

TESIS

**KADAR ION KALSIUM PADA OPERATOR SPBU YANG
TERPAPAR TIMBAL (Pb)**

***CALCIUM ION LEVELS OF ALLEY GAS STATION'S OPERATORS
EXPOSED BY LEAD (Pb)***



SAKINAH NUR FADILLAH

P062171308

**KONSENTRASI KIMIA KLINIK
PROGRAM STUDI BIOMEDIK PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2019

**KADAR ION KALSIUM PADA OPERATOR SPBU YANG TERPAPAR
TIMBAL (Pb)**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Ilmu Biomedik

Disusun dan Diajukan oleh

SAKINAH NUR FADILLAH

Kepada

**KONSENTRASI KIMIA KLINIK
PROGRAM STUDI BIOMEDIK SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2019**

TESIS

**KADAR ION KALSIMUM PADA OPERATOR SPBU YANG
TERPAPAR TIMBAL (Pb)**

Disusun dan diajukan oleh

SAKINAH NUR FADILLAH
Nomor Pokok P062171308

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 30 Januari 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasehat,


Prof. dr. Mansyur Arif, Ph.D., Sp.PK(K)
Ketua


Dr. dr. Tenri Esa, M.Si., Sp.PK
Anggota

Ketua Program Studi
Magister Ilmu Biomedik,


Dr. Dr. Ika Yustisia, M.Sc

Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin,


Prof. Dr. F. Jamaluddin Jompa, M.Sc



ABSTRAK

SAKINAH NUR FADILLAH. Hubungan Kadar Timbal (Pb) dengan Kadar Ion Kalsium (Ca^{2+}) pada Operator SPBU (dibimbing oleh

Penelitian ini bertujuan: mengukur kadar timbal (Pb); mengukur kadar ion kalsium (Ca^{2+}); dan menganalisis hubungan kadar timbal dengan kadar ion kalsium pada operator SPBU.

Penelitian ini merupakan jenis penelitian observasional dengan pendekatan *cross-sectional*. Data diperoleh melalui wawancara, dan kuesioner. Pengukuran Pb darah menggunakan AAS dan pengukuran kadar Ca^{2+} menggunakan metode fotometer. Sampel sebanyak dua puluh orang operator SPBU.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata kadar Pb dan Kadar Ca^{2+} dalam darah operator SPBU adalah 7,50, dan 8,34. Semakin tinggi kadar Pb, semakin rendah kadar Ca^{2+} dengan nilai $p(<0,001)$ dan nilai $r(-0,767)$. Semakin tinggi kadar Pb, semakin rendah kadar Ca^{2+} .

Kata kunci: kadar timbal (Pb), kadar ion kalsium (Ca^{2+}), operator SPBU, SPBU, AAS, fotometri



ABSTRACT

SAKINAH NUR FADILAH. *Correlation Between Timbale Level (Pb) and Ion Calcium (Ca^{2+}) in SPBU Operators*

The research aims to measure the level of timbale (Pb) and ion calcium (Ca^{2+}) and analyze the correlation between timbale level and ion calcium level in SPBU operators.

This research was an observational study with cross sectional approach. The data were obtained through interview and questioner. The measurement of blood Pb used AAS and the measurement level of Ca^{2+} used photometer method. The sample consisted of 20 SPBU operators.

The results of the research indicate that the mean level of Pb and Ca^{2+} in the blood of SPBU operators is 7.50 and 8.34 respectively. The higher the Pb level is, the lower the Ca^{2+} level is with the value of $p (<0.001)$ and $r (-0.767)$. The higher the Pb level is, the lower the Ca^{2+} level is.

Key words : timbale level (Pb), ion calcium level (Ca^{2+}), SPBU operators, SPBU, AAS, photometer



PERNYATAAN KELAYAKAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sakinah Nur Fadillah

Nomor mahasiswa : P062171308

Program Studi : Ilmu Biomedik

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Makassar, 28 Desember 2019

Yang menyatakan

SAKINAH NUR FADILLAH

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur senantiasa kita panjatkan kehadiran **Allah SWT** yang senantiasa mencurahkan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya yang tiada batas, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Tesis yang berjudul '**KADAR ION KALSIMUM PADA OPERATOR SPBU YANG TERPAPAR TIMBAL (Pb)**' sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Master Biomedik, Fakultas Kedokteran, Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

Penulis menghaturkan terimakasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua tercinta, ayahanda **Muh. Idris** yang telah mengajari banyak hal tentang kebaikan dan ibunda **Siti Marwah (Alm)**. Saudara-saudara tersayang yang senantiasa membantu dan mendukung penulis dalam melaksanakan penelitian, serta seluruh keluarga besar penulis yang tak henti-hentinya memberikan motivasi, semangat dan doa.

Tak lupa pula penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Jamaluddin, M.Sc, selaku Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

2. Prof. Dr. Ir. Laode Asrul, M.P., selaku wakil Dekan Bidang Akademik, Riset dan Publikasi Ilmiah.
3. Dr. dr. Ika Yustisia, M.Sc selaku ketua Program Studi Magister Ilmu Biomedik, Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.
4. Prof. dr. Mansyur Arif, Ph.D., Sp.PK (K) dan Dr.dr. Tensri Esa, M.Si., Sp.PK, selaku pembimbing utama dan pembimbing kedua, yang telah mencurahkan seluruh bimbingan dan motivasinya serta selama proses penyusunan tesis.
5. Dr. dr. Ilhamjaya Pattelongi, M.Kes, Dr.dr. Nursin Abd. Kadir, M.Kes, Ph.D., Sp.PK, dan Dr. dr. Siti Rafiah, M.Si selaku penguji, terima kasih atas masukan yang telah diberikan demi penyempurnaan penulisan tesis.
6. Ketua konsentrasi Kimia Klinik, dan seluruh dosen Kimia Klinik pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah membagi ilmunya serta seluruh staf konsentrasi Kimia Klinik Universitas Hasanuddin terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya.
7. Teman-teman seperjuangan pascasarjana biomedik 2017 : Andi Muthiyah A.Am, Rachma, Luthfiah Dahlan, Yustinus Ari, Yusnita, Nur Hayati Fatsya, dan Coletta Wulandari, terima kasih atas bantuannya semua,

8. Sahabat-sahabat istimewa (Ithen imut, Uphy Purpleluv, Marshanda, Pute, Dudink, Lili, Rahmi) yang selama ini memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu semoga Allah senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan yang terjadi dalam penyusunan tesis ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun bagi penulis guna memperbaiki penelitian pada kesempatan mendatang.

Akhir kata penulis mengharapkan tesis ini dapat bermanfaat bagi berkembangnya ilmu pengetahuan. Terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makasar, 28 Desember 2019

Sakinah Nur Fadillah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR SINGKATAN.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan.....	5
1. Tujuan Umum.....	5
2. Tujuan Khusus	5
D. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7

A. Timbal	7
B. Kalsium Dan Ion Kalsium	14
C. Spektrofotometer Serapan Atom	20
D. Hubungan Kalsium Dengan Timbal	25
E. SPBU Dan Bahan Bakar Minyak	27
F. Kerangka Teori	35
G. Kerangka Konsep.....	37
H. Hipotesis	37
BAB III METODE PENELITIAN.....	38
A. Rancangan Penelitian	38
B. Waktu Dan Tempat Penelitian.....	38
1. Waktu Penelitian.....	38
2. Tempat Penelitian.....	38
C. Populasi Dan Sampel.....	38
1. Populasi	38
2. Sampel	38
D. Besar Sampel Penelitian	39
E. Kriteria Sampel	39
1. Kriteria Inklusi.....	39
2. Kriteria Eksklusi.....	40
F. Variabel Penelitian	40
1. Variabel Independen	40
2. Variabel Dependen.....	40

G. Defenisi Operasional.....	40
H. Persetujuan Etika Dan Tindakan Medik.....	41
I. Alat Dan Bahan Penelitian	41
1. Alat.....	41
2. Bahan.....	41
J. Prosedur Penelitian.....	41
1. Pengambilan Sampel Darah.....	41
2. Pengukuran Kadar Timbal	42
3. Pengukuran Kadar Ion Kalsium	42
K. Analisis Data.....	43
L. Alur Penelitian.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
A. Hasil Penelitian	45
1. Gambaran Lokasi Dan Sampel.....	45
2. Karakteristik Subjek Penelitian	45
3. Hasil Pengukuran Rerata Kadar Timbal Dalam Darah Operator Spbu Dan Kontrol	47
4. Hasil Pengukuran Rerata Kadar Ion Kalsium Dalam Darah Operator Spbu Dan Kontrol	48
5. Uji Korelasi Kadar Timbal Dan Kadar Ion Kalsium	49
B. Pembahasan.....	49
1. Pemeriksaan Kadar Timbal	50
2. Pemeriksaan Kadar Ion Kalsium.....	53

3. Hubungan Kadar Timbal Dengan Kadar Ion Kalsium dalam Darah Operator Spbu	54
C. Keterbatasan Penelitian	56
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	57
A. SIMPULAN.....	57
B. SARAN	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
BAB II	
1.	Kandungan Senyawa Timbal dalam Kendaraan Bermotor 9
2.	Nilai Ambang Batas Senyawa Timbal dalam Organ Tubuh 13
3.	Komposisi Premium 32
4.	Komposisi Pertamina 33
5.	Komposisi Pertalite 34
6.	Karakteristik Subjek Penelitian 47
BAB IV	
7.	Rerata Kadar Timbal pada Operator SPBU dan Kontrol..... 48
8.	Rerata Kadar Ion Kalsium pada Operator SPBU dan Kontrol... 48
9.	Uji Korelasi Kadar Timbal dan Kadar Ion Kalsium 49

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
BAB II	
1.	Metabolisme Kalsium 17
2.	Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)..... 21
3.	Skema SSA 23
4.	Kerangka Teori 36
5.	Kerangka Konsep..... 37
BAB IV	
6.	Mekanisme Aktivitas 1- α -hidroksilase 48

DAFTAR SINGKATAN

- BPLH : Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- C : Carbon
- Ca²⁺ : Ion Kalsium
- Ca-BP: Calcium-Binding Protein
- CDC : Center For Disease Control And Prevention
- CO₂ : Carbon Dioxida
- N : Nitrogen
- NO : Nitrit Oksid
- O : Oksigen
- PAH : Polisiklik Aromatic Hydrokarbon
- Pb : Plumbum (Timbal)
- PTH : Parathyroid Hormone
- SSA : Spektrofotometri Serapan Atom
- TEL : Tetra Etil Lead
- TML : Tetra Methyl Lead

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1.	Data Sampel	65
2.	Naskah Penjelasan untuk Mendapat Persetujuan dari Subyek Penelitian.....	66
3.	Formulir <i>Informed Consent</i>	68
4.	Kode Etik	69
5.	Gambar Penelitian.....	70

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Gas buang kendaraan bermotor mengandung polutan dari sisa bahan bakar yang terbang ke lingkungan. Polutan tersebut antara lain karbon monoksida (CO), nitrogen monoksida (NO), hydrogen (H₂), karbon (C), dan timbal (Pb). Polutan ini dapat membentuk radikal bebas yang merupakan turunan oksigen dan sangat reaktif (Saxena dan Gosh, 2012).

Pencemaran timbal menjadi salah satu pencemar utama di lingkungan karena berasal dari gas bunag kendaraan bermotor. Timbal dari asap kendaraan tetap menjadi pencemar udara dimanapun kendaraan itu berada. Timbal yang menyebabkan polusi terdapat dalam dua bentuk, yaitu dalam bentuk gas dan partikel-partikel. Gas timbal terutama berasal dari pembakaran bahan aditif bensin dari kendaraan bermotor (Palar, 2012)

Kadar timbal di udara sebesar 1 µg/m³ dapat menyebabkan timbal masuk ke dalam darah sebanyak 0,25-0,53 ppm. Paparan timbal juga dapat menyebabkan penyakit seperti tekanan darah tinggi, penyakit jantung, dan menurunkan fungsi ginjal (Kustiningsih, dkk., 2017).

Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup (BPLH) Sulawesi Selatan dari tahun 2007 – 2011 di daerah Urip Sumoharjo dan Perintis Kemerdekaan, melaporkan bahwa kadar timbal di udara sebesar

2,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, artinya bahwa kadar timbal udara telah melampaui standar timbal (Pb) dengan baku mutu 24 jam = 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PP. No. 41 Tahun 1999).

Siswanto, 1991 dalam Suciani, 2007 menyatakan bahwa *current exposure* (pemaparan sekarang) berlaku bila seseorang terpapar secara terus menerus dan dalam kurun waktu dua bulan. Jika pemaparan terhenti, kadar timbal juga akan turun secara perlahan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi daya toksisitas logam pada manusia adalah jumlah logam terakumulasi dalam tubuh, lama paparan, usia, jenis kelamin, pola makan, keadaan tubuh manusia, kemampuan jaringan tubuh untuk mengakumulasi logam (Rustanti, 2011). Hasil penelitian Qariah dkk., 2015 menyebutkan bahwa dalam darah 70% subjek penelitian di perindustrian pengecoran logam CV. Bonjor Jaya mengandung kadar timbal lebih besar dari kadar normal yang ditetapkan CDC, yaitu $>10 \mu\text{g}/\text{dL}$. Petugas tersebut memiliki lama kerja 2 tahun sampai 25 tahun. Dari penelitian tersebut, disimpulkan bahwa sebagian besar pekerja tersebut terpapar timbal yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan.

Timbal bersifat toksik dan membahayakan kesehatan manusia. Bentuk kimia Pb merupakan faktor penting yang mempengaruhi sifat-sifat Pb di dalam tubuh. Komponen Pb organik misalnya tetraethyl Pb. Timbal terakumulasi dalam tiga kompartemen: darah, jaringan lunak, dan tulang. Dalam darah, sekitar 99% timbal ditemukan dalam eritrosit, meninggalkan

sekitar 1% dalam plasma dan serum (NHI, 2013). Orang yang beresiko terapar timbal merupakan orang-orang yang bekerja pada industry aki dan baterai, operator SPBU, supir angkutan umum, petugas parkir, dan pekerja pengecetan kendaraan.

Mifbakhuddin dkk., 2007, menyebutkan di Semarang Timur, rata-rata petugas operator pengisian bahan bakar umum memiliki kadar timbal lebih besar dari batas yang diajukan oleh CDC ($10 \mu\text{g}/\text{dl}$) dengan nilai $13,35 \mu\text{g}/\text{dl}$ dan simpangan baku $5,33 \mu\text{g}/\text{dl}$. Rosyidah dan Jannah, 2010 menyebutkan reratakadar timbal darah petugas operator SPBU adalah $24,97 \mu\text{g}/\text{dl}$ Begitupun dengan hasil penelitian Noviyanti (2015) di Makassar, kadar Pb dalam urine pegawai spbu berkisar antara $168 \mu\text{g}/\text{L}$ – $412 \mu\text{g}/\text{L}$ melampaui batas maksimum yang ditetapkan yakni $50 \mu\text{g}/\text{L}$.

Ion kalsium berperan penting dalam mempertahankan kadar kalsium intrasel, mineralisasi tulang, pembekuan (koagulasi) darah, membran plasma potensial, mempengaruhi peningkatan permeabilitas dan eksitabilitas sel membran, aktivitas neuromuskular, kontraktilitas otot jantung dan rangka, serta mekanisme kerja hormon. Fungsi yang beragam dan penting ini menyebabkan kadar ion kalsium dalam cairan ekstrasel harus dipertahankan secara hati-hati dalam kisaran yang sempit (Yusmiati & Wulandari, 2016).

Timbal dalam larutan, berupa Pb^{2+} dan bersifat seperti Ca^{2+} dalam proses biologis. Interaksi antara Pb^{2+} dan Ca^{2+} di seluruh organisme telah dikenal selama bertahun-tahun. Sebagai contoh,

Ca^{2+} menghambat penyerapan timbal dalam saluran pencernaan, dan penyimpanan jangka panjang timbal terjadi pada tulang (Needleman, 2004). Timbal dan kalsium dapat digunakan secara bergantian oleh tulang. Timbal bertindak berlawanan dengan ion kalsium, dan juga menirukan efek yang dihasilkan oleh ion kalsium. Ketika timbal masuk ke dalam sel, maka akan terjadi perubahan konsentrasi ion-ion dalam tubuh dan mengatur ion-ion tersebut dalam metabolisme tubuh (Kim dkk., 2011).

Paparan timbal mempengaruhi metabolisme mineral dengan menghambat enzim $1-\alpha$ -hidroksilase dalam tubulus ginjal, yang mengarah pada penurunan kalsitriol dan mengakibatkan gangguan penyerapan ion kalsium dalam saluran gastrointestinal dan tubulus ginjal (Dongre, dkk, 2013). Ion kalsium dalam sel dibutuhkan dalam proses metabolisme enzim $1-\alpha$ -hidroksilase. Ketika timbal masuk ke dalam sel, timbal akan berkompetisi dengan ion kalsium tetapi afinitas pengikatan timbal lebih tinggi dibandingkan dengan ion kalsium menyebabkan timbal menggantikan posisi ion kalsium pada metabolisme $1-\alpha$ -hidroksilase (Hewison, dkk., 2000; Gulson, 2001; Needleman, 2004). Barman dan Ravibabu, 2018 melaporkan bahwa pekerja pabrik baterai yang terpapar timbal menyebabkan kadar ion kalsium dalam serum darah turun.

Timbal dari buangan kendaraan bermotor termasuk senyawa yang menyebabkan lingkungan tercemar. Kontribusi pencemaran udara berasal dari sektor transportasi. Kelompok masyarakat yang mempunyai risiko tinggi terpapar timbal, seperti supir angkutan umum, polisi lalu lintas,

pekerja pabrik AKI dan baterai, dan operator SPBU (Ardillah, 2016, Barman dan Ravibabu, 2018, Mifbahuddin, dkk., 2007). Berdasarkan uraian tersebut, maka sebaiknya diteliti tentang adanya hubungan antara kadar Pb dan kadar ion kalsium pada operator SPBU yang ada di Makassar.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dilakukan, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Berapakah kadar timbal dan kadar ion kalsium operator SPBU di Makassar?
2. Apakah kadar timbal dalam darah mempengaruhi kadar ion kalsium dalam serum operator SPBU di Makassar?

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Mengetahui hubungan kadar Pb dan kadar ion kalsium pada operator SPBU di Makassar.

2. Tujuan Khusus

- 2.1 Mengukur kadar timbal dalam darah operator SPBU dan Non SPBU.
- 2.2 Mengukur kadar ion kalsium dalam serum operator SPBU dan Non SPBU.

2.3 Menganalisis hubungan kadar timbal darah dengan kadar ion kalsium serum operator SPBU di Makassar.

D. Manfaat Penelitian

1. Untuk Pengembangan Ilmu Pengetahuan

Penelitian ini diharapkan dapat memberi tambahan informasi ilmiah mengenai hubungan kadar Pb dengan kadar ion kalsium pada operator SPBU di Makassar.

2. Menjadi data ilmiah untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Timbal

Timbal dapat ditemukan dalam hampir semua lingkungan. Peningkatan jumlah timbal di lingkungan berasal dari aktivitas manusia termasuk pembakaran bahan bakar fosil, pertambangan, dan manufaktur. Sumber paparan yang paling umum untuk anak-anak yang keracunan timbal adalah cat berbasis timah, sedangkan mayoritas kasus orang dewasa terkait dengan tempat kerja. Keberadaan timbal di lingkungan terbentuk secara alami, walaupun penyumbang terbesar timbal di lingkungan berasal dari akegiatan manusia. Penggunaan timbal dalam bensin, menyebabkan terbentuknya siklus pencemaran timbal yang tidak wajar terbentuk. Meningkatnya jumlah timbal menciptakan masalah kesehatan lingkungan. Timbal merupakan senyawa beracun yang kuat dan berbahaya walaupun kadarnya sangat kecil. Timbal adalah kontaminan lingkungan yang penting karena toksisitasnya terhadap manusia dan organisme hidup lainnya. Timbal adalah salah satu dari elemen kelas terbatas yang dapat digambarkan sebagai racun murni. Banyak elemen lain, termasuk logam berat seperti kromium, mangan,

molibdenum, nikel, dan selenium, meskipun beracun pada tingkat tinggi, sebenarnya dibutuhkan nutrisi pada tingkat yang lebih rendah. Ini jelas bukan kasus untuk timah. Timbal adalah logam yang relatif tahan korosi,

padat dan mudah dibentuk yang telah digunakan oleh manusia selama setidaknya 5000 tahun. Selama masa ini, polusi timbal telah meningkat dari sekitar 10 ton/tahun menjadi 1.000.000 ton/tahun, menyertai populasi dan pertumbuhan ekonomi. Pembakaran timbal dalam mesin roda empat menyebabkan terbentuknya timbal klorida, timbal sulfida dan timbal oksida di udara bebas. Timbal adalah salah satu dari empat logam yang memiliki efek paling merusak pada kesehatan manusia. Sumber polusi timbal dapat dibagi menjadi dua kategori utama : industri dan domestik. Paparan timbal industri terutama disebabkan oleh partikel yang dihasilkan oleh pembakaran batu bara dan pemanggangan mineral yaitu besi pirit, dolomit, alumina dan lain-lain. Paparan timbal domestik terutama berasal dari proses memasak dengan menggunakan bahan bakar padat (yaitu batubara, biomassa, limbah pertanian, dll.), cat, glas keramik, obat kosmetik dan lipatan, air minum dan makanan, dan lain-lain . (Macarthy dkk. 2006).

Timbal adalah logam beracun *non-biodegradable* yang terkenal di lingkungan dan sekarang, telah menjadi masalah kesehatan global (Patric, 2006). Keracunan timbal terjadi ketika orang terpapar timbal dan bahan kimia yang mengandung timbal, udara pernapasan, minum seperti air dan susu, mengonsumsi buah-buahan, sayur, daging, biji-bijian dan *seafood*, menelan atau menyentuh debu atau kotoran yang mengandung timbal. Dalam makalah ini beberapa aspek efek timbal pada lingkungan seperti tanah, makanan & air telah disajikan (Tiwari dkk. 2013).

Senyawa Pb bersifat lipofilik menyebabkan Pb dapat dengan mudah

masuk ke dalam sel dengan cara berdifusi pasif melewati membran sel. Timbal yang ada di dalam sel akan berinteraksi dengan komponen intra sel yang pada akhirnya akan menginduksi badan inklusi di dalam sel. Di dalam sel, senyawa Pb yang terakumulasi akan terdegradasi melepaskan ion Pb^{2+} (Aziz & Marianti 2014).

Tabel 1. Kandungan senyawa Pb dalam kendaraan Bermotor (Palar, 2012)

Senyawa Pb(%)	0 jam	18 jam
PbBrCl	32	12
PbBrCl ² PbO	31.4	1.6
PbCl ₂	10.7	8.3
Pb(OH)Cl	7.7	7.2
PbBr ₂	5.5	0.5
PbCl ² 2PbO	5.2	5.6
Pb(OH)Br	2.2	0.1
PbO _x	2.2	21.2
PbCO ³	1.2	13.8
PbBr ² PbO	1.1	0.1
PbCO ₃ 2PbO	1	29.6

Persentase Pb udara yang terhirup akan mencapai darah diperkirakan sekitar 30% sampai 40% (rata-rata 37%) tergantung pada:

- a. ukuran partikel
- b. daya larut
- c. volume pernafasan
- d. variasi psikologis individu dan
- e. kondisi psikologis yang mempengaruhi penyerapan paru-paru.

Timbal dapat masuk ke dalam tubuh dengan melalui usus, melalui

paru-paru melalui pernapasan, melalui kulit, atau dengan menelan langsung. Penyerapan timbal anorganik terjadi di seluruh saluran pernapasan dan usus. Untuk orang dewasa dengan paparan pekerjaan, rute yang paling signifikan untuk penyerapan adalah melalui saluran pernapasan (Markomitz, 2000). Penyerapan timbal respirasi terutama tergantung pada ukuran partikel. Persentase timbal yang dihirup mencapai aliran darah diperkirakan 30-40% (Palar, 2012). Tingkat penyerapan melalui saluran pencernaan tergantung pada status gizi dan usia orang yang terpajan. Oleh karena itu, sementara orang dewasa menyerap rata-rata 10 hingga 15% dari jumlah yang dicerna, jumlah ini dapat meningkat menjadi 50% pada bayi, anak kecil dan wanita hamil. Penyerapan melalui usus adalah rute utama untuk anak-anak dan meningkat ketika asupan makanan dari besi, kalsium, fosfor, atau zink rendah. Ada sedikit penyerapan timbal secara transkutan ketika senyawa timbal anorganik, seperti yang ditemukan dalam cat, diterapkan pada kulit. Sebaliknya, timbal organik (tetraethyl), yang ditemukan dalam bensin, dapat diserap melalui kulit. Rute ini mungkin telah berkontribusi pada keracunan timbal pada pekerja kimia selama pengembangan aditif bensin ini pada 1920-an (Markomitz, 2000).

Konsentrasi timbal dalam plasma lebih signifikan daripada dalam darah lengkap sebagai alat distribusi ke organ target, yaitu otak, paru-paru, limpa, korteks ginjal, aorta, gigi, dan tulang (Palar, 2012). Kinetika transfer timbal dari darah ke jaringan lunak rendah dan membutuhkan sekitar 4 hingga 6 minggu (Markomitz, 2000). Timbal dalam darah

diperkirakan memiliki paruh 35 hari dalam jaringan lunak 40 hari, dan pada tulang 20 hingga 30 tahun. Waktu paruh biologis timbal mungkin jauh lebih lama pada anak-anak daripada orang dewasa.(Robert, dkk., 2001). Konsentrasi timbal darah mencerminkan asupan hanya 3 sampai 5 minggu sebelumnya dan dengan demikian tidak dapat digunakan sebagai indeks paparan kronis. Distribusi awal timbal ke seluruh tubuh tergantung pada aliran darah ke jaringan. Lebih dari 95% timbal disimpan dalam tulang rangka sebagai fosfat yang tidak larut. Studi otopsi telah menunjukkan bahwa 90 hingga 95% dari beban tubuh ada pada tulang dan gigi kortikal. Pada orang dewasa, sekitar 80–95% dari total beban tubuh timbal ditemukan dalam kerangka, dibandingkan dengan sekitar 73% pada anak-anak. Masa tinggal timbal dalam tulang adalah hingga 30 tahun, dengan konsentrasi timbal dalam tulang dan gigi meningkat sebagai fungsi usia. Tulang timbal dapat dianggap sebagai dua kelompok yang berbeda secara fisiologis: kelompok yang lembam, dengan paruh waktu puluhan tahun, dan kelompok yang labil yang siap bertukar dengan timbal yang ada dalam darah atau jaringan lunak (Markomitz, 2000, NHI, 2013).

Sebelum tahun 1970, kadar timbal darah lebih dari 60 µg/dl menentukan keracunan timbal yang signifikan. Pada tahun 1971 kadar maksimal timbal darah dikurangi menjadi 40 µg/dl, kemudian dikurangi menjadi 30 µg/dl pada tahun 1975 dan menjadi 25 µg/dl pada tahun 1985. Pada tahun 1991, pernyataan Centers for Disease Control and Prevention mengenai keracunan timbal pada anak-anak muda mendefinisikan

kembali kadar timbal dalam darah yang meningkat sebagai kadar ≥ 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ dan merekomendasikan serangkaian pedoman baru untuk pengobatan kadar timbal ≥ 15 $\mu\text{g}/\text{dl}$ (CDC, 1991).

Ekskresi Pb melalui beberapa cara, yang terpenting adalah melalui ginjal dan saluran cerna. Ekskresi Pb melalui urine sebanyak 75 – 80%, melalui feces 15% dan lainnya melalui empedu, keringat, rambut, dan kuku (Palar,2012). Ekskresi Pb melalui saluran cerna dipengaruhi oleh saluran aktif dan pasif kelenjar saliva, pankreas dan kelenjar lainnya di dinding usus, regenerasi sel epitel, dan ekskresi empedu. Sedangkan Proses eksresi Pb melalui ginjal adalah melalui filtrasi glomerulus. Kadar Pb dalam urine merupakan cerminan pajanan baru sehingga pemeriksaan Pb urine dipakai untuk pajanan okupasional (Ardiyanto, 2005).

Timbal (Pb) yang masuk ke dalam sel mengakibatkan perubahan konsentrasi kalsium (Ca^{2+}) dan mengatur kalsium dalam proses biokimia tubuh. Timbal (Pb) meningkatkan kalsium intraseluler sehingga menstimulus enzim nitric oxide synthase untuk memproduksi nitric oxide yang ada di dalam sel (Kim dkk., 2011). *Nitric oxide* berperan dalam dinding pembuluh darah yaitu dalam vasodilatasi endotelium, penghambatan aktivitas platelet dan proliferasi serta migrasi sel otot polos. Jika homeostatis NO terganggu akibat Pb di dalam darah maka vasodilatasi akan terganggu sehingga diameter endotelium tidak dapat melebar. Penyempitan endotelium akan memperparah keadaan aterosklerosis (Libby 2000).

Tabel 2 : Kadar Pb dalam 9 Jaringan Tubuh Orang yang Tidak Terpapar

Pb (Palar, 2012).

Nilai Ambang Batas	
Jaringan	mg Pb / 100 gr Jaringan Basah
Rambut	0,007 – 1,17
Hati	0,04 - 0,28
Paru-Paru	0,03 - 0,09
Ginjal	0,05 - 0,16
Limpa	0,01 - 0,07
Jantung	0,04
Otak	0,01 – 0,09
Gigi	0,28 – 31,4
Tulang	0,67 – 3,59

Menurut Menteri Kesehatan (2002) dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 1406/MENKES/SK/IX/2002 tentang standar pemeriksaan kadar timbal pada spesimen biomarker manusia, pengukuran kadar timbal pada tubuh manusia dapat dilakukan melalui spesimen darah, urin, dan rambut. Nilai ambang batas kadar timbal dalam spesimen darah pada orang dewasa normal adalah 0,01 – 0,025 mg/dl, sedangkan nilai ambang batas hemoglobin adalah 14 - 18 g/dl. Untuk mengetahui kandungan timbal di dalam tubuh manusia ditetapkan cara yang akurat dalam bentuk analisis konsentrasi timbal di dalam darah atau urine. Kadar logam timbal dalam darah dapat merupakan petunjuk langsung jumlah timbal yang sesungguhnya masuk ke dalam tubuh (Kustiningsih, dkk., 2017)

Timbal (Pb) yang terdapat dalam sediaan sangat kecil dapat dianalisis dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Spektrofotometer Serapan Atom ini mempunyai kepekaan sangat tinggi terhadap kadar yang sangat kecil. Semua unsur dalam sistem periodik

dapat ditentukan konsentrasinya. Sensitivitasnya tinggi yaitu kisaran ppm sampai ppb dan waktu yang diperlukan cepat serta mudah dilakukan (Rosita dan Widiarti, 2018).

B. KALSIMUM DAN ION KALSIMUM

Kalsium adalah salah satu mineral paling melimpah di dalam tubuh. Sekitar 98% kalsium berada pada tulang dan gigi dan 2% di dalam darah, otot, dan jaringan lunak lainnya (seperti saraf, organ, dll.) 1% ini berperan besar dalam kesehatan kita. Berfungsi dalam kontraksi dan relaksasi otot yang normal, fungsi saraf, pembekuan darah, tekanan darah dan pertahanan kekebalan tubuh. Kalsium sangat penting dalam kontraksi otot, aktivasi oosit, membangun tulang dan gigi yang kuat, pembekuan darah, impuls saraf, transmisi, mengatur detak jantung dan keseimbangan cairan dalam sel. Persyaratannya paling besar selama periode pertumbuhan seperti masa kanak-kanak, selama kehamilan, saat menyusui. Kekurangan kalsium jangka panjang dapat menyebabkan oestoporosis di mana tulang memburuk dan ada peningkatan fraktur. Makan makanan yang seimbang dapat memberikan semua nutrisi yang diperlukan dan membantu mencegah kekurangan kalsium (Piste, et al., 2013).

Kalsium dalam serum, pada keadaan normal 9-11 mg/dl atau 4,5-5,5 meq/l, ditemukan terutama dalam dua bentuk. Sekitar separoh daripadanya beredar sebagai ion bebas (Ca^{2+}) yang berperan dalam koagulasi darah, antaran neuromuskular, pemeliharaan fungsi membran, regulasi intrasel dari sekresi oleh kelenjar, dan kontrol atas kontraktilitas

otot rangka dan jantung. Kalsium yang tidak berwujud ion, terikat kepada protein yang beredar dan fisiologis tidak berperan (Widman, 1999).

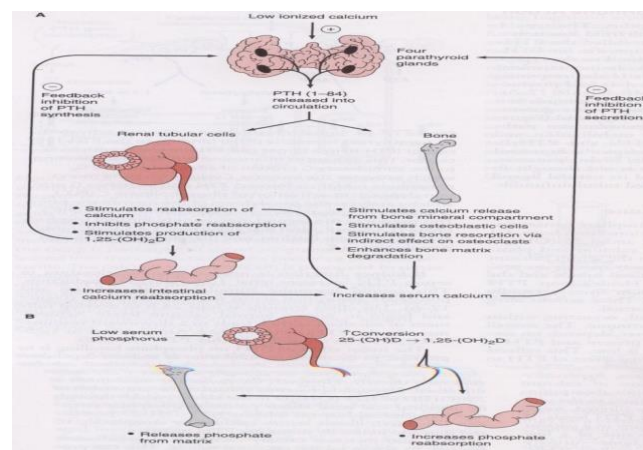
Penting sekali bagi tubuh untuk memelihara kadar normal ion kalsium. Kadar kalsium total dalam serum berubah dengan adanya perubahan kadar protein-protein, baik albumin maupun globulin; akan tetapi kadar ion kalsium tidak dipengaruhi oleh ikatan dengan protein-protein itu. Kadar kalsium dan fosfat mempunyai hubungan timbal balik; kalau yang satu meningkat, yang lain menurun (Widman, 1999).

Absorpsi kalsium dari saluran pencernaan akan efisien bila kalsium dalam bentuk yang terlarut, umumnya dalam bentuk ion kalsium (Hanzlik, dkk., 2005). Kalsium diabsorpsi dari saluran pencernaan oleh adanya kombinasi antara transport aktif dan difusi pasif. Transport aktif distimulasi oleh 1,25-dihydroxyvitamin D₃, dan terutama pada duodenum dan jejunum proksimal. Proses pasif lebih penting pada jejunum distal dan ileum dimana masa transit lebih panjang dan dapat menjadi mekanisme utama pada penyerapan muatan kalsium yang lebih besar yang mensaturasi proses aktif. Kalsium dari sel intestinal bagian apeks diangkut ke bagian basolateral melalui suatu saluran atau "carrier" dan kemudian dipompakan keluar ke cairan tubuh. Transport kalsium meningkat dengan adanya *calcium-binding protein* (Ca-BP) yang tergantung pada vitamin D di sitosol, yang mengangkut kalsium dari satu kutub ke kutub lainnya sehingga meningkatkan difusi kalsium intraseluler. Secara teori, transport kalsium transseluler dapat diatur oleh jumlah kalsium yang masuk ke dalam sel, oleh jumlah atau kecepatan kation berpindah dari satu kutub ke

kutub lainnya, atau oleh adanya ekstrusi kalsium. Jika diperantarai oleh *calcium-channel*, hanya dibutuhkan dalam jumlah yang kecil (Bronner dkk., 1986 dalam Napitupulu, 2008).

Konsentrasi normal total kalsium dalam plasma adalah 2,4- 2,5 mM sedangkan konsentrasi ion kalsium bebas berkisar antara 1.25-1.3 mM. Homeostasis kalsium yang efektif penting dalam banyak proses biologis, termasuk metabolisme tulang, proliferasi sel, koagulasi darah. Keseimbangan kalsium dipertahankan oleh 3 organ utama, yaitu: sistem gastrointestinal, tulang, dan ginjal (Muliani, 2012).

Metabolisme kalsium dan tulang berkaitan erat satu sama lain dan terintegrasi. Defisiensi kalsium (misalnya pada lansia), yang disebabkan oleh defisiensi vitamin D dan peningkatan PTH, mengakibatkan tulang akan melepaskan kalsium (resorpsi tulang meningkat) untuk dapat mengembalikan kalsium serum kembali normal (Muliani, 2012).



Gambar 1. Metabolisme Kalsium (Muliani, 2012)

Kebutuhan kalsium tergantung pada keadaan metabolisme kalsium, yang diatur oleh tiga mekanisme utama: penyerapan usus,

penyerapan kembali dalam ginjal, dan pergantian tulang. Ini pada gilirannya diatur oleh satu set hormon yang berinteraksi, termasuk hormon paratiroid (PTH), 1,25-dihidroksivaksin D [1,25 (OH) 2D], kalsium terionisasi itu sendiri, dan reseptor yang sesuai di dalam usus, ginjal, dan tulang. Kalsium serum berkisar antara 8,8 hingga 10,4 mg/dl (2,2 hingga 2,6 mM) pada subyek sehat. Ini terdiri dari ion bebas (51%), kompleks terikat protein (40%), dan kompleks ionik (9%) . Kalsium non-ion terikat pada berbagai protein dan anion di kedua kolam ekstraseluler dan intraseluler. Protein pengikat kalsium utama termasuk albumin dan globulin dalam serum dan kalmodulin dan protein pengikat kalsium lainnya dalam sel. Kompleks ionik utama dalam serum adalah kalsium fosfat, kalsium karbonat, dan kalsium oksalat (Peacock, 2010).

Disregulasi homeostasis Ca^{2+} dikaitkan dengan gangguan tulang, penyakit metabolisme, dan peningkatan risiko kanker epitel. Kelenjar usus, ginjal, tulang dan paratiroid bekerja secara terkoordinasi untuk mempertahankan serum Ca^{2+} dalam kisaran yang sempit. Penyerapan Ca^{2+} usus adalah proses penting untuk pemeliharaan keseimbangan Ca^{2+} dan kesehatan tulang. Ini terjadi melalui dua mekanisme utama: transelular, transportasi yang digerakkan secara metabolik, dan rute pasif yang tidak jenuh, yang disebut jalur paracellular. Kedua jalur ini diatur oleh hormon, nutrisi, dan faktor lainnya. Dalam kondisi fisiologis, usus kecil mewakili situs utama penyerapan Ca^{2+} aktif pada sebagian besar spesies, bertanggung jawab untuk sekitar 90% dari total penyerapan Ca^{2+} sedangkan tingkat penyerapan dalam usus besar tampaknya kurang dari

10% (Spekeler, dkk., 2011). Kuantitas terbesar, 65% Ca^{2+} yang diserap, terjadi terutama oleh transpor pasif di ileum. Di jejunum penyerapan Ca^{2+} usus sekitar 17%, dan dalam duodenum 8%. Di duodenum dan jejunum ada transportasi Ca^{2+} aktif di samping transportasi pasif. Sejumlah kecil ion Ca^{2+} diserap dari lambung (Wasserman, 2004)

Kalsium bebas adalah indeks yang berguna daripada kalsium total dan memberikan indikasi status kalsium yang lebih baik karena, Ca^{2+} dan bukan total kalsium, aktif secara biologis dan diatur secara ketat oleh hormon pengikat kalsium. Karena kalsium sebagian besar diangkut terikat dengan protein serum, kadar kalsium total sangat dipengaruhi oleh konsentrasi protein terutama albumin. Albumin adalah transportasi utama dan depot protein untuk kalsium dalam plasma darah dan fraksi terikat albumin merupakan sekitar setengah dari total konsentrasi kalsium karena mengandung antikoagulan yang berfungsi untuk memperlambat proses pembekuan darah dengan cara mengendapkan kalsium. Hasil pengukuran kadar ion dipengaruhi oleh status derajat keasaman, oleh proses penghentian darah sewaktu darah diambil (pH rendah, fraksi ion meningkat), oleh pernapasan cepat karena kekurangan karbon dioksida dalam darah dan pemantauan pemeriksaan yang tidak maksimal (Widman, 1999).

Total Ca^{2+} yang diserap tergantung pada jumlah Ca^{2+} yang dikonsumsi, waktu tinggal di berbagai segmen usus kecil dan besar dan jumlah Ca^{2+} terlarut yang tersedia untuk penyerapan, yang terutama ditentukan oleh pH di setiap segmen. Lingkungan asam lambung

melarutkan garam kalsium menjadi ion Ca^{2+} . Namun, pH lambung kurang relevan dibandingkan dengan segmen lainnya karena Ca^{2+} diserap di usus kecil dan besar (Velde, 2014).

Pemeriksaan kalsium sangat diperlukan dalam menunjang diagnosis penyakit dan merupakan pemeriksaan kimia klinik yang umum dilakukan. Kalsium ion lebih bermanfaat daripada kalsium keseluruhan (total) karena sebagai penanda (*marker*) lebih peka (sensitif) dan khas (spesifik) di kelainan kalsium (Suhartini, dkk., 2009)

C. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

1. Defenisi

Spektroskopi Serapan Atom (AAS) adalah suatu metoda analisis didasarkan pada pengukuran absorpsi dan emisi atom tunggal (*single element*). Pada proses pembakaran molekul-molekul dalam larutan contoh akan terjadi atomisasi dan ionisasi. Arus oksigen yang dilewatkan melalui pipa kapiler akan menarik cairan berupa titik cairan halus. Kabut cairan halus dibawa oleh hembusan udara kedalam nyala api sehingga terjadi proses atomisasi dan ionisasi. Atom dan ion-ion yang terjadi apabila diberi energi sumber (lampu katoda) mempunyai panjang gelombang yang sesuai dengan unsur yang akan dianalisis, sehingga atom pada contoh akan terjadi eksitasi karena pelepasan elektron disertai pemancaran cahaya untuk kembali mencapai keadaan dasar (*ground state*) (Djuhariningrum, 2004).

Preparasi sampel sangat menentukan keberhasilan dalam suatu

analisis. Preparasi sampel yang dapat dilakukan yaitu dengan metode pengabuan kering atau pengabuan basah. Pemilihan metode pengabuan tersebut tergantung pada sifat zat organik dalam sampel, sifat zat anorganik yang ada dalam sampel, logam berat yang akan di analisa serta sensitivitas yang digunakan (Apriyanto, 2004).



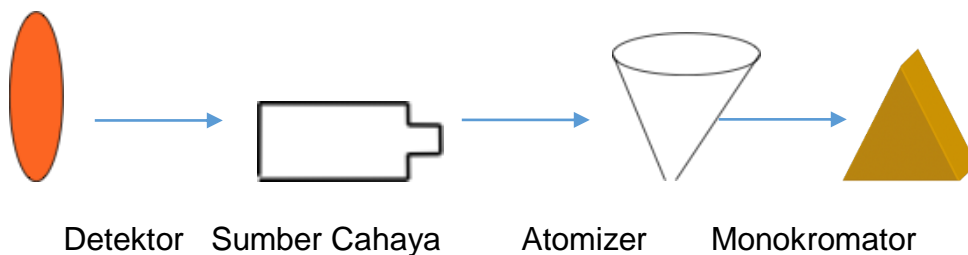
Gambar 2. AAS (Ahmed, 2012)

Biasanya pengukuran logam dapat dilakukan dengan memilih salah satu metode yang diberikan di bawah ini. Selama analisis data, gangguan dan latar belakang harus dipertimbangkan. Tiga metode pencocokan pola paling sering digunakan: menggunakan kurva kalibrasi yang dihasilkan oleh serangkaian pola, metode penambahan standar dan metode standar internal. Penggunaan kurva kalibrasi dari serangkaian pola mungkin

merupakan metode yang paling banyak digunakan. Ini melibatkan pengukuran sampel yang menarik dalam serangkaian sampel konsentrasi yang diketahui dan semua disiapkan dalam kondisi yang sama (Garzia dan Baez, 2012) :

1. Metode Kurva Kalibrasi: Siapkan solusi standar setidaknya tiga yang berbedakonsentrasi, mengukur daya serap larutan standar ini, dan menyiapkan kurva kalibrasi dari nilai yang diperoleh. Kemudian mengukur absorbansi larutan uji yang disesuaikan dalam konsentrasi ke rentang yang dapat diukur, dan menentukan konsentrasi elemen dari kurva kalibrasi.
2. Metode Penambahan Standar: Untuk menyamakan volume lebih dari dua solusi uji yang berbeda digunakan, maka solusi standar ditambahkan sehingga solusi mengandung jumlah elemen yang meningkat secara bertahap, dan menambahkan pelarut untuk menghasilkan volume yang pasti. Ukur absorbansi untuk setiap larutan, dan plot konsentrasi elemen standar yang ditambahkan pada absis dan absorbansi pada ordinat. Perpanjang kurva kalibrasi yang diperoleh dengan menghubungkan titik-titik yang diplot, dan tentukan konsentrasi elemen dari jarak antara titik asal dan perpotongan kurva kalibrasi pada absis. Metode ini hanya berlaku jika kurva kalibrasi yang ditarik seperti yang diarahkan pada (1) di atas melewati titik asal.
3. Metode Standar Internal: Siapkan beberapa solusi yang mengandung jumlah elemen standar internal yang konstan.

Dengan menggunakan solusi ini, ukur absorbansi elemen standar dan absorbansi elemen standar internal pada panjang gelombang analitis setiap elemen dalam kondisi pengukuran yang sama, dan dapatkan rasio masing-masing absorbansi elemen objek standar terhadap absorbansi elemen internal. elemen standar. Siapkan kurva kalibrasi dengan memplot konsentrasi elemen standar pada absis dan rasio absorbansi pada ordinat. Kemudian siapkan solusi pengujian, tambahkan jumlah yang sama dari elemen standar internal seperti pada solusi standar. Lanjutkan dalam kondisi yang sama seperti untuk mempersiapkan kurva kalibrasi, dapatkan rasio absorbansi elemen terhadap elemen standar internal, dan tentukan konsentrasi elemen dari kurva kalibrasi.



Gambar 3. Skema Spektrofotometer Serapan Atom (Ahmed, 2012)

2. Prinsip Kerja AAS

Spektrometri Serapan Atom (SSA) adalah teknik analitik yang mengukur konsentrasi elemen. Penyerapan atom sangat sensitif sehingga dapat diukur hingga $\mu\text{g-dm}^3$ dalam sampel. Teknik ini memanfaatkan panjang gelombang cahaya yang secara khusus diserap oleh suatu elemen. Elemen membutuhkan energi yang dibutuhkan untuk mempromosikan elektron dari satu tingkat energi ke tingkat energi yang

lebih tinggi. Atom dari berbagai elemen menyerap panjang gelombang karakteristik cahaya. Menganalisis sampel untuk melihat apakah mengandung elemen tertentu berarti menggunakan cahaya dari elemen itu. Misalnya dengan timbal, lampu yang mengandung timbal memancarkan cahaya dari atom timbal yang tereksitasi yang menghasilkan campuran panjang gelombang yang tepat untuk diserap oleh atom timbal dari sampel. Dalam AAS, sampel diatomisasi (dikonversi menjadi atom bebas keadaan dasar dalam keadaan uap) dan seberkas radiasi elektromagnetik yang dipancarkan dari atom timbal yang tereksitasi dilewatkan melalui sampel yang diuapkan. Beberapa radiasi diserap oleh atom timbal dalam sampel atom yang ada dalam uap. Jumlah cahaya yang diserap sebanding dengan jumlah atom timbal. Kurva kalibrasi dibangun dengan menjalankan beberapa sampel konsentrasi timbal yang diketahui di bawah kondisi yang sama dengan yang tidak diketahui. Jumlah yang diserap standar dibandingkan dengan kurva kalibrasi dan ini memungkinkan perhitungan konsentrasi timbal dalam sampel yang tidak diketahui. Namun, menerapkan hukum Beer-Lambert secara langsung dalam AAS sulit karena: variasi dalam efisiensi atomisasi dari matriks sampel, tidak seragamnya konsentrasi dan panjang lintasan atom analit (dalam grafit tungku AA) (Garzia dan Baez, 2012).

Hasil pengukuran dari AAS adalah nilai absorbansi dari sampel dan larutan standar dalam bentuk grafik. Data larutan standar ini digunakan untuk membuat persamaan regresi yaitu $y = ax + b$, dengan : $y =$ nilai absorbansi, $x =$ kadar sampel, dan $a, b =$ konstanta (Khaira, 2014).

D. Hubungan Kalsium dengan Timbal

Interaksi antara Pb dan Ca di seluruh organisme telah dikenal selama bertahun-tahun. Sebagai contoh, Ca menghambat penyerapan Pb dalam saluran pencernaan, dan penyimpanan jangka panjang Pb terjadi pada tulang. Toksisitas Pb dan logam berat lainnya adalah bahwa mereka menghambat beberapa enzim. Timbal berinteraksi dengan calmodulin. Calmodulin ditemukan di semua sel dan bertindak sebagai reseptor Ca^{2+} , memediasi banyak efek intraseluler ion Ca^{2+} . Timbal dapat menggantikan Ca^{2+} dan menyebabkan aktivasi calmodulin dalam kadar yang rendah, dan penghambatan dalam kadar yang tinggi. Efek toksik dari Pb dan logam berat lainnya mungkin disebabkan oleh timbal menempati posisi Ca pada calmodulin, menghambat calmodulin atau mengaktifkan calmodulin. Ada interaksi Pb-Ca lainnya pada tingkat seluler dan molekuler, dan karena Pb memiliki tindakan lain yang tidak seperti Ca, termasuk melakukan penghambatan enzim, mengikat protein spesifik, dan mekanisme baru transportasi membran. Kesimpulannya adalah bahwa toksisitas Pb disebabkan oleh kombinasi efek, beberapa seperti dan beberapa tidak seperti Ca (Simon, 1988).

Timbal dapat dengan mudah memasuki jaringan tubuh hewan yang kekurangan kalsium, dimana hal ini memberi kesan bahwa dalam keadaan kalsium tidak mencukupi, hewan dapat menggunakan plumbum sebagai gantinya (Tordoff, 2001). Pengaturan absorpsi kalsium secara hormonal juga dipengaruhi oleh plumbum dimana toksisitas plumbum

dapat dijumpai pada makanan rendah kalsium (Mahaffey, 1981). Plumbum dapat meningkatkan konsentrasi 1,25-dihydroxyvitamin D [$1,25(\text{OH})_2\text{D}$], yang akan meningkatkan absorpsi kalsium dan kemudian akan mengurangi beratnya defisiensi kalsium (Tordoff, 2001).

Timbal adalah logam berat transisi yang bentuk ioniknya adalah +2 (Pb^{2+}) (Casas dan Sordo 2011). Ion timbal (Pb^{2+}) memiliki karakteristik yang mirip dengan Ca^{2+} dan dengan kemampuan redoks yang sama, timbal menyebabkan efek toksik yang berbeda dari Ca^{2+} (Mattos, dkk., 2017). Pb^{2+} menunjukkan beberapa kesamaan kimia dengan ion kalsium (Ca^{2+}) yang dapat membantu menjelaskan mekanisme molekuler toksisitas timbal (Kirbereger dan Yang, 2008).

Tulang merupakan tempat penyimpanan kalsium dalam tubuh. Karena

Timbal dapat menggantikan ion kalsium dalam proses metabolisme tulang. Pb^{2+} memiliki kecenderungan yang lebih besar daripada Ca^{2+} untuk membentuk ikatan yang kuat dengan anion dan elemen spesifik (Simons, 1992). Pb^{2+} sangat rentan untuk membentuk ikatan kovalen dengan nitrogen dan sulfur dalam biomolekul. Karena itu, Pb^{2+} dapat memodifikasi biomolekul, menghasilkan mekanisme molekuler lain yang dapat menyebabkan toksisitas timbal (Lopes, dkk., 2016).

Timbal merupakan kation divalent, dan terikat kuat ke gugus sulfhidril protein. Banyak sifat toksik timbal disebabkan kemampuannya untuk menyerupai atau berkompetisi dengan kalsium. Pada konsentrasi pikomolar, timbal berhasil berkompetisi dengan kalsium pada lokasi pengikatan pada fosfokinase C dan karena itu mempengaruhi penandaan

neuronal yang akan menghambat masuknya kalsium ke dalam sel (Needleman, 2004).

Timbal mempunyai ikatan yang kuat dengan protein transport yang digunakan oleh kalsium, tetapi afinitas pengikatan plumbum paling sedikit dua kali lipat daripada terhadap kalsium. Karena mekanisme transport yang sama ini juga bekerja terhadap absorpsi timbal dan kalsium dari saluran cerna, maka hal ini akan menyebabkan terjadinya interaksi kompetitif antara kalsium dan plumbum (Gulson, 2001).

Homeostasis kalsium dapat diganggu oleh timbal, menyebabkan terjadinya akumulasi kalsium yang nyata pada sel yang terpapar timbal. Timbal mengalami akumulasi dalam mitokondria yang merupakan organella yang melakukan proses metabolisme energi sel, sehingga mitokondria dapat rusak (Scott, 1980). Timbal dalam konsentrasi nanomolar juga dapat menginduksi mitokondria untuk melepaskan kalsium, sehingga dapat terjadi apoptosis (Lidsky, 2002).

E. SPBU dan Bahan Bakar Minyak

Stasiun pengisian bahan bakar untuk umum (SPBU) merupakan prasarana umum yang disediakan distributor bahan bakar minyak (BBM). SPBU disediakan bagi masyarakat luas guna memenuhi kebutuhan bahan bakar. Di Indonesia, ada empat distributor BBM yang menjual produknya di SPBU, antara lain Pertamina (Indonesia), Shell (Belanda), Petronas (Malaysia), dan Total (Prancis). SPBU Pertamina menjual BBM Premium bersubsidi (RON 88), Pertamax (RON 92), Pertamax Plus (RON 95), solar, serta solar Pertamina DEX. Peraturan yang terkait dengan

pembangunan Instalasi/ Terminal Transit/ Depot untuk penimbunan Bahan Bakar Minyak (BBM) /Non Bahan Bakar Minyak (Non BBM), dan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) adalah suatu ketentuan yang harus dipenuhi dalam suatu kegiatan pembangunan Instalasi/ Terminal Transit/ Depot untuk penimbunan Bahan Bakar Minyak (BBM) /Non Bahan Bakar Minyak (Non BBM), dan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang berfungsi sebagai landasan hukum bagi langkah-langkah pembaruan dan penataan atas penyelenggaraan perusahaan minyak dan gas bumi dengan tujuan untuk memberikan keamanan, keselamatan, kelaikan dan kemanfaatan yang optimal dan mengurangi dampak lingkungan yang membahayakan bagi kelangsungan kehidupan makhluk hidup pada umumnya. Pembangunan Instalasi tersebut sangat dipengaruhi oleh banyak segi/aspek yang meliputi aspek ekonomis, teknis, keselamatan kerja dan lingkungan hidup serta faktor politis yang berlaku pada saat itu (Risdiyanta, 2014)

Sarana dan prasarana standar yang wajib dimiliki oleh setiap SPBU adalah (PT, Pertamina, 2019):

- a. Sarana pemadam kebakaran:
 1. Sesuai dengan pedoman PT. Pertamina
- b. Sarana Lingkungan :
 1. Instalasi pengolahan limbah
 2. Instalasi oil catcher dan well catcher:

- a. Saluran yang digunakan untuk mengalirkan minyak yang tercecer di area SPBU kedalam tempat penampungan
3. Instalasi sumur pantau:
 - a. Sumur pantau dibutuhkan untuk memantau tingkat polusi terhadap air tanah di sekitar bangunan SPBU yang disebabkan oleh kegiatan usaha SPBU.
 - b. Saluran bangunan sesuai dengan pedoman PT. Pertamina
4. Sistem Keamanan
 - a. Memiliki ventilasi tangka pendam
 - b. Memiliki ground point/strip tahan karat
 - c. Memiliki dinding pembatas/pagar pengaman.
 - d. Terdapat rambu-rambu tanda peringatan
5. Sistem pencahayaan :
 - a. SPBU memiliki lampu penerangan yang menerangi seluruh area dan jalur pengisian BBM
 - b. Papan penunjuk SPBU sebaiknya berlampu agar
 - c. Peralatan dan kelengkapan filling BBM sesuai dengan standar PT. Pertamina berupa:
 - 1) Tangki pendam
 - 2) Pompa
 - 3) Pulau pompa

- d. Dulker, dibutuhkan sebagai saluran air umum di depan bangunan SPBU
- e. Sensor api dan perangkat pemadam kebakaran
- f. Lambang PT. Pertamina
- g. Generator
- h. Racun api
- i. Fasilitas umum:
 - 1) Toilet
 - 2) Mushola
 - 3) Lahanparkir
- j. Instalasi listrik dan air yang memadai
- k. Rambu-rambu standar PT. Pertamina:
 - 1) Dilarang merokok
 - 2) Dilarang menggunakan telepon seluler
 - 3) Jagalahkebersihan
 - 4) Tata cara penggunaan alat pemadam kebakaran

Standar baku kualitas bahan bakar minyak merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas bahan bakar minyak. Dengan standar tersebut, dapat diketahui kualitas bahan bakar minyak layak atau tidak untuk digunakan. Standar baku kualitas bahan bakar minyak harus memenuhi kualitas secara fisika dan kimia. Standar fisika menetapkan batasan tentang sifat fisik BBM. Standar kimia menetapkan tentang batasan kandungan sifat dan bahan kimia yang terkandung didalam BBM yang masih diperbolehkan. Kehadiran timbal dalam BBM dalam bentuk

timbal organik (Pb-org) berupa *Tetra Etil Lead* (TEL). *Tetra Etil Lead* digunakan sebagai agen alkilasi sehingga dapat meningkatkan angka oktan (Hatch, L.F. 1994).

Standar mutu BBM atau bahan bakar minyak untuk kebutuhan kendaraan ditetapkan berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Indonesia No. 3674 K/24/DJM/2006 tentang standard dan mutu (spesifikasi) bahan bakar minyak jenis bensin yang terdiri dari bensin 88, bensin 91 dan bensin 95 yang dipasarkan di dalam negeri. Ada banyak logam yang terkandung dalam BBM, namun dalam penelitian ini hanya dibatasi pada logam timbal dimana untuk timbal kadar maksimum yang diperbolehkan adalah 0,3 g/L untuk bensin bertimbal dan 0,013 g/L untuk bensin tanpa timbal.

Tabel 3. Komposisi Premium (Pertamina, 2019)

No	Karakteristik	Satuan	Batasan			
			Tanpa Timbal		Bertimbal	
			min	max	min	Max
1	Bilangan Oktan					
2	Angka Oktan Riset	RON	88,0	-	88,0	-
3	Angka Oktan Motor	MON	dilaporkan		dilaporkan	
4	Stabilisasi Oksidasi	Menit	360		360	
5	Kandungan Sulfur	% m/m		0,05		0,05
6	Kandungan Timbal	gr/l		0,013		0,3
7	Kandungan Oksigen	% m/m		2,7		2,7
8	Distilasi					
9	10% vol. penguapan			74		74
10	50% vol. penguapan		88	125	88	125
11	90% vol. penguapan			180		180
12	Titik didih akhir			215		205
13	Residu			2,0		2,0
14	Washed gum			5		5
15	Tekanan Uap	kPa		60		60
16	Berat jenis (pada suhu 15 oC)	kg/m ³	715	780	715	780
17	Korosi bilah Tembaga	menit	kelas. 1		kelas 1	
18	Sulfur Mercaptan	% massa		0,002		0,002
19	Penampilan Visual		jernih terang		jernih terang	
20	Warna		merah		merah	
21	Kandungan Pewarna	gr/100 l	0,13		0,13	
22	Bau		dapat dirasakan		dapat dirasakan	
23	Uji Doctor		negatif		negatif	

Tabel 4. Komposisi Pertamax (Pertamina, 2019)

Pertamax				
No	Karakteristik	Satuan	Batasan	
			Min	Max
1	Angka Oktan Riset	RON	92,0	
2	Stabilisasi Oksidasi	Menit	480	
	Kandungan Belerang	% m/m		0,05 ¹⁾
	Kandungan Timbal (Pb)	gr/l		0,013 ²⁾
	Kandungan Logam (mangan (Mn), Besi (Fe))	gr/l		
	Kandungan Silikon	mg/kg		
	Kandungn Oksigen	% m/m		2,7 ³⁾
	Kandungan Olefin	% v/v		*)
	Kandungan Aromatic	% v/v		50,0
	Kandungan Benzena	% v/v		5,0
	Distilasi			
	10% vol. penguapan			70
	50% vol. penguapan			110
	90% vol. penguapan			180
	Titik didih akhir			215
	Residu			2,0
	Sedimen	mg/l		1
	Unwashed gum	mg/100 ml		70
	Washed gum	mg/100 ml		5
	Tekanan Uap	kPa	45	60
	Berat jenis (pada suhu 15 °C)	kg/m ³	715	770
	Korosi bilah Tembaga	menit	Kelas 1	
	Sulfur Mercaptan	% massa		0,002
	Penampilan Visual			Jernih & Terang
	Warna			Biru
	Kandungan Pewarna	gr/100 l		0,13

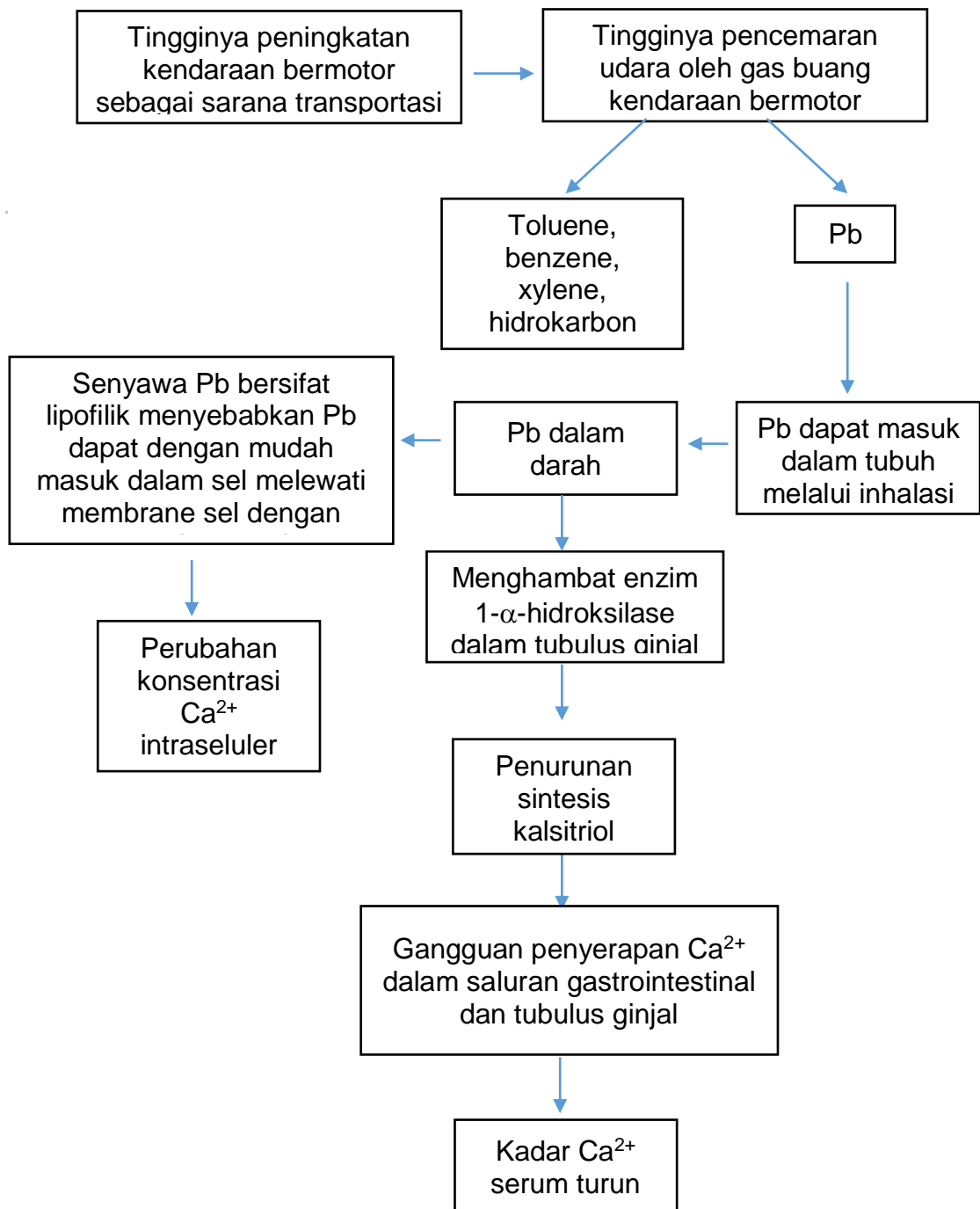
Kandungan Phospor	mg/l		
-------------------	------	--	--

Tabel. 5 Komposisi Peralite (Pertamina, 2019)

Peralite				
No	Karakteristik	Satuan	Batasan	
			Min	Max
1	Angka Oktan Riset	RON	90,0	
2	Stabilisasi Oksidasi	Menit	360	
	Kandungan Belerang	% m/m		0,05 1)
	Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	injeksi timbal tidak diperbolehkan	
	Kandungan Logam (mangan (Mn), Besi (Fe))	gr/l	tidak terdeteksi	
	Kandungan Silikon	mg/kg		
	Kandungan Oksigen	% m/m		2,7
	Kandungan Olefin	% v/v	Dilaporkan	
	Kandungan Aromatic	% v/v		
	Kandungan Benzena	% v/v		
	Distilasi			
	10% vol. penguapan			74
	50% vol. penguapan		88	125
	90% vol. penguapan			180
	Titik didih akhir			215
	Residu			2,0
	Sedimen	mg/l		1
	Unwashed gum	mg/100 ml		70
	Washed gum	mg/100 ml		5
	Tekanan Uap	kPa	45	60
	Berat jenis (pada suhu 15 °C)	kg/m ³	715	770
	Korosi bilah Tembaga	menit	Kelas 1	
	Sulfur Mercaptan	% massa		0,002
	Penampilan Visual		Jernih & Terang	
	Warna		Hijau	

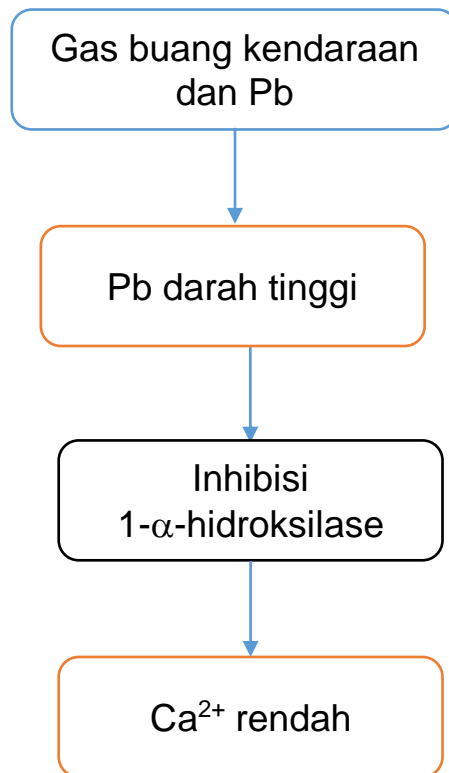
F. Kerangka Teori

Timbal yang terkandung dalam bensin ini sangatlah berbahaya, sebab pembakaran bensin akan mengemisikan 0,09 gram timbal tiap 1 km (Gusnita, 2012) . Menurut Environment Project Agency, sekitar 25% logam berat Timbal (Pb) tetap berada dalam mesin dan 75% lainnya akan mencemari udara sebagai asap knalpot. Emisi Pb dari gas buangan tetap akan menimbulkan pencemaran udara dimanapun kendaraan itu berada, tahapannya adalah sebagai berikut: sebanyak 10% akan mencemari lokasi dalam radius kurang dari 100 m, 5% akan mencemari lokasi dalam radius 20 km, dan 35% lainnya terbawa atmosfer dalam jarak yang cukup jauh (Surani, 2002). Timbal (Pb) yang masuk ke dalam sel mengakibatkan perubahan konsentrasi kalsium (Ca^{2+}) dan mengatur kalsium dalam proses biokimia tubuh. Kerangka teori dapat dilihat secara skematis yang disajikan pada gambar 5.



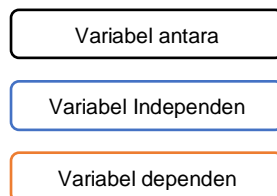
Gambar 4. Kerangka Teori hubungan kadar Pb dengan Ca^{2+}

G. Kerangka Konsep



Gambar. 5 Kerangka Konsep

Keterangan :



H. Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah semakin tinggi kadar Pb dalam darah semakin rendah kadar Ca²⁺ dalam serum operator SPBU.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini merupakan penelitian observasional dengan pendekatan studi potong lintang (*cross sectional*), dengan populasi operator SPBU yang terpapar Pb.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2019

2. Tempat penelitian

Pemeriksaan sampel dilakukan di Balai Laboratorium Kesehatan Makassar.

C. Populasi dan Sampel

1. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh operator SPBU di Kota Makassar yang aktif kerja.

2. Sampel

Sampel dalam penelitian ini adalah operator SPBU di Kota Makassar yang memenuhi kriteria inklusi dan bersedia ikut penelitian ini serta menandatangani informed consent. Kriteria

inklusi dalam penelitian ini yaitu lama masa kerja ≥ 2 bulan dan pria atau wanita. Penentuan SPBU menggunakan metode

purposive sampling yaitu SPBU yang bersedia berpartisipasi dalam penelitian ini.

D. Besar Sampel Penelitian

Penelitian ini menggunakan rumus besar sampel penelitian analitis numerik tidak berpasangan, dengan rumus sebagai berikut:

$$n = \left[\frac{(Z_{\alpha} + Z_{\beta})}{0,5 \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right)} \right]^2 + 3$$

dengan variabel sebagai berikut :

n = jumlah subjek

Alpha (α) = kesalahan tipe satu = 5%

Z_{α} = Nilai standar alpha = 1,64

Beta (β) = Kesalahan tipe dua = 10%

Z_{β} = nilai standar beta = 1,28

r = koefisien korelasi minimal yang dianggap tidak bermakna = 0,369

$$n = \left[\frac{(Z_{\alpha} + Z_{\beta})}{0,5 \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right)} \right]^2 + 3 = \left[\frac{(1,64 + 1,28)}{0,5 \ln \left(\frac{1+0,638}{1-0,638} \right)} \right]^2 + 3 = 30$$

E. Kriteria Sampel

1. Kriteria Inklusi

- a. Operator SPBU yang aktif bekerja di SPBU \geq 2 bulan.

- b. Bersedia menjadi subyek penelitian dengan menandatangani surat persetujuan (*informed consent*).

2. Kriteria Eksklusi.

Tidak dalam keadaan hamil atau menyusui,

F. Variabel

1. Variabel Independen

Variabel independen dalam penelitian ini adalah pegawai SPBU.

2. Variabel Dependen

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah kadar Pb dan ion kalsium.

G. Defenisi Operasional

1. Ion kalsium adalah kadar ion kalsium dalam serum yang diperiksa menggunakan metode fotometri yang dinyatakan dalam satuan mg/dl, referens normal 9 mg/dl - 11 mg/dl.
2. Pb adalah kadar Pb dalam serum yang di ukur menggunakan metode Atomic Absorption Spektrofotometry dan dinyatakan dalam satuan $\mu\text{g/dl}$, referens normal $<10 \mu\text{g/dl}$.

3. Operator SPBU adalah operator SPBU yang aktif bekerja sebagai pengisi bahan bakar kendaraan ≥ 2 bulan.
4. Kelompok kontrol adalah subjek selain operator SPBU dan aktif bekerja di luar lingkungan SPBU dan jauh dari SPBU seperti tukang sapu di lingkungan kampus ataupun pekerja kantor.

H. Persetujuan Etika dan Tindakan Medik

Persetujuan tindakan medik diperoleh dengan terlebih dahulu menjelaskan secara singkat latar belakang, tujuan dan manfaat penelitian, serta tindakan pengambilan darah kepada pasien. Pasien kemudian menandatangani *informed consent* yang telah disiapkan. *Ethical Clearance* diperoleh dari komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas kedokteran UNHAS-RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo dengan No. 955/UN4.6.4.5.31/PP36/2019.

I. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat

Spuit 5 cc, Tube, Cool Box, Glove (Sensi glove), Centrifuge (Hettich zentrifugen), Mikropipet, Spektrofotometri serapan atom (Analytik Jena), Tabung volumetric 10 mL, fotometri.

2. Bahan

Kapas, alkohol steril, Plaster (Plesterin), Asam Nitrat, reagent

tes ion kalsium.

J. Prosedur Penelitian

1. Pengambilan Sampel Darah

Pengambilan sampel darah Operator SPBU dilakukan di SPBU Kota Makassar yang berlokasi di Jl. Perintis Kemerdekaan, dan Jl. Pengayoman. Sampel darah diambil sebanyak 5 ml dari vena median cubital dengan menggunakan spuit 5 cc dan dipindah ke dalam 4 tube, 3 tube sebagai whole blood untuk pengukuran kadar Pb dan 1 tube digunakan untuk pengukuran kadar ion kalsium.

2. Pengukuran Pb

Metode yang digunakan untuk memeriksa kadar timbal dalam darah adalah Destruksi. Sampel darah di destruksi dengan larutan Natrium Nitrit Pekat hingga terjadi perubahan warna menjadi kuning jernih, sampel lalu diencerkan dengan Aquabides dan dilakukan pembacaan dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Kadar timbal dibandingkan dengan *Biological Exposure Index* (BEI) atau nilai index untuk pajanan biologi. Batas ambang toksik yang ditetapkan oleh *Centre for Disease Control and Prevention* (CDC) yaitu 10 µg/dL.

3. Pengukuran Kadar Ion Kalsium

3.1 Persiapan Reagen

Memasukkan reagen 1 dan reagen 2 kedalam beaker glass kecil dengan perbandingan 1:1 Campur sampai homogen, tutup dengan parafilm Inkubasi selama 10 menit pada suhu 20°C – 25°C.

3.2 Persiapan Sampel

Tabung blanko 1000 µl, dimasukkan reagen standar 20 µl dan reagen 1000 µl pada tabung standar, kemudian dimasukkan pada tabung sampel serum 1000 µl reagen dan 20 µl sampel serum lalu Campur dan inkubasi selama 5 menit pada suhu 20°C-25°C ukur absorbance sampel dan standar terhadap blanko reagen dalam waktu 50 menit.

3.3 Pengaturan Fotometer

Panjang gelombang : 578 nm

Faktor : 8,0 Program : c/st

Ion Kalsium akan bereaksi dengan o-Cresolphthalein-Complexone membentuk warna ungu kompleks dalam suasana alkalis. Intensitas warna ungu tua yang terbentuk berbanding langsung dengan kadar kalsium dan dapat diukur dengan spektrofotometris dengan panjang gelombang antara 550 nm – 580 nm dengan

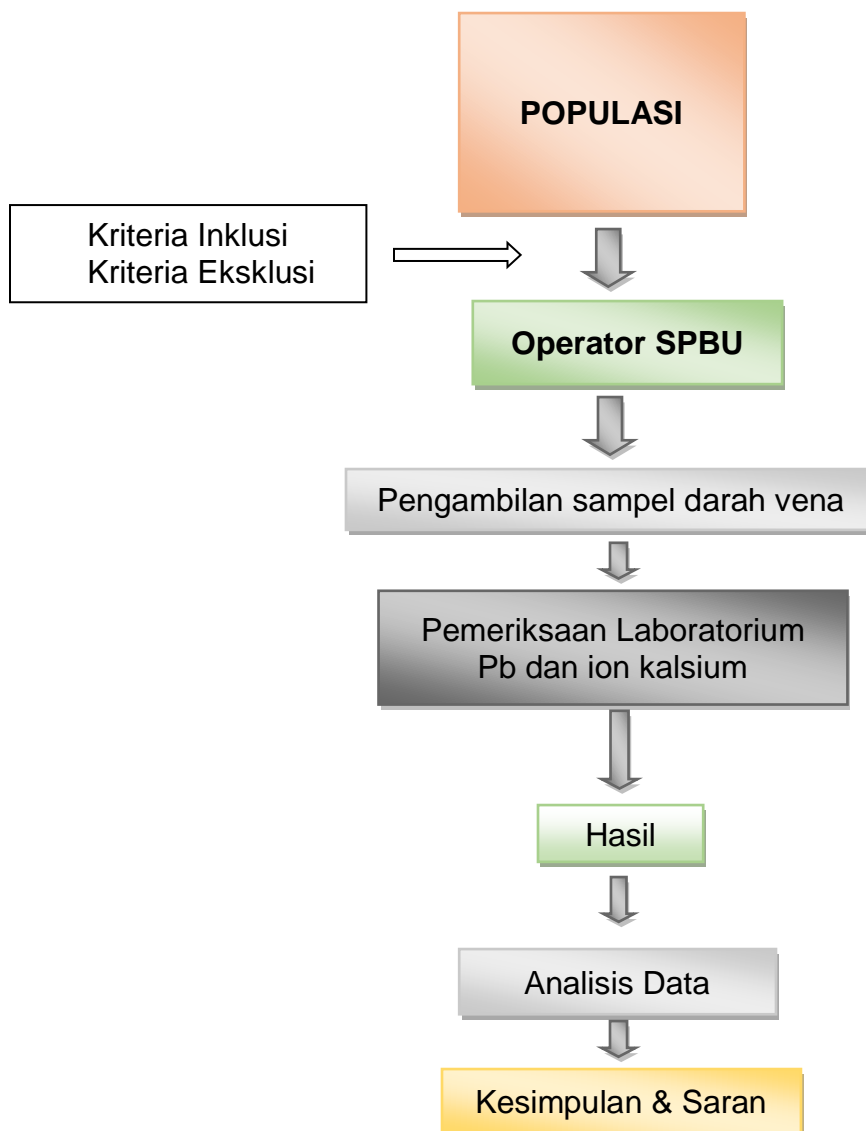
absorbance max pada 570 nm.

K. Analisis Data

Data yang diperoleh akan dilakukan analisis univariat, bivariat. Hasilnya akan dinarasikan dan diperjelas oleh table atau grafik. Untuk uji statistic, tingkat kemaknaan (signifikasi) yang digunakan adalah 5%, analisis yang digunakan adalah :

1. Analisa data secara deskriptif umum, dengan metode analisis univariate untuk perhitungan nilai minimum, maksimum, rerata, dan standar deviasi.
2. Analisa hubungan antara variabel bebas dan tergantung : analisis korelasi bivariate dan parsial. Untuk parameter berdistribusi normal menggunakan korelasi Pearson, sedangkan parameter tidak berdistribusi normal ditransformasi dalam bentuk logaritma. Jika hasil transformasi tetap tidak berdistribusi normal, maka digunakan uji non parametric Spearman. Analisis Kendal-Tau digunakan untuk meneliti variabel uji dengan bentuk data ordinal.

L. Alur Penelitian



Gambar 6. Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PENELITIAN

1. Gambaran Lokasi dan Sampel

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Oktober – November 2019 pada 2 SPBU Kota Makassar yaitu SPBU Jl. Abdullah Dg. Sirua, dan SPBU Jl. Perintis Kemerdekaan. Penelitian ini diikuti oleh 30 subjek penelitian, yang dibagi dalam 2 kelompok, yaitu 20 kelompok operator SPBU dan 10 kelompok bukan operator SPBU (kontrol). Umur rata-rata subjek penelitian antara 20 - 60 tahun serta telah bekerja dalam kurun waktu 2 bulan sampai 10 tahun. Sampel darah diambil siang hari pada saat waktu istirahat yaitu dalam kisaran pukul 13.00 WITA.

2. Karakteristik Subjek Penelitian

Penelitian ini melibatkan 30 subjek penelitian yang terdiri atas 20 kelompok subjek operator SPBU (kasus) dan 10 subjek bukan operator SPBU (kontrol). Variabel umur menunjukkan, subjek terbanyak dalam

kelompok kasus berkisar antara 36-45 tahun sebanyak 9 (81,8%) subjek sedangkan kelompok kontrol berkisar antara 17-25 tahun sebanyak 6 subjek (75%), untuk variabel jenis kelamin, laki-laki merupakan responden terbanyak dengan jumlah 16 subjek (76,2%) pada kelompok kasus sedangkan perempuan

berjumlah 5 subjek (50%). Status merokok dari subjek dibagi menjadi tiga kategori dengan rincian baik sebanyak 10 subjek (50%), sedang sebanyak 3 subjek (100%), dan buruk sebanyak 7 subjek (100%) pada kelompok kasus, sedangkan pada kelompok kontrol kategori baik berjumlah 10 (100%) Karakteristik subjek status penggunaan APD (alat pelindung diri) terbanyak adalah tidak menggunakan APD dengan jumlah 12 subjek pada kelompok kasus (100%) dan menggunakan APD berjumlah 8 subjek (44,4%), sedangkan pada kelompok kontrol subjek yang menggunakan APD sebanyak 10 responden (55,6%), Masa kerja subjek terbanyak pada kelompok kasus adalah lebih dari 3 tahun dengan jumlah 16 subjek (100%) dan di bawah 3 tahun 4 subjek (28,6%), sedangkan pada kelompok kontrol masa kerja terbanyak kurang dari 3 tahun (71,4%). Pada kelompok kasus kadar Pb >10 sebanyak 8 responden (100%) sedangkan pada kelompok kasus 0 responden (0%) dan Pb<10 sebanyak 12 subjek (54,5%) sedangkan pada kelompok kontrol sebanyak 10 subjek (45,5%).

Berdasarkan tabel 6, terdapat perbedaan bermakna antara kelompok kasus dan kontrol pada variabel umur p (0,071), masa kerja p (0,000), dan kadar Pb (0,029), penggunaan APD p (0,002), sedangkan pada variabel jenis kelamin p (0,115) tidak terdapat perbedaan signifikan antara kelompok kasus dan kontrol.

Tabel 6 . Karakteristik Subjek Penelitian

Variabel	Kelompok				Total n=30		p
	Operator SPBU		Non Operator		n	%	
	n	%	n	%			
Umur							
17-25 Tahun	2	25,0	6	75,0	8	100%	0,071
26-35 Tahun	4	66,7	2	33,3	6	100%	
36-45 Tahun	9	81,8	2	18,2	11	100%	
46-55 Tahun	5	100,0	0	0,0	5	100%	
Jenis Kelamin							
Laki-Laki	16	76,2	5	23,8	21	100%	0,115
Perempuan	4	44,4	5	55,6	9	100%	
Status Merokok							
Baik	10	50,0	10	50,0	20	100	0,071
Sedang	3	100,0	0	0,0	3	100	
Buruk	7	100,0	0	0,0	7	100	
Penggunaan APD							
Ya	8	44,4	10	55,6	18	100	0,002
Tidak	12	100,0	0	0,0	12	100	
Masa Kerja							
<3 Tahun	4	28,6	10	71,4	14	100	0,000
>3 Tahun	16	100,0	0	0,0	16	100	
Kadar Pb							
>10	8	100,0	0	0,0	8	100	0,029
<10	12	54,5	10	45,5	22	100	

3. Hasil Pengukuran Rerata Kadar Timbal dalam Darah Petugas Operator SPBU dan Kontrol

Kadar timbal yang diukur dari 20 responden yang berprofesi sebagai petugas operator SPBU dan 10 kontrol dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7. Rerata Kadar Timbal dalam darah Operator SPBU dan kontrol

Kelompok	Kadar Timbal ($\mu\text{g}/\text{dl}$)			p
	Mean \pm SD	Max	Min	
Operator SPBU	7,50 \pm 3,32	12	4	<0,001
Non SPBU	0,001 \pm 0,00	0,001	0,001	

Tabel 7 menunjukkan rata-rata kadar Pb dalam darah responden kelompok operator SPBU 7,50 $\mu\text{g}/\text{dl}$ dengan nilai tertinggi 12 $\mu\text{g}/\text{dl}$ dan nilai terendah 4 $\mu\text{g}/\text{dl}$ dan rata-rata kadar Pb dalam darah kontrol 0,001 $\mu\text{g}/\text{dl}$ dengan nilai tertinggi dan terendah adalah 0,001 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Ambang batas kadar Pb menurut CDC adalah 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$.

4. Hasil Pengukuran Rerata Kadar Ion Kalsium dalam darah petugas Operator SPBU dan Kontrol

Tabel 8. Rerata Kadar Ion Kalsium dalam dah Operator SPBU dan kontrol

Kelompok	Kadar Ion Kalsium (mg/dl)			p
	Mean \pm SD	Max	Min	
Operator SPBU	8,34 \pm 1,70	10,62	5,75	0,007
Kontrol	10,19 \pm 0,43	10,64	9,52	

Kadar ion kalsium dalam darah tercantum pada tabel 8. Rata-rata kadar ion kalsium dalam darah responden kelompok kasus adalah 8,34 mg/dl dengan nilai tertinggi 10,63 mg/dl dan nilai terendah 5,75 mg/dl, dan rata-rata kadar ion kalsium pada kontrol adalah 10,19 mg/dl dengan nilai tertinggi

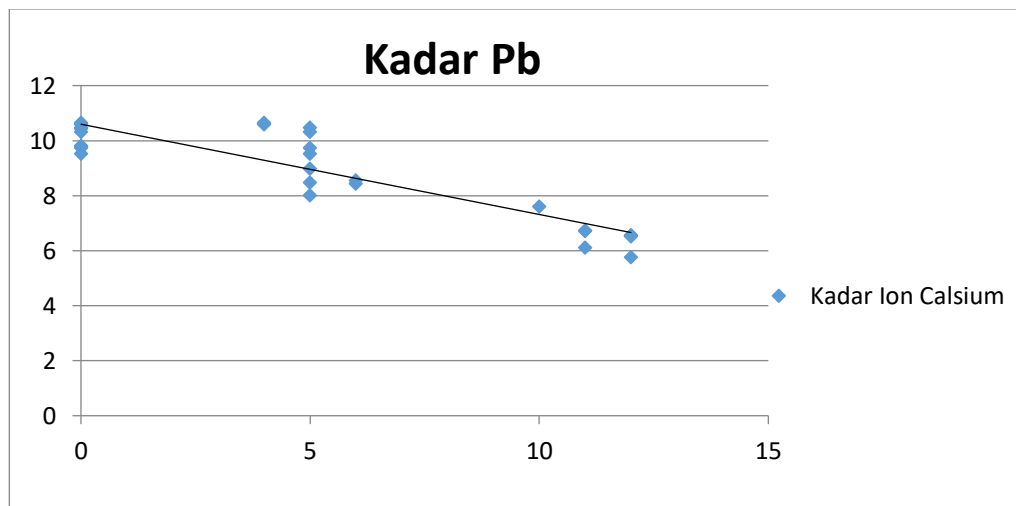
10,64 mg/dl dan terendah 9,52 mg/dl. Kadar normal ion kalsium dalam serum 9-11 mg/dl (Widman, 1999).

5. Uji Korelasi Kadar Timbal dengan Kadar Ion Kalsium

Tabel 9. Korelasi Timbal dengan Kadar Ion Kalsium

Variabel	Kadar Ion Calsium		Kekuatan Korelasi
	p	r	
Kadar Pb	<0,001**	-0,767	Korelasi kuat

Tabel 9 menunjukkan hubungan negatif yang signifika antara kadar Pb dengan kadar ion kalsium dengan nilai $P=0,001$ dan $r = -0,767$. Nilai ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar Pb semakin rendah kadar ion kalsium.



Gambar 7. Grafik HUBungan Kadar Pb dan Kadar Ion Kalsium pada Operator SPBU

Gambar 7 memperlihatkan grafik penurunan kadar ion kalsium yang nyata terhadap kadar Pb yang tinggi.

B. Pembahasan

Stasiun pengisian bahan bakar untuk umum (SPBU) merupakan prasarana umum yang disediakan distributor bahan bakar minyak (BBM) dan empat pengisian bahan bakar bagi kendaraan bermotor sehingga sering dikunjungi dan dilalui oleh kendaraan bermotor yang menyebabkan SPBU memiliki potensi besar sebagai tempat yang tercemar oleh timbal yang berasal dari gas buang kendaraan bermotor. Operator SPBU memiliki risiko besar terhadap pencemaran gas buang kendaraan bermotor karena kesehariannya sering melakukan kontak dengan kendaraan bermotor sehingga operator SPBU merupakan subjek yang tepat dalam penelitian ini .

1. Pemeriksaan Kadar Timbal

Penelitian ini dilakukan analisis kandungan Timbal (Pb) pada operator SPBU menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom dan pengaruhnya terhadap kadar ion kalsium dalam serum operator SPBU. SSA merupakan alat yang digunakan untuk analisis logam dalam jumlah kecil dan sangat peka. Prinsip kerja alat ini adalah berdasarkan pada penguapan larutan sampel kemudian logam yang terkandung didalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom akan mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang akan dipancarkan dari lampu katoda yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu. Analisis kadar timbal didahului dengan proses preparasi

sampel yang meliputi:

1. Destruksi basah, bertujuan untuk merombak logam organik, yang terdapat dalam sampel dengan menggunakan asam kuat HNO_3 .
2. Oksidasi, menggunakan zat oksidator sehingga dihasilkan logam anorganik bebas yang kadarnya dihitung menggunakan SSA.

Sampel darah masing-masing diambil sebanyak 3 ml kemudian ditambahkan larutan HNO_3 pekat sebanyak 3 ml. Fungsi penambahan HNO_3 ini adalah untuk destruksi atau memisahkan Pb dari berbagai senyawa organik pada sampel darah. Pb yang terpisah diikat oleh asam nitrat yang kemudian membentuk Pb Nitrat sebagai sebyawa yang mudah larut, sehingga nantinya dapat ditentukan kadar Pb dalam sampel darah. Setelah penambahan HNO_3 , sampel kemudian dipanaskan secara perlahan-lahan sampai mendidih hingga asap berwarna kuning keluar dan sampai larutan sampel berwarna bening. Sampel didinginkan dengan tujuan agar semua gas NO_2 hilang dan menguap. Sampel kemudian disaring menggunakan kertas Whatman no. 41 dengan tujuan untuk menghilangkan sisa-sisa lemak dan minyak yang dapat mengabsorpsi Pb lalu ditambahkan aquades. Hasil larutan sampel tersebut selanjutnya diperiksa dengan alat SSA dengan panjang gelombang 217 nm.

Berdasarkan tabel 7, dapat diketahui adanya perbedaan kadar Pb antara kontrol dan operator SPBU. Rata-rata kadar Pb dalam operator

SPBU sebesar 7,50 $\mu\text{g}/\text{dl}$ sedangkan rata-rata kadar Pb kontrol sebesar 0,001 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa rata-rata kadar Pb dalam darah operator di Makassar masih dalam batas normal, namun dari 20 orang responden, 8 orang responden memiliki nilai $\text{Pb} \geq 10 \mu\text{g}/\text{dl}$, dan 12 orang responden memiliki nilai $\text{Pb} < 10 \mu\text{g}/\text{dl}$. Perbedaan kadar timbal pada operator SPBU terjadi karena adanya perbedaan lama kerja, hal ini disebabkan karena timbal mempunyai sifat akumulatif sehingga bila seseorang berada pada kondisi udara yang tercemar oleh timbal maka darahnya akan mengandung timbal yang terhirup sebagai aktivitas pernafasan. Dengan kata lain semakin lama masa kerja operator SPBU maka akan semakin tinggi resiko terjadinya peningkatan kadar timbal dalam darah. Operator SPBU yang memiliki nilai $\text{Pb} > 10 \mu\text{g}/\text{dl}$ memiliki masa kerja lebih dari 5 tahun. Hal yang sama dipaparkan oleh Nusriyanti (2009) bahwa masa kerja yang lama akan meningkatkan kadar timbal dalam tubuh dengan hasil responden terbanyak mengandung timbal dalam urinenya adalah yang memiliki masa kerja 10 tahun sebanyak 9 orang (45%).

Kadar timbal yang melebihi batas ambang toksik yang ditetapkan oleh Centre for Disease Control and Prevention (CDC) yaitu 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$, adalah orang dewasa dampak yang ditimbulkan dapat berupa keluhan anemia, gangguan tekanan darah, gangguan sistem saraf pusat dan

kelelahan dan menurunkan kadar ion kalsium dalam tubuh (Dobrakowski dkk., 2017).

2. Pemeriksaan Kadar Ion Kalsium

Analisis ion kalsium dilakukan dengan metode fotometer. Ion Kalsium akan bereaksi dengan o-Cresolphthalein-Complexone membentuk warna ungu kompleks dalam suasana alkalis. Intensitas warna ungu tua yang terbentuk berbanding langsung dengan kadar kalsium dan dapat diukur dengan spektrofotometris dengan panjang gelombang antara 550 nm – 580 nm dengan *absorbance* max pada 570 nm.

Berdasarkan hasil penelitian, dari 20 responden, 9 responden memiliki nilai ion kalsium < 8 mg/dl, dan 11 responden > 8 mg/dl. Rata-rata kadar ion kalsium dalam serum operator SPBU adalah 8,43 mg/dl, nilai ini menunjukkan rata-rata kadar ion kalsium petugas SPBU rendah jika dibandingkan dengan nilai normal kadar ion kalsium serum 9-11 mg/dl (Widman, 1999) dan dibandingkan dengan kontrol yang memiliki kadar ion kalsium dengan rata-rata 10,19 mg/dl. Adanya perbedaan kadar Ca^{2+} pada operator SPBU disebabkan karena kadar Pb yang berbeda. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa, semakin tinggi kadar Pb maka semakin rendah kadar Ca^{2+} . Hal yang sama juga dilaporkan oleh Barman & Ravibabu (2018), kadar Ca^{2+} pekerja di pabrik baterai rendah disebabkan kandungan Pb dalam darah pekerja tersebut.

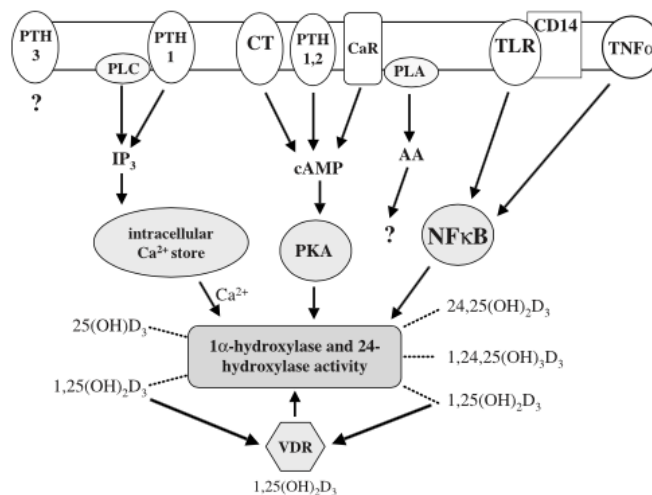
3. Hubungan Kadar Timbal dengan Kadar Ion Kalsium dalam darah operator SPBU

Timbal merupakan senyawa logam berat yang banyak ditemukan dalam gas buang asap kendaraan bermotor. Emisi timbal dari gas buang asap kendaraan bermotor mempunyai dampak negatif, baik terhadap lingkungan maupun kesehatan manusia (Ati & Murbawani 2014).

Timbal adalah logam berat transisi yang bentuk ioniknya adalah +2 (Pb^{2+}) (Casas dan Sordo 2011). Ion timbal (Pb^{2+}) memiliki karakteristik yang mirip dengan Ca^{2+} dan dengan kemampuan redoks yang sama, timbal menyebabkan efek toksik yang berbeda dari Ca^{2+} (Mattos, dkk., 2017). Pb^{2+} menunjukkan beberapa kesamaan kimia dengan ion kalsium (Ca^{2+}) yang dapat membantu menjelaskan mekanisme molekuler toksisitas timbal (Kirbereger dan Yang, 2008). Orbital elektron kulit terluar Ca^{2+} adalah $4s^2$ dan Pb^{2+} memiliki orbital terluar $6s^2$ dan $6p^2$. Hal ini menjelaskan mengapa timbal lebih mudah kehilangan orbital s, menghasilkan keadaan teroksidasi +2 yang paling umum, daripada +4. Namun, karena nomor atomnya yang berbeda, Ca^{2+} hanya memiliki orbital elektron $3p^6$, sedangkan Pb^{2+} memiliki orbital p plus d ($6p^2$, $5d^{10}$, dan $5p^6$) (Mattos, dkk, 2017). Karena perbedaan ini, Pb^{2+} memiliki kecenderungan yang lebih besar daripada Ca^{2+} untuk membentuk ikatan yang kuat dengan anion dan elemen spesifik (Simons,

1992). Pb^{2+} sangat rentan untuk membentuk ikatan kovalen dengan nitrogen dan sulfur dalam biomolekul. Karena itu, Pb^{2+} dapat memodifikasi biomolekul, menghasilkan mekanisme molekuler lain yang dapat menyebabkan toksisitas timbal (Lopes, dkk., 2016).

Paparan timbal mempengaruhi metabolisme mineral dengan menghambat enzim $1-\alpha$ -hidroksilase dalam tubulus ginjal, yang mengarah pada penurunan kalsitriol dan mengakibatkan gangguan penyerapan ion kalsium dalam saluran gastrointestinal dan tubulus ginjal (Dongre, dkk, 2013). Ion kalsium dalam sel dibutuhkan dalam proses metabolisme enzim $1-\alpha$ -hidroksilase. Ketika Pb masuk ke dalam sel, Pb akan berkompetisi dengan ion kalsium tetapi afinitas pengikatan Pb lebih tinggi dibandingkan dengan ion kalsium menyebabkan Pb menggantikan posisi ion kalsium pada metabolisme $1-\alpha$ -hidroksilase (Hewizon, dkk., 2000; Gulson, 2001; Needleman, 2004).



Gambar 7. Mekanisme aktivitas 1- α -hidroksilase yang melibatkan ion kalsium (Hewizon, dkk., 2000)

Barman dan Ravibabu, 2018 melaporkan bahwa pekerja pabrik baterai yang terpapar timbal menyebabkan kadar ion kalsium dalam serum darah turun. Dobrakowski, dkk (2017) juga melaporkan pekerja yang terpapar Pb menurunkan jumlah ion-ion esensial dalam tubuh, salah satunya adalah ion kalsium.

Hasil analisis hubungan antara kadar Pb dengan kadar ion kalsium diperoleh nilai signifikansi (p) sebesar 0,001 dan memiliki nilai r sebesar -0,767. Berdasarkan nilai ini, maka dapat disimpulkan bahwa ada korelasi yang signifikan antara kadar Pb dan kadar ion kalsium, sehingga hipotesis diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar Pb maka semakin rendah kadar ion kalsium dalam darah operator SPBU di Makassar.

4. Keterbatasan Penelitian

1. Tidak dilakukan pengukuran kadar timbal udara, kecepatan angin, dan kelembaban udara di sekitar SPBU.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Kadar Pb operator SPBU lebih tinggi dibandingkan bukan operator SPBU.
2. Kadar ion kalsium operator SPBU lebih rendah dibandingkan bukan operator SPBU.
3. Semakin tinggi kadar Pb semakin rendah kadar ion kalsium pada operator SPBU.

B. SARAN

1. Penambahan parameter kadar timbal udara, kecepatan angin, suhu dan kelembaban sebagai parameter pendukung.
2. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai metabolit lain yang menjadi biomarker timbal dalam tubuh, seperti vitamin D
3. Sebaiknya pemilik usaha bekerja sama dengan PT. Pertamina (Persero) dan Dinas Kesehatan untuk melakukan penyuluhan terkait dengan pengetahuan tentang gizi pekerja. .

4. Pekerja diharapkan untuk rutin konsumsi vitamin, untuk meningkatkan daya tahan tubuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M.M. (2012), Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). Diakses Tanggal 10 april 2019. Available from : <https://www.researchgate.net/publication/308371884>.
- Al-Hassani, A.N. (2013). Survey Study of Lead Exposure Among Lead Workers in Erbil. *Iraq J Pharm.* 13(1) : 51-57.
- Apriyanto, A., 2004, . *Analisis Pangan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Bogor.
- Ardillah, Y., 2016, Faktor Resiko Kandungan Timbal dalam Darah. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat.* 7(3) : 150–155
- Ardyanto, D. (2005). Deteksi Pencemaran Timah Hitam (Pb) dalam Darah Masyarakat yang Terpajan Timbal (Plumbum). *Jurnal Kesehatan Lingkungan,* 2(1) : 67–76
- Aziz R.A., & Marianti A. (2014). Efek Paparan Timbal (Pb) Kronik per Oral pada Struktur Histopatologik Lambung Tikus Putih. *Unnes Journal of Life Science.* 3(2): 87-92
- Barman, T., & Ravibabu, K. (2018). Effect of Pb-exposure on Serum Calcium and Phosphorus Components among Pb-Battery Manufacturing Workers. *Journal of Chemical Health Risk.* 8(3).
- Basri I. (2010). Pencemaran Udara dalam Antisipasi Teknis Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan. *Jurnal Smartek,* 8(2): 120-129
- Budiono A. (2001). Pencemaran Udara: Dampak Pencemaran Udara pada Lingkungan. *Berita Dirganta* 2(1): 21-27.
- Casas J.S., & Sordo J. (2011). Lead : Chemistry, Analytical Aspects.

Environmental Impact and Health Effects. Elsevier. Amsterdam

Centers for Disease Control and Prevention, 1991, Preventing Lead Poisoning in Young Children: A Statement by the Centers for Disease Control, October 1991. Atlanta, GA: US Dept of Health and Human Services

- Cecilia O.P. (2009). *Pengaruh Masa Kerja Terhadap Kejadian Gingival Lead Line Pada Polisi Lalu Lintas Di Kota Semarang* (Tesis) Semarang: Universitas Diponegoro Semarang
- Dahlan, M.D. (2016). *Besar Sampel dalam Penelitian Kedokteran dan Kesehatan*, Jakarta : Epidemiologi Indonesia.
- Dewi S. & Budiyanti T. (2010). Pengaruh Campuran Kadar Kerosin dalam Premium Terhadap Emisi Gas Sulfur Oksida dan Nitrogen Oksida pada Kendaraan Bermotor. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Limit's* 6(2): 1-7
- Djuhariningrum, T. (2005). Kajian Teoritis Pengaruh Unsur Matriks Terhadap Hasil Analisis dengan Metode Spektroskopi Serapan Atom (AAS), Prosiding, Seminar Geologi Nuklir dan Sumberdaya Tambang, Pusat Pengembangan Bahan Galian dan Geologi Nuklir-BATAN.
- Dobrakowski M., Boron M., Birkner E., Kasperczyk A., Chwalinska E., Lisowska G., & Kasperczyk S. (2017). The Effect of a Short-Term Exposure to Lead on the Levels of Essential Metal Ions, Selected Proteins Related to Them, and Oxidative Stress Parameters in Humans. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* Article ID 8763793, 9 pages.<https://doi.org/10.1155/2017/8763793>.
- Dongre N.N., Suryakar A.N., Patil A.J, Hundekari I.A, & Devarnavadagi B.B. (2013). Biochemical Effects of Lead Exposure on Battery Manufacture Workers with Reference to Blood Pressure, Calcium Metabolism and Bone Mineral Density. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*. 28 :65–70.
- Flora G., Deepesh G., & Archana T. (2012). Toxicity of Lead: A Review with Recent Updates. *Interdiscip toxicol* 5(2): 47-58
- Garcia. R., & Baez A.P. (2012). Atomic Absorption Spechtrometry (AAS). Diakses 20 November 2019. Avalaible From : <http://www.intechopen.com/books/atomic-absorption-spectroscopy/atomic-absorption-spectrometry-aas-> .
- Gulson, B.L., Mizon, K.J., Korsch, M.J., & Taylor, A.J. (2006). Low Blood Lead Levels Do Not Appear to Be Further Reduced by Dietary

- Supplements, *Environ Health Perspect*, 114(8):1186-1192
- Hanzlik, R.P., Fowler, S.C., & Fisher, D.H. (2005). Relative Bioavailability of Calcium from Calcium Formate, Calcium Citrate, and Calcium Carbonate, *JPET*, 313:1217-1222
- Hewison, M., Zehnder, D., Bland, R., & Stewart, P.M. (2000). 1- α -Hydroxylase and The Action of Vitamin D. *Journal of Molecular Endocrinology*. 25: 141-148
- Lidsky, T.I. & Schneider, J.S. (2003). Lead Neurotoxicity in Children: Basic Mechanisms and Clinical Correlates. *Brain*. 126(1) : 5-19
- Khaira, K. (2014), Analisis Kadar Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) dalam Air Minum Isi Ulang Kemasan Galon di Kecamatan Lima Kaum Kabupaten Tanah Datar. *Jurnal Sainstek*, VI (2) : 116-123
- Kirberger M. & Yang J.J. (2008). Structural Differences Between Pb²⁺ and Ca²⁺ Binding Sites in Proteins: Implications with Respect to Toxicity. *J Inorg Biochem*. 102 :1901–1909.
- Kim S., Hyun J., Kim H., Kim Y., Kim E., Jang J., & Kim K. (2011). Effects Of Lead Exposure on Nitric Oxide-Associated Gene Expression in The Olfactory Bulb of Mice. *Biol Trace ElemRes* 42:683-692
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1406 Tahun. (2002) *Standar Pemeriksaan Kadar Timah Hitam Pada Spesimen Biomarker Manusia*.
- Kustiningsih Y., Thomas, N.F., & Nurlailah. (2017). Kadar Logam dalam Darah Penjual Klepon, *Medical Laboratory technology Journal*, 3 (2) : 47-52
- Khumaidah. (2009). *Analisis Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Gangguan Fungsi Paru pada Pekerja Mebel PT. Kota Jati Furnindo Desa Suwawal Kecamatan Mlonggo Kabupaten Jepara* (Tesis). Semarang : Universitas Diponegoro Semarang.
- Lopes A.C., Peixe T.S., Mesas A.E., & Paoliello M.M. (2016). Lead Exposure and Oxidative Stress: a Systematic Review. *Rev Environ Contam Toxicol*. 236:193–238.
- Macarthy M.C., Hafner, H.R., & Montzka, S. A. (2000). Background

- Concentrations of 18 Air Toxic for North America J. Air Waste Manage. 56 : 3-11
- Markowitz, M. (2000). Lead Poisoning. *Pediatr Rev.* 21: 327–35
- Mattos, G.F.D., Costa, C., Savio, F., Alonso, M., & Nicolson, G.L. (2017). Lead Poisoning: Accute Exposure of The Heart to Lead Ions Promotes Changes in Cardiac Function and Cav1.2 ion Channels. *Biophys Rev*, 9 (5) 807-825
- Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi, 1981, *Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 01/Men/1981*, Diakses 15 September 2019 Available from : (<https://toolsfortransformation.net/wp-content/uploads/2017/05/Per-Men-Naker-No.1-thn-1981-ttg-Kewajiban-Melapor-PAK.pdf>)
- Mifbahuddin, Endah N., & Suhartono. (2007). Hubungan Kadar Pb dalam Darah dengan Profil Darah pada Petugas Operator Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum di Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia.* 6(1).
- Mori, M., Tanifuji, S., & Mochida, S. (2014). Kinetic Organization of Ca²⁺ Signals that Regulate Synaptic Release Efficacy in Sympathetic Neurons. *Mol Pharmacol.* 86.
- Muliani (2012). Olahraga Meningkatkan Mekanisme Absorpsi Kalsium, *Medicina*, 43 (2).
- Nationat Institute of Enviromental Health Sience. (2013), Lead and Your Health. Diakses 17 Maret 2019. Available from : (https://www.niehs.nih.gov/health/materials/lead_and_your_health_508.pdf).
- Natipulu, R.R.J. (2008). *Pengaruh Pemberian Kalsium Secara Oral Terhadap Kadar Plumbum Dalam Darah Mencit (Mus Musculus L)* (Tesis), Medan : Universitas Sumatera Utara
- Noviyanti, F. (2012). Gambaran Kadar Timbal Dalam Urin Pada Pegawai Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di Kota Makassar (Skripsi). Makassar : UIN Alauddin Makassar
- Nugraha J., Carolina M.V.S., & Soehartini B.S. (2009). Ukuran Kalsium Ion dalam Serum Total Kalsium (Calsium Total) Menggunakan Berbagai

- Alat Swa-Analisis (Auto Analyzer). *Indonesia Journal of Clinical Pathology and Medical Laboratory*. 15 (2).
- Palar. 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat Edisi Keempat*. Jakarta: Rineka Cipta
- Patrick, L. (2006). Lead Toxicity, A Review of the Literature. *Alternative Medicine Review* 11(1)
- Peacock, M. (2010). Calcium Metabolism in Health and Disease. *Clin J Am Soc Nephrol*. 5.
- Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 *Tentang Pengendalian Pencemaran udara*.
- Pertamina (2019). SPBU. Diakses tanggal 10 April 2019. Available from : <https://www.pertamina.com/industrialfuel/media/20705/premium.pdf>
- Piste, P., Didwagh, S., & Mokhasi, A. (2013). Calcium and its Role in Human Body. *International Journal of research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*. 4 (2).
- Pounds J.G., Long G.J., Rosen J.F. (1991). Cellular and Molecular Toxicity of Lead in Bone. *Environ. Health Perspect.*, 91:17-3
- Qorih, D.I., Setiany, O., & Dewanti, N.A.Y. (2015). Hubungan Antara Masa Kerja Dengan Kadar Timbal (Pb) dalam Darah Pada Pekerja Industri Pengecoran Logam Cv. Bonjor Jaya Di Desa Batur, Ceper, Klaten. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 3 (3).
- Needleman H. (2004). Lead Poisoning. *Annual Review of Medicine*, 55:209-220
- Risdiyanta (2014). Membedah Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di Indonesia. *Forum Teknologi*. 4 (3).
- Roberts J.R., Reigart J.R., Ebeling M., & Hulsey T.C. (2001). Time Required for Blood Lead Levels to Decline in Nonchelated children. *J Toxicol Clin Toxicol*. 39
- Rosita, B., & Widiarti, L. (2018). Hubungan Toksisitas Timbal (Pb) dalam Darah dengan Hemoglobin Pekerja Pengecetan Motor Pekanbaru, *Prosiding Seminar Kesehatan Perintis E-ISSN : 2622-2256*, 1 (1).

- Rosyidah, H., & Djannah, S.N. (2010). Hubungan Antara Kadar Pb dalam Darah dengan Kejadian Hipertensi pada Operator SPBU di kota Yogyakarta. *Kes Mas.* 4(2).
- Rustanti, I., & Eni, M. (2011). Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Kadar Pb dalam Darah pada Supir Angkutan Umum Jurusan Karang Ayu-Penggaron di Kota Semarang. *Jurnal Viskes*, 10 (1).
- Saxena, P., & Gosh, C. (2012). A Review of Assessment of Benzene, Toluene, Ethylbenzene and xylene (BTEX) concentration in Urban Atmosphere of Delhi. *International Journal of the Physical Sciences.* 7 (6).
- Sa'adah R.S. (2016), *Analisis Kadar Nitric Oxide dan Aktivitas Glutation Peroksidase dalam Darah Operator SPBU di Semarang.* (Skripsi).
- Sari, N.K., 2010, *Analisa Instrumentasi*, Jogja : Yayasan Humaniora.
- Scott, I.D., Akerman, K.E.O., Nicholls, D.G. (1980). Calcium-Ion Transport by Intact Synaptosomes. *Biochem. J.* 192:873-880
- Shita, A.D.P., d& Sulistiyani (2010). Pengaruh Kalsium terhadap Tumbuh Kembang Gigi Geligi Anak. *Stomatogonic*, 7 (3) : 40 – 44
- Simons T. (1986). Cellular interactions Between Lead and Calcium. *Br Med Bull.* 1;42:431–434.
- Sobel A.E., Yuska H., Peters D.D., & Kramer B. (1940).The Biochemical Behaviour of Lead. I. Influence of Calcium, Phosphorus, and Vitamin D on Lead in Blood and Bone. *J Biol Chem.* 132, 239-265.
- Sprekeler N.M.T., Kowalewski M.P., Liesegang A., & Boos A. (2011). Expression Patterns of Intestinal Calcium Transport Factors and Ex-Vivo Absorption of Calcium in Horses. *BMC Vet Res.* 7(65)
- Suciani S. (2007). *Kadar Timbal dalam Darah Polisi Lalu Lintas dan Hubungannya dengan Kadar Hemoglobin.* (Tesis). Semarang: Universitas Diponegoro
- Sullivan, J.B., Erk, M,D,V., Krieger, G,R., & Peterson, M,E. (2013). Indoor Environmental Quality and Health, Small Animal Toxycology
- Surani (2002). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat.* Reneka Cipta. Jakarta

- Tiwari S., Tripathi I.P., & Tiwari H.L. (2013). Effects of Lead on Environment. International journal of Emerging Research in Management & Technology. 2 (6).
- Tordoff, M.G. (2001). Calcium: Taste, Intake, and Appetite, *Physiol. Rev.* 81(4):1567-97
- Velde, R.Y., Brouwers, J.R., Geusens P.P., Lems, W.F., & Van den Bergh, J.P. (2014). Calcium and Vitamin D Supplementation: State of the Art for Daily Practice, *Food Nutr Res.* 58
- Wasserman R.H., & Fullmer, C.S. (1989). On The Molecular Mechanism of Intestinal Calcium Transport. *Adv Exp Med Biol.* 249: 45-65
- WHO (2010). Exposure to Lead: A Major Public Health Concern. Preventing Disease Through Healthy Environments. Public Health and Environment. Available from : <http://www.who.int/ipcs/features/lead.pdf>.
- Widman, F.K. (1999). *Tinjauan Klinis atas Hasil Pemeriksaan Laboratorium*, ed. 9, EGC, Jakarta, hal. 271-272, 457-458
- Winarsi H. 2011. *Pembentukan Senyawa Oksigen Reaktif dan Radikal Bebas in: Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Yogyakarta: Kanisius
- Wulandari, D., Abdullah, S., & Yulianto (2016). Hubungan Lama Merokok, Lama Bertugas dan Arus Lalu Lintas Kendaraan dengan Kadar Timbal (Pb) dalam Rambu Polisi lalu Lintas di Kabupaten Magelang Tahun 2016.
- Yusmiati, S.N.F., dan Wulandari, R.E., 2017. Pemeriksaan Kadar Kalsium pada Masyarakat dengan Pola Makan Vegetarian, *Jurnal Sains Health*, 1 (1).

LAMPIRAN 1. Data Sampel

No urut	No Sampel	Usia	Jenis Kelamin		MEROKOK				APD				MASA KERJA			HASIL PEMERIKSAAN							
					Baik (1) Tidak Merokok	Sedang (2) > 5 batang/hari	Buruk (3) >10 batang/hari	KODE	YA (1)	TIDAK (2)	TDK (3)	KODE	<3 THN (1)	>3 THN (2)	KODE	Pb (µg/dl)				ion kalsium (mg/dl)			
																Hasil	< 10 (1)	> 10 (2)	kode	Hasil	baik (8-11) (1)	buruk (<8) (2)	kode
1	K1	41	L	Pardi	X			1		X		2		X	2	0.001	x		1	9,78	x		1
2	K2	25	P	Anti	X			1	X			1	X		1	0.001	x		1	10,64	x		1
3	K3	24	L	Rusdi	X			1		X		2	X		1	0.001	x		1	10,47	x		1
4	K4	58	P	Tinong	X			1	X			1		X	2	0.001	x		1	10,43	x		1
5	K5	33	P	Maya	X			1	X			1		X	2	0.001	x		1	10,62	x		1
6	K6	19	L	Pandi	X			1		X		2	X		1	0.001	x		1	10,58	x		1
7	K7	21	L	Fadi	X			1		X		2	X		1	0.001	x		1	9,72	x		1
8	K8	21	L	Ari	X			1		X		2	X		1	0.001	x		1	9,52	x		1
9	K9	23	P	Uma	X			1	X			1	X		1	0.001	x		1	10,31	x		1
10	K10	36	P	Eli	X			1	X			1		X	2	0.001	x		1	9,81	x		1
11	S1	33	P	Ramlah		x		3	X			1	X		1	4	X		1	10,58	x		1
12	S2	36	P	Harlina		x		3	X			1		X	2	5	X		1	10,31	x		1
13	S3	22	P	Martini		x		1		X		2		X	2	5	X		1	8,46	x		1
14	S4	58	L	Dg. Nanring	x			2		X		2		X	2	4	X		1	10,62	x		1
15	S5	41	L	kakhmansya	x			3	X			1		X	2	5	X		1	8,98	x		1
16	S6	26	L	Gustiara		x		1	X			1	X		1	5	X		1	8,00	x		1
17	S7	54	L	Agus		x		3		X		2		X	2	10		X	2	7,59		x	2
18	S8	70	L	Hasan	x			1		X		2		X	2	6	X		1	8,43	x		1
19	S9	45	L	Ramli		x		1		X		2		X	2	5	X		1	9,72	x		1
20	S10	49	L	Akhmad	x			1		X		2		X	2	11		X	2	6,11		x	2
21	S11	39	L	Febrianus	x			3		x		2	x	x	2	12		X	2	6,54		x	2
22	S12	55	L	Palayukan	x			1		X		2		X	2	11		X	2	6,71		x	2
23	S13	51	L	Ridwan	x			1		X		2		X	2	12		X	2	5,75		x	2
24	S14	27	P	Yuli	x			1		X		2		X	1	12		X	2	6,51		x	2
25	S15	25	L	Satniana		x		3		X		2	X		1	5	X		1	10,47	x		1
26	S16	39	L	Ismail		x		2		X		2		X	2	5	X		1	9,52	x		1
27	S17	41	L	Bakhtiar		x		1		X		2		X	2	4	X		1	10,64	x		1
28	S18	44	L	Muh. Asri	x			1		X		2		X	2	11		X	2	6,73		x	2
29	S19	36	L	Hamsih		x		3		X		2		X	2	6	X		1	8,55	x		1
30	S20	36	L	Yudha	x			2		X		2		X	2	12		X	2	6,55		x	2

LAMPIRAN 2.

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS KEDOKTERAN**

KOMITE ETIK PENELITIAN KESEHATAN

Sekretariat : Lantai 2 Gedung Laboratorium Terpadu

JL. PERINTIS KEMERDEKAAN KAMPUS TAMALANREA KM.10, Makassar 90245

Contact person **dr. Agussalim Bukhari, PhD, SpGK** (HP. 081241850858), email: agussalimbukhari@yahoo.com

NASKAH PENJELASAN KEPADA SUBYEK UNTUK PERSETUJUAN

Assalamu alaikum warahmatullahi Wabarakatuh
Selamat siang Bapak/Ibu/Saudara(i).

Bagaimana keadaan Bapak/Ibu/Saudara(i) hari ini? Kenalkan nama saya Sakinah Nur Fadillah, biasa dipanggil Kina. Saya adalah mahasiswa S2 Biomedik Konsentrasi Kimia Klinik di Pascasarjana Unhas. Sekarang Saya sudah semester akhir dan ingin melakukan penelitian pada pasien dengan diagnosa toksisitas timbal. Judul penelitian saya yaitu “ Kadar Ion Klasium pada Operator SPBU yang Terpapar Timbal”.

Bapak/Ibu/Saudara(i) apakah sudah mengetahui tentang Tokisitas Timbal?. Sekedar menginformasikan bahwa, Toksisitas timbal adalah logam berat yang disebabkan oleh timbal yang dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, diantaranya hipertensi, jantung coroner, penurunan kadar mineral prnting dalam tubuh. Dengan mengikuti penelitian ini Bapak/Ibu/Saudara(i) secara langsung akan memperoleh pemeriksaan kadar Pb dan kadar ion kalsium yang tidak dipungut biaya.

Penelitian ini di lakukan untuk mengetahui toksistas Pb terhadap kadar mineral penting dalam tubuh. Jika Bapak/Ibu/Saudara(i) bersedia membantu, penelitian ini membutuhkan darah sebanyak 5 mL pada daerah vena cubiti yang diambil oleh petugas Laboratorium Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makssar dan akan digunakan untuk pemeriksaan Pb dan ion kalsium. Untuk diketahui oleh Bapak/Ibu/Saudara(i) bahwa pengambilan darah tersebut sangat jarang menimbulkan efek samping yang serius, biasanya hanya berupa bengkak dan sedikit rasa nyeri. Jika nanti terjadi bengkak di sekitar tempat pengambilan darahnya, akan ditangani sesuai

prosedur yaitu dengan kompres menggunakan air dingin/Es di daerah memar atau dengan mengoleskan salep memar trombophob.

Darah sebanyak 5 ml yang saya ambil tadi akan saya olah hingga diperoleh serumnya. Sisa darah yang tidak digunakan akan saya olah baik-baik dahulu sebelum saya buang, dan di jamin tidak ada orang yang memanfaatkan sisa darah Bapak/Ibu/Saudara(i) setelah saya pakai. Saya juga mohon ijin untuk mengambil data pelengkap dari bapak/ibu/saudara(i) dengan tetap menyamarkan identitas Bapak/Ibu/Saudara(i).

Bapak/Ibu/Saudara(i), mohon kepercayaannya bahwa semua data-data mulai dari identitas Bapak/Ibu/Saudara(i) sampai hasil penelitian akan dirahasiakan, kecuali saya sebagai peneliti, Bapak/Ibu/Saudara(i) dan keluarga saja yang mengetahuinya. Pada penelitian ini tidak ada pemberian kompensasi dan tidak ada unsur paksaan apabila Bapak/ibu/saudara(i) tidak bersedia ikut dalam penelitian ini atau mungkin mengundurkan diri. Jadi saya sangat mengharapkan bantuan Bapak/Ibu/Saudara(i). jika ada yang Bapak/Ibu/Saudara(i) kurang mengerti, boleh ditanyakan mudah-mudahan saya bisa membantu. Atas perhatian dan kerjasamanya saya ucapkan banyak terima kasih.

Sakinah Nur Fadillah

Alamat : Rumah Dinas TNI AURI Daya, No. 133

Hp. 085256613135

LAMPIRAN 3.

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS KEDOKTERAN**

KOMITE ETIK PENELITIAN KESEHATAN

Sekretariat : Lantai 2 Gedung Laboratorium Terpadu

JL.PERINTIS KEMERDEKAAN KAMPUS TAMALANREA KM.10, Makassar 90245

Contact person **dr. Agussalim Bukhari, PhD, SpGK** (HP. 081241850858), email: agussalimbukhari@yahoo.com

FORMULIR PERSETUJUAN SETELAH PENJELASAN

Judul Penelitian : **Hubungan Kadar Timbal (Pb) dengan Kadar Ion Kalsium (Ca²⁺) pada Operator SPBU**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama/umur :
Alamat :
No.rekam medis :

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa saya telah mendapatkan penjelasan dan kesempatan bertanya hal-hal yang belum saya mengerti tentang penelitian ini. Penjelasan tersebut meliputi manfaat dan keuntungan serta efek samping dari pengambilan darah yang akan saya dapatkan selama penelitian ini. Efek samping yang paling mungkin ditimbulkan adalah terjadinya hematoma. Bila terjadi demikian peneliti akan memberikan penanganan sesuai prosedur terhadap efek samping tersebut.

Setelah mendapatkan penjelasan tersebut, dengan ini saya menyatakan secara sukarela ikut serta dalam penelitian ini dan saya berhak mengundurkan diri bila ada alasan sehubungan dengan kesehatan saya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan.

Makassar, Oktober 2019

Yang menyatakan,

Saksi,

1.
2.

(.....)

Penanggung Jawab Medik

Dr. dr. Tenri Esa Arief, M.Si, Sp. PK

Dokter Spesialis Penyakit

LAMPIRAN 4 Persetujuan Kode Etik

HP: 081524931965

Perumahan Bukit Baruga

Antang, Makassar

Penanggung Jawab Penelitian

Sakinah Nur Fadillah

HP. 085256613135

Rumah Dinas Auri Daya, No. 133

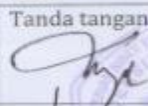

Makassar

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS KEDOKTERAN
KOMITE ETIK PENELITIAN KESEHATAN
RSPTN UNIVERSITAS HASANUDDIN
RSUP Dr. WAHIDIN SUDIROHUSODO MAKASSAR
Sekretariat : Lantai 2 Gedung Laboratorium Terpadu
JL. PERINTIS KEMERDEKAAN KAMPUS TAMALANREA KM.10 MAKASSAR 90245.
Contad Person: dr. Agussalim Bukhari, MMed.PhD, SpCK TELP. 081241850858, 0411 5780103, Fax : 0411-581431

REKOMENDASI PERSETUJUAN ETIK
Nomor : 955/UN4.6.4.5.31/ PP36/ 2019

Tanggal: 21 Oktober 2019

Dengan ini Menyatakan bahwa Protokol dan Dokumen yang Berhubungan Dengan Protokol berikut ini telah mendapatkan Persetujuan Etik:

No Protokol	UH19070428	No Sponsor Protokol	
Peneliti Utama	Sakinah Nur Fadillah, S.Si	Sponsor	
Judul Peneliti	Kadar Ion Kalsium Pada Operator SPBU Yang Terpapar Timbal		
No Versi Protokol	2	Tanggal Versi	7 Oktober 2019
No Versi PSP	2	Tanggal Versi	7 Oktober 2019
Tempat Penelitian	Laboratorium Balai Kesehatan Masyarakat Makassar		
Jenis Review	<input type="checkbox"/> Exempted <input checked="" type="checkbox"/> Expedited <input type="checkbox"/> Fullboard Tanggal	Masa Berlaku 21 Oktober 2019 sampai 21 Oktober 2020	Frekuensi review lanjutan
Ketua Komisi Etik Penelitian Kesehatan FKUH	Nama Prof.Dr.dr. Suryani As'ad, M.Sc.,Sp.GK (K)	Tanda tangan 	
Sekretaris Komisi Etik Penelitian Kesehatan FKUH	Nama dr. Agussalim Bukhari, M.Med.,Ph.D.,Sp.GK (K)	Tanda tangan 	

Kewajiban Peneliti Utama:

- Menyerahkan Amandemen Protokol untuk persetujuan sebelum di implementasikan
- Menyerahkan Laporan SAE ke Komisi Etik dalam 24 jam dan dilengkapi dalam 7 hari dan Lapo SUSAR dalam 72 jam setelah Peneliti Utama menerima laporan
- Menyerahkan Laporan Kemajuan (progress report) setiap 6 bulan untuk penelitian resiko tinggi dan setiap setahun untuk penelitian resiko rendah
- Menyerahkan laporan akhir setelah Penelitian berakhir
- Melaporkan penyimpangan dari prokol yang disetujui (protocol deviation / violation)
- Mematuhi semua peraturan yang ditentukan

LAMPIRAN 5. Gambar Penelitian

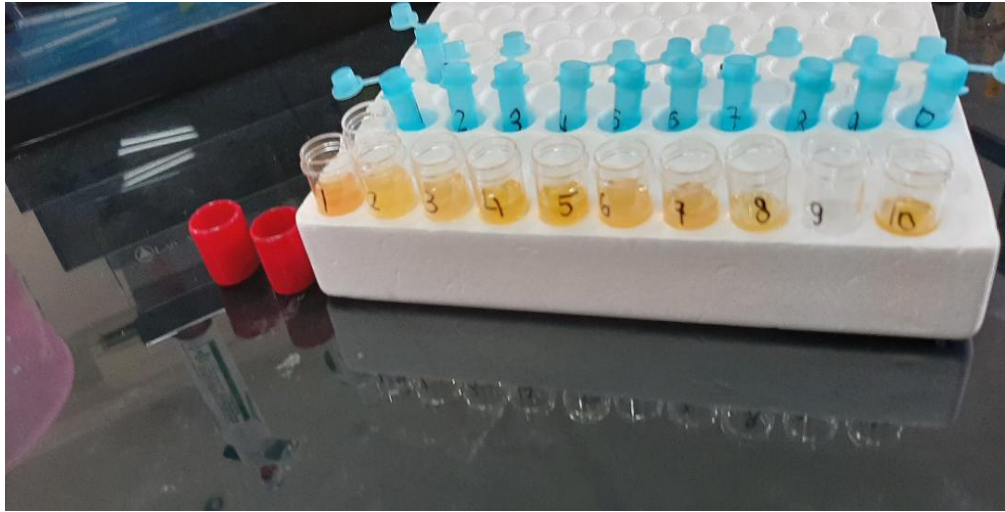
Pengambilan Sampel



Sentrifuse Sampel



Pemisahan Serum



Pengukuran ion kalsium



Pemeriksaan Timbal

