



# Pencemaran limbah *printed circuit board* dari kegiatan kelistrikan PLN

MUHAMMAD AZIZ RIZAL SUTISNA<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia; Jakarta Pusat, Jakarta, 10430, Indonesia

\* Korespondensi: [azizrizal27@gmail.com](mailto:azizrizal27@gmail.com)

Diterima:

Disetujui: 20 Desember 2023

## ABSTRAK

**Latar Belakang:** Artikel ini bertujuan untuk memaparkan topik pencemaran limbah elektronik, yakni *printed circuit board* (PCB). Di kebanyakan negara berkembang, termasuk Indonesia, limbah ini belum diregulasi secara baik, padahal termasuk limbah yang berbahaya. **Metode:** Untuk memaparkan topik ini, penulis menggunakan tinjauan literatur sebagai bahan dan rujukan dalam pengembangan topik. **Temuan:** Karena dampak negatifnya terhadap kesehatan dan lingkungan, serta masalah perdagangan ilegal antarnegara, limbah elektronik telah menjadi fokus perhatian global. Limbah ini bisa diolah secara teknologis, tetapi memerlukan biaya yang tinggi sehingga hal ini belum terlaksana di Indonesia. Padahal, secara sosiologis, limbah ini bisa membahayakan kesehatan masyarakat sehingga sebagai solusinya, limbah dapat diolah dengan kreativitas seni. **Kesimpulan:** Sebagai entitas yang berbahaya, limbah elektronik perlu diolah dan diperlukan aktivitas penanaman pohon untuk mengimbangi dampak negatif yang ditimbulkannya.

**KATA KUNCI:** limbah elektronik; pencemaran; *printed circuit board*.

## ABSTRACT

**Background:** This article aims to discuss the topic of electronic waste pollution, specifically focusing on printed circuit board (PCBs). In many developing countries, including Indonesia, this waste is not properly regulated, despite being hazardous. **Methods:** To address this topic, the author employs a literature review as the basis and reference for topic development. **Finding:** Due to its negative impacts on health and the environment, as well as issues of illegal cross-border trade, electronic waste has become a global concern. While this waste can be technologically processed, it requires high costs, which have not been implemented in Indonesia. However, from a sociological perspective, this waste can endanger public health, so a solution is to creatively process it through art. **Conclusion:** As a hazardous entity, electronic waste needs to be processed, and tree planting activities are required to offset its negative impacts.

**KEYWORDS:** electronic waste; pollution; *printed circuit board*.

## 1. Pendahuluan

Limbah elektronik merupakan kumpulan dari berbagai komponen elektrik dan perangkat elektronik yang sudah tidak lagi dipakai atau dikehendaki. Definisi peralatan elektronik merujuk pada segala jenis perangkat yang beroperasi berdasarkan arus listrik atau medan magnet, dengan penggunaan tegangan antara 0-1000V untuk arus bolak-balik (AC) dan 0-1500V untuk arus searah (DC) (Marwati, 2009). Salah satu komponen penting

### Cara Pengutipan:

Sutisna, M. A. R. (2024). Pencemaran limbah *printed circuit board* dari kegiatan kelistrikan PLN. *HCR: Humans and Chemical Regimes*, 1(1), 15-23. <https://doi.org/10.61511/hcr.v1i1.639>.

**Copyright:** © 2024 dari Penulis. Dikirim untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan dari the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



yang sering ditemukan dalam perangkat elektronik adalah *printed circuit board (PCB)*, sebagaimana dijelaskan oleh Susiana & Gunawan. (2019).

Dalam konteks elektrikal, *PCB* sering kali teridentifikasi dalam transformator yang mengandung minyak, kapasitor, dan switchgear distribusi, khususnya pada peralatan yang dibuat antara tahun 1950 hingga 1985. *PCB* mengandung Bifenil Poliklorinasi, yaitu kelompok zat kimia beracun yang membutuhkan penanganan khusus untuk mendaur ulang atau memusnahkan bagian dari perangkat elektronik yang tidak dapat terurai secara alami, seperti yang dilaporkan oleh PLN (2020).

Fasilitas pemeliharaan dan lainnya mungkin berisiko terpapar mesin yang terkontaminasi oleh *PCB* atau polusi *PCB*. Evaluasi terhadap dampak langsung dan tidak langsung dari penggunaan, penyimpanan, dan pembuangan mesin serta bahan kimia (seperti bahan bakar dan pelumas) dan limbah industri serta berbahaya, khususnya dalam penanganan *PCB* pada transformator listrik yang sudah tidak digunakan lagi, menjadi penting.

Berdasarkan Annex VIII Konvensi Basel, limbah elektronik diklasifikasikan sebagai limbah berbahaya (B3) atau *hazardous waste* jika memenuhi kriteria tertentu seperti yang tercantum dalam Annex III. Limbah elektronik umumnya dianggap sebagai limbah B3 karena mengandung elemen berbahaya dan beracun seperti merkuri, timbal, kadmium, kromium, arsenik, dan polychlorinated biphenyls yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan, sebagaimana diungkapkan oleh Wahyono (2012).

Regulasi lingkungan di Indonesia mendorong produksi yang bersih dan efisien energi, penghindaran polusi, atau pengendalian dan minimisasi emisi dan limbah polutan, termasuk gas rumah kaca serta pelepasan zat berbahaya dan beracun dari produksi, transportasi, dan penyimpanannya.

Berdasarkan sejumlah regulasi di Indonesia (UU Nomor 19 Tahun 2009, PP Nomor 101 Tahun 2014, dan Permen LHK Nomor 101 Tahun 2018), tiap entitas individual yang memproduksi, mengakumulasi, mengangkut, mengoperasikan, mengelola, menyimpan, dan atau membuang limbah berbahaya dan beracun (LB3), yang menimbulkan polusi dan atau destruksi lingkungan, harus bertanggung jawab atas pemulihan tanah yang tercemar limbah tersebut.

Pemanfaatan energi listrik dan perangkat elektronik telah menjadi sumber sampah yang berkembang paling pesat di dunia. Sebagai ilustrasi, di Amerika, pertumbuhan sampah ini mencapai sekitar 2% pada 2010. Di Eropa, pertumbuhan sampah elektronik mencatat angka 3-5% per tahun, di mana tiga kali lipat lebih tinggi daripada pertumbuhan rata-rata sampah perkotaan. Di Uni Eropa, setiap orang rata-rata menghasilkan 14-15 kg sampah elektronik setiap tahun. Di negara-negara yang sedang berkembang, termasuk Indonesia, pertumbuhan sampah elektronik juga meningkat dengan cepat meskipun per orangnya menghasilkan kurang dari 1 kg sampah elektronik per tahun, menurut Wahyono (2012).

Di negara-negara yang sedang berkembang, termasuk Indonesia, belum ada data resmi mengenai jumlah sampah elektronik yang dihasilkan, dan masalah ini belum mendapat perhatian yang memadai. Pada 2010, diperkirakan ada sekitar 3 miliar perangkat elektronik dan listrik yang telah usang dan menjadi sampah. Secara keseluruhan, menurut Konvensi Basel, dunia menghasilkan antara 20-50 juta ton sampah elektronik setiap tahun, yang setara dengan sekitar 5% dari total sampah perkotaan. Angka ini bahkan diperkirakan akan meningkat menjadi 40-70 juta ton pada 2015, sebuah jumlah yang sangat besar yang membutuhkan penanganan yang cermat (Wahyono, 2012).

Pencemaran oleh karena logam berat dari residu elektronik di Indonesia merupakan problem nyata. Dapat diingat bahwa pada awal dekade 2000-an, logam berat (timbal, kadmium, dan seng) mengontaminasi beberapa sumur di Munjul, Jakarta Timur karena ada aktivitas daur ulang sampah elektronik. Hal ini berimplikasi secara langsung terhadap kesehatan masyarakat setempat, yaitu penyakit saluran pernapasan dan gatal-gatal.

Di Tangerang, Bogor, dan Tegal pernah terjadi hal serupa. Hasil pengujian oleh Blacksmith Institute dan Indonesian Lead Information Center pada 2010 terhadap darah anak-anak di lokasi peleburan aki bekas (Cinangka, Kabupaten Bogor dan Curug,

Kabupaten Tangerang) menunjukkan bahwa hasilnya meresahkan karena darah 40 anak yang diuji mengandung timbal yang melebihi kadar aman WHO, yaitu 10 mikrogram per desiliter. Anak-anak Kampung Cinangka rata-rata memiliki kandungan timbal pada darahnya sebesar 36,62 mikrogram per desiliter, sedangkan anak-anak di kampung satunya mencapai 24,18 mikrogram per desiliter. Kandungan timbal dalam sampel tanah juga melebihi ambang batas (400 ppm), dengan rata-rata dari 1300 sampel tanah adalah 4.179 ppm, seperti yang dilaporkan oleh Jonny & Banjar (2019).

## 2. Metode

Tulisan ini hendak membahas pencemaran limbah *PCB*. Tulisan ini disusun dengan menggunakan literatur terdahulu yang membahas topik serupa. Penulis melakukan pembacaan secara sistematis, kemudian memetakan gambaran dalam artikel tersebut, untuk dijadikan bahan pengembangan topik dalam tulisan ini.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Konsep pengendalian pencemaran

Karena dampak negatifnya terhadap kesehatan dan lingkungan, serta masalah perdagangan ilegal antarnegara, limbah elektronik telah menjadi fokus perhatian global. Pentingnya manajemen limbah elektronik yang memperhatikan aspek lingkungan telah menjadi topik utama dalam Konvensi Basel COP 6 yang diadakan di Jenewa pada 2002. Konvensi ini terus menekankan pentingnya isu ini pada COP 8 di Nairobi pada 2006 dengan tema yang mengajak untuk menciptakan solusi inovatif melalui Konvensi Basel untuk manajemen limbah elektronik yang ramah lingkungan. Pertemuan ini menghasilkan Deklarasi Nairobi yang menyediakan mandat dan peta jalan strategis untuk pengelolaan limbah elektronik.

Pada COP 9 yang berlangsung di Bali, komitmen terhadap pengelolaan limbah elektronik diperkuat dengan inisiatif kemitraan publik-swasta, pembuatan pedoman teknis untuk pergerakan limbah elektronik antarnegara, serta pelaksanaan program manajemen limbah elektronik yang ramah lingkungan di kawasan Asia, Afrika, dan Amerika Selatan. Namun, pada umumnya, regulasi tentang pengelolaan limbah elektronik belum dimiliki oleh negara-negara berkembang, termasuk Indonesia. Hal itu menyebabkan proses pengelolaan (akumulasi, transportasi, pemretelan, daur ulang, dan pengolahan akhir) belum berjalan dengan baik.

Dibutuhkan pengelolaan limbah elektronik secara disiplin dan sistematis ketika menghadapi tantangan dari sektor informal. Industri pengelolaan limbah ini pada dasarnya harus menjadi pengelola limbah B3 dan memegang lisensi yang sesuai untuk proses pengelolaan. Pengelolaan diatur secara gamblang di negara maju, tetapi dibutuhkan biaya yang besar karena menerapkan teknologi ramah lingkungan. Biaya yang tinggi ini sering kali mendorong beberapa industri untuk mengeksport limbah elektronik secara ilegal ke negara-negara lain, seperti Ghana, Nigeria, India, Cina, Thailand, dan Indonesia, yang menjadi tujuan pembuangan limbah berbahaya.

Meskipun ekspor-impor limbah elektronik dilarang oleh Konvensi Basel, Konvensi Stockholm, dan UU No. 32 Tahun 2009, praktik ini masih terjadi karena pengawasan yang lemah dan celah dalam hukum. Contohnya adalah impor ilegal limbah elektronik yang terjadi di kawasan industri di Jawa Timur, Batam, dan Pare-pare. Limbah elektronik dari Amerika Serikat dan negara-negara tetangga, seperti Singapura dan Malaysia, masuk ke Indonesia dengan dokumen impor limbah logam untuk industri baja atau peralatan kantor. Beberapa dari produk ini kemudian diperbaiki dan diekspor ke negara-negara

seperti Cina, Taiwan, dan Hongkong atau dijual di pasar domestik. Sementara itu, material berharga dari limbah tersebut diambil dan residunya ditimbun atau dibakar.

Dalam konteks PLN dan upaya pengelolaan limbah elektronik, PLN telah mengambil langkah-langkah untuk mengadopsi standar ramah lingkungan dalam pengadaan barang. PLN berusaha mengendalikan pencemaran dengan memastikan bahwa transformator yang digunakan tidak mengandung PCB, khususnya transformator yang diproduksi sebelum tahun 1970-an yang diketahui mengandung PCB. Selain itu, PLN juga menetapkan bahwa pemutus sirkuit daya yang mengandung SF<sub>6</sub> harus memenuhi standar ANSI atau IEC. Langkah-langkah ini merupakan bagian dari komitmen PLN untuk mengurangi dampak negatif dari limbah elektronik dan meningkatkan praktik pengelolaan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

### 3.2. Teknologi pengendalian pencemaran

Industri resmi pengelolaan limbah elektronik memegang peranan penting dalam manajemen limbah elektronik yang memperhatikan aspek lingkungan sehingga perlu ada peningkatan efektivitas kerjanya. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan regulasi yang spesifik mengenai pengumpulan, pengangkutan, daur ulang, dan pemusnahan limbah elektronik, serta penerapan program tanggung jawab produsen yang diperluas atau *extended producer responsibility (EPR)*. Menurut Wahyono (2012), *EPR* merupakan konsep di mana produsen bertanggung jawab atas produknya hingga akhir masa pakainya, baik secara fisik maupun finansial.

Sayangnya, konsep *EPR* yang bersifat wajib belum sepenuhnya diterima oleh asosiasi pengusaha elektronik di Indonesia karena dianggap akan menambah beban biaya produksi, persaingan pasar yang ketat, dan perbedaan skala produksi di industri elektronik. Namun, bagi perusahaan elektronik multinasional seperti Dell Computer, Hewlett Packard, dan Nokia, *EPR* dianggap positif karena dapat meningkatkan citra mereka sebagai industri yang peduli lingkungan.

Beberapa perusahaan di atas tengah melakukan pengambilan kembali produk elektronik yang menjadi limbah di kawasan Asia Tenggara. Negara-negara seperti Jepang, Korea, dan Taiwan di Asia, serta beberapa negara di Eropa, telah menerapkan *EPR*. Sebagai contoh, biaya pengangkutan dan daur ulang limbah merupakan tanggung jawab konsumen di Jepang. Sementara itu, di Taiwan dan Korea, produsen menanggung biaya tersebut. Lain halnya dengan di Swiss, di mana produsen atau importir membentuk organisasi pengelola limbah, juga proses daur ulang dilimpahkan kepada pemegang lisensi.

Regulasi *EPR* di negara-negara tersebut sudah jelas dan diterapkan dengan serius. Persoalan ini, dalam konteks Indonesia, diregulasi dalam PP Nomor 81 Tahun 2012 sebagai turunan dari UU Nomor 18 Tahun 2008. Namun, pengelolaan sampah rumah tangga lebih difokuskan dalam peraturan ini. Diwajibkan kepada produsen untuk mengambil kembali sampah dan proses ini dilakukan secara prosedural sesuai dengan peta jalan tiap sepuluh tahun.

Terkait dengan produk elektronik, *EPR* perlu diatur dengan regulasi yang spesifik. Hingga saat ini, pembahasan rancangan peraturan pemerintah (RPP) tentang pengelolaan B3, limbah B3, *dumping* B3, sampah spesifik, dan bahan kimia tengah dilakukan. Tentunya perlu ada pasal-pasal yang mendukung program *EPR* dalam regulasi tersebut.

Program *EPR* alangkah baiknya meliputi sistem akumulasi limbah elektronik secara sistematis, sistem yang menyediakan insentif untuk meningkatkan rasa sadar masyarakat, kerja sama antara publik dan swasta seperti supermarket, pengadaan teknologi ramah lingkungan bagi industri pengolah limbah, subsidi pemerintah, dan lain-lain. Selain itu, program ini juga perlu memasukkan sektor informal ke dalam sistem akumulasi limbah dari rumah tangga dan sektor informal yang sejalan dengan kriteria tertentu bisa dapat dialihkan ke formal selaras dengan peraturan yang ada.

Beberapa negara maju telah mengatur limbah elektronik mereka dengan kebijakan yang spesifik. Di Amerika Serikat, penanganan limbah elektronik diatur dalam regulasi EPA yang fokus pada manajemen limbah berbahaya termasuk tabung sinar katoda. Di Jepang, ada dua peraturan yang mengatur *e-waste*, yaitu LPEUR yang berfokus pada peningkatan daur ulang dan minimisasi *e-waste*, serta LRHA yang memberikan kewajiban tertentu pada produsen dan konsumen terkait daur ulang *e-waste*. Di Australia, penanganan limbah elektronik seperti televisi dan komputer diatur dalam Product Stewardship (Television and Computer) Regulations tahun 2011, yang tidak berlaku untuk komputer yang diproduksi di Australia (Jonny & Banjar, 2019).

Mengenai informasi tambahan tentang regulasi *EPR* di negara-negara maju, penulis dapat menyediakan informasi tersebut. Di Uni Eropa, *EPR* diatur dalam berbagai direktif yang mengharuskan produsen untuk bertanggung jawab atas pengumpulan, daur ulang, dan pemrosesan limbah elektronik. Di Prancis, misalnya, produsen harus berkontribusi pada biaya pengelolaan limbah elektronik berdasarkan berat produk yang mereka jual. Di Jerman, *EPR* diatur dalam ElektroG yang mengharuskan produsen untuk mendaftarkan diri dan memastikan bahwa produk mereka dapat didaur ulang atau dibuang dengan cara yang ramah lingkungan. Di Inggris, WEEE Regulations mendorong produsen untuk mendesain produk yang lebih mudah didaur ulang dan mengurangi limbah. Di Amerika Serikat, meskipun tidak ada kebijakan *EPR* federal yang komprehensif, beberapa negara bagian seperti California telah mengimplementasikan program *EPR* untuk kategori produk tertentu.

### 3.3. Kajian analisis pencemaran lingkungan

#### a. Aspek sosial

Pencemaran lingkungan memiliki konsekuensi serius terhadap kesehatan dan kehidupan sosial masyarakat, khususnya dalam menurunkan kualitas kesehatan. Berdasarkan penelitian Wahyono (2012), situasi yang serupa terjadi di Kampung Pesarean (Kabupaten Tegal), di mana terdapat aktivitas peleburan logam seperti aluminium, timbal, tembaga, dan seng. Tingkat logam yang tinggi dalam sampel tanah di sekitar area peleburan diduga telah mengkontaminasi penduduk setempat. Keadaan ini sangat mengkhawatirkan mengingat dampak dari paparan logam berat biasanya bersifat kronis. Efek kesehatan yang serius seperti kanker, kelainan bawaan, gangguan fungsi saraf, kebodohan, dan lain-lain bisa muncul setelah beberapa dekade. Oleh karena itu, masalah ini tidak bisa diabaikan dan perlu segera dicari solusinya.

Adapun pada 2005, kualitas udara di Serpong dan Tangerang tercatat mengandung kadar timbal yang melebihi batas yang ditetapkan, yaitu antara 1,8–6 mg/m<sup>3</sup>, sedangkan standar kualitas udara menurut WHO adalah 0,5–1,5 mg/m<sup>3</sup>. Pencemaran ini diduga berasal dari aktivitas peleburan aki bekas yang beroperasi di sekitar wilayah tersebut. Di wilayah tersebut dan di DKI Jakarta, terdapat lebih dari 70 lokasi peleburan timbal dari aki bekas. Kadar timbal yang tinggi di udara diduga menjadi penyebab kandungan timbal yang tinggi dalam darah anak-anak di SDN Setu 01 dan SDN Puspipitek, yang masing-masing memiliki kadar timbal 7,1 mikrogram per desiliter dan 9,0 mikrogram per desiliter.

#### b. Aspek ekonomi

Sisi lain dari sampah *PCB*, untuk beberapa Wiraswasta yang bergerak di bidang seni, dapat diolah menjadi produk yang potensial. Menurut Susiana & Gunawan (2019), limbah *PCB* bisa diolah kembali menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi seperti armatur lampu. Armatur adalah aksesoris ruangan yang berperan sebagai penutup sehingga bisa mendifusi cahaya lampu. Benda ini memiliki bentuk yang beragam sehingga bisa menambah estetika interior seperti tampak pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Armatuur lampu  
(Susiana & Gunawan, 2019)

Selain menjadi barang dari hasil daur ulang, limbah PCB dapat dijadikan sebagai oleh industri kreatif. Indonesia dikenal mempunyai banyak seniman yang idenya telah mendunia. Oleh karena itu, elemen-elemen yang tidak digunakan bisa diubah menjadi karya-karya unik dan bernilai jual (Yoga dkk., 2020). Hal ini memerlukan peran pemerintah dan seniman sehingga tersedia fasilitas yang menampung karya seni mereka. *PCB* adalah salah satu elemen yang pasti terdapat pada komponen elektronik, bahkan jumlahnya banyak. Elemen ini memudahkan penggiat seni untuk bisa menghasilkan bentuk yang baik dalam berbagai dimensi, seperti karya seni berupa serangga pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Karya seni dari limbah *PCB*  
(Yoga, 2020)

#### c. Aspek lingkungan isi telaahan

Konvensi Basel Annex VIII menyatakan bahwa limbah elektronik termasuk B3 sebagaimana tercantum dalam Annex II. Limbah ini berimplikasi buruk terhadap atmosfer, hidrosfer, litosfer, dan biosfer. Pemanasan siber meningkatkan pemanasan bumi sebesar 2% yang diradiasikan di atmosfer oleh teknologi informasi dan industri komputer.

## 4. Kesimpulan

Tempat pembuangan akhir bisa berubah menjadi bom waktu dalam jangka panjang. Sebab, limbah *PCB* yang dilimpahkan ke pembuangan sampah akan terkena air hujan sehingga kandungan logam berat dan zat-zat lainnya bisa menjadi polutan bagi tanah dan air. Hal ini tidak terkecuali tempat pembuangan sampah yang canggih dan disegel untuk pencegahan racun memasuki tanah. Maka dari itu, tempat pembuangan yang lebih tua dan tidak dikelola mengandung bahaya yang lebih besar berupa emisi yang berbahaya. Tempat semacam ini bisa menjadi racun akibat kelebihan karbon dioksida secara jangka panjang. Salah satu gas beracun yang timbul adalah metana (Jonny & Banjar, 2019).

Oleh karena itu, penanaman pohon bisa membantu mengembalikan keadaan bumi dari destruksi akibat pembuangan limbah elektronik yang tidak benar. Sebatang pohon

mampu menyerap 1,3-6,8 kg karbon dioksida per tahun. Diperlukan 100-500 phon untuk mengatasi emisi tahunan komputer yang menyala 24 jam menghasilkan 675 kg karbon dioksida. Perlu digarisbawahi juga bahwa karbon dioksida tidak termasuk emisi dalam penambangan, industri manufaktur, penggunaan atau pembuangan ini dibutuhkan imajinasi yang tinggi agar mengubahnya menjadi barang layak jual.

### **Kontribusi Penulis**

Penulis berkontribusi dalam penulisan artikel ini.

### **Pendanaan**

Penelitian ini tidak menggunakan pendanaan eksternal.

### **Pernyataan Dewan Peninjau Etis**

Tidak berlaku.

### **Pernyataan *Informed Consent***

Tidak berlaku.

### **Pernyataan Ketersediaan Data**

Tidak berlaku.

### **Konflik Kepentingan**

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

### **Akses Terbuka**

©2024. Artikel ini dilisensikan di bawah Lisensi Internasional Creative Commons Attribution 4.0, yang mengizinkan penggunaan, berbagi, adaptasi, distribusi, dan reproduksi dalam media atau format apa pun. selama Anda memberikan kredit yang sesuai kepada penulis asli dan sumbernya, berikan tautan ke lisensi Creative Commons, dan tunjukkan jika ada perubahan. Gambar atau materi pihak ketiga lainnya dalam artikel ini termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel tersebut, kecuali dinyatakan lain dalam batas kredit materi tersebut. Jika materi tidak termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel dan tujuan penggunaan Anda tidak diizinkan oleh peraturan perundang-undangan atau melebihi penggunaan yang diizinkan, Anda harus mendapatkan izin langsung dari pemegang hak cipta. Untuk melihat salinan lisensi ini, kunjungi: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

### **Daftar Pustaka**

- Jonny, J. & Banjar, H. (2019). Implikasi dan pengelolaan limbah elektronik. *Buletin Utama Teknik*, 3814(20217), 116-119. <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/but/article/view/1095>.
- Marwati, S. (2009). *Kajian Tentang Kandungan Logam-logam Berharga dalam Limbah Elektronik(E-Waste) dan Teknik Recoverynya Melalui Proses Daur Ulang*. Retrieved from <https://staffnew.uny.ac.id/upload/132318568/penelitian/B13.pdf>.

- PLN. (2020). PT PLN (Persero) Proyek Penguatan Distribusi Tenaga Listrik Jawa Timur-Bali Kerangka Perencanaan Pengelolaan Lingkungan dan Sosial (Dibuat untuk Penyampaian pada Umum) Januari 2020.
- Susiana, A.G. & Gunawan, G.I. (2019). Pemanfaatan E-Waste Printed Circuit Board Menjadi Armatur Lampu. *Prosiding Seni, Teknologi, dan Masyarakat*, 2, 44-49. <https://doi.org/10.33153/semhas.v2i0.100>.
- Wahyono, S. (2012). Kebijakan pengelolaan limbah elektronik dalam lingkup global dan lokal. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 14(1), 17-23. <https://doi.org/10.29122/jtl.v14i1.1437>.
- Yoga, R.H.A., Suryaningsih, N., Prabowo, A.S., & Simatupang, J.W. (2020). Penanganan Limbah Elektronik (E-Waste) di Indonesia Berbasis Seni dan Drop Point. *Jurnal Serambi Engineering*, V(4), 1406-1414. <https://doi.org/10.32672/jse.v5i4.2335>.

**Biografi Penulis**

**MUHAMMAD AZIZ RIZAL SUTISNA**, Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia.

- Email: [azizrizal27@gmail.com](mailto:azizrizal27@gmail.com)
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -