

LAPORAN AKHIR PENELITIAN



ANALISIS KADAR ARSEN (As), TIMBAL (Pb) DAN CADMIUM (Cd) DALAM DARAH PEROKOK AKTIF DAN PASIF PADA USIA DEWASA

Oleh:

Dra. Fatimah Nisma. M.Si (0327026504)
Meri Suzana. M.Kes (NIDN)
Zati Aqmarina (1904034031)
Zuhrotunnisa (1804034010)
Anita Okta Viana (1804034079)

**FAKULTAS FARMASI DAN SAINS,
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN ANALIS KESEHATAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF DR HAMKA
JAKARTA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN

Judul : **Analisis Kadar Arsen (As), Timbal (Pb) Dan Cadmium (Cd) Dalam Darah Perokok Aktif Dan Pasif Pada Usia Dewasa**

Ketua Peneliti : Dra. Fatimah Nisma. M.Si
NIDN : 0327026504
Program Studi/ Fakultas : Analis Kesehatan/FFS
Jabatan Fungsional : Lektor
Bidang Keahlian : Kimia
Alamat : Jl. Asyafiyah RT03/03 Cilangkap, Cipayang, Jaktim
e-mail : fatimah_nisma@uhamka.ac.id
Anggota Pengusul : Meri Suzana
NIDN : 8863630017
Program Studi/Fakultas : Analis Kesehatan/ FFS
Mahasiswa terlibat 1 : Zati Aqmarina (1904034031)
Mahasiswa terlibat 2 : Zuhrotunnisa (1804034010)
Mahasiswa terlibat 3 : Anita Okta Viana (1804034079)
Lama Penelitian : 4 Bulan
Skema penelitian : Mandiri
Luaran : - Jurnal terakreditasi
-
Biaya Total : Rp. 7.500.000

Jakarta 24 September 2025

Mengetahui,
Ketua Program Studi

Ketua Peneliti



Oktadio Erikardo. M.Biomed
NIDN. 0330069302.

Dra. Fatimah Nisma. M.Si.
NIDN. 0327026504.



Click or tap here to enter text.

LAPORAN AKHIR PENELITIAN

Analisis Kadar Arsen (As), Timbal (Pb) Dan Cadmium (Cd) Dalam Darah Perokok Aktif Dan Pasif Pada Usia Dewasa
Latar Belakang (Background) Merokok merupakan kebiasaan yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Banyak iklan bahkan pada bungkus rokok sendiri ada peringatan bahwa merokok sangat membahayakan kesehatan dan dapat menyebabkan penyakit kronis ataupun akut bagi perokok itu sendiri maupun orang yang terpapar oleh asap rokok tersebut, namun peringatan tersebut masih tetap diabaikan. Perokok aktif adalah seseorang yang secara aktif merokok, baik menggunakan rokok tembakau maupun rokok elektronik, artinya perokok aktif akan terpapar bahaya rokok karena mengisap rokoknya sendiri secara langsung. Sedangkan perokok pasif adalah orang yang tidak merokok namun secara tidak langsung ikut menghirup asap rokok dari perokok aktif, atau lebih dikenal sebagai <i>secondhand smoke</i> (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2021). Perokok pasif berada di sekitar perokok aktif, seperti istri dan anak-anak perokok aktif. Dampak dari paparan asap rokok pada perokok pasif serupa dengan perokok aktif. Mereka juga berisiko mengalami berbagai penyakit berbahaya akibat paparan asap rokok ini (World Health Organization, 2019). Menurut survei yang dilakukan oleh <i>Global Youth Tobacco Survey</i> (GYTS) pada tahun 2018, sebanyak 62,9% remaja usia 12-16 tahun di 142 negara terpapar asap rokok, terutama di tempat umum (Ma <i>et al.</i>, 2021). Data dari <i>Global Adult Tobacco Survey</i> (GATS) Indonesia menunjukkan prevalensi perokok pasif yang sangat mengkhawatirkan, yaitu 44,8% di tempat kerja, 59,3% di rumah, dan 74,2% di tempat makan (World Health Organization, 2021). Perokok pasif di Indonesia menghadapi risiko kesehatan yang serius, data menunjukkan bahwa sebagian besar masyarakat kurang menyadari bahayanya. Asap rokok mengandung lebih dari 7.000 bahan kimia, seperti nikotin yang bersifat adiktif (kecanduan), Tar (senyawa berbahaya yang akan menumpuk dan merusak jaringan paru-paru, termasuk karbon monoksida dan formaldehid yang meiritasi jaringan selaput napas dan mata hidrogen sianida, dan benzena, yang dapat menyebabkan kerusakan sel dan jaringan tubuh (Tazkiya, 2023) dan logam berat. Rokok dapat memicu sakit jantung, kanker paru-paru, kanker mulut, tenggorokan dan sebagainya. Senyawa berbahaya yang ditemukan di dalam rokok adalah logam berat seperti Arsen, Timbal dan Cadmium. Keberadaan logam-logam ini dalam rokok mungkin berasal dari pestisida yang digunakan dalam pertanian tembakau dan turut terserap oleh daun tembakau. Selain itu logam ada dalam tembakau akibat penyerapan unsur hara yang mengandung As, Pb dan Cd oleh akar dan mengendap di daun tembakau. Selain itu adanya debu yang mengandung logam ini dan diserap oleh mulut daun tembakau.

Fungsi Arsen dalam tembakau belum diketahui secara pasti, tetapi efek toksisitasnya bagi tubuh sangat tinggi dan berlangsung dalam waktu yang panjang. Arsen bersifat karsinogenik pada ginjal, hati, kardiovaskuler dan kulit. Timbal ditemukan di tanah dan dalam jumlah yang banyak berada di lingkungan akibat aktifitas manusia. Paparan Timbal dalam jangka waktu yang panjang bisa mengganggu proses degeneratif otot, fisik, dan saraf seperti, penyakit Alzheimer, Penyakit Parkinson (PD), distrofi otot, dan *multiple sclerosis* (Restuaji & Kusuma, 2022). Sedangkan paparan Kadmium dapat menyebabkan kerusakan ginjal, hipertensi, kanker, dan meningkatkan kematian bagi penderita dan masalah kesehatan lainnya. (Adinda dkk, 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Ambarwati *et al.* (2024) menunjukkan bahwa paparan asap rokok pada anak-anak meningkatkan risiko penyakit seperti *invasive meningococcal*, kanker serviks, dan *Neisseria meningitidis carriage*. Selain itu ibu hamil yang terpapar asap rokok berisiko melahirkan bayi dengan berat lahir rendah, kurang dari 2.500 gram (Kholifah *et al.*, 2023). Penelitian mengenai paparan uap kadmium sebesar 190 mg/m³ dalam kurun waktu 10 menit atau 8 mg/m³ selama 2 jam dapat berdampak kepada kematian bagi makhluk hidup (Hernayanti dkk., 2019). Penelitian logam Pb menyatakan bahwa kontaminasi logam timbal (Pb) dapat mempersingkat usia eritrosit, mengurangi kuantitas dan persentase retikulosit, dan memperkaya jumlah besi (Fe) di dalam plasma darah. Penyerapan timbal (Pb) pada jaringan tubuh akan terakumulasi seiring bertambahnya usia seseorang. Ada beberapa jenis jaringan tubuh yang bisa mempengaruhi kadar timbal (Pb), seperti rambut, otak, tulang, gigi, paru-paru, jantung, hati, limpa, dan ginjal (Restuaji & Kusuma, 2022).

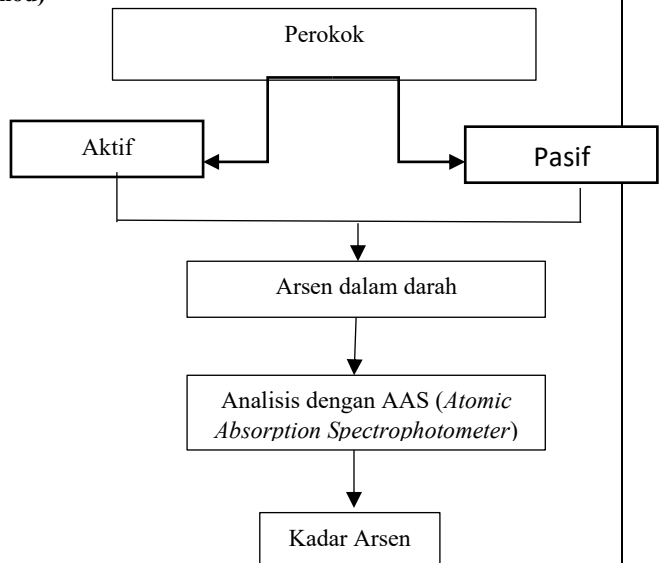
Oleh karena itu penulis ingin untuk melakukan penelitian tentang analisis logam Arsen, Timbal dan Kadmium pada darah perokok aktif dan pasif yang sudah lama merokok serta melihat akibatnya terhadap kesehatan yang ditimbulkan. Metode yang dilakukan untuk penentuan logam tersebut dengan metoda AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Metode dipilih karena mudah dan akurat untuk penentuan logam.

Tujuan Riset (Objective)

Rokok mengandung zat kimia berbahaya yaitu Arsen (As), Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) yang termasuk ke dalam logam berat. Logam tersebut dalam rokok berasal dari pestisida atau tanah pertanian yang tercemar tempat tumbuh tembakau dan terakumulasi di daun tembakau atau debu di udara yang mengandung logam tersebut dan menempel pada daun tembakau kemudian diabsorpsi daun. Jika Arsen (As), Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) masuk ke dalam tubuh dalam jumlah melebihi ambang batas akan mengganggu kesehatan, seperti gangguan pernapasan, kerusakan organ, kulit, saraf serta meningkatkan risiko karsinogenik, mutagenik dan teratogenik, osteoporosis adalah akibat dari logam tersebut.

Ketiga logam ini ditemukan dalam asap rokok dan merupakan toksik berbahaya akibat merokok. Oleh sebab itu, penulis ingin melakukan penelitian tentang “ Analisis Arsen (As), Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) dalam Darah Perokok Aktif dan Pasif pada Usia Dewasa dan melihat akibatnya terhadap kesehatan yang ditimbuikkannya. Metode yang dilakukan dengan metoda AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Sebelumnya darah dilakukan destruksi pada suhu tinggi untuk mengurai logam Arsen, Timbal dan Kadmium organik menjadi anorganik, sehingga pengukuran ketiga logam dapat dilakukan.

Metodologi (Method)



Sampling

Sampel pada penelitian ini adalah darah dari responden/warga perokok aktif dan pasif yang berasal dari daerah Kayu Tinggi, Kecamatan Cakung, Jakarta Timur. Kriteria inklusi sampel perokok aktif adalah: Perokok atau seseorang yang telah merokok lebih dari 10 tahun dan menghabiskan rokok minimal satu bungkus/hari Sedangkan kriteria perokok pasif adalah: keluarga dari perokok aktif, terpapar asap rokok setiap hari dari perokok aktif minimal 15 menit.

Besar sampel dalam penelitian ini ditentukan secara random sampling dengan rumus pengambilan sampel atau rumus dan perhitungan:

$$n = \frac{2 \cdot (Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2}$$

$$N = 2 \cdot (1,96 + 0,84)^2 \cdot 14^2 / 10^2$$

$$n = 3028 / 100$$

$$n = 30,28$$

Keterangan:

n = ukuran sampel untuk masing-masing kelompok.

Z_{α} = nilai z sesuai dengan tingkat signifikansi (contoh: 1,96 untuk tingkat signifikansi 5%)

Z_{β} = nilai z sesuai dengan power (contoh: 0,84 untuk power 80%)

σ = standar deviasi dari variabel yang diukur (dapat diperoleh dari studi terdahulu)

Δ = ukuran efek atau perbedaan yang diharapkan antara kedua kelompok

Jadi sampel harus memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi yang digunakan sebagai sampel adalah sebanyak 30 pasang, yaitu 30 orang perokok aktif dan 30 orang pula perokok pasif.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), *sputter*, *torniquet*, berbagai peralatan gelas yang biasanya ada di laboratorium, alat destruksi, *hot plate*, mikropipet, tabung EDTA, *yellow tip*, *blue tip*. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Kapas alkohol, aquadest, Tissue, H_2SO_4 , HNO_3 , Larutan standar As_2O_3 1000 ppm, $Cd(NO_3)_2$ 1000 ppm dan $Pb(NO_3)_2$ 1000 ppm.

Prosedur Penelitian

a. Pengambilan sampel.

Sebelum pengambilan darah terlebih dahulu dibagikan kuesioner kepada responden perokok aktif dengan daftar pertanyaan meliputi: Jenis kelamin, Umur, Pekerjaan, Lama merokok dan Jumlah rokok yang dikonsumsi perhari sedangkan untuk perokok pasif meliputi: Jenis kelamin, Umur, Pekerjaan, lama terpapar asap rokok setiap hari dan hubungan responden dengan perokok aktif.

Selanjutnya dilakukan pengambilan darah masing-masing responden secara prosedur kesehatan. Sampel darah yang telah didapat dibawa ke laboratorium analisis dan dilakukan proses refluks selama 3-4 jam pada suhu $150^{\circ}C$, sampai darah menjadi bening. Selanjutnya sampel diencerkan dengan aquades dalam labur ukur 10 mL. Sampel diukur konsentrasinya dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).

b. Verifikasi Metode

Pembuatan kurva kalibrasi

Dari larutan induk As_2O_3 1000 ppm dibuat serangkaian larutan As dengan konsentrasi 0,05 ; 0,1; 0,2 dan 0,5 ppm dalam labu 100 mL dengan beberapa pengenceran sebelumnya. Kemudian masing-masing konsentrasi diamati serapannya dengan AAS. Hasil absorpsi dari alat sebanding dengan konsentrasi

logam. Hasil yang diperoleh dibuat persamaan garis regresi $y = bx + a$. Linearitas dari kurva kalibrasi dilihat dengan menghitung koefisien korelasi (r) dari persamaan garis linier.

Batas Deteksi (*Limit of Detection (LOD)*) dan Batas Kuantitasi (*Limit of Quantitation LOQ*)

Nilai LOD dan LOQ dihitung melalui persamaan garis regresi linier yang diperoleh dari kurva kalibrasi, melalui rumus :

$$Q = \frac{k \times sb}{s1}$$

Keterangan :

Q : LOD atau LOQ

k : 3 untuk batas deteksi (LOD) atau 10 untuk batas kuantitasi (LOQ)

Sb : Simpangan baku respon analitik dan blanko

s1 : Arah garis linier (kepekaan arah dari kurva antara respon terhadap konsentrasi = *slope* (b pada persamaan $y = ax + b$) (Harmita, 2006; Gandjar, 2009)

Presisi

Nilai presisi dihitung melalui nilai rata-rata ketujuh konsentrasi larutan simulasi dikurangi dengan rata-rata nilai Uji Presisi Kerja (UPK) perkonsentrasi. Kemudian dihitung nilai simpangan baku relatif atau koefisien variasi (KV) dari masing-masing konsentrasi standar deviasi, koefisien variasi yang dapat dihitung dengan mengikuti persamaan ekivalen :

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

$$\% \text{ RSD} = \frac{S \times 100\%}{\bar{x}}$$

Keterangan:

x_1 = pengukuran tunggal

$\bar{x}$ = rata rata

n = jumlah pengukuran

S = Standar Deviasi

RSD= Koefisien variasi/Deviasi Standar Relatif

Akurasi

Seberapa dekat suatu pengukuran atau prediksi dengan nilai sebenarnya merupakan presisi. Untuk mengukur akurasi dilakukan dengan metode *spike* (adisi standar) dimana standar dengan konsentrasi tertentu ditambahkan ke sampel. Sebanyak 5 mL larutan standar As_2O_3 20 ppm dipipet dan dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL larutan diencerkan sampai batas dengan larutan sampel, hal ini dilakukan dengan 6 kali selanjutnya dilakukan absorbansi dengan alat AAS. Akurasi diukur dengan menggunakan persen *recovery* atau Uji Perolehan Kembali (UPK) dengan membandingkan konsentrasi kadar As yang diperoleh dengan konsentrasi As sebenarnya dikalikan 100 % atau menggunakan rumus :

$$\text{Nilai UPK} = \frac{\text{konsentrasi yang diperoleh}}{\text{konsentrasi yang sebenarnya}} \times 100\%$$

UPK = Uji perolehan kembali (*recovery*)

Semoga perlakuan dilakukan untuk ketiga logam yang dianalisis.

Hasil dan pembahasan

A. Kriteria Sampling

Tabel 2. Kriteria sampel perokok aktif

N o	Jenis Kelamin	Jenis Perokok	Jumlah (Orang)
1	Laki-laki	aktif	30
	Perempuan	pasif	30
2	Usia (Tahun)		
	40-55	Aktif	21
	56-65	Aktif	9
3	Pekerjaan		
	Wirausaha	Aktif	11
	Pensiunan	Aktif	4
	PNS	Aktif	1
	Guru	Aktif	1
	Pekerja SPBU	Aktif	2
	Tukang bangunan	Aktif	6
	Pekerja Bengkel	Aktif	5
4	Lama Merokok		
	10-20 tahun	Aktif	15
	21-30 tahun	Aktif	11
	31-40 tahun	Aktif	4
5	Banyak Merokok/hari (batang rokok)		
	10-20	Aktif	2
	21-30	Aktif	11
	31-40	Aktif	14
	> 40	Aktif	3
Jumlah Total			30
6	Gejala gangguan Kesehatan		
	Sakit paru-paru	3	
	Sakit Jantung	3	
	Sakit Ginjal	2	
	Diabetes	5	
	Sering batuk	9	
	Kanker	-	
	Tumor	3	

Sampel penelitian adalah warga yang telah merokok > 10 tahun karena diasumsikan bahwa logam berat yang masukkan ke dalam tubuh telah berakumulasi dalam tubuh. Kadar logam berat termasuk As, Pb dan Cd masuk ke dalam tubuh lama-lama akan menumpuk dan berakumulasi menghasilkan kadar yang besar dalam darah sehingga bisa dideteksi oleh alat AAS. Kriteria sampel adalah berumur minimal 40 tahun, hal ini sejalan dengan pernyataan sebelumnya yaitu sampel adalah warga yang merokok > 10 tahun. Kalau seseorang mulai merokok mulai umur 20-25 tahun maka kalau 10 tahun merokok adalah berumur 30 tahun lebih, oleh sebab itu maka kriteria umur sampel adalah 35 tahun ke atas. Kandungan logam As, Pb dan Cd dipengaruhi juga oleh banyaknya rokok yang dihisap setiap hari, makin banyak rokok dihisap maka akan banyak pula kadar logam As yang terakumulasi dalam tubuh.

Perokok pasif merupakan warga yang mempunyai hubungan erat dengan perokok aktif dan terpapar rokok setiap hari minimal 15 menit. Orang yang mempunyai hubungan seperti istri/suami, anak, orang tua, kakak/adik yang tinggal bersama dari perokok aktif sehingga apa yang dihisap oleh perokok akan terpapar atau dihirup pula oleh perokok pasif. Semua perokok pasif pada penelitian ini adalah perempuan yang menjadi istri dari perokok aktif. Istri-istri perokok aktif ini diasumsikan bahwa mereka terpapar asam rokok suami mereka setiap hari minimal 15 menit. Dengan demikian kadar logam berat As, Pb dan Cd yang ada pada asam rokok yang dihisap oleh perokok aktif ikut juga mengenai perokok pasif.

Selain lama merokok faktor banyaknya kandungan racun rokok yang terakumulasi dalam tubuh perokok aktif adalah jumlah batang rokok yang dikonsumsi setiap hari. Hasil yang diperoleh tidak ada perokok yang menghisap rokok kurang dari 10 batang perhari. Umumnya mereka merokok setiap hari 20-40 batang, hal ini akan berakibat buruk bagi kesehatan mereka pada masa tua nanti. Dengan jumlah batang rokok yang banyak dikonsumsi sehari-hari tidak hanya membahayakan diri perokok sendiri tetapi juga orang lain yang dikenai asap rokok perokok aktif tersebut.

Perokok aktif mempunyai aktifitas sehari-hari secara beragam ada yang pedagang, pensiunan, ASN, kuli bangunan, kerja bengkel dan sebagainya, hal ini menyatakan bahwa kegiatan merokok tidak memandang golongan dan pekerjaan. Gangguan kesehatan yang dialami oleh perokok aktif ini kemungkinan berasal dari aktifitas merokok mereka. Gangguan seperti sakit paru-paru, jantung, batuk dan sebagainya yang merupakan penyakit akibat aktifitas merokok. Begitu juga para perokok pasif yang terpapar asap rokok suami mereka setiap hari.

B. Pengumpulan sampel dari perokok aktif dan pasif

Warga yang ditetapkan sebagai sampel baik perokok aktif ataupun perokok pasif yang berjumlah masing-masing 30 orang sebelumnya dilakukan edukasi, mengenai maksud dan tujuan penelitian serta cara pengambilan sampel darah. Warga yang bersedia menjadi sampel setelah diedukasi diminta untuk mengisi *informed consent* yang bertujuan untuk memastikan bahwa warga

telah mengerti semua informasi yang dibutuhkan untuk membuat keputusan atas tindakan yang akan dilakukan. Warga yang bersedia menjadi sampel dilakukan pengambilan darah sebanyak 3 mL, di mana darah tersebut selanjutnya dilakukan analisis kadar As dengan metode AAS.

C. Perubahan logam As dalam darah menjadi bentuk mudah diukur

Analisis logam As, Pb dan Cd dalam darah dengan metode AAS maka terlebih dahulu darah harus direfluks atau didestruksi atau dirombak ikatan kimianya menggunakan asam kuat dan pemanasan. Logam As, Pb dan Cd dalam darah ditemui dalam bentuk organik, terikat dengan ikatan kimia bersama komponen kimia senyawa lainnya, untuk analisis logam As dengan AAS maka logam As harus diubah dalam keadaan bebas atau ion. Perlakukan destruksi bertujuan merombak logam As, Pb dan Cd organik menjadi logam anorganik yang dapat diukur dengan AAS.

Proses destruksi diawali dengan menambahkan darah dengan asam kuat atau campuran asam kuat dalam hal ini HNO_3 dan H_2SO_4 perbandingan 3:1 dan dipanaskan pada suhu 180°C , hal ini berguna untuk merombak atau memutus ikatan kimia dalam sampel menjadi bentuk atom-atom bebas. Keberhasilan proses destruksi ditandai dengan berubahnya sampel menjadi cairan yang bening yang artinya semua unsur yang terikat dalam bentuk organik sudah dirombak menjadi bentuk anorganik yang mudah diukur.

Metode destruksi ada secara kering (oksidasi kering) dan basah (oksidasi basah), secara kering perombakan atau oksidasi dilakukan suhu tinggi (seperti perombakan dengan *furnace* suhu $400\text{--}800^\circ\text{C}$) untuk mengubah bahan organik menjadi logam bebas penyusunnya. Dalam penelitian ini perlakuan dipilih metode destruksi basah karena hasil logam As diperoleh setelah perlakuan destruksi menggunakan pemanasan pada suhu 180°C dan penambahan asam kuat HNO_3 dan H_2SO_4 perbandingan 3:1 selama 2 jam sampai semua konstituen yang terdapat dalam sampel telah larut semuanya atau perombakan senyawa organik telah sempurna selesai yang ditandai dengan larutan berubah menjadi bening atau transparan.

Destruksi basah memberikan beberapa keuntungan yaitu, suhu yang digunakan tidak melebihi titik didih larutan, tidak banyak bahan yang hilang dibandingkan dengan menggunakan destruksi kering karena sampel yang berubah menjadi abu pada pemanasan suhu tinggi. Disamping itu destruksi basah akan lebih cepat pengerjaannya dibandingkan destruksi kering. Proses destruksi basah dilakukan penambahan asam pekat pada sampel, biasanya menggunakan asam pekat nitrat, sulfat dan perklorat. Asam yang ditambahkan bisa tunggal atau campuran. Larutan asam nitrat pekat umumnya efektif dan paling sering digunakan dalam destruksi basah karena dapat memecah sampel menjadi senyawa yang mudah terurai dan larutan asam ini tidak mudah menguap. Asam nitrat digunakan sebagai oksidator primer untuk proses dekomposisi bahan organik yang dapat digunakan pada berbagai teknik pemanasan, seperti pakai listrik atau lainnya (Raimon, 1993). Atau dapat dikatakan bahwa sampel yang didestruksi

menggunakan metode refluks atau destruksi basah dapat meminimalisir hilangnya analit berupa logam yang bersifat volatil sehingga dengan sistem tertutup dapat memaksimalkan proses.

D. Hasil Analisis logam As, Pb dan Cd dalam Darah Perokok Aktif dan Pasif dengan AAS

Analisis logam As pada sampel darah hasil destruksi dilakukan dengan alat AAS pada panjang gelombang karakteristik yaitu pada λ 193.7 nm. Analisis dimulai dengan pengukuran satu seri larutan standar yang berbeda konsentrasinya. Ujung pipa kapiler dimasukkan ke dalam seri larutan standar untuk menghisap larutan, larutan yang dihisap kemudian dibakar, banyaknya energi yang dihasilkan logam setara dengan banyaknya sinar yang diserap pada panjang gelombang tersebut, sehingga diperoleh absorban tiap-tiap seri konsentrasi larutan standar. Hubungan konsentrasi dengan absorban yang dihasilkan hubungan yang erat, makin tinggi konsentrasi logam makin besar absorban yang dihasilkan. Hasil akan diperoleh berupa persamaan rekresi $y = bx + a$.

Dimana :

y = adalah absorban

x = konsentrasi sampel

b = slope

a = intersep

Hasil pada tabel 3 adalah hasil persamaan garis yang diperoleh dari pengukuran 5 konsentrasi standar logam As dengan alat AAS. Hasil yang diperoleh dari kurva kalibrasi standar logam As dan persamaan regresinya $y = 0,632x + 0,1037$ dengan nilai $r = 0,9987$.

Tabel 3. Hasil Persamaan garis regresi pada analisis logam As

[Logam As] (ppb)	Absorban	Persamaan garis
0,00	0,0017	$y = 0,632x + 0,1037$
20,00	0,1383	
40,00	0,2387	
60,00	0,3566	
80,00	0,4379	

Hasil persamaan garis yang diperoleh untuk Pb adalah $y = 0,0315x + 0,0019$ dengan nilai koefisien korelasi (r) = 0,9992 dan untuk Cd adalah $y = 0,632x + 0,1037$ dengan nilai $r = 0,9987$, jadi persamaan garis yang diperoleh adalah linear dengan nilai r mendekati 0,999.

Dari hasil yang diperoleh ini dinyatakan bahwa kadar As dalam darah perokok aktif dan pasif tidak terdeteksi oleh alat, kemungkinan kesalahan sebagai penyebabnya mungkin perlu diketahui. Hasil analisis kadar logam As dalam darah sangat kecil mulai 12 – 78 ppb, kadar Pb adalah 0,38 – 2,903 ppm, sedangkan kadar Cd = 0,012 – 1,225 ppm.

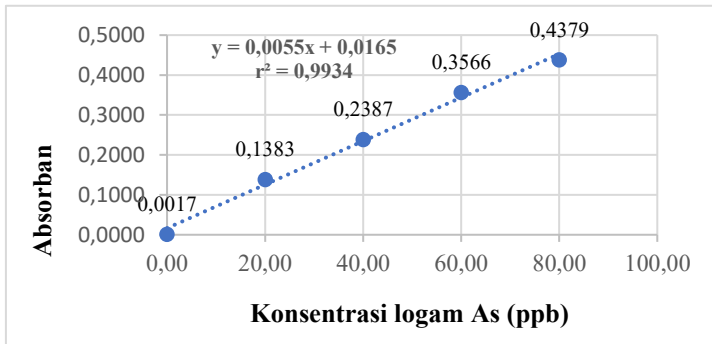
Tujuan utama validasi metode analisis adalah untuk membuktikan bahwa metode analisis yang digunakan konsisten menghasilkan hasil yang akurat dan dapat diandalkan sesuai dengan tujuan penggunaannya. Validasi memastikan metode tersebut sesuai untuk aplikasi yang dimaksudkan, menghasilkan hasil yang andal, dan memenuhi persyaratan standar yang berlaku. Validasi metode yang baik akan menyebabkan meningkatnya kepercayaan pelanggan terhadap hasil uji dan dapat mendukung pengambilan keputusan yang tepat.

E. Validasi Metoda Analisis

1. Kurva Kalibrasi dan Linieritas

Kurva kalibrasi dibuat berupa grafik yang menghubungkan antara konsentrasi As dengan absorbansi yang dihasilkan oleh alat AAS sebagai sinyal respon yang terukur akibat perbedaan konsentrasi sampel atau serangkaian standar yang berbeda konsentrasinya. Pembuatan kurva kalibrasi bertujuan untuk mengukur kadar suatu sampel dengan membandingkan respon yang diberikan oleh alat AAS dalam menilai serangkaian standar yang diketahui konsentrasinya. Kurva kalibrasi seharusnya menunjukkan hubungan linier antara konsentrasi dengan respon alat, sehingga linieritas ini dapat menyatakan hubungan yang akurat antara kadar As dengan absorbansi yang diberikan oleh alat AAS.

Kurva kalibrasi larutan baku As yang dibuat dari larutan baku 100 ppm, yang diencerkan sampai diperoleh 4 seri konsentrasi 0,05 ; 0,1 ; 0,2 dan 0,5 ppm, kemudian diukur dengan AAS sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:



Gambar 4. Hasil Kurva kalibrasi Logam As.

Persamaan garis regresi yang diperoleh dari kurva kalibrasi adalah merupakan hubungan antara sumbu x dan sumbu y, dimana sumbu x merupakan konsentrasi larutan As dan sumbu y adalah absorbansi yang diberikan alat AAS terhadap kadar logam As yang diukur. Serapan yang diberikan alat dibanding lurus dengan kadar logam As, makin tinggi kadar logam As maka makin tinggi absorbansi yang diberikan alat. Dari hasil penelitian diperoleh persamaan garis regresi linier dari kurva kalibrasi adalah $y=0,632x + 0,1037$ dengan koefisien korelasi $r = 0,9987$. Dari nilai r (korelasi) yang mendekati 1 menyatakan bahwa

adanya hubungan yang linier antara konsentrasi-konsentrasi larutan As yang dianalisis dengan serapan (absorban) yang dihasilkan (Harmita, 2006).

Uji linearitas bertujuan untuk memeriksa apakah terdapat hubungan yang linear antara konsentrasi logam As dengan absorpsi sinar oleh alat AAS. Linearitas adalah asumsi yang sangat penting karena berkaitan dengan seluruh biasanya (fenomena kompleks yang berkaitan dengan kesalahan, konsistensi dan asumsi, pengerjaan yang dan hasil yang diperoleh dari serangkaian kegiatan yang telah dilakukan dalam penelitian. Linearitas menyatakan variabel respon yang dependen sebagai fungsi linear dari suatu variabel prediktor atau independen, di sini dinyatakan bahwa perubahan nilai pada salah satu variabel akan menghasilkan perubahan juga untuk variabel yang lainnya. Jadi Linearitas merupakan karakteristik dari parameter model artinya adanya perubahan pada parameter akan mengarah ke perubahan yang sama dalam variabel dependen (Krzanowski, 1998).

2. Hasil penentuan batas Deteksi (LOD) dan batas Kuantitasi (LOQ)

LOD (*Limit of Detection*) yaitu jumlah terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi dan masih memberikan respon yang signifikan dibandingkan blanko. Apabila analit kadarnya berada di bawah LOD maka energi yang ditangkap oleh alat adalah noise. Jadi LOD merupakan parameter uji batas terendah yang bisa dideteksi alat (Harmita, 2006). Batas deteksi merupakan nilai konsentrasi suatu sampel yang dapat diukur pada saat metode mulai mendeteksi keberadaan zat tersebut tetapi belum bisa dihitung secara pasti.

LOQ (*Limit of Quantitation*) merupakan kuantitas terkecil analit yang masih dapat ditentukan dengan metode yang digunakan (Harmita, 2006). LOQ menunjukkan batas di mana suatu konsentrasi zat dapat diukur secara kuantitatif dengan tingkat kepercayaan yang bisa diterima. Dalam analisis kedua parameter ini sangat penting untuk menentukan batas terendah konsentrasi suatu zat yang dapat dideteksi dan diukur secara baik dan bisa dipercaya menggunakan suatu metode analisis tertentu. Hasil LOD dan LOQ pengukuran logam As dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 6. Perhitungan Nilai LOD dan LOQ

No.	Nama	Konsentrasi As (ppb)	Serapan (y)	(y')	(y-y')	(y-y') ²
1	standar 1	0,00	0,0017	0,0165	-0,0148	0,0002
2	standar 2	20,00	0,1383	0,1256	-0,0127	0,0002
3	standar 3	40,00	0,2387	0,2346	-0,0041	0,0000
4	standar 4	60,00	0,3566	0,3437	0,0129	0,0002
5	standar 5	80,00	0,4379	0,4528	-0,0149	0,0002

	Jumlah	0,0008
	SD	0.0140
Persamaan garis regresi $y = bx + a$ Persamaan garis regresi $y = 0,0055 x + 0,0165$ $y' = 0,0054535 x \text{ absorban} + 0,0165$ SD= standar deviasi		
$SD = \frac{\sqrt{(y-y')^2}}{n-1}$		
$LOD = \frac{3 SD}{b} \qquad \qquad \qquad LOD = \frac{10 SD}{b}$		
Dari rumus di atas diperoleh LOD sebesar 7,707088 ppb dan nilai LOQ = 25.69029 ppb. LOD merupakan batas konsentrasi terendah dari logam As yang mampu dideteksi alat AAS. Sedangkan LOQ merupakan batas konsentrasi terendah logam As yang dapat diukur dengan akurat oleh AAS.		
3. Hasil presisi dan Akurasi		
Presisi merupakan tingkat kedekatan hasil pengukuran yang dilakukan secara berulang kali pada kondisi yang sama. Semakin kecil variasi atau perbedaan akan hasil pengukuran berulang maka akan semakin tinggi presisi yang dihasilkan terhadap alat atau metode yang digunakan. Jadi presisi sangat diperlukan dalam analisis untuk melihat seberapa dekat data hasil suatu pengukuran satu dengan lainnya. Presisi dikenal juga dengan ketelitian dalam sistem pengukuran.		
Presisi diukur sebagai simpangan baku atau simpangan baku relatif (koefisien variasi) berdasarkan penelitian yang dilakukan terhadap replikasi sampel yang diambil dari campuran yang homogen (Harmita, 2006). Metode ini dapat menghasilkan nilai rata-rata yang sangat dekat dengan nilai sebenarnya dengan simpangan baku (SD) dan Simpangan baku relative (RSD) sebagai parameter ukur. Adapun hasil perhitungan SD dan RSD diperoleh dari 7 kali replikasi dengan tujuh konsentrasi berbeda di mana nilai yang diperoleh sesuai dengan syarat uji presisi dan akurasi dengan nilai yang disyaratkan kurang lebih 2% (Gandjar dan Rohman, 2010).		
Pengujian presisi ini dinyatakan baik apabila Simpangan baku relatif (RSD) atau SD tidak lebih dari 2%. Hasil presisi yang diperoleh dari hasil pengukuran sampel As berulang kali terdapat pada tabel 7. Pada tabel terlihat hasil SD adalah 6,448 yang menyatakan bahwa nilai > 2, jadi dinyatakan bahwa pengukuran tidak presisi. Sedangkan nilai RSD yang diperoleh adalah 1,072 yang dapat dinyatakan bahwa pengukuran akurasi.		
Peralatan yang tidak dikalibrasi dapat menyebabkan hasil analisis kurang presisi dan akurat. Pemilihan metode analisis yang tidak valid juga akan mempengaruhi hasil presisi. Penggunaan bahan kimia yang berkualitas rendah akan mempengaruhi presisi. Kesalahan manusia yang menganalisis seperti kurang konsentrasi, kelelahan serta operator yang melakukan interpretasi data akan menghasilkan data tidak presisi. Kesalahan dalam mengambil sampel terutama		

sampel yang tidak representatif akan mempengaruhi presisi hasil, bahkan lingkungan seperti kelembaban, suhu serta getaran dapat mempengaruhi presisi hasil. Untuk mengurangi hasil presisi biasanya dilakukan pengukuran berulang dan data evaluasi hasil analisis untuk melihat perbedaan yang signifikan pada pengukuran yang berbeda (Meti Kusmiati, 2022). Hal-hal yang menyebabkan data analisis tidak presisi, juga bisa tidak akurasi.

Daftar Pustaka

- Alim, A., Tangdilambi, N., & Badwi, A. (2019). Jurnal Kualitas Pelayanan Kesehatan (Studi Analitik Terhadap Pasien Rawat Jalan di RSUD Makassar). *Jurnal Manajemen Kesehatan Yayasan RS.Dr. Soetomo*, 5(2), 165. <https://doi.org/10.29241/jmk.v5i2.164>
- Agustin, A. S. (2023). *Hubungan kadar gula darah puasa dengan jumlah trombosit pada penderita diabetes melitus dengan pengobatan di RSUD Haji Provinsi Jawa Timur* (Disertasi doctoral, Universitas Muhammadiyah Surabaya).
- Ambarwati, F. D., Vinsur, E. Y. Y., & Syukkur, A. (2024). Hubungan Pengetahuan Perokok Pasif Tentang Dampak Asap Rokok dengan Upaya Pencegahannya di Perumahan Mulya Garden, Kecamatan Sukun, Kota Malang. *Jurnal Riset Kesehatan Nasional*, 8(2), 170-178.
- Azizah, A. (2022). *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pada Air Minum Masyarakat di Pulau Kodingareng dan Barrang Lompo Kota Makassar Tahun 2022= Environmental Health Risk Assessment On Public Drinking Water In Kodingareng And Barrang Lompo Islands Makassar City In 2022* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Britton, L. A. (2003). *Microbiological threats to health in the home. Clinical Laboratory Science*, 16(1), 10–15.
- Dona, D., Maradona, H., & Masdewi, M. (2021). Sistem pakar diagnosa penyakit jantung dengan metode Case Based Reasoning (CBR). *ZONasi: Jurnal Sistem Informasi*, 3(1), 1–12.
- Fajarna, N., & Sari, W. (2023). Pengelolaan Komponen-Komponen Darah di Utd Palang Merah Indonesia (Pmi) Kota Banda Aceh. *Pengelolaan Komponen-Komponen Darah di Utd Palang Merah Indonesia (PMI) Kota Banda Aceh*, 11(1), 1–12. <https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/PBiotik/index>
- Hasibuan, J. (2022). Hubungan Pendidikan dan Perilaku Merokok Remaja Usia 10-17 Tahun di Indonesia. *Jurnal Forum Analisis Statistik (FORMASI)*, 2(1), 53–59. <https://doi.org/10.57059/formasi.v2i1.29>
- Hidayah, S. C. (2020). *Perbedaan hasil pemeriksaan jumlah trombosit sampel yang dihomogenkan dengan blood roller mixer selama 1, 5 dan 10 menit kecepatan 35 rpm* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Semarang).
- Jabar, M. A., Ramadhanti, S., Purnamaningrum, S. P. D., & Christijanti, W.

- (2023). Analisis Perbandingan Kadar Hemoglobin, Jumlah dan Struktur Eritrosit Pada Lima Kelas Vertebrata. *Journal Life Science*, 12(2), 128–136. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/LifeSci>
- Jakaria, P. N. (2022). *Gambaran Kadar Hemoglobin pada Perokok Aktif Di Rt 02 Dusun Wanasari Desa Dauh Puri Kaja Kecamatan Denpasar Utara*. 1–15.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2021). *Bahaya perokok pasif*. https://keslan.kemkes.go.id/view_artikel/372/bahaya-perokok-pasif
- Kholifah, W. D. N., Nurrochmah, S., Alma, L. R., & Gayatri, R. W. (2023). Analisis Hubungan Tingkat Pendidikan Ibu, Antenatal Care, Paritas, dan Paparan Asap Rokok pada Ibu dengan Kejadian BBLR di Wilayah Kerja Puskesmas Arjuno Kota Malang. *Sport Science and Health*, 5(2), 133–147.
- Lianzi, I., & Pitaloka, E. (2014). Hubungan Pengetahuan Tentang Rokok dan Perilaku Merokok pada Staf Administrasi Universitas Esa Unggul. *Jurnal Inohim*, 2(1), 67–81.
- Liesdiawan, N. H. (2025). *Laporan PKM: Identifikasi kandungan logam berat menggunakan metode atomic absorption spectrophotometer (AAS) sedimen Sungai Citarum bagian hulu*.
- Ma, C., Wang, H., Tan, W., Wang, Z., Zhang, L., & Wang, Y. (2021). *Global trends in the prevalence of secondhand smoke exposure among adolescents aged 12–16 years from 1999 to 2018: An analysis of repeated cross-sectional surveys*. *The Lancet Global Health*, 9(10), e1295–e1304. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(21\)00365-X](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(21)00365-X)
- Mansouri, B., Azadi, N. A., Sharafi, K., & Nakhaee, S. (2023). *The effects of active and passive smoking on selected trace element levels in human milk*. *Scientific Reports*, 13, 20756. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-48012-9>
- National Cancer Institute. (2018). *Secondhand Smoke and Cancer*. National Cancer Institute.
- Nisaa, N. F., Aryani, T., & Wicaksana, A. Y. (2022). Hubungan antara kadar kontaminan Arsen pada air minum bersumber dari air sumur dengan kejadian gagal ginjal kronis: Literature review. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 12(3), 134–145.
- Novianti, K. D. P., Jendra, K. Y. D., & Wibawa, M. S. (2021). Diagnosis Penyakit Paru pada Perokok Pasif Menggunakan Metode Certainty Factor. *INSERT : Information System and Emerging Technology Journal*, 2(1), 25–34. <https://doi.org/10.23887/insert.v2i1.35122>
- Peduli Petani. (2023). *NTRM: Memahami bahan non-tembakau dalam produksi tembakau*. <https://www.pedulipetani.id/berita/ntrm-memahami-bahan-non-tembakau-dalam-produksi-tembakau>
- Rahim, A. R. (2020). *Cara praktis penulisan karya ilmiah*. Zahir Publishing.
- Rahmawati, E., Dewi, D. C., Fasya, A. G., & Fauziyah, B. (2015). Analysis of

- Metal Copper Concentration at Candy using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). *Alchemy*, 4(1), 39–43. <https://doi.org/10.18860/al.v4i1.3142>
- Rahmawati, I. N., & Arifah, S. (2024). *Hubungan paparan asap rokok dengan kejadian ISPA pada balita di Puskesmas Pundong Bantul Yogyakarta The relationship of cigarette smoke exposure to the incident of acute respiratory infection in toddler in puskesmas pundong bantul yogyakarta*. 2(September), 148–154.
- Rosita, L., Cahya, A. A., & Arfira, F. athiya R. (2019). Hematologi Dasar. In *Universitas Islam Indonesia*.
- Safitri, I. A., Suryawan, A., & Wicaksono, B. (2016). Hubungan antara Tingkat Paparan pada Perokok Pasif dengan Volume Oksigen Maksimal (VO2max) pada Remaja Usia 19-24 tahun. *Nexus Kedokteran Komunitas*, 5(1), 29–78.
- Saminan, S. (2016). Efek Perilaku Merokok Terhadap Saluran Pernapasan. *Jurnal Kedokteran Syiah Kuala*, 16(3), 1–4.
- Sari, R., & Wimpy, W. (2023). Hubungan kadar Arsenik dalam darah terhadap kadar insulin pada perokok aktif. *Jurnal Ilmiah Permas: Jurnal Ilmiah STIKES Kendal*, 13(4), 1417–1426.
- Sariyani, D., & Rofika, A. (2020). Hubungan Paparan Asap Rokok Dengan Tanda-Tanda Vital Pada Balita Di Kabupaten Pati. *Coping: Community of Publishing in Nursing*, 8(4), 374. <https://doi.org/10.24843/coping.2020.v08.i04.p05>
- Sihombing, I. J., & Desi, A. (2023). *Perlindungan hukum atas beredarnya rokok filter ilegal yang merugikan konsumen menurut Undang-Undang Nomor 8 Tahun 1999 tentang perlindungan konsumen di Kota Pekanbaru* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- Sitepoe. (2018). *Kekhususan Rokok Indonesia*. PT Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Somantri, U. W. (2020). Hubungan Tingkat Pengetahuan, Jenis Kelamin Dan Persepsi Gambar Kemasan Rokok Dengan Perilaku Merokok. *Jurnal Kesehatan*, 11(1), 69–76. <https://doi.org/10.38165/jk.v11i1.200>
- Sugito, S. (2022). Uji Kinerja Instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) Shimadzu 6650 F Terhadap Logam Fe, Zn pada Kegiatan Praktikum Kimia Anorganik di UPT Laboratorium Terpadu UNS. *Indonesian Journal of Laboratory*, 5(2), 83. <https://doi.org/10.22146/ijl.v5i2.75876>
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Bandung : Alfabeta.
- Tazkiya, A. (2023). *Pengaruh Asap Rokok Daun Nipah (Nypa fruticans) Terhadap Eritrosit Dan Paru-Paru Mencit (Mus musculus)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry).
- Thakur, M., Rachamalla, M., Niyogi, S., Datusalia, A. K., & Flora, S. J. S. (2021). Molecular mechanism of Arsenic-induced neurotoxicity including neuronal dysfunctions. *International Journal of Molecular Sciences*,

22(18), 10077.

WHO (2016). Hubungan Status Merokok Orang Tua Terhadap Perilaku Merokok Mahasiswa Pria Teknik Sipil Di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. *Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Mahyudi 2009*, 10. <http://repository.umy.ac.id/handle/123456789/2699>

1.

Target Jurnal Terakreditasi Sinta 3-4