5. Biosurvey Pola Konsumsi Beras .....	14
3.4.6. Analisa Risiko Kesehatan .....	14
3.4.7. Analisis Data .....	15
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>16</b>
4.1. Konsentrasi Kromium Heksavalen dalam Beras .....	16
4.2. Perbedaan Tingkat Lanjut Asupan Kromium pada Beras Berdasarkan	
Karakteristik Responden dan Pola Laju Asupan .....	18
4.3. Analisa Risiko Kesehatan .....	21
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>28</b>
5.1. Kesimpulan .....	28
5.2. Saran.....	28
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>29</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>31</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Nomor Tabel</b>	<b>Judul Tabel</b>	<b>Halaman</b>
4.1	Konsentrasi Kromium dalam Beras	16
4.2	Karakteristik Responden	19
4.3	Pola Konsumsi dan Rerata Konsumsi Beras	21
4.4	<i>Intake</i> Non-karsinogen dan <i>Risk Quotient</i> (RQ)	22
4.5	<i>Intake</i> Karsinogen (CDI) dan ECR	23
4.6	Korelasi dan Regresi	25



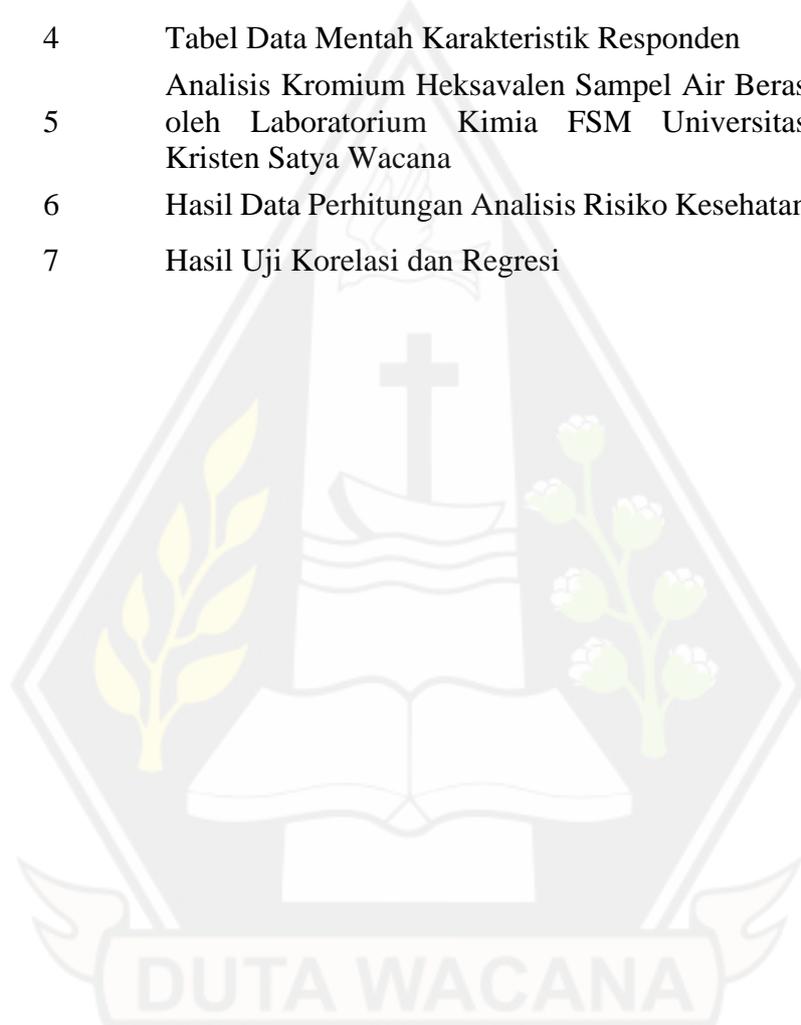
## DAFTAR GAMBAR

Nomor Gambar	Judul Gambar	Halaman
1	Titik Lokasi Sampling di Kecamatan Piyungan, Bantul, Yogyakarta	12



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Nomor Lampiran</b>	<b>Judul Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1	Dokumentasi Hasil Biosurvey di Kecamatan Piyungan	31
2	Proses Preparasi Sampel	31
3	Kuisisioner Penelitian	33
4	Tabel Data Mentah Karakteristik Responden	34
5	Analisis Kromium Heksavalen Sampel Air Beras oleh Laboratorium Kimia FSM Universitas Kristen Satya Wacana	38
6	Hasil Data Perhitungan Analisis Risiko Kesehatan	40
7	Hasil Uji Korelasi dan Regresi	44



## ABSTRAK

Aktivitas pembuangan limbah cair industry ke Sungai Opak berpotensi menimbulkan risiko kesehatan dan lingkungan bagi masyarakat di sepanjang aliran Sungai Opak. Distribusi pencemar kromium (Cr) pada sungai dan air irigasi menjadi faktor utama ditemukannya pencemar kromium pada tanaman padi. Padi (beras) yang terkontaminasi berisiko dapat mengganggu kesehatan jika dikonsumsi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi kromium heksavalen pada beras, laju asupan harian, dan risiko kesehatan masyarakat. Penelitian dilakukan di Kecamatan Piyungan. Sampel yang digunakan merupakan beras hasil panen di Kecamatan Piyungan sebanyak 60 sampel. Analisis kromium heksavalen dilakukan menggunakan Spektrofotometer HACH DR 2700. Kromium heksavalen ditemukan pada seluruh sampel beras dengan kisaran hasil analisis kromium yang terdistribusi yaitu pada rentang 0,003-0378 mg/kg dengan nilai konsentrasi rerata sebesar 0,276 mg/kg. Rerata laju asupan kromium harian pada Kecamatan Piyungan yaitu 0,000593. Analisis risiko Kesehatan di Kecamatan Piyungan menunjukkan  $RQ < 1$  yang berarti beras masih berada dalam batas aman. Faktor konsentrasi kromium heksavalen, laju konsumsi, durasi pajanan, dan berat badan responden berhubungan signifikan dengan risiko kesehatan.

**Kata kunci:** Analisa Risiko Kesehatan, Beras, Kromium Heksavalen



## **ABSTRACT**

*The activity of dumping industrial wastewater into the Opak River has the potential to pose health dan environmental, risks to human along the river. The distribution of chromium (Cr) pollutants in rivers and irrigation water is the main factor in the discovery of chromium pollutants in rice plants. Contaminated rice (rice) has the potential to harm health if consumed. The purpose of this study was to determine the concentration of hexavalent chromium in rice, daily intake, and public health risks. The research was conducted in Piyungan District. The sample used is rice harvested in both districts as many as 60 samples. Hexavalent chromium analysis was performed using the HACH DR 2700 Spectrophotometer. Hexavalent chromium was found in all rice samples in the range of 0,003-0378 mg/kg with a mean value of 0,276 mg/kg. The mean value of hexavalent chromium in Piyungan District 0,000593. The risk analysis showing  $RQ < 1$  which means that rice is still within safe limits. Hexavalent chromium concentration, consumption rate, duration of exposure, and respondent's body weight were significantly associated with health risks.*

**Keywords:** *Chromium Hexavalent, Health Risk Analysis, Rice*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Industri penyamakan kulit yang ada di Indonesia merupakan salah satu kontributor terbesar bagi perekonomian negara, khususnya bagi masyarakat yang tinggal di sekitar industri. Adanya industri penyamakan kulit menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik sehingga akan berdampak buruk bagi kesehatan masyarakat sekitar. Salah satunya yaitu di daerah industri penyamakan Piyungan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Limbah yang dihasilkan dari industri tersebut mengandung logam berat berat, seperti kromium yang dapat mencemari lingkungan sekitar. Limbah yang tidak dikelola dengan baik akan mencemari lingkungan sehingga akan berdampak bagi kesehatan masyarakat sekitar.

Sungai Opak merupakan salah satu sungai yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan luas  $\pm 1398,18\text{km}^2$  dan panjang aliran  $\pm 65\text{km}^2$ . Bagian hulu Sungai Opak berada pada Kecamatan Cangkringan dan bagian hilir pada Kelurahan Srigading. Sungai Opak bermuara di selatan Pulau Jawa. Sungai Opak berperan penting untuk menunjang kehidupan dan ekonomi masyarakat sekitar seperti sumber irigasi pertanian, pemancingan, dan penambangan pasir. Limbah yang berasal dari industri dan domestik (rumah tangga) mengandung senyawa toksik jika dialiri ke dalam sungai yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan sehingga sangat penting untuk dilakukan penelitian kualitas air. Menurut Rahardjo & Prasetyaningsih (2017), dari hasil penelitian yang sudah dilakukan bahwa kualitas perairan Sungai Opak menunjukkan bahwa perairan sungai tersebut telah tercemar logam berat khususnya kromium (Cr) yang bersumber dari limbah industri penyamakan kulit.

Secara umum, logam berat yang memiliki kandungan lebih dari 5 mg dapat menghasilkan sifat toksik pada tubuh manusia hingga dapat menyebabkan kanker, kerusakan DNA, dan kematian sel. Menurut Kurinawan *et al.*, (2009),

kandungan logam berat yang terdapat lama pada suatu lingkungan dapat menjadi ancaman bagi daerah tersebut dan dapat terakumulasi pada rantai makanan, ketika terakumulasi melebihi ambang batas akan memberikan efek toksik bagi lingkungan. Terdapat empat faktor yang memengaruhi toksisitas logam berat, yaitu dosis, jalur paparan, bahan kimia, kondisi organisme yang terpapar seperti genetik, gender, dan status nutrisi. Logam berat kromium (Cr) menjadi salah satu jenis logam yang memengaruhi kualitas lingkungan perairan. Dampak yang ditimbulkan bagi organisme akuatik yaitu terganggunya metabolisme tubuh akibat terhalangnya enzim dalam proses fisiologis. Cr dapat menumpuk dalam tubuh dan bersifat kronis yang mengakibatkan kematian akuatik (Palar, 2012). Bagi manusia kromium (Cr) dapat menyebabkan ulkus pada hidung dan kulit, kanker kulit, dan mengindikasikan nekrosis tubulus ginjal (Nurdiana *et al.*, 2017).

Oleh sebab itu dilakukan penelitian skripsi tentang Analisa Risiko Cemar Krom dalam beras pada masyarakat di kecamatan piyungan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta khususnya untuk masyarakat yang mengkonsumsi beras secara langsung dari persawahan yang aliran sungainya berasal dari sungai opak. Melalui penelitian ini di harapkan menjadi solusi bagi masyarakat dalam meminimalisir dampak dari paparan kromium dalam beras yang berpengaruh terhadap Kesehatan masyarakat.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana profil pencemaran krom (Cr) pada beras di Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta?
2. Apakah konsumen beras yang tercemar kromium (Cr) berdampak bagi risiko kesehatan masyarakat di Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta?
3. Bagaimana perbedaan risiko kesehatan terhadap berat badan, jenis kelamin, dan kelompok umur yang dikonsumsi?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui profil pencemaran krom (Cr) pada beras di Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta.
2. Mengetahui konsumen beras yang tercemar kromium (Cr) berdampak bagi risiko kesehatan masyarakat di Kecamatan Piyungan Kabupaten Bantul, Yogyakarta.
3. Mengetahui perbedaan risiko kesehatan terhadap berat badan, jenis kelamin, dan kelompok yang dikonsumsi.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah

- 3.1 Mahasiswa: dapat menjadikan penelitian ini menjadi referensi ataupun bahan ajar untuk mengetahui tingkat pencemaran krom pada beras di Kecamatan Piyungan.
- 3.2 Akademisi: menjadi acuan lebih lanjut untuk kepentingan penelitian, pengamatan, dan evaluasi lebih lanjut terkait bagaimana menanggulangi pencemaran krom pada bahan pangan seperti beras.
- 3.3 Pemerintah: penelitian ini menjadi evaluasi lebih lanjut untuk pemerintah sebagai bahan perbaikan lebih lanjut terkait kondisi lingkungan seperti Sungai Opak yang menjadi sumber aliran perairan untuk pertanian di daerah sekitar Sungai Opak.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Industri Penyamakan Kulit**

Industri penyamakan kulit merupakan industri yang menggunakan bahan kimia dan air dalam jumlah yang cukup banyak. Industri penyamakan kulit menghasilkan limbah cair, padat, dan gas. Secara umum, limbah cair yang dihasilkan akan diolah kemudian dibuang ke badan air, seperti sungai atau laut. Industri penyamakan kulit termasuk dalam industri kimia karena 90% dari proses penyamakan menggunakan bahan-bahan kimia sehingga limbah industri yang dihasilkan mengandung beberapa jenis polutan secara organik maupun kimia, seperti sodium sulfide, krom, kapur, dan amoniak. Limbah hasil dari industri penyamakan kulit mengeluarkan bau yang sangat menyengat karena terjadi proses pembusukan sisa kulit atau daging. Menurut Setiyono dan Yudo (2014), proses penyamakan kulit terbagi menjadi 4 proses, yaitu pertama pra-penyamakan (*beam house*) yaitu proses pencelupan dan perendaman kulit dalam air untuk menghilangkan bulu, darah atau kotoran. Tahapan kedua yaitu penyamakan (*tanning*) untuk menstabilkan jaringan protein (*collagen*) dengan menggunakan krom sulfat. Tahapan ketiga yaitu pasca penyamakan (*finishing*) untuk menghilangkan kelembaban, lalu masuk ke proses pewarnaan dan pelembutan kulit lalu dikeringkan dan pencukuran akhir. Tahapan keempat yaitu pelapisan permukaan dan *buffing* (*finishing*). Keempat proses di atas menggunakan air dan bahan kimia. Limbah kimia yang dihasilkan dari industri sangat merugikan lingkungan sekitar.

Industri penyamakan kulit merupakan salah satu jenis industri yang dalam proses produksinya banyak menggunakan air dan beberapa cairan kimia, seperti garam krom (III) dan senyawa sulfur (Zaenab, 2008). Terbuangnya krom bersama limbah cair merupakan cemaran bahan berbahaya dan beracun (B3) karena krom merupakan jenis limbah logam berat yang bersifat sulit terurai dan dapat terakumulasi dalam tubuh dan lingkungan. Krom murni bersifat tidak toksik, tetapi senyawanya dapat menimbulkan berbagai dampak

negatif bagi kesehatan manusia maupun lingkungan, diantaranya ulkus pada kulit dan selaput lendir, zat karsinogen, bersifat racun akut, dan mutagenik melalui pernafasan dan pencernaan. Beberapa penelitian lain juga menunjukkan krom valensi tiga dapat berpotensi menyebabkan kanker dan mutasi genetik (Rohaeti, 2007).

## **2.2 Logam Berat Kromium**

### **2.2.1 Karakteristik Logam Berat Kromium**

Kata kromium berasal dari bahasa Yunani (*Chroma*) yang berarti warna. Kromium dilambangkan dengan “Cr”. Salah satu unsur logam berat, kromium mempunyai nomor atom (NA) 24 dan mempunyai berat atom (BA) 51,996. Logam Cr pertama kali ditemukan oleh Vagueine pada tahun 1797. Kromium banyak dimanfaatkan untuk kepentingan manusia, seperti sebagai bahan pelapis peralatan rumah tangga dan mobil. Kondisi heksavalen, sifat logam ini dapat larut dalam air. Kondisi trivalent, logam kromium cenderung untuk teradsorp pada mineral tanah atau mengalami presipitasi akibat kondisi lingkungan yang basa maupun asam (Dhal *et al.*, 2013). Kromium heksavalen banyak dihasilkan dari kegiatan manusia terutama industri. Beberapa jenis industri seperti pertambangan, manufaktur, tekstil, pewarnaan kulit menghasilkan Cr (VI) dalam efluen limbah. Keberadaan logam kromium di alam mengalami siklus kromium yang dilepaskan ke lingkungan mengalami beberapa proses seperti oksidasi-reduksi, perpindahan serta reaksi dengan senyawa lain yang terkandung di alam (Dhal *et al.*, 2013).

Kromium merupakan logam yang keras, tahan panas, elektropositif, dan merupakan penghantar panas yang baik. Di alam unsur ini tidak ada dalam bentuk logam murni. Di daerah perairan kromium trivalent ( $\text{Cr}^{3+}$ ) terdapat dari limbah industri pencelupan tekstil, keramik gelas, dan dari kegiatan penyamakan kulit. Dan kromium hexavalent ( $\text{Cr}^{6+}$ ) yang berasal dari industri pelapisan logam dan produksi pigmen. Toksisitas unsur Cr terhadap organisme perairan tergantung pada bentuk kromium, bilangan oksidasinya, dan pH (Hutagalung, 1991). Menurut Effendi (2003), organisme akuatik

dapat terpapar oleh Cr melalui media itu sendiri, sedimen maupun makanan. Kadar kromium pada air tawar dan laut berbeda. Pada air laut sekitar 0,00005 mg/l dan pada air tawar biasanya 0,001 mg/l. Pada air tawar jarang ditemukan kromium trivalent, namun paling banyak ditemukan pada air laut sekitar 50%. Kadar kromium paling aman untuk kehidupan akuatik yaitu sekitar 0,05 mg/l dan kadar kromium 0,1 mg/l berbahaya (Effendi, 2003). Menurut Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 adalah sebesar 0,05 mg/l. Distribusi senyawa yang mengandung Cr (III) dan Cr (VI) tergantung pada potensial redoks, pH, adanya senyawa oksidator atau reduktor, kinetika reaksi redoksnya, pembentukan kompleks Cr (III) atau garam Cr (III) tak larut, dan konsentrasi kromium total (WHO, 1996).

### **2.2.2 Pemanfaatan Logam Berat Kromium**

Logam berat kromium di alam tidak ditemukan dalam bentuk logam tunggal, tetapi ditemukan dalam bentuk ikatan bersama besi dan oksigen. Dalam tanah, logam berat kromium umumnya hadir dikarenakan oleh pencemar yang masuk akibat limbah dari industri penyamakan kulit (Sukandarrumidi, Wellda, Maulana, & Rakhman, 2017). Adapun beberapa manfaat dari logam berat kromium yaitu sebagai bahan pelapis peralatan rumah tangga dan pelapis mobil. Selain itu, manfaat logam berat kromium yang sering digunakan yaitu digunakan dengan penggabungan logam berat kromium dan besi (berikatan) yang kemudian dimanfaatkan sebagai alat pemotong. Logam berat kromium juga dapat dibentuk menjadi senyawa khromat dan dikhromat yang selanjutnya senyawa tersebut dimanfaatkan dalam bidang tekstil, penyamakan kulit, zat warna, fotografi, dan litografi (Palar, 2008).

### **2.2.3 Pencemaran Logam Berat Kromium pada Lingkungan**

Logam kromium dapat masuk ke dalam lingkungan melalui bermacam sumber. Secara umum, sumber yang paling banyak yaitu pada kegiatan perindustrian seperti pabrik semen, baterai, pabrik penyamakan kulit, dan

industri pelapisan dengan Cr. Kromium masuk ke dalam badan air melalui dua cara yaitu, secara alamiah dan non-alamiah. Krom yang masuk secara alamiah disebabkan oleh beberapa faktor fisika, seperti erosi pada batuan mineral dan secara non-alamiah, kromium dapat berasal dari aktivitas manusia. Penyamakan kulit secara konvensional menggunakan krom telah menimbulkan dampak pada lingkungan karena membawa sisa krom dalam limbah cair (Wu *et al.*, 2014). Dalam limbah penyamakan kulit berupa krom trivalent ( $\text{Cr}^{3+}$ ), namun krom heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) selalu ada pada limbah cairnya (Giacinta *et al.*, 2013).  $\text{Cr}^{6+}$  lebih toksik dibandingkan dengan  $\text{Cr}^{3+}$  karena sifatnya yang mudah larut dan mobilitas yang tinggi di lingkungan (Rahman *et al.*, 2007). Menurut Rahman (2006), logam berat pada perairan akan turun dan mengendap pada dasar perairan lalu membentuk sedimen berupa lumpur sehingga organisme seperti kerang, udang, dan biota lain yang mencari makan akan memiliki peluang besar untuk terkontaminasi logam berat yang berada pada dasar perairan. Efek toksisitas yang dihasilkan akan menyebabkan terputusnya mata rantai kehidupan sehingga akan mengganggu sistem ekosistem perairan. Tingginya konsentrasi kromium pada berbagai aspek lingkungan disebabkan oleh kegiatan pembuangan limbah oleh industri penyamakan kulit secara berkelanjutan yang dapat menyebabkan terjadi penumpukan dan akumulasi serta terdistribusi luas ke lingkungan (Rahardjo, 2016). Menurut penelitian Rochyatun *et al.*, (2006), logam berat yang terkandung akan terakumulasi dalam tubuh organisme air, dimana semakin tinggi konsentrasi logam berat yang terkandung di dalam perairan maka semakin tinggi juga kandungan logam berat yang terakumulasi ke dalam tubuh organisme. Logam berat masuk ke dalam perairan melalui tiga proses yaitu pengendapan, adsorpsi, dan absorpsi. Proses pengenceran dalam air menyebabkan kadar logam dalam air menjadi rendah. Logam berat yang terlarut dalam air akan terakumulasi pada sedimen yang sifatnya bioakumulatif yaitu terus terjadi penumpukan dan kadarnya terus meningkat akibat terjadi pertukaran air (Sarjono, 2009).

#### **2.2.4 Pencemaran Logam Berat Kromium pada Tanaman Padi**

Pencemaran logam berat kromium pada tanaman padi umumnya diakibatkan oleh terserapnya logam berat kromium melalui tanah yang telah tercemar kandungan logam berat kromium. Akumulasi logam berat kromium pada tanaman padi akan mengalami perbedaan untuk setiap bagian. Secara biologi logam berat dapat mengontaminasi tanah sehingga terakumulasi ke dalam tanaman, seperti tanaman padi sehingga beras yang dipanen akan terakumulasi oleh logam berat lalu dikonsumsi oleh masyarakat (Zarcinas *et al.*, 2004). Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Laoli, Kisworo, & Rahardjo (2021), menyatakan bahwa akumulasi pencemaran logam berat tertinggi berada pada bagian bulir padi dan daun. Pencemaran pada bagian daun yang tinggi diakibatkan oleh kegiatan translokasi pada bagian akar. Selain itu, daun menjadi titik akhir proses pengangkutan senyawa-senyawa yang diserap oleh akar hal ini menjadikan logam berat kromium yang diserap oleh akar akan terakumulasi pada bagian daun secara berkala. Pernyataan di atas didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Irhamni *et al.*, (2018), bahwa konsentrasi logam berat kromium diserap oleh akar kemudian diteruskan pada bagian akar dan terakumulasi pada bagian daun. Beras adalah sumber makanan kedua yang paling banyak ditanam dan diproduksi di dunia.

#### **2.2.5 Jalur Paparan Kromium dan Faktor yang Memengaruhi Kadar Kromium dalam Tubuh**

Jalur paparan kromium pada tubuh manusia umumnya melalui saluran pernapasan, ingesti, dan absorpsi pada kulit. Pada jalur pernapasan umumnya terjadi pada populasi yang bekerja secara langsung menggunakan logam berat kromium, sedangkan populasi yang terpapar melalui ingesti atau pencernaan dan kontak kulit umumnya diakibatkan oleh kromium yang tercemar pada tanah, makanan, dan perairan. Pada rute pernapasan kromium yang masuk ke dalam di bawa oleh cairan epitel dan oleh makrofag alveolar paru, sedangkan pada saluran pencernaan logam berat kromium yang masuk ke dalam tubuh akan diserap oleh lapisan mukosa usus dan untuk paparan melalui kontak fisik

umumnya masuk melalui lapisan kulit dan terakumulasi di bawah kulit (Dayan & Paine, 2001). Faktor yang memengaruhi kandungan kromium dalam tubuh manusia yaitu intensitas paparan kromium dan lama waktu konsumsi makanan yang mengandung kromium. Kadar kromium dalam tubuh yang terlalu tinggi akan memengaruhi fungsi kerja beberapa organ antara lain ginjal, hati, dan saluran pernapasan (Rasydy, Sylvia, & Zein, 2021).

### 2.3 Analisis Risiko Kesehatan

Analisis risiko adalah suatu alat pengelolaan risiko, proses penilaian bersama para ilmuwan dan birokrat untuk memprakirakan peningkatan risiko kesehatan pada manusia yang terpajang (NRC1983). Menurut WHO (2004), analisis risiko merupakan suatu proses menghitung risiko pada suatu organisme sasaran, sistem atau populasi yang terpapar oleh agen tertentu dengan memperhatikan karakteristik yang menjadi penyebab dan karakteristik sistem yang spesifik. Studi analisis risiko kesehatan lingkungan merupakan salah satu model kajian efek lingkungan terhadap kesehatan yang diawali dengan perumusan masalah (identifikasi isu), identifikasi bahaya, karakteristik bahaya (analisis dose-respons), analisis pajanan, dan karakteristik risiko (IPCS, 2004). Tercatat pada *International Life Science Institute* terdapat 6 model analisis risiko dengan memiliki terminologi berbeda yaitu *enHealth EHRA (Australia)*, *International Life Science Institute-Risk Science Institute*, *US EPA Ecological Risk assessment*, *NAS-NRC Risk Assessment (AS)*, *Codex Risk assessment (WTO)*, dan *OIE Import Risk Assessment*. Namun, model-model itu masih tetap sesuai dengan paradigma *risk analysis* yang dikembangkan oleh *National Academic of Science Amerika Serikat* (NRC, 1983). Analisis risiko kesehatan terbagi menjadi empat langkah, yaitu identifikasi bahaya, analisis dosis-respon, analisis pajanan, dan karakterisasi risiko (Mukono, 2002). Analisis pajanan bertujuan untuk menganalisis jalur pajanan melalui *risk agent* agar mengetahui jumlah asupan individu yang berisiko dengan rumus perhitungan jika  $RQ < 1$ , maka dapat dikatakan potensi risiko kesehatan

rendah, jika  $RQ > 1$ , maka berpotensi berisiko tinggi bagi kesehatan. Nilai ECR yang sama dengan atau kurang dari  $10^{-4}$  berarti aman dan tidak memiliki risiko kesehatan karsinogenik pada populasi (Direktur Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan, 2012). Analisis risiko menggunakan teknik, sains, probabilitas, dan statistik untuk memprakirakan dan menilai besaran kemungkinan terjadi risiko kesehatan untuk mengetahui cara mengendalikan dan mengurangi risiko yang dihasilkan (NRC, 1983).



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

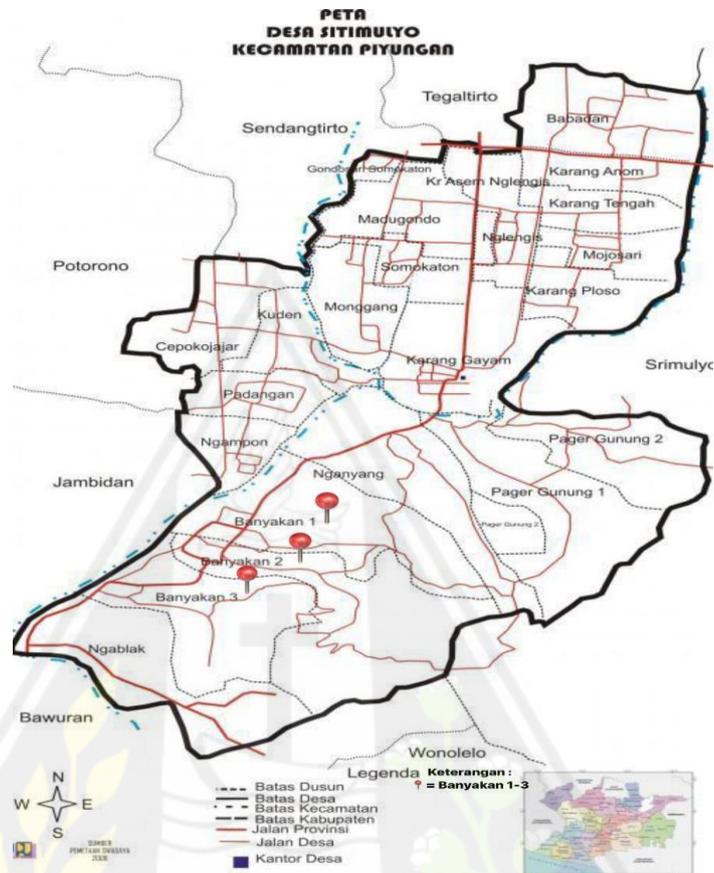
Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan yaitu mulai pada awal Maret hingga awal bulan Juni 2022. Penelitian ini berlokasi di Kecamatan Piyungan, pada Desa Sitimulyo tepatnya pada Banyakan I, Banyakan II, dan Banyakan III. Penelitian yang sudah terlaksanakan ini terlebih dahulu dilakukan pengambilan sampel beras yang berasal dari masyarakat atau penjual dengan sumber irigasi yang berasal dari Sungai Opak kemudian sampel tersebut akan dibawa dan diuji pada Laboratorium Bioteknologi Lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana.

#### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

Alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu alat AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophometer*), labu ukur 10 ml dan 50 ml , Erlenmeyer 100 ml dan 250 ml, mortar, petri, gelas beker, botol film, oven, lemari asam, propipet, sarung tangan, corong, kertas label, plastik zip, dan timbangan digital. Bahan yang digunakan yaitu sampel beras, lalu pada proses preprasi menggunakan HCL pekat (*hydrochloride acid*), HNO<sub>3</sub> pekat (*nitrit acid*), dan akuades.

#### **3.3 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian terbagi menjadi tiga titik pengambilan sampel beras pada Kecamatan Piyungan. Sampel beras berasal dari para masyarakat yang sebagian besar berprofesi sebagai petani selaku konsumen beras dengan memiliki sumber irigasi yang berasal dari Sungai Opak.



Gambar 1. Titik Lokasi Sampling di Kecamatan Piyungan, Bantul, Yogyakarta

Keterangan:

1. Titik sampling I : Wilayah Banyakan 1
2. Titik sampling II : Wilayah Banyakan 2
3. Titik sampling III : Wilayah Banyakan 3

### 3.4 Langkah Penelitian

Penelitian ini melalui 7 tahapan yaitu observasi, pengambilan sampel, preparasi sampel, analisa kadar kromium, biosurvey pola konsumsi beras, paparan kromium dalam beras, dan analisa risiko kesehatan dengan melalui beberapa tahapan diantaranya yaitu sebagai berikut.

#### **3.4.1 Observasi**

Proses ini bertujuan untuk melihat permasalahan secara langsung di tempat penelitian dengan melihat keadaan sekitar persawahan yang dialiri oleh air dari Sungai Opak. Selain itu, observasi dilakukan untuk mengetahui jenis-jenis beras yang dikonsumsi oleh masyarakat di Kecamatan Piyungan dimana beras tersebut akan diambil sebagai sampel.

#### **3.4.2 Pengambilan Sampel**

Sampel diambil pada Kecamatan Piyungan dari 3 desa berbeda menggunakan teknik *purposive sampling*. Sampel beras yang diambil berasal dari hasil panen atau persawahan petani atau masyarakat yang aliran irigasinya dialiri oleh Sungai Opak. Beras diambil sebanyak 20 sampel dari masing-masing desa sehingga total 60 sampel. Sebagai perbandingan, sampel yang digunakan berasal dari sawah yang tidak dialiri oleh Sungai Opak yaitu berada pada Kecamatan Srandakan, Kabupaten Kulon Progo.

#### **3.4.3 Preparasi Sampel**

Proses preparasi menggunakan 15gram beras yang ditimbang menggunakan timbangan digital. Selanjutnya, sampel beras direbus dengan menggunakan akuades sebanyak 45 mL pada gelas beker. Lalu, timbul atau terlihat adanya gelembung kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring yang sudah dioven selama 15 menit pada suhu 105°C. Sampel disaring sebanyak 40 mL kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel dan dianalisa menggunakan Spektrofotometer HACH 2700.

#### **3.4.4 Analisis Kadar Kromium dalam Beras**

Pada tahapan ini sampel dikirim ke Universitas Kristen Satya Wacana. Analisis kadar kromium menggunakan Spektrofotometer Hach 2700, dengan memakai metode 1,5-Diphenylcarbohydrazide. Tahap pertama dilakukan dengan menghidupkan HACH DR 2700 kemudian diatur kromium heksavalen pada 90 dan dipersiapkan sampel yang sudah di preparasi di dalam wadah sebanyak 10 mL. Setelah itu ditambahkan satu ampul bubuk kering reagen Chroma Ver 3 atau Reagen pillow yang

mengandung buffer asam yang dicampur dengan 1,5-Diphenylcarbohydrazide. Selanjutnya, dihomogenisasi dan didiamkan selama 5 hingga berwarna ungu yang berarti sudah terhomogenisasikan. Blanko kemudian dimasukkan ke dalam *cell holder*, hasil konsentrasi kromium heksavalen dalam mg/L Cr<sup>6+</sup>.

### 3.4.5 Biosurvey Pola Konsumsi Beras

Pada tahapan ini, masyarakat yang berada pada Kecamatan Piyungan akan diwawancarai kemudian mengisi kuisisioner yang dibagikan atau dilakukan dengan menggunakan analisis deskriptif. Pada kuisisioner tersebut, masyarakat atau responden akan mengisi data diri mulai dari nama, umur, jenis kelamin, pekerjaan, berat badan, dan lama tinggal. Kemudian, preferensi konsumsi seperti jenis beras yang dikonsumsi. Selanjutnya responden akan mengisi pola konsumsi tentang dimana responden mendapatkan beras tersebut, cara memperolehnya, dan frekuensi makan per harinya. Kuisisioner dibagikan kepada 60 responden.

### 3.4.6 Analisa Risiko Kesehatan

Pada tahapan ini, hasil yang sudah didapatkan akan dianalisis efek risiko kesehatan dari populasi yang terkontaminasi secara risiko kesehatan non-karsinogenik dan risiko kesehatan karsinogenik. Pada risiko kesehatan non-karsinogenik untuk menganalisis logam berat yang terkandung dengan menggunakan *Risk Quotien* (RQ), sedangkan untuk risiko kesehatan karsinogenik dianalisis dengan menggunakan nilai *Excess Cancer Risk* (ECR). Pada prose menganalisis jalur pajanan melalui *Risk agen* dengan menggunakan rumus *intake* pajanan. Rumus yang digunakan dalam perhitungan yaitu:

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| 1. Laju asupan harian        | $= \frac{c \times r}{wb}$                                  |
| 2. Intake non-karsinogenetik | $= \frac{C \times R \times Fe \times Pt}{Wb \times tavg}$  |
| 3. RQ                        | $= \frac{Intake\ Non\ Karsinogenik}{Rfd}$                  |
| 4. Intake karsinogenik (CDI) | $= \frac{C \times R \times DT}{Rfd \times wb \times tavg}$ |
| 5. ECR                       | = Intake Karsinogenik x SF                                 |

Keterangan:

C : Konsentrasi *risk agent* pada beras (mg/kg)

R : Laju konsumsi makan yang masuk setiap hari (g/hari)

Fe : Jumlah hari terjadinya paparan setiap tahun (365 hari/tahun)

DT : Jumlah tahun terjadinya paparan (tahunan)

Wb : Berat badan (kg)

Tavg : Periode waktu rata-rata efek non-karsinogen

RfD : Nilai referensi *risk agent* pada pemajanan oral

SF : Nilai referensi *risk agent* efek karsinogenik

Dalam menentukan karakteristik risiko kesehatan dapat dinyatakan dalam RQ dan HI. Apabila nilai HI lebih dari 1, maka dapat menimbulkan efek non-karsinogenik dan sebaliknya apabila HI kurang dari 1, maka dapat menimbulkan efek karsinogenik. Menurut Purbalisa (2019), semakin tinggi nilai HI, maka semakin tinggi pula kemungkinan terjadi efek non-karsinogenik.

#### **3.4.7 Analisis Data**

Data yang didapatkan dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif. Secara kuantitatif data yang didapatkan akan dianalisis menggunakan aplikasi SPSS dengan melakukan uji korelasi dan regresi agar dapat ditentukan kuatnya hubungan dari *risk agent* (laju asupan, durasi pajanan, berat badan, dan konsentrasi krom dalam beras) dengan risiko kesehatan. Selain itu, data yang didapatkan akan dibandingkan dengan standar baku mutu konsentrasi kromium heksavalen.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Konsentrasi Kromium Heksavalen dalam Beras

Berdasarkan hasil pengujian konsentrasi kromium heksavalen dalam beras pada Kecamatan Piyungan memiliki hasil yang mengandung kromium heksavalen, dapat dilihat pada lokasi kecamatan yang berada dekat dengan lokasi penyamakan kulit dan tempat pembuangan sampah terpadu (TPST) sehingga kromium heksavalen sudah terdistribusi ke dalam aliran Sungai Opak yang berfungsi sebagai irigasi sawah. Dari hasil analisis kromium yang terdistribusi yaitu pada rentang 0,003-0,378 mg/kg dengan nilai konsentrasi rerata sebesar 0,276 mg/kg. Rerata konsentrasi kromium heksavalen tertinggi ada pada sampel beras dari banyakan 3 yaitu sebesar 0,135 mg/kg dan rerata terendah terdapat pada sampel beras dari banyakan 1 yaitu sebesar 0,123. Hasil rerata konsentrasi kromium heksavalen pada Kecamatan Piyungan yaitu 0,276 mg/kg.

Tabel 4.1 Konsentrasi Kromium dalam Beras

Kelurahan	Jumlah sampel	Konsentrasi (mg/kg)	Rerata Konsentrasi	SD	Baku mutu (mg/kg)
Banyakan 1	10	0,009-0,218	0,123	0,0768	*1,0
Banyakan 2	15	0,003-0,216	0,108	0,1507	
Banyakan 3	35	0,003-0,378	0,135	0,0977	

\*China's Maximum Levels for Contaminants in Foods tahun 2014

(Sumber: Data Primer 2022)

Kecamatan Piyungan merupakan suatu kecamatan yang terletak dekat lokasi industri penyamakan kulit. Diketahui bahwa air Sungai Opak yang dijadikan untuk mengairi sawah di daerah Piyungan sudah tercemar oleh air limbah. Sehingga memiliki potensi yang besar terpapar kromium. Berdasarkan hasil survei, Kecamatan Piyungan berada dekat dengan lokasi industri sehingga diasumsikan bahwa konsentrasi kromium heksavalen akan melebihi standar baku mutu. Namun, dari hasil penelitian, kandungan kromium heksavalen yang terkandung rendah sehingga dapat diasumsikan bahwa air sungai dari Sungai

Opak yang digunakan untuk mengairi sawah tidak terakumulasi ke dalam sawah. Menurut Rahardjo (2018) mengatakan bahwa jarak sumber kontaminan ke titik *sampling* memengaruhi akumulasi kromium terhadap sampel beras. Penelitian tersebut mengambil kontrol pada hulu Sungai Opak yang mendapatkan hasil terkandung kromium heksavalen sebesar 0,004 mg/kg, sehingga jika dibandingkan dari hasil penelitian sebelumnya dengan penelitian ini dapat diasumsikan bahwa tingkat kadar konsentrasi kromium heksavalen pada Kecamatan Piyungan dipengaruhi oleh lokasi industri penyamakan kulit karena limbah yang dihasilkan sudah mengontaminasi aliran Sungai Opak kemudian terakumulasi ke dalam tanaman padi.

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahwa rerata konsentrasi kromium beras tertinggi berasal pada desa banyakan 3 yaitu sebesar 0,135 mg/kg. Kemudian diikuti oleh desa banyakan 1 sebesar 0,123 dan konsentrasi terendah yaitu pada desa banyakan 2 sebesar 0,108 mg/kg. Dapat dilihat dari hasil tabel bahwa rerata konsentrasi kromium yang ada pada Kecamatan Piyungan yaitu 0,276 mg/kg, hasil rerata berada di bawah batas ambang nilai baku mutu yaitu sebesar \*1,0 mg/kg sehingga dapat dikatakan aman untuk dikonsumsi. Banyakan 3 merupakan daerah pengambilan sampel yang terakhir, lokasi banyakan 3 berada dekat dengan tempat pembuangan sampah terpadu (TPST) dan industri penyamakan kulit. Oleh sebab itu, dapat diasumsikan bahwa aliran air yang berada pada TPST ikut terbawa hingga masuk ke aliran Sungai Opak sehingga aliran tersebut ikut terdistribusikan ke dalam pengairan air sawah sehingga konsentrasi kromium heksavalen pada banyakan 3 tinggi. Hal ini dapat membahayakan kesehatan masyarakat sekitar dan kondisi tanah yang ada untuk pertanian. Menurut penelitian sebelumnya oleh Valencia (2021) konsentrasi kromium heksavalen pada Kecamatan Piyungan memiliki rerata 0,248. Jika dibandingkan hasil konsentrasi kromium sebelumnya dengan penelitian pada tahun 2022. Hasil data konsentrasi kromium heksavalen pada Tabel 4.1 bahwa pada banyakan 1-3 tidak memiliki konsentrasi melebihi nilai standar baku mutu yang ditetapkan oleh *China's Maximum Levels for Contaminants in Foods* tahun 2014 sebesar 1,0 mg/kg sehingga dapat diasumsikan bahwa konsentrasi

kromium heksavalen di Kecamatan Piyungan aman karena tidak melebihi standar baku mutu yang ada.

#### **4.2 Perbedaan Tingkat Laju Asupan Kromium pada Beras Berdasarkan Karakteristik Responden dan Pola Laju Asupan**

Berdasarkan hasil penelitian dengan melakukan biosurvey dan analisis data secara deskriptif dari 60 responden yang dilakukan pada 3 desa di Kecamatan Piyungan, yaitu pada banyakan I, banyakan II, dan banyakan III. Terbagi menjadi beberapa jenis variabel yaitu berdasarkan jenis kelamin, kelompok usia, pekerjaan, berat badan, dan lama tinggal. Hasil yang didapatkan dari biosurvey dianalisis secara deskriptif dengan menggunakan metode tabulasi data yang tertera pada Tabel 4.2. Berdasarkan variabel jenis kelamin, dari total 60 responden pada desa banyakan I jumlah *mean* laki –laki yaitu 0,000698, desa banyakan II yaitu 0,000372, dan pada desa banyakan III yaitu 0,000813 dengan total rerata jumlah asupan jenis kelamin laki-laki pada Kecamatan Piyungan yaitu 0,000628. Pada jenis kelamin perempuan, desa banyakan I memiliki *mean* 0,000605, desa banyakan II memiliki *mean* 0,000187, desa banyakan III memiliki *mean* 0,000559 dengan jumlah total rerata laju asupan jenis kelamin wanita pada Kecamatan Piyungan yaitu sebesar 0,000415. Berdasarkan hasil variabel jenis kelamin, nilai rerata laju asupan lebih didominasi oleh laki-laki. Berdasarkan kelompok usia dikategorikan dari umur 2 – 10 tahun, 11 – 19 tahun, dan umur 20 – 60 tahun. Pada usia 2 – 10 tahun di banyakan I memiliki nilai rerata laju asupan yaitu 0, banyakan II 0, dan banyakan III 0,000874 sehingga rerata laju asupan pada Kecamatan Piyungan untuk usia 2 – 10 tahun yaitu 0,000874. Pada umur 11 – 19 tahun, *mean* pada banyakan I yaitu 0,000623, pada banyakan II 0, dan pada banyakan III yaitu 0,001016 sehingga rerata laju asupan di Kecamatan Piyungan pada usia 11-19 tahun yaitu 0,000818. Pada kategori umur 20 – 10 tahun, di desa banyakan I memiliki *mean* 0,000650, di desa banyakan II memiliki *mean* 0,000415, dan pada desa banyakan III memiliki *mean* 0,0005666 sehingga rerata laju asupan di Kecamatan Piyungan yaitu 0,000542.

Berdasarkan kelompok jenis pekerjaan, pada Kecamatan Piyungan mayoritas berprofesi sebagai buruh tani, petani dan lainnya seperti IRT, PNS, pegawai swasta, pelajar, dan pensiunan. Berdasarkan tingkat nilai rerata laju asupan harian pekerjaan lainnya memiliki tingkat teratas yaitu 0,000563. Selanjutnya IRT sebesar 0,000511, dan petani yaitu 0,000472. Berdasarkan data jenis berat badan yang didapatkan dari Kecamatan Piyungan, rata-rata berat badan yang ada yaitu mulai dari 31 – 50 kg dan >50 kg. Pada berat 31 – 50 kg memiliki nilai rerata laju asupan harian yaitu sebesar 0,001145 kemudian kelompok berat badan >50 kg yaitu sebesar 0,001098. Berdasarkan data lama tinggal, dapat dilihat pada Tabel 4.2 bahwa karakteristik responden dikelompokkan dari 2 – 10 tahun dengan rerata laju asupan dari banyakan II, II, dan III yaitu 0,000286, pada kelompok usia 11 – 19 tahun memiliki rerata laju asupan 0,001195, dan pada kelompok usia 20 – 60 tahun memiliki rerata jumlah asupan harian di Kecamatan Piyungan yaitu 0,001253. Rerata laju asupan tertinggi yaitu dengan lama tinggal 20 – 60 tahun.

Tabel 4.2 Karakteristik Responden

Variabel	Sub-variabel	Desa Banyakan 1	Desa Banyakan 2	Desa Banyakan 3	Rerata laju asupan kecamatan
		Mean	Mean	Mean	
Jenis kelamin	Laki-laki	0,000698	0,000372	0,000813	0,000628
	Perempuan	0,000605	0,000187	0,000559	0,000415
Kelompok usia	2-10 tahun	0	0	0,000874	0,000874
	11-19 tahun	0,000623	0	0,001016	0,000818
	20-60 tahun	0,000650	0,000415	0,0005666	0,000542
Pekerjaan	Pelajar	0,00062	0	0,000865	0,000495
	Buruh tani	0	0,000765	0,000607	0,000436
	IRT	0,00061	0,000313	0,000609	0,000511
	Petani	0,00066	0,000439	0,000318	0,000472
	Lainnya	0,000735	0,00033	0,000624	0,000563
Berat badan	11-30 kg	0	0	0,00052	0,000523
	31-50 kg	0,00065	0,00045	0,000145	0,001145
	>50 kg	0,00064	0,00041	0,000145	0,001098
Lama tinggal	2-10 tahun	0	0,000134	0,000458	0,000286
	11-19 tahun	0,000623	0,000234	0,001016	0,001195
	20-60 tahun	0,000650	0,000415	0,005666	0,001253

Berdasarkan hasil Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa terdapat beberapa variabel karakteristik yang terbagi menjadi beberapa jenis variabel yaitu berdasarkan jenis kelamin, kelompok usia, pekerjaan, berat badan, dan lama tinggal. Dari hasil kuisisioner dan wawancara di Kecamatan Piyungan mengonsumsi beras yang berasal dari hasil menanam yang kemudian dikonsumsi secara mandiri. Pada Kecamatan Piyungan didominasi oleh jenis kelamin laki-laki dengan rerata usia 11 – 19 tahun dan memiliki berat badan 31 – 50 kg yang berprofesi sebagai buruh tani dan petani. Dari hasil data rerata laju asupan berdasarkan lama tinggal selama 20 – 60 tahun, sehingga dapat diasumsikan bahwa jenis kelamin, kelompok usia, profesi, berat badan, dan lama tinggal saling memengaruhi tingkat laju asupan dan paparan kromium heksavalen ke dalam tubuh manusia.

Berdasarkan hasil wawancara, kuisisioner dibagikan kepada 60 responden pada 3 desa dengan jumlah 20 responden setiap desa. Frekuensi konsumsi pada banyakan I dan banyakan III adalah sama yaitu 3 kali sehari dengan frekuensi makan 220/g. Pada desa banyakan II memiliki pola konsumsi yaitu hanya 2 kali sehari dengan rerata 200 g/hari dengan responden terbanyak dari perempuan. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa pada banyakan 2 memiliki lahan persawahan yang sedikit karena area persawahan yang ada sudah dikelola oleh dinas pertanian sehingga masyarakat mencari mata pencaharian lain selain petani jadi dapat diasumsikan bahwa tingkat konsumsi masyarakat berpengaruh terhadap profesi dari responden. Diketahui bahwa masyarakat yang berada pada desa banyakan I dan III berprofesi sebagai petani sehingga beras yang dikonsumsi dalam sehari-hari berasal dari hasil menanam dan panen sendiri. Tingkat responden didominasi oleh laki-laki. Rata-rata profesi pada desa banyakan II dan III yaitu sebagai petani sehingga rata-rata konsumsi dan frekuensi makan didominasi oleh laki-laki. Hal ini dikarenakan laki-laki memiliki aktivitas fisik yang banyak sehingga energi yang dibutuhkan lebih banyak. Sehingga pola konsumsi dan rerata konsumsi beras saling memengaruhi. Selain itu, durasi lama tinggal di Kecamatan Piyungan yaitu 20 – 60 tahun. Hal ini dapat memengaruhi frekuensi paparan cemaran kromium

heksavalen ke dalam tubuh karena tingkat paparan krom ke dalam tubuh dipengaruhi oleh lama tinggal responden dalam suatu wilayah tersebut.

Tabel 4.3 Pola Konsumsi dan Rerata Konsumsi Beras

Kelurahan	(n) Responden		Pola Konsumsi	
	L	P	Frekuensi konsumsi (x sehari)	Rerata konsumsi (g/hari)
Desa banyakan 1	9	11	3	220
Desa banyakan 2	8	12	2	200
Desa banyakan 3	14	6	3	220

(Sumber: Data Primer 2022)

Pola konsumsi responden dilihat berdasarkan jumlah responden pada laki-laki dan perempuan, pada pola konsumsi dihasilkan dari frekuensi responden dan jumlah konsumsi beras dalam satu hari. Responden terbanyak yaitu laki-laki dari desa banyakan III dengan frekuensi makan rata-rata 3 kali sehari dengan jumlah rata-rata 220g/hari. Sehingga dapat diasumsikan bahwa jenis kelamin memengaruhi pola konsumsi dan laju asupan kromium heksavalen yang masuk ke dalam tubuh berbeda. Semakin besar frekuensi dalam mengonsumsi beras maka semakin besar resiko terpapar kromium heksavalen di dalam tubuh.

Karakteristik responden dan pola laju asupan memengaruhi tingkat laju asupan kromium heksavalen ke dalam tubuh. Rerata laju asupan pada Kecamatan Piyungan yaitu 0,000593 dengan rerata frekuensi makan 3 kali sehari yang rata-rata didominasi oleh jenis kelamin laki-laki dengan usia 20 – 60 tahun. Menurut US EPA (2011) bahwa batas asupan harian logam berat yang dapat masuk ke dalam tubuh atau dikonsumsi yaitu sebesar 0,023 mg/kg-hari dan menurut WHO (2002) yaitu sebesar 0,033 mg/kg-hari. Maka nilai asupan kromium heksavalen yang ada di Kecamatan Piyungan tidak melebihi standar baku mutu.

### 4.3 Analisa Risiko Kesehatan

Berdasarkan hasil Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa nilai perhitungan *Risk Quotient (RQ)* yang digunakan agar mengetahui tingkat risiko non-karsinogen,

dapat diketahui bahwa pada Kecamatan Piyungan memiliki nilai sebesar 0,00057 – 0,00078 mg/kg/hari. Nilai rerata *intake* non-karsinogen di Kecamatan Piyungan yaitu sebesar 0,00058844. *Intake* non-karsinogenik merupakan masuknya bahan pencemar yang tidak diinginkan ke dalam tubuh melalui mulut. Nilai *Risk Quotient (RQ)* adalah nilai batas aman risiko kesehatan. *Intake* non-karsinogenik dinyatakan aman jika nilai dari *reference dose* atau berdasarkan nilai RQ, dimana jika nilai RQ > 1 maka memiliki potensi untuk membahayakan kesehatan.

Tabel 4.4 *Intake* Non-karsinogen dan *Risk Quotient (RQ)*

Kelurahan	Intake Non-karsinogen (mg/kg/hari)			RfD	Risk Quotient (RQ)		
	Min	Mean	Max		Min	Mean	Max
Desa banyakan 1	0,00078	0,00078	0,00077847	*0,003	0,03329	0,20806	0,045329
Desa banyakan 2	4,1E-05	0,00057	0,00195399		0,00267	0,17908	0,65132897
Desa banyakan 3	2E-06	0,00058	0,00570206		0,00071	0,14100	0,53983188

(Sumber: Data Primer 2022)

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dilihat rerata nilai *intake* non-karsinogenetik yang didapatkan memiliki nilai yang berada di bawah batas ambang atau tidak > 1 yang artinya beras yang ada di Kecamatan Piyungan aman untuk dikonsumsi. Pada Kecamatan Piyungan memiliki nilai rerata *intake* non-karsinogen yaitu 0,00058844. Jika dilihat dari ketiga desa, rerata nilai non-karsinogenetik tertinggi hingga yang terendah yaitu pada desa banyakan I sebesar 0,00078 mg/kg/hari, kemudian pada desa banyakan III sebesar 0,00058 mg/kg/hari dan pada desa banyakan II sebesar 0,00057 mg/kg/hari. Nilai non-karsinogenetik tertinggi berada pada desa banyakan I.

Berdasarkan nilai RQ (*Risk Quotient*), pada banyakan I memiliki nilai 0,03329-0,045329, pada desa banyakan II 0,00267-0,65132897, dan pada desa

banyakan III 0,00071 - 0,53983188. Berdasarkan nilai rerata RQ jika diurutkan dari tertinggi ke terendah yaitu desa banyakan I sebesar 0,20806, desa banyakan II sebesar 0,17908, dan pada desa banyakan III sebesar 0,14100. Pada Kecamatan Piyungan memiliki nilai rerata RQ yaitu 0,15821. Dari hasil Tabel 4.4 tidak terdapat nilai rerata yang melebihi batas aman yaitu  $< 1$  sehingga dari data tersebut tidak menimbulkan risiko non-karsinogenetik. Pada hasil analisis tingkat risiko pajanan non-karsinogen memiliki rerata kromium heksavalen pada beras di Kecamatan Piyungan yaitu sebesar 0,276 mg/kg. Secara oral (ingesti) memiliki rerata 0,15821 dengan rerata *intake* non-karsinogen yaitu 0,0005884 mg/kg/hari sehingga dapat diasumsikan bahwa beras di Kecamatan Piyungan berada pada batas aman ( $RQ < 1$ ).

Berdasarkan hasil analisis, untuk mengetahui tingkat karsinogenik dapat dilihat pada perhitungan *Excess Cancer Risk* (ECR) dengan mengkalikan nilai CDI dengan SF. Nilai SF yang sudah diverifikasi oleh OEHHA yaitu 0,5 mg/kg/hari. *Excess Cancer Risk* (ECR) akan berisiko jika memiliki nilai  $ECR > 10^{-4}$ . Konsumsi kromium heksavalen dalam jangka waktu tertentu dapat memberi dampak karsinogen terhadap tubuh, kromium heksavalen masuk melalui mulut. Berdasarkan hasil Tabel 4.5 nilai rerata pada banyakan I yaitu sebesar 0,03917, desa banyakan II 0,07675, dan desa banyakan III yaitu 0,08354 dengan ini diketahui bahwa nilai rerata *intake* karsinogen tertinggi berada pada desa banyakan I. Pada Kecamatan Piyungan memiliki rerata nilai CDI yaitu 0,08016.

Tabel 4.5 *Intake* Karsinogen (CDI) dan ECR

Kelurahan	Intake Karsinogen			SF	ECR		
	Min	Mean	Max		Min	Mean	Max
Desa banyakan 1	0,01472	0,08917	0,18193	*0,5	0,00713	0,04459	0,09096
Desa banyakan 2	0,00114	0,07675	0,27914		0,00057	0,03837	0,13957
Desa banyakan 3	0,0003	0,08354	0,81458		0,00015	0,04237	0,40739

(Sumber: Data Primer, 2022)

Berdasarkan data, diketahui bahwa rerata nilai *intake* karsinogen yaitu berkisar dari 0,08917- 0,08345. Pada banyakan I memiliki nilai dari 0,01472- 0,18193, pada banyakan II 0,00114 - 0,27914, dan pada banyakan III 0,0003- 0,81458. Dari hasil perhitungan pada desa banyakan I memiliki nilai *intake* karsinogen tertinggi yaitu 0,08917 dan pada desa banyakan II memiliki nilai *intake* karsinogen terendah yaitu 0,07675, tingkat risiko pajanan karsinogen di desa banyakan I.

Hasil analisis pada tabel 4.5 rerata CDI di Kecamatan Piyungan yaitu sebesar 0,0801 sehingga nilai *Excess Cancer Risk* (ECR) yang didapatkan  $< 1 \times 10^{-4}$ , artinya logam kromium heksavalen yang ada di Kecamatan Piyungan aman, namun tidak menutup kemungkinan berpotensi menjadi kasus kanker karena jika kromium heksavalen dikonsumsi dalam jangka waktu yang panjang dapat berisiko terkena kanker. Menurut Widaningrum *et al.*, (2007) untuk menurunkan kadar logam berat di dalam makanan dapat dilakukan dengan cara mencuci tangan pada air yang mengalir dan menggunakan *sanitizer* yang bertujuan agar mereduksi logam berat yang ada. Selain itu, untuk menurunkan kadar logam berat dalam tubuh dapat melalui saluran pencernaan yaitu dengan mengonsumsi makanan yang memiliki serat tinggi seperti kacang-kacangan, sayuran, bawang, vitamin C, dan bioflavonoid yang terkandung pada serat makanan agar dapat menetralkan logam berat.

Tabel 4.6 Korelasi dan Regresi

Variabel	Laju Asupan Harian				RQ				ECR			
	R	R <sup>2</sup>	Pers. Garis	P value	R	R <sup>2</sup>	Pers. Garis	P value	R	R <sup>2</sup>	Pers. Garis	P value
Jenis Kelamin	0,208	0,043	Y = 1,716- 243,626	0,112	0,264	0,070	Y = 1,711 – 0,876	0,001	0,277	0,077	Y = 1,667 – 2,395	0,032
Kelompok Usia	0,388	0,150	Y = 50,220 - 1827,616	0,002	0,411	0,169	Y = 29,960 + 54,705	0,001	0,082	0,007	Y = 37,797 + 28,348	0,000
Pekerjaan	0,020	0,000	Y =2,828 + 62,551	0,882	0,051	0,003	Y = 2,790 + 0,464	0,696	0,128	0,016	Y = 2,993 – 3,012	0,329
Berat Badan	0,470	0,221	Y = 62,300- 16426,536	0,000	0,346	0,119	Y = 46,573 + 34,116	0,007	0,108	0,012	Y = 53,361 - 27,747	0,412
Lama Tinggal	0,133	0,018	Y = 36,975 – 6844,998	0,310	0,503	0,253	Y = 20,726 + 72,998	0,000	0,423	0,179	Y = 26,069 + 160,116	0,001

Berdasarkan hasil analisis karakteristik responden jenis kelamin menunjukkan hubungan yang lemah ( $r = 0,208$ ), terhadap laju asupan, ( $r = 0,264$ ) terhadap RQ ( $r = 0,277$ ) terhadap ECR sehingga memiliki pola negatif terhadap risiko kesehatan, yang artinya jenis kelamin tidak berpengaruh besar terhadap laju asupan RQ maupun ECR. Berdasarkan hasil uji statistik, pada laju asupan memiliki  $P\ value = 0,112 > 0,05$ , RQ memiliki  $P\ value = 0,001$ , dan ECR memiliki  $P\ value = 0,032$ , artinya terdapat hubungan yang tidak signifikan antara jenis kelamin dengan laju asupan harian RQ dan ECR. Berdasarkan karakteristik responden kelompok jenis usia menunjukkan hubungan yang lemah ( $r = 0,388$ ), terhadap laju asupan, ( $r = 0,411$ ) terhadap RQ ( $r = 0,082$ ) terhadap ECR sehingga memiliki pola negatif terhadap resiko kesehatan, yang artinya kelompok usia tidak berpengaruh besar terhadap laju asupan RQ maupun ECR. Berdasarkan hasil uji statistik, pada laju asupan memiliki  $P\ value = 0,002 > 0,05$ , RQ memiliki  $P\ value = 0,001$  dan ECR memiliki  $P\ value = 0,000$ , artinya terdapat hubungan yang tidak signifikan antara kelompok usia dengan laju asupan harian RQ dan ECR. Berdasarkan karakteristik responden kelompok pekerjaan menunjukkan hubungan yang lemah ( $r = 0,020$ ), terhadap laju asupan, ( $r = 0,051$ ) terhadap RQ ( $r = 0,128$ ) terhadap ECR sehingga memiliki pola negatif terhadap risiko kesehatan, yang artinya kelompok pekerjaan tidak berpengaruh besar terhadap laju asupan RQ maupun ECR. Berdasarkan hasil uji statistik, pada laju asupan memiliki  $P\ value = 0,882 > 0,05$ , RQ memiliki  $P\ value = 0,696$  dan ECR memiliki  $P\ value = 0,329$ , artinya terdapat hubungan yang tidak signifikan antara kelompok usia dengan laju asupan harian RQ dan ECR. Berdasarkan karakteristik responden kelompok berat badan menunjukkan hubungan yang lemah ( $r = 0,470$ ), terhadap laju asupan, ( $r = 0,346$ ) terhadap RQ ( $r = 0,108$ ) terhadap ECR sehingga memiliki pola negatif terhadap risiko kesehatan, yang artinya kelompok berat badan tidak berpengaruh besar terhadap laju asupan RQ maupun ECR. Berdasarkan hasil uji statistic,  $P\ value = 0,000 > 0,05$ , RQ memiliki  $P\ value = 0,0071$  dan ECR memiliki  $P\ value = 0,412$ , artinya terdapat hubungan yang tidak signifikan antara kelompok usia dengan laju asupan harian RQ dan ECR.

Berdasarkan karakteristik responden kelompok lama tinggal menunjukkan hubungan yang lemah ( $r = 0,133$ ), terhadap laju asupan, ( $r = 0,503$ ) terhadap RQ ( $r = 0,423$ ) terhadap ECR sehingga memiliki pola negatif terhadap risiko kesehatan, yang artinya kelompok usia tidak berpengaruh besar terhadap laju asupan RQ maupun ECR. Berdasarkan hasil uji statistik,  $P\ value = 0,310 > 0,05$ , RQ memiliki  $P\ value = 0,000$  dan ECR memiliki  $P\ value = 0,001$ , artinya terdapat hubungan yang tidak signifikan antara kelompok usia dengan laju asupan harian RQ dan ECR.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa:

- 5.1.1 Hasil analisis profil pencemaran kromium terdistribusi di Kecamatan Piyungan yaitu pada rentang 0,003 – 0,378 mg/kg dengan rerata konsentrasi kromium heksavalen pada Kecamatan Piyungan yaitu 0,276 mg/kg. Pada banyakan I – III tidak memiliki konsentrasi melebihi nilai standar baku mutu yang ditetapkan oleh *China's Maximum Levels for Contaminants in Foods* tahun 2014 sebesar 1,0 mg/kg.
- 5.1.2 Konsumen beras tidak terpengaruh paparan kromium heksavalen dikarenakan tidak melewati batas aman yaitu nilai  $RQ < 1$  dan nilai  $ECR < 1 \times 10^{-4}$ .
- 5.1.3 Berdasarkan jenis kelamin, berat badan dan kelompok umur, laju asupan harian kromium heksavalen. Rerata laju asupan pada Kecamatan Piyungan yaitu 0,000593 dengan rerata frekuensi makan 3 kali sehari yang rata-rata didominasi oleh jenis kelamin laki-laki dengan usia 20 – 60 tahun.

#### **5.2 Saran**

Dari hasil penelitian dan survei yang dilakukan, disarankan agar dilakukan *monitoring* dan pengelolaan lanjutan pada sumber pencemar untuk limbah yang dihasilkan sehingga akumulasi kromium heksavalen yang akan mengontaminasi tanaman padi tidak meningkat karena jika dibiarkan dalam jangka waktu yang lama akan berdampak buruk bagi kesehatan masyarakat sekitar Sungai Opak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Pengaruhnya Terhadap Histologi Akar mangrove *Avicennia marina* (Forssk). Vierh. di Perairan Mangunharjo Semarang. (2013). *Journal of Marine Research*, 3(1), 61-68.
- Asmadi, E. . (2009). Pengurangan Chrom (Cr) dalam Limbah Cair Industri Kulit pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Akali Ca(OH). *JAL Vol5. No 1* , 1-14.
- Dayan, A. D., & Paine, A. J. (2001). Mechanisms Of Chromium Toxicity, Carcinogenicity, and Allergenicity. *Review From 1985 to 2000 Human and Experimental Toxicology* , 20(9), 439-510.
- Dr. drg. Rosihan Adhani, S. M. (n.d.). *Logam Berat pada Manusia*.
- Irharni, Pandia, S., Purba, E., & Hasan, W. (2018). Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi. *Jurnal Serambi Engeneering*, 3(2), 344-351.
- Laoli, B. M., Kisworo, & Djoko Rahardjo. (2021). Akumulasi Logam Berat Kromium (Cr) pada Tanaman Padi di Sepanjang Kawasan Sungai Opak, Kabupaten Bantul. *Biospesies*, 59-66.
- Palar, H. (2008). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Rasydy , L. A., Sylvia, D., & Zein, Z. A. (2021). AnJayaalisis Logam Berat Pada Beras (*Oriza Sativa* L.) yang Ditanam di Daerah Industri Karet Mekar Jaya. *Jurnal Farmagazine*, 8(1), 66-74.
- Sukandarrumidi, Wellda , F., Maulana, & Rakhman, A. N. (2017). *Geotoksikologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hutagalung. H.P. 1991. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat. Puslitbang Oseanologi. Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya*. LIPI. Jakarta.
- IPCS., 2004. *IPCS Risk Assessment Terminology*. World Health Organization, Geneva.
- M Widaningrum. *Buletin Teknologi Pasca Panen Pertanian*. 2007
- NRC., 1983. *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*. Washington, DC, National Research Council, National Academy Press, pp. 3–4 (ISBN 0-309-03349-7).
- Rahardjo. D., 2020. *Pengaruh Aktivitas Pembuangan Limbah Cair Industri Kulit Terhadap Kualitas Air, Moluska, Ikan dan Padi di Sepanjang Aliran Sungai Opak*. Laporan Penelitian Fakultas Bioteknologi UKDW, Yogyakarta.
- Rahman, A., 2006, *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Beberapa Jenis Krustasea di Pantai Batakan dan Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan*, *Bioscientiae*, 3(2), 93-101.
- Rahman, M,U., Gul S., UIHaq, M.Z 2007. Reduction Of Chromium (VI) by Locally Isolated *Pseudomonas* sp. C171“ *Turkey Journal Biol* ” **31**. 2007: 161-166.
- Rohaeti, E. 2007. *Pencegahan Pencemaran Lingkungan oleh Logam Berat Krom Limbah Cair Penyamakan Kulit: Studi Kasus di Kabupaten Bogor*. IPB, Bogor.
- WHO (World Health Organization) 1996, *Guidelines for Drinking-Water Quality*, 2nd edn, vol. 2, *Health Criteria and Supporting Information*, WHO, Geneva.
- Zaenab. 2008. *Industri Penyamakan Kulit dan Dampaknya Terhadap Lingkungan*. Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes-Makasar.