

**ANALISIS PAJANAN KARSINOGENIK SENYAWA BENZENA,
TOLUENA, XILENA TERHADAP PEKERJA LABORATORIUM
PT X MENGGUNAKAN KERANGKA ARKL**

TUGAS AKHIR



AIDIL WAL BAHRI

1212925013

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2025**

**ANALISIS PAJANAN KARSINOGENIK SENYAWA BENZENA,
TOLUENA, XILENA TERHADAP PEKERJA LABORATORIUM
PT X MENGGUNAKAN KERANGKA ARKL**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Lingkungan**



**AIDIL WAL BAHRI
1212925013**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2025**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan
semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Aidil Wal Bahri

NIM : 1212925013

Tanda Tangan :



Tanggal : 04 September 2025

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Aidil Wal Bahri
NIM : 1212925013
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Analisis Paparan Karsinogenik Senyawa Benzena, Toulana, Xilena terhadap Pekerja Laboratorium PT X menggunakan Kerangka ARKL

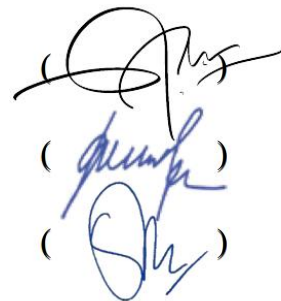
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan untuk melanjutkan penelitian pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Sirin Fairus, S.T.P., M.T.

Penguji 1 : Diki Surya Irawan, S.T., M.Si., IPM

Penguji 2 : Dr. Eng. Ir. M. Candra Nugraha D.



Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 04 September 2025

UNGKAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur saya ucapkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat, ridho, dan karunia Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Paparan Karsinogenik Senyawa Benzena, Toluena, Xilena terhadap Pekerja Laboratorium PT X menggunakan Kerangka ARKL untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Lingkungan di Universitas Bakrie. Saya mendapatkan banyak bantuan, bimbingan dan dukungan yang besar dari berbagai pihak dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati saya selaku penulis, mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu, ayah, adik, serta keluarga besar atas do'a, dukungan, kasih sayang, semangat dan fasilitas yang telah diberikan sepenuhnya kepada penulis selama menyelesaikan pendidikan;
2. Ibu Sirin Fairus, S.T.P., M.T., selaku pembimbing yang telah memberikan dorongan, bantuan serta waktu untuk memberikan bimbingan dalam penyusunan tugas akhir;
3. Bapak Aqil Azizi, S.Pi., M.Appl.Sc., Ph.D., selaku Kepala Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Bakrie yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat selama penulis menempuh pendidikan sarjana di Universitas Bakrie;
4. Bapak Diki Surya Irawan, S.T., M.Si. dan Bapak Dr. Eng. Ir. M. Candra Nugraha D., sebagai Dosen Penguji 1 dan Dosen Penguji 2 telah memberikan arahan serta evaluasi dalam proses penyelesaian tugas akhir;
5. Segenap dosen Teknik Lingkungan Universitas Bakrie yang sudah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis selama menempuh Pendidikan di Universitas Bakrie;
6. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan *batch* 17 yang sudah memberikan banyak bantuan selama penulis menempuh Pendidikan di Universitas Bakrie;
7. Rekan-rekan kerja di PT X yang sudah membantu penulis dalam pengumpulan data serta memberikan masukan kepada penulis; dan
8. Anggia, Indhira, Mega sebagai teman yang memberikan segala bentuk dukungan dan bantuan selama penulis menyelesaikan tugas akhir.

Disadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritikan sebagai bahan perbaikan Tugas Akhir ini. Diharapkan gagasan tertulis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Jakarta, September 2025

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and strokes, representing the name Aidil Wal Bahri.

Aidil Wal Bahri

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aidil Wal Bahri
NIM : 1212925013
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Jenis Tugas Akhir : Studi Evaluatif (*Evaluative Study*)

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Analisis Paparan Karsinogenik Senyawa Benzena, Toluena, Xilena terhadap Pekerja
Laboratorium PT X menggunakan Kerangka ARKL

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 04 September 2025

Yang menyatakan,



Aidil Wal Bahri

**ANALISIS PAJANAN KARSINOGENIK SENYAWA BENZENE,
TOLUENE, XYLENE TERHADAP PEKERJA LABORATORIUM
PT X MENGGUNAKAN KERANGKA ARKL**

Aidil Wal Bahri

ABSTRAK

Laboratorium uji lingkungan PT X merupakan salah satu laboratorium terakreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN) untuk laboratorium pengujian ISO 17025. Laboratorium PT X bergerak di bidang penyediaan jasa pemeriksaan dan pengujian. Layanan laboratorium yang disediakan di PT X adalah pemeriksaan dan pengujian sampel minyak bumi, pelumas, bahan bakar, analisis minyak transformator, penilaian lingkungan, serta kebersihan industri atau *industrial hygiene*. Menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. 187/MEN/1999 Tentang Pengendalian Bahan Kimia Berbahaya di Tempat Kerja, perusahaan dengan potensi bahaya besar wajib melakukan pemeriksaan dan pengukuran faktor kimia sekurang-kurangnya 6 bulan sekali. Salah satu faktor kimia yang ada di Laboratorium PT X adalah senyawa benzena, toluena, dan xilena atau BTX. BTX merupakan senyawa volatil organik yang biasa digunakan sebagai pelarut organik. Senyawa BTX dapat menyebabkan gangguan kesehatan terhadap pekerja laboratorium apabila pajanan yang diterima melebihi nilai ambang batas yang diperbolehkan dan waktu pajanan berlangsung dalam jangka panjang. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis besaran *intake* pajanan senyawa BTX serta mengidentifikasi karakterisasi risiko pajanan senyawa BTX. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan atau ARKL. Metode ARKL terdiri dari identifikasi bahaya, analisis dosis respon, analisis pajanan, dan karakterisasi risiko. Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi pajanan hasil sampling masih di bawah nilai ambang batas berdasarkan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 05 Tahun 2018. Nilai rata-rata *intake* pajanan yang diterima analisis laboratorium untuk senyawa benzena adalah 0,00005 mg/kg/hari untuk analisis *environment* dan 0,00009 mg/kg/hari untuk analisis petroleum, toluena 0,0011 mg/kg/hari untuk analisis *environment* dan 0,0027 mg/kg/hari untuk analisis petroleum, xilena 0,0003 mg/kg/hari untuk analisis *environment* dan 0,0011 mg/kg/hari untuk analisis petroleum. Nilai karakterisasi risiko senyawa nonkarsinogen toluena dan xilena adalah RQ (*Risk Quotient*) < 1 , untuk senyawa karsinogen benzena ECR (*Excess Cancer Risk*) $< 10^{-4}$. Berdasarkan data tersebut nilai *intake* dan karakterisasi risiko senyawa BTX di Laboratorium PT X masih tergolong aman berdasarkan metode ARKL.

Kata kunci: Benzena, Toluena, Xilena, Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan, Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 05 Tahun 2018.

**ANALYSIS OF CARCINOGENIC EXPOSURE BENZENE, TOLUENE,
XYLENE COMPOUNDS AMONG LABORATORY WORKERS
AT PT X USING THE ARKL FRAMEWORK**

Aidil Wal Bahri

ABSTRACT

PT X's Environmental Testing Laboratory is one of the laboratories accredited by the National Accreditation Committee (KAN) for testing laboratories according to ISO 17025. The laboratory provides services in inspection and testing, including petroleum, lubricants, fuels, transformer oil analysis, environmental assessment, and industrial hygiene. According to the Minister of Manpower's Decree No. 187/MEN/1999, companies with high potential hazards are required to conduct chemical factor inspections and measurements at least once every 6 months. One of the chemical factors present in PT X's laboratory is benzene, toluene, and xylene (BTX) compounds. BTX is a volatile organic compound commonly used as an organic solvent. Exposure to BTX compounds can cause health problems for laboratory workers if the exposure exceeds the allowed threshold value and lasts for an extended period. This study aims to analyze the intake of BTX exposure and identify the risk characterization of BTX exposure using the Environmental Health Risk Assessment (ARKL) method. The ARKL method consists of hazard identification, dose-response analysis, exposure analysis, and risk characterization. Based on the research results, the exposure concentration from sampling is still below the threshold value according to the Minister of Manpower's Regulation No. 05 of 2018. The average intake of exposure received by laboratory analysts for benzene is 0.00005 mg/kg/day for environmental analysts and 0.00009 mg/kg/day for petroleum analysts, toluene 0.0011 mg/kg/day for environmental analysts and 0.0027 mg/kg/day for petroleum analysts, and xylene 0.0003 mg/kg/day for environmental analysts and 0.0011 mg/kg/day for petroleum analysts. The risk characterization value for non-carcinogenic compounds toluene and xylene is RQ (Risk Quotient) <1, and for the carcinogenic compound benzene, ECR (Excess Cancer Risk) <10⁻⁴. Based on these results, the intake and risk characterization values of BTX compounds in PT X's laboratory are still considered safe according to the ARKL method.

Keywords: Benzene, Toluene, Xylene, Environmental Health Risk Assessment, Minister of Manpower's Regulation No. 05 of 2018.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	3
HALAMAN PENGESAHAN	iv
UNGKAPAN TERIMA KASIH	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
ABSTRAK.....	viii
<i>ABSTRACT</i>.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Laboratorium.....	5
2.2. Karakteristik BTX.....	6
2.2.1. Benzena	6
2.2.2. Toluena	7
2.2.3. Xilena	8
2.3. Dampak BTX terhadap Kesehatan.....	8
2.4. Efek Akut dan Kronis Paparan BTX terhadap Kesehatan.....	10
2.5. Jalur Paparan Senyawa BTX	13
2.6. Nilai Ambang Batas BTX	14
2.7. Metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)	15
2.7.1. Langkah-Langkah Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)	15
2.8. Pengelolaan Risiko.....	17
2.9. Komunikasi Risiko.....	18
2.10. Penelitian Terdahulu	19

BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.2. Jenis Penelitian.....	25
3.3. Kerangka Penelitian	25
3.4. Metode Pengumpulan dan Pengambilan Data	27
3.4.1. Jenis dan Sumber Data	27
3.4.2. Variabel Penelitian	27
3.4.3. Populasi Penelitian	27
3.4.4. Pengambilan Sampel dan Pengukuran	28
3.5. Alat dan Bahan	28
3.5.1. Alat	28
3.5.2. Bahan	29
3.6. Tahapan Proses Penelitian.....	29
3.6.1. Tahap Persiapan	29
3.6.2. Tahap Pengumpulan Data	30
3.6.3. Tahap Pengolahan Data.....	31
3.6.4. Tahap Interpretasi Data	34
3.7. Desain Penelitian.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Karakteristik Responden	36
4.2. Perbandingan Konsentrasi Paparan Terukur Dengan Nilai Ambang Batas	37
4.3. Identifikasi Bahaya.....	42
4.4. Analisis Dosis Respon	45
4.5. Analisis Paparan	45
4.6. Karakterisasi Risiko	53
4.7. Pengelolaan Risiko.....	58
4.8. Komunikasi Risiko.....	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1. Kesimpulan	75
5.2. Saran	76
DAFTAR PUSTAKA.....	77
LAMPIRAN	79

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Diagram Alir Proses Penanganan dan Analisis Sampel di Laboratorium PT. X.....	5
Gambar 2.2. Skema Paparan dan Dosis Paparan	14
Gambar 3.1. Kerangka Berpikir Penelitian	26
Gambar 3.2. Uji Kinerja Alat	30
Gambar 3.3. Alur Pengambilan Contoh Uji	31
Gambar 4.1. Bahan Kimia Senyawa BTX.....	44

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Karakteristik Senyawa Benzena	7
Tabel 2.2. Karakteristik Senyawa Toluena	7
Tabel 2.3. Karakteristik Senyawa Xilena	8
Tabel 2.4. Dampak Kesehatan Akibat Paparan Senyawa BTX	9
Tabel 2.5. Efek Akut Paparan Senyawa BTX.....	10
Tabel 2.6. Efek Kronis Paparan Senyawa BTX.....	12
Tabel 2.7. NAB Senyawa BTX	14
Tabel 2.8. Penelitian Terdahulu	19
Tabel 3.1. Data Populasi Penelitian.....	28
Tabel 3.2. Rangkuman Pelaksanaan Penelitian	35
Tabel 4.1. Karakteristik Responden	36
Tabel 4.2. Perbandingan Konsentrasi Hasil Analisis dengan Nilai Ambang Batas	38
Tabel 4.3. Jabatan dan Kegiatan Analisis Responden.....	43
Tabel 4.4. Nilai Rfd, Rfc, dan SF	45
Tabel 4.5. Data Konversi Nilai Konsentrasi Senyawa BTX	46
Tabel 4.6. Data Hasil Perhitungan <i>Intake</i> Senyawa Toluena	48
Tabel 4.7. Data Hasil Perhitungan <i>Intake</i> Senyawa Xilena	50
Tabel 4.8. Data Hasil Perhitungan <i>Intake</i> Karsinogen Senyawa Benzena.....	51
Tabel 4.9. Data Hasil Konversi Nilai Rfc Senyawa Toluena.....	53
Tabel 4.10. Data Hasil Konversi Nilai Rfc Senyawa Xilena	54
Tabel 4.11. Hasil Perhitungan Nilai RQ Senyawa Toluena.....	55
Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Nilai RQ Senyawa Xilena	56
Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Nilai ECR Senyawa Benzena.....	57
Tabel 4.14. Hasil Perhitungan Konsentrasi Aman Efek Nonkarsinogenik Senyawa Toluena	60
Tabel 4.15. Hasil Perhitungan Konsentrasi Aman Efek Nonkarsinogenik Senyawa Xilena	61
Tabel 4.16. Hasil Perhitungan Nilai Konsentrasi Aman Efek Karsinogen Senyawa Benzena.....	62
Tabel 4.17. Hasil Perhitungan Waktu Paparan Aman Efek Nonkarsinogenik Senyawa Toluena	64
Tabel 4.18. Hasil Perhitungan Waktu Paparan Aman Efek Nonkarsinogenik Senyawa Xilena	64
Tabel 4.19. Hasil Perhitungan Waktu Paparan Aman Efek Karsinogenik Senyawa Benzena.....	65
Tabel 4.20. Hasil Perhitungan Frekuensi Paparan Aman Efek Nonkarsinogenik Senyawa Toluena	67
Tabel 4.21. Hasil Perhitungan Frekuensi Paparan Aman Efek Nonkarsinogenik Senyawa Xilena..	68

Tabel 4.22. Hasil Perhitungan Frekuensi Paparan Aman Efek Karsinogenik Senyawa Benzena.....	69
Tabel 4.23. Hasil Perhitungan Durasi Paparan Aman Efek Nonkarsinogenik Senyawa Toluena.....	71
Tabel 4.24. Hasil Perhitungan Durasi Paparan Aman Efek Nonkarsinogenik Senyawa Xilena.....	72
Tabel 4.25. Hasil Perhitungan Durasi Paparan Aman Efek Karsinogenik Senyawa Benzena.....	73
Tabel Lampiran 1. Perhitungan Risiko Senyawa Benzena.....	90

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Sertifikat Hasil Analisis	79
Lampiran 2. Formulir Wawancara Personel.....	84
Lampiran 3. Dokumentasi Pengambilan Sampel	85
Lampiran 4. Tabel Rekapitulasi Konversi Senyawa Benzena, Toluena, Xilena.....	87
Lampiran 5. Tabel Rekapitulasi Perhitungan <i>Intake</i>	88
Lampiran 6. Tabel Rekapitulasi Perhitungan Tingkat Risiko	89
Lampiran 7. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Pengelolaan Risiko Non Karsinogen.....	91
Lampiran 8. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Pengelolaan Risiko Karsinogen	92