

## Paparan timbal dalam urin remaja pada kejadian gangguan sistem saraf dan keseimbangan di kecamatan Curug

Dhia Syarifa Levanta<sup>1</sup>, Izza Hananingtyas<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Departemen Kesehatan Lingkungan, Program Studi Kesehatan Masyarakat, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.

\* Korespondensi: [dhia.syarifa@gmail.com](mailto:dhia.syarifa@gmail.com)

Tanggal Diterima: 27 Juni 2023

Tanggal Revisi: 30 Juli 2023

Tanggal Terbit: 30 Juli 2023

### Abstract

*In the production process, there are several industries that use Pb in their production process, one of which is in the battery smelting process. The explanation is that the source of Pb pollution in Kec. Curug comes from battery recycling industry activities. One of the groups in society that are at risk of being affected is early adolescence which at that age is a period of rapid growth and development, both physically, psychologically, and intellectually. Pb accumulation in body tissues, especially in the nerves will cause disturbances in the nervous system both structurally and functionally. It is known that it affects different parts of the brain, one of which is the cerebellum which has the function of coordinating adjustments quickly and automatically by maintaining body balance. The population of this study was 92 early adolescents in two high schools in Permata, Kec. Waterfall with a sample of 52 people. Examination of balance disorders is done with the Romberg test. This study used a cross-sectional study design with this type of observational research. In conclusion, (92.3%) early teens' urine contains Lead (Pb) is still below the specified Threshold Value (<50 µg/L). The emergence of complaints of the central nervous system and balance disorder in early teens can be caused by other factors.*

**Keywords:** balance disorder; blood lead level; lead exposure; nervous system disorder

### Cite This Article:

Levanta, D. S., & Hananingtyas, I. (2023). Paparan timbal dalam urin remaja pada kejadian gangguan sistem saraf dan keseimbangan di kecamatan Curug. *Public Health Risk Assessment Journal*, 1(1), 38-55. <https://doi.org/10.61511/phraj.v1i1.2023.221>



Copyright: © 2023 by the authors.  
Submitted for possible open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

### Abstrak

Timbal pada proses produksi, terdapat beberapa industri yang menggunakan Pb dalam proses produksinya salah satunya dalam proses smelting aki. Diketahui bahwa sumber pencemaran Pb di Kec. Curug berasal dari kegiatan industri daur ulang baterai aki. Salah satu kelompok masyarakat yang beresiko terkena dampaknya adalah remaja awal yang pada usia tersebut merupakan periode terjadinya pertumbuhan dan perkembangan yang pesat, baik secara fisik, psikologis maupun intelektual. Semakin tingginya konsentrasi Pb di tubuh, terutama di saraf secara fungsional maupun struktural dapat menurunkan fungsinya. Bagian otak dapat dipengaruhi oleh Pb salah satunya adalah otak kecil yang dapat mengganggu kinerja keseimbangan dan koordinasi tubuh. Populasi dari penelitian ini adalah 92 remaja awal di dua sekolah menengah permata Kec. Curug sebanyak sampel 52 anak. Romberg Test digunakan untuk memeriksa gangguan keseimbangan. Penelitian secara pengamatan dengan studi potong lintang. Dapat disimpulkan bahwa sebagian besar hasil kandungan Timbal (Pb) pada urin remaja awal (92,3%) masih di bawah Nilai Ambang Batas yang ditentukan (<50 µg/L). Munculnya keluhan susunan saraf pusat dan gangguan keseimbangan pada remaja awal dapat disebabkan oleh faktor lain.

**Kata kunci:** gangguan saraf; gangguan keseimbangan; kadar timbal urin; paparan timbal

## 1. Pendahuluan

Keseimbangan adalah kemampuan untuk mempertahankan pusat gravitasi pada bidang tumpu terutama ketika saat posisi tegak (O' Sullivan dalam Irfan, 2012). Sistem muskuloskeletal serta bidang tumpu dilibatkan oleh keseimbangan pada gerakan tubuh manusia. Keseimbangan dihasilkan oleh interaksi yang kompleks dari integrasi sistem sensorik (vestibular, visual, dan somatosensorik termasuk proprioceptor) dan muskuloskeletal (otot, sendi, dan jaringan lunak lain) yang dimodifikasi atau diatur dalam otak (kontrol motorik, sensorik, basal ganglia, cerebellum, area asosiasi sebagai respon terhadap perubahan kondisi internal dan eksternal (Mekayanti, 2015).

Menurut (Rea dan Kilburn, 2012) dari *the American Environmental Health Foundation* neurotoksisitas adalah kerusakan pada otak dan atau sistem saraf perifer diluar tulang tengkorak oleh bahan kimia beracun atau bersifat toksik. Otak sebagai master pengendali tubuh, sehingga efek utamanya itu mempengaruhi banyak fungsi tubuh. Gejala untuk toksisitas otak adalah kehilangan memori jangka pendek, kehilangan sirkulasi, ketidakseimbangan, dan gejala mirip flu. Bahan kimia yang dapat menyebabkan neurotoksisitas termasuk pelarut organik, insektisida, timbal, merkuri, kadmium, klorin, fenol dan lainnya.

Jika keseimbangan tubuh tidak baik, maka ketidakmampuan untuk menyeimbangkan massa tubuh dengan bidang tumpu akan membuat manusia tidak mampu untuk beraktivitas secara efektif dan efisien. Keseimbangan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti usia, motivasi, kondisi, lingkungan, kelelahan, pengaruh obat dan pengalaman terdahulu (Mekayanti, 2015). Salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh adalah toksisitas dari zat yang berada pada lingkungan. Pencemaran udara merupakan masalah lingkungan yang dihadapi hampir di seluruh dunia. Berdasarkan data WHO menunjukkan bahwa 92% masyarakat dunia tinggal di daerah yang memiliki tingkat pencemaran udara yang melebihi ambang batas yang telah ditetapkan oleh WHO. Pencemaran udara sebagian besar dapat berasal dari polusi kendaraan bermotor dan hasil kegiatan industri. Gas pada bahan bakar yang tidak terurai dengan sempurna akan menjadi polusi yang berbahaya bagi manusia yaitu logam berat Timbal {Pb}

Timbal ditemukan pada tingkat rendah di kerak bumi, terutama sebagai timbal sulfida. Namun, kemunculan timbal yang tersebar luas di lingkungan sebagian besar merupakan hasil dari aktivitas manusia, seperti penambangan, peleburan, pemurnian dan daur ulang timah secara informal, penggunaan bensin bertimbal (bensin); produksi baterai dan cat timbal-asam; pembuatan perhiasan, penyolderan, keramik dan pembuatan kaca bertimbal di industri informal dan industri rumahan; limbah elektronik dan digunakan dalam pipa air dan solder (WHO, 2010). Sumber timbal lain di lingkungan termasuk kegiatan alam, seperti aktivitas gunung berapi, pelapukan geokimia dan emisi semprotan laut, dan remobilisasi sumber-sumber bersejarah, seperti timbal dalam tanah, sedimen dan air dari area pertambangan. Beberapa industri yang menggunakan Pb dalam produksinya adalah industri kimia yang menggunakan bahan pewarna, industri pengecoran maupun pemurnian, industri baterai seperti dalam proses smelting aki (Sudarmaji, 2006).

Berdasarkan hasil pengukuran timbal pada udara ambient di beberapa kota di Indonesia menunjukkan konsentrasi Pb udara ambient berkisar 0,2- 2664,2ng/Nm<sup>3</sup> . Konsentrasi timbal di udara paling tinggi ditemukan di Surabaya, yaitu 2664 ng/Nm<sup>3</sup> dan Serpong-Tangerang, yaitu 2045 ng/Nm<sup>3</sup> . Jumlah tersebut telah melebihi baku mutu Pb dalam Peraturan Pemerintah No.41/1999 tentang Pengendalian dan Pencemaran Udara, yaitu 2ug/Nm<sup>3</sup> atau 2000ng/Nm<sup>3</sup> pada pengukuran 24 jam (PPRI, 1999). Diketahui bahwa sumber pencemaran Pb berasal dari kegiatan industri daur ulang baterai aki (KEMENLH, 2011). Konsentrasi Pb yang terukur di daerah Curug adalah berkisar 0.13 - 0.47 µg/m<sup>3</sup> dengan rata-rata 0.29 µg/m<sup>3</sup>.

Pb masuk ke tubuh melalui jalur dan akan melakukan eksresi secara lambat. Waktu paruh Pb di pada darah yakni berkisar 25 hari, pada tulang 25 tahun serta jaringan lunak

40 hari. Gangguan sistem saraf secara fungsional maupun structural dapat disebabkan oleh keberadaab kadar timbal dalam tubuh. Bagian sistem saraf pusat pada manusia yaitu otak besar, otak kecil, yang menjadi pengaruh besae oleh paparan timbal (Marianti, 2015). Pengkoordinasian secara otomatis dan keseimbangan pada tubuh yakni merupakan fungsi dari otak kecil (Muttaqin, 2008). Menjaga sikap tubuh, keseimbangan, kontraksi, dan kekuatan merupakan fungsi kinerja dari otak kecil manusia (Price, 1996). Dua jalur utama paparan timbal adalah melalui pernapasan dan makanan. Diperkirakan hampir 20% beban timbal dalam tubuh berasal dari pernapasan (Cope, 2004).

Bhattacharya *et al.*, (1990) melaporkan hasil dari anak-anak kota terdalam yang terpapar dengan kadar timbal lingkungan yang rendah. Penelitian lain dilakukan pada anak-anak yang berada di lokasi pabrik peleburan timah. Karena dekat dengan sumber timbal, anak-anak ini memiliki beban timbal darah tinggi (PbB) (Bhattacharya *et al.*, 1990). Di Indonesia sendiri hasil penelitian oleh Leksono menyebutkan dari 37 responden yang memiliki kadar timbal dalam darah >100 mg/100ml, 30.8% respondennya mengalami gangguan keseimbangan. Penelitian (Nabila *et. al.*, 2016) juga menyebutkan bahwa pekerja yang memiliki kadar timbal darah lebih dari 40 µg/dl mempunyai risiko sebanyak >2 kali lebih besar untuk terganggu keseimbangan tubuhnya dibandingkan nilai kadar timbal dalam darah < atau= 40 µg/dl.

Pada remaja awal usia 12 sampai 16 tahun, kadar timbal dalam tubuh juga menjadi *concern* yang penting karena pada usia tersebut merupakan periode terjadinya pertumbuhan dan perkembangan yang pesat, baik secara fisik, psikologis maupun intelektual. Timbal juga mempengaruhi tingkat intelegensi dan kognitif remaja. Studi menunjukkan bahwa untuk setiap 10 µg/dL kadar timbal dalam darah, IQ berkurang 1-3 poin (Wang, 2012). Dari hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan, didapatkan kadar 5 timbal dalam urin antara 10.20 µg/L - 16.6 µg/L. Ditemukan pula terdapat anak yang memiliki gangguan keseimbangan sebesar 20% dari total sample studi pendahuluan yang dilakukan. Sehingga berdasarkan hasil studi pendahuluan, dilakukan penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui dampak hubungan kadar timbal dalam urin dan karakteristik individu (usia, jenis kelamin, status gizi dan kelelahan) dengan gangguan keseimbangan pada remaja awal di kawasan sekitar daur ulang baterai aki di Kecamatan Curug, Kabupaten Tangerang.

## 2. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian analitik dengan desain studi *cross sectional*. Desain studi *cross sectional* adalah penelitian yang pengumpulan datanya hanya dilakukan pada satu titik waktu, fenomena yang diteliti adalah selama satu periode pengumpulan data (Swarjana, 2012). Desain ini dipilih karena pengukuran variabel-variabelnya hanya dilakukan satu kali. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah gangguan keseimbangan tubuh. Variabel independen yang diteliti pada penelitian ini adalah kadar timbal dalam urin, usia, kelelahan, pengaruh obat. Penelitian variabel dependen dan independen dilakukan secara bersama-sama. Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2019 - Juni 2019 di Yayasan Sekolah X Kecamatan Curug, Kabupaten Tangerang

Populasi adalah target dimana peneliti menghasilkan hasil penelitian (Swarjana, 2012). Sekolah yang dipilih dalam penelitian ini adalah Sekolah Menengah Pertama yang berjarak ≤ 3 Km dari pabrik peleburan aki terdapat di Kelurahan Kadu. Karena semakin jauh jarak tempat dari titik cemaran timbal, semakin kecil pula konsentrasi cemarannya. Studi telah dilaksanakan oleh (Gusnita, 2012) bahwasannya jarak berpengaruh dengan populasi yang terpaapr oleh timbal, dengan semakin jauh oleh sumbernya, maka akan semakin rendah konsentrasi kadar timbal dan begitu sebaliknya. Selain itu pada studi (Hidayat dan Fauzi, 2019) disebutkan bahwa kondisi topografi keadaan di sekitar kawasan industri aki curug tidak dijumpai adanya perbukitan yang mengakibatkan arah angin cenderung searah, yaitu dominan ke arah utara dan arah barat. Sekolah yang dipilih sebagai tempat penelitian

berada diarah barat pabrik aki, yaitu SMP Islam A dan SMP B Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa siswi kelas 7 dan 8 dikedua sekolah tersebut yang berjumlah 92 siswa. Siswa kelas 9 tidak dimasukkan menjadi populasi karena telah melaksanakan Ujian Nasional sehingga tidak belajar di sekolah secara efektif.

Sampel adalah bagian dari elemen populasi yang dihasilkan dari strategi sampling, sampel idealnya mewakili populasi (Swarjana, 2012). Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling*. Sampel yang memenuhi kriteria yang telah ditentukan oleh peneliti sebagai berikut:

Tabel. 1 Jarak Sekolah dengan Sumber Pencemar Timbal

Nama SMP	Jarak (km)
SMP A	0.8 km
SMP B	0.48 km

Sumber: <http://googlemaps.com>

Kriteria inklusi dalam penelitian ini adalah berusia  $\geq 12$  tahun . Kriteria eksklusi dalam penelitian ini adalah mempunyai riwayat penyakit yang berhubungan dengan saraf seperti vertigo, atau riwayat anemia, sedang mengkonsumsi obat-obatan yang memberikan efek samping nefrotoksik (gentamicin, amikacin, neomycin, streptomycin, tobramycin). Berdasarkan perhitungan sampel responden dalam penelitian ini total sampel yang dibutuhkan sebanyak 52 siswa/i. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling*. Untuk menentukan besarnya sampel pada setiap kelas dilakukan dengan alokasi proporsional agar sampel yang diambil lebih proporsional dengan cara: Jumlah sampel tiap kelas= Jumlah sampel . Jumlah populasi x jumlah tiap kelas. Sehingga didapatkan jumlah sampel yang diambil di SMP A sebanyak 32 orang dan SMP B 20 orang

Sumber data yang digunakan merupakan data diambil sendiri oleh peneliti dan data yang dicari melalui artikel ilmiah. Data utama pada studi ini didapatkan dengan menggunakan kuisisioner untuk mengetahui karakteristik individu yang berhubungan dengan gangguan keseimbangan. Romberg test untuk mengetahui gangguan keseimbangan dan pengujian laboratorium untuk mengetahui kadar timbal pada urin. Data sekunder berupa jumlah populasi diperoleh dari masing-masing sekolah.

Analisis data dilakukan setelah melewati tahap pengolahan data menjadi informasi. Pengolah data dilakukan dengan menggunakan software SPSS. Informasi yang diperoleh digunakan untuk proses pengambilan keputusan. Langkah-langkah dalam pengolahan data yaitu editing adalah pemeriksaan kembali data yang telah terkumpul untuk dapat diolah dengan baik. Kegiatan didalamnya meliputi kelengkapan data, kesinambungan data dan keseragaman data. Coding pengkodean data merupakan kegiatan mengklasifikasi data dan memberi kode untuk masing-masing kelas sesuai dengan tujuan dikumpulkannya data. Pemberian kode ini sangat penting dalam pengolahan dan analisis data menggunakan komputer. Entri data merupakan kegiatan memasukkan data yang telah dikumpulkan kedalam software statistik dan cleaning data

Instrumen dalam penelitian ini adalah kuisisioner, kuisisioner SPK (Skala Pengukur Kelelahan), Romberg Test serta *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)*. Kuisisioner digunakan untuk mengetahui status kelelahan siswa, keluhan gangguan saraf untuk mendukung Romberg Test. Instrument untuk mengukur keseimbangan adalah serangkaian . Test Romberg berdasarkan standar NIOSH No. 7303, berikut SOP Laboratorium Kesehatan Daerah DKI Jakarta PP.16.9-Toksik/17025/Labkesda dengan teknik pengambilan timbal dalam urin adalah dengan alat dan bahan yaitu wadah urin berbahan dasar polyethylene, Hand Gloves, Cool box, Ice pack , ICP-OES (*inductively coupled plasma optical emission spectrometry*), Hotplate, Peralatan gelas, HNO<sub>3</sub> pekat, Aqua Milli-Q. Pengambilan sampel urin dilakukan dengan cara pengumpulan urin dilakukan pada

pagi hari sebanyak 50-100 ml, masing-masing responden diberikan botol urin 100 ml dan diarahkan untuk membuang urin pada botol yang telah disediakan, petugas kemudian mengambil botol urin yang telah terisi oleh urin menggunakan hand gloves untuk kemudian disimpan di dalam *cool box*.

Pengiriman sampel dilakukan setelah specimen urin terkumpul, masukkan wadah sampel ke dalam *cool box* sebagai pengawet sementara. Mengatur wadah sampel di dalam *cool box* agar tidak mudah terbalik atau tumpah. Pengiriman harus segera dilakukan ke laboratorium. Pengiriman dilakukan menggunakan kendaraan mobil dan memakan waktu 1.5 – 2 jam untuk mencapai lab dari tempat penelitian. Analisa sampel dilakukan dengan cara dipipet 5 ml urin, kemudian masukkan ke dalam tabung reaksi, ditambahkan 1 ml HNO<sub>3</sub> pekat (65%), destruksi sampel urin dengan cara sampel dipanaskan di hotplate suhu 150 derajat celsius selama 30 menit, didinginkan, kemudian tambahkan 4 ml aqua Milli-Q

Tata cara melakukan Romberg Test dilakukan (Lumbantobing, 2014) yaitu dengan mata yang terbuka dan berdiri pada kesua kaki dan akan dicatat jika ada kemungkinan untuk terjatuh diiringi dengan menutup mata. Hal tersebut dilakukan dengan selang waktu 20-30 menit kemudian pasien juga perlu dipantau seberapa berat goyongannya jika goyongannya pada pergelangan kaki seluruh tubuh atau dari pinggul. Nilai positif pada Tes Romberg dapat dinyatakan jika ketidakseimbangan yang signifikan atau ketidakseimbangan yang signifikan pada saat matya tertutup atau semakin buruk keadannya pada saat tertutup matanya. Nilai dari hasil Tes Romberg yaitu; 1. Positif= saat tutup mata terjatuh, 2. Negatif= Saat tutup mata tidak jatuh. Pengujian keseimbangan diberi skor positif / negatif. Jika pada permulaan terjadi ayunan beberapa kali masih dianggap wajar/normal. Kegagalan tes (positif) dikatakan jika subjek; 1) perlu membuka mata mereka, 2) menggerakkan lengan atau kaki mereka untuk mencapai stabilitas, atau 3) mulai jatuh atau membutuhkan intervensi operator (dokter) untuk menjaga keseimbangan dalam interval 30 detik. Setiap subjek yang gagal dalam test mempunyai satu kali kesempatan untuk test ulang untuk lulus. Analisa data yang akan digunakan pada penelitian ini menggunakan analisis univariat

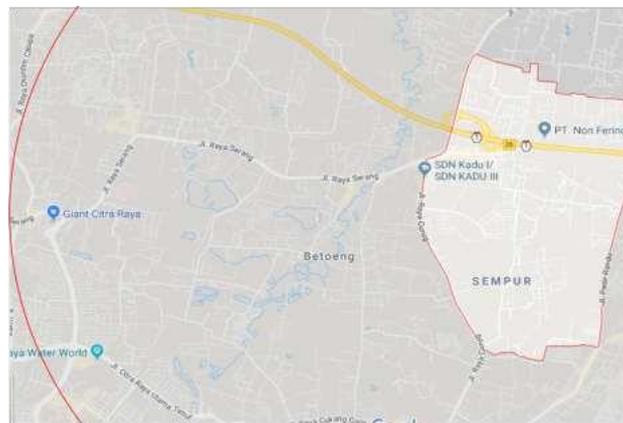
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Penelitian mengambil tempat di dua Sekolah Menengah Pertama di Desa Kadu, Kecamatan Curug. Obyek penelitian ini adalah siswa SMP A yang terletak di kawasan Pasir Randu, RT 007/02, Kadu, Kecamatan Curug, Kabupaten Tangerang. yang berjarak ± 850 m dari pabrik aki. Selanjutnya sekolah kedua yaitu SMP B berada di Kampung Kadu RT 003/001 Desa Kadu Kecamatan Curug, Kabupaten Tangerang. Sekolah Menengah Pertama tersebut berada di kawasan industri Manis Jaya, Tangerang. Sekolah ini berdiri sejak tahun 2008 dan saat ini hanya memiliki dua kelas dengan jumlah siswa sebanyak 28 siswa. Pabrik daur ulang aki bekas berjarak ± 450 m dari SMP tersebut.



Gambar 1. Peta Jarak Sekolah dengan Sumber Pencemar Timbal  
(Sumber: googlemaps.com)



**Keterangan:**

- : Buffer 280 m dan 7.5 km
- : Sumber pencemar timbal

Gambar 2. Peta Radius Jarak Rumah Responden dengan Sumber Pencemar Timbal  
(Sumber: googlemaps.com)

### 3.2. Keterbatasan Penelitian

Terdapat beberapa keterbatasan dalam penelitian ini, yaitu: Kadar Pb dalam urin tidak dapat merefleksikan dengan akurat paparan seumur hidup Pb di tubuh (Min *et al.*, 2012). Namun pengukuran Pb dalam urin umum digunakan dalam penelitian. Dikarenakan Sekitar 75-80% timbal dalam tubuh diekskresi melalui urin. Selain itu pengambilan urin telah dilakukan sesuai dengan SOP yang ditetapkan. Romberg Test, bukan merupakan cara yang sensitif untuk mendiagnosis disfungsi vestibular yang relevan secara klinis. Namun, tes ini biasanya digunakan sebagai instrumen skrining standar dalam penilaian keseimbangan baik pada pengaturan klinis dan penelitian (Dobie dalam (Min *et al.*, 2012)). Oleh karena itu romberg tes didukung dengan kuesioner keluhan gangguan sistem saraf untuk mengetahui apakah gangguan keseimbangan benar-benar berasal dari saraf

### 3.3. Analisis Univariat

Tabel 1. Distribusi Kadar Timbal Urin

Timbal	Rata-rata	Nilai Tengah	Standar Deviasi	Nilai Minimum	Nilai Maximum
Timbal dalam Urin	28.877	27.7	13.498	4.3	76.2

(Sumber: Data Primer, 2018)

Dalam hasil perhitungan analisis ditemukan timbal urin pada remaja awal dengan rata-rata adalah 28.354  $\mu\text{g/L}$ , median 27.1  $\mu\text{g/L}$ , nilai SD 13.9533. Pb pada urin remaja terendah yaitu 4.3  $\mu\text{g/L}$  dan tertinggi 76.2  $\mu\text{g/L}$ . Nilai perkiraan dalam interval dapat dinyatakan bahwa sebesar 95% dikuatkan merupakan rata-rata pada nilai kadar timbal urin 24.469 - 32.238.

Tabel 2. Kadar Timbal Urin di Kuartil

No.	Kuartil	Lead Level	Frequency	%
1	Q1	4.3 - 20.8	15	25
2	Q2	20.9 - 28	13	23.08
3	Q3	28.1 - 35	12	51.92
		35.1 - 76.2		
4	Q4		12	
			52	100

(Sumber: Data Primer, 2018)

Berdasarkan Tabel 2, diketahui bahwa remaja awal yang mengalami keluhan gangguan sistem saraf sebanyak 27 siswa (51.9%) sedangkan remaja awal yang tidak mengalami keluhan gangguan sistem saraf sebanyak 25 siswa (48.1%).

Tabel 3. Keluhan Sistem Syaraf

No.	Kategori	Frekuensi	%
1	Ada Keluhan	27	51.9
2	Tidak Ada Keluhan	25	48.1
		52	100

(Sumber: Data Primer, 2018)

Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa remaja awal yang mengalami keluhan gangguan sistem saraf sebanyak 27 siswa (51.9%) sedangkan remaja awal yang tidak mengalami keluhan gangguan sistem saraf sebanyak 25 siswa (48.1%).

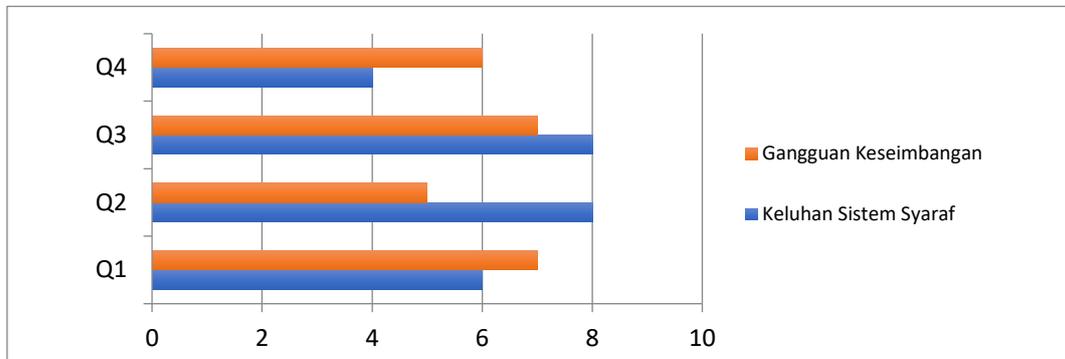
Tabel 4. Gangguan Keseimbangan

No.	Kategori	Frequency	%
1	Positif	25	48.1
2	Negatif	27	51.9
			100

(Sumber: Data Primer, 2018)

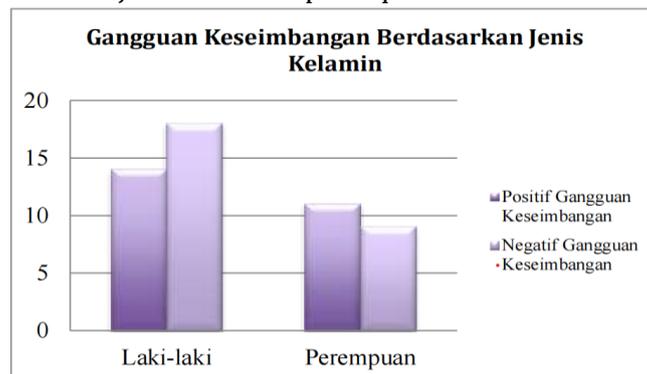
Berdasarkan Tabel 4, diketahui bahwa remaja awal yang positif mengalami gangguan keseimbangan sebanyak 25 siswa (46.15%) sedangkan remaja awal yang negatif mengalami gangguan keseimbangan sebanyak 27 siswa (53.85%).

Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan bahwa 24 orang (46.15 %) dari 52 remaja awal mengalami gangguan keseimbangan, dimana romberg test mereka menunjukkan hasil positif (gangguan keseimbangan). Hasil ini didukung dengan kuesioner keluhan gangguan sistem saraf dengan hasil uji statistik 12 dari 25 orang yang mengalami gangguan keseimbangan mempunyai keluhan gangguan sistem saraf.

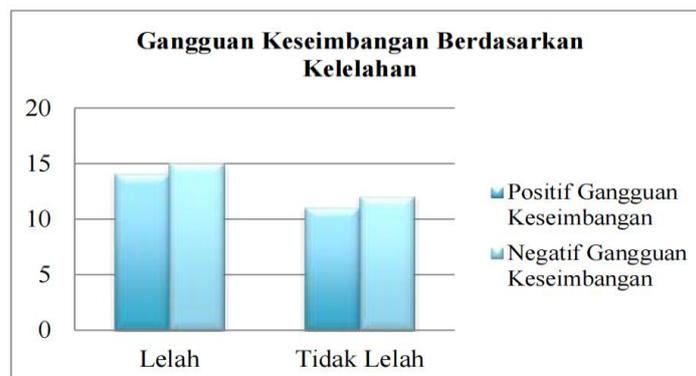


Grafik 1 Perbandingan Gangguan Keseimbangan dengan Keluhan Sistem Syaraf (Sumber: Data Primer, 2018)

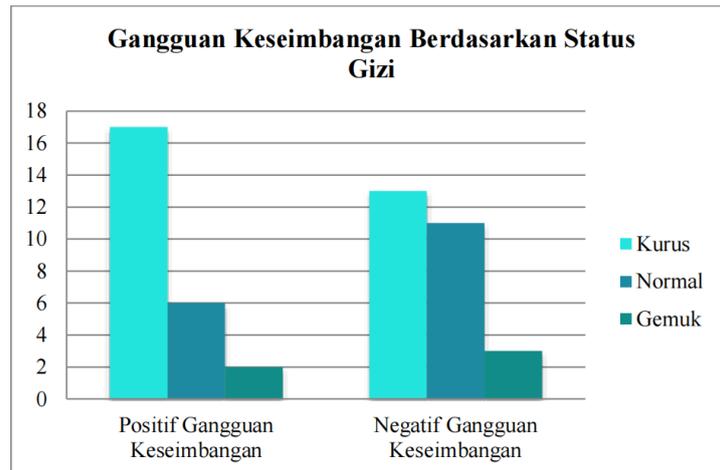
Pada Grafik 1, gangguan keseimbangan dan keluhan gangguan sistem saraf mempunyai arah grafik yang cenderung beriringan yakni terdapat penurunan frekuensi pada nilai quartile 2 dan lonjakan frekuensi pada quartile 3.



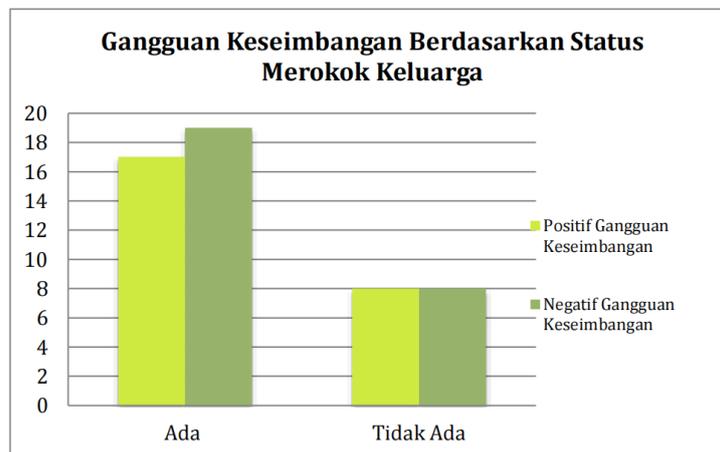
Grafik 2. Distribusi Gangguan Keseimbangan Berdasarkan Jenis Kelamin Remaja Awal Kec. Curug Tahun 2019 (Sumber: Data Primer, 2018)



Grafik 3. Distribusi Gangguan Keseimbangan Berdasarkan Kelelahan Remaja Awal Kec. Curug Tahun 2019 (Sumber: Data Primer, 2018)



Grafik 4. Distribusi Gangguan Keseimbangan Berdasarkan Status Gizi Remaja Awal Kec. Curug Tahun 2019  
(Sumber: Data Primer, 2018)



Grafik 5. Distribusi Gangguan Keseimbangan Berdasarkan Status Merokok Keluarga Kec. Curug Tahun 2019  
(Sumber: Data Primer, 2018)

### 3.4. Gangguan Keseimbangan

Gangguan keseimbangan adalah suatu kondisi yang membuat penderita merasa tidak stabil atau pusing. Jika berdiri, duduk, atau berbaring, mungkin merasa seolah sedang bergerak, berputar, atau mengambang. Jika berjalan, ada perasaan tiba-tiba merasa seolah-olah Anda terbalik (NIDCD, 2017). Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan bahwa 24 orang (46.15%) dari 52 remaja awal mengalami gangguan keseimbangan, dimana romberg test mereka menunjukkan hasil positif (gangguan keseimbangan). Kejadian gangguan keseimbangan pada remaja awal di Kecamatan Curug ini terjadi dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu diantaranya lama tinggal yang menyebabkan terpajan zat polutan Pb, kelelahan, status gizi dan status merokok keluarga. Menurut (Tarigan, 2003) gangguan kesehatan dan berbagai penyakit dapat terjangkit dengan lamanya setahun oleh paparan timbal. Penyebab lain masalah keseimbangan termasuk obat-obatan, infeksi telinga, cedera kepala, atau apa pun yang mempengaruhi telinga bagian dalam atau otak. Pada penelitian ini, sampel merupakan orang yang tidak dalam pengaruh obat untuk menghindari terjadinya bias. Tekanan darah rendah juga dapat menyebabkan pusing ketika berdiri terlalu cepat (NCBI, 2007). Kerap kali gangguan keseimbangan dialami secara tiba-tiba dan

tanpa penyebab yang jelas (NIDCD, 2017). Diagnosis masalah gangguan keseimbangan merupakan hal yang tidak mudah untuk dilakukan, dikarenakan kompleksnya sistem vestibular, sehingga diperlukan beberapa tes untuk mengevaluasi penyebab masalah keseimbangan tiap individu. Untuk mengetahui dengan pasti apakah seseorang memiliki masalah keseimbangan, diperlukan diagnosis lebih lanjut dari dokter spesialis THT maupun dokter spesialis audiologist (NIDCD, 2017). Menurut penelitian Santcawarti, et al. (2016) adanya gejala dari gangguan keseimbangan oleh pekerja di Semarang di lini industry cat yaitu kelelahan, susah konsentrasi, dan pusing, maka paapran timbal tersebut mempengaruhi sistem keseimbangan para pekerja di industry pengecatan. Penanggulangan masalah gangguan keseimbangan dapat dilakukan dengan cara istirahat yang cukup untuk meminimalisir kelelahan, penggunaan APD seperti masker saat keluar rumah untuk mengurangi paparan polutan Pb dimana dapat mengurangi resiko gangguan keseimbangan.

### 3.5. Gangguan Keseimbangan Berdasarkan Kadar Timbal dalam Urin

Timbal (Pb) adalah logam berat yang terdapat secara alami di dalam kerak bumi. Timbal (Pb) adalah salah satu bahan pencemar utama saat ini di lingkungan. Timbal berasal dari hasil pembakaran yang tidak sempurna (WHO, 2010b). Terdapat industri pembakaran aki di Kecamatan Curug yang berada ditengah pemukiman masyarakat. Timbal merupakan bahan dasar dalam proses pembuatan aki yang berfungsi untuk penggerak kendaraan bermotor. Risiko yang tinggi oleh Masyarakat yang terpapar pembakaran industri yaitu siswa yang sekolahnya berjarak tidak jauh dari pabrik aki tersebut.

Pengujian laboratorium menunjukkan rata-rata kadar nilai timbal dalam urin siswa sebesar 28.877  $\mu\text{g/L}$ , dengan median 27.1  $\mu\text{g/L}$ , standar deviasi 13.9533 dengan kadar timbal urin terendah sebesar 4.4  $\mu\text{g/L}$  dan tertinggi sebesar 76.2  $\mu\text{g/L}$ . Pada grafik 5.3, remaja awal yang positif gangguan keseimbangan mempunyai kecenderungan kadar timbal urin lebih tinggi daripada kadar timbal urin remaja awal yang negatif gangguan keseimbangan. Para siswa yang masih berusia remaja awal mayoritas berada lama di sekolah. Waktu paruh Pb timbal yakni pada tulang mencapai 25 tahun, pada jaringan lunak sebanyak 40 hari, serta dalam darah selama 25 hari.

Tingginya konsentrasi timbal dalam tubuh manusia dapat mengganggu sistem saraf baik pada sistem saraf pusat yaitu otak kecil dan otak besar (Marianti, 2015). Dari hasil pemeriksaan urin tersebut, terdapat empat remaja awal yang memiliki kadar timbal urin diatas ambang batas yang ditetapkan oleh (ACGIH, 2001) yaitu sebesar 50  $\mu\text{g/L}$ . Sebanyak 4 remaja awal (7.7 %) yang memiliki kadar timbal diatas normal 2 diantaranya positif gangguan keseimbangan. Berdasarkan data yang diperoleh, 4 remaja tersebut mempunyai lama tinggal diatas 13 tahun.

Hal ini menunjukkan bahwa lama tinggal diatas 13 tahun rawan tercemar unsur beracun timbal yang dikeluarkan oleh emisi gas buangan pabrik pembakaran aki. Tingginya konsentrasi timbal pada urin juga disebabkan oleh durasi tinggal siswa dalam Curug. Penelitian oleh (Papuling, 2011) faktor tingginya kadar timbal dapat disebabkan oleh tingginya kegiatan atau terdapat industry yang menghasilkan polutan timbal disekitar lingkungan. Begitupun menurut (Suciani, 2017) gangguan dikarenakan timbal dapat muncul setelah setahun terpapar. Untuk memastikan bahwa gangguan keseimbangan yang dialami remaja awal berasal gangguan sistem saraf, responden diwawancarai kuesioner seputar keluhan sistem saraf. Hasil uji statistik menunjukkan 12 dari 25 (48%) orang yang mengalami gangguan keseimbangan mempunyai keluhan gangguan sistem saraf. Pada anak-anak, kadar timbal dalam darah setinggi 1-3  $\mu\text{g/dL}$  dikaitkan dengan toksisitas neurobehavioural subklinis (Canfield et al., 2003).

Gangguan neurobehavioural ini mengakibatkan perubahan pada memori, *attention*, *mood*, disorientasi, penyimpangan berfikir, serta perubahan somatik, sensorik, dan fungsi kognitif sebagai efek neurotoksik akibat paparan neurotoksikan (Boyes dalam Dhamayanti, 2018). Dengan rata-rata kadar Pb urin remaja awal sebesar 28.877  $\mu\text{g/L}$  atau sebesar 2.88

µg/dL, efek gangguan kesehatan kemungkinan belum sampai pada gangguan keseimbangan, namun sebatas gangguan neurobehavioural. Hal ini didukung oleh hasil kuesioner keluhan gangguan saraf yang peneliti ambil yakni sebanyak (51.9 %) remaja awal mengalami gangguan saraf.

Berdasarkan penjelasan Puslitbang Kualitas dan Laboratorium Lingkungan (P3KLL) Kemenlkh, telah dilakukan upaya mitigasi penanaman pohon tahap pertama diwilayah sekitar kawasan pabrik. Hal tersebut dapat menjadi salah satu faktor berkurangnya paparan Pb terhadap remaja awal. Selain itu untuk gangguan keseimbangan banyak faktor yang mempengaruhi keseimbangan dari remaja awal itu sendiri. Diantaranya status gizi, proporsi tubuh siswa, maupun metode diagnosis keseimbangan itu sendiri. Keseimbangan postural dikendalikan oleh interaksi kompleks dari berbagai proses sensorimotor yaitu, sistem visual, proprioception, dan sistem vestibular (Horak dalam Min *et al.*, 2012). Penanggulangan masalah gangguan keseimbangan dapat dilakukan dengan cara istirahat yang cukup untuk meminimalisir kelelahan, penggunaan APD seperti masker saat keluar rumah untuk mengurangi paparan polutan Pb dimana dapat mengurangi resiko gangguan keseimbangan

### 3.6. Gangguan Keseimbangan Berdasarkan Jenis Kelamin

Banyaknya massa otot dalam tubuh serta kandungan lemak dapat dipengaruhi oleh jenis kelamin. Laki-laki dengan memiliki banyaknya hormon testoteron disbanding Perempuan maka akan memiliki massa otot yang lebih besar dibandingkan dengan jenis kelamin Perempuan serta terdapat faktor terkait sintesis protein. (Saraswati, 2015). Berdasarkan grafik 2 Hasil uji statistik menunjukkan remaja awal yang mempunyai jenis kelamin laki-laki dan positif gangguan keseimbangan ada 14 dari 25 orang (43.8%), sedangkan responden yang mempunyai jenis kelamin wanita dan positif gangguan keseimbangan ada 11 dari 20 orang (55%). Sehingga dari total keseluruhan remaja awal, yang berjenis kelamin laki-laki mengalami gangguan keseimbangan sebanyak (54.8%) sedangkan remaja awal mengalami gangguan keseimbangan berjenis kelamin wanita sebanyak (42.1%) .

Tingginya keberadaan lemak dan massa otot maka dapat dipengaruhi oleh aktivitas fisik yang berperan fungsi pada jenis kelamin. Jenis kelamin laki-laki dapat lebih dinamis untuk menjaga keseimbangannya, dikarenakan jenis kelamin Laki-laki lebih banyak kadar massa otot dibandingkan kadar lemak dan kerja testoteron menyebabkan sintesis protein dalam membangun massa otot (Fournier, 2010). Jika dilihat dari proporsi pada tiap jenis kelamin, remaja awal wanita cenderung lebih banyak mengalami gangguan keseimbangan dibandingkan remaja awal laki-laki yakni melebihi setengahnya 11 dari 19 orang (57.9%).

Namun jumlah laki-laki dan perempuan yang tidak proporsional, lebih banyak remaja berjenis kelamin laki-laki, membuat remaja awal berjenis kelamin laki-laki terlihat lebih banyak mengalami gangguan keseimbangan. Jenis kelamin dapat mempengaruhi keseimbangan dinamis dikarenakan berdampak pada persebaran lemak dalam tubuh (Habut, 2015). Keseimbangan dinamis pada tubuh berdasarkan jenis kelamin yakni adanya perbedaan kadar hormon estrogen serta lipoprotein yang menyebabkan bahwasannya jenis kelamin Wanita lebih banyak memiliki kadar lemak. (Fournier, 2010).

Usia remaja awal (12-15 tahun), merupakan fase awal dari pubertas. Pada fase pubertas terjadi perubahan fisik sehingga pada akhirnya seorang anak akan memiliki kemampuan bereproduksi. Puncak pertumbuhan tinggi badan (peak height velocity) pada anak perempuan terjadi sekitar usia 12 tahun dan berakhir pada usia 16 tahun, sedangkan pada anak laki-laki terjadi pada usia 14 tahun dan berakhir pada usia 18 tahun (Batubara, 2010). Pertumbuhan tinggi badan beriringan dengan penambahan berat badan. Pertambahan berat badan terutama terjadi karena perubahan komposisi tubuh, pada anak laki-laki terjadi akibat meningkatnya massa otot, sedangkan pada anak perempuan terjadi karena meningkatnya massa lemak (Batubara, 2010). Perbedaan antara tinggi badan dan berat badan pada anak jika tidak berjalan dengan seimbang maka dapat menghasilkan berat

badan berlebih atau berat badan kurang, sehingga dapat mempengaruhi proses keseimbangan dalam tubuh (Jafar, 2005).

### 3.7. Gangguan Keseimbangan Berdasarkan Kelelahan

Menurunnya kapasitas kerja serta berkurangnya imunitas dan semakin buruknya efisiensi serta pertahanan merupakan kelelahan (Hariyati, 2011). Perlunya pemulihan setelah beristirahat merupakan respon tubuh dari kelelahan sebagai perlindungan badan untuk mengurangi risiko kerusakan yang lebih buruk (Suma'mur, 2009). Efisiensi yang semakin menghilang, turunnya kapasitas dalam bekerja, dan menurunnya imunitas yaitu kelelahan yakni dapat berpengaruh terhadap keseimbangan.

Berdasarkan grafik 3 dapat diketahui bahwa remaja awal yang mengalami kelelahan dan positif gangguan keseimbangan ada 14 orang (56%), sedangkan responden yang tidak mengalami kelelahan dan positif gangguan keseimbangan ada 11 orang (44%). Pada remaja awal terutama remaja awal wanita, dimana sedang terjadinya masa pubertas, kelelahan merupakan salah satu dampak dari ketidakseimbangan progesteron, estrogen, hipoglikemia hyperprolaktine (Wahyuni, 2015). Ketidakseimbangan progesteron, estrogen, hipoglikemia hyperprolaktine, dan faktor-faktor psikogenik, misalnya ditandai dengan gejala seperti kegelisahan, depresi, iritabilitas/ sensitif, lekas marah, gangguan tidur, kelelahan, lemah, dan kadang-kadang perubahan suasana hati yang sangat cepat (Suryono, 2009).

Menurut penelitian Zingler, (2007) kelelahan moderat menyebabkan penurunan langsung kinerja pada tugas kontrol keseimbangan. Kelelahan mengubah kapasitas kekuatan otot. Fenomena ini bersifat kompleks dan beragam yang melibatkan mekanisme saraf dan otot (Hunter, et al 2004). Pada pergelangan kaki, kelelahan mengurangi kesadaran untuk mempertahankan posisi dan kontrol keseimbangan (Forestier, et al 2002). Kelelahan juga mengubah proses sentral dari propriosepsi (sensasi pergerakan otot). Saat terjadi kelelahan, sel-sel neuron kortiko-motorik menurun dan potensi peningkatan bangkitnya motorik, menimbulkan keluaran kortikal yang tidak adekuat. Selain itu, kelelahan sentral dapat menyebabkan penurunan fungsi (Simoneau, et. all 2005). Sebagai contoh, setelah mengalami kelelahan mental, subjek masih dapat melakukan pekerjaan ringan, namun kinerja dalam pekerjaan bersifat kompleks memburuk.

Selain itu, paparan Pb yang diterima remaja awal selama bertahun-tahun dapat menjadi salah satu faktor kelelahan yang dialami remaja di Kecamatan Curug. Rata-rata kadar Pb urin remaja awal yang mengalami kelelahan sebesar 29.210 µg/L. Sedangkan rata-rata kadar Pb urin remaja awal yang tidak mengalami kelelahan sebesar 27.274 µg/L. Rata-rata kadar timbal urin remaja awal yang mengalami kelelahan sedikit lebih tinggi dibandingkan remaja awal yang tidak mengalami kelelahan. Paparan timbal yang intens, akut, dosis tinggi dapat menyebabkan keracunan simptomatik pada anak. Ini ditandai dengan kolik, konstipasi, kelelahan, anemia, dan gambaran neurologis yang dapat bervariasi dari konsentrasi yang buruk hingga keadaan pingsan (WHO, 2010a).

Keluhan sistem syaraf pusat dikategorikan menjadi 4 kategori menurut California Department of Public Health (2009) yaitu tidak terjadi keluhan sistem syaraf pusat atau normal, keluhan sistem syaraf pusat ringan dengan ditandai dengan keluhan sering mengalami kelelahan, sering terganggu emosionalnya seperti mudah marah dan jengkel, sulit berkonsentrasi, mudah lelah

### 3.8. Gangguan Keseimbangan Berdasarkan Status Gizi

Status gizi merupakan keadaan yang diakibatkan oleh keseimbangan antara asupan zat gizi dari makanan dengan kebutuhan zat gizi yang diperlukan oleh tubuh. Semua makhluk hidup memerlukan asupan zat gizi yang berbeda tergantung usia, jenis kelamin, aktivitas dan sebagainya (Rahmawati, 2017). Berdasarkan grafik 4, dari 25 remaja awal yang positif gangguan keseimbangan, dapat diketahui bahwa remaja awal dengan status gizi kurus dan

positif gangguan keseimbangan sebanyak 17 orang (68%). Responden dengan status gizi normal dan positif gangguan keseimbangan sebanyak 6 orang (24%) sedangkan responden dengan status gizi gemuk dan positif gangguan keseimbangan sebanyak 2 orang (8%).

Dilihat dari hasil penelitian, lebih dari setengah responden yang positif gangguan keseimbangan memiliki status gizi kurus (68 %). Lemak serta otot yang kurang dalam tubuh manusia dapat mengganggu keseimbangan (Paramurthi, 2014). Kalori yang kurang dengan berat badan kurang sehingga tubuh tidak mampu membakar kalori (BRFSS, 2001). Keseimbangan dapat lebih sulit terbentuk dikarenakan nilai Indeks Massa Tubuh yang tidak normal dikarenakan rendahnya kemampuan menolak gaya luar. (Saraswati, 2015).

Selain IMT kurang dari normal mempengaruhi keseimbangan, massa otot dan kekuatannya juga dipengaruhi oleh semakin tingginya nilai Indeks Massa Tubuh. Semakin rendahnya massa otot dengan tingginya lemak dikarenakan berat badan berlebih maka dapat mengganggu keseimbangan. Lemak tubuh yang terlalu banyak juga bisa mengakibatkan turunnya efektivitas kesegaran jasmani (BRFSS, 2001). Otot yang kuat merupakan otot yang dapat berkontraksi dan rileksasi dengan baik, jika otot kuat maka keseimbangan dan aktivitas sehari-hari dapat berjalan dengan baik (Saraswati, 2015).

Selain itu, proporsi tubuh remaja awal juga menjadi faktor yang mempengaruhi keseimbangan itu sendiri. Tubuh remaja, lambat laun mencapai perbandingan tubuh yang baik. Namun tidak sedikit pula remaja yang memiliki tubuh kurang proporsional. Ada tiga jenis bangun tubuh yang menggambarkan keanekaragaman perubahan proposisi tubuh yaitu, endomorfik (banyak lemak sedikit otot), mesomorfik (sedikit lemak banyak otot) dan ektomorfik (sedikit lemak sedikit otot) (Jafar, 2005). Selain itu, faktor lain yang dapat mempengaruhi status gizi dan keseimbangan remaja awal, yaitu pertumbuhan tinggi dan berat badan remaja awal itu sendiri. Adanya ketidakseimbangan antara tinggi badan dan berat badan pada anak jika tidak berjalan dengan seimbang maka dapat menghasilkan berat badan berlebih atau berat badan kurang, sehingga dapat mempengaruhi proses keseimbangan dalam tubuh (Jafar, 2005). Nilai letak titik pada berat yakni dipengaruhi oleh tinggi atau pendeknya serta ringan atau beratnya manusia sehingga mempengaruhi keseimbangan (Habut, 2015).

Jika dilihat dari rata-rata kadar Pb urin, remaja awal dengan status gizi kurus memiliki rata-rata kadar Pb sebesar 31.033 µg/L, rata-rata kadar Pb urin remaja awal dengan status gizi normal sebesar 23.647 µg/L. Sedangkan rata-rata kadar Pb urin remaja awal dengan status gizi gemuk sebesar 28.28 µg/L. Jika dilihat dari hasil analisis, status gizi kurus memiliki kadar timbal tertinggi dibandingkan dua status gizi lainnya. Kekurangan gizi pada seseorang dapat mempengaruhi penyerapan timbal pada tubuh, sehingga semakin buruknya status gizi maka seseorang akan berisiko untuk memiliki nilai kadar timbal darah yang semakin tinggi (Suciani, 2007). Kurangnya asupan gizi dapat memudahkan timbal terserap ke dalam tubuh dan mengganggu kesehatan tubuh salah satunya sistem saraf, yang dapat menimbulkan gangguan keseimbangan. Karenanya, dibutuhkan zat gizi yang harus dikonsumsi oleh remaja awal untuk kesehatan otak dan penetralisir Pb yang masuk ke tubuh.

Terdapat beberapa zat gizi yang penting untuk perkembangan otak dan saraf seperti kalsium dan fosfor, dua zat penting, yang mengatur efisiensi saraf dan otak. Selain itu terdapat yodium yang juga baik dalam menyangga susunan pada sistem saraf pusat untuk menjaga kesehatan fisik dan mental pada manusia (Widjaja, 2008). Rumput laut dan berbagai makanan laut seperti ikan-ikanan yakni dapat mengurangi penyerapan timbal. Sistem saraf dan jaringan otak berangsurangsur menjadi dewasa setelah anak menginjak usia pubertas dan sangat dipengaruhi oleh asupan gizi ke dalam tubuh anak. Pemberian gizi yang berkualitas sangat menentukan perkembangan otak dan kepandaian anak (Widjaja, 2008).

Untuk menetralisir Pb di dalam tubuh, zat gizi yang baik diantaranya vitamin c, kalsium dan zat besi. Terutama peran heme dan non-heme pada konsumsi zat besi

tambahan diperlukan untuk mengatasi paparan timbal pada anak-anak dan berperan dalam meningkatkan status zat besi atau berpotensi menghambat penyerapan timbal (Kordas, 2017). Jika asupan gizi yang dikonsumsi sudah baik dan berkualitas, maka tidak mudah bagi zat asing untuk mengganggu kesehatan tubuh.

### 3.9. Gangguan Keseimbangan Berdasarkan Status Merokok Keluarga

Rokok merupakan produk yang memiliki zat-zat yang bersifat adiktif dan jika dikonsumsi dapat mengakibatkan bahaya bagi kesehatan individu maupun orang disekitar perokok tersebut. Di dalam rokok, terdapat kurang lebih 4000 macam zat kimia, antara lain nikotin yang bersifat adiktif dan tar yang bersifat karsinogenik dan dapat mengakibatkan penyakit (Kusuma, et. all, 2004). Menurut Cadwell (2001) bahwa dalam sebatang rokok mengandung sekitar 20,9 mg nikotin, namun hanya sekitar 2 mg nikotin yang terikut masuk ke dalam tubuh perokok. Nikotin dalam rokok bersifat alkali kuat dan terdapat dalam bentuk bukan ion sehingga dapat melalui membrane sel saraf. Sifat racun keras yang dimiliki nikotin dapat menyebabkan kelumpuhan saraf dan mudah diserap melalui kulit. Nikotin mempunyai pengaruh utama terhadap otak dan sistem saraf (Armstrong dalam Hammado, 2014).

Berdasarkan Grafik 5, dapat diketahui bahwa remaja awal positif gangguan keseimbangan dengan ada keluarga yang merokok berjumlah 17 dari 25 orang (68%). Sifat racun yang dimiliki nikotin mempengaruhi sistem saraf. Orang yang tidak biasa merokok dapat mengalami nystagmus, pusing, ketidakstabilan dan mual (Zingler et al., 2007). Penelitian Smith (2001) mengatakan bahwa orang yang tidak merokok atau orang yang sesekali merokok menunjukkan NIN (*Nicotine Induced Nystagmus*) setelah merokok sebatang rokok yang mengandung 0,9 mg nikotin dan bahwa semua yang menunjukkan NIN, mengalami peningkatan goyangan postur tubuh. Selain itu Smith (2001) mengatakan terdapat hubungan antara efek nikotin pada gerakan mata nistagmik dan stabilitas postural. Hal ini sangat menunjukkan bahwa nikotin dapat menghasilkan pusing pada sekelompok individu yang rentan.

Rata-rata kadar Pb urin remaja awal dengan status merokok keluarga ada keluarga yang merokok sebesar 27.544 µg/L. Rata-rata kadar Pb urin remaja awal status merokok keluarga tidak ada keluarga yang merokok sebesar 30.175 µg/L. Remaja awal dengan ada keluarga yang merokok memiliki kadar timbal urin sedikit lebih rendah daripada remaja awal dengan tidak ada keluarga yang merokok. Kebiasaan merokok menyebabkan adanya kadar timbal pada darah perokok, hal tersebut disebabkan bahan dari rokok terdapat timbal (Humairo, 2017). Penelitian Sancarwati et. all (2016) menyebutkan, terjadinya peningkatan kadar timbal dalam darah dapat dipengaruhi oleh semakin tingginya frekuensi untuk merokok. Sebanyak 0,5 µg timbal pada satu batang rokok dan jika seseorang merokok sebanyak satu bungkus perhari dengan nisi sepuluh batang, berarti seseorang tersebut terpapar sebesar 10 µg/hari oleh timbal, sebanyak 20 µg/hari merupakan nilai batas berbahayanya timbal pada tubuh manusia (Sitepoe dalam (Santcawarti, et. all 2016). Dalam hal ini remaja awal merupakan perokok pasif, sehingga banyak faktor yang harus diperhatikan. Diantaranya, frekuensi merokok anggota keluarga tersebut, apakah anggota keluarga yang merokok, selalu merokok di depan anggota keluarga lainnya atau tidak, dan sebagainya. Selain itu jarak rumah terhadap sumber pencemar timbal, status gizi dan lama tinggal juga menjadi faktor yang dapat mempengaruhi kadar timbal urin remaja awal.

## 4. Kesimpulan

Penelitian di Curug menemukan beberapa termuan yaitu remaja awal yang tidak mengalami gangguan keseimbangan (48. %) sama banyak dengan yang mengalami gangguan keseimbangan (52 %), nilai timbal pada urin ditemukan rata-rata sebesar 28.77 µg/L, nilai SD 13.498. Nilai timbal dalam urin remaja tertinggi 76.2 µg/L dan terkecil 4.3 µg/L. Nilai perkiraan interval yaitu bahwa 95% diyakini nilai rata-rata urin memiliki kadar timbal dalam kisaran 26.196 - 33.868. Rata-rata kadar timbal urin remaja awal yang mengalami

gangguan keseimbangan sebesar 24.66 µg/L, sedangkan rata-rata remaja awal yang tidak mengalami gangguan keseimbangan sebesar 26.34 µg/L.

Gambaran karakteristik individu berdasarkan gangguan keseimbangan yaitu remaja awal yang berjenis kelamin laki-laki paling banyak mengalami gangguan keseimbangan sebanyak (54.8 %). Remaja awal yang mengalami kelelahan paling banyak mengalami gangguan keseimbangan sebanyak 14 orang (56 %). Remaja awal dengan status gizi kurus paling banyak mengalami positif gangguan keseimbangan sebanyak 17 orang (68%). Remaja awal positif dengan status merokok keluarga ada keluarga yang merokok paling banyak mengalami gangguan keseimbangan sebanyak 17 (68%).

Beberapa keterbatasan dalam penelitian terdapat dalam studi ini yaitu Terdapat beberapa keterbatasan dalam penelitian ini, yaitu kadar Pb dalam urin tidak dapat merefleksikan dengan akurat paparan seumur hidup Pb di tubuh (Min et al., 2012). Namun pengukuran Pb dalam urin umum digunakan dalam penelitian. Dikarenakan Sekitar 75-80% timbal dalam tubuh diekskresi melalui urin. Selain itu pengambilan urin telah dilakukan sesuai dengan SOP yang ditetapkan. Romberg Test, bukan merupakan cara yang sensitif untuk mendiagnosis disfungsi vestibular yang relevan secara klinis. Namun, tes inibiasanya digunakan sebagai instrumen skrining standar dalam penilaian keseimbangan baik pada pengaturan klinis dan penelitian (Dobie dalam (Min et al., 2012)). Oleh karena itu romberg tes didukung dengan kuesioner keluhan gangguan sistem saraf untuk mengetahui apakah gangguan keseimbangan benar-benar berasal dari saraf.

Saran dalam penelitian ini sebaiknya bagi Dinas Lingkungan Hidup yakni melakukan pengukuran kadar Pb udara ambien secara rutin di sekitar pabrik aki. Dikarenakan pengukuran udara terakhir pada tahun 2013. Diharapkan akan dibuatkannya kebijakan oleh pemerintah dalam melakukan pengukuran kadar timbal secara berkala agar terpantau dan dapat ditanggulangi dengan baik. Melakukan surveilans terkait kualitas udara ambien secara rutin di kawasan Curug mengingat kawasan tersebut merupakan kawasan industri. Bagi Dinas Kesehatan yaitu melakukan edukasi kepada masyarakat akan bahaya pencemaran udara terutama encemaran Pb untuk meningkatkan kesadaran masyarakat. Bagi Remaja Awal di Kecamatan Curug yaitu pentingnya meningkatkan kesadarn untuk menggunakan alat pelindung penutup mulut (masker) berpergian keluar rumah, saat naik kendaraan umum atau motor. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir cemaran Pb yang terdapat diudara terakuulasi didalam tubuh. Rutin mengonsumsi zat gizi yang dapat meluruhkan Pb di dalam tubuh seperti kalsium dalam bentuk susu cair dan vitamin C yang terkandung baik dalam buah dan sayur maupun suplemen. Bagi peneliti selanjutnya yakni gangguan keseimbangan yang dialami mungkin dapat dikarenakan oleh faktor-faktor lainnya, dikarenakan banyak sekali faktor yang dapat menyebabkan gangguan keseimbangan. Diharapkan faktor faktor lain yang diduga mempunyai keterkaitan dengan gangguan keseimbangan dapat ditelusuri lebih lanjut oleh peneliti berikutnya.

### **Acknowledgment**

The authors would like to thank informants from DC, SMAX partners for their support to this research.

### **Author Contribution**

Study conception and design DSL, IH; Data collections DSL; Data analysis and interpretation DSL, IH; Drafting of the article DSL; Critical revision of the article DSL, IH

### **Funding**

This research received no external funding.

### **Ethical Review Board Statement**

Penelitian ini dilakukan atas dasar persetujuan dari Komisi Etik Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. Data yang diambil sudah atas izin dari Dekan Fakultas Ilmu Kesehatan UIN Jakarta, Kepala Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kabupaten Tangerang dan Kepala Sekolah SMP X.

### **Informed Consent Statement**

Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

### **Data Availability Statement**

The data is available upon request.

### **Conflicts of Interest**

There was no conflict of interest in this study.

### **Daftar Pustaka**

- ACGIH (2001) 'TLVs and BEIs : threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices.' America.
- Batubara, J. (2010) 'Adolescent development (perkembangan remaja)', *Sari Pediatri*, 12(1), pp. 21–29. Available at: <http://saripediatri.idai.or.id/pdf/12-1-5.pdf>.
- Bhattacharya, A. *et al.* (1990) 'Lead effects on postural balance of children', *Environmental Health Perspectives*, 89(December), pp. 35–42. doi: 10.1289/ehp.908935.
- BRFSS (2001) 'Prevalence of Physical Activity, Including Lifestyle Activities Among Adults', pp. 764–769. Budiono, D. (2003) *Bunga Rampai Hyperkes dan Keselamatan Kerja*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Caldwell. 2001. How You Can Stop Smoking. PT LkiS Printing Cemerlang Salakan Baru No. 3 Sewon. Hal. 106
- California Department of Public Health (2009) 'Medical Guidelines for the Lead Exposed Worker'. America.
- Cope, W. (2004) 'A Textbook of Modern Toxicology (third edition)', in Hodgson, E. (ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Dhamayanti, F. A. (2018) 'Efek Neurobehavioral akibat Paparan Kronik Organofosfat pada Petani', *Jurnal Agromedia*, 5, pp. 498–502.
- Forestier, N., Teasdale, N. and Nougier, V. (2002) 'Alteration of the position sense at the ankle induced by muscular fatigue in humans', *Med Sci Sports Exerc*, (34(1):), p. 117–122. 4.
- Fournier, A. (2010) *Decreased Static and Dynamic Postural Control In Children With Autism Spectrum Disorders*. University of Texas-Pan American. GESAMP (1985) 'Cadmium, Lead and Tin in the Marine Environment', (56), pp. 1– 95.
- Gusnita, D. (2012) 'Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) Di Udara dan Upaya Penghapusan Bensin Bertimbal', *Berita Dirgantara*, 13(3), pp. 95–101. doi: 10.1002/jcp.21667.
- Habut, Y. M. (2015) 'HUBUNGAN INDEKS MASSA TUBUH DAN AKTIVITAS FISIK TERHADAP KESEIMBANGAN DINAMIS PADA MAHASISWA FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS UDAYANA'.
- Hammado, N. (2014) 'Pengaruh Rokok Terhadap Kesehatan dan Pembentukan Karakter Manusia', 01(1), pp. 78–83
- Hariyati, M. (2011) 'Pengaruh Beban Kerja Terhadap Kelelahan Kerja Pada Pekerja
- Hidayat, M. Y. and Fauzi, R. (2019) 'DESAIN LANSKAP MITIGASI DAMPAK PENCEMARAN LOGAM BERAT TIMBEL DI KAWASAN INDUSTRI KADU MANIS', *Prosiding Seminar Nasional Geomatika 'Penggunaan Dan Pengembangan Produk Informasi Geospasial Mendukung Daya Saing Nasional'*, pp. 1189–1196.

- Humairo, M. V. (2017) 'KADAR TIMBAL DARAH DAN KELUHAN SISTEM SYARAF PUSAT PADA PEKERJA PERCETAKAN UNIPRESS SURABAYA Blood', *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 9(1), pp. 48–56.
- Hunter, S., Duchateau, J. and Enoka, R. (2004) 'Muscle fatigue and the mechanisms of task failure', *Exerc Sport Sci Rev*, (32(2)), pp. 44–49.
- Irfan, M. (2012) *Fisioterapi Bagi Insan Stroke*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Jafar, N. (2005) 'Pertumbuhan Remaja', *Universitas Hasanuddin*. Jamrudin, A. (2010) 'Konsep Alam Semesta Menurut Al-Quran', *Jurnal Ushuluddin*, XVI(2), pp. 136–151.
- KEMENLH (2011) *LAPORAN PENGKAJIAN TIMBAL (Pb) DI UDARA AMBIEN DI SERPONG DAN SEKITARNYA*.
- Kordas, K. (2017) "The "Lead Diet": Can Dietary Approaches Prevent or Treat Lead Exposure?", *Journal of Pediatrics*. Elsevier Inc., 185, p. 224–231.e1. doi: 10.1016/j.jpeds.2017.01.069.
- Kusuma, D. A., Yuwono, S. S. and Wulan, S. N. (2004) 'Studi Kadar Nikotin dan Tar Sembilan Merk Rokok Kretek Filter yang Beredar di Wilayah Kabupaten Nganjuk', *Jurnal Teknologi Pertanian*, 5(3), pp. 151–155.
- Lumbantobing, S. (2014) 'Tes Untuk Menilai Keseimbangan', in. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, pp. 73–110.
- Marianti, A. (2015) 'Peningkatan Kadar Timbal Darah Dan Munculnya Perilaku Antisocial Pengrajin Kuningan', *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 11(1), pp. 144– 154.
- Mekayanti, A. (2015) 'Optimalisasi Kelenturan ( Flexibility ), Keseimbangan ( Balance ), dan Kekuatan ( Strength ) Tubuh Manusia Secara Instan dengan Menggunakan "Secret Method"', (2000), pp. 40–50.
- Min, K. B. *et al.* (2012) 'Lead and cadmium levels and balance and vestibular dysfunction among adult participants in the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999-2004', *Environmental Health Perspectives*, 120(3), pp. 413–417. doi: 10.1289/ehp.1103643.
- Muttaqin, A. (2008) *Asuhan Keperawatan Klien dengan Gangguan Persarafan*. Jakarta: Salemba Medika.
- Nabila, A. Y. N., Setiani, O. and Joko, T. (2016) 'Hubungan Antara Paparan Pb Dengan Gangguan Keseimbangan Tubuh Pada Pekerja Bagian Pengecatan di Industri Karoseri', 4(3).
- NCBI (2007) 'Toxicological Profile for Lead', in *Toxicological Profile for Lead*. doi: 10.1201/9781420061888\_ch106.
- NIDCD (2017) *Balance Disorders*, No. 00-4374. Available at: <https://www.nidcd.nih.gov/health/balance-disorders> (Accessed: 22 November 2018).
- Papuling, A. (2011) 'Studi Deskriptif Kandungan Timbal ( Pb ) Dalam Urine Pada Pedagang Asongan Di Sekitar Jumbo Pasar Swalayan Manado', *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*.
- Paramurthi, P. (2014) *Hubungan Antara Indeks Massa Tubuh dan Aktifitas Olahraga Terhadap Fleksibilitas Lumbal pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Udayana*. Universitas Udayana.
- PPRI (1999) 'PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NOMOR 41 TAHUN 1999 TENTANG PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA'. doi: 10.1177/0885328214535274.
- Price, C. J. (1996) 'The functional neuro-anatomy of auditory word processing "Brain"'.  
Rahmawati, T. (2017) *HUBUNGAN STATUS GIZI TERHADAP KESEIMBANGAN ANAK USIA 4-5 TAHUN*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rea, W. J. and Kilburn, K. (2012) *Neurotoxicity, the American Environmental Health Foundation*. Available at: <https://aehf.com/articles/Defin-neurotox.html>

- Santcawarti, F. B., Setiani, O. and Hanani, Y. (2016) 'GANGGUAN KESEIMBANGAN SEBELUM DAN SESUDAH PEMBERIAN AIR KELAPA HIJAU (*Cocos nucifera* L) PADA PEKERJA PENGECATAN YANG TERPAPAR TIMBAL (Pb) DI INDUSTRI KAROSERI SEMARANG', 4, pp. 2356–3346. Available at: <http://ejournals1.undip.ac.id/index.php/jkm>.
- Saraswati, N. L. P. G. K. (2015) *HUBUNGAN INDEKS MASSA TUBUB (IMT) DENGAN KESEIMBANGAN STATIS PADA MAHASISWA FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS UDAYANA*, Universitas Udayana. Universitas Udayana.
- Simoneau, A., Ng, E., Elbestawi, M.A., 2005, Surface Defects During Microcutting, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Accepted.
- Smith, P. F. (2001) 'New evidence that nicotine affects eye movement and balance in susceptible individuals', *NeuroReport*, 12(6), p. 4965. doi: 10.1097/00001756-200105080-00001.
- Suciani, S. (2007) *KADAR TIMBAL DALAM DARAH POLISI LALU LINTAS DAN HUBUNGANNYA DENGAN KADAR HEMOGLOBIN*, Universitas Diponegoro. Universitas Diponegoro.
- Sudarmaji, M. J. & C. I. P. (2006) 'Toksikologi Logam Berat dan Dampaknya Terhadap Kesehatan', *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 1(23), pp. 129–143
- Suma'mur (2009) *Higiene Perusahaan dan Keselamatan Kerja (HIPERKES)*. Jakarta: CV Sagung Seto.
- Suryono and Sejati, W. (2009) *Mengungkap Tabir Sensitifitas Perasaan Menjelang Menstruasi*. Yogyakarta: Nuha Medika Sugiyono.
- Swarjana, I. K. (2012) *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Tarigan, Z. (2003) 'Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni dalam Air Laut di Muara Sungai Membramo dalam Kaitannya dengan Kepentingan Budidaya Perikanan', *Makara Sains*, 7, pp. 119–127.
- Wahyuni, S. and Wintoro, P. D. (2015) 'HUBUNGAN TINGKAT STRES DENGAN KEJADIAN PREMENSTRUASI SINDROME PADA REMAJA PUTRI KELAS XI DI SMAN 2 KLATEN'.
- Wang, W. and B., Y. (2012) 'Impacts of lead/zinc mining and smelting on the environment and human health in China', *Environ Monit Assess*, 184:2261–2.
- WHO (2010a) 'Childhood Lead Poisoning', pp. 1089–1093.
- WHO (2010b) 'PREVENTING DISEASE THROUGH HEALTHY ENVIRONMENTS: Exposure To Lead - A Major Public Health Concern',
- Widjaja, M. . (2008) *Gizi Tepat untuk Pengembangan Otak Dan Kesehatan Balita*. Jakarta: Kawan Pustaka.
- Zingler, V. C. *et al.* (2007) 'The effect of nicotine on perceptual, ocular motor, postural, and vegetative functions at rest and in motion', *Journal of Neurology*, 254(12), pp. 1689–1697. doi 10.1007/s00415-007-0621-9