TA/TL/2022/1558

TUGAS AKHIR

ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PAJANAN FENOL PADA AIR TANAH KAWASAN INDUSTRI DAERAH ALIRAN SUNGAI WINONGO YOGYAKARTA

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

AVIOR FORTUNA WIDODO
18513105

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

2022

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

TUGAS AKHIR
ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PAJANAN FENOL PADA AIR TANAH KAWASAN INDUSTRI DAERAH ALIRAN SUNGAI WINONGO YOGYAKARTA

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

AVIOR FORTUNA WIDODO
18513105

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.
NIK. 045130401
Tanggal: 23/12/2022

Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T
NIK. 155131313
Tanggal: 23/12/2022

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.
NIK. 095103403
Tanggal: 23/12/2022

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PAJANAN FENOL PADA AIR TANAH KAWASAN INDUSTRI DAERAH ALIRAN SUNGAI WINONGO YOGYAKARTA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Jumat
Tangggal : 23 Desember 2022

Disusun Oleh:

AVIOR FORTUNA WIDODO
18513105

Tim Penguji :

Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D. ( )

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

Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. ( )

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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



Avior Fortuna Widodo

NIM: 18513105

Scanned with CamScanner

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas kehadirat Allah SWT. Atas segala nikmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang dilaksanakan sejak Mei 2022 ini dengan judul "**Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pajanan Fenol Pada Air Tanah Kawasan Industri Daerah Aliran Sungai Winongo Yogyakarta**".

Selanjutnya, penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran dalam penyusunan Tugas Akhir baik berupa bantuan, dukungan, nasehat, dan bimbingan kepada penulis. Untuk itu, penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia
3. Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D dan Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan, ilmu, waktu, dan saran yang bermanfaat sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
4. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang terlah memberikan segala ilmu dan pengalaman berharga selama masa kuliah.
5. Para warga Kecamatan Ngampilan, Kecamtan Wirobrajan, Kecamatan Mantrijeron, Kecamatan Gondomanan, dan Kecamataan Kraton yang telah memberikan waktu dan bantuan selama pengambilan data di tempat.

6. Pada mama saya, Almarhumah Rena Septowati, yang sampai akhir hayatnya selalu memberikan tenaga dan waktunya untuk memenuhi keperluan kuliah saya dan menjadi teman saya di rumah.
7. Pada papa saya, Rakhmad Widodo, yang selalu berusaha yang terbaik untuk mencukupi kebutuhan saya meskipun harus bekerja jauh dari rumah.
8. Pada saudara kembar saya, Ankaa Fortuna Widodo yang selalu memberikan dukungan baik di rumah maupun saat kami kuliah bersama di Universitas Islam Indonesia, serta selalu memberikan doa dan nasehat terbaiknya pada sesame saudara.
9. Pada adik saya, Jasmine Nunky Widodo, yang menjadi teman dan selalu menemani saya semasa kuliah online dan pengerjaan Tugas Akhir.
10. Kelompok TA "Industri Batik" Junio Gestimades, Fajri Prasetyo, Nabila Hasnah, dan Shindy Lorenza sebagi tim yang berjuang bersama demi kelancaran Tugas Akhir ini.
11. Ajeng Aulia, Nanda, Dhyajeng, Alma Aurelia, dan Savira Putri yang selalu memberikan semangat dan bantuan selama masa Tugas Akhir dan perkuliahan.
12. Shinta Dyah Putri Utami yang selalu memberikan dukungan, bantuan, dan doa selama masa pengerjaan Tugas Akhir saya.
13. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2018 yang juga telah memberikan kenangan selama masa kuliah.

Dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini, penulis juga menyadari dimana masih banyak kekurangan baik secara penulisan maupun materi. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun begitu diharapkan dalam penyempurnaan laporan Tugas Akhir ini. Besar harapan penulis, laporan

Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis, pembaca, maupun peneliti selanjutnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta,

Avior Fortuna Widodo

ABSTRAK

AVIOR FORTUNA WIDODO. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pajanan Fenol Pada Air Tanah Kawasan Industri Daerah Aliran Sungai Winongo Yogyakarta. Dibimbing oleh ANY JULIANI, S.T., M.SC. (RES.ENG.), PH.D. dan DR. SUPHIA RAHMAWATI, S.T., M.T.

Fenol merupakan polutan yang sangat berbahaya di lingkungan karena bersifat racun dan sangat sulit didegradasi oleh organisme pengurai. Fenol yang terdistribusi ke lingkungan sekitar dapat terakumulasi dan bertahan di air tanah dalam waktu yang cukup lama. Daerah Aliran Sungai Winongo yang berada di Yogyakarta yang mengaliri Kecamatan Ngampilan, Kecamatan Wirobrajan, Kecamatan Mantrijeron, Kecamatan Gondomanan, dan Kecamatan Kraton memiliki kaitan erat dengan kegiatan manusia. Air tanah merupakan sumber daya air yang paling banyak digunakan untuk kegiatan rumah tangga. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi nilai konsentrasi fenol pada air sumur warga di sekitar industry batik dan mengestimasi risiko lingkungan dengan menggunakan metode Analisis Risiko Lingkungan. Berdasarkan hasil pengukuran, didapatkan konsentrasi fenol terkecil sebesar 0,004 mg/L dan konsentrasi terbesar sebesar 0,05 mg/L dari 5 kecamatan. Hasil penelitian Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan menunjukkan bahwa risiko pajanan fenol di 5 kecamatan masih berada d tingkat risiko aman (RQ < 1).

Kata kunci: Air tanah, Analisis risiko lingkungan, Fenol, DAS Winongo

ABSTRACT

AVIOR FORTUNA WIDODO. *Environmental Health Risk Analysis of Phenol Exposure to Groundwater in the Industrial Area of the Winongo Watershed, Yogyakarta*. *Supervised by* ANY JULIANI, S.T., M.SC. (RES.ENG.), PH.D and DR. SUPHIA RAHMAWATI, S.T., M.T.

Phenols are very dangerous pollutants in the environment because they are toxic and very difficult to degrade by decomposing organisms. Phenols which distributed to the surrounding environment can accumulate and persist in groundwater for quite a long time. The Winongo Watershed located in Yogyakarta which flows into Ngampilan District, Wirobrajan District, Mantrijeron District, Gondomanan District, and Kraton District is closely related to human activities. Groundwater is the most used water resource for household activities. The purpose of this study was to identify the value of phenol concentratin in the groundwater of residents around the batik industry and to estimate the environmental risk using the Environmental Risk Analysis method. Based on the measurement results, the smallest phenol concentration was 0.004 mg/L and the largest concentration was 0.05 mg/L from 5 districts.. The result of The Environmental Health Risk Analysis study showed that the risk of phenol exposure in those 5 districts was still at the safe risk level (RQ < 1).

Keywords: *Groundwater, Phenol, Risk analysis, Winongo watershed*

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR LAMPIRAN xv
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Ruang Lingkup 3
BAB II 4
TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Analisis Kualitas Air Bersih 4
2.2 Fenol 5
2.2.1 Karakteristik Fenol 5
2.2.2 Dampak Pajanan Fenol 6
2.2.3 Sumber Fenol 6
2.2.4 Jalur Pajanan Fenol 7
2.3 Kandungan Fenol di Air Tanah 7
2.4 Daerah Aliran Sungai (DAS) Winongo 8
2.5 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan 9
2.5.1 Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification)* 9
2.5.2 Penilaian Risiko (*Risk Assessment)* 10
2.5.3 Penilaian Pajanan (*Exposure Assessment)* 10
2.5.4 Analisis Dosis-Respon (*Dose-response Assessment)* 11
2.5.5 Karakteristik Risiko 12
2.5.6 Manajemen Risiko 12

2.6 Penelitian Sebelumnya 14
BAB III 17
METODE PENELITIAN 17
3.1 Tahapan Penelitian 17
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian 18
3.3 Pengumpulan Data 19
3.3.1 Data Sekunder 19
3.3.2 Data Primer 19
3.4 Analisis Data 24
3.4.1 Perhitungan nilai intake non-karsinogenik (Oral) 24
3.4.2 Perhitungan risiko non-kanker 24
BAB IV 26
HASIL DAN PEMBAHASAN 26
4.1 Karakteristik Air Bersih 26
4.2 Konsentrasi Fenol 30
4.3 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan 32
4.3.1 Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification)* 32
4.3.2 Analisis Dosis-Respon (*Dose-Response Assessment)* 36
4.3.3 Analisis Pajanan (*Exposure Assessment)* 37
4.3.4 Karakterisasi Risiko 42
BAB V SIMPULAN DAN SARAN 45
5.1 Simpulan 45
5.2 Saran 45
DAFTAR PUSTAKA 47
LAMPIRAN 51
Lampiran 1 Kurva Kalibrasi dan Perhitungan Konsentrasi Fenol 51
Lampiran 2 Alat dan Bahan Uji Fenol 53
Lampiran 3 Daftar questioner 54
RIWAYAT HIDUP 61

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Data Peneliti Sebelumnya 14
Table 2 Daftar Pertanyaan Kuesioner 20
Tabel 3 Perhitungan LoD 31
Tabel 4 Distribusi Karakteristik Responden Berdasarkan Usia, Berat badan, dan Lama tinggal 33
Tabel 5 Distribusi Karakteristik Responden Berdasarkan Sumber dan kondisi air 35
Table 6 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan warga dewasa di 5 kecamatan 38
Table 7 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan warga anak-anak di 5 kecamatan 39
Tabel 8 Hasil RQ Rata-rata 42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Tahapan Penelitian 18
Gambar 2 Peta lokasi titik sampling 19
Gambar 3 Hasil Pengukuran Suhu 26
Gambar 4 Efek suhu terhadap fenol 27
Gambar 5 Hasil Pengukuran pH 28
Gambar 6 Efek pH pada biodegradasi fenol (*Activated Sludge)* 29
Gambar 7 Efek pH pada biodegradasi fenol (TOF, OFA, ROF) 29
Gambar 8 Hasil Pengukuran TDS 30
Gambar 9 Hasil Pengukuran Fenol 31
Gambar 10 Nilai *intake* rata-rata dewasa 41
Gambar 11 Nilai *intake* rata-rata anak-anak 41

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kurva Kalibrasi dan Perhitungan Konsentrasi Fenol 51
Lampiran 2 Alat dan Bahan Uji Fenol 53
Lampiran 3 Daftar questioner 54

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sari (2014) menyatakan bahwa, Daerah Aliran Sungai Winongo memiliki kaitan dengan adanya kegiatan manusia, dikarenakan daerah-daerah yang dilintasi oleh Sungai Winongo dipengaruhi oleh kondisi penggunaan lahan dimana masih banyak industri di sekitar kawasan DAS Winongo, sehingga hal tersebut memberikan peluang terhadap masuknya air limbah yang mengandung beragam bahan organik yang dapat menurunkan kualitas air. Seperti kebanyakan kontaminan lainnya, terutama fenol yang memasuki air tanah dari pembuangan limbah industri.

Fenol merupakan senyawa aromatik yang terdistribusi di lingkungan, baik sebagai bahan alami maupun artifisial (Sridevi, et al, 2012). Adanya akumulasi fenol dalam lingkungan akan menimbulkan kontaminasi lingkungan dan efek negatif terhadap sistem kehidupan. Senyawa-senyawa turunan fenol tersebut merupakan senyawa karsinogenik dan menghasilkan bau serta rasa dalam air (Khusnuryani, 2015). Karena adanya bioakumulasi dan biomagnifikasi organisme air pada senyawa fenol, fenol dapat masuk ke tubuh melalui air minum dan makanan yang berasal dari organisme akuatik tersebut (Maslahat, 2015). Tingkat bioakumulasi pada fenol cukup tinggi sepanjang rantai makanan, sehingga tidak hanya mencemari lingkungan alam, namun akan membahayakan kesehatan manusia (Sari, 2014).

Fenol terdegredasi dengan cepat di udara oleh reaksi fase gas kimia dengan perkiraan waktu paruh 14 jam, tetapi dapat bertahan di air tanah untuk waktu yang lebih lama (Kadir dan Suheyla, 2008). Air tanah merupakan sumber daya air yang paling banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan air dalam rumah tangga. Apabila penduduk terus mengkonsumsi

air tanah tersebut, maka dapat terakumulasi di dalam tubuh dan bersifat toksik. Absorbsi fenol pada tubuh dapat terjadi melalui sistem pernapasan, pencernaan, dan kontak melalui kulit (Khusnuryani, 2015). Adanya paparan fenol akan mengakibatkan keracunan sistemik serta menjadi pemicu adanya tumor. Keracunan akut akan menyebabkan gejala gastrointestinal, sakit perut, kelainan koordinasi bibir, mulut, dan tenggorokan. Selain itu, akan terjadi perforasi usus, keracunan kronis menimbulkan gastro-intestinal, kesulitan menelan, dan hipersalivasi, kerusakan hati dan ginjal, dan dapat mengakibatkan kematian (Atikah, 2018)

Saat ini, sumber daya air tanah menghadapi dua permasalahan, seperti rendahnya kuantitas dan kualitas. Baik kehidupan makhluk hidup maupun perkembangan wilayah yang juga disertai dengan berdirinya kawasan-kawasan industri baru di sekitarnya terus meningkat. Oleh karena itu, diperlukan adanya perkiraan risiko terhadap dampak yang akan merugikan masyarakat dari pengonsumsian air minum yang bersumber air sumur. Salah satu metode pengukuran risiko kesehatan yang bisa digunakan adalah Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Menurut Rahman (2007), Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan adalah proses perhitungan atau perkiraan risiko pada suatu organisme sasaran, system atau subpopulasi setelah terkena pajanan oleh agen-agen tertentu.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana konsentrasi fenol pada air sumur warga di DAS Winongo yang berada di kawasan industri?
2. Bagaimana hasil analisis risiko kesehatan warga yang menggunakan air sumur yang bersumber dari DAS Winongo?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari adanya penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi nilai konsentrasi fenol pada air sumur warga di area penelitian.

2. Mengestimasi risiko kesehatan lingkungan yang berasal dari pajanan fenol.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai acuan peneliti dalam menganalisis dan mengevaluasi karakteristik air tanah sekitar industri dan risiko kesehatan yang diakibatkan oleh pajanan Fenol terhadap masyarakat.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Sampling dilakukan selama 2 bulan pada bulan Januari 2022 – Februari 2022 pukul 08.00 – 12.00 WIB dengan 32 titik dari 5 kecamatan.
b. Sampel air yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari air sumur warga pada DAS Winongo.
c. Parameter umum yang digunakan yaitu parameter suhu, TDS, dan pH.
d. Parameter khusus yang digunakan yaitu parameter fenol.
e. Pengujian fenol pada sampel air menggunakan spektrofotometri berdasarkan SNI 06-6989 Bagian 21 tahun 2008 tentang Air dan Air Limbah: Cara Uji Kadar Fenol Secara Spektrofotometri.
f. Analisis paparan fenol terhadap kondisi kesehatan menggunakan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) jalur oral.
g. Penelitian menggunakan data kuesioner warga sebagai data pendukung perhitungan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Kualitas Air Bersih

Tingkat kesesuaian air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia, seperti untuk mengairi tanaman, minuman ternak, serta kebutuhan langsusng untuk diminum, mandi, mencuci, dan sebagainya dinyatakan oleh kualitas air tersebut (Arsyad, 2000). Kualitas air sendiri ditentukan oleh setiap parameter air yang memiliki kadar berbeda-beda, tergantung aktivitas manusia dan daerah yang ada pada lingkungan tersebut (Saptomo, 2019). Pengujian kualitas air bersih ini mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasii, Kolam Renang, *Solus per Aqua,* dan Pemandian Umum. Terdapat 3 kelompok parameter untuk pengujian kualitas air bersih, yaitu parameter fisika, kimia, dan biologi.

a. Parameter Fisik

   Pada parameter fisik, air minum harus jernih, tidak berbay, tidak berasa dan tidak berwarna, lalu termperatur sebaiknya sejuk dan tidak panas. Selain itu, air yang bersih juga tidak mengandung adanya kandungan *Total Dissolved Solid* (TDS). Apabila terjadi penyimpangan pada parameter ini, maka akan menunjukkan bahwa air tersebut telah terkontaminas bahan lain yang mungkin membahayakan untuk manusia.

b. Parameter Kimia

   Air dengan kualitas baik memiliki pH dengan nilai sebesar 6-8 dan tidak mengandung bahan lain yang mungkin berbahaya bagi kesehatan manusia, seperti fenol.

c. Parameter Mikrobiologi

Pada parameter ini, mikroorganisme yang mengindikasikan adanya pencemaran adalah *E. coli* dan total koliform. Apabila air tercemar oleh kedua mikroorganisme tersebut, maka akan menyebabkan penyakit-penyakit seperti tifus yang disebabkan oleh bakteri *E.coli* dan saluran pernapasan yang disebabkan oleh total koliform.

2.2 Fenol

Fenol (asam karbolat) adalah zat kristalik dengan warna dan bau yang khas. Fenol memiliki rumus kimia C_6H_5OH dengan struktur gugus hidroksil (-OH) yang berikatan dengan cincin fenil. Pada limbah cair, istilah fenol tidak hanya terbatas pada (C_6H_5OH) namun bermacam-macam campuran organik yang terdiri satu atau lebih gugusan hidroksil (Perdana Ginting, 2007, dalam Atikah 2018).

2.2.1 Karakteristik Fenol

Senyawa fenol memiliki sifat yang korosif, beracun, serta karsinogenik. Fenol sangat berbahaya baik untuk organisme maupun untuk kesehatan manusia pada konsentrasi rendah (Kiswandono, 2016). Fenol dimasukkan dalam daftar prioritas senyawa toksik pencemar daerah perairan oleh Badan Perlindungan Lingkungan USA (*United State Environment Agent, US-EPA)* (Mortaheb, 2008).

ATSDR (2009) menyatakan fenol adalah padatan tak berwarna hingga putih saat murni yang mengandung sedikit yang merupakan carian semi-volatil. Fenol memiliki bau khas yang sangat manis dan sangat larut dalam sebagian besar pelarut organik dan dalam air. Menurut PUSARPEDAL (2006), Fenol dikenal sebagai zat yang reaktif terhadap jaringan tubuh manusia yang kemudian dapat menyebabkan iritasi pada mata, hidung, dan tenggorokan. Selain itu, fenol juga bersifat racun apabila ditemukan di dalam perairan dengan efek yang bertahan lama (Kadir dan Suheyla, 2008).

2.2.2 Dampak Pajanan Fenol

Fenol merupakan polutan yang sangat berbahaya di lingkungan karena bersifat racun dan sangat sulit didegradasi oleh organisme pengurai. Keberadaan fenol dalam air dapat mengakibatkan pencemaran, dan apabila penduduk terus mengonsumsi air tanah tersebut, maka dapat terakumulasi di dalam tubuh dan bersifat toksik. Selain itu, menurut Rahmi (2007, dalam Atikah, 2018) Fenol dapat terdegradasi menjadi senyawa lain yang bahkan lebih reaktif. Konsentrasi standar maksimal yang ditetapkan oleh *World Health Organization* untuk fenol sendiri adalah 2 mg/L. Fenol dapat mudah masuk melalui kulit. Fenol yang merupakan senyawa bersifat korosif dapat menyebabkan iritasi jaringan, kulit, mata, dan gangguan pernafasan. Selain itu, keracunan akut akan menyebabkan terjadinya gejala gastro-intensinal, sakit perut, kelainan koordinasi bibir, mulut, dan tenggorokan. Keracunan zat fenol juga menyebabkan terjadinya perforasi usus, keracunan kronis menimbulkan gastro-intestinal, kesulitan menelan, dan hipersalivasi, kerusakan hati dan ginjal, dan dapat mengakibatkan kematian (Atikah, 2018)

2.2.3 Sumber Fenol

Mulyono (2019) menyebutkan jika senyawa fenol sering dijumpai pada lingkungan perairan yang bersumber dari aliran air lumpur bor minyak bumi, buangan limbah rumah tangga, dan industri. Kandungan fenol yang ditemukan di industri tekstil berasal dari zat pelarut pewarna kain (Haerudin, Widya, & Frida, 2014). Dapat diketahui jika fenol dan turunannya merupakan komponen limbah cair dari berbagai jenis industri, seperti farmasi, kilang minyak, tekstil dan industri batubara (Tsai, Tsai, & Li, 2005), serta sebagai komponen tanah gambut (Barchia, 2006). Menurut Ulya (2012) dalam Haerudin (2014), salah satu turunan senyawa fenol berbahaya bagi makhluk hidup yang digunakan dalam senyawa zat pewarna yang digunakan

dalam industri tekstil adalah, antara lain: *2-acetyl-amino phenol, 4-cloro-2-amino phenol*.

2.2.4 Jalur Pajanan Fenol

Jalur pajanan menunjukkan perbedaan jalan masuk bahan/materi ke dalam tubuh, dapat melalui kulit, saluran pencernaan, dan saluran pernapasan (IPCS, 2000). Paparan di tempat kerja kemungkinan terjadi melalui inhalasi dan kontak kulit dengan fenol. Orang-orang yang tinggal di dekat pabarik yang memproduksi atau menggunakan fenol serta mereka yang tinggal di dekatnya cenderung terkena peningkatan kadar fenol.

Populasi yang tinggal berada di dekat lokasi limbah berbahaya juga berpotensi terpapar pajanan fenol melalui konsumsi air minum yang terkontaminasi menggunakan air permukaan atau air tanah yang terkontaminasi sebagai sumber. Kehadirannya di air tanah mungkin merupakan hasil pelepasan ke tanah, seringkali perindustrian melepaskan limbah dari tempat pembuangan sampah, dan selanjutnya fenol akan masuk dari tanah ke air tanah. Chen dan Zoltek (1995) juga mengidentifikasi adanya fenol yang ditemukan di dekat tempat pembuangan sampah pada air tanah dan air permukaan masing-masing sekitar 17 dan 15 ppb.

2.3 Kandungan Fenol di Air Tanah

Air tanah adalah sumber utama air tawar yang digunakan sebagai sumber air minum dan untuk keperluan irigasi di daerah kering di dunia. Di dunia ini, lebih dari 1,5 miliar penduduk bergantung pada air tanah secara langsung untuk kebutuhan minum setiap harinya. Akan tetapi, rusaknya kualitas air tanah sebagian besar dianggap sebagai perubahan lingkungan yang signifikan di semua wilayah di dunia. Adanya tempat pembuangan sampah, penggunaan pestisida, pembuangan limbah bahan radioaktif, limbah industri, dan evakuasi tambang menjadi sumber utama dari pencemaran air tanah (Sahajanand, 2020).

Kadir dan Suheyla (2008) di dalam penelitian Kamat Sahajanand (2020) juga menyebutkan, salah satu kontaminan tersebut adalah Fenol yang memasuki air tanah dari pembuangan limbah industri sekitar. Fenol dapat terdegradasi dengan cepat di udara dengan reaksi kelompok kimia fase gas dengan perkiraan paruh waktu 14 jam, tetapi dapat bertahan di air tanah untuk waktu yang lama. Karena itu, air tanah yang terkontaminasi Fenol dianggap menjadi berbahaya.

2.4 Daerah Aliran Sungai (DAS) Winongo

Daerah Aliran Sungai atau DAS adalah daerah bagian dari daratan, komponen sungai dan anak sungai yang dirancang dengan fungsi menyimpan dan mengalirkan air ke danau atau lautan secara alami, sedangkan batas daratan merupakan garis pemisah medan, sementara perairan merupakan batas maritim yang masih dipengaruhi oleh aktivitas dari daratan (Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta, 2016). Menurut PP No. 38 Tahun 2011 Tentang Sungai, dalam melakukan pengelolaan sungai terdapat berbagai hal yang menjadi perhatian, salah satunya adalah sempadan sungai. Sempadan Sungai merupakan ruang di kiri dan kanan palung sungai yang berada di antara garis sempadan dan tepi palung atau tanggul sungai yang berjarak 3 m dari tepi luar kaki tanggul.

Menurut Undang-undang No. 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air, wilayah sungai merupakan kesatuan wilayah pengelolaan sumber daya air pada satu atau lebih daerah aliran sungai dan/atau pulau-pulau kecil yang memiliki luas kurang dari atau sama dengan 2.000 km^2. Menurut Suharyo (2019), sebagai sumber daya alam sendiri, DAS memiliki posisi strategis dalam pembangunan nasional atau daerah dan harus dilakukan pengelolaan, perlindungan, dan pemanfaatan secara optimal guna memaksimalkan kemakmuran makhluk hidup.

Sungai Winongo merupakan air permukaan yang mengaliri DAS Winongo. DAS Winongo sendiri membentangi tiga (3) wilayah kabupaten/kota, yaitu Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, dan Kabupaten Bantul. DAS Winongo sendiri mempunyai luas sebesar 93,632 km^2.

Menurut Yogafanny (2015), ia memaparkan bahwa pada Daerah Aliran Sungai Winongo terdapat beberapa pemukiman padat penduduk yang melakukan berbagai aktivitas.

2.5 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Analisis Risiko merupakan suatu tahapan proses untuk melihat suatu hubungan antara pajanan bahan kimia dan agen fisik dengan kemungkinan efek negatif yang terjadi. Risk assessment adalah penilaian tingkat efek dari kemungkinan bahaya pada populasi atau ekosistem akibat pajanan suatu agen (Louvar, 1998, dalam Zuliyawan, 2010).

Menurut Rahman (2007), proses analisis risiko sendiri terdiri atas 3 komponen, yaitu penilaian risiko, manajemen risiko, dan komunikasi risiko. Analisis risiko dapat dilakukan untuk pemajanan biaya lingkungan yang sudah terjadi, dengan efek yang merugikan sudah atau belum terjadi, dapat pula dijadikan suatu prediksi risiko untuk pemajanan mendatang.

Fatonah (2010) mengatakan bahwa, Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) merupakan kajian kilas depan dengan meramalkan risiko kesehatan yang dapat menimpa suatu masyarakat pada suatu waktu. Menurut buku Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan, sebelum melakukan langkah-langkah ARKL, perumusan masalah harus dilakukan dengan maksud sebagai latar belakang mengapa suatu agen risiko tersebut perlu dianalisis risiko. Uraian tersebut berupa, jenis kegiatan dan jenis polutan yang menjadi sumber dampak, lalu wilayah yang terkena dampak pajanan, konsentrasi agen risiko pada media lingkungan, waktu berlangsung, dan juga populasi yang terkena pajanan. Kelompok populasi yang potensial terkena yaitu, pada golongan umur, kelompok berdasarkan tempat tinggal, pekerjaan, dan komunitas tertentu.

2.5.1 Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification)*

Identifikasi bahaya merupakan langkah pertama dalam ARKL yang digunakan untuk mengetahui secara spesifik agen

risiko apa yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan bila tubuh terpajan. Sebagai pelengkap dalam dientifikasi bahaya dapat ditambahkan gejala-gejala gangguan kesehatan apa yang terkait erat dengan agen risiko yang akan dianalisis. Tahapan ini akan menjawab pertanyaan berupa, agen risiko spesifik apa yang berbahaya, di media lingkungan mana agen risiko berada, seberapa besar kandungan atau konsentrasi agen risiko di media lingkungan, dan gejala kesehatan apa yang memiliki potensi. Gejala dampak kesehatan ini bisa berupa dampak akut dan dampak kronis terpajan.

2.5.2 Penilaian Risiko (*Risk Assessment)*

Penilaian risiko dilakukan dengan tujuan untuk menentukan keberadaan bahaya lingkungan pada suatu lokasi. Bahaya yang disebut memiliki arti berupa sebagai zat-zat toksik atau kondisi-kondisi spesifik yang memiliki potensi menimbulkan gangguan kesehatan. Cara yang dapat dilakukan untuk menentukan tingkat bahaya suatu bahan kimia adalah dengan membandingkan zat berbahaya tersebut dengan daftar zat-zat toksik yang ada. Pengelompokan zat toksik tersebut adalah kelompok karsinogen, berpotensi karsinogen dan bukan karsinogen (Louvar & Louver, 1998 dalam Susilowati 2011).

2.5.3 Penilaian Pajanan (*Exposure Assessment)*

Analisis pemajanan adalah evaluasi pemajanan dari organisme, sistem, atau sub populsi terhadap agen (IPCS, 2004). Pada penilaian pajanan ini, akan dilakukan identifikasi tentang dosis atau jumlah risk agen yang diterima seseorang (*intake*/asupan). Data *intake* ini dapat dengan menggunakan persamaan Luovar & louver 1998 (Rahman, 2007)

Untuk menghitung nilai *intake*, asumsi-asumsi yang digunakan yaitu :

1. Konsentrasi (C) agen didapat dari data konsentrasi fenol di air (mg/M^3)
2. Laju Asupan (R) untuk dewasa, berdasarkan US- EPA *Default Exposure Factor* dengan efek pajanan bukan kanker atau tidak menyebabkan kanker.
3. Frekuensi Pajanan (f_E) 350 hari per tahun berdasarkan US-EPA *Default Exposure Factor* dengan efek pajanan bukan kanker atau tidak menyebabkan kanker.
4. Durasi Pajanan (D_t) 30 tahun untuk dewasa, berdasarkan US-EPA *Default Exposure Factor.*
5. Berat Badan (W_b), berat badan penduduk berdasarkan pengukuran.
6. Periode waktu rata-rata (yaitu 365 hari selama 30 tahun untuk dewasa berdasarkan factor pajanan non-kanker dan 70 tahun untuk pajanan kanker.

2.5.4 Analisis Dosis-Respon (*Dose-response Assessment)*

Dosis merupakan unit yang menyatakan pajanan terhadap bahan kimia, fisik, atau biologis yang sampai ke organ sasaran. R*f*D atau R*f*C adalah toksisitas kuantitatif nonkarsinogenik, menyatakan estimasi dosis pajanan harian yang diprakirakan tidak menimbulkan efek merugikan kesehatan meskipun pajanan berlanjut seumur hidup (IPCS, 2004).

Dosis Referensi dapat dibedakan menjadi pajanan oral atau tertelan yang disebut *Rf*D, lalu untuk pajanan inhalasi disebut R*f*C. Penentuan dosis-respon pada suaru risk agent membutuhkan data dan informasi studi toksisitas yang asli dan lengkap, ahli-ahli kimia, toksikologi, farmakologi, biologi, epidemiologi dan spesialis-spesialis lain yang berhubungan dengan toksisitas dan farma-kologi zat. Namun, saat ini RfD, RfC, SF dan UCR zat-zat

kimia dalam berbagai spesi, termasuk fomulanya, telah ada dalam pangkalan data *Integrated Risk Information System* dari US-EPA (IRIS 2007).

Menurut Badan Perlindungan Lingkungan USA (*United State Environment Agent, US-EPA)* nilai RfD yang telah ditetapkan pada Fenol adalah sebesar 3 x 10^{-1} mg/kg/hari.

2.5.5 Karakteristik Risiko

Rahman (2007) menyatakan bahwa Karakteristik risiko kesehatan dinyatakan sebagai *Risk Quotient* (RQ, Tingkat Risiko) untuk efek-efek non- karsinogenik (ATSDR 2005; EPA 1986; IPCS 2004; Kolluru 1996; Louvar and Louvar 1998) dan Excess Cancer Risk (ECR) untuk efek-efek karsinogenik (EPA, 2005). RQ dihitung dengan membagi asupan non-karsinogenik (I_{nk}) risk agent dengan R*f*D atau R*f*C-nya menurut persamaan:

Keterangan:

1. I adalah *intake* non-kanker dari hasil perhitungan pajanan (mg/kg/hari)
2. RfD adalah dosis atau konsentrasi referensi (mg/M^3), dalam perhitungan ini yang dipergunakan adalah karena pajanan melalui ingestion.

Hasil perhitungan HQ akan diketahui:

a. Jika HQ > 1 maka konsentrasi agen berisiko dapat menimbulkan efek merugikan kesehatan.

b. Jika HQ ≤ 1 maka konsentrasi agen belum berisiko dapat menimbulkan efek kesehatan.

2.5.6 Manajemen Risiko

Manajemen Risiko terbagi atas tiga kelompok, yaitu Hazard *Identification, Risk Assessmet, dan Risk Control* (HIRARC).

Manajemen risiko dilakukan untuk meminimalisir risiko dampak pajanan fenol terhadap kesehatan penduduk. Dengan cara mengubah nilai faktor- faktor pemajanan, sehingga asupan lebih kecil atau sama dengan dosis referensi toksisitasnya yang pada dasarnya ada dua cara untuk menyamakan *intake* dengan R*f*C, yaitu dengan menurunkan konsentrasi *risk agent* atau mengurangi waktu kontak (Rahman, 2007).

2.6 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya akan berguna sebagai salah satu acuan penulis dalam melaksanakan penelitian. **Tabel 1** berikut menunjukkan data penelitian dari peneliti-peneliti sebelumnya mengenai Penelitian Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan terhadap pajanan fenol.

Tabel 1 Data Peneliti Sebelumnya

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
	Olivia Purnamasari dan Budi Hartono	Analisis Risiko Kesehatan Pajanan Benzena Terhadap Kesehatan Pekerja Bengkel Sepatu di Desa Sukajaya, Kecamatan Tamansari, Kabupaten Bogor, Jawa Barat 2018	• Penelitian ini menggunakan desain studi Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) dengan sumber data sekunder dari tim peneliti Mahasiswa Program Master Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia pada bulan April tahun 2018. • Penentuan sampel menggunakan *stratified random sampling*. Pengumpulan data konsentrasi benzena dilakukan di 13 titik pada 10 bengkel sepatu yang dilakukan oleh Tim HIPERKES DKI Jakarta menggunakan gas *chromatography* dan *personal sampler*. Kemudian dilakukan wawancara menggunakan kuesioner untuk mengetahui karekateristik	Menurut penelitian tersebut, karakteristik individu, antropometri, dan pola aktivitas, usia, jenis kelamin, bekerja dengan pajanan benzena, merokok, dapat menjadi faktor risiko dari salah satu gejala risiko kesehatan akibat pajanan benzena, yaitu leukimia. Pekerja yang memiliki umur yang lebih tua dapat memiliki risiko keracunan benzena lebih besar, yang dapat dilihat dari kadar fenol dalam urinnya. Berdasarkan observasi, tidak ada koresponden yang menggunakan alat pelindung diri. Berdasarkan perhitungan yang melibatkan 80 responden diketahui 88,8% pekerja tidak berisiko untuk

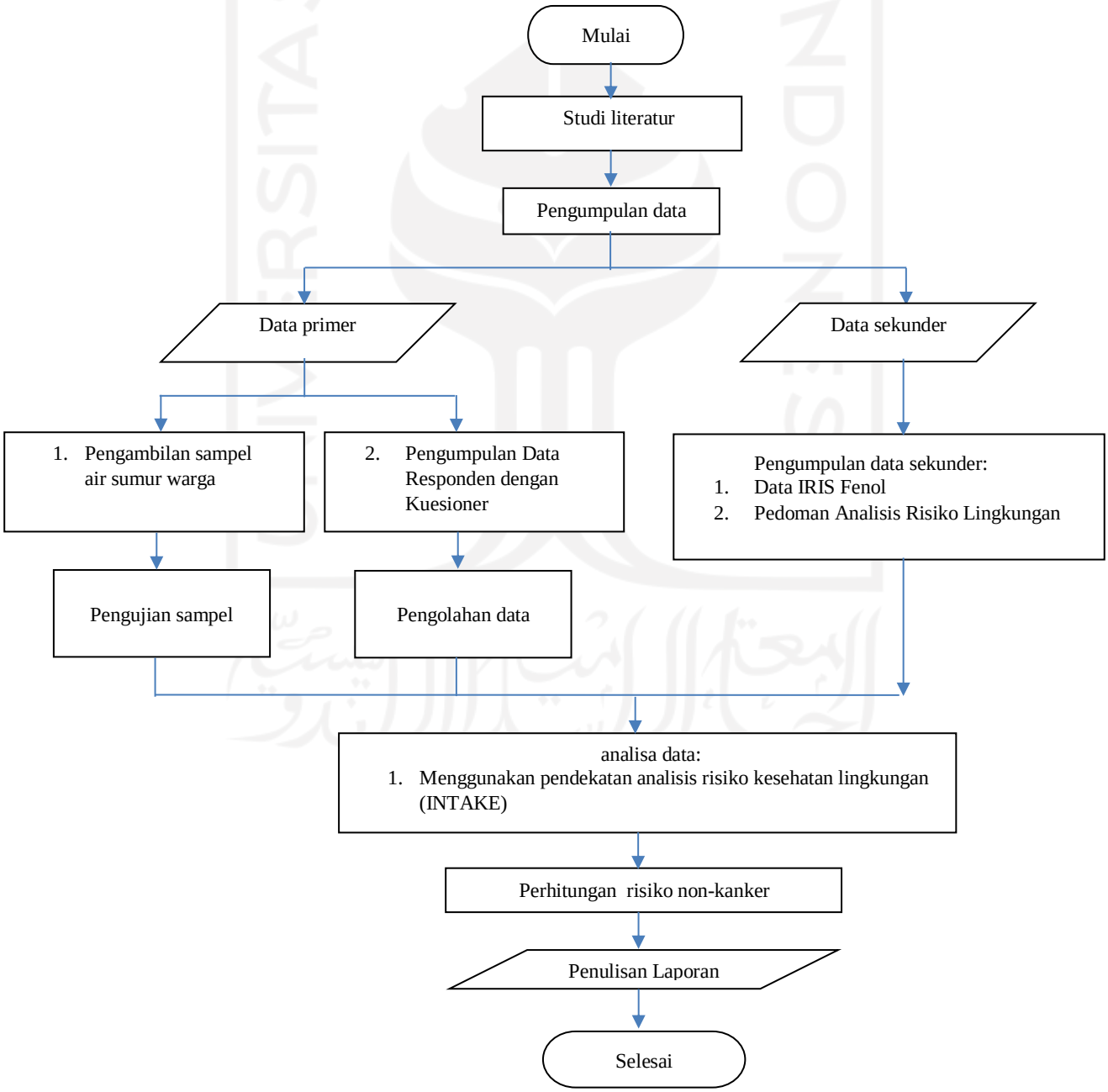
		antropometri dan pola aktivitas pekerja meliputi, berat badan, lama bekerja, frekuensi bekerja, dan durasi pajanan	RQ *Real Time* dan 63,8% unruk RQ *Life Span.* Data hasil wawancara kepada pekerja bengkel sepatu mengenai keluhan kesehatan yang banyak dirasakan oleh pekerja bengkel sepatu adalah mengantuk (38,75%), sakit kepala (27,5%), letih/lemah (25%), dan mata berkunang-kunang (21,25%). Responden dengan RQ>1 merasakan gejala penyakit paling banyak, sakit kepala (6,25%) dan mudah mengantuk (5%).
Darnita Darwis, Mubarak, dan Sofia Anita	Risiko Pajanan Benzena Terhadap Kandungan Fenol Dalam Urin Pekerja Pengecatan Mobil di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru Tahun 2017	• Metode penelitian menggunakan metode survei dan analisis deskriptif. • Jumlah sampel pada penelitian ini berjumlah 18 responden pekerja bengkel cat. Pemeriksaan sampel urin pekerja menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis.	Pembuangan limbah di bengkel *home industry* hanya dilakukan dengan menumpuk sisa kaleng cat di sudut ruangan bengkel cat, sehingga sisa-sisa cat dapat mencemari tanah dan air tanah di sekitar perumahan, dimana benzena sulit di degradasi oleh tanah.
Kamat Sahajanand, Mategaonkar Meenal, Gharat Prasad	*Flow and transport of Phenol in groundwater using PGWT equation*	• Penelitian menggunakan metode persamaan PGWT • Penelitian ini juga menggunakan *Physical Aquifer Model (PAM)* untuk memahami karakteristik transport fenol sebagai kontaminan.	Tingkat konsentrasi fenol yang ditemukan dapat dipengaruhi oleh permeabilitas akuifer.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Pada tahapan ini akan dijelaskan alur penelitian secara umum. Studi literatur akan terlebih dilakukan sebelum dimulai penelitian. Berikut adalah proses pelaksanaan yang bisa dilihat seperti pada **Gambar 1.**



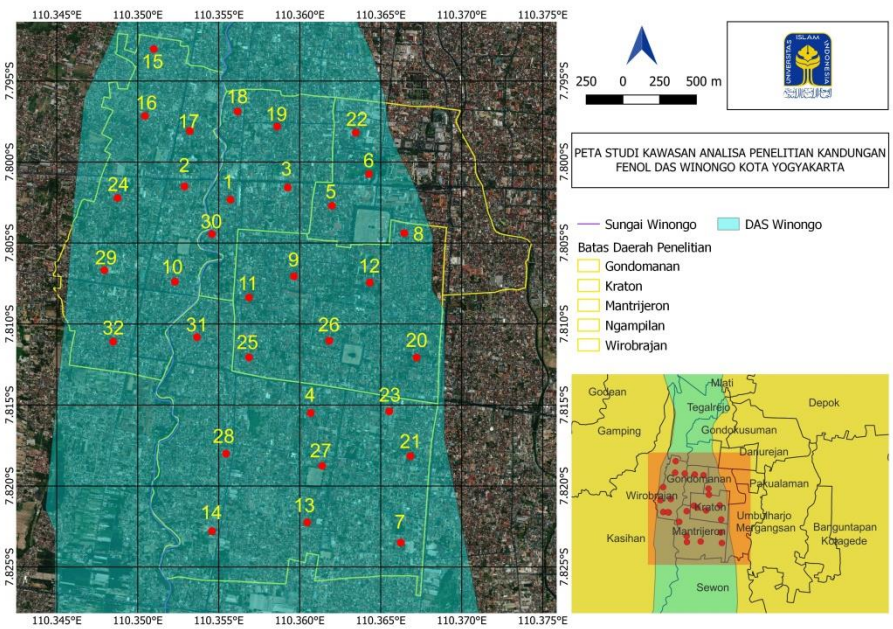
Gambar 1 Tahapan Penelitian

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Berdasarkan Badan Pusat Statistik Provinsi D. I. Yogyakarta, ketinggian Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, dan Kabupaten Bantul berurutan adalah 145 m, 75 m, dan 45 m. Pemenggalan segmen sungai juga dilihat berdasarkan ketinggian wilayah tersebut, yaitu *range* 1-50 meter menjadi hilir sungai, *range* 50-100 meter merupakan bagian tengah sungai, dan *range* 150 meter merupakan hulu sungai. Dari ketinggian lahan tersebut, maka daerah hulu merupakan daerah Kabupaten Sleman dan daerah hilir merupakan Kabupaten Bantul.

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengambilan sampel air tanah yang bersumber dari sumur gali penduduk di area DAS Winongo, Kota Yogyakarta. Lokasi yang menjadi tempat pengambilan sampel ada di 5 kecamatan yaitu, Kecamatan Gondomanan, Kecamatan Kraton, Kecamatan Mantrijeron, Kecamatan Ngampilan, dan Kecamatan Wirobrajan. Sementara analisis sampel akan dilakukan di Laboratorium Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Lokasi pengambilan sampel akan dilakukan di beberapa daerah yang bisa dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Peta lokasi titik sampling

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dibagi menjadi dua, yaitu data sekunder dan data primer.

3.3.1 Data Sekunder

Data yang akan dikumpulkan adalah berupa data IRIS Fenol dan Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan sebagai data untuk menganalisis data perhitungan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan.

1. **Data IRIS Fenol**

   Data ini berisi tentang informasi penilaian kesehatan manusia terhadap pajanan fenol. Menurut US EPA, bahan kimia fenol menggunakan perhitungan jalur oral dengan risiko non-karsinogenik.

2. **Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan**

   Menurut buku Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Linkgungan, pelaksaan perhitungan ARKL meliputi 4 tahap, yaitu: identifikasi bahaya, analisis dosis-respon, analisis pemajanan, da karakterisasi risiko.

3.3.2 Data Primer

Data primer dalam penelitian ini meliputi data hasil observasi lapangan berupa sampel air sumur warga dan data wawancara melalui kuesioner (lampiran 3) yang dibagikan kepada warga-warga sekitar di 5 kecamatan DAS Winongo.

1. **Data Sampling**

   Data sampling air tanah menggunakan metode grab. Peneliti mengambil langsung sampel air tanah di 32 titik yang terbagi di 5 kecamatan yang berada di area kawasan industri

Kota Yogyakarta. Sampel-sampel itu kemudian dibawa ke laboratorium kualitas air Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini sudah berdasarkan dengan SNI 6989 Bagian 58: Metoda Pengambilan Contoh Air Tanah dan SNI 06-6989 Bagian 21 tahun 2008 tentang Air dan Air Limbah: Cara Uji Kadar Fenol Secara Spektrofotometri. Alat-alat yang dibutuhkan untuk mengambil sampel air sumur adalah gayung dan wadah dirigen sebesar 1 liter. Selain itu, alat yang digunakan untuk mengukur suhu air adalah dengan thermometer, sedangkan untuk mengukur pH dan TDS air menggunakan alat *Water Quality Meter*. Bahan yang digunakan untuk mengawetkan air sumur adalah H2SO4 pekat 1 tetes. Kemudian, sampel yang sudah dibawa ke laboratorium kualitas lingkungan akan dilakukan destruksi menggunakan alat destilator, lalu diuji dengan menggunakan Spektrofotometer UV/Vis.

2. Data Kuesioner

Data kuesioner didapatkan dari peneliti yang mendatangi rumah-rumah warga yang sudah ditentukan sebelumnya. Pertanyaan-pertanyaan yang diajukan merupakan bagian dari Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan, seperti yang bisa dilihat pada **Tabel 2.**

Table 2 Daftar Pertanyaan Kuesioner

A. IDENTITAS RESPONDEN		
1	Nama (Kepala Keluarga)	
2	Alamat	
3	Umur	
4	Berat Badan	

5	Tinggi Badan	
6	Jumlah Keluarga (Penghuni Rumah)	
7	Nama istri/suami*	
8	Umur	
9	Berat Badan/tinggi badan	
10	Nama anak laki-laki	1. …… 2. …… 3. ……
11	Umur	1. …….. 2. …….. 3. ……..
12	Berat Badan/tinggi badan	1. …… 2. …… 3. ……
13	Nama anak perempuan	1. …… 2. …… 3. ……
14	Umur	1. …… 2. …… 3. ……
15	Berat badan/tinggi badan	1. …… 2. …… 3. ……
B. POLA AKTIVITAS DAN KONSUMSI		
1	Sejak kapan (tahun) Anda tinggal di daerah ini?	
2	Sumber air bersih yang digunakan	[ ] Air sumur gali [ ] Air sumur bor [ ] Air sumur pompa [ ] Air sungai [ ] PDAM [ ] Air hujan

3	Sudah berapa lama mengonsumsi sumber air yang digunakan?	
4	Berapa lama (jam/hari) Anda beraktivitas menggunakan sumber air?	
5	Berapa lama umur sumber air (sumur) yang digunakan?	
6	Untuk kegiatan apa saja sumber air sumur digunakan?	[ ] Minum [ ] Masak [ ] Mencuci [ ] Mandi
7	Bagaimana kualitas air yang digunakan?	[ ] Berlumut [ ] Berwarna [ ] Bau [ ] Berasa [ ] Lainnya
8	Bagaimanakah kuantitas air yang digunakan?	[ ] Melimpah [ ] Kering [ ] Tidak stabil [ ] Lainnya
9	Proses apa sajakah yang dilakukan sebelum mengonsumsi air?	[ ] Dimasak lebih dahulu [ ] Langsung dikonsumsi [ ] Adanya proses kegiatan penyaringan [ ] Ditampung [ ] Proses lainnya…
10	Berapa jumlah konsumsi air yang digunakan?	Kebutuhan masak : l/hari Kebutuhan minum : l/hari

		Kebutuhan mandi : l/hari Kebutuhan pencucian : l/hari Kebutuhan lainnya : l/hari
C. KONDISI LINGKUNGAN DAN HIGIENE PRIBADI		
1	Suhu	[ ] Sejuk/dingin [ ] Panas [ ] Biasa saja [ ] Tidak stabil
2	Cuaca	[ ] Selalu hujan [ ] Selalu kemarau [ ] Tidak stabil
3	Keadaan tanah	[ ] Selalu basah [ ] Lembab [ ] Kering [ ] Tidak Stabil
4	Kebiasaan mencuci tangan	[ ] Ya, pakai sabun [ ] Ya, tidak pakai sabun [ ] Tidak [ ] Kadang-kadang
5	Kebiasaan mandi pagi/sore	[ ] Setiap hari [ ] Kadang-kadang
6	Kebiasaan bersuci untuk ibadah (sholat)	[ ] Setiap waktu sholat [ ] Kadang-kadang [ ] Tidak pernah

3.4 Analisis Data

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan menggunakan pendekatan analisis risiko kesehatan lingkungan dimana peneliti akan membandingkan nilai intake yang sudah didapatkan dari penduduk sekitar dengan nilai konsentrasi referensi (RfC) yang aman bagi pajanan fenol untuk efek-efek non-kanker dan Cancer Slope Factor (CSF) untuk efek-efek kanker. Tujuan utamanya adalah untuk mengimplementasikan aksi dari manajemen risiko yang dapat menurunkan risiko tersebut.

3.4.1 Perhitungan nilai intake non-karsinogenik (Oral)

Untuk mengetahui nilai intake, menggunakan rumus di bawah ini,

$$\text{Intake (I)} = \frac{C \times R \times f_E \times Dt}{Wb \times t_{avg}}$$

Dengan keterangan:

a. Konsentrasi (C) fenol (mg/L)
b. Laju asupan (R) berdasarkan US-EPA Default Exposure Factor dengan efek pajanan bukan kanker atau tidak menyebabkan kanker (L/hari)
c. Frekuensi pajanan (fE) 350 hari per tahun berdasarkan US-EPA Default Exposure Factor dengan efek pajanan bukan kanker atau tidak menyebabkan kanker (Hari)
d. Berat badan (Wb), berat badan masyarakat berdasarkan pengukuran (Kg)
e. Periode waktu rata-rata (t_avg) yaitu 365 hari selama 30 tahun untuk dewasa berdasarkan factor pajanan non-kanker (Hari)

3.4.2 Perhitungan risiko non-kanker

Untuk menghitung risiko non-kanker menggunakan rumus di bawah ini:

$$RQ = Ink/RfD$$

Keterangan:

a. Ink adalah intake non-kanker dari hasil perhitungan pajanan (mg/kg/hari)
b. RfD adalah dosis atau konsentrasi referensi (mg/kg-day), dalam perhitungan ini yang dipergunakan adalah RfD karena pajanan melalui ingestion. (RfD fenol : 0,3 mg/kg-day) (IRIS US EPA).

Hasil perhitungan HQ akan diketahui:

1. Jika HQ > 1 maka konsentrasi agen berisiko dapat menimbulkan efek merugikan kesehatan.
2. Jika HQ ≤ 1 maka konsentrasi agen belum berisiko dapat menimbulkan efek kesehatan.

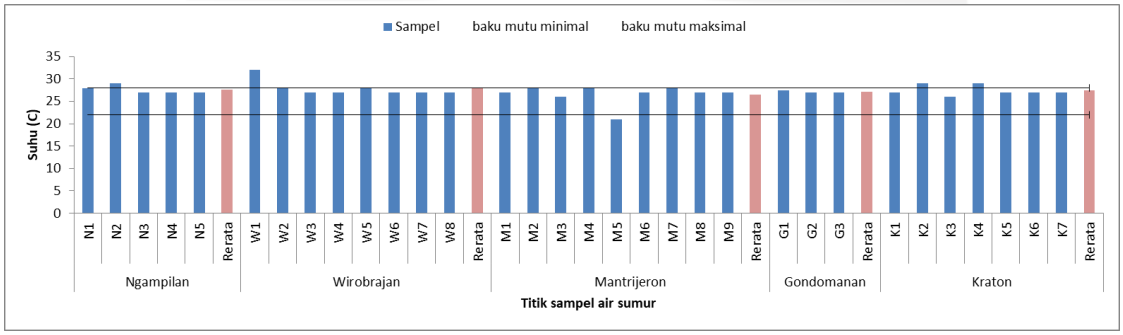
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

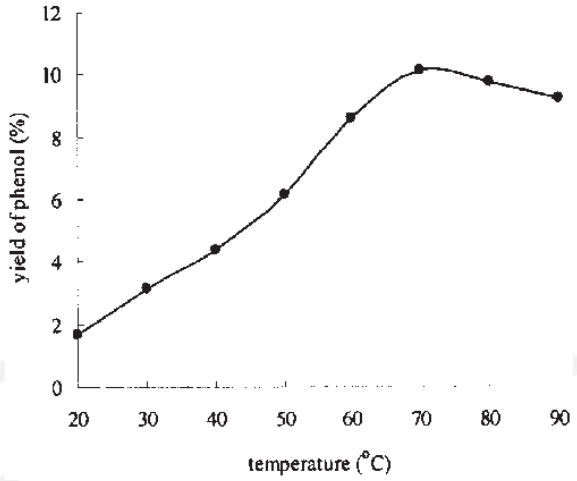
Telah dilakukan penelitian analisis risiko kesehatan lingkungan dari pajanan fenol pada air sumur di 5 Kecamatan, Kota Yogyakarta, dengan jumlah sumur yang ada yaitu 32 sampel air sumur. Penentuan titik sampel dilakukan dengan cara grid *sampling*, sementara untuk pengambilan sampel dilakukan secara *grab sampling*. Dipilihnya 5 Kecamatan tersebut, yaitu Kecamatan Ngampilan, Kecamatan Wirobrajan, Kecamatan Mantrijeron, Kecamatan Gondomanan, dan Kecamatan Kraton berdasarkan letak DAS Winongo. Adanya peningkatan jumlah penduduk di sekitar daerah aliran Sungai Winongo juga memperkuat adanya kemungkinan terjadinya pencemaran di sekitarnya (Yogafanny, 2015).

4.1 Karakteristik Air Bersih

Pada pengambilan sampel juga dilakukan pengukuran dan pencatatan kondisi air sumur warga berdasarkan parameter fisika dan kimia air bersih. Data yang didapatkan yaitu data suhu, kandungan TDS, dan juga pH air. Hasil pengukuran suhu, pH, dan TDS berurutan dapat dilihat pada **Gambar 3, 5, dan 8.**



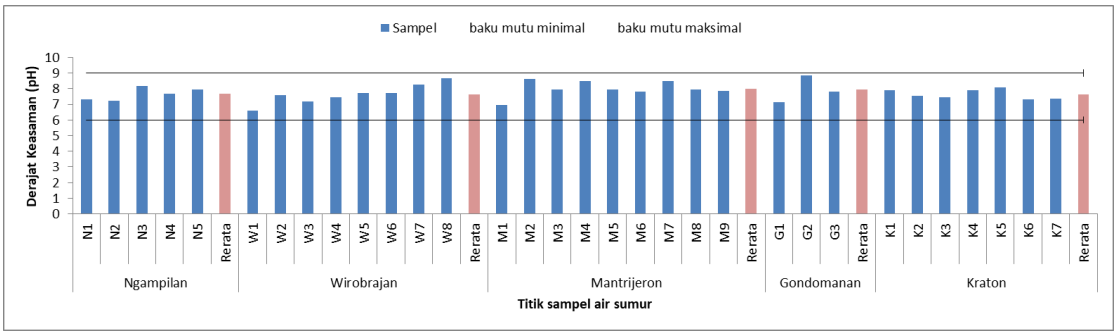
Gambar 3 Hasil Pengukuran Suhu



Gambar 4 Efek suhu terhadap fenol

Hasil dari penelitian ini didapatkan hasil yang bervariasi. Untuk parameter suhu, terdapat 1 sampel air sumur yang memiliki nilai di atas suhu normal (deviasi 3) sebesar 32° yaitu pada sampel air sumur 2. Sementara nilai suhu terendah sebesar 21° yaitu pada titik air sumur 21 dan untuk rata-rata nilai suhu yang didapatkan yaitu sebesar 27,3°. Menurut Fauziah (2012), perairan yang mengalami peningkatan suhu cenderung akan menaikkan akumulasi dan toksisitas logam berat yang disebabkan oleh laju metabolisme dari suatu mikroorganisme air.

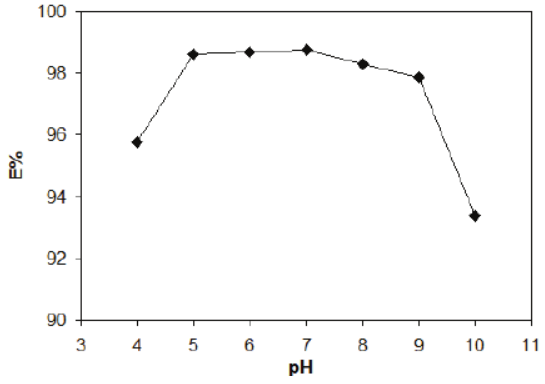
Adanya peningkatan suhu akan menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi pada bahan organik oleh mikroba (Effendi, 2003). Seperti pada **Gambar 4,** dari penelitian yang dilakukan oleh Ying Tang dan Jin Zhang (2006) dimana pada grafik telah ditunjukkan bahwa hasil fenol meningkat dengan meningkatnya suhu. Suhu pada sampel air sumur 2 yaitu sebesar 32° dimana termasuk dalam golongan suhu tinggi di atas suhu normal. Suhu tersebut mendukung adanya proses dekomposisi bahan organik.



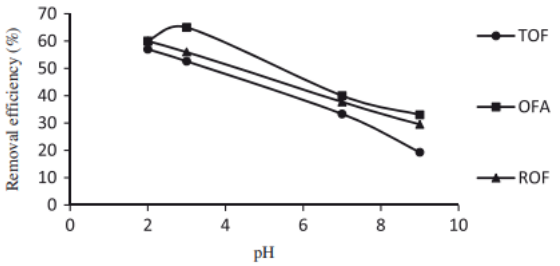
Gambar 5 Hasil Pengukuran pH

Pengukuran derajat keasaman ini digunakan untuk menyatakan tingkat nilai keasaman atau kebasaan oleh suatu larutan atau air . Air yang memiliki derajat keasaman (pH) mendekati normal atau berada pada kisaran pH 7-8, maka kelarutan dari senyawa-senyawa cenderung stabil (Palar, 1994). Selain itu, Sudadi (2003) dalam Sari & Huljana (2019) juga menyatakan bahwa, air bisa bertambah menjadi asam dengan pH yang lebih kecil dari 5 jika air tersebut tercemar oleh limbah tambah, industri, dan pengaruh lingkungan alamnya.

Pada penelitian ini, hasil pengukuran pH pada **Gambar 5** didapatkan nilai pH rata-rata sebesar 7,8 dengan nilai pH minimum 6,6 pada air sumur 2 dan pH maksimum 8,83 pada air sumur 32 . Nilai pH, suhu, DO (*Dissolved Oxygen),* jenis bahan organik, dan rasio nitogen dan karbon akan memengaruhi dekomposisi bahan organic (Atmaja, 2018). Sehingga, dapat diketahui jika nilai pH pada 32 air sumur tersebut mendukung adanya proses dekomposisi bahan organik. Berdasarkan tetapan dari Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, nilai pH yang diperoleh masih berada di dalam kisaran yaitu sebesar 6-9.

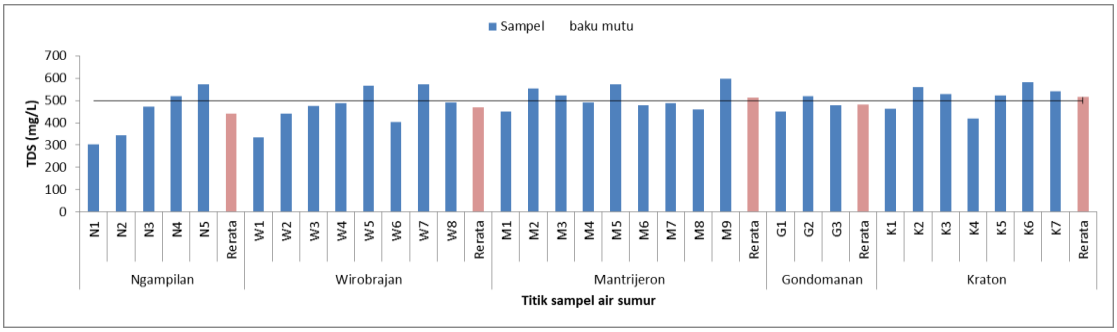


Gambar 6 Efek pH pada biodegradasi fenol (*Activated Sludge)*



Gambar 7 Efek pH pada biodegradasi fenol (TOF, OFA, ROF)

Parameter pH memiliki peran penting dalam biodegradasi senyawa fenol di dalam air. Pada penelitian yang sudah dilakukan oleh Cozma (2012), pada **Gambar 6** menunjukkan bahwa penghilangan kadar fenol oleh lumpur aktif meningkat dengan pH maksimum 7. Setelah itu, efisiensi biodegradasi mengalami penurunan pada nilai pH yang lebih tinggi dari 7. Oleh karena itu, beliau menyimpulan jika efisiensi biodegradasi fenol yang baik menunjukkan pada pH sebesaar 6-7. Selain itu, pada **Gambar 7** juga menunjukkan pengaruh pH pada degradasi senyawa fenol yang dilakukan oleh Manshouri (2012), dimana menunjukkan efek pH pada adsorpsi fenol oleh ROF (*raw ostrich feather)*, TOF (H_2O_2), dan OFA (*ashes)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kisaran pH rendah (2 dan 3), adsorpsi memiliki efisiensi yang tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena efek pH pada muatan permukaan sorben dan dapat juga berasal dari dampak ionisasi fenol pada nilai pH.



Gambar 8 Hasil Pengukuran TDS

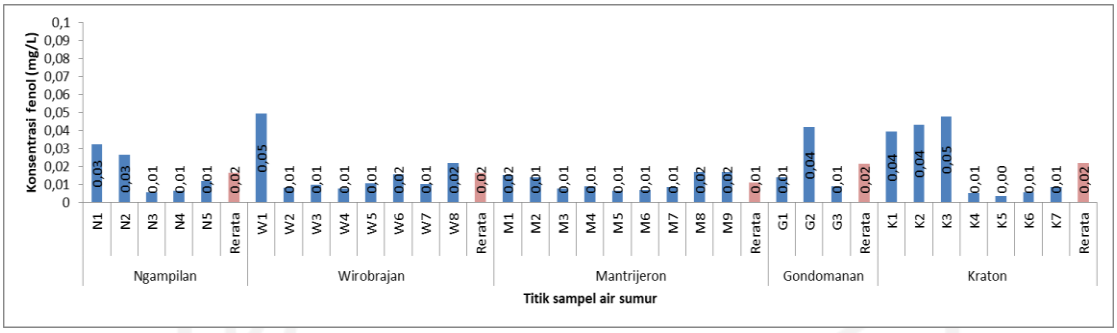
Sementara untuk parameter TDS (*Total Dissolved Solids)*, hasil pengukuran rata-rata yang didapatkan adalah sebesar 489,1 mg/L. Hasil minimum yang didapatkan yaitu sebesar 303 mg/L pada air sumur 1, sedangkan nilai maksimum yang didapatkan yaitu sebesar 597 mg/L pada air sumur 31. Berdasarkan baku mutu yang telah ditetapkan, terdapat 12 titik air sumur yang memiliki nilai di atas baku mutu, yaitu TDS sebesar 500 mg/L pada air sumur 6 dengan nilai 518 mg/L, air sumur 7 dengan nilai 555 mg/L, air sumur 9 dengan nilai 561 mg/L, air sumur 17 dengan nilai 565 mg/L, air sumur 19 dengan nilai 519 mg/L, air sumur 20 dengan nilai 521 mg/L, air sumur 21 dengan nilai 571, air sumur 25 dengan nilai 581 mg/L, air sumur 26 dengan nilai 541 mg/L, air sumur 29 dan air sumur 30 masing-masing 572 mg/L, serta air sumur 31 dengan nilai 597 mg/L. Menurut (Aisyah, 2017), nilai TDS yang tinggi pada air tanah dapat disebabkan karena adanya kandungan senyawa organic, anorganik, dan juga adanya endapan dan bahan buangan padatan lainnya yang terlarut di dalam. Selain itu, tingginya nilai TDS juga bisa dipengaruhi oleh semakin tingginya nilai pH air (Singkam, et al, 2021).

Data kondisi air sumur yang telah didapatkan dapat memberikan pengaruh terhadap kondisi air sumur warga terhadap pajanan fenol yang memengaruhi hasil analisis pajanan fenol. Kemudian, terdapat kuesioner sebagai data pendukung penelitian yang didistribusikan pada 32 keluarga di 5 kecamatan, yaitu Kecamatan Kraton, Kecamatan Wirobrajan, Kecamatan Ngampilan, Kecamatan Mantrijeron, dan Kecamatan Gondomanan.

4.2 Konsentrasi Fenol

Pada penelitian ini, metode pengukuran konsentrasi fenol menggunakan alat Spektrofotometri Uv/Vis. Berdasarkan SNI Air dan Air Limbah – Bagian 21: cara Uji Kadar fenol Secara Spektrofotmetri, kadar fenol dalam air yang diukur adalah kisaran 0,005 mg/L sampai dengan 0,1

mg/L dan menggunakan panjang gelombang 460 nm. Hasil pengukuran konsentrasi fenol pada 32 titik dapat dilihat pada **Gambar 9.**



Gambar 9 Hasil Pengukuran Fenol

Sebelumnya, pada perhitungan uji kalibrasi fenol, dilakukan perhitungan LoD (*Limit of Detection)* dengan persamaan steyx dan didapatkan hasil sebesar 0,002 mg/L. Hasil perhitungan LoD dapat dilihat pada **tabel 3**.

Tabel 3 Perhitungan LoD

residual SD of regression	
LOD	0,003767
LOQ	0,011417
SD of Y intercept	
LOD	0,002029
LOQ	0,006149
Formula * STEYX	0,010179
residual SD of regression	
LOD	0,003767
LOQ	0,011417

Berdasarkan hasil analisis konsentrasi fenol pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa konsentrasi fenol masih berada di bawah standar baku mutu menurut *World Health Organization*, yaitu sebesar 2 mg/L. Dari 32 titik air sumur tersebut, nilai konsentrasi fenol rata-rata yang telah didapatkan adalah sebesar 0,02 mg/L dengan nilai konsentrasi tertinggi

terletak pada titik Air Sumur 2 yaitu sebesar 0,0495 mg/L, sedangkan konsentrasi fenol terendah ada pada titik Air Sumur 20 yaitu sebesar 0,0036 mg/L. Air sumur 2 memiliki konsentrasi fenol yang lebih tinggi karena terdapat beberapa industri batik rumahan yang masih beroperasi di sekitar. Selain itu, karena padatnya penduduk di sekitar, banyak kegiatan lain yang bisa memengaruhi tingginya konsentrasi fenol. Pada Air Sumur 20 diperoleh konsentrasi fenol yang rendah dibandingkan dengan lokasi lainnya.

Terdapat faktor lain yang bisa menyebabkan konsentrasi fenol tinggi, yaitu suhu. Menurut Purbowasito (2011), Air memiliki kualitas yang baik jika air tersebut memiliki suhu yang sama dengan suhu normal udara. Air yang mempunyai suhu di atas atau berada di bawah suhu normal udara, maka air tersebut mengandung suatu zat tertentu. Misalnya, kandungan zat fenol yang terlarut cukup banyak atau sedang terjadinya suatu proses dekomposisi zat organik oleh mikroorganisme yang dapat menghasilkan energi. Selain itu, menurut Sutrisno (2002) dalam Andini (2017) juga menyebutkan bahwa, suhu air yang melebihi suhu udara dapat meningkatkan toksisitas dan kelarutan bahan polutan sehingga dapat menimbulkan suhu bagi kehidupan mikroorganisme dan virus tertentu.

Selain itu, menurut penelitian yang pernah dilakukan oleh Sudadi & Mulyadi (1999), tingginya kadar organik dalam sumur gali juga bisa dipengaruhi oleh kondisi sumur itu sendiri ataupun kebersihan lingkungan di sekitar sumur. Sumber yang dangkal, atau rembesan dari septictank yang juga jarang dibersihkan juga bisa menyebabkan kadar zat organik meningkat sehingga terjadi proses dekomposisi zat organik. Kondisi sumur warga pada titik 2 berupa sumur tertutup dengan kedalaman muka air yang hanya 5 meter dan jarak septictank dengan sumur hanya sebesar 10 meter.

4.3 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

4.3.1 Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification)*

4.2.1.1 Karakteristik Responden

Berdasarkan hasil analisis, didapatkan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan dari hasil kuesioner pada 105 warga dari 32 keluarga. Hasil karakteristik responden individu akan dibagi berdasarkan umur, jenis kelamin, berat badan, dan lama keluarga tersebut tinggal di rumah tersebut. Hasil distribusi ini dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4 Distribusi Karakteristik Responden Berdasarkan Usia, Berat badan, dan Lama tinggal

Karakteristik responden	n	%
Umur		
Dewasa	95	90,48%
anak-anak	10	9,52%
Total	105	100,00%
Jenis Kelamin		
Perempuan	62	59,05%
Laki-laki	43	40,95%
Total	105	100,00%
Berat badan (kg)		
0-50	31	29,52%
51-100	73	69,52%
100-150	1	0,95%
Total	105	100,00%
Lama tinggal (tahun)		
0-10	21	20,00%
11-20	16	15,24%
21-30	51	48,57%
31-40	4	3,81%
41-50	12	11,43%
51-60	1	0,95%
Total	105	100,00%

Batasan umur yang digunakan pada penelitian ini yaitu berdasarkan ketetapan *World Health Organization* dimana dewasa berumur 18-79 tahun dan anak-anak adalah 0-17 tahun. Pengkategorian usia anak-anak dan dewasa tersebut digunakan untuk proses perhitungan *intake realtime* non karsinogenik pada Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL), dengan begitu peneliti dapat mengetahui tingkat resiko kesehatan dari kategoti usia anak maupun dewasa. Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa responden dewasa (90,48%) berjumlah lebih banyak daripada anak-anak (9,52%). Usia akan memengaruhi seberapa besar pengaruh yang akan diberikan oleh zat atau agen. Pada umumnya, anak-anak begitu rentan terserang penyakit

(Herlambang, 2006). Paparan kronis pada konsentrasi tertentu akan meningkatkan kemungkinan terkena suatu penyakit berbahaya (Muslimah, 2015).

Berdasarkan data jenis kelamin responden, gender responden untuk laki-laki berjumlah 43 orang (40,95%) sementara untuk perempuan berjumlah 62 orang (59,05%).

Berdasarkan data berat badan, didapatkan berat badan para warga berupa, berat badan rata-rata dewasa sebesar 61,2 kg (64,02%), kemudian untuk berat badan rata-rata anak-anak sebanyak 34,4 kg (35,98%). Data berat badan ini akan digunakan untuk menghitung analisis risiko kesehatan lingkungan pada *intake*. Dalam penelitian studi Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan, faktor berat badan menjadi pembanding perhitungan jumlah asupan, dimana semakin besar angka berat badan maka nilai asupan yang diterima juga semakin kecil. Selain itu, menurut penelitian yang dilakukan oleh Andarini, *et al* (2017) juga mengatakan bahwa, nilai *intake* akan berbanding terbalik dengan berat badan dan waktu rata-rata.

Selanjutnya, tabel juga menunjukkan berapa lama para warga menempati rumah mereka dimana data ini merupakan data durasi pajanan. Peneliti membangi menjadi rentang 10 tahun. Dari data tabel di atas, diantara rentang 10 tahun pertama diketahui terdapat 21 warga (20,00%) yang menempati rumah mereka, kemudian terdapat 16 warga (15,24%) yang menempati rumah mereka dari rentang diantara 11 sampai 20 tahun, terdapat 51 warga (48,57%) yang menempati rumah mereka diantara rentang 21 sampai 30 tahun, dan 12 warga (11,43%) yang menempati rumah mereka diantara rentang 31 sampai 40 tahun, serta 1 warga (0,95%) yang menempati rumahnya dari diantara 51 sampai 60 tahun . Data ini akan menjadi data yang digunakan peneliti untuk menghitungan besaran *intake*. Menurut Pamungkas (2012), nilai *intake* atau asupan akan memiliki nilai

yang berbanding lurus dengan nilai konsentrasi suatu agen, laju asupan, frekuensi pajanan dan durasi pajanan. Hal itu menunjukkan semakin besar nilai asupan seseorang makan, akan semakin besar juga nilai *intake*.

Adapun karakteristik individu berdasarkan sumber dan kondisi air yang digunakan setiap warga. Hasil distribusi tersebut dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Distribusi Karakteristik Responden Berdasarkan Sumber dan kondisi air

Karakteristik responden	n	%
Sumber air minum		
PDAM	11	34,38%
Sumur	21	65,63%
Total	32	100,00%
Warna air		
Jernih	29	90,63%
Keruh	3	9,38%
Total	32	100,00%
Bau air		
YA	1	3,13%
TIDAK	31	96,88%
Total	32	100,00%

Berdasarkan tabel tersebut, dapat dilihat jika warga menggunakan berbagai sumber air, seperti PDAM dan Sumur. Sebanyak 11 orang (34,38%) menggunakan sumber PDAM, dan juga 21 orang (65,63%) menggunakan sumur sebagai sumber air mereka. Hal ini akan memengaruhi kemungkinan warga terhadap pajanan fenol. Warga yang menggunakan PDAM belum tentu tepapar pajanan fenol, dan sebaliknya.

Selain itu, dapat dilihat juga pada tabel dimana warna air bervariasi, yaitu jernih dan keruh. Sebanyak 29 warga (90,63%) memiliki sumber air yang jernih, sedangkan 3 warga (9,38%) memiliki sumber air yang keruh. Sedangkan untuk bau air, 1 orang warga (3,13%) memiliki sumber air yang berbau, dan sebanyak 31 warga (96,88%) memiliki sumber air yang tidak

berbau. Sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907 Tahun 2002 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum, karakter air yang baik merupakan air yang sudah memenuhi persyaratan kimiawi, fisika, dan mikrobiologi. Pada persyaratan fisika sendiri, syarat yang harus dipenuhi adalah tidak terbau, tidak berwarna, dan tidak berasa (Permenkes, 2002).

Parameter yang digunakan peneliti untuk bahan penelitian ini adalah zat Fenol pada air sumur warga. Menurut Pedoman Rancangan Penilaian Risiko Karsinogen (U.S. EPA, 1999), fenol tidak mempunyai potensi karsinogenik pada manusia baik melalui rute paparan oral, inhalasi, dan kulit. Fenol juga tidak dinilai memiliki potensi karsinogenik pada hewan tikus, namun bisa berpotensi karsinogenik pada rute oral dan dermal apabila dosis fenol berada lebih dari ambang batas. Karena itu, efek yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah non-karsinogenik.

4.3.2 Analisis Dosis-Respon (*Dose-Response Assessment)*

Berdasarkan draft data Pedoman Penilaian Rsisiko Karsinnogen (US EPA, 1999), data mengenai Fenol tidak memiliki penilaian kuantitatif dari potensi karsinogenik baik melalui jalur oral, inhalasi, maupun kulit. Nilai negatif ditunjukkan pada penelitian karsinogenitas oral pada tikus dan mencit, namun menunjukkan adanya leukemia pada tikus jantan serta adanya hasil positif pada mutasi gen melalui dermal dengan dosis di atas maksimum. Karena itu, dosis respon atau RfD bahan pencemar zat fenol menggunakan nilai referensi untuk oral berdasarkan US-EPA yaitu sebesar 0,3 mg/kg-hari.

4.3.3 Analisis Pajanan (*Exposure Assessment)*

Analisis Pajanan dilakukan dengan perhitungan asupan fenol dengan memasukkan nilai variabel yang dibutuhkan. Pada penelitian ini, data konsentrasi yang digunakan adalah data konsentrasi fenol yang sudah didapatkan dari hasil analisa laboratorium. *Intake* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *intake realtime*. Berikut merupakan data variabel yang dibutuhkan:

1) Kecamatan Ngampilan

- Dewasa

C = 0,017 mg/L
R = 2 L/hari
Fe = 350 hari/tahun
Dt = 25,73 tahun
Wb = 66,8 kg
Tavg = 30 tahun x 365 hari/tahun
= 10950 tahun

$$Ink = \frac{C \times R \times fE \times Dt}{Wb \times Tavg}$$

$$= \frac{0{,}017\,\frac{mg}{L} \times 2\,\frac{L}{hari} \times 350\,\frac{hari}{tahun} \times 25{,}73\ tahun}{66{,}8\ kg \times 30\ tahun \times 365\,\frac{hari}{tahun}}$$

$$Ink = 4{,}1 \times 10^{-4}\ \frac{mg}{kg}.hari$$

Perhitungan nilai *intake realtime* rata-rata paparan fenol di Kecamatan Ngampilan pada warga dewasa didapatkan sebesar $4{,}1 \times 10^{-4}$ mg/kg.hari. Hasil ini didapatkan dari konsentrasi rata-rata fenol di Kecamatan Ngampilan pada warga dewasa sebesar 0,017 mg/L, lalu untuk nilai laju asupan (R) didapatkan sebesar 2 L/hari untuk rata-rata dewasa berdasarkan buku pedoman analisis

risiko lingkungan. Selanjutnya, nilai frekuensi pajanan (fE) didapatkan sebesar 350 hari/tahun sesuai buku pedoman analisis risiko lingkungan untuk daerah pemukiman. Kemudian, durasi paparan (Dt) rata-rata yang didapatkan yaitu 25,73 tahun.

Selanjutnya, untuk perhitungan dari data berat badan warga Kecamatan Ngampilan didapatkan nilai maksimum 100 kg sedangkan untuk nilai minimumnya adalah sebesar 40 kg, sehingga didapatkan rata-rata berat badan (Wb) sebesar 66,8 kg. Kemudian, untuk nilai tavg rata-rata yaitu 30 tahun dikalikan dengan 365 hari/tahun untuk efek non-karsinogenik sesuai dengan buku pedoman analisis risiko lingkungan.

Nilai *intake* warga dewasa dari 5 kecamatan dapat dilihat pada **Tabel 6.**

Table 6 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan warga dewasa di 5 kecamatan

No	Kecamatan	C fenol (mg/L)	Laju asupan (L/hari)	frekuensi pajanan	durasi pajanan real-time (tahun)	TAGV	berat badan (kg)	intake realtime	karakterisasi resiko
1	Ngampilan	0,017	2	350	25,7	10950	66,8	4,10E-04	1,37E-03
2	Wirobrajan	0,017	2	350	31,3	10950	63,8	5,25E-04	1,75E-03
3	Mantrijeron	0,011	2	350	28,4	10950	60,5	3,42E-04	1,14E-03
4	Gondomanan	0,022	2	350	19,7	10950	55	4,98E-04	1,66E-03
5	Kraton	0,022	2	350	21,8	10950	57,5	5,33E-04	1,78E-03

- Anak-anak

  C = 0,017 mg/L

  R = 1 L/hari

  Fe = 350 hari/tahun

  Dt = 16 tahun

  Wb = 109 kg

  Tavg = 30 tahun x 365 hari/tahun

  = 10950 tahun

$$Ink = \frac{C \times R \times fE \times Dt}{Wb \times Tavg}$$

$$= \frac{0{,}017\ \frac{mg}{L} \times 1 \frac{L}{hari} \times 350 \frac{hari}{tahun} \times 16\ tahun}{109\ kg \times 30\ tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}}$$

$$Ink = 7{,}8 \times 10^{-5} \frac{mg}{kg}.hari$$

Perhitungan nilai *intake realtime* rata-rata paparan fenol di Kecamatan Ngampilan pada warga anak-anak didapatkan sebesar $7{,}8 \times 10^{-5}$ mg/kg.hari. Hasil ini didapatkan dari konsentrasi rata-rata fenol di Kecamatan Ngampilan pada warga anak-anak sebesar 0,017 mg/L, lalu untuk nilai laju asupan (R) didapatkan sebesar 1 L/hari untuk rata-rata anak-anak berdasarkan buku pedoman analisis risiko lingkungan. Selanjutnya, nilai frekuensi pajanan (fE) didapatkan sebesar 350 hari/tahun sesuai buku pedoman analisis risiko lingkungan untuk daerah pemukiman. Kemudian, durasi paparan (Dt) rata-rata yang didapatkan yaitu 16 tahun.

Selanjutnya, untuk perhitungan dari data berat badan warga Kecamatan Ngampilan didapatkan rata-rata berat badan (Wb) sebesar 106 kg. Kemudian, untuk nilai tavg rata-rata yaitu 30 tahun dikalikan dengan 365 hari/tahun untuk efek non-karsinogenik sesuai dengan buku pedoman analisis risiko lingkungan.

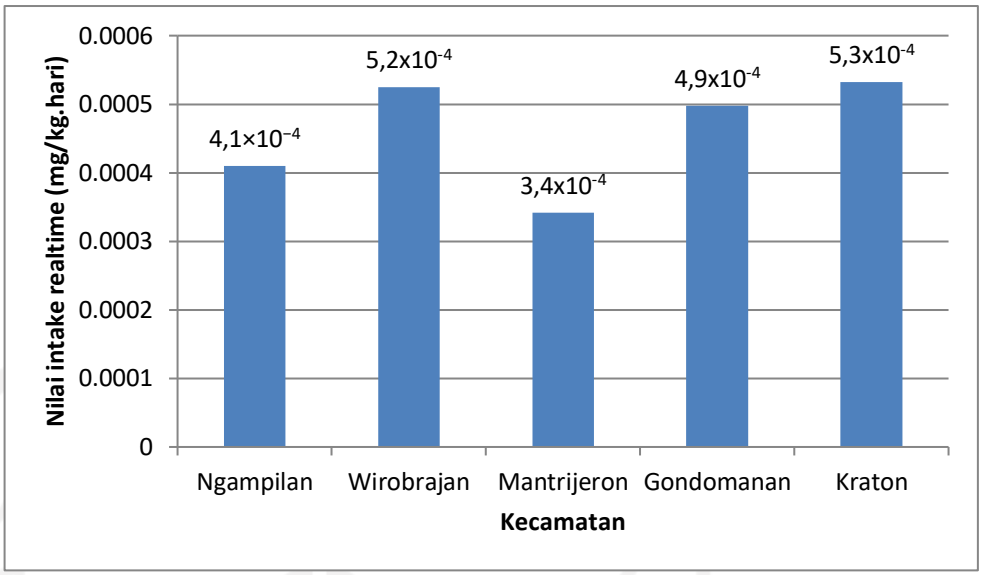
Nilai *intake* warga anak-anak dari 5 kecamatan dapat dilihat pada **Tabel 7.**

Table 7 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan warga anak-anak di 5 kecamatan

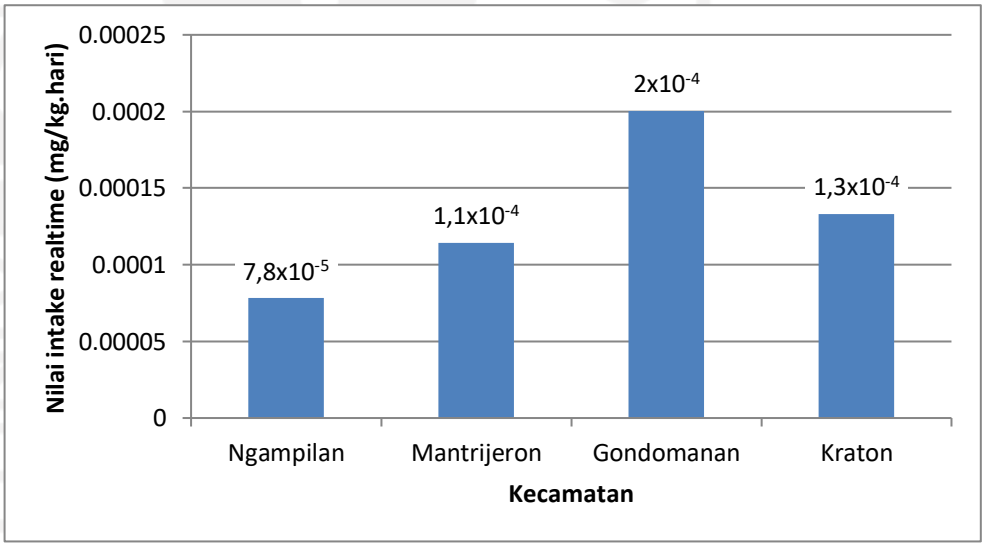
No	Kecamatan	C fenol (mg/L)	Laju asupan (L/hari)	frekuensi pajanan	durasi pajanan real-time (tahun)	TAGV	berat badan (kg)	intake realtime	karakterisasi resiko
1	Ngampilan	0,017	1	350	16	10950	109	7,81E-05	2,60E-04
2	Mantrijeron	0,011	1	350	8	10950	25,5	1,14E-04	3,81E-04
3	Gondomanan	0,022	1	350	8,5	10950	29,5	2,00E-04	6,67E-04
4	Kraton	0,022	1	350	4,7	10950	24,7	1,33E-04	4,44E-04

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan juga hasil perhitungan untuk Kecamatan Wirobrajan, Kecamatan Mantrijeron, Kecamatan Gondomanan, dan Kecamatan Kraton. Perhitungan nilai *intake realtime* rata-rata paparan fenol di Kecamatan Wirobrajan pada warga dewasa didapatkan sebesar $5{,}2 \times 10^{-4}$ mg/kg.hari. Perhitungan nilai *intake realtime* rata-rata paparan fenol di Kecamatan Mantrijeron pada warga dewasa didapatkan sebesar $3{,}4 \times 10^{-4}$ mg/kg.hari, sementara untuk anak-anak adalah sebesar $1{,}1 \times 10^{-4}$ mg/kg.hari. Perhitungan nilai *intake realtime* rata-rata paparan fenol di Kecamatan Gondomanan pada warga dewasa didapatkan sebesar $4{,}9 \times 10^{-4}$ mg/kg.hari, sementara untuk anak-anak sebesar 2×10^{-4} mg/kg.hari. Lalu, perhitungan nilai *intake realtime* rata-rata paparan fenol di Kecamatan Kraton pada warga dewasa didapatkan sebesar $5{,}3 \times 10^{-4}$ mg/kg.hari, sementara untuk anak-anak adalah $1{,}3 \times 10^{-4}$ mg/kg.hari.

Perhitungan nilai *intake* pada 5 kecamatan untuk dewasa dan anak-anak berurutan dapat dilihat pada **Gambar 10 dan 11**.



Gambar 10 Nilai *intake* rata-rata dewasa



Gambar 11 Nilai *intake* rata-rata anak-anak

Kemudian, hasil *intake realtime* rata-rata yang sudah didapatkan dari 5 kecamatan tersebut adalah, untuk warga dewasa sebesar $4{,}1 \times 10^{-4}$ mg/kg.hari, sedangkan untuk warga dewasa sebesar $7{,}8 \times 10^{-5}$ mg/kg.hari. Nilai *intake* rata-rata total yang didapatkan adalah sebesar $4{,}6 \times 10^{-4}$ mg/kg.hari.

4.3.4 Karakterisasi Risiko

Karakterisasi risiko dilakukan dengan cara membandingkan hasil analisis pajanan (*intake)* dengan nilai dosis acuan (RfD) sebesar 0,3 berdasarkan US-EPA, sehingga akan didapatkan hasil akhir berupa *Risk Quotient* (RQ). Berikut adalah hasil RQ yng didapatkan setelah menghitung analisis pajanan fenol dari setiap kecamatan:

$$RQ = \frac{I}{RfD}$$

Nilai *intake* didapatkan dari hasil perhitungan analisis pajanan fenol rata-rata yaitu sebesar $4{,}6 \times 10^{-4}$ mg/kg.hari. Hasil perhitungan RQ pada 5 kecamatan dapat dilihat pada **Tabel 8.**

Tabel 8 Hasil RQ Rata-rata

RQ	Kecamatan	Dewasa		Anak-anak		Total
		Jumlah	Persentase	Jumlah	Persentase	
RQ > 1	Ngampilan	0	0,00%	0	0,00%	0
	Wirobrajan	0	0,00%	0	0,00%	
	Mantrijeron	0	0,00%	0	0,00%	
	Gondomanan	0	0,00%	0	0,00%	
	Kraton	0	0,00%	0	0,00%	
RQ < 1	Ngampilan	15	15,79%	1	10,00%	16
	Wirobrajan	22	23,16%	0	0,00%	22
	Mantrijeron	29	30,53%	4	40,00%	33
	Gondomanan	7	7,37%	2	20,00%	9
	Kraton	22	23,16%	3	30,00%	25
Total		95	100,00%	10	100,00%	105
RQ RATA-RATA TOTAL		0,001364416				BELUM BERISIKO

Berdasarkan tabel di atas, didapatkan nilai RQ sebesar 0,0014. Hal ini menunjukkan bahwa belum terjadi risiko kesehatan non-karsinogenik pada pajanan fenol jalur oral (RQ 0,0014 < 1). Meskipun begitu, seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, pajanan fenol tetap akan memengaruhi kesehatan

manusia seiring dengan perubahan pada berat badan responden maupun laju asupan responden.

BAB V
SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang berjudul, "Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pajanan Fenol Pada Air Tanah Kawasan Industri Daerah Aliran Sungai Winongo Yogyakarta" kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Hasil pengukuran konsentrai Fenol di 5 kecamatan Yogyakarta; Kecamatan Ngampilan, Kecamatan Wirobrajan, Kecamatan Mantrijeron, Kecamatan Gondomanan, dan Kecamatan Kraton menunjukkan jika konsentrasi rata-rata sebesar 0,02 mg/L yang berarti masih berada di bawah baku mutu yang telah ditetapkan oleh *World Health Organization* yaitu 2 mg/L.
2. Hasil analisis risiko kesehatan lingkungan dimana nilai RQ Fenol untuk paparan *realtime* menunjukkan risiko aman bagi kesehatan para warga (RQ < 1)

5.2 Saran

Saran yang bisa penulis berikan adalah :

1. Bagi peneliti selanjutnya

   Mengembangkan penelitian menyeluruh berdasarkan hasil penelitian yang berhubungan dengan Fenol dan hubungan zat tersebut terhadap air tanah bagi kesehatan manusia.

2. Bagi para warga

   Para warga disarankan untuk terus melakukan cek kesahatan dan lingkungan sekitar, khususnya para warga yang menempati rumah di daerah aliran sungai Winongo yang berdekatan dengan industry pabrik untuk melakukan pencegahan gangguan kesehatan terhadap paparan Fenol di air sumur.

DAFTAR PUSTAKA

Aisyah, A. N. (2017). Analisis dan Identifikasi Status Mutu Air Tanah di Kota Singkawang Studi Kasus Kecamatan Singkawang Utara. *Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1-10.

Andarini, D. (2017, Juli). Analisis Risiko Pajanan Gas Amonia Pada Pekerja Peternakan Ayam di Desa Lembak Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 74-82.

Andini, N. F. (2017, Maret). Uji Kualitas Fisik Air Bersih Pada Sarana Air Bersih Program Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Mayarakat (PAMISMAS) Nagari Cupak Kabupaten Solok.

Arsyad, S. (2000). Konservasi Tanah dan Air.

Aryani, Y., Sunarto, & Widiyani, T. (2004). Toksisitas Akut Limbah Cair Pabrik Batik CV. Giyant Santoso Surakarta dan Efek Sublethalnya Terhadap Struktur Mikroanatomi Branchia dan Hepar Ikan Nila (Oreochronis Niloticus t.). *Biosmart*, 147-153.

Atikah, A. (2018). Penurunan Kadar Fenol Dalam Limbah Cair Industri Tenun Songket Dengan Proses Elektroagulasi. *Jurnal Redoks*, 6.

Atmaja, D. (2018, Desember). Anlisis Kualitas Air Sumur di Desa Candikuning Kecamatan Baturiti. *19*, 147-152.

Barchia, M. (2006). Agroekosistem dan Transformasi Karbon.

Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air.

Fatonah, Y. I. (2010). Analisis Risiko Kesehatan Pajanan Benzena Pada Pekerja Bengkel Sepatu 'X' di Kawasan Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur. *Tesis*.

Haerudin, Widya, S. Y., & Frida, P. (2014). Sebaran Spasial Dan temporal Fenol, Kromium, dan Minyak di Sekitar Sentra Industri Batik Kabupaten Pekalongan. *3*, 186-192.

Herlambang, A. (2006). Pencemaran Air dan Strategi Penanggulangannya. *2*.

Kadir, T., & Suheyla, U. (2008). Removal of Phenol From Water Using Ozone. 257-263.

Khusnuryani, A. (2015, April). Karakterisasi Bakteri Pendegredasi Fenol dan Pembentuk Biofilm dari Sumber Alami dan Artifisial. 40-50.

Kiswandono, A. (2016, Oktober). Metode Membran Cair Untuk Pemisahan Fenol. *1*.

Kusuma, E. M. (2005). Kajian Perubahan Kualitas Air Sungai Code Setelah Melewati Kawasan Perkotaan tahun 2005. *Skripsi*.

Maslahat, M. (2015, Juli). Studi Transpor Senyawa Fenol Menggunakan Membran Cair Polieugenol Dengan Pelarut Diklorometana. *Sains Natural, 1*, 146.

Mohammad, M. (2012). A Feasible Study on The Application of Raw Ostrich Feather, Feather Treated with H2O2 and Feather Ash For removal of Phenol from Aqueos Solution.

Mortaheb, H. (2008). Study on A New Surfactant for Removal of Phenol from Wastewater by Emulsion Liquid Membrane.

Muslimah. (2015). Dampak Pencemaran Tanah dan Langkah Pencegahan. *Penelitian, 2*, 16.

Palar, H. (1994). Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat.

Pamungkas, R. (2012). Kadar NO2 di Udara Ambien Hubungannya dengan Keluhan Pernafasan Penduduk Berdasarkan Kajian ARKL dan Sebaran Tanaman (Studi di Jalan Raya Greges Kelurahan Greges Kecamatan Asemrowo Kota Surabaya).

Perdana, G. (2007). Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri.

Permana, D., & Widyastuti, M. (2013). Studi Perubahan Kualitas Air Sungai Winongo Tahun 2003 dan 2012. 54.

Petronela, C. (2012, November). Aerobic Biodegradation of Phenol by Activated Sludge in A Batch Reactor. *11*.

Rahman, A. (2007). Public Health Assessment: Model Kajian Prediktif Dampak Lingkungan dan Aplikasinya untuk Manajemen Risiko Kesehatan. *Kajian Kesehatan Lingkungan dan Industri Universitas Indonesia*.

Sahajanand, K. (2020). Flow and Transport of Phenol in Groundwater Using PGQT Equation. *Civil Engineering*, 1.

Saptomo, S. (2019, April). Analisis Kualitas Air pada Jalur Distribusi Air Bersih di Gedung Baru Fakultas Ekonomi dan Manajemen Institut Pertanian Bogor. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*.

Sari, D. S. (2014). Daya Tampung Beban Pencemaran dan Upaya Pengelolaan Sungai Winongo di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Tesis Pascasarjana Ilmu Lingkungan*.

Sari, M., & Huljana, M. (2019). Analisis Bau, Warna, TDS, pH, dan Salinitas Air Sumur Gali di Tempat Pembuangan Akhir. *Ilmu Kimia dan Terapan, 3*.

Singkam, A. R. (2021, Desember). Perbandingan Kualitas Air Sumur Galian dan Bor Berdasarkan Parameter Kimia dan Parameter Fisika. *Pendidikan Biologi dan Sains, 4*.

Sridevi, V., Lakshmi, M., Manasa, M., & Sravani, M. (2012). Metabolic Pathways For The Biodegradation Of Phenol. *International Journal of Engineering Science & Advanced technology*, 695-705.

Supenah, P., Widiastuti, E., & Priyono, R. E. (2015). Kajian Kualitas Air Sungai Condong yang terkena Buangan Limbah Cair Industri Batik Trusmi Cirebon. *biosfera*, 110.

Sutrisno, C. T. (2002). Teknologi Penyediaan Air Bersih.

Tang Ying, Z. J. (2006). Direct oxidation of Benzene to Phenol Catalyzed by A Vanadium-Substituted Heteropolymolybdic Acid Catalyst. 111-120.

Tsai, S., Tsai, L., & Li, Y. (2005). An Isolated Candida albicans TL3 Capable of Degrading Phenol at Large Concentration. *Biosci, biotechnol, biochem*, 2358-2367.

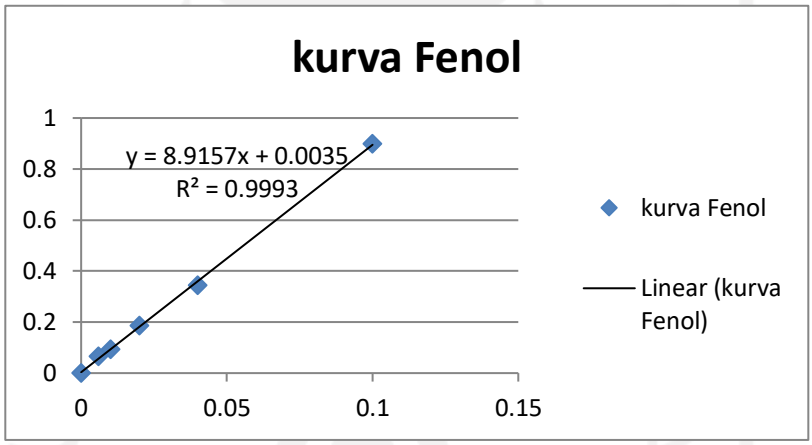
Yogafanny. (2015, Januari). Pengaruh Aktifitas Warga di Sempadan Sungai terhadap Kualitas Air Sungai Winongo. *Sains dan Teknologi Lingkungan, 7*, 41-50.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Kurva Kalibrasi dan Perhitungan Konsentrasi Fenol

Tabel 6.1 Kurva Kalibrasi

No	Volume (mL)	C (mg/L)	A	Absorbansi terkoreksi
1	0	0	0,05	0
2	1,5	0,006	0,117	0,067
3	2,5	0,01	0,143	0,093
4	5	0,02	0,236	0,186
5	10	0,04	0,394	0,344
6	25	0,1	0,95	0,9



Gambar 6.1 Kurva kalibrasi fenol

Tabel 6.2 Perhitungan konsentrasi fenol

Y	BX+A
Y	8,9157x+ 0,0035
B	8,9157
A	0,0035

X	C sampel
X	(Y-A)/B

No	Sampel	Absorbansi (A)	C (mg/L)
1	AS 1	0,294	0,032582972
2	AS 2	0,445	0,049519387
3	AS 3	0,239	0,026414079
4	AS 4	0,14	0,015310071
5	AS 5	0,129	0,014076292
6	AS 6	0,379	0,042116715
7	AS 7	0,131	0,014300616
8	AS 8	0,355	0,039424835
9	AS 9	0,389	0,043238332
10	AS 10	0,076	0,008131723
11	AS 11	0,429	0,0477248
12	AS 12	0,052	0,005439842
13	AS 13	0,074	0,007907399
14	AS 14	0,084	0,009029016
15	AS 15	0,092	0,00992631
16	AS 16	0,073	0,007795238
17	AS 17	0,098	0,01059928
18	AS 18	0,057	0,006000651
19	AS 19	0,061	0,006449297
20	AS 20	0,036	0,003645255
21	AS 21	0,061	0,006449297
22	AS 22	0,084	0,009029016
23	AS 23	0,067	0,007122267
24	AS 24	0,144	0,015758718
25	AS 25	0,057	0,006000651
26	AS 26	0,081	0,008692531
27	AS 27	0,08	0,008580369
28	AS 28	0,155	0,016992496
29	AS 29	0,096	0,010374957
30	AS 30	0,109	0,011833059
31	AS 31	0,154	0,016880335
32	AS 32	0,199	0,021927611

Lampiran 2 Alat dan Bahan Uji Fenol

3.3 Peralatan

a) spektrofotometer uv/vis;
b) destilator yang dilengkapi dengan labu didih 1000 mL;
c) penangas air yang dilengkapi dengan pengatur suhu;
d) buret 50 mL;
e) corong pemisah 500 mL;
f) labu ukur 100 mL dan 1000 mL;
g) gelas ukur 100 mL;
h) pipet ukur 5 mL dan 10 mL;
i) pipet volumetrik 1 mL; 2 mL; 5 mL dan 10 mL;
j) gelas piala 500 mL dan 1000 mL; dan
k) erlenmeyer 500 mL.

3.2 Bahan

a) natrium sulfat anhidrat, Na_2SO_4;
b) air suling yang mempunyai daya hantar listrik (DHL) 0,5 µmhos/cm sampai dengan 2 µmhos/cm;
c) kristal kalium lodida, KI;
d) asam klorida, HCl pekat 12 N;
e) natrium klorida, NaCl;
f) kristal fenol, C_6H_5OH murni 99,99%;
g) kloroform, $CHCl_3$;
h) kalium dikromat, $K_2Cr_2O_7$ 0,025 N;
i) serbuk di-kalium hidrogen fosfat, K_2HPO_4;
j) serbuk kalium dihidrogen fosfat, KH_2PO_4;
k) larutan kalium ferisianida, $K_4Fe(CN)_6$;
l) larutan bromat-bromida 0,1 N:
   timbang 2,784 g $KBrO_3$ anhidrat, tambahkan 10 g kristal kalium bromida, KBr kemudian larutkan dengan air suling sampai 100 mL;
m) indikator metil jingga 5%:
   larutkan 5 g kristal metil jingga dengan air suling sampai 100 mL;
n) asam fosfat, H_3PO_4 1: 9:
   pipet 10 mL H_3PO_4 85%, kemudian tambahkan 90 mL air suling dalam labu ukur 100 mL;
0) natrium thiosulfat, $Na_2S_2O_3$ 0,025 N:
   larutkan 6,205 g $Na_2S_2O_7$ dan 0,25 g NaOH dengan air suling sampai volume 1000 mL dalam labu ukur;
p) larutan indikator kanji 0,05%:
   larutkan 50 mg kristal kanji dalam 100 mL air suling;

q) larutan natrium hidroksida, NaOH 2,5 N:
larutkan 10 g NaOH kristal dalam 100 mL air suling;

r) larutan ammonium hidroksida, NH4OH 0,5 N:
encerkan 35 mL NH4OH pekat dengan air suling sampai 1000 mL;

s) larutan asam sulfat, H2SO4 1 N:
encerkan 2,777 mL asam sulfat pekat dengan air suling sampai 100 mL;

t) larutan asam sulfat, H2SO4 4 N:
encerkan 11,111 mL asam sulfat pekat dengan air suling sampai 100 mL;

u) larutan penyangga fosfat:
larutkan 104,5 g K2HPO4 dan 72,3 g KH2PO4 dalam 1000 mL air suling, pH harus 6,8;

v) larutan 4 - aminoantipirin:
larutkan 2,0 g kristal 4 aminoantipirin dalam 100 mL air suling, siapkan setiap akan melakukan analisis;

w) larutan kalium ferisianida, K4Fe(CN) 6:
larutkan 8,0 g kristal kalium ferisianida dalam 100 mL air suling, larutan ini mempunyai waktu simpan selama 1 minggu.

Lampiran 3 Daftar questioner

No.	Kegiatan	Hasil Pengamatan
1.	Koordinat lokasi sumur (*google maps)*	
2.	- Foto sumur (dari atas dan samping) . Hasil foto menunjukkan dengan jelas kondisi sumur - Foto saluran air buangan yang terlihat / yang ada di dekat sumur , jika ada - Foto kondisi sekitar sumur	
3.	Kondisi Sumur	• Jenis sumur [ ] Gali [ ] Bor [ ] Campuran • Konstruksi sumur [ ] Terbuka [ ] Tertutup • Kedalaman sumur : m • Kedalaman muka air : m
4.	Pengambilan sampel air sumur dan pemeriksanaan (Gunakan gelas bening)	[ ] Jernih [ ] Berwarna [ ]Lainnya :
5.	Cium baunya air dari sumur tersebut	[ ] Bau [ ] Tidak Berbau [ ] Lainnya :
6.	Pola konsumsi air sumur	[ ] Makan [ ] Minum [ ] Cuci pakaian [ ] Mandi [ ] dll:
7.	Air yang digunakan untuk minum dan mandi	[ ] Minum : [ ] Mandi :
8.	Lama penggunaan	
9.	Sumber air bersih	[ ] Sumur [ ] Sungai [ ] PDAM [ ] Sungai [ ] Lainnya :

10.	Proses sebelum konsumsi air	[ ] Dimasak lebih dahulu [ ] Langsung dikonsumsi [ ] Penyaringan [ ] Penampungan [ ] Lainnya :
11.	Kondisi sumur gali	a. Warna air di saluran ? [ ] Cenderung bening/bersih [ ] Kecoklatan [ ] Cenderung putih / abu-abu [ ] Kehitaman [ ] Kehijauan [ ] Tidak ada air [ ] Lainnya b. Ada tumpukan sampah di saluran ? [ ] Ya [ ] Tidak [ ] Tidak bisa diamati / tertutup

D. IDENTITAS RESPONDEN		
	Nama (Kepala Keluarga)	
	Alamat	
	Umur	
	Berat Badan	
	Tinggi Badan	
	Pekerjaan	
	Jumlah Keluarga (Penghuni Rumah)	
	Nama istri/suami*	
	Umur	
0	Berat Badan	
1	Tinggi Badan	
2	Nama anak laki-laki	1. …… 2. …… 3. ……
	Umur	4. ……..

3		5. …….. 6. ……..
4	Berat Badan	4. …… 5. …… 6. ……
5	Tinggi Badan	1. …… 2. …… 3. ……
6	Nama anak perempuan	4. …… 5. …… 6. ……
7	Umur	4. …… 5. …… 6. ……
8	Berat badan	4. …… 5. …… 6. ……
9	Tinggi badan	1. …… 2. …… 3. ……
E. POLA AKTIVITAS DAN KONSUMSI		
0	Sejak kapan (tahun) Anda tinggal di daerah ini?	
1	Sumber air bersih yang digunakan	[ ] Air sumur gali [ ] Air sumur bor [ ] Air sumur pompa [ ] Air sungai [ ] PDAM [ ] Air hujan
2	Sudah berapa lama mengonsumsi sumber air yang digunakan?	

3	Berapa lama (jam/hari) Anda beraktivitas menggunakan sumber air?	
4	Berapa lama umur sumber air (sumur) yang digunakan?	
5	Apakah semua anggota keluarga menggunakan air yang sama?	[ ] Ya [ ] Tidak
6	Apakah sebelum menggunakan air Anda memiliki Riwayat penyakit kronis?	[ ] Ya [ ] Tidak
7	Apakah setiap hari Anda menggunakan sumber air (sumur) untuk aktivitas sehari-hari?	[ ] Ya [ ] Tidak [ ] Kadang-kadang
8	Untuk kegiatan apa saja sumber air sumur digunakan?	[ ] Minum [ ] Masak [ ] Mencuci [ ] Mandi
9	Bagaimana kualitas air yang digunakan?	[ ] Berlumut [ ] Berwarna [ ] Bau [ ] Berasa [ ] Lainnya
0	Bagaimanakah kuantitas air yang digunakan?	[ ] Melimpah [ ] Kering [ ] Tidak stabil [ ] Lainnya
1	Proses apa sajakah yang dilakukan sebelum mengonsumsi air?	[ ] Dimasak lebih dahulu [ ] Langsung dikonsumsi [ ] Adanya proses

		kegiatan penyaringan [ ] Ditampung [ ] Proses lainnya…
2	Berapa jumlah konsumsi air yang digunakan?	Kebutuhan masak : l/hari Kebutuhan minum : l/hari Kebutuhan mandi : l/hari Kebutuhan pencucian : l/hari Kebutuhan lainnya : l/hari
F. KONDISI LINGKUNGAN DAN HIGIENE PRIBADI		
3	Suhu	[ ] Sejuk/dingin [ ] Panas [ ] Biasa saja [ ] Tidak stabil
4	Cuaca	[ ] Selalu hujan [ ] Selalu kemarau [ ] Tidak stabil
5	Keadaan tanah	[ ] Selalu basah [ ] Lembab [ ] Kering [ ] Tidak Stabil
6	Kebiasaan mencuci tangan	[ ] Ya, pakai sabun [ ] Ya, tidak pakai sabun [ ] Tidak [ ] Kadang-kadang
7	Kebiasaan mandi pagi/sore	[ ] Setiap hari [ ] Kadang-kadang
	Kebiasaan bersuci untuk	[ ] Setiap waktu sholay

8	ibadah (sholat)	[ ] Kadang-kadang [ ] Tidak pernah
G. GANGGUAN KESEHATAN		
9	Apakah Anda mengetahui bahaya dari paparan kandungan fenol pada air tanah bagi kesehatan Anda?	[ ] Ya [ ] Tidak
0	Apakah selama Anda tinggal atau bermukim mengalami gangguan kesehatan?	[ ] Ya, sebutkan…. [ ] Tidak
1	Dalam dua minggu terakhir, apakah Anda merasakan penyakit atau gangguan kesehatan berikut:	[ ] Sakit kepala/pusing [ ] Sempoyongan/mata berkunang-kunang ketika bangun dari duduk [ ] Sesak nafas/dada [ ] Batuk-batuk [ ] Kurang nafsu makan [ ] Mata perih/berair/rasa terbakar [ ] Mual/gangguan lambung [ ] Kulit gatal-gatal/rasa terbakar
2	Apakah penyakit atau gangguan kesehatan tersebut dirasakan juga sebelum anda menggunakan sumber air?	[ ] Ya, semuanya [ ] Ya, sebagian [ ] Tidak sama sekali
3	Dalam setahun terakhir, apakah Anda merasakan penyakit atau gangguan kesehatan berikut:	[ ] Sakit kepala/pusing [ ] Sempoyongan/mata berkunang-kunang ketika bangun dari duduk [ ] Sesak nafas/dada [ ] Batuk-batuk

		[ ] Kurang nafsu makan [ ] Mata perih/berair/rasa terbakar [ ] Mual/gangguan lambung [ ] Kulit gatal-gatal/rasa terbakar [ ] Tidak ada gangguan/penyakit di atas
4	Dalam setahun terakhir, apakah pihak perempuan didalam keluarga mengalami gangguan reproduksi berikut selama mengkonsumsi sumber air:	[ ] Gangguan siklus haid [ ] Sulit hamil/sulit memiliki anak [ ] Keguguran [ ] Lainnya…
5	Dalam setahun terakhir, selain gangguan kesehatan tersebut, apakah Anda pernah didiagnosa oleh dokter/bidan/perawat/mantri/petugas kesehatan lainnya, menderita penyakit tertentu?	[ ] Ya, penyakit… [ ] Tidak
6	Dalam setahun terakhir, apakah air sumur anda pernah di check oleh mahasiswa atau badan penelitian lingkungan hidup?	[ ] Ya [ ] Tidak

RIWAYAT HIDUP

Avior Fortuna Widodo, biasa dipanggil Avior atau Avi. Lahir di Magelang, 9 Februari 2000. Penulis adalah anak pertama dari Bapak Rakhmad Widodo dan Ibu (Almh) Rena Septowati. Sebelum menjadi mahasiswi Teknik Lingkungan di Universitas Islam Indonesia, penulis menjenjang pendidikan sekolah dasar di SD Muhammadiyah 1 Alternatif (MUTUAL) Kota Magelang, kemudian SMPN 2 Magelang, dan SMAN 2 Magelang.