SKRIPSI

ANALISIS KADAR FENOL AKIBAT PAPARAN BENZENA PADA PEKERJA BENGKEL PENGECATAN MOBIL

Diajukan sebagai syarat dalam meraih Sarjana Terapan Kesehatan (S.Tr.Kes) pada Program Studi Diploma Empat (D-IV) Teknologi Laboratorium Medis Fakultas Teknologi Kesehatan Universitas Megarezky Makassar

DEVILIA TRIFOSA YOSEP PADATU

B1D121176

PROGRAM STUDI D-IV TEKNOLOGI LABORATORIM MEDIS

FAKULTAS TEKNOLOGI KESEHATAN

UNIVERSITAS MEGAREZKY

MAKASSAR

2025

HALAMAN JUDUL

SKRIPSI

ANALISIS KADAR FENOL AKIBAT PAPARAN BENZENA PADA PEKERJA BENGKEL PENGECATAN MOBIL

ANALYSIS OF PHENOL LEVELS DUE TO BENZENE EXPOSURE IN CAR PAINTING WORKERS

DEVILIA TRIFOSA YOSEP PADATU
B1D121176

Dibimbing oleh
Dr. Santi, S.Si.,M.Si
Pembimbing 1

Sulfiani, S.Si.,M.Pd
Pembimbing 2

Penguji
Nur Insani Amir, S.Si.,M.Si

PROGRAM STUDI DIV TEKNOLOGI LABORATOTIUM MEDIS
FAKULTAS TEKNOLOGI KESEHATAN
UNIVERSITAS MEGAREZKY
MAKASSAR
2025

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS KADAR FENOL AKIBAT PAPARAN BENZENA PADA PEKERJA BENGKEL PENGECATAN MOBIL

Disusun dan diajukan oleh

DEVILIA TRIFOSA YOSEP PADATU

Nomor Induk Mahasiswa B1D121176

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi

Pada Tanggal 26 Juni 2025

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Nur Insani Amir, S.Si.,M.Si	( )
2. Dr. Santi, S.Si.,M.Si	( )
3. Sulfiani, S.Si.,M.Pd	( )

Mengetahui,

Dekan	Ketua Program Studi
Fakultas Teknologi Kesehatan	DIV Teknologi Laboratorium Medis
Prof. Dr. Dra. apt. Hj. Asnah Marzuki, M.Si	Dr. Nirmawati Angria, S.Si., M.Kes
NUPTK : 1350727628230010	NUPTK : 6950765666230332

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT (LPPM)
UNIVERSITAS MEGAREZKY
SK. Menristekdikti RI. No.1194/KPT/I/2018 Terakreditasi BAN PT
Kampus II : Jalan Antang Raya No. 43 Telp. 0411 - 492 401 - 496401 Fax. 496614 Website : http://universitasmegarezky.ac.id-E-mail: info@universitasmegarezky.ac.id

KETERANGAN LOLOS UJI TURNITIN
No. 569 /T/07.091056/ VI /2025

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Syamsyuriyana Sabar, S.Kep., Ns., M.Kep

NIDN : 0915118602

Jabatan : Ketua LPPM

Menyatakan bahwa :

Nama : Devilia Trifosa Yosef Padatu

NIM : B1D121176

Prodi : D-IV Teknologi Laboratorium Medis

Judul Skripsi/KTI : Analisis Kadar Fenol Akibat Paparan Benzena Pada Pekerja Bengkel Pengecatan Mobil

Telah melalui uji *similarity* dengan software *Turnitin* dan dinyatakan lolos dengan **persentase 28%** sesuai bukti terlampir.

Demikian Surat Keterangan ini di buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 20 Juni 2025
Ketua,

Ns. Syamsyuriyana Sabar, M.Kep
NIDN: 09 151186 02

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji Tuhan, skripsi ini dapat penulis persembahkan kepada kedua orang tua saya bapa/nene ose dan ibu/nene dada sapaan orang-orang terdekat kami, orang tua yang begitu hebat bagi penulis yang senatiasa juga selalu mendoakan, menyayangi, mendukung, mengingatkan, mendidik serta menjadi panutan terbaik bagi penulis.

Kedua saudara saya yang senantiasa selalu mendidik dan mendukung saya agar menyelesaikan tanggung jawab yang sudah dipercayakan termasuk *study*. Keluarga besar, teman-teman gereja, teman-teman seperjuangan saya yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang selalu mendukung dan mendoakan saya.

MOTTO

Jika ya, hendaklah kamu katakan: ya, jika tidak, hendaklah kamu katakan: tidak.

Apa yang lebih dari pada itu berasal dari si jahat.

Matius 5:37

CURRICULUM VITAE



A. Biodata Pribadi

1. Nama : Devilia Trifosa Yosep Padatu
2. Nim : B1D121176
3. Jenis Kelamin : Perempuan
4. Tempat Tanggal Lahir : Makassar, 11 Juli 2003
5. Agama : Kristen
6. Jurusan : DIV Teknologi Laboratorium Medis
7. Fakultas : Teknologi Kesehatan
8. Alamat : Citra Tello
9. No. Telp 081248802646
10. Email : trisa.pdtu1107@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. SD : SD Inpres Mulele Wamena
2. SMP : SMP Negeri 1 Wamena
3. SMK : SMA Negeri 2 Toraja Utara
4. Perguruan Tinggi : Universitas Megarezky

C. Pesan

Lakukan dan selesaikan apa yang sudah dimulai selagi bisa "*Ora et Labora*".

D. Kesan

Bersyukur dapat bertemu dengan berbagai pribadi dengan latar belakang daerah berbeda, serta karakter orang-orang baik selama perkuliahan yang dapat saya jadikan pelajaran dan tentunya dengan pengalaman yang berdampak dalam hidup saya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul: "Analisis Kadar Fenol Akibat Paparan Benzena Pada Pekerja Bengkel Pengecatan Mobil".

Penyusunan Skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Sarjana Terapan D-IV Teknologi Laboratorium Medis pada Fakultas Teknologi Kesehatan, Universitas Megarezky Makassar. Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak, karya tulis ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik.

Dengan penuh rasa hormat dan cinta, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua tercinta Bapak Yosef Ruben dan Ibu Magdalena tanduklayuk, yang senantiasa mendoakan, mendampingi, serta memberikan semangat, kasih sayang, dan dukungan moril maupun materil tanpa henti. Tanpa keikhlasan dan doa dari Bapak dan Ibu, penyusunan Skripsi ini tidak akan pernah terwujud.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya juga penulis sampaikan kepada:

1. **Bapak Dr. H. Alimuddin, SH., MH., M.Kn** sebagai Pembina Yayasan Pendidikan Islam Mega Rezky Makassar, atas arahan dan pembinaan yang senantiasa menjadi fondasi dalam pengembangan institusi dan mahasiswa.

2. **Ibu Alm. Hj. Suryani, SH., MH** sebagai Pendiri Yayasan Pendidikan Islam Mega Rezky Makassar, atas dedikasi dan kontribusi luar biasa dalam mendirikan lembaga pendidikan yang menjadi wadah pengembangan ilmu dan karakter.
3. **Bapak Moch. Noer Alim Qolby, S.H., LLM** Sebagai Ketua Yayasan Pendidikan Islam Mega Rezky Makassar, atas dukungan dan kebijakan strategis yang memfasilitasi proses pendidikan dan penelitian secara berkelanjutan.
4. **Bapak Prof. Dr. Anwar Ramli, SE., M.Si** sebagai Rektor Universitas Megarezky, atas motivasi dan arahannya dalam membangun budaya akademik yang unggul dan berdaya saing.
5. **Prof. Dr. Dra. Apt. Hj. Asnah Marzuki, M.Si**, sebagai Dekan Fakultas Teknologi Kesehatan, atas kesempatan dan dukungan yang diberikan selama masa studi.
6. **Ibu Dr Nirmawati Angria, S.Si.,M.Kes**, sebagai Ketua Program Studi D-IV TLM, atas bimbingan akademik yang berkelanjutan dan inspiratif.
7. **Dosen Pembimbing 1 Dr Santi, M.Si dan II Sulfiani, S.Si.,M.Pd,** yang telah memberikan arahan, saran, dan evaluasi dalam penyusunan skripsi ini dengan penuh kesabaran dan keikhlasan.
8. **Dosen Penguji Ibu Nur Insani Amir, S.Si.,M.Si**, yang telah memberikan masukan dan saran dalam skripsi ini.
9. **Ibu Handayani H S.Si., M.Kes** sebagai Pembimbing Akademik (PA), atas pendampingan dan bimbingan akademik selama masa studi penulis.

10. Seluruh Dosen dan Staf Akademik Universitas Megarezky, atas ilmu, perhatian, dan pelayanan yang diberikan selama proses studi.
11. Laboratorium Kimia Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, atas izin, dukungan, dan kerja samanya selama pelaksanaan penelitian.
12. Teman-teman seperjuangan 2021 D, komunitas rohani *Connect Group* dan semua pihak yang turut membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan karya ilmiah ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan karya ilmiah ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan karya ini di masa mendatang.

Akhir kata, semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, serta menjadi kontribusi yang berarti dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, 26 Juni 2025

Penulis

Devilia Trifosa Yosep Padatu

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL ..... **i**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**
SURAT KETERANGAN TURNITIN ..... **iii**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **iv**
MOTTO ..... **v**
CURRICULUM VITAE ..... **vi**
KATA PENGANTAR ..... **viii**
DAFTAR ISI ..... **xi**
ABSTRAK ..... **xiii**
ABSTRACT ..... **xiv**
DAFTAR GAMBAR ..... **xv**
DAFTAR TABEL ..... **xvi**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xvii**
DAFTAR SINGKATAN ..... **xviii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 4
C. Tujuan Penelitian 4
D. Manfaat Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**
A. Tinjauan Umum Tentang Benzena 6
1. Definisi Benzena 6
2. Toksisitas Benzena 8
3. Dampak Pajanan Benzena 12
4. Mekanisme Paparan Benzena Terhadap Kesehatan 14
5. Faktor Yang Mempengaruhi Paparan Benzena 16
6. Pencegahan Dampak Benzena Terhadap Kesehatan 20

B. Pengaruh Benzena Terhadap Pekerja Pengecatan Mobil 21
C. Urin 22
D. Instrumen Analisis Fenol 24
E. Kerangka Teori 33
F. Kerangka Konsep 34
G. Definisi Operasional 34
BAB III METODE PENELITIAN 35
A. Jenis Penelitian 35
B. Lokasi Dan Waktu Penelitian 35
C. Populasi Dan Sampel Penelitian 35
D. Kriteria Penelitian 36
E. Alat Dan Bahan 36
F. Prosedur Kerja 37
G. Teknik Penggumpulan Data 40
H. Analisis Data 41
I. Alur Penelitian 41
J. Etika Penelitian 42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 43
A. Hasil 43
B. Pembahasan 47
BAB V PENUTUP 53
A. Kesimpulan 53
B. Saran 53
DAFTAR PUSTAKA 54
LAMPIRAN 57

ABSTRAK

Devilia Trifosa Yosep Padatu, B1D121176, Analisis Kadar Fenol Akibat Paparan Benzena Pada Pekerja Bengkel Pengecatan Mobil. Dibimbing oleh Santi dan Sulfiani.

Pekerja di bidang pengecatan mobil perlu mendapat perhatian khusus karena jumlahnya terus bertambah dan berisiko tinggi terkena penyakit akibat kerja. Proses pengecatan mobil menggunakan pelarut yang mengandung benzena sebagai bahan utama dalam proses bekerja yang berbahaya bagi kesehatan. Benzena merupakan senyawa mudah menguap, uapnya dapat merusak sistem saraf pusat, saluran pencernaan, dan sumsum tulang yang membentuk sel darah merah. Benzena yang masuk dalam tubuh akan mengalami metabolisme yang utama menjadi benzena oksida**.** Di dalam hati, benzena oksida merupakan senyawa tidak stabil yang akan segera berubah menjadi fenol dan dikeluarkan melalui urin. Oleh karena itu, kadar fenol digunakan sebagai indikator biologis untuk menilai paparan benzena pada pekerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya paparan benzena dalam urin pekerja bengkel pengecatan mobil di Kecamatan Tamalate serta mengetahui apakah kadar fenol yang diperoleh sesuai dengan batas aman yang ditetapkan oleh Permenkes, 2017. Penelitian ini menerapkan metode kuantitatif dengan pendekatan desain *cross sectional*. Instrumen utama yang digunakan adalah spektrofotometer UV-Vis. Sebanyak 20 orang dari populasi memenuhi syarat kriteria inklusi dan eksklusi sebagai subjek penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 20 sampel urin pekerja terdapat kadar fenol. Namun, 1 sampel dengan kode A14 menunjukan kadar sebesar 24,1 mg/L, yang melebihi nilai standar fenol dalam urin yang ditetapkan oleh Permenkes (2017) yaitu dibawah 10 mg/L. Sehingga penelitian ini menyimpulkan seluruh sampel urin pekerja yang di analisis mengandung fenol, hal ini mengindikasi adanya paparan benzena pada pekerja dan perlunya perhatian terhadap sumber paparan tersebut.

Kata Kunci: ***Benzena, Fenol, Pengecatan mobil, Spektrofotometer UV-Vis, Urin***

ABSTRACT

Devilia Trifosa Yosep Padatu (Student ID: B1D121176). "Analysis of Phenol Levels Due to Benzene Exposure in Auto Body Painting Workshop Workers."Supervised by Santi and Sulfiani.

Workers in car painting workshops require special attention because their number continues to increase, and they are at risk of occupational diseases. The painting process involves the use of tools and materials containing benzene, which poses a health hazard. Benzene is a volatile compound whose vapors can damage the central nervous system, digestive tract, and bone marrow that produces red blood cells. Once inside the body, benzene undergoes metabolic conversion mainly into benzene oxide, an unstable compound that quickly becomes phenol and is excreted through urine. Therefore, phenol can be used as a biological indicator to assess benzene exposure among workers. This study aimed to determine the presence of benzene exposure by measuring urinary phenol levels in car painting workshop workers in Tamalate District, and whether these levels met the threshold values established by the Indonesian Ministry of Health Regulation (Permenkes, 2017).

This quantitative study employed a cross-sectional design using a UV-Vis spectrophotometer as the instrument. A total of 20 workers met the inclusion and exclusion criteria. The results showed that of 20 urine samples, one sample (code A14) had a phenol level of 24.1 mg/L, exceeding the standard limit (<10 mg/L). Thus, it was concluded that some workers were exposed to benzene, indicating the need for occupational health attention regarding benzene exposure sources.

Keywords: Benzene, Phenol, Car painting, UV-Vis spectrophotometer, Urine.



DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Struktur Benzena 7
Gambar 2.2 Spektrofotometer UV-Vis 27
Gambar 2.3 GC-MS 30
Gambar 2.4 Bagan Kerangka Teori 33
Gambar 2.5 Bagan Kerangka Konsep 34
Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian 41
Gambar 4.1 Kurva Larutan Standar 44

DAFTAR TABEL

Halaman

Gambar 4.1 Hasil Pengukuran Absorbansi Larutan Standar Fenol 43
Gambar 4.2 Data Hasil Kadar Fenol 44
Gambar 4.3 Distribusi Partisipan Berdasarkan Kelompok Usia 45
Gambar 4.4 Distribusi Partisipan Berdasarkan Kebiasaan Merokok 46
Gambar 4.5 Distribusi Partisipan Berdasarkan Durasi Kerja 46
Gambar 4.6 Distribusi Partisipan Berdasarkan Masa Kerja 47

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 Dokumentasi Penelitian 57
Lampiran 2 Pembuatan Larutan 62
Lampiran 3 Perhitungan Kadar Fenol Pada Sampel..... 64
Lampiran 4 *Informed Consent*..... 67
Lampiran 5 Lembar Kuesioner..... 68
Lampiran 6 Surat Izin Penelitian LPPM 70
Lampiran 7 Surat Izin Penanaman Modal 71
Lampiran 8 *Plagiarism Scan Report* 72

DAFTAR SINGKATAN

ACGIH	: *The American Conference of Governmental Industrial Hygienists*
APD	: Alat Pelindung Diri
BEIs	: *Biological Exposure Indices*
BPJS	: Badan Penyelenggara Jaminan Sosial
BTX	: Benzena, Toluena dan Xilen
EPA	: *Environmental protection agency*
GC-MS	: *Gas Chromatography-Mass Spectrometry*
HPLC	: *High Performance Liquid Chromatography*
IARC	: *International Agency for Research on Cancer*
ILO	: *International Labor Organization*
Kemenkes	: Kementrian Kesehatan
KKBI	: Kamus Besar Bahasa Indonesia
NAB	: Nilai Ambang Batas
RJP	: Resusitasi Jantung Paru
ttMA	: *ttMA trans, trans-Muconic Acid*
UV-Vis	: *Ultraviolet-Visible*
VOC	: *Volatile Organic Compounds*
WHO	: *World Health Organization*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bahan kimia sangat umum digunakan di berbagai jenis industri. Seiring berkembangnya jaman, perkembangan industri juga berjalan dengan sangat pesat. Dampak dari pesatnya perkembangan industri menimbulkan semakin bebasnya dan meluasnya penggunaan bahan kimia. Banyak sekali jenis-jenis industri yang menggunakan bahan kimia, salah satunya adalah pada bidang pekerjaan industri otomotif. Pada industri yang bergerak di bidang otomotif, terdapat bahan-bahan kimia yang digunakan salah satunya adalah penggunaan cat untuk interior dan eksterior kendaraan. Pekerja di industri otomotif atau bengkel sehari-hari terpapar bahan kimia berbahaya dan zat beracun yang terkandung dalam cat yang digunakan, khususnya yang bekerja di bidang pengecatan mobil, memiliki risiko tinggi terhadap penyakit akibat paparan bahan kimia. Oleh sebab itu, untuk melindungi kesehatan, perlunya perhatian khusus (Arif dkk., 2024).

Berdasarkan data yang disajikan oleh BPJS pada tahun 2023, laporan jumlah kasus kecelakaan kerja (termasuk kecelakaan yang mengakibatkan penyakit) dalam beberapa tahun terakhir, terjadi peningkatan di indonesia. Pada tahun 2022 berjumlah 297.725 kasus, kemudian pada tahun 2023 diketahui data tersebut mengalami peningkatan menjadi 360.635 kasus. Data tersebut termasuk kecelakaan kerja yang terjadi di laboratium. Selain itu, pada tahun 2023, kematian salah satu mahasiswa terkait penggunaan

bahan kimia yang berasal dari *thinner* serta pelarut organik lainnya terjadi di laboratorium universitas di bogor (Mulyadi, 2024).

Pada bengkel pengecatan mobil, pekerja akan berhadapan dengan bahan kimia benzena yang berasal dari *thinner*, *thinner* merupakan salah satu pelarut organik yang digunakan sebagai bahan tambahan pada proses pencampuran cat yang mempunyai fungsi melarutkan atau mengencerkan cat agar menghasilkan hasil akhir pengecatan yang lebih baik. *Thinner* yang digunakan pada cat dapat mengandung benzena sebanyak 94% (Yatulaini dkk., 2021). Oleh karena itu, tingginya kandungan benzena mengharuskan pekerja lebih berhati-hati untuk meminimalisir paparan. Selain itu, beberapa bahan kimia lain yang terkandung dalam *thinner* adalah toluena, xilena, dan timbal.

Benzena masuk ke dalam tubuh manusia dalam bentuk cair atau uap melalui tiga jalur utama, yaitu tertelan (saluran pencernaan), terhirup (inhalasi), dan terserap melalui kulit. Gejala seperti sakit kepala, tremor, kebigungan, debar jantung cepat, tidak fokus dan maul dapat disebabkan oleh paparan benzena tingkat rendah. Sedangkan dalam jumlah besar dapat menyebabkan kematian (Ihsan, 2020).

Benzena di dalam hati, pertama-tama dioksidasi oleh *enzyme cytochrome* P-450 menjadi benzena oksida, kemudian dimetabolisme lebih lanjut melalui tiga proses utama. Pertama, beberapa reaksi merusak cincin untuk membentuk t,t-mukonaldehida, yang kemudian dioksidasi menjadi asam mukonik. Selanjutnya, beberapa reaksi membentuk konjugat dengan

glutation, yang diekskresikan melalui urin sebagai asam fenil merkapturat. Ketiga, proses pengaturan ulang secara non-enzimatis untuk membentuk fenol. Tingginya kadar fenol dalam urin mengindikasikan semakin tingginya derajat keracunan benzena. Oleh karena itu, kadar fenol digunakan sebagai indikator biologis atas tingkat paparan benzena dikalangan tenaga kerja (Mahdalena dkk., 2024).

Fenol merupakan senyawa organik aromatik yang mempunyai satu atau lebih gugus hidroksil yang terikat langsung pada cincin aromatik. Senyawa ini dikenal pula dengan berbagai nama lain, seperti asam fenilat, asam karbol, fenil hidroksida, asam fenat, atau oksibenzena, memiliki berat molekul 94,11 gram per mol dengan rumus kimia C_6H_5OH (Wolayan dkk., 2022).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Jannah dkk., (2019) hasil analisis kandungan fenol dalam urin pekerja pada industri rumahan reparasi sepatu “Bulu *Shoes* Semarang” tertinggi melebihi nilai ambang batas yaitu sebesar 25,61 mg/L. Penelitian lain dilakukan oleh Isabella, (2021) pada pekerja SPBU X memiliki kadar fenol yang melebihi nilai normal yaitu 24,55 mg/L.

Berdasarkan uraian tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai kadar fenol dalam urin sebagai indikator paparan benzena terhadap pekerja bengkel pengecatan mobil di wilayah Kecamatan Tamalate.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat dirumuskan yaitu:

1. Apakah kadar fenol dalam urin pekerja bengkel menunjukkan adanya paparan benzena?
2. Apakah kadar yang diperoleh memenuhi nilai ambang batas yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan (2017)?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui ada tidaknya paparan benzena dalam urin pekerja bengkel pengecatan mobil di Kecamatan Tamalate.
2. Untuk mengetahui apakah kadar fenol yang diperoleh memenuhi batas aman yang ditetapkan oleh (Permenkes 2017).

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

   Sebagai dasar sumber pengetahuan dalam kesehatan masyarakat khususnya di bidang toksikologi klinik.

2. Manfaat Praktisi

   Manfaat yang diharapkan peneliti pada penelitian ini adalah:

   a. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai acuan dan sumber pendukung bagi peneliti selanjutnya yang menelusuri dampak paparan benzena terhadap kadar fenol.

b. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai masukan bagi institusi kesehatan dalam mengembangkan ilmu sebagai bahan kajian untuk penelitian berikutnya.
c. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada para pekerja bengkel pengecatan mobil mengenai risiko kesehatan yang dapat ditimbulkan akibat paparan benzena.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

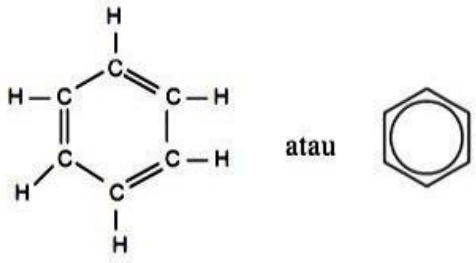
A. Tinjauan Umum Benzena

1. Definisi Benzena

Benzena merupakan salah satu zat atau bahan kimia yang sering dipakai dalam bidang perindustrian, baik di sektor formal maupun informal. Benzena memiliki kandungan alami yang berada dalam minyak bumi sehingga menjadi salah satu bahan dasar dalam petrokimia dan pelarut penting dalam industri. Benzena secara luas digunakan dalam berbagai bidang industri, seperti percetakan, perekatan (pengeleman), farmasi, serta dalam proses produksi plastik, karet sintetis, pewarna, dan sebagai komponen dalam bahan bakar, termasuk bensin. Benzena, atau benzol, adalah cairan tidak berwarna, beraroma manis khas yang mudah menguap. Zat ini dapat ditemukan di udara, air, dan tanah, umumnya berasal dari kegiatan atau aktivitas industri maupun sumber alami. Benzena masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernapasan, inhalasi, maupun penyerapan lewat kulit. Sebagian besar metabolit benzena akan diekskresikan melalui urin dalam kurun waktu sekitar 48 jam setelah terpapar (Christiansi & Keman, 2022).

Benzena (C_6H_6) adalah salah satu senyawa hidrokarbon aromatik yang mudah larut dan mudah menguap. Sebagai senyawa utama, benzena memiliki berbagai turunan, antara lain etilbenzena, kumena, anilin, klorobenzena, dan sikloheksana. Benzena dikenal

bersifat karsinogenik dan genotoksik, serta merupakan salah satu zat berbahaya dalam bidang kesehatan kerja. Meskipun bersifat karsinogenik, penggunaan benzena masih belum dapat sepenuhnya digantikan dalam keseharian secara langsung maupun tidak langsung (Aldi, 2024).



Gambar 2.1 Rumus Struktur Benzena (Hardi dkk., 2021).

Bahaya utama dari benzena adalah Tingkat toksisitasnya yang tinggi, serta sifatnya mudah terbakar. Ledakan benzena dapat menyebabkan penyebaran zat beracun, yang berpotensi meningkatkan risiko cedera. Pengujian eksperimental terhadap batas mudah terbakar dari senyawa turunan benzena cukup sulit dilakukan karena sifatnya yang sangat mudah terbakar (Ridha & Hanggara, 2023).

Benzena diklasifikasikan sebagai karsinogen pada manusia oleh Badan Internasional untuk Penelitian Kanker (IARC) dan termasuk dalam Kelompok 1, dengan kategori tertinggi untuk agen penyebab kanker. Berdasarkan bukti yang cukup kuat untuk pengembangan leukemia myeloid akut pada pekerja yang terpapar, dan hubungan positif dengan leukemia myeloid kronis, leukemia limfoid kronis,

limfoma non-Hodgkin, mieloma multipel, dan kanker paru-paru (Poça dkk., 2021).

2. Toksisitas Benzena

Toksisitas adalah kemampuan suatu zat beracun untuk menimbulkan kerusakan setelah masuk ke dalam tubuh, dengan memengaruhi organ atau jaringan yang paling rentan terhadap paparan zat tersebut. Tingkat toksisitas dapat berbeda-beda antarorganisme dan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis spesies uji, jalur masuknya racun ke dalam tubuh (misalnya inhalasi, oral, atau kontak kulit), frekuensi dan durasi paparan, konsentrasi zat yang terpapar, serta sensitivitas spesifik masing-masing spesies terhadap polutan tertentu. (Ridha & Hanggara, 2023).

Lebih jauh lagi, efek berbahaya akibat toksisitas termasuk imunotoksisitas dan neurotoksisitas dapat membuat para pekerja ini lebih rentan terhadap penyakit inflamasi dan cedera. Telah disetujui bahwa toksisitas uap yang dihirup termasuk benzena disebabkan oleh biotransformasinya menjadi spesies oksigen reaktif. Benzena dimetabolisme di hati menjadi fenol, yang kemudian mengalami hidroksilasi untuk membentuk hidrokuinon dan 1,4-benzenatriol oleh peroksidase sumsum tulang atau oleh autoksidasi. Mekanisme yang berbeda menjelaskan toksisitas yang disebabkan benzena; namun, efek dampak benzena terhadap kesehatan telah ditetapkan sebagai kontaminan karsinogenik. Benzena dan metabolitnya memiliki efek

toksik pada sistem hematopoietik yang menyebabkan penekanan sumsum tulang (Jabbar & Ali, 2020).

Proses toksisitas benzena dalam tubuh terjadi melalui tahapan atau proses mulai dari absorpsi, distribusi, metabolisme, eliminasi dan eksresi (Hardi dkk., 2021) Adapaun penjelasan dari tahapan prosesnya adalah sebagai berikut:

a. Absorbsi Benzena

Benzena dapat masuk melalui proses inhalasi, akan diserap ke dalam aliran darah apabila tidak segera dikeluarkan melalui proses ekspirasi. Benzena larut dalam cairan tubuh pada konsentrasi yang sangat rendah, namun dapat dengan cepat terakumulasi dalam jaringan lemak karena memiliki kelarutan yang tinggi dalam lemak. Uap dari benzena dapat dengan mudah diserap darah setelah terlebih dahulu diserap secara efektif oleh jaringan lemak. Proses absorpsi benzena ke dalam tubuh dapat terjadi melalui tiga jalur utama, yaitu sistem pernapasan (inhalasi), kulit (dermal), dan saluran pencernaan (gastrointestinal).

- Inhalasi (pernapasan)

Benzena masuk ke dalam tubuh dalam bentuk uap melalui proses inhalasi, dengan absorpsi utama terjadi di paru-paru dan sekitar 40–50% dari total benzena yang terhirup dapat diserap ke dalam tubuh. Benzena dapat dengan mudah diserap melalui saluran pernapasan, dengan tingkat penyerapan oleh paru-paru mencapai kurang lebih 50% selama beberapa jam pada tingkat paparan antara 2 hingga 100 cm^3/m^3.

- Dermal (kontak kulit)

  Berdasarkan studi in vitro pada bagian kulit manusia, diperkirakan bahwa absorpsi gas benzena melalui kulit, lebih rendah dibandingkan dengan total absorbsi, meskipun begitu jalur ini dapat menjadi jalur paparan yang penting. Penemuan tertentu menyatakan bahwa kontak dengan kulit menjadi jalur utama dalam penyerapan benzena bagi pekerja yang terpapar bensin cair.

- Gastrointestinal (pencernaan)

  Absorpsi benzena yang efisien melalui sistem pencernaan menyebabkan intoksikasi akut, meskipun data kuantitatif pada manusia terbatas. Walaupun tidak terdapat data mengenai absorpsi oral dari benzena pada larutan encer, diasumsikan bahwa absorpsi oral dari air mendekati 100%.

b. Distribusi Benzena

Distribusi benzene keseluruh tubuh melalui darah terjadi karena sifat lipofilik, sehingga jaringan lemak menjadi tempat distribusi terbesar. Benzena ditemukan dalam jumlah sekitar 20 lebih banyak di jaringan lemak, sumsum tulang, dan urin dibandingkan dalam darah. Kadar benzena dalam otot dan organ biasanya 1 hingga 3 kali lebih banyak daripada di dalam darah. Dalam sel darah merah kadar benzena dua kali lebih tinggi daripada yang terdapat di plasma.

c. Metabolisme Benzena

Metabolic pathway dan interaksi biokimia di dalam tubuh melalui serangkaian reaksi biokimia. Benzena dioksidasi pertama kali di dalam hati (*liver*) oleh enzim *cytochrome P-450-monooksigenase* menjadi benzena oksida. Reaksi ini menghasilkan sejumlah metabolit sekunder yang terbentuk secara enzimatis maupun non-enzimatis.

Metabolit merupakan zat yang terbentuk secara langsung sebagai hasil dari proses biotransformasi. Dalam tubuh, biotransformasi benzena menghasilkan metabolit akhir utama berupa fenol, yang dikeluarkan melalui urin dalam bentuk konjugat dengan asam sulfat atau asam glukuronat. Sebagian kecil benzena dimetabolisme menjadi senyawa lain seperti katekol, hidrokuinon, karbon dioksida, dan asam mukonat.

d. Ekskresi dan Eliminasi Benzena

Eliminasi benzena dari dalam tubuh terjadi melalui proses ekskresi dan ekshalasi. Benzena terutama diekskresikan melalui urin dalam bentuk metabolit, khususnya sebagai hasil konjugasi fenol dengan asam glukuronat dan asam sulfat. Selain itu, sebagian benzena dikeluarkan melalui pernapasan dalam bentuk senyawa yang tidak berubah. Diperkirakan, bahwa setelah terpapar benzena di lingkungan kerja pada konsentrasi 100 cm^3/m^3, sejumlah 13,2% fenol, 10,2% kuinol, 1,9% asam trans-trans-mukonat, 1,6% katekol, dan 0,5% 1,2,4-benzenatriol dari total benzena yang diserap akan diekskresikan melalui urin setelah jam kerja. Proporsi benzena yang diserap kemudian dieliminasi melalui pernapasan

berkisar antara 8–17%. Dalam urin, terdeteksi langsung sejumlah kecil benzena.

Eliminasi benzena di lingkungan kerja mengikuti kinetika reaksi orde satu, dengan waktu paruh yang bergantung pada distribusi benzena di berbagai jaringan tubuh. Waktu paruh yang tercatat bervariasi, yaitu sekitar 10–15 menit untuk fase cepat, 40–60 menit untuk fase sedang, dan 16–20 jam untuk fase lambat. Sebagian benzena yang diserap dan tidak mengalami metabolisme akan dieliminasi secara langsung, yaitu sekitar 12–50% melalui udara ekspirasi dan kurang dari 1% melalui urin. Rata-rata fenol yang dieliminasi sebagai hasil metabolisme mencapai sekitar 30% dari total dosis benzena yang diserap. Benzena yang tidak mengalami reaksi metabolisme, menjalani proses yang secara reversibel dan zat tersebut dikeluarkan melalui paru- paru.

3. Dampak Pajanan Benzena

Gejala dan tingkat keparahan dari keracunan benzena dipengaruhi oleh jenis dan durasi paparan yang dialami.. Tertelan, terhirup, atau kontak dengan kulit dengan senyawa ini dapat menyebabkan keracunan benzena. Beberapa gejala keracunan yang umum antara lain rasa kantuk, pusing, sakit kepala, muntah, dan gangguan irama jantung. Sementara itu, gejala yang lebih serius dapat berupa perubahan kondisi mental, hilangnya kesadaran, hingga kematian. Benzena merupakan zat yang mudah terbakar, memiliki aroma manis, dan berasal dari minyak bumi yang terbentuk secara alami maupun buatan. Bahan kimia seperti benzena dikenal sebagai

bahan kimia mudah menguap. Karena lebih berat dari udara uap senyawa ini cenderung mengumpul di dekat permukaan tanah (Hardi dkk., 2021).

a. Keracunan Uap Benzena

   Sumber uap dari benzena dalam jumlah rendah di udara biasanya tidak beresiko. Namun pada tingkat tinggi dapat menyebabkan keracunan dan gejala seperti kelelahan, pusing hingga sakit kepala, detak jantung cepat atau tidak teratur serta tremor. Keracunan uap benzena yang sudah parah dapat menyebabkan kebingungan, kehilangan kesadaran, dan kematian. Tidak lebih dari beberapa jam setelah paparan pertama, gejala biasanya muncul, dan tingkat keparahan bervariasi tergantung pada tingkat uap benzena di udara.

b. Keracunan Akibat Menelan Benzena

   Benzena yang masuk ke dalam tubuh dapat beresiko mengalami muntah, iritasi lambung, pusing dan kesulitan tidur. Selain itu, gejala yang dapat ditimbulkan meliputi detak jantung tidak teratur, kejang, dan dalam kasus parah dapat mengalami kematian. Muntah akibat menelan makanan yang terkontaminasi benzena dapat menyebabkan zat tersebut terhirup ke dalam paru-paru, yang berpotensi menimbulkan batuk atau gangguan pernapasan. Oleh karena itu, pada kasus keracunan benzena, muntah sebaiknya dihindari. Mengingat risiko tersebut, tindakan resusitasi jantung paru (RJP) tidak disarankan jika dikhawatirkan dapat memicu muntah. Paparan benzena dengan jangka waktu yang lama dapat memengaruhi sistem

peredaran darah, menyebabkan kerusakan pada sumsum tulang dan penurunan jumlah sel darah merah, yang berujung pada anemia.

c. Keracunan Akibat Kontak Kulit dengan Benzena

Benzena dapat menyebabkan iritasi atau kerusakan jaringan pada kulit maupun mata seseorang. Ketika terkena kulit maka, segera mengganti pakaian dan bersihkan area yang terkena dengan air menggunakan sabun kemudian air.

d. Efek Kesehatan Lain

Paparan benzena dalam jangka panjang dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh, sehingga meningkatkan kerentanan terhadap infeksi. Pada wanita, paparan berkepanjangan dapat menyebabkan penyusutan ukuran ovarium dan gangguan pada siklus menstruasi. Dalam waktu yang lama, benzena juga memiliki potensi karsinogenik atau dapat menyebabkan kanker. Beberapa sumber utama benzena meliputi kebakaran hutan, aktivitas gunung berapi, asap dari pembakaran minyak mentah, bensin, dan rokok. Selain itu, senyawa benzena (benzol) ditemukan dalam berbagai produk rumah tangga dan industri, seperti lem, pernis, cat, dan deterjen.

4. Mekanisme Paparan Benzena Terhadap Kesehatan

Benzena dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui kulit, saluran pencernaan, dan sistem pernapasan. Sekitar setengah dari jumlah benzena yang terserap akan masuk ke paru-paru, lalu dialirkan ke dalam sirkulasi darah melalui pembuluh darah. Di dalam tubuh,

benzena disimpan di sumsum tulang dan jaringan lemak, kemudian mengalami proses metabolisme di hati dan sumsum tulang, menghasilkan metabolit. Risiko utama paparan benzena kemungkinan berasal dari metabolit tersebut. Dalam waktu sekitar 48 jam setelah terpapar sebagian besar hasil metabolisme benzena akan dikeluarkan oleh tubuh melalui urin (Hardi dkk., 2021).

Paparan benzena dalam jumlah tinggi, baik melalui inhalasi maupun konsumsi secara oral, dapat menyebabkan penekanan pada sistem saraf pusat bahkan berujung pada kematian. Beberapa kelainan darah yang terkait dengan paparan benzena dapat terjadi tanpa gejala. Paparan benzena di tempat kerja juga meningkatkan risiko kanker, seperti kanker kolorektal (William dkk., 2021).

Paparan akut terhadap benzena dalam konsentrasi tinggi dapat menimbulkan gejala seperti sesak napas, euforia, tinnitus (telinga berdenging), hingga anestesia yang dalam. Pada tingkat paparan akut yang sedang, dapat muncul sindrom praanestesi yang khas, meliputi sakit kepala, rasa pusing seperti mabuk, serta iritasi ringan pada saluran pernapasan dan pencernaan. Jika tidak segera diberikan penanganan, kondisi ini dapat berkembang menjadi gagal napas dan kejang. Benzena juga dapat menyebabkan iritasi kulit jika kulit terkena benzena dan dapat menyebabkan iritasi mata dan kerusakan kornea jika mata terkena (William dkk., 2021).

5. Faktor Yang Mempengaruhi Paparan Benzena

Salah satu kelompok yang rentan terhadap paparan benzena adalah para pekerja yang bekerja di lingkungan dengan kadar benzena tinggi. Selain paparan benzena itu sendiri, terdapat sejumlah faktor lain yang dapat mempengaruhi tingkat kerentanan atau keparahan dampak yang dialami seseorang, seperti kebiasaan merokok, durasi jam kerja, usia pekerja, pemakaian alat pelindung diri, serta lama masa kerja di lingkungan tersebut. (Christiansi & Keman, 2022).

a. Alat Pelindung Diri

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 mengenai Keselamatan Kerja, Pasal 12b menyatakan bahwa setiap tenaga kerja wajib selalu memakai alat pelindung diri sesuai jenis dan tingkat dari risiko pekerjaan yang dilakukan. Ketentuan ini bertujuan untuk melindungi pekerja, khususnya mereka yang berisiko tinggi terpapar benzena, agar dapat meminimalkan jumlah paparan yang diterima. Oleh karena itu, penggunaannya secara tepat dan konsisten merupakan langkah penting dalam mengurangi risiko kesehatan akibat paparan benzena di tempat kerja (Isabella, 2021).

Penggunaan alat pelindung diri (APD), seperti masker berbahan karbon aktif dan sarung tangan, berperan penting dalam melindungi pekerja dari paparan benzena. Hal ini disebabkan karena benzena dapat masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan maupun kontak langsung dengan kulit. Dengan menggunakan APD

secara tepat, tingkat paparan terhadap zat berbahaya di tempat kerja dapat ditekan, sehingga risiko peningkatan kadar fenol dalam urin pekerja sebagai indikator paparan benzena juga dapat diminimalkan (Isabella, 2021).

Pemakaian alat pelindung diri ini memiliki manfaat untuk melindungi tubuh dari paparan bahan berbahaya dan mengurangi risiko kerusakan pada organ tubuh. Untuk mencegah kontaminasi bahan kimia pada bagian tubuh, penting untuk menjaga kebersihan diri melalui perawatan kebersihan pribadi. Jika terjadi kontak langsung dengan bahan kimia, langkah pertama yang harus dilakukan adalah segera mencuci area kulit yang terkena menggunakan air dan sabun (Bestari dkk., 2019).

b. Usia

Usia adalah ukuran waktu yang menunjukkan lamanya suatu benda atau makhluk hidup, baik yang masih hidup maupun yang telah mati, ada di dunia ini. Usia seseorang dihitung sejak tanggal kelahirannya. Kemampuan tubuh untuk bertahan terhadap paparan zat beracun atau bahan kimia, seperti benzena, dipengaruhi oleh usia individu. Potensi toksisitas bahan kimia dapat meningkat pada usia tertentu, kondisi ini umumnya dialami oleh individu berusia di atas 45 tahun akibat penurunan fungsi organ tubuh yang terjadi secara alami seiring pertambahan usia, yang dapat memengaruhi

metabolisme dan menurunkan kinerja otot (Christiansi & Keman, 2022).

Seiring bertambahnya usia, fungsi dan kinerja organ tubuh akan mengalami penurunan. Misalnya, jaringan paru-paru, otot, tulang, serta sistem saraf akan mengalami perubahan, yang membuat tubuh menjadi lebih rentan terhadap berbagai penyakit (Christiansi & Keman, 2022).

c. Masa Kerja

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, lamanya seseorang bekerja adalah total waktu yang telah dijalani dalam melaksanakan pekerjaannya atau durasi yang dihabiskan untuk melakukan suatu kegiatan. Masa kerja yang melebihi 30 tahun dapat meningkatkan risiko dampak dari zat toksik non-karsinogenik, yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia (Christiansi & Keman, 2022).

Lamanya masa kerja seseorang berpengaruh terhadap durasi paparan pekerja terhadap benzena, serta jumlah benzena yang mungkin terhirup atau terserap selama bekerja. Kedua faktor tersebut berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan menetapkan bahwa masa kerja maksimal bagi pekerja kontrak adalah tiga tahun. Ketentuan ini secara tidak langsung dapat memberikan perlindungan bagi pekerja dari risiko

paparan zat berbahaya dalam jangka waktu yang terlalu lama (Saadatuddaroini & Keman, 2019).

d. Merokok

Kebiasaan merokok berkontribusi terhadap peningkatan kadar fenol urin akibat adanya kandungan yang terdapat dalam rokok salah satunya fenol. (Isabella, 2021). Saat seseorang merokok, partikel padat dan gas yang berasal dari pembakaran daun tembakau (*Nicotiana tabacum*) akan terlepas ke udara. Asap rokok yang keluar mengandung berbagai jenis zat berbahaya, antara lain tar, nikotin, karbon monoksida (CO), hidrogen sianida, benzopiren, dimetil nitrosamin, N-nitrosonikotin, katekol, fenol, dan akrolein, yang semuanya dapat membahayakan kesehatan tubuh, bukan hanya untuk perokok tersebut, tetapi juga bagi orang di sekitarnya yang terpapar asap rokok secara pasif. Asap rokok juga merangsang produksi lendir di saluran pernapasan, tetapi kandungan nikotin di dalamnya dapat melumpuhkan silia (rambut halus di saluran napas), sehingga mengganggu proses pembersihan lendir dan mempersempit saluran pernapasan.

e. Jam Kerja

Jumlah benzena yang masuk ke dalam tubuh pekerja sangat dipengaruhi oleh lamanya jam kerja. Semakin lama dan sering seorang pekerja terpapar benzena, maka semakin tinggi pula kadar metabolit *trans,trans-muconic acid* dalam urin. Jika melebihi

ambang batas yang ditetapkan dalam *Biological Exposure Indices* (BEIs) oleh ACGIH pada tahun 2006, yaitu 500 µg per gram kreatinin, maka risiko gangguan kesehatan akan meningkat. Namun, kondisi ini umumnya tidak berlaku bagi pekerja yang terpapar benzena secara tidak terus-menerus atau hanya sesekali (Saadatuddaroini & Keman, 2019).

6. Pencegahan Dampak Benzena terhadap Kesehatan

Pekerja dan pemilik usaha memiliki peran penting dalam upaya pencegahan terhadap paparan benzena. Penggunaan alat pelindung diri merupakan upaya untuk melindungi pekerja dari potensi bahaya yang mengancam kesehatan dan keselamatan di lingkungan kerja. seperti sarung tangan dan masker karbon aktif, untuk mencegah masuknya benzena melalui kulit dan saluran pernapasan. Selain itu, pemilik usaha juga perlu memberikan perhatian khusus terhadap asupan gizi pekerja, misalnya dengan menyiapkan atau menyajikan makanan tambahan yang bergizi, guna meningkatkan daya tahan tubuh sehingga proses pembuangan racun dari dalam tubuh dapat berjalan optimal. Dengan menempatkan beberapa ventilasi udara dapat membantu menyeimbangkan konsentrasi di udara pada industri sehingga kemungkinan terjadinya kejenuhan benzena dalam udara bebas menjadi minim akibat sirkulasi udara yang optimal (Ihsan, 2020).

B. Pengaruh Paparan Benzena Terhadap Pekerja Pengecatan Mobil

Benzena digunakan dalam skala besar di seluruh dunia, dan merupakan kontaminan universal yang terdapat di atmosfer daerah pedesaan dan perkotaan, dan dalam konsentrasi yang lebih tinggi di tempat kerja tertentu (Geraldino dkk., 2020). Hal ini lebih sering diamati pada pekerja yang telah bekerja dalam durasi panjang dibandingkan dengan pekerja dengan durasi lebih pendek.

Salah satu jenis pekerjaan yang beresiko tinggi terhadap paparan bahan kimia berbahaya adalah pekerjaan sebagai pengecat mobil baik secara interior maupun eksterior. Partikel cat yang digunakan dalam proses pengecatan mengandung zat-zat berbahaya, seperti kadmium, kromium, timbal (plumbum), merkuri, resin akrilik, isosianat, dan pelarut toluena. Jika terhirup, bahan-bahan tersebut dapat masuk ke saluran pernapasan dan mengganggu fungsi paru-paru. Faktor penyebab langsung dapat berasal dari partikel cat yang terinhalasi ke dalam sistem pernapasan. Sementara itu, faktor penyebab tidak langsung berkaitan dengan kondisi individu pekerja, seperti kebiasaan, kondisi kesehatan, atau karakteristik pribadi lainnya. (Nur dkk., 2021).

Setelah cat disemprotkan menggunakan alat *spray painting*, bahan kimia di dalam cat akan berubah menjadi aerosol, yaitu kumpulan partikel halus dalam bentuk cair atau padat yang tersebar di udara. Jika pekerja tidak memakai masker, partikel aerosol ini sangat mudah terhirup ke dalam saluran pernapasan. Selain itu, zat pencemar dalam cat yang mengandung

senyawa kimia berbahaya, seperti senyawa aromatik dan logam berat, juga dapat menguap dengan cepat dan diserap melalui kulit. Kondisi lingkungan dengan suhu tinggi dapat memperburuk dampak negatif dari paparan bahan kimia tersebut terhadap kesehatan. (Nur dkk., 2021).

Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) Nomor 70 Tahun 2016 menetapkan bahwa batas aman kadar partikel respirabel (partikel yang dapat terhirup masuk ke paru-paru) untuk kegiatan industri, seperti pengecatan mobil, adalah sebesar 3 mg/m³. Artinya, jika seorang melakukan pekerjaan selama 8 jam per hari atau 40 jam per minggu, maka ia tidak boleh terpapar partikel lebih dari ambang batas tersebut. Debu yang terbentuk selama proses pengamplasan untuk meratakan permukaan cat menjadi salah satu sumber utama pencemaran udara di area kerja bengkel pengecatan mobil. Gangguan sistem pernapasan lebih mungkin terjadi pada pekerja yang terpapar debu secara terus-menerus (Nur dkk., 2021).

C. Urin

Cairan sisa hasil penyaringan darah oleh ginjal sehingga dikeluarkan dari dalam tubuh melalui proses berkemih (urinasi). Proses ekskresi urin berfungsi untuk menjaga keseimbangan cairan tubuh (homeostasis) serta membuang zat-zat sisa metabolisme dari dalam darah. Komposisi urin dapat mencerminkan kemampuan ginjal dalam mempertahankan zat-zat penting yang dibutuhkan tubuh, serta menunjukkan seberapa baik ginjal menjaga keseimbangan fungsi metabolik dan kestabilan kondisi internal tubuh (Putri dkk., 2023).

Warna pada urin seseorang dapat menunjukkan kondisi tertentu dalam tubuh. Warna urin berwarna kuning biasanya disebabkan oleh keberadaan bilirubin, sedangkan warna hijau dapat menandakan infeksi bakteri seperti *Pseudomonas aeruginosa*. Warna merah pada urin umumnya berasal dari kandungan hemoglobin, porfirin, atau porfobilin. Warna cokelat dapat diakibatkan oleh bilirubin, hematin, atau porfobilin, sementara urin yang berwarna cokelat tua hingga hitam bisa disebabkan oleh darah lama, alkapton, atau melanin. Selain itu, urin yang tampak seperti susu biasanya mengandung nanah, cairan dari kelenjar prostat, chylus (getah bening berlemak), lemak, protein yang menggumpal, atau bakteri (Putri dkk., 2023).

Berdasarkan waktu pengumpulan sampel urin, dapat dibedakan jenis urin yaitu:

1. Urin sewaktu

   Urin yang dikumpulkan tanpa mengikuti waktu pengambilan tertentu. Sampel urin ini umumnya digunakan pada pemeriksaan rutin atau tes laboratorium.

2. Urin pagi

   Urin pagi adalah spesimen urin yang di ambil saat pagi hari setelah bangun tidur dan belum mengkonsumsi apapun baik itu, makanan atau minuman. Urin pagi memiliki kepekatan tinggi yang dapat mendeteksi bahan kimia sehingga baik untuk pemeriksaan sedimen.

3. Urin puasa

   Urin puasa adalah spesimen urin yang dikumpulkan setelah melakukan puasa selama 10 sampai 12 jam, di mana individu tidak diperbolehkan makan maupun minum dalam rentang waktu tersebut. Pemeriksaan ini digunakan untuk mendukung diagnosis termasuk diabetes melitus (DM).

4. Urin post prandial

   Urin post prandial adalah spesimen urin yang dikumpulkan 2 jam setelah makan (setelah sebelumnya puasa). Penggunaan urin bertujuan untuk mengetahui efektivitas metabolisme glukosa dalam tubuh.

5. Urin 24 jam

   Urin 24 jam adalah spesimen urin yang dikumpulkan selama periode 24 jam. Spesimen ini umumnya digunakan untuk mengukur kadar zat-zat tertentu dalam urin secara kuantitatif, seperti ureum, kreatinin, natrium, dan lainnya.

D. Instrumen Analisis Fenol

Penetapan kadar merupakan salah satu parameter penting dalam monografi yang harus dipenihi untuk memastikan stabilitas dan reaktivitas benzena (Umar dkk., 2021). Beberapa instrumen analisis penetapan kadar fenol akibat paparan benzena dalam sampel biologis, termasuk darah, plasma dan urin, digunakan berbagai instrument seperti metode spektrofotometri UV-Vis, GC-MS serta kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC).

1. Spektrofotometer UV-Vis

Salah satu instrumen alat yang biasa digunakan dalam praktikum kimia analisis instrumental adalah spektrofotometer UV-Vis. Instrumen ini dapat menganalisis unsur serta senyawa pada rentang panjang gelombang ultraviolet hingga cahaya tampak (*visible*). Spektrofotometer ini sangat umum digunakan untuk menganalisis sampel larutan, baik yang berwarna maupun yang tidak berwarna, karena memiliki kemudahan dalam penggunaan, proses yang cepat, praktis, dan akurat. (Zurweni & Sanova, 2023).

Senyawa berwarna memiliki panjang gelombang dalam kisaran 200 hingga 600 nanometer (nm), sedangkan senyawa tidak berwarna memiliki panjang gelombang antara 200 hingga 400 nanometer (nm). Spektrum spektrofotometer UV-Vis mengukur penyerapan cahaya oleh suatu senyawa pada daerah ultraviolet (200-400 nm) dan cahaya tampak (400-800 nm). Penyerapan cahaya ultraviolet atau cahaya tampak menyebabkan terjadinya transisi elektronik, di mana elektron dipindahkan dari orbital keadaan dasar yang berenergi rendah ke orbital yang lebih tinggi (Abriyani dkk., 2022).

Keunggulan dari spektrofotometer UV-Vis meliputi kemampuannya dalam melakukan analisis terhadap zat dan sifat bahan organik maupun anorganik, bersifat selektif, serta memiliki tingkat ketelitian yang tinggi dengan kesalahan relatif antara 1%

hingga 3%. Instrumen ini memungkinkan proses analisis dilakukan dengan cepat dan akurat, bahkan mampu mengukur jumlah zat dalam kadar yang sangat kecil. Selain itu, hasil pengukuran yang diperoleh cukup akurat karena detektor secara langsung mencatat nilai yang terbaca dan menyajikannya dalam bentuk angka digital atau grafik (Rohmah dkk., 2021).

Cara kerja spektrofotometer UV-Vis dimulai dari cahaya yang dipancarkan oleh sumber radiasi, kemudian diarahkan ke monokromator untuk dipisahkan berdasarkan panjang gelombangnya. Setelah itu, cahaya yang telah dipisahkan dipantulkan oleh cermin yang berputar dan dialirkan secara bergantian melalui sampel. Detektor kemudian menangkap cahaya yang melewati sampel secara berulang, lalu mengubahnya menjadi sinyal listrik. Sinyal ini diproses dan dikonversi menjadi data digital, yang hasilnya ditampilkan dalam bentuk angka atau grafik. Seluruh proses perhitungan dilakukan oleh komputer yang telah diprogram sebelumnya (Zurweni & Sanova, 2023).

Alat spektrofotometer UV-Vis sering dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi menurut (Suhanda, 2022) seperti yang tercantum dibawah ini:

a) Menentukan jenis kromofor, yaitu ikatan rangkap yang terkonjugasi dan auksokrom dari suatu senyawa organik.

b) Memberi penjelasan atau informasi dari struktur berdasarkan panjang gelombang maksimum suatu senyawa.
c) Menganalisis senyawa organik secara kuantitatif dengan menggunakan hukum *Lambert-Beer*.

Spektrofotometri merupakan metode analisis yang dipakai untuk mengukur konsentrasi suatu kontaminan berdasarkan penyerapan cahaya pada panjang gelombang tertentu oleh larutan yang mengandung kontaminan tersebut. Proses ini dikenal sebagai 'absorbsi spektrofotometri'. Jika panjang gelombang yang digunakan berada dalam rentang cahaya tampak, maka metode ini disebut sebagai kolorimetri. Selain itu, spektrofotometri juga dapat digunakan untuk mengukur penyerapan cahaya pada panjang gelombang ultraviolet dan inframerah, tergantung pada jenis kontaminan yang dianalisis (Abriyani dkk., 2022).



Gambar 2.2 Spektrofotometer UV-Vis
(Sumber: Hokcu, 2022).

Dalam instrumentasinya spektrofotometer UV-Vis di lengkapi dengan lima komponen utama (Zurweni & Sanova, 2023), yaitu:

a) Sumber Radiasi (*Radiation Source*)

Lampu pijar tungsten secara luas dimanfaatkan sebagai sumber energi cahaya dalam spektrum tampak, serta pada wilayah ultraviolet dekat dan inframerah dekat.

b) Tempat Sampel (*Sample Place*)

Dalam proses spektrofotometri, umumnya memakai larutan sampel yang dimasukkan ke dalam kuvet, agar dapat dilewatkan oleh berkas cahaya dari spektrofotometer. Sel atau kuvet ini biasanya terbuat dari bahan transparan seperti kaca kuarsa atau kaca silika dengan kemurnian tinggi, yang mampu mentransmisikan cahaya pada wilayah spektrum tertentu, khususnya pada daerah cahaya tampak.

c) Monokromator (*Monochromator*)

Monokromator ini adalah perangkat optik yang berfungsi ungtuk mengisolasi berkas radiasi dari sumber kontinu, yang berkasnya memiliki kemurnian spektral tinggi dengan panjang gelombang yang diinginkan. Radiasi dari sumber difokuskan ke celah masuk serta disejajarkan oleh lensa atau cermin sehingga berkas paralel jatuh ke elemen pendispersi, prisma atau kisi difraksi. Dengan memutar prisma atau kisi secara mekanis, berbagai bagian spektrum yang dihasilkan oleh pendispersi memastikan konsentrasi di celah

keluar dari sana, bagian-bagian tersebut bertemu dengan sampel dengan cara optik lainnya.

d) Detektor (*Detector*)

Detektor memiliki kemampuan untuk merespons radiasi pada berbagai panjang gelombang. Zat yang keluar dari kolom dapat diidentifikasi melalui beberapa metode, salah satunya adalah menggunakan penyerapan sinar ultraviolet, yang merupakan teknik standar dan mudah diterapkan. Sebagian besar bahan organik memiliki kemampuan menyerap sinar ultraviolet pada panjang gelombang tertentu. Dengan memancarkan sinar ultraviolet pada larutan yang keluar dari kolom, dan menempatkan detektor di sisi berlawanan, Anda dapat mendeteksi keberadaan dan konsentrasi senyawa tersebut berdasarkan tingkat penyerapan cahaya yang terjadi.

e) Perekam/Pembacaan (*Rekorder/Readout*)

Komponen instrumentasi yang disebut perekam digunakan untuk merekam hasil dari proses analisis sampel kimia. Sinyal direkam sebagai spektrum dalam bentuk puncak. Spektrum serapan merupakan grafik yang menggambarkan hubungan antara nilai absorbansi yang ditempatkan pada sumbu Y (ordinat) dan panjang gelombang pada sumbu X (absis).

2. GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*)

Pengujian dengan alat tersebut dimanfaatkan untuk mengidentifikasi dan mengukur senyawa dalam sampel yang kompleks dan mudah menguap. Metode ini memungkinkan dilakukannya analisis kualitatif maupun kuantitatif. Istrumen alat terdiri dari dua sistem utama, yaitu kromatografi gas dan spektrometri massa. Spektrometri massa berperan dalam mengidentifikasi massa molekul, rumus kimianya, dan ion bermuatan dari suatu senyawa. Sebaliknya, kromatografi gas dimanfaatkan untuk memisahkan komponen senyawa yang bersifat mudah menguap melalui proses pemanasan di bawah tekanan rendah dan kondisi vakum tinggi (Isnaini dkk., 2024).



Gambar 2.3 GC-MS
(Sumber: Wulandari, 2024).

Langkah GC mendahului langkah MS, di mana sampel diuapkan dan dilewatkan melalui kolom untuk memisahkan komponen berdasarkan daya tarik diferensialnya terhadap material kolom. Senyawa yang diidentifikasi pada puncak setiap fraksi direpresentasikan dalam bentuk informasi seperti waktu retensi (Rt)

dan % luas puncak. Hasil data yang diperoleh berupa kromatogram sebagai representasi grafis dari data yang menunjukkan intensitas ion yang terdeteksi sebagai fungsi waktu. Setiap puncak dalam kromatogram mewakili senyawa yang ada dalam sampel. Ketinggian atau luas puncak sesuai dengan konsentrasi senyawa (Wulandari, 2024).

3. HPLC (*high performance liquid chromatography*)

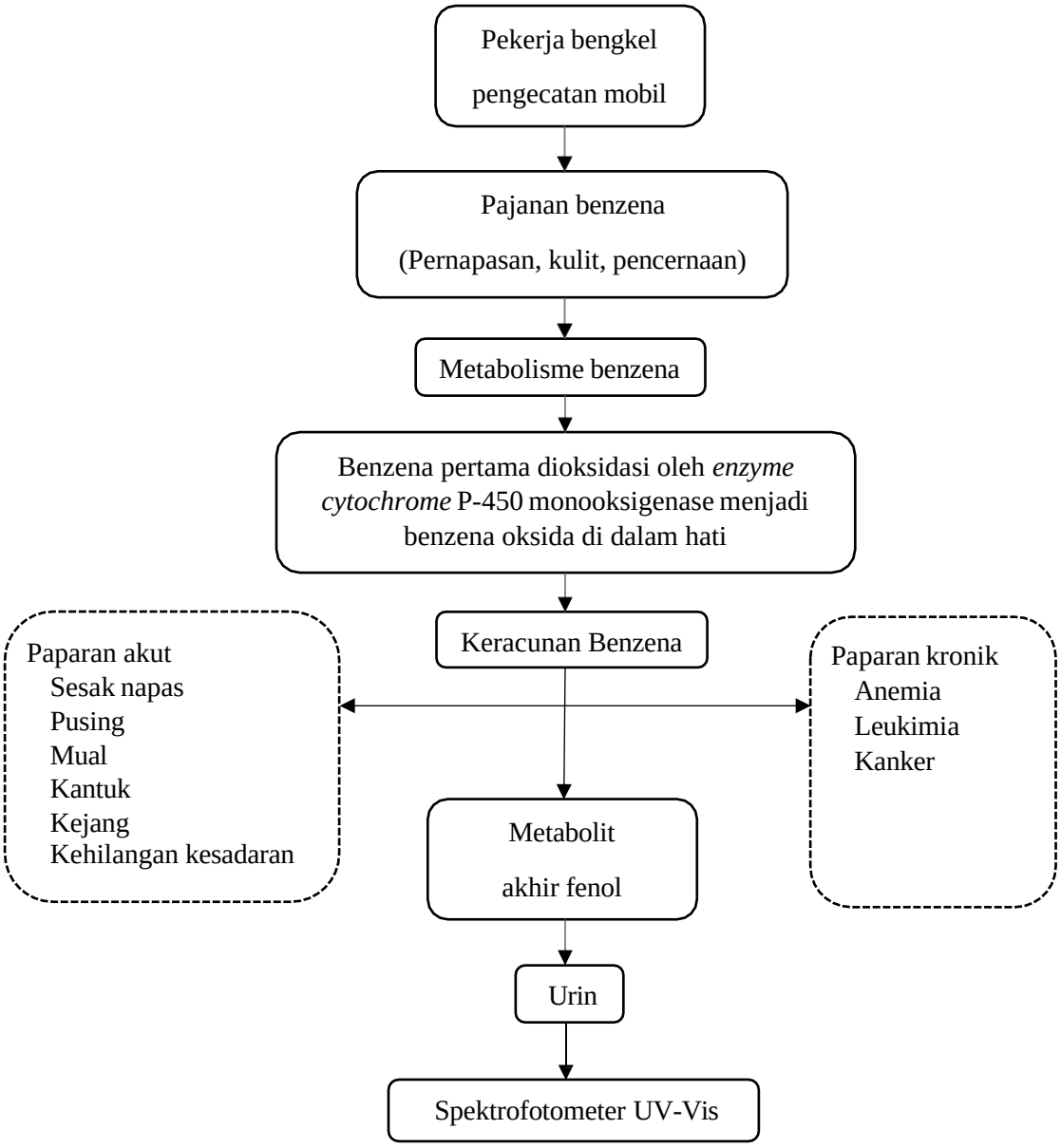
Senyawa BTX (benzena, toluena dan xilena) diketahui dapat dianalisis dengan alat HPLC dengan detektor fluoresensi menggunakan β-siklodekstrin sebagai fase diamnya dan sampel dipreparasi dengan ekstraksi cair menggunakan pelarut metilen klorida dan etil asetat (Panggabean dkk., 2019).

Metode yang memiliki selektivitas tinggi, seperti kromatografi cair kinerja tinggi mampu menghasilkan data analisis yang akurat sesuai dengan yang diharapkan. Berkat kemampuan pemisahan yang sangat baik, metode ini unggul dalam mendeteksi dan memisahkan senyawa meskipun dalam jumlah yang sangat kecil. Selain itu, HPLC efisien karena waktu analisisnya relatif singkat dan memiliki resolusi tinggi terhadap berbagai senyawa kimia. Namun, dalam analisis kromatografi, salah satu kendala yang sering ditemui adalah terjadinya puncak yang tidak terpisah dengan baik pada kromatogram sampel uji, yang mengakibatkan pelebaran puncak. Selain itu, penentuan kondisi operasi yang optimal sering

kali sulit dan memerlukan waktu yang lama, terutama jika penggunaan fase gerak menjadi kurang efisien. Permasalahan semakin kompleks apabila selama proses pengujian tidak dilakukan penyesuaian terhadap komposisi fase gerak, laju alir, maupun penambahan asam (Fertiasari dkk., 2023).

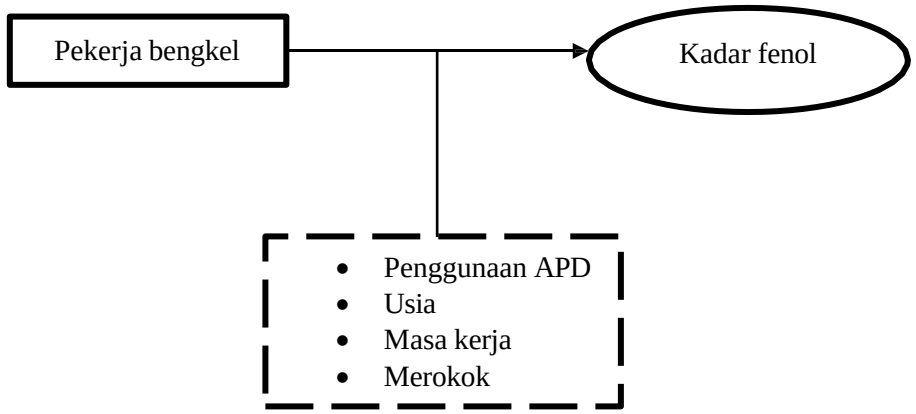
Metode HPLC bekerja dengan memisahkan komponen analit berdasarkan tingkat kepolarannya. Dalam proses pemisahan, setiap senyawa dalam campuran yang keluar dari kolom dapat langsung dideteksi menggunakan detektor, lalu hasilnya direkam dalam bentuk kromatogram. Pada kromatogram tersebut, jumlah puncak menunjukkan banyaknya komponen dalam campuran, sedangkan luas masing-masing puncak mencerminkan konsentrasi dari setiap komponen (Fertiasari dkk., 2023).

E. Kerangka Teori



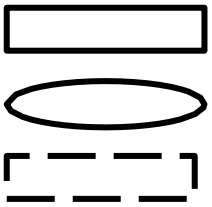
Gambar 2.4 Bagan Kerangka Teori

F. Kerangka Konsep



Gambar 2.5 Bagan Kerangka Konsep

Keterangan:



: Variabel Independent

: Variabel Dependent

: Variabel Perancu

G. Definisi Operasional

1. Fenol adalah salah satu parameter pemeriksaan paparan benzena pada pekerja bengkel pengecatan mobil. Dimana nilai kadar normal fenol dalam urin yaitu dibawah 10 mg/L (Permenkes, 2017).
2. Benzena adalah zat toksik yang terkandung didalam bahan kimia pengecatan mobil.
3. Urin pagi adalah spesimen tubuh berupa cairan yang digunakan untuk pemeriksaan kadar fenol.
4. Pekerja bengkel pengecatan mobil adalah seseorang yang bekerja dibengkel pengecatan mobil diwilayah Kecamatan Tamalate.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode kuantitatif menggunakan desain *Cross Sectional*. Desain *Cross Sectional* merupakan jenis penelitian yang menekankan waktu observasi ataupun pengukuran data dari variabel, dan tergantung hanya satu kali pada suatu saat.

B. Lokasi Dan Waktu Penelitian

1. Lokasi Penelitian

   Lokasi pengambilan sampel dilakukan pada bengkel pengecatan mobil yang berada di wilayah Kecamatan Tamalate. Lokasi penelitian ini yaitu di Laboratorium Kimia Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

2. Waktu Penelitian

   Penelitian ini dilakukan pada tanggal 25 April s/d 10 Mei 2025.

C. Populasi dan Sampel Penelitian

1. Populasi Penelitian

   Populasi dalam penelitian ini adalah pekerja bengkel pengecatan mobil sebanyak 40 orang dengan menggunakan *random sampling*.

2. Sampel Penelitian

   Pada penelitian ini digunakan urin pagi pekerja bengkel pengecatan mobil di wilayah Kecamatan Tamalate.

D. Kriteria Penelitian

1. Kriteria Inklusi

   Kriteria inklusi adalah subjek penelitian yang dapat mewakili dan memenuhi syarat sebagai sampel penelitan

   a. Bersedia menjadi responden
   b. Jenis kelamin laki-laki
   c. Umur 20-59 tahun
   d. Tercatat telah bekerja di bengkel pengecatan mobil selama > 6 bulan
   e. Tidak merokok dan perokok kategori ringan

2. Kriteria Eksklusi

   a. Perokok kategori sedang dan berat
   b. Penggunaan obat-obatan paracetamol secara rutin

E. Alat dan Bahan

1. Alat

   Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu alat spektrofotometer UV-Vis, kuvet, vortex, neraca analitik, labu takar, pipet ukur, tabung reaksi, gelas kimia, batang pengaduk, rak tabung, sendok tanduk, dan *cool box* untuk menyimpan sampel urin.

2. Bahan

   Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu larutan 4-aminoantipyrine 2%, larutan kalium ferisianida $K_3Fe(CN)_6$ 1%, larutan ammonium klorida NH_4CI 10%, larutan standar fenol (C_6H_5OH), *water*

one, ice pack untuk mengawetkan sampel sebelum dianalisis, pot sampel urin (50 ml) untuk wadah sampel.

F. Prosedur Kerja

1. Pra Analitik

a. Pengambilan sampel urin

Pengambilan sampel urin dilakukan oleh pekerja bengkel tersebut, dengan memberikan pot sampel urin kepada para pekerja bengkel pengecatan mobil di wilayah Kecamatan Tamalate yang menjadi responden. Adapun prosedur dari pengambilan sampel urin yaitu pot sampel urin diberikan label yang berisi kode dan inisial nama para responden. Kemudian pot sampel yang telah berisi urin dimasukkan ke dalam *cool box* yang berisi *ice pack.*

b. Preparasi sampel

Urin diambil masing-masing sebanyak 5 ml dipipet menggunakan pipet ukur lalu di masukkan ke dalam labu takar 10 ml. Kemudian ditambahkan *water one* ke dalam labu takar 10 ml tersebut sampai tanda batas lalu dihomogenkan. Setelah itu, dimasukkan larutan tersebut ke dalam tabung reaksi. Urin yang terdapat dalam tabung reaksi tersebut dipipet masing-masing sebanyak 5 ml kemudian dimasukan ke dalam tabung reaksi yang lain. Lalu ditambahkan larutan NH_4Cl 10% masing-masing sebanyak 0,5 ml. Lalu ditambahkan masing-masing sebanyak 0,2 ml larutan 4-aminoantipyrine, dihomogenkan. Kemudian ditambahkan $K_3Fe(CN)_6$ 1% masing-masing sebanyak 0,2 ml lalu dihomogenkan menggunakan vortex

lalu inkubasi selama 15 menit. Setelah 15 menit, tuang larutan ke dalam kuvet sampai tanda batas lalu masukan pada alat spektrofotometer UV-Vis untuk dianalisis.

c. Pemeriksaan kadar fenol dalam urin

1) Metode

Spektrofotometri dengan reagen 4-aminoantipirin.

2) Prinsip

Prinsip metode ini adalah semua fenol akan bereaksi 4-aminoantipirin pada pH 10 dengan larutan kalium ferisianida dalam suasana basa. Kalium ferisianida akan membentuk warna merah kecoklatan dari antipirin. Warna yang terbentuk diukur absorbansinya pada panjang gelombang 460 nm atau 500 nm.

2. Analitik

a. Pembuatan larutan induk fenol 1000 ppm

Pembuatan larutan standar yaitu ditimbang kristal fenol sebanyak 0,05 g kemudian larutkan dengan *water one* 10 mL didalam gelas kimia, kemudian pindahkan ke labu takar volume 50 mL, setelah itu ditambahkan *water one* sampai tanda batas lalu di homogenkan.

b. Pembuatan larutan fenol 500 ppm

Dipipet 25 mL fenol 1000 ppm ke dalam labu takar 50 ml. kemudian ditambahkan *water one* sampai tanda batas lalu dihomogenkan.

c. Pembuatan larutan fenol 50 ppm

Dipipet 5 mL fenol 500 ppm ke dalam labu takar 50 ml. kemudian ditambahkan *water one* sampai tanda batas lalu dihomogenkan.

d. Pembuatan larutan standar fenol

Untuk membuat larutan standar ini 2, 4, 6, 8 dan 10 ppm dilakukan dengan cara dipipet sebanyak 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 dan 2 ml fenol 50 ppm dimasukkan masing-masing ke dalam labu takar volume 10 mL dan ditambahkan aquades sampai tanda batas kemudian di homogenkan. Dipipet masing-masing 5 ml larutan standar 2, 4, 6, 8 dan 10 ppm ke dalam tabung reaksi. Kemudian ditambahkan larutan NH_4Cl 10% sebanyak 0.5 ml. Lalu ditambahkan sebanyak 0,2 ml larutan 4-aminoantipyrine dihomogenkan. Kemudian ditambahkan $K_3Fe(CN)_6$ 1% sebanyak 0,2 ml lalu dihomogenkan menggunakan vortex lalu inkubasi selama 15 menit. Setelah 15 menit, tuang larutan ke dalam kuvet sampai tanda batas lalu masukan pada alat spektrofotometer UV-Vis untuk dianalisis.

e. Penentuan panjang gelombang

Untuk menentukan panjang gelombang UV-Vis digunakan larutan standar 6 ppm diambil dan dituang ke dalam kuvet kemudian, masukan ke dalam alat. Dan di setel di komputer untuk menentukan panjang gelombang maksimum diukur serapan pada rentang panjang gelombang yang digunakan yaitu 400 nm sampai 600 nm.

f. Analisa sampel urin dengan spektrofotometer UV-Vis

Setelah penentuan panjang gelombang dan mengukur absorbansi larutan standar. Sampel dituangkan ke dalam kuvet, setelah itu dimasukan kedalam alat lalu tekan OK tunggu beberapa detik sehingga hasil akan muncul di layar komputer.

g. Pembuatan kurva larutan standar fenol

Kurva dibuat dengan mengukur absorbansi deret larutan standar, Absorbansi diukur dengan panjang gelombang 513 nm dengan menggunakan pereaksi 4-aminoantipirin dengan spektrofotometer UV-Vis. Terlebih dahulu dibuat grafik kemudia kurva, hubungan absorbansi di sumbu Y dan konsentrasi di sumbu X. Konsentrasi fenol ditentukan dengan rumus Y= ax+b sehingga nanti akan diperoleh persamaan garis linear dari kurva dengan rumus Y= ax+b.

3. Pasca Analitik

Kadar normal fenol urin yaitu: dibawah 10 mg/L (Permenkes, 2017).

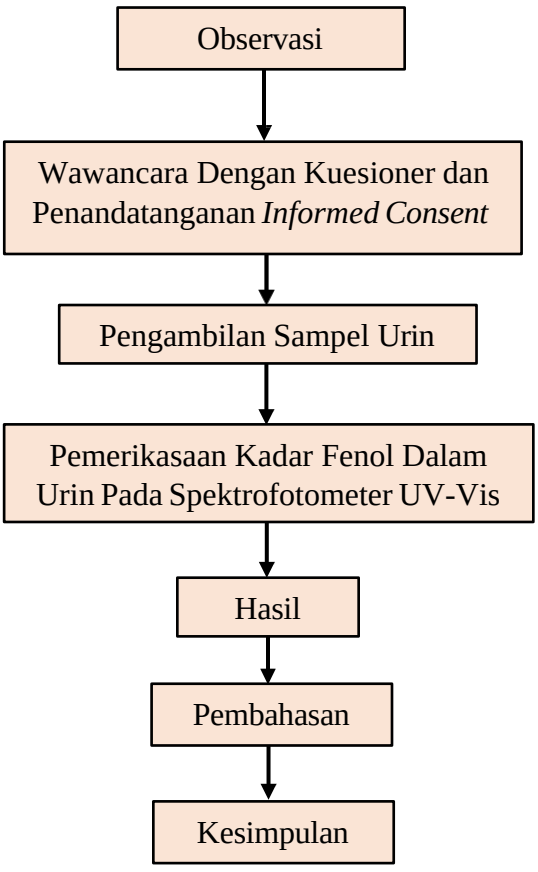
G. Teknik Penggumpulan Data

Dilakukan pendekatan kepada subjek dengan cara wawancara langsung dengan responden serta mengisi kuesioner, penandatanganan *informed consent* dan proses pengumpulan ciri-ciri subjek yang dibutuhkan dalam penelitian, kemudian melakukan pemeriksaan dengan mengumpulkan sampel urin pagi yang selanjutnya dilakukan analisis kadar fenol dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

H. Analisis Data

Analisis data yang digunakan dengan mengelola secara kuantitatif yaitu menganalisa data berdasarkan kualitasnya, kemudian di deskripsikan dalam bentuk tabel dan grafik.

I. Alur Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian

J. Etika Penelitian

1. *Informed Consent* (Lembar Pengesahan)

   Lembaran ini diberikan sebelum penelitian dilakukan, Pengisian lembar persetujuan partisipasi sebagai responden bertujuan agar subjek memahami maksud, tujuan, dan mengetahui potensi dampaknya.

2. *Anonymity* (Tanpa Nama)

   Dalam pelaksanaan penelitian, nama subjek tidak dicantumkan pada lembar data. Peneliti hanya menggunakan kode untuk menjaga kerahasiaan identitas.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan di Laboratorium Kimia, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Penelitian ini dilakukan pada hari Jumat 09 Mei 2025, sampel yang digunakan adalah sampel urin yang berasal dari pekerja bengkel pengecatan mobil yang berada di Kecamatan Tamalate dengan jumlah subjek dari populasi sebanyak 20 responden yang memenuhi kriteria pada penelitian ini.

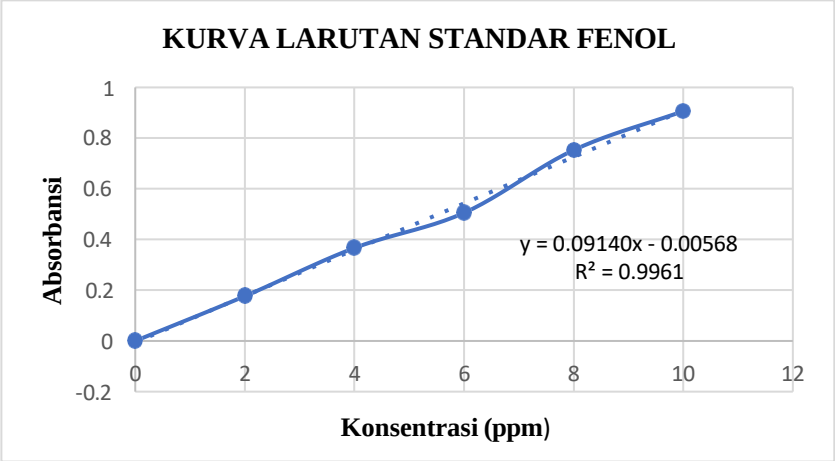
Adapun hasil penelitian ini diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil pengukuran absorbansi larutan standar fenol

NO.	Konsentrasi Larutan Standar (ppm)	Absorbansi 513 nm
1.	2	0.1768
2.	4	0.3668
3.	6	0.5052
4.	8	0.7528
5.	10	0.9063

Sumber: Data primer 2025

Dari tabel 4.1 di atas dapat lihat absorbansi yang dihasilkan dari beberapa konsentrasi larutan standar dan dapat dibuat kurva larutan standar fenol seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1 di bawah ini:



Gambar 4.1 Kurva larutan standar fenol

Dari gambar di atas dapat dilihat semakin besar konsentrasi larutan standar, maka semakin tinggi juga nilai absorbansi yang diperoleh. Dari grafik tersebut dapat diperoleh persamaan garis regresi linear y =0,09140x - 0,0057 dengan koefisien regresi R^2 = 0,9961. Dari persamaan tersebut dapat diperoleh kadar fenol urin pekerja bengkel pengecatan mobil dengan data nilai absorbansi sampel disajikan dalam tabel 4.2 di bawah ini:

Tabel 4.2 Data hasil penentuan kadar fenol urin pekerja bengkel pengecatan mobil Kecamatan Tamalate dengan alat Spektrofotometer UV-Vis.

NO	Kode Sampel	Absorbansi 513nm	Kadar Fenol (ppm)
1.	A1	0.2325	2,6
2.	A2	0.5261	5,8
3.	A3	0.5305	5,8
4.	A4	0.5074	5,6
5.	A5	0.3651	4,0
6.	A6	0.2569	2,8
7.	A7	0.3650	4,0
8.	A8	0.2122	2,3
9.	A9	0.1870	2,1

10.	A10	0.2923	3,2
11.	A11	0.2529	2,8
12.	A12	0.2905	3,2
13.	A13	0.5173	5,7
14.	A14	2.2016	24,1
15.	A15	0.1792	2,0
16.	A16	0.2713	3,0
17.	A17	0.4981	5,5
18.	A18	0.3116	3,4
19.	A19	0.2595	2,9
20.	A20	0.3868	4,2

Dari tabel 4.2 di atas dapat dilihat nilai kadar fenol urin berdasarkan absorbansi dengan panjang gelombang 513 nm. Dari hasil yang didapatkan hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi kadar fenol tertinggi pada sampel kode A14 yaitu 24,1 mg/L dan terendah terdapat pada sampel kode A15 yaitu 2,0 mg/L. Dari hasil tersebut, dapat diperoleh rata-rata kadar fenol urin pekerja bengkel pengecatan mobil Kecamatan Tamalate yaitu; 4.7 mg/L. Adapun data yang diperoleh berdasarkan kuesioner penelitian yang berisi mengenai informasi yang mendukung hasil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Distribusi partisipan berdasarkan kelompok usia

Tabel 4.3 Distribusi Partisipan Berdasarkan Kelompok Usia

NO.	Kode Sampel	Usia	Jumlah	Presentase (%)
1.	A1, A6, A8, A9, A11, A15,	20-30 tahun	6	30%
2.	A16, A19	31-40 tahun	2	10%
3.	A4, A5, A7, A10, A12, A18, A2O	41-50 tahun	7	35%
4.	A2, A3, A13, A14, A17	51-59 tahun	5	25%
	Total		**20**	**100%**

Sumber: Data Primer, 2025

Berdasarkan dari tabel 4.3 menunjukkan bahwa usia partisipan yang paling banyak terdapat pada rentang umur 41-50 tahun yaitu sebanyak 7 orang (35%).

2. Distribusi partisipan berdasarkan kebiasaan merokok

Tabel 4.4 Distribusi Partisipan Berdasarkan Kebiasaan Merokok

NO.	Kode Sampel	Merokok	Jumlah	Presentase (%)
1.	A5, A6, A8, A11, A15, A18, A19, A20	Tidak	8	40%
2.	A1, A2, A3, A4, A7, A9, A10, A12, A13, A14, A16, A17	Ya (ringan)	12	80%
Total			**20**	**100%**

Sumber: Data Primer, 2025

Berdasarkan dari tabel 4.4 diatas, menunjukkan bahwa 20 sampel responden dengan perilaku kebiasaan merokok (ringan) berjumlah 12 orang dan responden yang tidak merokok berjumlah 8 orang.

3. Distribusi partisipan berdasarkan jam kerja/hari

Tabel 4.5 Distribusi Partisipan Berdasarkan Durasi Kerja

NO.	Kode Sampel	Durasi Kerja	Jumlah	Presentase (%)
1.	A1, A6, A11, A16, A20	8 jam/hari	5	25%
2.	A2, A3, A4, A5, A7, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19	10 jam/hari	15	75%
Total			**20**	**100%**

Sumber: Data Primer, 2025

Berdasarkan dari tabel 4.5 menunjukkan bahwa 20 sampel responden dengan durasi kerja terbanyak dengan durasi 10 jam berjumlah 15 orang (75%).

4. Distribusi partisipan berdasarkan masa kerja

Tabel 4.6 Distribusi Partisipan Berdasarkan Masa Kerja

NO.	Kode Sampel	Masa Kerja	Jumlah	Presentase (%)
1.	A1, A8, A9, A10, A15, A16	6 bulan – 2 tahun	6	30%
2.	A5, A6, A7, A11, A12, A17, A18, A19	3-4 tahun	8	40%
3.	A2, A3, A4, A13, A14, A20	5-6 tahun	6	30%
Total			**20**	**100%**

Sumber: Data Primer, 2025

Berdasarkan dari tabel 4.6 menunjukkan bahwa masa kerja partisipan yang paling banyak terdapat pada rentang 3-4 tahun yaitu sebanyak 8 orang (40%).

B. Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk menggambarkan kadar fenol dengan menggunakan sampel urin pekerja bengkel khususnya pada pengecatan mobil yang berada di Kecamatan Tamalate Kota Makassar. Kondisi bengkel yang memiliki tempat yang cukup luas serta banyak dikunjungi orang yang membuat bengkel tersebut sangat ramai. Bengkel adalah tempat dimana seorang pekerja baik pada bagian mekanik ataupun pengecatan melakukan pekerjaannya melayani perbaikan dan perawatan kendaraan. Didalam bengkel tersebut proses pengecatan mobil menggunakan berbagai bahan kimia berbahaya, seperti VOC (umumnya berupa solvent atau tiner), resin, timbal, kromium, kadmium, merkuri, isosianat, dan hidrokarbon. Zat-zat ini bersifat toksik dan tergolong karsinogenik. sehingga apabila masuk

kedalam tubuh, akan bersifat toksik salah satunya yaitu benzena. Sebanyak 20 sampel telah di teliti di Laboratorium Kimia, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar untuk mengetahui kadar fenol akibat paparan benzena.

Pada penelitian ini dilakukan dengan tahap awal yaitu sampel urin yang dikumpulkan dibawa ke laboratorium dilakukan pengenceran dengan ditambahkan dengan aquabidest. Penambahan aquabidest bertujuan untuk mengencerkan urin, agar urin tidak pekat karena alat spektrofotometer UV-Vis membaca sampel dengan konsentrasi paling kecil. Kemudian sampel yang sudah diencerkan, dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan di tambahkan larutan amonium klorida (NH_4CI) untuk memisahkan dan mengikat fenol yang ada di dalam urin. Setelah itu, dilakukan penambahan larutan 4-aminoantipirin sebagai pereaksi untuk mengikat fenol agar pembacaan hasil pada alat sesuai. Kemudian di tambahkan larutan kalium ferisianida $K_3Fe(CN)_6$ untuk memberikan warna merah-kecoklatan. Selanjutnya di ukur nilai absorbansi masing-masing sampel dengan alat spektrofotometer UV-Vis dan di hitung kadar fenol dalam satuan ppm.

Dalam penelitian ini juga dilakukan penentuan panjang gelombang untuk mengetahui nilai absorbansi. Penentuan panjang gelombang maksimum ditentukan pada range 400-600 nm dengan nilai absorbansi tertinggi yaitu 0,224 pada panjang gelombang 513 nm, sehingga pengukuran absorbansi pada penentuan kurva standar dan pengukuran kadar fenol pada sampel dilakukan pada λ_{max} 513 nm. Pengukuran larutan standar untuk memperoleh kurva dengan konsentrasi larutan standar fenol 2 ppm, 4

ppm, 6 ppm, 8 ppm, dan 10 ppm, kurva digunakan untuk menentukan konsentrasi analit dalam sampel. Dengan panjang gelombang yang diperoleh yaitu 513 nm, maka didapatkan nilai absorbansi masing-masing 0,1768; 0,3668; 0,5052; 0,7528 dan 0,9063.

Berdasarkan hasil kadar fenol dalam urin yang diperoleh dari 20 sampel yang telah dianalisis, Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa adanya kadar fenol dalam urin melebihi standar yang telah ditentukan oleh Permenkes (2017) yaitu dibawah 10 mg/L. Pada sampel A14 memiliki kadar fenol paling tinggi yaitu 24,1 mg/L dan paling rendah adalah sampel A15 dengan kadar fenol 2,0 mg/L. Hal ini disebabkan karena masa kerja selama 6 tahun dan waktu bekerja 10 jam sehari dengan usia pekerja 52 tahun yang masuk kategori usia pra lansia atau pertengahan (*middle age*) serta mengonsumsi paracetamol yang dapat menjadi faktor pemicu karena adanya efek antipiretik dari paracetamol mengandung gugus amino benzena yang mampu menurunkan demam saat panas, Nisa (2022). Paracetamol adalah salah satu obat yang dikenal oleh banyak orang.

Faktor lain dapat berasal dari kebiasaan mengonsumsi teh seduh menurut, Noni (2007) teh mengandung komponen volatil (mudah menguap). Komponen volatil tersebut berperan dalam memberikan cita rasa yang khas pada teh. Bahan-bahan kimia dalam teh dibagi menjadi empat kelompok besar, salah satunya mengandung fenol. Fenol adalah senyawa kimia aromatik yang terdiri dari satu gugus hidroksil (-OH) yang terikat langsung pada cincin benzena.

Pada kadar fenol yang paling rendah dengan kode sampel A15 yaitu 2.0 mg/L. Hal ini disebabkan oleh masa kerja 1 tahun dan waktu bekerja 10 jam sehari serta memiliki usia yang masih muda 20 tahun. Dari kedua sampel ini dapat dilihat bahwa masa kerja, waktu atau durasi bekerja serta usia dapat mempengaruhi hasil dari kadar fenol tersebut. Adapun beberapa perilaku seseorang dapat menyebabkan kadar fenol meningkat yaitu tidak memakai alat pelindung diri seperti masker dan sarung tangan, kebiasaan merokok dan perilaku serta kebiasaan lainnya; seperti tidak semua pekerja mencuci tangan menggunakan sabun saat setelah bekerja.

Dari penelitian Setiowati (2018) yang mengemukakan lamanya waktu atau durasi bekerja akan mempengaruhi lama paparan benzena yang diterima pekerja sehingga menyebabkan kadar fenol urin yang tinggi pada pekerja. Perilaku seperti menggunakan masker, sarung tangan dan *higiene* juga mempengaruhi paparan benzena di tempat kerja, karena paparan benzena selain melalui udara juga dapat melalui kulit yang dapat diabsorbsi oleh tubuh.

Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian yang di lakukan Darwis (2018) menunjukkan bahwa usia berpengaruh terhadap daya tahan tubuh terhadap paparan zat toksik seperti benzena. Pada usia tertentu, risiko toksisitas meningkat khusunya pada usia lanjut di atas 45 tahun, karena fungsi organ mulai menurun, sehingga memengaruhi metabolisme dan kinerja otot. Susilawati (2023) dalam penelitiannya juga menunjukkan bahwa kebiasaan merokok berhubungan erat dengan peningkatan kadar

benzena dalam tubuh. Merokok dapat merusak silia dan menyebabkan iritasi saluran pernapasan, sehingga penyerapan benzena melalui saluran tersebut menjadi lebih mudah. Selanjutnya, masa kerja mengacu pada lamanya seseorang mengalami paparan bahan kimia secara terus-menerus. Benzena masuk ke dalam tubuh beredar mengikuti aliran darah dan terakumulasi di sumsum tulang, otak, serta jaringan lemak.

Selama 8–10 jam, kadar fenol dalam urin mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa adanya beberpa faktor seperti kondisi kesehatan, berat badan, kondisi mukosa lambung, dan kadar air dalam tubuh memengaruhi kecepatan metabolisme dan penyerapan fenol.

Dari penelitian Maywati (2012), kadar fenol yang melebihi batas normal menandakan tingginya paparan benzena, sehingga risiko keracunan perlu diwaspadai. Semakin tinggi kadar fenol dalam urin dapat diamsumsikan semakin berat juga tingkat pemaparan benzena.

Mengingat paparan benzena dalam ruangan cenderung lebih tinggi dan berdampak buruk bagi kesehatan. Oleh karena itu, paparan benzena perlu diwaspadai. Jalur masuknya benzena ke dalam tubuh manusia dapat melalui tiga rute yaitu melalui inhalasi, absorbsi kulit/mata, dan melalui ingesti. Benzena di dalam hati, pertama-tama dioksidasi oleh *enzyme cytochrome* P-450 menjadi benzene oksida, kemudian dimetabolisme lebih lanjut melalui tiga proses utama. Pertama, beberapa reaksi merusak cincin untuk membentuk t,t-mukonaldehida, yang kemudian dioksidasi menjadi asam mukonik. Selanjutnya, beberapa reaksi membentuk konjugat dengan

glutation, yang diekskresikan melalui urin sebagai asam fenil merkapturat. Ketiga, proses pengaturan ulang secara non-enzimatis untuk membentuk fenol (Mahdalena dkk., 2024). Paparan utama benzena, terutama di lingkungan kerja, berasal dari inhalasi serta ingesti, percikan ke mata, dan penyerapan melalui kulit juga berkontribusi sebagai sumber paparan yang kecil.

Paparan paling mudah terjadi dan sering dialami oleh pekerja yaitu dalam bentuk uap sehingga mengalami gejala yang paling banyak dilaporkan di antara lain kelelahan, sakit kepala, pusing. Gejala yang lebih spesifik akibat toksisitas benzena antara lain nyeri dada, perdarahan/epistaksis, dan anemia. Selain itu, pekerja juga dapat mengalami kantuk, kelemahan otot, sakit tenggorokan, hingga kehilangan kesadaran. Maka dari itu, pemakaian alat pelindung diri (APD) pada ruang lingkup industri sebagai komponen penting dalam mencegah dan mengurangi risiko kesehatan pekerja yang terpapar dengan bahan atau zat kimia seperti benzena.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Adapun hasil dalam penelitian ini; dengan mengukur kadar fenol dalam urin 20 pekerja bengkel pengecatan mobil yang berlokasi di Kecamatan Tamalate terlihat adanya paparan benzena. Namun, terdapat 1 sampel dengan kode A14 sebesar 24,1 mg/L yang menunjukkan bahwa nilai tersebut melebihi batas aman yang ditetapkan oleh Permenkes (2017) yaitu dibawah 10 mg/L.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disarankan kepada:

1. Pekerja bengkel harus selalu menggunakan sarung tangan saat bekerja dan memakai masker dengan cara yang benar untuk mengurangi resiko paparan benzena.
2. Peneliti selanjutnya disarankan untuk menggunakan metode dan alat yang lebih spesifik lagi dan sampel seperti rambut dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

Abriyani, E., Putri, N. S., Rosidah, R. S. N., & Ismanita, S. S. (2022). Analisis Kafein Menggunakan Metode Uv-Vis. *Jurnal Pendididkan Dan Konseling*, *4*(6), 12732–12739.

Aldi, D. (2024). Dampak pencemaran benzena terhadap lingkungan serta mekanismenya dalam memicu kanker. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*, *8*(1), 87–98.

Arif, D. S. F., Albab, S. A., Wibisono, G., & Mahendra, A. D. (2024). Pelatihan Cat Bodi Sepeda Motor Menggunakan Metode Spray Pada Masyarakat Desa Pelemkerep. *Jurnal Hikmah Pengabdian Kepada Masyarakat*, *2*(3), 22–28..

Bestari, E. M., Sudarmaji, & Sulistyorini, L. (2019). Sumber Benzena, Karakteristik Dan Kadar Hemoglobin Mekanik Bengkel Motor AHASS Kota Kediri. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, *11*(4), 293–299.

BPJS Ketenagakerjaan. (2023). Laporan Jumlah Kecelakaan Kerja Di Indonesia. https://www.bpjsketenagakerjaan.go.id/berita/28681/Kecelakaan-Kerja-Makin-Marak-dalam-Lima-Tahun-Terakhir.

Christiansi, W. Y., & Keman, S. (2022). Hubungan Pajanan Benzena, Usia, dan Masa Kerja dengan Kadar Trans, Trans – Muconic Acid (ttMA) Urin pada Pekerja Terpapar Benzena. *Jurnal Media Gizi Kesmas*, *11*(02), 633–642.

Fertiasari, R., Leni, L., & Kristiandi, K. (2023). Analisis Hidrokuinon Pada Kosmetik Cair Menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (Kckt). *Media Ilmiah Kesehatan Indonesia*, *1*(1), 6–11.

Geraldino, B. R., Nunes, R. F. N., Gomes, J. B., Giardini, I., da Silva, P. V. B., Campos, É., da Poça, K. S., Hassan, R., Otero, U. B., & Sarpa, M. (2020). Analysis of benzene exposure in gas station workers using trans,trans-muconic acid. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(15), 1–13.

Hardi, I., Suharni, & Mulyati, A. (2021). *Higiene Industri Pajanan Benzena*. CV Budi Utama; Yogyakarta.

Ihsan, T. (2020). *Dasar Epidemiologi: Analisis Host dan Lingkungan pada Agent Kimia*. LPPM Universitas Andalas; Padang.

Isabella, C. (2021). Hubungan Kebiasaan Merokok dan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Dengan Kadar Fenol Urine Pekerja SPBU X. *Jurnal Penelitian Kesehatan*, *19*(3), 19–24.

Isnaini, Y. S., Bahrah, B., & Simanjuntak, elicha K. (2024). Kandungan Senyawa Aktif Jahe Merah Menggunakan Metode Kromatografi Gas–Spektrometri Massa (GC-MS). *Malahayati Health Student Journal*, *4*(9), 3612–3627.

Jabbar, A. S., & Ali, E. T. (2020). Impact of Petroleum Exposure on Some Hematological Indices, Interleukin-6, and Inflammatory Markers of Workers at Petroleum Stations in Basra City. *Journal of Environmental and Public Health*, *20*(2), 1–7.

Jannah, R., Jayanti, S., Wahyuni, I., & Lestantyo, D. (2019). Analisis Risiko Paparan Benzena Terhadap Kadar Fenol Dalam Urine Pada Pekerja Home Industry Reparasi Bulu Shoes Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, *7*(4), 404–410.

Mahdalena, V., Irsan S, M., & Purnamasari, S. (2024). Pengaruh Paparan Benzena pada Jumlah Eritrosit, Leukosit, Trombosit dan Kadar Hemoglobin. *Ranah Research : Journal of Multidisciplinary Research and Development*, *6*(5), 1507–1514.

Mulyadi, I. M. T. (2024). Penilaian Risiko Kesehatan Kerja Akibat Pajanan Bahan Kimia Pada Laboratorium PT. X. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, *8*(2), 72–82.

Nur, E., Muslim, B., & Zicof, E. (2021). Risiko Pajanan Bahan Pencemar Terhadap Pekerja Pengecatan Mobil Di Pt.Steelindo Motor Kota Padang. *Jurnal Sehat Mandiri*, *16*(1), 105–114.

Panggabean, A. S., Widyastuti, T., & Hindryawati, N. (2019). Validasi Metode Penentuan Benzena, Toluena dan Xilena pada Sampel Udara dan Tanah Menggunakan Kromatografi Gas. *Jurnal Penelitian Kimia*, *15*(2), 177–189.

Poça, K. S. da, Giardini, I., Silva, P. V. B., Geraldino, B. R., Bellomo, A., Alves, J. A., Conde, T. R., Zamith, H. P. da S., Otero, U. B., Ferraris, F. K., Friedrich, K., & Sarpa, M. (2021). Benzene exposure; Genotoxic and immunotoxic effects. *Journal Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, *865*, 503322.

Putri, D. M. A., Inayati, N., Erna, K., & Fihiruddin. (2023). Gambaran Umum Hasil Pemeriksaan Urine Warna Patologis Metode Cark Celup. *Teknologi Laboratorium Mahasiswa Indonesia*, *2*(31), 70–75.

Ridha, A. E., & Hanggara, F. D. (2023). Model Area Explosion pada Storage Benzene di Industri Refenery Minyak Bumi PT. PERTAMINA Refinery IV Cilacap). *Jurnal Media Teknik dan Sistem Industri*, *7*(1), 10.

Rohmah, S. A. A., Muadifah, A., & Martha, R. D. (2021). Validasi Metode Penetapan Kadar Pengawet Natrium Benzoat pada Sari Kedelai di Beberapa Kecamatan di Kabupaten Tulungagung Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, *3*(2), 120–127.

Saadatuddaroini, & Keman, S. (2019). Korelasi Masa Kerja, Jam Kerja Terhadap Kadar T,T-Moconic Acid Urin Pekerja Terpapar Benzena di Pertambangan Minyak Tradisional Bojonegoro. *Jurnal Keselamatan dan Kesehatan Kerja Indonesia*, *8*(1), 115–123.

Setiowati, D. (2018). Kadar Fenol Urin Tinggi Dan Keluhan Kesehatan Pada Pekerja Terpajan Benzena Di Industri Kecil Sandal Wedoro Sidoarjo. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, *10*(4), 402–408.

Suhanda, H. (2022). *Troubleshooting Dalam Analisis Spektrofotometer UV-VIS*. Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia; Tasikmalaya.

Umar, S., Saafrida, S., & Lucida, H. (2021). Validasi Metoda Analisis Penetapan Kadar Ketoprofen pada Tablet Salut Enterik secara Kromatografi Cair Kinerja Tinggi dan Spektrofotometri UV. *Jurnal Sains Farmasi dan Klinis*, *8*(2), 200–207.

William, S. M. (2021). Benzene Exposure on Rig X from Drilling Fluid and Effectiveness of Local Exhaust Ventilation. *Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, *10*(3), 343–349.

Wulandari A. P. (2024). *Monograf Kandidat Antimikroba Baru Dari Senyawa Volatil Tanaman Rami: Pendekatan Metabolomik Dengan GC-MS*. CV Budi Utama; Yogyakarta.

Wolayan, F. R., Hadju, R., & Imbar, M. R. (2022). *Kimia Organik (Tata nama, Struktur dan Fungsi)*. CV. Patra Media Grafindo; Bandung.

Yatulaini, F., Tualeka, A. R., Jalaludin, J., & Russeng, S. S. (2021). The Relationship between Duration of Benzene Exposure with Liver Enzymes in Car Painting Workshop Workers. *Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, *10*(3), 361–370.

Zurweni, & Sanova, A. (2023). Pengembangan Media Laboratorium Virtual Spektrofotometer UV-VIS untuk Kimia Analitik Instrumental Praktikum Digital. *Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, *13*(1), 89–100.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Penelitian

- Penggumpulan Sampel



Observasi bengkel 1



Observasi bengkel 2



Penandatanganan *Informed consent*



Wawancara dan mengisi kuesioner



Edukasi



Penggumpulan Sampel urin bengkel 1

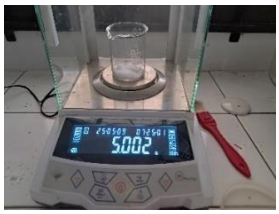


Penggumpulan Sampel urin bengkel 2

- Pembuatan larutan



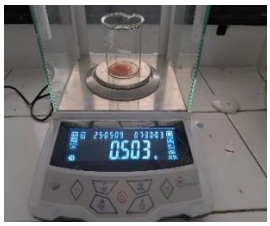
Disiapkan alat dan bahan



Ditimbang 5 gram NH_4CI



Ditimbang 1 gram 4-aminoantipyrine



Ditimbang 0,5 gram $K_3Fe(CN)_6$



Larutkan menggunakan *water one*



Masukan ke labu ukur 50ml

- Pembuatan larutan standar



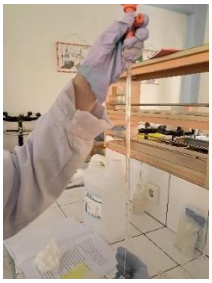
Ditimbang 0,05g kristal fenol kemudian larutkan dengan *water one*



Kemudian pindahkan ke dalam labu takar 50ml



Ditambahkan *water one* sampai tanda batas lalu homogenkan



Dipipet 25ml dari fenol 1000 ppm



Masukan ke dalam labu takar 50ml dan tambahkan *water one*



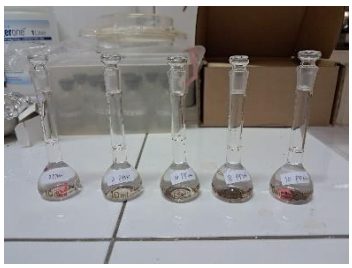
Dipipet 5ml dari fenol 500 ppm



Masukan ke dalam labu takar 50ml dan tamnahkan *water one*



Pemipetan larutan sebanyak 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 dan 2 ml dari larutan standar 50 ppm



Tambahkan *water one* hingga tanda batas



Dipipet masing-masing 5 ml larutan standar 2, 4, 6, 8 dan 10 ppm ke dalam tabung reaksi



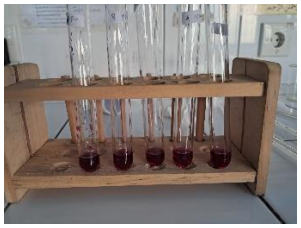
Ditambahkan larutan NH_4Cl 10% sebanyak 0,5ml



Ditambahkan sebanyak 0,2 ml larutan 4-aminoantipyrine



Ditambahkan $K_3Fe(CN)_6$ 1% sebanyak 0,2ml ml



Diamkan selama 15 menit



Dimasukan ke dalam Spektrofotometer UV-Vis

- Preparasi Sampel



Disiapkan alat dan bahan



Dipipet sampel urin sebanyak 5ml dimasukan kedalam labu takar 10 ml



Dimasukan *water one* sampai tanda batas



Dimasukan ke dalam tabung reaksi



Dipipet sebanyak masing-masing 5ml



Dimasukan ke dalam tabung reaksi lain



Ditambahkan larutan NH_4Cl 10% sebanyak 0,5ml



Ditambahkan sebanyak 0,2 ml larutan 4-aminoantipyrine



Ditambahkan $K_3Fe(CN)_6$ 1% sebanyak 0,2ml



Dihomogenkan menggunakan vortex



Warna yang terbentuk

Diamkan 15 menit



Dimasukan ke dalam kuvet



Diletakan ke dalam alat Spektrofotometer UV-Vis



Dibaca hasil pada layar komputer

Lampiran 2 Pembuatan Larutan

A. Pembuatan larutan induk fenol 1000 ppm

$$1000\ ppm = \frac{mg}{L}$$

$$1000 = \frac{m\,(mg)}{0{,}05\ L}$$

$$m = 1000\ x\ 0{,}05$$

$$m = 50\ mg$$

$$= 0{,}05\ g$$

Jadi, kristal fenol di timbang sebanyak 0,05 g dengan volume 50 mL.

- Pembuatan larutan fenol 500 ppm

  $V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

  $V_1 . 1000 = 50\ mL\ .\ 500\ ppm$

  $V_1 = \frac{25000}{1000}$

  $= 25\ mL$

- Pembuatan larutan fenol 50 ppm

  $V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

  $V_1 . 500 = 50\ mL\ .\ 50\ ppm$

  $V_1 = \frac{2500}{500}$

  $= 5\ mL$

B. Pembuatan larutan standar fenol

1. Pengenceran larutan fenol 50 ppm menjadi 2 ppm dalam 10 mL

   $V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

   $V_1 . 50 = 10\ .\ 2\ ppm$

   $V_1 = \frac{20}{50}$

   $V_1 = 0{,}4\ mL$

2. Pengenceran larutan fenol 50 ppm menjadi 4 ppm dalam 10 mL.

$V_{1.} M_1 = V_{2.} M_2$

$V_{1.} 50 = 10 . \text{ ppm}$

$V_1 = \frac{40}{50}$

$V_1 = 0{,}8 \text{ mL}$

3. Pengenceran larutan fenol 50 ppm menjadi 6 ppm dalam 10 mL

$V_{1.} M_1 = V_{2.} M_2$

$V_{1.} 50 = 10 . 6 \text{ ppm}$

$V_1 = \frac{60}{50}$

$V_1 = 1{,}2 \text{ mL}$

4. Pengenceran larutan fenol 50 ppm menjadi 8 ppm dalam 10

$V_{1.} M_1 = V_{2.} M_2$

$V_{1.} 50 = 10 . 8 \text{ ppm}$

$V_1 = \frac{80}{50}$

$V_1 = 1{,}6 \text{ mL}$

5. Pengenceran larutan fenol 50 ppm menjadi 10 ppm dalam 10 mL

$V_{1.} M_1 = V_{2.} M_2$

$V_{1.} 50 = 10 . 10 \text{ ppm}$

$V_1 = \frac{100}{50}$

$V_1 = 2 \text{ mL}$

Lampiran 3 Perhitunngan Kadar Fenol Pada Sampel

1. Sampel A1

$y = 0{,}09140X - 0{,}0057$

Rumus: $y = ax + b$

Jadi,

$$y = 0{,}09140X - 0{,}0057$$
$$y + 0{,}0057 = 0{,}09140X$$
$$0{,}09140X = y + 0{,}0057$$
$$X = \frac{0{,}2325 + 0{,}0057}{0{,}09140}$$
$$X = 2{,}6 \text{ mg/L}$$

2. Sampel A2

$y = 0{,}09140X - 0{,}0057$

Rumus: $y = ax + b$

Jadi,

$$y = 0{,}09140X - 0{,}0057$$
$$y + 0{,}0057 = 0{,}09140X$$
$$0{,}09140X = y + 0{,}0057$$
$$X = \frac{0{,}5261 + 0{,}0057}{0{,}09140}$$
$$X = 5{,}8 \text{ mg/L}$$

3. Sampel A3

$y = 0{,}09140X - 0{,}0057$

Rumus: $y = ax + b$

Jadi,

$$y = 0{,}09140X - 0{,}0057$$
$$y + 0{,}0057 = 0{,}09140X$$
$$0{,}09140X = y + 0{,}0057$$
$$X = \frac{0{,}5305 + 0{,}0057}{0{,}09140}$$
$$X = 5{,}8 \text{ mg/L}$$

4. Sampel A4

$y = 0{,}09140X - 0{,}0057$

Rumus: $y = ax + b$

Jadi,

$$y = 0{,}09140X - 0{,}0057$$
$$y + 0{,}0057 = 0{,}09140X$$
$$0{,}09140X = y + 0{,}0057$$
$$X = \frac{0{,}5074 + 0{,}0057}{0{,}09140}$$
$$X = 5{,}6 \text{ mg/L}$$

5. Sampel A5

$y = 0{,}09140X - 0{,}0057$

Rumus: $y = ax + b$

Jadi,

$$y = 0{,}09140X - 0{,}0057$$
$$y + 0{,}0057 = 0{,}09140X$$
$$0{,}09140X = y + 0{,}0057$$
$$X = \frac{0{,}3651 + 0{,}0057}{0{,}09140}$$
$$X = 4{,}0 \text{ mg/L}$$

6. Sampel A6

$y = 0{,}09140X - 0{,}0057$

Rumus: $y = ax + b$

Jadi,

$$y = 0{,}09140X - 0{,}0057$$
$$y + 0{,}0057 = 0{,}09140X$$
$$0{,}09140X = y + 0{,}0057$$
$$X = \frac{0{,}2569 + 0{,}0057}{0{,}09140}$$
$$X = 2{,}8 \text{ mg/L}$$

Lampiran 4 ***Informed Concent***

LEMBAR PERSETUJUAN RESPONDEN

"ANALISIS KADAR FENOL AKIBAT PAPARAN BENZENA PADA PEKERJA BENGKEL PENGECATAN MOBIL"

INFORMED CONCENT

Pertanyaan pemberian izin oleh responden

Nama : Berto

Umur : 52 thn

Alamat : Mawang BTN

Menyatakan bersedia menjadi responden pada penelitian yang akan dilakukan oleh:

Peneliti : Devilia Trifosa Yosef Padatu

NIM : B1D121176

Judul : "ANALISIS KADAR FENOL AKIBAT PAPARAN BENZENA PADA PEKERJA BENGKEL PENGECATAN MOBIL"

Bahwa saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan, memahami dan menyadari bahwa penelitian ini tidak akan mempengaruhi atau mengakibatkan hal yang merugikan saya. Oleh karena itu saya bersedia menjadi responden dalam penelitian ini dengan menjawab semua pertanyaan dengan jujur sesuai kondisi yang sebenarnya dan secara sukarela tanpa ada paksaan dari siapaun.

Makassar, 05, Mei 2025

Responden

Berto

Peneliti

Lampiran 5 Lembar Kuesioner

LAMPIRAN

Lembar Kuesioner Penelitian

1. Identitas Responden
   a. Nama : Besto
   b. Umur : 52 tahun
   c. Jenis kelamin : laki-laki
   d. Alamat : Mawang BTN
   e. No. Responden : A13
2. Perilaku dan Kebiasaan Responden
   a. Apakah anda merokok?

      Ya ☑ Tidak ☐

      Jika Ya, apa: Ringan (1-9 batang/hari) ☑
      Sedang (10-20 batang/hari) ☐
      Berat (>20 batang/hari) ☐
   b. Berapa lama anda bekerja di bengkel dalam sehari?

      8 jam/hari ☐

      10-14 jam/hari ☑
   c. Sudah berapa lama anda bekerja dibengkel?

      6 bulan -2 tahun ☐

      3-5 tahun ☑

      Jika >5 tahun, mohon tuliskan (..... Tahun)
   d. Apakah anda selalu menggunakan APD (masker, sarung tangan, *safety shoes*, topi) saat bekerja?

      Ya ☑ Tidak ☐ Kadang-kadang ☐

e. Apakah anda selalu mencuci tangan sebelum makan?

Ya, Pakai Sabun ☑ Tidak ☐

Ya, Tidak Pakai Sabun ☐ Kadang-kadang ☐

f. Apakah anda mengonsumsi obat-obatan seperti paracetamol?

Ya ☐ Tidak ☑ Kadang-kadang ☐

g. Kebiasaan mandi setelah bekerja?

Ya ☐ Tidak ☐ Kadang-kadang ☑

h. Apakah anda mengonsumsi teh?

Ya ☐ Tidak ☑ Kadang-kadang ☐

i. Apakah anda mengonsumsi bahan makanan seperti (buncis, buah mengkudu, buah naga, buah kiwi)?

Ya ☐ Tidak ☐ Kadang-kadang ☑

Jika *Ya atau kadang*, mohon tuliskan jenis bahan makanan tersebut dibawah:

kiwi
……

Lampiran 6 Surat Izin Penelitian LPPM

	UNIVERSITAS MEGAREZKY **FAKULTAS TEKNOLOGI KESEHATAN** **PROGRAM STUDI D-IV TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS**	Kode/No : UNIMERZ.11.32.4/FM
		Tanggal : 07 Januari 2019
	Jl. Antang Raya No. 43 Telp. (0411) 492401 – 496401 Web : http://universitasmegarezky.ac.id Email :d4anakes.mrm@gmail.com	Revisi : 00
		Halaman : 101 dari

Nomor : 077.02.13353.091056/SPRP/III/2025
Lamp. : -
Perihal : ***Permohonan Rekomendasi Penelitian***

Kepada Yth.
Dekan Fakultas Teknologi Kesehatan
Di
Tempat

Dengan hormat,

Bersama ini kami menyampaikan permohonan kepada Ibu Dekan Fakutas Teknologi Kesehatan untuk menyampaikan kepada Kepala LPPM terkait surat rekomendasi penelitian bagi mahasiswa:

Nama Mahasiswa	: Devilia Trifosa Yosef Padatu
NIM	: B1D121176
Program Studi	: D-IV Teknologi Laboratorium Medis
Judul proposal penelitian	:
"Analisis Kadar Fenol Akibat Paparan Benzena Pada Pekerja Bengkel Pengecatan Mobil".	
Hari/Tanggal Penelitian	: April-Mei 2025
Waktu Penelitian	: 2 Bulan
Tempat Penelitian	:
	- **Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**
Pembimbing I	: Dr. Santi, S.Si.,M.Si
Pembimbing II	: Sulfiani, S.Si.,M.Pd

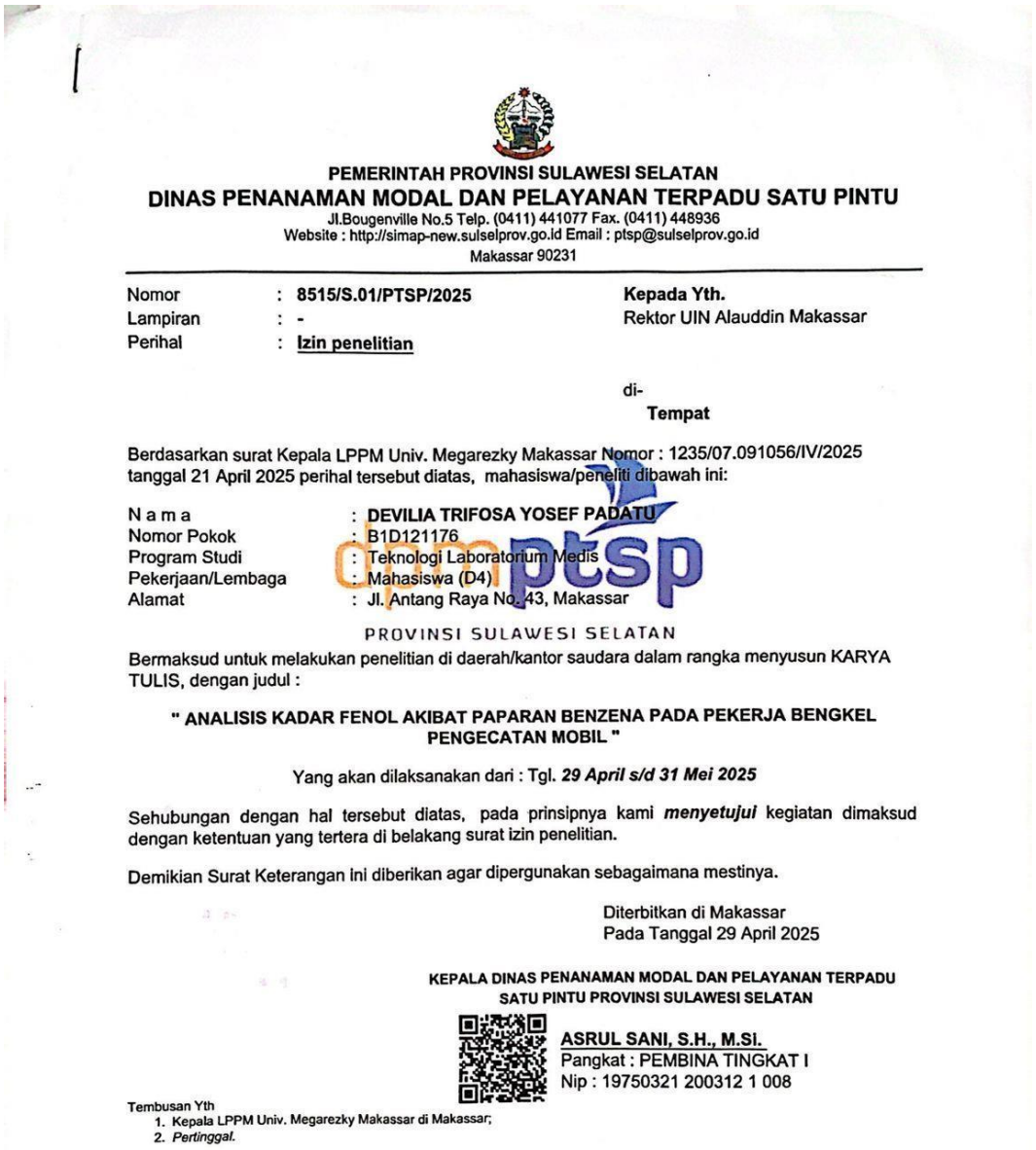
Atas Kerjasamanya, kami ucapkan banyak terimakasih.

Makassar, 25 Maret 2025
Ketua Prodi,

Dr. Nirmawati Angria, S.Si., M.Kes
NIDN 09 180687 02

Tembusan Kepada Yth. :
1. Mahasiswa ybs.

Lampiran 7 Surat Izin Penanaman Modal



PEMERINTAH PROVINSI SULAWESI SELATAN
DINAS PENANAMAN MODAL DAN PELAYANAN TERPADU SATU PINTU
Jl.Bougenville No.5 Telp. (0411) 441077 Fax. (0411) 448936
Website : http://simap-new.sulselprov.go.id Email : ptsp@sulselprov.go.id
Makassar 90231

Nomor : **8515/S.01/PTSP/2025**
Lampiran : -
Perihal : **Izin penelitian**

Kepada Yth.
Rektor UIN Alauddin Makassar

di-
Tempat

Berdasarkan surat Kepala LPPM Univ. Megarezky Makassar Nomor : 1235/07.091056/IV/2025 tanggal 21 April 2025 perihal tersebut diatas, mahasiswa/peneliti dibawah ini:

N a m a : **DEVILIA TRIFOSA YOSEF PADATU**
Nomor Pokok : B1D121176
Program Studi : Teknologi Laboratorium Medis
Pekerjaan/Lembaga : Mahasiswa (D4)
Alamat : Jl. Antang Raya No. 43, Makassar

PROVINSI SULAWESI SELATAN

Bermaksud untuk melakukan penelitian di daerah/kantor saudara dalam rangka menyusun KARYA TULIS, dengan judul :

" ANALISIS KADAR FENOL AKIBAT PAPARAN BENZENA PADA PEKERJA BENGKEL PENGECATAN MOBIL "

Yang akan dilaksanakan dari : Tgl. ***29 April s/d 31 Mei 2025***

Sehubungan dengan hal tersebut diatas, pada prinsipnya kami ***menyetujui*** kegiatan dimaksud dengan ketentuan yang tertera di belakang surat izin penelitian.

Demikian Surat Keterangan ini diberikan agar dipergunakan sebagaimana mestinya.

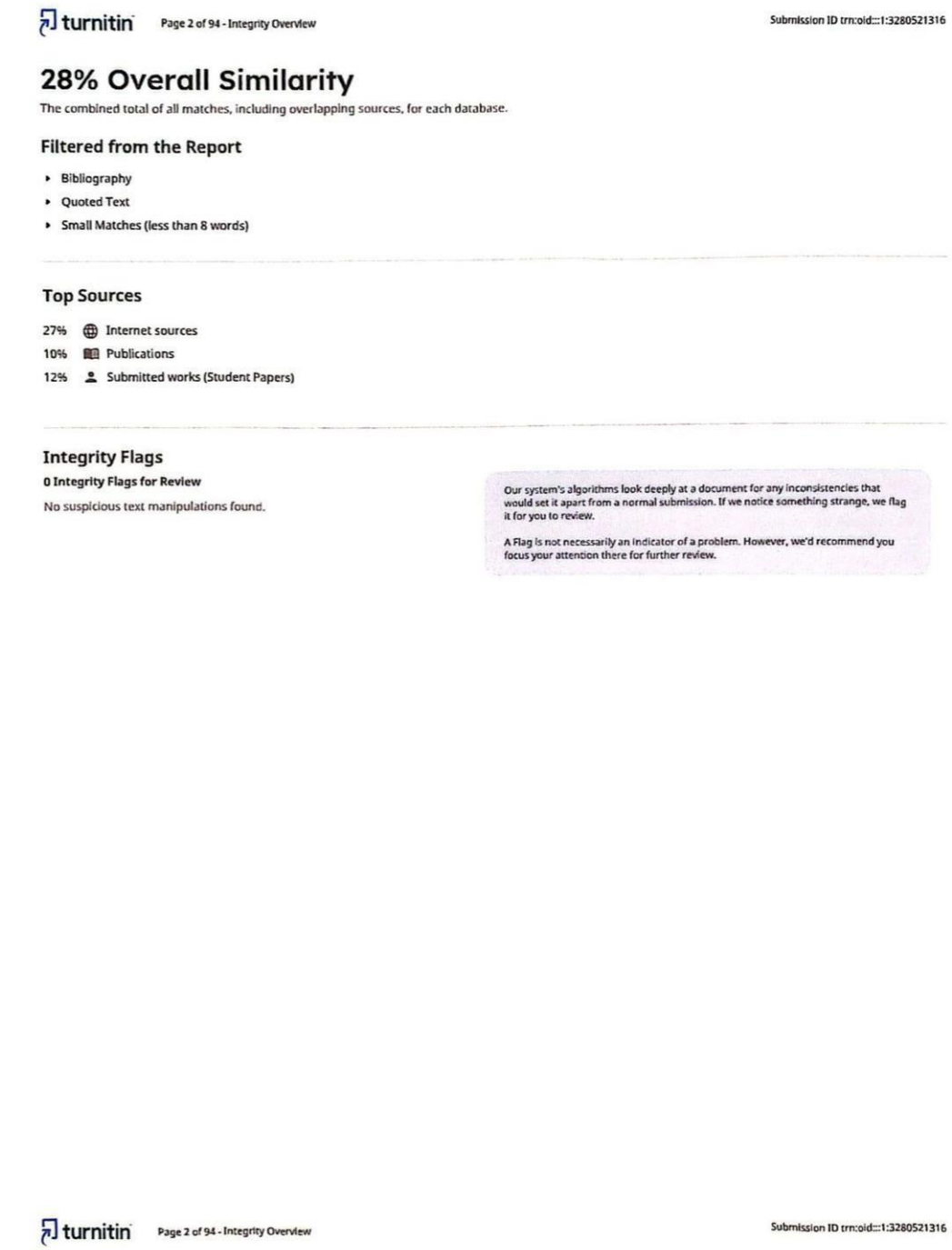
Diterbitkan di Makassar
Pada Tanggal 29 April 2025

KEPALA DINAS PENANAMAN MODAL DAN PELAYANAN TERPADU SATU PINTU PROVINSI SULAWESI SELATAN

ASRUL SANI, S.H., M.Si.
Pangkat : PEMBINA TINGKAT I
Nip : 19750321 200312 1 008

Tembusan Yth
1. Kepala LPPM Univ. Megarezky Makassar di Makassar;
2. *Pertinggal.*

Lampiran 8 ***Plagiarism Scan Report***



turnitin Page 2 of 94 - Integrity Overview Submission ID trn:oid:::1:3280521316

28% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Small Matches (less than 8 words)

Top Sources

27% Internet sources
10% Publications
12% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

turnitin Page 2 of 94 - Integrity Overview Submission ID trn:oid:::1:3280521316