

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Timbal (Pb)

1. Pengertian Timbal (Pb)

Timbal atau timah hitam atau Plumbum (Pb) adalah salah satu bahan pencemar utama saat ini di lingkungan. Hal ini bias terjadi karena sumber utama pencemaran timbal adalah dari emisi gas buang kendaraan bermotor⁽¹⁴⁾. Timbal (Pb) biasa digunakan sebagai campuran bahan bakar bensin, berfungsi untuk meningkatkan daya pelumasan dan meningkatkan efisiensi pembakaran. Bahan kimia ini bersama bensin dibakar dalam mesin, sisanya $\pm 70\%$ keluar bersama emisi gas buang hasil pembakaran dan timbal yang terbuang lewat knalpot merupakan salah satu diantara zat pencemar udara⁽¹²⁾.

Jumlah Pb di udara di pengaruhi oleh volume atau kepadatan lalu lintas, jarak dari jalan raya dan daerah industri, percepatan mesin dan arah angin⁽¹⁵⁾. Timbal yang melalui udara akan terkontaminasi dengan lingkungan dan akan di hirup (inhalasi) oleh manusia bahkan bisa menempel di kulit tanpa seseorang mengetahuinya. Sifat toksik Pb terjadi jika terhirup atau tertelan oleh manusia dan di dalam tubuh akan beredar mengikuti aliran darah, diserap kembali ke dalam ginjal dan otak, dan disimpan di dalam tulang dan gigi⁽¹⁶⁾.

Logam berat dalam tubuh manusia biasanya terakumulasi pada beberapa organ tubuh seperti ginjal, hati, kuku, jaringan adiposa, dan rambut. Analisis kandungan logam berat pada darah ataupun urine tidak akurat. Logam berat yang berada pada darah atau urine tidak bertahan lama dan dapat segera dikeluarkan melalui siklus metabolisme tubuh sedangkan analisis logam berat melalui rambut lebih akurat. Hal ini disebabkan logam berat lebih bertahan lama di rambut. Jumlah logam dalam rambut berkorelasi dengan jumlah logam yang diabsorpsi oleh tubuh. Oleh karena itu, rambut dapat dipakai sebagai biopsi material⁽¹⁷⁾.

2. Sumber Pencemar Timbal Dari Transportasi

Kontribusi terbesar dalam menyumbang timbal di udara yakni emisi gas buang dari kendaraan bermotor. Di kota-kota besar, kontribusi gas buang kendaraan bermotor sebagai sumber polusi udara mencapai 60-70%, sementara, kontribusi gas buang dari cerobong asap industri hanya berkisar 10-15%, dan sisanya berasal dari sumber pembakaran lain; misalnya rumah tangga, pembakaran sampah, kebakaran hutan, dan lain-lain⁽¹⁸⁾.

Unsur Pb ini sendiri sebenarnya sudah ada di dalam bahan bakar bensin. Oleh karena itu mesin kendaraan tidak sempurna dalam proses pembuangannya, maka unsur Pb menjadi unsur yang terlepas bebas di udara⁽¹⁹⁾. Emisi Pb dari gas buangan tetap akan menimbulkan pencemaran udara dimanapun kendaraan itu berada, tahapannya 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⁽⁶⁾.

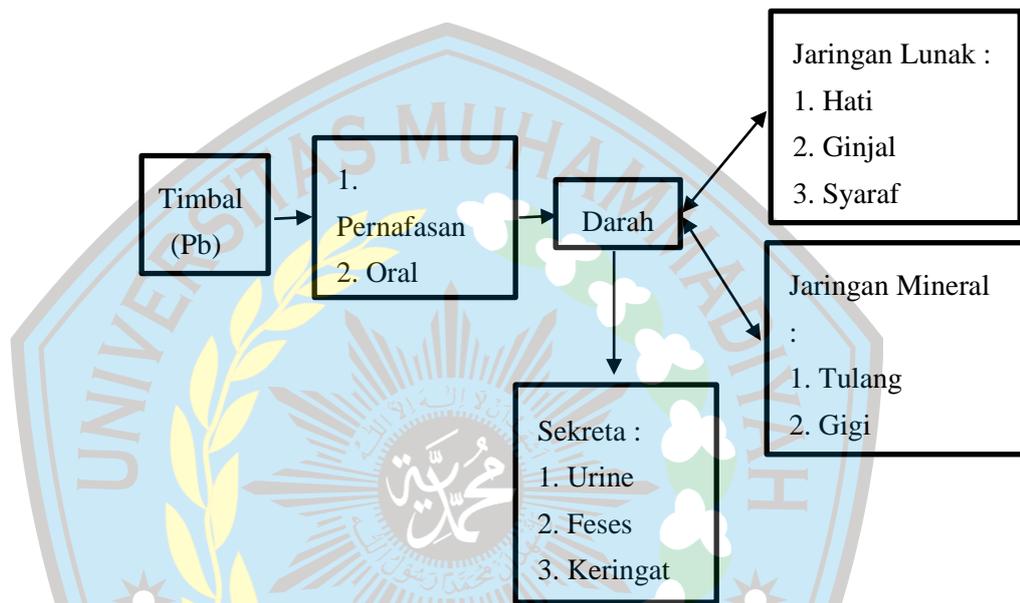
Beberapa faktor penting yang menyebabkan dominannya pengaruh sektor transportasi terhadap pencemaran udara perkotaan di Indonesia antara lain⁽³⁾:

- a. Perkembangan jumlah kendaraan yang cepat (eksponensial).
- b. Tidak seimbangnya prasarana transportasi dengan jumlah kendaraan yang ada.
- c. Pola lalu lintas perkotaan yang berorientasi memusat, akibat terpusatnya kegiatan-kegiatan perekonomian dan perkantoran.
- d. Masalah turunan akibat pelaksanaan kebijakan pengembangan kota yang ada, misalnya daerah pemukiman penduduk yang semakin menjauhi pusat kota.
- e. Kesamaan waktu aliran lalu lintas.
- f. Jenis, umur dan karakteristik kendaraan bermotor.
- g. Faktor perawatan kendaraan.
- h. Jenis bahan bakar yang digunakan.

- i. Jenis permukaan jalan.
- j. Siklus dan pola mengemudi (*driving pattern*).

3. Mekanisme Masuknya Timbal (Pb) Dalam Tubuh Manusia

Timbal merupakan senyawa toksik, dimana efek paparan timbal bisa terjadi tanpa gejala yang jelas⁽²⁰⁾. Berikut mekanisme masuk timbal ke dalam tubuh manusia :



Gambar 2.1 Mekanisme Timbal (Pb) dalam Tubuh Manusia⁽²¹⁾

Absorpsi timbal (Pb) kira-kira 40% akan masuk melalui pernafasan, diabsorpsi sampai ke saluran pernafasan. Sekitar 5-10% dari senyawa timbal yang masuk diserap oleh saluran gastrointestinal⁽¹⁴⁾. Timbal yang diabsorpsi diangkut oleh darah ke organ-organ tubuh sebanyak 95% Pb dalam Timah hitam darah diikat oleh eritrosit. Sebagian Pb plasma dalam bentuk yang dapat berdifusi dan diperkirakan dalam keseimbangan dengan pool Pb tubuh lainnya. Yang dibagi menjadi dua yaitu ke jaringan lunak (sumsum tulang, sistim saraf, ginjal, hati) dan ke jaringan keras (tulang, kuku, rambut, gigi)⁽²²⁾. Ekskresi Pb melalui beberapa cara, yang terpenting adalah melalui ginjal dan saluran cerna. Ekskresi Pb melalui urine sebanyak 75 – 80%, melalui feses 15% dan lainnya melalui empedu, keringat, rambut, dan kuku⁽⁹⁾. Pada umumnya

ekskresi Pb berjalan sangat lambat. Waktu paruh timbal didalam darah kurang lebih 25 hari, pada jaringan lunak 40 hari sedangkan pada tulang 25 tahun. Ekskresi yang lambat ini menyebabkan Pb mudah terakumulasi dalam tubuh, baik pada pajanan kerja maupun tidak kerja⁽²³⁾.

4. Dampak Timbal (Pb) Terhadap Kesehatan

Timbal adalah logam berat yang dapat menyebabkan keracunan dan terakumulasi dalam tubuh manusia. Mekanisme masuknya timbal ke dalam tubuh manusia dapat melalui sistem pernafasan, oral, ataupun langsung melalui permukaan kulit⁽¹⁴⁾.

Berikut dampak timbal (Pb) pada kesehatan :

a. Sistem Syaraf dan Kecerdasan

Efek Pb terhadap sistem syaraf telah diketahui, terutama dalam studi kesehatan kerja dimana pekerja yang terpajan kadar timbal yang tinggi dilaporkan menderita gejala kehilangan nafsu makan, depresi, kelelahan, sakit kepala, mudah lupa, dan pusing. Efek timbal terhadap kecerdasan anak memiliki efek menurunkan IQ bahkan pada tingkat pajanan rendah. Studi lebih lanjut menunjukkan bahwa kenaikan kadar timbal dalam darah di atas 20 µg/dl dapat mengakibatkan penurunan IQ sebesar 2-5 poin⁽⁴⁾.

b. Efek Sistemik

Kandungan Pb dalam darah yang terlalu tinggi (toksitas Timbal yakni di atas 30 µg/dl) dapat menyebabkan efek sistemik lainnya adalah gejala gastrointestinal. Keracunan timbal dapat berakibat sakit perut, konstipasi, kram, mual, muntah, anoreksia, dan kehilangan berat badan. Pb juga dapat meningkatkan tekanan darah. Intinya timbal ini dapat merusak fungsi organ⁽⁴⁾.

c. Efek Terhadap Reproduksi

Pajanan Pb pada wanita di masa kehamilan telah dilaporkan dapat menyebabkan gangguan pada system reproduksi berupa keguguran, kesakitan dan kematian janin. Logam berat Pb mempunyai efek racun terhadap gamet dan dapat menyebabkan cacat kromosom. Pada laki-

laki, efek Pb antara lain menurunkan jumlah sperma dan meningkatnya jumlah sperma abnormal⁽⁴⁾⁽²⁴⁾.

d. Pada Tulang

Pada tulang, ion Pb^{2+} logam ini mampu menggantikan keberadaan ion Ca^{2+} (kalsium) yang terdapat pada jaringan tulang⁽⁴⁾. Selama timbal masih terikat dalam tulang tidak akan menyebabkan gejala sakit pada penderita. Tetapi yang berbahaya adalah toksisitas timbal yang diakibatkan oleh gangguan absorpsi kalsium, dimana terjadinya desorpsi kalsium dari tulang menyebabkan terjadinya penarikan deposit timbal dari tulang. Pada diet yang mengandung rendah fosfat akan menyebabkan pembebasan timbal dari tulang ke dalam darah. Konsumsi makanan tinggi kalsium akan mengisolasi tubuh dari paparan Pb yang baru⁽⁴⁾⁽²⁵⁾.

5. Pengendalian Timbal (Pb)

Solusi untuk mengatasi polusi udara kota, terutama ditujukan pada pembenahan sektor transportasi dengan tanpa mengabaikan sektor-sektor lain, maka, tidak ada kata lain kecuali harus mau belajar dari kota-kota besar lain di dunia yang telah berhasil menurunkan polusi udara dan angka kesakitan serta kematian yang diakibatkan karenanya, antara lain⁽³⁾ :

- a. Dengan pembatasan izin bagi angkutan umum kecil, dengan memperbanyak kendaraan angkutan massal; seperti bus dan kereta api, diperbanyak.
- b. Kontrol terhadap jumlah kendaraan pribadi juga dapat dilakukan seiring dengan perbaikan pada sejumlah angkutan umum.
- c. Pembatasan usia kendaraan terutama bagi angkutan umum juga perlu mendapatkan pertimbangan secara khusus, mengingat, semakin tua kendaraan, apalagi yang kurang terawat, sangat berpotensi besar sebagai penyumbang polutan udara.
- d. Selaras dengan itu, pembangunan MRT, dan Electronic Road Pricing (ERP), juga mendesak untuk direalisasikan.

- e. Pengaturan lalu lintas, rambu-rambu, dan tindakan tegas terhadap pelanggaran berkendara benar-benar dapat diwujudkan,
- f. Uji emisi yang dilakukan secara berkala, serta penanaman pohon berdaun lebar di pinggir jalan, terutama yang lalu lintasnya padat, dapat juga mengurangi polusi udara.
- g. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), langkah pengendalian terakhir agar pajanan timbal tidak masuk ke dalam tubuh adalah dengan menggunakan APD. Dikarenakan karakteristik pajanan dari timbal adalah inhalasi, ingesti dan dermal, disarankan pekerja yang terpapar uap timbal menggunakan masker dan sarung tangan⁽²⁶⁾.

6. Nilai Ambang Batas Kadar Timbal (Pb)

Standar pemeriksaan kadar timah hitam pada spesimen biomarker manusia, pengukuran kadar timbal pada tubuh manusia dapat dilakukan melalui spesimen darah, urine, dan rambut. Berikut pengukuran nilai ambang batas kadar timbal, antara lain⁽²⁷⁾:

- a. Spesimen Darah

Nilai ambang batas kadar timbal dalam spesimen darah pada orang dewasa normal adalah 10-25 µg per desiliter.

- b. Spesimen Urine

Nilai ambang batas kadar timbal dalam spesimen urine adalah 150 µg/ml creatinine.

- c. Spesimen Rambut

Nilai ambang batas kadar timbal dalam spesimen rambut adalah 0,007-1,17 mg Pb/100gr Jaringan Basah⁽¹¹⁾.

B. Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Keberadaan Timbal (Pb) Pada Tubuh Manusia

Pekerja tambal ban yang selalu berada ditrotoar atau bahu jalan akan terpapar timbal yang berasal dari kendaraan dengan bahan bakar bensin bertimbal kemungkinan mendapatkan paparan dalam jumlah besar. Rambut merupakan jaringan yang berada di luar tubuh, sehingga rambut kontak

langsung dengan polusi udara⁽¹²⁾. Adapun faktor-faktor yang berhubungan dengan kadar timbal (Pb), antara lain :

1. Usia

Kandungan Pb dalam jaringan tubuh seseorang dipengaruhi oleh umur. Semakin tua umur seseorang akan semakin tinggi konsentrasi Pb yang terakumulasi pada jaringan tubuh⁽¹²⁾. Pada usia tua kepekaannya lebih tinggi dari rata-rata orang dewasa, hal tersebut diakibatkan oleh aktivitas enzim biotransformase berkurang dengan bertambahnya umur dan daya tahan organ tertentu berkurang terhadap efek timbal. Semakin tua umur seseorang, akan semakin tinggi jumlah timbal yang terakumulasi pada jaringan tubuh⁽¹¹⁾.

Semakin tua umur seseorang akan semakin tinggi pula konsentrasi Pb yang terakumulasi pada jaringan tubuhnya. Jenis jaringan juga turut mempengaruhi kadar Pb yang dikandung tubuh⁽¹¹⁾. Berdasarkan penelitian bahwa polisi lalu lintas yang berumur lebih dari 30 tahun mempunyai risiko 4,8 kali lebih tinggi untuk mempunyai kadar Pb yang lebih tinggi⁽²⁸⁾.

2. Masa Kerja

Masa kerja adalah lamanya seseorang bekerja dalam suatu perusahaan. Faktor yang mempengaruhi kadar timbal dalam darah tergantung pada lama masa kerja, dimana semakin lama masa kerja seseorang akan berpengaruh terhadap tingginya paparan timbal⁽²⁹⁾. Kadar Pb pada rambut sopir angkot yang masa kerjanya 5 tahun menunjukkan hasil paling rendah, sedangkan kadar Pb tertinggi diperoleh dari rambut sopir angkot dengan masa kerja 15 tahun⁽¹²⁾.

1. Lama Kerja

Seseorang yang bekerja pada lingkungan dengan pajanan timbal mempengaruhi jumlah konsentrasi timbal yang masuk ke dalam tubuh. Emisi gas buang kendaraan dengan bahan bakar bertimbal yang dihirup setiap harinya oleh seseorang saat berada di ruang terbuka sangat mendorong meningkatnya konsentrasi timbal dalam darahnya⁽³⁰⁾. Lama

pemaparan mempengaruhi kandungan timbal dalam darah, semakin lama pemaparan akan semakin tinggi kandungan timbal⁽²⁵⁾.

Berdasarkan penelitian pekerja yang memiliki kadar timbal (Pb) yang tidak normal (melebihi 10 µg/dL) banyak terdapat pada pekerja yang memiliki lama kerja lebih dari 8 jam sehari sebanyak 90,3 % daripada mereka yang memiliki lama kerja kurang dari 8 jam dalam sehari. Hal ini menunjukkan bahwa pekerja yang memiliki lama kerja lebih dari 8 jam memiliki resiko lebih besar terpapar timbal (Pb) sehingga kadar timbal dalam darahnya semakin tinggi⁽³¹⁾.

C. Analisis Timbal (Pb) Dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Analisis kadar logam berat seperti Pb, Cu, dan Cd dapat dilakukan dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Pemilihan metode Spektrofotometri Serapan Atom karena mempunyai sensitifitas tinggi, mudah, murah, sederhana, cepat, dan cuplikan yang dibutuhkan sedikit⁽³²⁾. Analisis menggunakan SSA juga lebih sensitif, spesifik untuk unsur yang ditentukan, dan dapat digunakan untuk penentuan kadar unsur yang konsentrasinya sangat kecil tanpa harus dipisahkan terlebih dahulu⁽³³⁾.

Spektrofotometri suatu metode analisis kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan banyaknya radiasi yang dihasilkan atau yang diserap oleh spesi atom atau molekul analit, merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas⁽³⁴⁾.

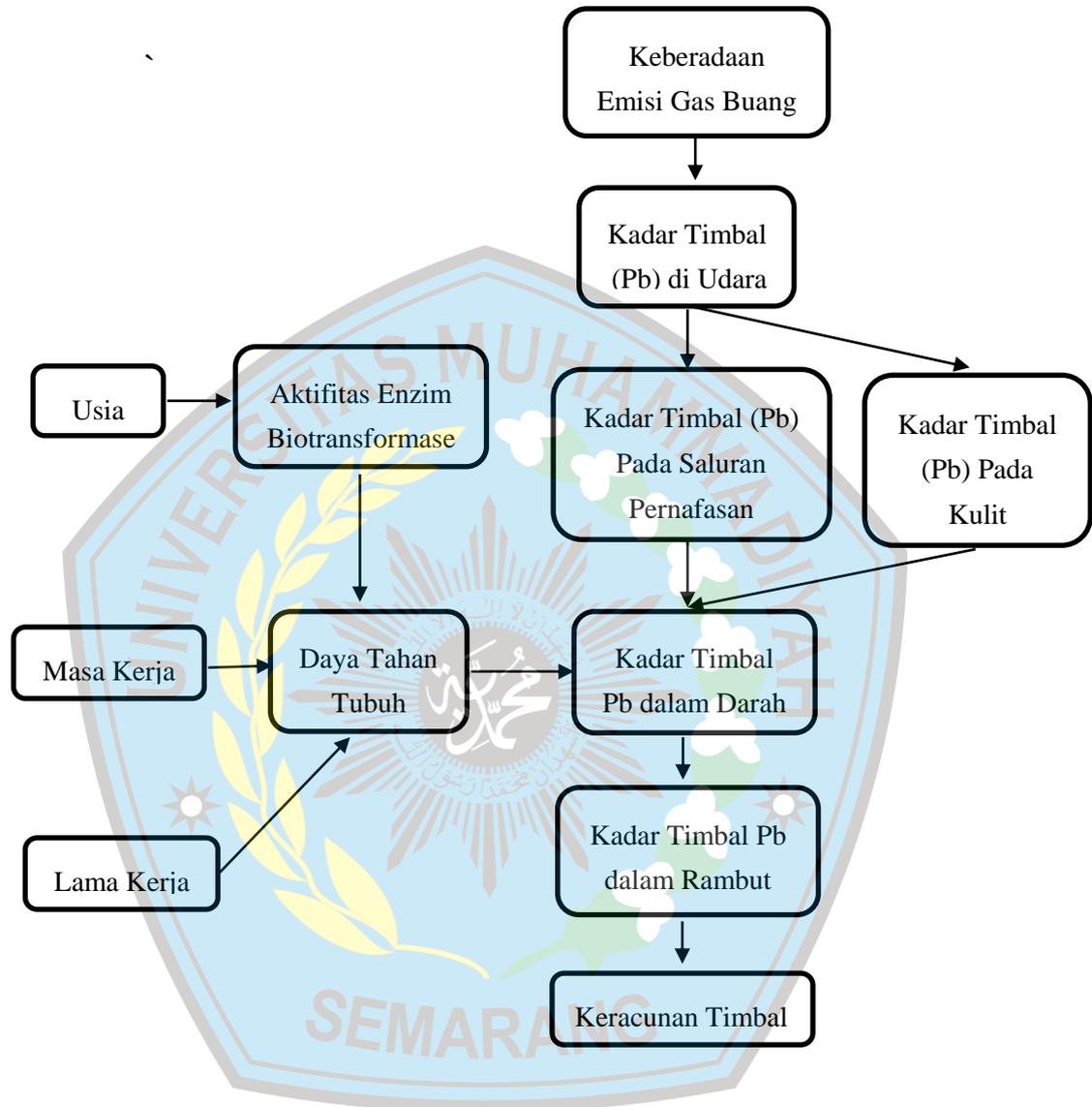
Spektrofotometri serapan atom untuk menentukan konsentrasi suatu unsur dalam suatu cuplikan yang didasarkan pada proses penyerapan radiasi sumber oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Proses penyerapan energi terjadi pada panjang gelombang yang spesifik dan karakteristik untuk tiap unsur. Banyaknya intensitas radiasi yang diserap sebanding dengan jumlah atom yang berada pada tingkat energi dasar yang menyerap energi radiasi tersebut. Dengan mengukur tingkat penyerapan radiasi (*absorbansi*) atau mengukur radiasi yang diteruskan (*transmitansi*), maka konsentrasi unsur di dalam cuplikan dapat ditentukan. Hubungan

kuantitatif antara intensitas radiasi yang diserap dan konsentrasi unsur yang ada dalam larutan cuplikan menjadi dasar pemakaian SSA untuk analisis unsur-unsur logam⁽³⁵⁾.

Kadar timbal (Pb) dalam rambut manusia dapat diukur dengan menggunakan metode analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Metode ini digunakan karena mempunyai kepekaan yang sangat tinggi sehingga mampu mendeteksi adanya logam berat seperti timbal (Pb) dalam kadar kecil⁽¹³⁾.

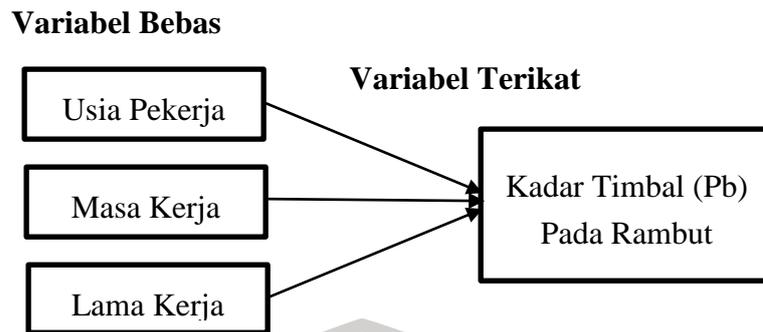


D. Kerangka Teori



Gambar 2.2 Kerangka Teori ⁽¹⁴⁾ ⁽²¹⁾

E. Kerangka Konsep



Gambar 2.3 Kerangka Konsep

F. Hipotesis

1. Ada hubungan antara usia pekerja dengan kadar timbal (Pb) pada rambut pekerja tambal ban.
2. Ada hubungan antara masa kerja dengan kadar timbal (Pb) pada rambut pekerja tambal ban.
3. Ada hubungan antara lama kerja dengan kadar timbal (Pb) pada rambut pekerja tambal ban.